발행번호
Erosion control V 03.22

2026년 산림경영지도원

자격전형 학습모듈

산림토목ㅡ사방 (기본서)



산림조합

본 자료는 산림경영지도원 임용전형 필기시험을 준비하시는 응시생의 학습편의를 제공하기 위하여 관련 지침, 법령, 대학교재, 산림청 기술서 등 산림경영지도원 업무수행에 필요한 사항을 발췌하여 정리하였습니다.

본 자료는 기본서로 산림경영지도원이 반드시 알아야 할 필수 지식이며, 본 자료 외에서도 시험문제가 출제될 수 있으니 p287 '참고자료 목록'과 전공서적 등을 활용하여 학습하시기 바라며, 다른 자료와 상충되는 내용이 발생하는 경우 본 자료를 기준으로 필기시험 평가가 진행될 예정이니 참고하시기 바랍니다. 감사합니다.

목 차

Ⅰ. 총론 ····· **4**
1. 사방사업의 목적과 정의 ····· 4
2. 사방사업의 연혁 ····· 5
3. 사방사업 대상(지) ····· 17
4. 사방사업의 구분 ····· 22
5. 사방사업의 시행절차 ····· 24
6. 사방사업의 효과 ····· 29

Ⅱ. 산지사방 ····· **32**
1. 산지사방의 개요 ····· 32
2. 공종별 표준시공요령 ····· 36

Ⅲ. 야계사방 ····· **120**
1. 야계사방의 개요 ····· 120
2. 계류보전 공종별 표준시공요령 ····· 124
3. 사방댐 표준시공요령 ····· 143
4. 수질관리시설 표준시공요령 ····· 156

Ⅳ. 해안사방 ····· **161**
1. 해안사방의 개요 ····· 161
2. 공종별 표준시공요령 ····· 179

Ⅴ. 생활권사방 ····· **177**
1. 생활권사방의 개요 ····· 177

Ⅵ. 사방기술 관련 자료 ····· **203**
1. 사방사업 공식 ····· 203
2. 사방사업 자재 ····· 238
3. 돌쌓기 ····· 279
4. 사방사업 설계자료 ····· 284

개 정 일 람 표

번호	개정일자	변경내용	발행번호
01	2022.03.30.	· 오타 수정	V 03.22
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Ⅰ. 총론

1. 사방사업의 목적과 정의

1-1. 사방사업의 목적

사방사업은 붕괴위험지와 황폐지 또는 산사태취약지역 등에 산림토목 기초공사를 실시하고 식생을 조성함으로써 상류 산지비탈면과 계류의 황폐화를 막고, 불안정한 비탈면을 고정하며, 토사와 자갈의 생산 및 이동을 억제하여 산사태와 토석류로부터 발생되는 산지재해를 최소화하기 위하여 실시한다.

또한, 사방사업을 통해 산림자원의 생육 및 생산기반을 조성하고, 산림의 공익적 기능(국토보전 기능, 수원함양 기능, 산림휴양 기능, 대기정화 기능, 야생동물보호 기능 등)을 향상시켜 공공이익의 증진과 산업발전에 기여하며, 수려한 산림경관을 조성함으로써 국민의 삶의 질을 높이는 데에 그 목적이 있다.

사방사업은 사방사업법(법률 제12052호, 개정 2013.8.13)에 의하여 시행되는데, 사방사업법 제1조에서 “이 법은 국토의 황폐화를 방지하고 산사태 등으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 국토를 보전하기 위하여 사방사업(砂防事業)을 효율적으로 시행함으로써 공공이익의 증진과 산업발전에 이바지함을 목적으로 한다.” 라고 하였다.

1-2. 사방사업의 정의

사방사업법 제2조에서는 이 법에서 사용하는 기본적인 용어에 대하여 다음과 같이 정의하고 있다.

- “황폐지” 란 자연적 또는 인위적인 원인으로 산지(그 밖의 토지를 포함한다. 이하 같다)가 붕괴되거나 토석·나무 등의 유출 또는 모래의 날림 등이 발생하는 지역으로서 국토의 보전, 재해의 방지, 경관의 조성 또는 수원(水源)의 함양(涵養)을 위하여 복구공사가 필요한 지역을 말한다.
- “사방사업” 이란 황폐지를 복구하거나 산지의 붕괴, 토석·나무 등의 유출 또는 모래의 날림 등을 방지 또는 예방하기 위하여 공작물을 설치하거나 식물을 파종·식재하는 사업 또는 이에 부수되는 경관의 조성이나 수원의 함양을 위한 사업을 말한다.
- “사방시설” 이란 사방사업에 따라 설치된 공작물과 파종·식재된 식물(사방사업의 시행 전부터 사방사업의 시행지역 안에서 자라고 있는 식물을 포함한다)을 말한다.
- “사방지” 란 사방사업을 시행하였거나 시행하기 위한 지역으로서 제4조에 따라 특별시장 · 광역시장 · 도지사 · 특별자치도지사(이하 “시 · 도지사“라 한다) 또는 지방산림청장이 지정 · 고시한 지역을 말한다.
- “산사태” 란 자연적 또는 인위적인 원인으로 산지가 일시에 붕괴되는 것을 말한다.
- “토석류” (土石流)란 산지 또는 계곡에서 토석·나무 등이 물과 섞여 빠른 속도로 유출되는 것을 말한다.

2. 사방사업의 연혁

2-1. 우리나라의 사방사업 발전 약사

우리나라의 사방사업 역사를 개괄하면 고려시대 이후 조선시대를 거쳐 현재에 이르기까지 치산치수(治山治水)에 역점을 두어왔다. 특히, 조선 500년의 장구한 세월이 지나는 동안 화전(火田)으로 인한 산림훼손과 온돌용 땔감을 구하기 위한 계속된 임산물 채취로 구한말(舊韓末)에 이르러서는 많은 황폐지가 산재하게 되었다. 이에 따라 1907년 서울 인왕산-북악산지역의 창의문(彰義門) 주위의 황폐임지에 풍치유지를 위하여 식목사업을 하였는데, 이것이 근대적인 개념의 사방사업의 효시라고 할 수 있다. 이 사업은 그 후 '인왕산사방공사' 또는 '북한산사방공사'라 하여 20년 이상 계속되었다. 그 후 일제시대와 6·25전쟁을 겪으면서 무분별한 도·남벌과 낙엽채취 등으로 산림황폐가 가속화되어 대단지 황폐산지가 전국 곳곳에 분포하게 되었다.

일제시대에 시행되었던 주요한 사방사업으로는 수원함양조림사업(1918 ~ 1921), 제1기 국비사방사업(1922 ~ 1934) 및 제2기 국비사방사업(1935 ~ 1939), 제1기 궁민구제 사방사업(1934 ~ 1935), 수해이재민구제 사방사업(1934 ~ 1935), 조해이재민구제 사방사업(1935 ~ 1936), 재해복구사방사업(1936 ~ 1937), 낙동강유역 사방사업(1935 ~ 1944), 동해안철도보전 사방사업(1937 ~ 1939), 재해임지복구 사방사업(1937 ~ 1939) 등이 있는데, 이 당시는 대부분 빈발한 가뭄재해대책과 빈민구제사업을 겸하여 사방사업을 실시하였다.

1948년 대한민국 정부수립 이후에는 조림사방10개년계획(1948 ~ 1957), 해안사구고정사업계획(1953 ~ 1957), 재해복구사방사업3개년계획(1952 ~ 1954), 사방사업5개년계획(1953 ~ 1957), 제2차사방사업5개년계획(1957 ~ 1961), 치산7개년계획(1965 ~ 1971), 6대강수계별산림종합복구계획(1967 ~ 1976), 3강유역 개발사업(1967 ~ 1972), 4대강유역개발사업계획(1971 ~ 1981), 영일지구특수사방(1973 ~ 1977), 제1차치산녹화10개년계획(1973 ~ 1978), 제2차치산녹화10개년계획(1979 ~ 1987), 제3차치산녹화10개년계획(1988 ~ 1997) 등에 의하여 치산사방사업을 수행하였다.

특히, 1959년에는 "사방의 날"(3월15일)을 제정하여 사방사업에 대한 전국민적 관심과 참여를 독려하였고, 1962년에는「사방사업법」과「사방사업법시행령」이 제정되었으며, 1963년에는「사방사업법시행규칙」이 제정되어 독립적인 법률에 의해 체계적인 사방사업을 추진할 수 있는 기반이 확립되었다.

정부수립 이후 1967년 산림청이 신설되기까지는 매년 대면적으로 사방사업이 시행되어 왔으나, 당시에는 사방시공기술이 부족하였을 뿐만 아니라 예산 형편상 기초사방공사를 최소화하고 파식(播植) 위주의 "녹화사방공법"으로 시공하였으므로 사방사업의 성과가 양호하지 못하였다. 결과적으로 많은 시공면적이 재황폐되어 1965년에는 치산7개년계획을 수립하여 산지사방, 야계사방, 해안사방 그리고 과거 사방지에 대한 보수사방이 실시되기도 하였다.

1969년에는 C급 황폐산지를 대상으로 가축사료용 초지를 조성하기 위한 사방초지 조성사업을 황폐지 녹화의 일환으로 실행한 바 있다. 1970년에는 황폐지의 다양성을 고려하여 산지사방을 일반사방과 특수사방으로 구분하였고, 특수사방 시공지에 대해서는 현실적인 사방사업 단비를 책정할 수 있도록 사방사업 단비제도를 개선하였다.

1970년 이후부터 우리나라의 사방기술은 새로운 발전의 전기를 맞이하게 되었다. 1971년 통일동산만들기운동(1971 ~ 1973), 1972년 국도변 절개지 및 언덕 붕괴지 복구사업은 사방인들의 도로변 절개지 복구기술 수준과 발전 가능성을 보여준 매우 성공적인 사례였다. 1972년에는 사방공법상의 문제로 집단황폐지로 남아있던 영일지구의 특수사방사업계획이 추진되어 중앙임업시험장(현 국립산림과학원)의 연구결과를 토대로 1973년부터 1977년까지 5개년에 걸쳐 4,538ha의 광대한 황폐지가 성공적으로 복구·녹화되었다.

1973년부터 시작된 제1차치산녹화10개년계획(1973 ~ 1978)에서는 계통적 사방녹화, 집단황폐지 및 특수지역 우선 복구에 의한 지구완결이라는 기본방침에 입각하여 사방사업이 시행되었다. 또한 황폐지의 위치에 따라 산지사방(나지녹화, 일반사방, 특수사방)·해안사방·야계사방으로 구분하여 실시하였으며, 전국의 사방사업 대상지를 총열대장(總閱臺帳)과 도면에 작성·이기(移記)하여 관리하고 사후관리에도 역점을 두었다.

1979년부터 시행한 제2차치산녹화10개년계획(1979 ~ 1988)의 기간인 1981년에는 연간 사방사업량의 약 20%를 마을 도급사방으로 할당하여 새마을사업과 연계하여 시행함으로써 농·산촌 주민들의 소득증대에도 기여하였다.

1984년에는 그 동안 중점적으로 추진해 왔던 산지사방사업이 대부분 마무리 단계에 이르면서 1977년 이후 중단되었던 야계사방사업을 재개하였다. 1986년에는 산사태와 토석류에 의한 피해를 극소화하기 위하여 사방댐을 신규사업으로 추진하였으며, 1988년부터는 호우시 산지붕괴로부터 오는 피해를 방지하기 위하여 예방사방사업을 실시하였다.

1990년부터는 환경을 고려한 사방사업이 추진되기 시작하여 사방댐의 미관적 효과를 제고하였고, 지역주민의 휴양편익과 연계한 사방사업을 시행하였으며, 경관지·관광지·휴양지 등에서는 녹음수의 식재 및 조경적 방식을 도입한 사방공사를 실시하였다. 즉, 해안사방 시공지에는 해당화·자귀나무 등의 조경수를 식재하는 등 환경을 고려한 사방사업이 추진되기 시작하였으며, 산사태로부터 야기되는 피해를 줄이기 위하여 야계사방과 사방댐 및 예방사방의 사업량이 점차 증가하였다.

1992년에는 지금까지의 관(官) 주도의 사방사업에서 탈피하기 위하여 ‘도급사방사업지침’이 제정되어 1993년부터 야계사방과 사방댐에 한하여 부분적으로 도급사방사업이 개시되었다. 또한 사방댐 대상지 가운데서 국민휴양 편익제고, 산불진화용수 또는 지역주민 생활용수원으로 긴요한 지역에는 야계정화시설·흙사방댐·저사저수겸용댐 등으로 시공하기 시작하였다. 1995년에는 도급사방 사업량을 확대하였고, 「사방사업법」을 전면 개정하여 사방지 지정해제 연한을 20년에서 15년으로 단축하였으며, 또한 계폭 50m까지 사방댐을 설치할 수 있도록 규모를 확대시켰다. 「사방사업실행지침(1995)」에서는 “예방사방”을 ‘산사태(붕괴 포함)는 산지의 지형·지질·식생 등 입지요인과 태풍·호우·지진·화산폭발·천둥 등 유발요인의 복합작용으로 일어나고 있으며, 이로 인한 재해를 미연에 방지하고자 실시하는 사방공사’로 규정하였다.

1996년에는 산지재해의 피해감수성이 점차 증가되는 데에 따른 인명과 재산 피해를 최소화하고 주거환경 개선과 연계하여 마을환경사방을 실시하기 위한 준비단계로 마을환경사방사업별 기준단비와 시공모델을 작성하였고, 1997년에는 새로운 사방시책사업으로 3개소에서 시범적으로 마을환경사방

사업을 추진하였다.

1998년에는 산림표층토를 이용한 종비토뿜어붙이기 공법이 개발되어 채석장 등 절개지 복원녹화에 활용하였다. 1999년에는 해안침식지복구 사방사업이 도입되었으며, 사방댐의 보수·정비 등에 필요한 세부사항을 담은「사방댐관리지침」을 제정·시행하였다. 또한 "철강재사방댐시공계획"이 수립되어 직립형 철강재사방댐과 다양한 철강재 사방구조물의 시험시공이 이루어졌으며, 2001년까지 16개소가 시공되었다.

1999년부터 사방댐의 준설사업이 채택되어 1999년에 14개소, 2000년에 22개소를 준설하였으며, 현재에 이르기까지 계속되고 있다. 사방댐의 준설사업은 사방댐에 퇴적된 토사 등을 준설함으로써 기존의 사방댐을 재활용할 수 있고 준설한 토석을 이용할 수 있다는 효용성도 있다. 그러나 사방댐이 만사(滿砂)되면 상류계류가 안정되어 사방댐은 본래의 기능을 잘 발휘하고 있는 것이므로, 퇴적토사의 준설은 원칙적으로 사방댐의 설치목적에 배치되는 사업이라고 할 수 있다. 따라서 사방댐이 만사되고 계류에서 토석류 발생이 지속되는 경우에는 상·하류에 사방댐을 추가 설치하는 것을 적극적으로 검토해야 하고, 준설사업은 최소화하는 것이 바람직하다.

1990년대에 들어와 하천생태계에 대한 관심이 증가되면서 사방댐에도 어도(魚道) 등 생태통로 설치의 필요성이 대두되었으며, 2000년부터 사방댐 및 계간공작물에 생태통로를 설치하여 어류와 수서곤충의 이동을 용이하게 하는 등 자연생태계를 보호하려는 노력이 시도되고 있다. 1999년에 "해안침식지복구사방사업"으로 전남 함평군 석성지역의 해안에 전석쌓기 파도막이공사를 시행하였고, 또한 2001년에는 전북 부안군 변산지역의 해안에 콘크리트블록쌓기공사를 시행하였다.

2000년 강원도 동해안 지역에 대형 산불이 발생하여 산림훼손이 심하였으므로, 이와 같은 산불피해지에 복구사방공사를 시행하였다. 또한 "GIS를 이용한 산사태위험도판정프로그램"을 개발하였다. 2001년도에는 사방댐을 지속적으로 확대 시행하였으며, 친환경적인 야계사방공사가 시행되었다. 또한 사막화방지 및 방사기술이 개발되었다.

2002년에는 태풍 "루사"에 의해 많은 지역에서 산지재해가 극심하여 이에 따른 산지재해복구사업이 시행되었으며, 「사방사업법」을 개정하여 사방지 지정해제기간을 시행 후 15년에서 10년으로 단축하였다. 그리고 제1차 '한·일 토사재해방지기술회의'가 우리나라에서 개최되었고, 환경친화적 사방공법 정립 및 2차 산림피해 방지기술이 개발되었다. 2003년에는 태풍 "매미"에 의한 산지재해복구사업이 시행되었고, 수해방지시설이 확대(사방댐과 야계사방)되었으며, 사방시설물의 설계기준이 50년 이상의 홍수발생빈도로 강화되었다. 또한 임진강 수해방지를 위한 대북지원사업이 추진되었으며, 산지개발에 따른 산지토사재해 예지시스템과 자연친화적인 폐탄광지 복구공법이 개발되었다.

2004년에는 "GIS를 이용한 전국 산사태위험지관리시스템"의 개발사업이 착수되어 2005년에 완성되었다. 또한 500ha 이상 대면적의 산림유역에 대하여 재해방지·수원함양·수질정화·산림자원증대·산림환경기능 증진 등을 포함한 종합적인 산림관리사업으로 "유역관리사업"이 처음 도입되어 3개소가 시행되었으며, 산사태 위험지 예방사방사업이 대폭 확대 시행되었다. 2005년에는 GIS를 이용한 산사태위험지관리시스템이 구축되어 전국의 산림을 산사태 위험정도에 따라 4등급으로 구분하여 DB화 하였으며, 사방사업대상지 선정과 산지전용허가여부 결정 등의 기초자료로 활용할 수 있게 되었다. 또한

재해방지효과가 입증된 사방시설을 대폭 확충(사방댐, 야계사방)하였으며, 집중호우에 의한 산지재해복구공사를 실시하였다. 아울러 사방100주년(2007년) 기념행사 기본계획과 해안방재림 조성 기본계획도 수립되었다.

2006년에는 산림청 산림보호국이 산림보호본부로, 치산과가 치산팀으로 각각 개편되었다. 또 사방사업감리업무지침, 사방사업 설계·시공 세부기준, 사방사업타당성평가, 사방사업 발주청 차상급기관에서의 설계심사, 사방사업 준공검사 복수화 등 각종 사방사업 시행 관련 규정이 제정·시행되었다. 그리고 해안에 다양한 숲을 조성하여 쓰나미 등 대형재난을 예방하고, 내륙의 보호·경관증진·레크리에이션 장소의 제공 등 공익기능을 증진시키고자 해안방재림 조성사업이 실시되었다.

2007년에는 "한국사방 100주년"을 맞아 기념식 개최(2007. 11. 7), 사방유공자 포상, 복구 성공지 답사, 사방기념공원 조성, 『한국사방100년사』 발간, 『한국의 사방』 발간, 사방사업 화보집 제작, 사방사업 동영상 제작, 국제심포지엄 등 다양한 기념사업을 추진하였다. 9월에는 태풍 "나리" 등 집중호우에 의한 산지피해가 극심하였다.

2008년에는 「사방사업법」이 개정되어 사방사업을 산지사방사업, 해안사방사업, 야계사방사업으로 구분하였다. 산지사방사업은 다시 산사태예방사업, 산사태복구사업, 산지보전사업, 산지복원사업으로 구분하였다. 해안사방사업은 해안방재림 조성사업과 해안침식방지사업으로, 그리고 야계사방사업은 계류보전사업과 계류복원사업 및 사방댐설치사업으로 구분하였다. 특수법인 "사방협회"의 창립총회를 개최(2008. 12. 8.)하고 사방협회 창립절차를 추진하였다.

2009년에는 정부에서 "4대강살리기" 사업을 계획하였는데, 사방댐 시공 등 사방사업도 4대강살리기 사업과 연관하여 추진되었으며, 물가두기사방댐을 계획하였다. 「사방사업의 타당성평가규정」에 의하여 '사방사업대상지목록'에서 대상지를 선정하고, 산사태위험지구와 주민요구지역 등 사방사업이 시급히 필요하다고 인정하는 개소를 사방사업지로 우선 선정하도록 하였다. 2009년의 사방사업 시행에서 특별히 중요한 사항은 사방댐 시공 720개소, 사방댐 타당성평가 804개소로 2008년도에 비해 약 2배 이상으로 증가한 것과 사방지 및 사방댐 점검 등이 대폭 증가·신설된 점이라 하겠다. "산림복원사업"을 신설하여 '자연적·인위적으로 훼손된 산림을 복원하여 지속가능한 산림생태계 보전 등 다양한 산림의 고유 기능의 유지·증진'을 추진토록 하였다.

2010년에는 사방사업을 가급적 4대강 상류유역에 실시하고, 사방사업을 실시한 유역에는 숲가꾸기·조림 등 타 산림사업을 연계시켜 유역완결로 추진하였다. 5년마다 실시하는 황폐지 실태조사는 산림청에서 용역사업으로 추진하며, 시·도를 기준으로 5개 그룹으로 나누어 매년 1개 그룹씩 실시할 계획을 수립하였다. 산림청에서는 "사방 신공법의 체계정립" 과제의 일환으로 『사방사업표준품셈』을 개발함으로써 사방사업의 효율성을 제고하고자 연구용역을 수행(2010 ~ 2011)하였다. 2010년의 사방사업은 물가두기사방댐 15개소의 신설이 특별한 실적이었다.

2011년에는 7월의 집중호우로 인해 서울 서초구 소재 우면산과 강원도 춘천 등에서 대규모 산사태가 발생하여 많은 인명(사망자 ; 우면산 16명, 춘천 13명)과 재산피해가 발생하였다. 우면산 산사태 발생지에 대해서는 당년도에 산림조합중앙회에서 응급복구와 항구적인 사방사업을 시행하였다. 2011년에 발생한 산사태로 인해 국가 및 전국민적 차원에서 도시생활권 산지재해에 대한 관심이 증대되는

계기가 되었다. 산림청 주관으로 11월 18일에 ‘국가재난대응시스템 개선을 위한 세미나’가 개최되었고, 12월 7일과 8일에 개최된 제34회 전국 사방사업연찬회는 산사태방지(2011년 반성 및 2012년 추진계획)를 주제로 개최되었다. 사방사업은 산사태 등 산림재해의 사전예방을 위한 친환경적 사방댐 시설 등을 확대 추진하여 국민의 재산과 생명을 보호하고 국토·경관 보존에 역점을 두어 추진하였다.

2012년에는「산림보호법」이 개정(2012. 2. 22)되어 제5장 산사태의 예방·대응 및 복구 관련 조항이 신설되었고, 산림청 치산복원과가 산사태방지과로 개편되었다. 2월에는 한국산림공학기술연구회가 주최한 ‘우면산 산사태와 관련한 특별세미나’와 산림청이 주최한 ‘사방·산사태 대응력 강화 방안 워크샵’이 개최되었고, 3월에는 ‘산사태 대응강화와 산림생태계 기능 회복을 위한 역량강화 워크샵’이 개최되었으며, 5월에는 ‘산사태방지 워크샵’이 개최되는 등 산사태 예방과 대응력 강화를 위한 행정·학계·기술계·연구기관의 역량을 집중하였다. 한편, 생활권을 중심으로 4,006개소의 산사태취약지역을 조사하였고, 산사태 예방·대응분야 자체평가제도를 도입하였으며, “사방사업 설계·시공 세부기준”을 정비(산림청 고시 제2012-67호)하였다. 또한 “산사태예방지원본부의 구성 및 운영에 관한 규정(9. 28. 산림청 훈령 제1145호)”, “산사태정보체계의 구축 및 운영 등에 관한 규정(12. 17. 산림청 훈령 제1148호)”이 제정되었다.

2013년에는 ‘산사태방지분야 시행계획’을 수립하였고,「사방사업법」의 일부 내용이 개정(8월 13일)되었다. 산림조합중앙회 엔지니어링사업본부의 용역으로 전국적으로 10,000개소의 산사태취약지역을 조사하여 2012년분을 포함 총 14,201개소의 산사태취약지역을 지정하여 산사태취약지역에 대한 사방사업을 우선적으로 추진하였고, 산사태대응팀 운영, 산사태예방지원본부의 구성 및 운영, 산사태현장예방단의 구성 및 운영을 상시 가동하였다.

2014년에는 ‘산사태방지분야 시행계획’을 수립하였고, 산사태방지 종합대책에 따른 기관별 지역대책을 수립하여 시행하였으며, 사방사업법시행령과 동법 시행규칙의 일부가 개정(2월 18일)되었다. 개정된 사방사업법시행령에서는 법 제20조제1항제5호에 따라 사방사업 시행 후 5년이 지나 사방시설에 의하여 지반이 안정된 경우에는 사방지 지정을 해제하도록 하였다.「사방표준품셈」을 전면적으로 시행하였으며, 산림조합중앙회 엔지니어링사업본부의 용역으로 산사태취약지역 전국조사가 시행되어 그 조사결과에 따라 전국적으로 10,000개소의 산사태취약지역이 추가 지정되었다. 산사태대응팀 운영, 산사태예방지원본부의 구성 및 운영, 산사태현장예방단의 구성 및 운영을 상시 가동하였고, 생활권 중심의 사방사업을 확대 시행하였다. 제11차 ‘한·일 토사재해방지기술회의’는 일본의 요청으로 2015년으로 연기되었고, 산사태방지를 위한 담당자 교육과 제37회 사방사업연찬회는 ‘전국 산사태방지 연찬회’로 개편하여 개최(12월 9 ~ 10일, 경남 거제)되었으며, 대국민 홍보를 확대 시행하였다.

우리나라 사방사업의 발전연혁 개요

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
1907～1911	연구개발시대 (일본의 사방기술도입)	1907년 ・농상공부에 임업과를 설치하고 산림사업 실시(사방사업 개시)
1911～1917	독창적 간이사방시대	간이사방공법 시행
1917～1921	산복공사 편중시대	1918년 ・8대하천유역 산림조사
1921～1923	계간공사 편중시대	1921년 ・계간공사 시작 : 돌언제공, 돌보곡공
1923～1928	제1기 근대사방시대	1925년 ・사방사업실시지침 제정
1928～1929	산복공사 개혁시대	실파공 개발 → 사면혼파공
1929～1931	제2기 근대사방시대	1930년 전후 ・사방사무소, 또는 사방관리소 설치
1931～1934	제3기 근대사방시대	1932년 ・전국 황폐산지 조사(183,580ha) ・조선사방사업령 제정공포
1934～1937	사방전성시대	1934년 ・조선사방사업령 시행규칙 제정공포
1937～1941	제2기 계간공사 편중시대	1940년 ・야계사방 실시
1941～1945	사방위축시대	전쟁물자조달
1945～1948	사방수난시대 (광복직후사회혼란기)	1945년 ・사방관리소가 부활(42개소) 1946년 ・사방사업령 정비

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
1948～1949	사방정비시대 (정부수립)	1948년 · 조림사방 10개년계획 수립 · 사방사업체계 확립 1949년 · 사방관리소를 사방사업소로 개칭 (49개소)
1950～1952	사방재난시대 (6.25전쟁)	1951년 · 산림보호임시조치법 제정공포 1952년 · 마을산림계 조직 사방사업 시행
1953～1955	사방재해복구시대 및 해안사방착공시대	1953년 · 각 도 사방사업소가 다시 사방관리소로 개칭(49개소) · “밀가루 사방” 실시(UNKRA원조) 1954년 · 산림계 사방사업비 보조금교부규칙 제정
1955～1957	사방부흥시대 (외원자금사방시대)	1956년 · 외국의 원조자금에 의한 사방 및 민유림 조림사업 확대
1957～1961	토양보전식 사방공법시대 (신공법시대)	1958년 · 사방지를 A,B,C등급으로 구분 (670,837ha) · 사방관리소 50개소로 증대 · 사방사업대상지 면적이 약 650,000～700,000ha로 확대 1959년 · “사방의 날”(3월15일) 제정 1960년 · 사방관리소가 52개소로 증대

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
1961～1964	간이산지사방 편중시대 (파종공법시대)	1961년 · 산림법 제정 · 산림보호임시조치법 폐지 1962년 · 사방사업법 제정(1월 15일) · 사방사업법 시행령 제정 · 중앙산림조합회 해체 · 대한산림조합연합회 발족 1963년 · 국토녹화촉진에 관한 임시조치법 제정공포 · 사방사업법 시행규칙 제정
1964～1967	사방시공법 정비시대 (구공법 개선시대)	1964년 · 사방사업법 시행령 개정 1965년 · 기시공지에 대한 보수사방 실시 · 산림계 사방사업비 보조금교부규칙 폐지 1966년 · 노변사방사업 실시
1967～1972	야계사방 및 유역개발 사방시대	1967년 · 산림청 신설 · 보안림 시업관리요령 제정 1968년 · 사방사업법, 시행령 개정 · 사방관리소 34개소로 감축 1969년 · 사방지 초지조성사업 실행 1970년 · 산지사방을 일반사방과 특수사방으로 구분, 현실적인 사방사업단비 책정 1971년 · 사방관리소 36개소로 축소
1972～1974	사방단비 제도개선 및 사방설계기준 정비시대	1972년 · 영일지구 특수사방사업계획 수립 및 복구('73～'77) · 사방사업법 시행규칙 개정 · 황폐지 복구 대상지를 나지녹화, 일반사방, 특수사방으로 구분조사

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
1974～1978	계류사방 및 완전사방시대 (특수사방시대)	1975년 · 훼손임지 복구요령 제정 1976년 · 사방관리소를 사방사업소로 개칭 (37개소→25개소로 감축), 1977년 · “육림의 날” 제정
1978～1980	수재해복구사방시대 (산사태 재해발생)	1978년 · 사방지 및 보안림 일제 정비실시
1980～1984	사방사업정비시대 (대단지 산지사방 완결시대)	1982년 · 사방사업법 시행령 개정 1983년 · 사방사업소 16개소로 감축
1984～1987	야계사방 및 사방댐 시공 시대	1984년 · 1974년 이후 중단되었던 야계사방 재개 1986년 · 사방사업소를 치산사업소(13개소)로 개칭 · 야계사방과 별도로‘사방댐’을 신규사업 으로 시행
1987～1990	예방사방시대 (산사태방지사방공사)	1987년 · 예방사방사업 실시요령 제정 · 산사태위험지 조사 판정요령제정 1988년 · 산사태발생 예·경보제 실시(시장,군수발령) 1989년 · 황폐지 복구사 발간 · 예방사방사업 개시
1990～1993	환경사방으로 전환기시대 (야계사방, 사방댐 및 예방사방 확충시대)	1990년 · 사방사업법 및 시행령 개정 1991년 · 환경을 고려한 사방사업 전환 1992년 · 사방사업 실행지침 제정 · 도급 사방사업지침 제정

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
1993～1996	사방사업 다양화시대 (도급사방시대 : 사방댐, 야계사방 도급병행)	1993년 · 치산사업소가 각 도의 임업시험장과 합쳐 산림환경연구소로 개칭 · 기사방시행지 보수사방사업 실시 1994년 · 도급 사방사업 실시요령 제정 · 사방사업법 개정(전면개정) · 사방공사시방서 제정 · 치산사방녹화사(경기도) 발간 1995년 · 사방댐을 저수겸용댐으로 개선 · 산사태 위험지 일제조사 재정비 (196개소 193ha) · 사방사업법 전면 개정 · 사방사업실행지침 개정 · 산림청 치산과를 산림토목과로 개편 1996년 · 강원도 산림환경연구소를 산림개발연구원으로, 경남산림환경연구소를 산림환경연구원으로 개칭 · 고성산불지역 피해복구 · 지방산림관리청산하 산림토목사업소 신설
1997～2000	환경사방시대 (마을환경사방실시, 신국가방재시스템)	1997년 · 마을환경사방 시범추진(3개소) · 야계정화시설 시범추진(3개소) 1998년 · 산림표층토를 이용한 종비토뿜어붙이기 공법 개발 1999년 · 산림토목과가 산지관리과로 개편 · 지방산림관리청산하 산림토목사업소 폐지 · 해안침식지 복구사방사업 도입 · 사방댐관리지침 제정 시행 2000년 · 동해안 대형 산불피해지 응급복구 · GIS를 이용한 산사태위험도판정 프로그램 개발

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
2001～2005	재해방지사방시대 (동해안산불재해, 태풍·호우에 의한 산사태재해 대책)	2001년 · 사방댐의 준설사업 시행 · 친환경적인 야계사방 실시 · 사막화방지 및 방사기술 개발 · 사방사업법 개정 2002년 · 태풍 '루사'에 의한 산지재해복구 · 사방사업법 일부 개정 · 사방지 해제기간 단축(시행 후 15년에서 10년으로 단축) · 환경친화적 사방공법 정립 및 2차 산림피해 방지기술 개발 · 제1차 한·일 토사재해방지기술 회의 개최(한국) 2003년 · "범정부적 수해방지대책" 수립(국무조정실) 및 수해방지시설확대 (사방댐, 야계사방) · 태풍 '매미' 등에 의한 산지재해복구 · 산지개발에 따른 산지토사재해 예지시스템 개발 · 자연친화적인 폐탄광지 복구공법 개발 2004년 · GIS에 의한 산사태위험지관리시스템 개발 착수 · 산림유역관리사업 도입 시행(3개소) · 산사태위험지 예방사방사업 대폭 확대 시행 2005년 · GIS에 의한 산사태위험지관리시스템 개발 완료 · 사방100주년(2007년)기념행사 기본계획 수립 · 해안방재림조성 기본계획 수립 · PDA를 이용한 토석류 현지조사 프로그램 개발 · 집중호우에 의한 산지재해복구

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
2006～2010	친환경사방공사 및 사방 관련 법규 정비시대 (사방100년 기념, 사방지점검·평가제도 등 정립시행, 사방협회 설립)	2006년 ·산림청 산림보호국이 산림보호본부로, 치산과가 치산팀으로 각각 개편 ·GIS를 이용한 산사태위험관리시스템 운영으로 신속한 위험예보실시 ·산림유역관리사업 확대 시행 ·태풍·해일 등의 피해저감을 위해 해안 방재림 신규조성(10ha) ·7월 집중호우 및 태풍'에위니아' 등에 의한 산지재해복구 ·「사방사업 감리업무지침」제정 시행 ·「사방사업 설계·시공 세부기준」제정 시행 ·'사방사업 타당성평가' 제도 시행 ·'사방사업 발주청 차상급기관에서의 설계 심사' 제도 시행 ·'사방사업 준공검사 복수화' 시행 ·사방지 비료주기 중단 ·「한국사방100년사」집필 완료 ·제5차 2007년 ·「한국사방100년사」발간 ·한국사방100주년 기념행사 (경북 포항 오도동) 2008년 ·「사방사업법」일부 개정 ·'특수법인 사방협회' 창립총회 개최 (12월 8일) 및 업무 개시 2009년 ·'특수법인 사방협회' 설립등기 필 (1월 5일): 2009년부터 사방지점검 및 평가 사업 시행 ·사방사업법시행령 및 시행규칙 일부 개정 2010년 ·정부에서 '4대강살리기'사업 시행 (착수) ·물가두기사방댐 시범사업 시행 ·사방협회 각 도지부 설립 및 업무수행 (9개 지부) ·황폐지조사업무 착수

기 간	발전연혁 시대 구분	주요 추진사항
2011～2014	산사태 예방 중점추진시대 (산사태정보체계 구축, 산사태취약지역 조사 및 지정 등)	2011년 · 서울 우면산 및 강원도 춘천에서 대규모 산사태 발생 · 우면산 산사태지 사방사업 추진 · 국가재난대응시스템 개선을 위한 세미나 개최 (산림청 주관, 서울대학교, 11월 18일) · 제34회 전국 사방사업연찬회, 산사태방지를 주제로 개최 (12월 7～8일, 전북 부안군 변산 대명리조트) · '사방사업의 타당성 평가'를 사방협회와 위탁 사업 추진 · 항공사진, 위성영상 등 최신기술을 활용한 황폐지 실태조사 실시 2012년 · 「산림보호법」 개정, 제5장 산사태의 예방·대응 및 복구 관련 조항 신설(2012. 2. 22) · 산림청 치산복원과를 산사태방지과로 개편 · 산사태취약지역 지정을 위한 조사(4,006개소) · 산사태 예방·대응분야 자체평가 제도 도입 · 「사방사업설계·시공 세부기준」 정비 (산림청고시 제2012-67호) · 우면산 산사태와 관련 특별세미나 개최 (2월 9일, 제주 KAL호텔) · 산사태방지 워크샵 개최(5월 9～10일, 무주리조트) 2013년 · 산사태방지분야 시행계획 수립 · 산사태발생우려지역 실태조사(14,201개소) · 산사태취약지역에 대한 사방사업 우선 추진 · 제10차 한·일 토사재해방지기술회의 개최 (5월 15～18일, 일본 가고시마현) · '사방사업법' 일부 개정(8. 13) 2014년 · 산사태방지분야 시행계획 수립 · 「사방표준품셈」 전면시행 · 산사태발생우려지역 실태조사(10,000개소) · 사방사업법시행령 및 동법 시행규칙 개정(2월 18일) · 사방지 해제기간 단축(시행 후 10년에서 5년으로 단축) · 산사태방지 연찬회 개최(12월 9～10일, 경남 거제)

3. 사방사업 대상(지)

3-1. 황폐산지

황폐산지는 산지의 지피식생이 오랫동안에 걸쳐서 소멸되거나 파괴되고 각종 형태의 토양침식이

발생되어 강우시에 토사가 유실되므로 이것을 복구하고 녹화하기 위한 사방공사가 요구되는 지역이다. 황폐산지의 유형은 발생원인(成因), 형상, 발생장소 등에 따라 일반적으로 다음과 같이 구분한다.

3-1-1. 황폐지(荒廢地, denuded land, devastated land)

황폐지는 황폐의 진행상태와 정도에 따라 그 초기 단계로부터 척악임지, 임간나지, 초기황폐지, 황폐이행지, 민둥산, 특수황폐지 등으로 구분된다.

3-1-2. 척악임지(degraded forest land)

산지 비탈면이 여러 해 동안의 표면침식과 토양유실로 인하여 산림토양의 비옥도가 척박한 지역이며, 척악임지는 임지비배를 통해서 개량될 수 있다.

3-1-3. 임간나지(eroded land under trees)

비교적 키가 큰 입목들이 숲을 이루고 있지만 지표면(林床)에 지피식물이나 유기물이 적고 때로는 면상침식, 누구 또는 구곡침식까지도 발생되고 있으므로 상층 입목이 제거되면 황폐화가 우려되는 지역이다. 임간나지는 등산로 주위에서 많이 볼 수 있다. 척악임지나 임간나지는 외견상으로는 황폐지처럼 보이지 않지만 임지 내에서 보면 그 안에 이미 침식상태가 전개되고 있는 임지이다.

3-1-4. 초기황폐지(initial stage eroded land)

척악임지나 임간나지의 상태가 더욱 악화되어 임상(林相)이나 토양침식으로 보아 외견상으로도 분명히 황폐지라고 인식될 수 있는 상태의 산지이다.

3-1-5. 황폐이행지(eroded forest land)

초기황폐지가 더 악화되어 민둥산이나 붕괴지로 되어가는 단계의 황폐유형이다.

3-1-6. 민둥산(禿裸地, bare mountain, bare hill, bare land)

입목이나 지피식생이 거의 없고 지표침식이 비교적 넓은 면적에서 진행된 나지상태의 산지이다. 붕괴지에서처럼 일시에 다량의 토사력(土砂礫)을 유실하지는 않지만 강우시마다 토사를 유실하여 하상(河床)을 높임으로써 이른바 천정천(天井川, 모래내, elevated stream·bed-up stream)를 형성하여 홍수·범람의 재해를 가속시킨다.

3-1-7. 특수황폐지(peculiarly denuded land)

각종침식 및 황폐단계가 복합적으로 작용하여 황폐정도가 대단히 극심한 황폐지로서 암석산지, 공해가 발생되는 공단지대에서 볼 수 있다. 1970년대 영일지역 특수사방사업을 시행했던 황폐지(이암지대)가 대표적인 특수황폐지에 속한다.

3-1-8. 무너진땅(붕괴지, 崩壞地, slided land, slipped land)

무너진땅은 일시에 발생되는 산사태, 암석낙하, 슬럼프(slump)와 같이 중력에 의하여 빠른 속도로

흘러내리는 매스 무브먼트(mass movement, mass wasting) 현상에 의하여 절개단면을 노출하고 다량의 토석류를 발생시켜 하부에 퇴적된 지역이다. 일반적으로는 'landslide'를 '산사태'라고 하며, 중국에서는 '활파(滑坡)', 일본에서는 '붕괴(崩壞)'라 한다.

3-1-9. 밀린땅(땅밀림지, 지활지, 地滑地, creeping land)

밀린땅은 과도한 강우에 의하여 산지비탈면이 포화된 곳에서, 특히 점토질이 많은 비탈면에서 포행(匍行) 또는 암석빙하(rock glacier) 현상과 같이 중력에 의하여 비탈면의 흙층 또는 암설(岩屑)이 서서히 아래로 이동하는 느린 속도의 매스 무브먼트 지역이다. 곳에 따라서는 붕괴지에서와 같이 땅밀림 속도가 매우 빠른 경우도 있으나, 대부분 1년에 몇 센티미터 또는 몇 미터 정도로 서서히 그리고 지속적으로 발생하는 곳도 있다. 일본에서는 '지스베리(地すべり)'라고 한다.

3-2. 황폐계류(荒廢溪流, denuded torrential stream)

황폐류(계천)는 바닥(계상)과 기슭(계안)의 침식 또는 붕락에 의하여 황폐화된 계류(계천)이다. 그 위치가 산지 내의 계곡이나 계간에 있을 때는 계간(계곡)황폐지(eroded valley) 또는 침식계류(계곡)라 하고, 산지 밖에서 구거(溝渠) 또는 소하천 등과 접속되어 있는 구간은 야계(torrent)라 한다. 그러나 현장에서 야계와 황폐계류를 구별하기는 쉽지 않다.

3-3. 해안사구(모래언덕, 海岸砂丘, coastal dune)

모래언덕의 상태는 기상요인(기온, 강수량, 바람), 식생, 해안 및 산지유역의 지형요인 등에 따라 다르게 나타난다.

모래언덕은 모래가 바람이나 파도에 의하여 밀어 올려진 치올린 모래언덕, 바람에 의하여 조성된 혀모양 모래언덕과 반달모양 모래언덕 등으로 구분한다. 또한 모래언덕의 상태에 따라 풍구(風溝, wind-gorge), 풍열(風裂, shake), 풍분(風盆) 또는 풍식요지(風蝕凹地, wind erosion basin) 등으로 구분하기도 한다.

3-3-1. 치올린 모래언덕(안제, 岸堤, lifting dune)

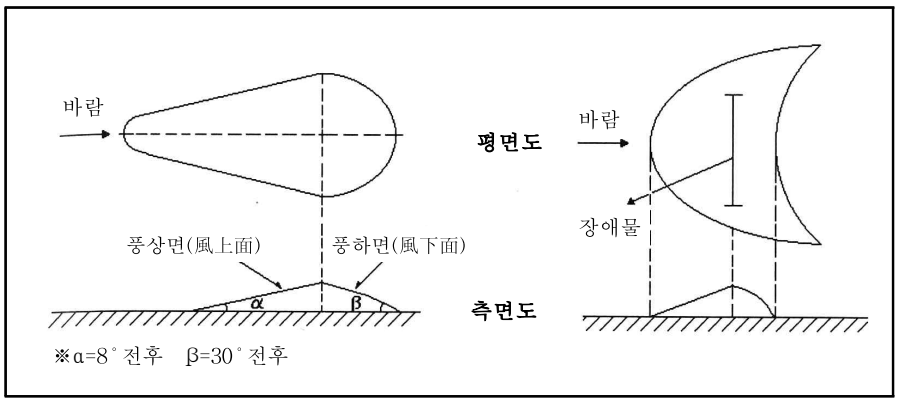
해안선의 지형조건이 비교적 편평한 지역에서는 바다로부터 밀려오는 파도에 의하여 모래가 해안선에 퇴적되어 얕은 모래 둑을 형성하게 되는데, 이것을 치올린 모래언덕이라고 하며 모래언덕의 시초단계이다.

3-3-2. 혀모양 모래언덕(설상사구, 舌狀砂丘, tongue-form dune, tongue hill)

치올려진 모래언덕의 모래(입경은 보통 0.1 ~ 0.5mm인데 지표의 풍속이 5 ~ 6m/s에 달하면 움직이기 시작)가 바람에 비산하여 내륙으로 이동된다. 이때 비사(飛砂)의 진로 상에 수목이나 사초(砂草) 등이 있으면 풍력이 약화되어 여기에 모래가 퇴적되는데, 퇴적되는 모래언덕의 모양은 혀모양을 이루며, 장애물(수목 또는 사초)의 휨 정도(屈撓性)·밀도·높이·너비 등에 따라 다르게 나타난다.

3-3-3. 반달모양 모래언덕(반월사구, 半月砂丘, barchan)

혀모양의 모래언덕에 도달한 바람은 그 일부가 사구의 비탈면을 따라 상승하여 모래를 바람의지쪽(風下面, leeward)으로 보내고 일부의 모래는 수평으로 운반하여 바람이 불어가는 양쪽에 반달모양의 날개를 가진 반월사구를 형성한다. 반달모양 모래언덕은 날개 언덕의 발달이 방해받지 않는 장소에서 잘 발달되므로, 해안사구에서보다도 내륙의 사막에서 많이 볼 수 있다.



혀모양의 모래언덕(천연사구)과 반달모양의 모래언덕

3-3-4. 모래의 특성

모래언덕을 형성하는 모래는 석영(石英)이 85% ~ 90%, 장석(長石)이 3 ~ 6%, 기타 각섬석(角閃石), 운모(雲母), 석류석(石榴石), 방해석(方解石), 자철광, 적철광 등으로 되어 있다.

모래의 크기는 모암의 종류나 지방에 따라서 다르나 대체적으로 0.05 ~ 0.50mm 사이에 있으며, 0.25 ~ 0.50mm가 70 ~ 95%로 가장 많고, 0.05 ~ 0.25mm가 5 ~ 25%를 점유하나 때로는 이것이 70%를 점유할 때도 있다. 모래언덕의 표면은 건조하지만 내부는 습한 편이며 모래입자의 크기가 작을수록 모세관력(毛細管力)이 커서 지하수가 상승한다.

모래입자 크기별 지하수 상승고

모래입자의 직경(mm)	60일까지의 상승고(cm)	197일까지의 상승고(cm)
0.25 이하	43.4	60.6
0.25~0.50	33.8	50.2
0.50~1.00	23.8	40.6
1.00~2.00	9.8	21.0

3-4. 생활권 훼손지

훼손지는 인위적으로 토지의 형질을 변화시킨 곳으로서 땅깎기비탈면(切開斜面, cut-slope)과 흙쌓기비탈면(盛土斜面, banking slope), 채석장(quarry)과 채광지(mining area) 등이 있다. 또한, 등산로, 캠프장, 도시 주변 산림의 산책로, 체육시설, 폐군사시설지, 폐통신시설지 등도 포함된다. 생활권 훼

손지의 경우에는 단순한 복구의 개념이 아닌 생태적 및 경관적 복원의 개념을 도입할 필요가 있는 곳이 많기 때문에 대상지에 따라 적정한 목표를 설정하여 사방사업을 추진해야 한다.

3-5. 산사태취약지역

3-5-1. 개념

「산림보호법」 제2조(정의)의13에 의하면 산사태취약지역의 뜻과 지정 제외지역에 대해 다음과 같이 규정하고 있다. “산사태취약지역”이란 산사태로 인하여 인명 및 재산 피해가 우려되는 지역으로 제45조의8에 따라 지정·고시한 지역을 말한다. 다만, 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제2조제1호의 급경사지 및 제2호의 붕괴위험지역, 「도로법」 제10조의 도로, 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 제2조제2호 및 제3호의 시설물에 관하여는 적용하지 아니한다.

3-5-2. 산사태예방 장기대책의 수립·시행

「산림보호법」 제45조의2에 의하면, 산림청장은 체계적인 산사태예방을 위하여 다음 각 호의 사항이 포함된 전국산사태예방장기대책을 5년마다 수립·시행하여야 한다.

- ○ 전국산사태예방장기대책의 목표 및 추진 방향
- ○ 사방댐 등 「사방사업법」 제2조제3호에 따른 사방시설의 설치·관리에 관한 사항
- ○ 산사태예방을 위한 예산·인력·시설 등의 확충에 관한 사항
- ○ 산사태예방 관련 법령의 정비 등 제도개선에 관한 사항
- ○ 산사태예방을 위한 협력 요청에 관한 사항
- ○ 산사태정보체계의 구축 및 산사태취약지역의 지정·관리 등에 관한사항
- ○ 산사태예방의 교육 및 연구에 관한 사항
- ○ 산사태피해지의 복구·복원에 관한 사항
- ○ 그 밖에 산사태예방에 관하여 대통령령으로 정하는 사항
- ○ 산사태예방의 민간단체 참여·육성에 관한 사항
- ○ 산사태예방 국제협력에 관한 사항
- ○ 산사태예방 홍보에 관한 사항

3-5-3. 산사태취약지역의 조사와 지정

가. 산사태 발생 우려지역에 대한 조사

「산림보호법」 제45조의7에 의하여 산림청장은 전국을 대상으로 5년마다 산사태의 발생우려지역에 대한 기초조사를 실시하여 그 결과를 지역산사태예방기관의 장에게 통보하고, 지역산사태예방기관의 장은 위 기초조사의 결과에 따라 5년마다 산사태의 발생우려지역에 대하여 실태조사를 실시하여야 한다.

나. 산사태취약지역의 지정 및 해제

「산림보호법」 제45조의8에 의하여 지역산사태예방기관의 장은 산사태 발생의 우려가 있는 지역에 예방시설을 설치하는 등 산사태로부터 국민의 생명과 재산 및 산림자원을 보호하기 위하여 제45조의7 제2항에 따른 실태조사 결과를 기초로 산사태취약지역을 지정할 수 있다.

다. 산사태취약지역의 관리

지역산사태예방기관의 장은 산사태취약지역의 산사태예방을 위하여「사방사업법」제5조 및 제6조에 따른 사방사업을 우선적으로 시행하여야 하고, 보수·보강 등의 필요한 조치를 하여야 한다.

3-6. 사방사업 제외 대상지

3-6-1.「급경사지 재해예방에 관한 법률」제2조제1호의 급경사지 및 제2호의 붕괴위험지역

가. 급경사지 : 택지 · 도로 · 철도 및 공원시설 등에 부속된 자연비탈면, 인공비탈면(옹벽 및 축대 등을 포함) 또는 이와 접한 산지로서 대통령령으로 정하는 것

나. 붕괴위험지역 : 붕괴 · 낙석 등으로 국민의 생명과 재산의 피해가 우려 되는 급경사지와 그 주변토지로서 제6조에 따라 지정 · 고시된 지역

3-6-2.「도로법」제10조의 도로

3-6-3.「시설물의 안전관리에 관한 특별법」제2조제2호 및 제3호의 시설물

3-6-4. 다른 법령에 의하여 개발이 결정된 지역

4. 사방사업의 구분

4-1. 사방사업법에 의한 구분

「사방사업법」(2014. 2. 14. 시행) 제3조에서는 사방사업을 시행하는 대상지에 따라 산지사방사업, 해안사방사업, 야계사방사업으로 구분하고 있으며, 그 내용은 다음과 같다. 본 『개정 사방기술교본』에서는 「사방사업법」에 준하여 사방사업을 산지사방사업, 해안사방사업, 야계사방사업으로 구분하여 기술하였다. 따라서 기존의 사방기술교본에서 '예방사방공사'로 분류한 것은 '산사태예방사방'으로서 산지사방사업에 포함시켰다.

4-1-1. 산지사방사업(山地砂防事業)

산지에 대하여 시행하는 사방사업으로 다음과 같이 구분한다.

가. 산사태예방사업

산사태의 발생을 방지하기 위하여 시행하는 사방사업

나. 산사태복구사업

산사태가 발생한 지역을 복구하기 위하여 시행하는 사방사업

다. 산지보전사업

산지의 붕괴·침식 또는 토석의 유출을 방지하기 위하여 시행하는 사방사업

라. 산지복원사업

자연적·인위적인 원인으로 훼손된 산지를 복원하기 위하여 시행하는 사방사업

4-1-2. 해안사방사업(海岸砂防事業)

해안 모래언덕 등 해안과 연접한 지역에 대하여 시행하는 사방사업으로 다음과 같이 구분한다.

가. 해안방재림 조성사업

해일, 풍랑, 모래 날림, 염분 등에 의한 피해를 줄이기 위하여 시행하는 사방사업

나. 해안침식 방지사업

파도 등에 의한 해안침식을 방지하거나 침식된 해안을 복구하기 위하여 시행하는 사방사업

4-1-3. 야계사방사업(野溪砂防事業)

산지의 계곡, 산지에 접속된 시내 또는 하천에 대하여 시행하는 사방사업으로 다음과 같이 구분한다.

가. 계류보전사업

계류(溪流)의 유속을 줄이고 침식 및 토석류를 방지하기 위하여 시행하는 사방사업

나. 계류복원사업

자연적·인위적인 원인으로 훼손된 계류를 복원하기 위하여 시행하는 사방사업

다. 사방댐 설치사업

계류의 물매를 완화시켜 침식을 방지하고 상류에서 내려오는 토석·나무 등과 토석류를 차단하며, 수원함양을 위하여 계류를 횡단하여 소규모 댐을 설치하는 사방사업

4-2. 기타 사방사업의 구분

사방사업은 황폐된 산지를 복구하기 위한 복구사방(復舊砂防)과 산지의 황폐화와 재해를 미연에 방지하기 위한 예방사방(豫防砂防)으로 구분하기도 한다. 사방시설물에 따라 토목공학적 방법에 의하여 사방공작물을 설치하여 비탈면을 고정시키는 기초사방(基礎砂防)과 식물학적 방법에 의하여 사방용 수종과 초류를 심어 복구·녹화하는 사방조림(砂防造林)으로 구분하기도 한다. 또한, 도시지역의 생활권, 풍치지역, 문화재, 레크리에이션 장소 등을 대상으로 사방공학적 시공에 경관성을 가미한 사방사업을

시행하는 것을 조경사방(造景砂防)으로 구분하기도 한다.

따라서 과거의『사방기술교본』에서는 생활권 훼손지에 대한 사방사업을 ‘조경사방’으로 구분하였고, ‘예방사방’도 산지사방사업과 별도로 구분하여 기술하였다. 본『개정 사방기술교본』에서는 기존의 ‘조경사방’을 ‘생활권사방’으로 명명하여 별도의 장(제Ⅴ편)에서 기술하였다.

5. 사방사업의 시행절차

5-1. 사방사업의 계획

5-1-1. 사방사업과 관련된 개념

과거에는 훼손지에 대한 사방사업과 관련하여 ‘녹화(綠化)’ 또는 ‘복구(復舊)’라는 용어를 사용하였다. 녹화는 훼손된 산림환경의 재생과 자연의 힘만으로는 녹지가 형성될 수 없는 열악한 환경에 인공적으로 녹지를 창출하는 것까지 포함되는 개념이다. 복구는 훼손지가 다시 훼손되지 않도록 지형적으로 안정된 상태를 유지시키고 식생의 회복을 도모하는 개념이다. 그러나 최근에 자연환경에 대한 국제적 및 국민적 관심이 높아지면서 훼손된 산지환경을 관리하는 데에 있어서 종래의 개념을 넘어서는 발전된 개념으로서 ‘복원(復元)’이라는 용어를 많이 사용하게 되었다.

우리나라의 사방사업 분야에서는 산사태복구사업, 산지복원사업, 계류복원사업 등으로 사방사업법에서 ‘복구’와 ‘복원’을 법률용어로 함께 사용하고 있다. 또한, 산지보전사업과 계류보전사업 등 ‘보전’을 법률용어로 사용하고 있다. 그러나 아직 ‘복구’와 ‘복원’에 대한 개념이 명확하게 정립되어 있지 않고, 행정과 기술 분야에서는 ‘보전’과 ‘보존’이라는 용어도 혼용되고 있는 상황이다. 따라서 사방사업과 관련된 몇 가지 용어에 대한 정확한 개념을 정리할 필요가 있다.

5-1-2. 복구(復舊, rehabilitation)

교란 또는 훼손 이전의 자연상태와 유사하게 되돌리는 것으로서 복원과는 약간의 차이가 있다. 즉, 어떤 지역의 고유한 생태계 구조와 유사하지만 꼭 일치되는 것은 아니며, 원래의 상태인지 혹은 생태적으로 건강한 상태인지는 알 수 없다. 따라서 식생에 있어서는 외래종이 없거나 있을 수도 있지만, 안정되고 지속가능한 생태계를 만드는 것이다.

5-1-3. 복원(復元, restoration)

교란 또는 훼손 이전의 원상태로 정확히 되돌리기 위한 시도이다. 즉, 복원은 훼손되지 않은 이전의 완전한 상태나 위치(state or position)로 되돌리거나 혹은 건강하고 활발한 상태로 되돌리는 것으로서 생물종다양성을 지향한다. 따라서 복원은 다음과 같은 기준과 원칙에 의해 시행되어야 한다.

- ○ 철저한 현장조사에 기반하여 복원목표를 설정하고 계획을 수립한다.
- ○ 산지가 본래 지니고 있던 자연성을 최대한 고려하여 식생이 서식하기 유리한 환경을 조성한다.
- ○ 현지 자생식물과 자연재료를 사용하여 산림식생을 조기에 회복시킨다.
- ○ 소생물권을 중심으로 훼손된 식생의 복원력을 강화한다.

○ 산림복원계획과 사업 후 모니터링 및 평가의 유기적 연계를 강화한다.

○ 「사방사업의 설계·시공 세부기준(산림청 고시 제2012-67호)」에서는 산지복원사업의 종류를 식생복원사업과 기반안정복원사업으로 구분하고 있는데, 앞으로 산림복원의 목표와 종류의 구분에 대한 연구와 재정립이 필요하다.

5-1-4. 보전(保全, conservation)

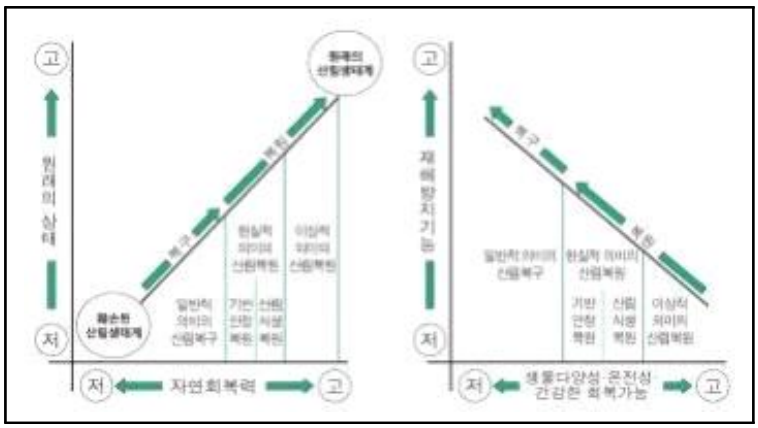
보호와 보존의 두 가지 입장의 중간에 위치하는 환경대책, 즉 생물의 생존환경의 보호를 고려하는 한편 인간의 생존환경의 보호도 고려하고자 하는 입장이다.

5-1-5. 보존(保存, preservation)

원래의 상태가 손상되지 않게 잘 유지하는 것이다.

5-1-6. 보호(保護, protection)

생물의 생존환경의 지속적인 보존을 도모하는 것을 주 목표로 하며, 이 경우 보존의 주 대상이 되는 것은 생물환경으로서 종족의 유지와 서식환경의 보존에 접근하는 것이다.



산림복구와 산림복원의 특징 및 기능

5-1-7. 사방사업기본계획 수립

「사방사업법」 제3조의2에서 “산림청장은 사방사업을 계획적·체계적으로 추진하기 위하여 매 5년마다 다음 각 호의 사항이 포함된 사방사업 기본계획을 수립·시행하여야 한다”라고 규정하고 있다.

○ 사방사업의 기본목표 및 추진방향

○ 사방기술의 개발 촉진 및 그 활용을 위한 사항

○ 사방사업대상지 및 사후관리에 관한 사항

○ 사방사업의 기술인력의 육성에 관한 사항

○ 사방기술의 국제교류 확대에 관한 사항

○ 그 밖에 산림청장이 필요하다고 인정하는 사항

사방사업기본계획은 사방사업의 여건 및 경제사정 등 현저한 변경사유가 있는 경우에는 변경할 수 있다. 산림청장이 기본계획을 수립 또는 변경코자 하는 때에는 관계 행정기관의 장 및 시·도 지사의 의견을 들어야 한다.

5-2. 사방사업 대상지 실태조사 및 타당성 평가

5-2-1. 기초조사와 정밀조사

「사방사업법」 제3조의3에 의하여 산림청장은 사방사업의 효율적 추진을 위하여 황폐지의 실태에 대한 기초조사를 5년마다 실시하고 이를 기본계획에 반영하여야 한다. 또한 기초조사 결과 집중호우 등으로 지형의 변화 또는 생태계에 피해가 발생할 우려가 있는 지역에 대하여는 정밀조사를 실시할 수 있다.

황폐지 실태에 대한 기초조사에서는 황폐지의 위치·규모, 황폐지의 특성 및 황폐화의 원인, 황폐지 인근의 주택·농경지 등 주변여건, 사방사업의 필요성 여부, 그 밖에 산림청장이 필요하다고 인정하는 사항 등이 포함되어야 한다. 정밀조사에서는 황폐지의 토석유출·붕괴·침식의 위험정도, 황폐지와 황폐지 인근의 지황·임황 등 황폐지 발생인자별 특성, 그밖에 산림청장이 필요하다고 인정하는 사항 등이 포함되어야 한다.

실태조사 방법은 직접 현지조사, 항공기·인공위성 등을 통한 원격탐사, 의견조사·자료·문헌 등을 통한 간접조사 등에 의한다.

5-2-2. 사방사업 타당성평가

「사방사업법」 제7조의3에 의해 시·도지사 또는 지방산림청장이 사방사업을 시행하려는 경우에는 미리 기본계획과 산사태취약지역을 고려하여 사방사업의 필요성·적합성·환경성 등을 종합적으로 고려하여 그 타당성을 평가하여야 한다. 다만, 산사태 등 자연재해를 복구하기 위하여 사방사업을 하는 경우에는 타당성평가를 생략할 수 있다. 타당성평가의 기준·방법·대상사업 등은 사방사업법시행령 제4조의2의 〔별표 1〕을 준용하고, 「사방사업의 타당성평가 및 위탁업무 처리규정(전부개정 2013.10.30 산림청고시 제2013-72호)」에 따라 시행한다.

5-3. 설계

5-3-1. 현지조사

현지조사는 크게 시공의 여부를 결정하는 조사, 시공할 경우 어떠한 공법으로 어떤 공작물을 시공할 것인가를 검토하는 조사, 채택되는 공법과 공작물을 시공하는 데에 필요한 자재·노동력·기계·운반관계 등을 포함하는 각종 조건에 대한 조사가 포함된다.

시공여부는 개개의 사방사업 대상지에 대하여 검토해야 할 뿐만 아니라 유역 전체로 보아서도 그 보전상의 가치를 검토해야 하며, 그 후에 계획 및 설계단계에 들어간다. 계획조사와 설계조사를 구분하지 않고 설계단계에서 조사하는 경우도 있다. 사방사업을 하기 전에 공통적으로 조사할 항목은

다음과 같다(사방사업의 설계·시공 기준).

- ○ 사방사업 대상지의 면적 및 지장물 현황과 그 소유관계, 지번별·지목별로 조사, 편입용지도(編入用地圖) 작성
- ○ 사방사업 대상지의 형상 및 토질, 토사·암반으로 구분하여 조사, 피해 재발 우려지역은 필요시 지반조사 병행
- ○ 설치할 공작물의 위치·종류·수량 및 사용자재의 구격 등
- ○ 지황, 임황, 기상인자(최대시우량, 연속강우량, 호우빈도 등) 등 사방사업 대상지의 황폐화 원인 및 특성
- ○ 사방사업 대상지와 연접지에 습지, 희귀식물·특산식물·멸종위기 식물 등이 있는지 여부
- ○ 공사 시 중장비 등의 활용 가능성과 절토량·성토량의 정도
- ○ 공사에 필요한 골재·석재·떼 등 자재의 현지채취 가능성, 내구성 및 환경성
- ○ 법령상 공사제한 사항 등 사방사업 실시에 있어서의 제반 장애요인

사방사업의 설계에 필요한 세부 조사항목은 다음과 같다.

- ○ 지황 : 지질, 토성, 토심, 방위, 경사도, 지표의 상태, 침식붕괴의 정도
- ○ 임황 : 성림지 비율(%), 치수지 비율(%), 미림목지, 황폐지, 수종, 수령, ha당 본수, 생육상황
- ○ 기상 : 강우량, 최대시우량, 최대일강우량 강설량, 첫서리, 최고 · 최저온도, 호우빈도
- ○ 황폐원인 : 붕괴원인과 유인(誘因)
- ○ 황폐임지의 현황 : 면적, 집수유역면적과 형상, 붕괴토량, 황폐확대의 위험성, 자연회복의 가능성, 지표수의 유수상황, 지하수의 용수상황
- ○ 토지이용관계 : 국토이용관리법, 산림관련 법령, 도시계획법, 자연환경보전법 등 다른 법상의 제한사항 검토
- ○ 토지권리관계 : 국유림, 공유림, 사유림별 면적
- ○ 공사용 자재 및 노무관계 : 공사재료의 유무, 채취장소 및 채취 가능량, 공사용 자재의 시장가격, 운반시설의 가부, 부대공사 및 가설공사(架設工事)의 여부, 노동력의 공급상황과 임금의 실태, 기계임대
- ○ 시공공종 : 공법 및 공종의 적부, 수량의 개산견적(槪算見積), 공종배치의 견취도(見取圖) 작성, 경비의 개산견적
- ○ 기타 : 시공기간의 견적과 다른 토목공사의 시공 상황 등

5-3-2. 사방공종의 선정 및 배치

현지조사와 측량자료를 토대로 황폐지를 능선이나 계곡, 임도 등을 경계로 1ha 내외의 단지로 구획하여 단지별로 시공면적과 토사량을 계산하고 공작물의 수량과 위치를 결정한다. 동일공종으로서 규격이 다른 것은 공작물 치수조사표에 기재하며, 설계단비는 평균치수에 의거 산출한다.

5-3-3. 설계서 작성

가. 설계서 작성 순서

현지조사 자료와 측량자료에 기초하여 설계서를 작성한다. 설계서는 목차, 위치도, 공사설명서, 일반시방서, 특별시방서, 예정공정표, 관계지적조서, 공사원가계산서, 설계내역서, 일위대가표, 단가산출서, 각종 중기경비계산서, 공종별 수량계산서, 각종 소요자재 총괄표, 토적표, 산출기초, 설계도면 순으로 작성한다.

나. 단가산출 기준

설계에 필요한 각종 단가산출서의 적용기준은 산림청장이 정하는 『사방표준품셈』을 적용하되, 『건설표준품셈』 및 실적공사에 의한 예정가격을 적용할 수도 있다. 단가명세표의 기재순서는 재료를 먼저 기입하고 다음에 인부를 기재하며, 단가는 높은 것부터 기입한다.

다. 공작물의 설계홍수량 산정

설계홍수량은 최근 100년 빈도 확률강우량과 홍수도달시간을 이용한 합리식(合理式)으로 계산된 최대홍수유출량의 1.2배 이상으로 하고, 사방댐 등 횡공작물의 방수로 등은 2배 이상 5배 이하로 설계하되, 급류지역에서는 그 이상으로 할 수 있다.

라. 설계도면 제작

- ○ 제도는 KSF1001 토목제도 통칙에 따른다.
- ○ 산지사방사업의 설계도 작성에서 공작물 배열순서는 계간공사·산복공사·잡공사 순으로 한다.
- ○ 축척은 평면도는 1/1,200, 종단면도는 고저(수직) 1/100 거리(수평) 1/500, 횡단면도는 1/100, 공작물도는 1/100을 원칙으로 한다.
- ○ 설계평면도(견취도)는 측량원도(1/3,000 또는 1/6,000)를 단지별로 구분하여 견취(見取)하며, 설치할 시설물을 적지적공이 되도록 공종부호와 치수를 도시하거나 표시한다. 평면도에는 방위, 축척, 시공년도, 구역번호, 구역면적, 시공면적 등을 기입한다.
- ○ 시공구역경계(굵은 실선), 전답(가는 실선 가장자리에 엷은 먹칠 또는 평행선), 도로(적색 평행선), 하천(가는 실선 내부 청착색), 산능선(장파선), 단지경계(소점선, 아라비아숫자 번호 기입), 지번계(가는 실선)와 산복공사 시행지(가는선 내 가장자리에 홍착색)를 표시한다.
- ○ 공작물은 제Ⅵ편 사방기술 관련 자료편의 <표 Ⅵ-3-1>에 제시되어 있는 공작물별 부호에 의하여 적정위치에 표시한다.

5-4. 시공

설계를 바탕으로 하되, 「사방사업의 설계·시공 세부기준」, 『사방표준품셈』, 그리고 본 『개정 사방기술교본』 제Ⅱ편 이하의 내용을 참고하여 시공한다.

5-5. 사방지의 지정 및 관리

5-5-1. 사방지의 지정 및 해제

「사방사업법」 제4조에 의해 시·도지사 또는 지방산림청장은 사방지를 지정하고, 그 내용을 고시하여야 한다. 다만, 산지사방사업으로서 1개소의 면적이 1천 제곱미터 이하인 것은 지정하지 않을 수 있다.

또한, 동법 제20조에 의해 시·도지사 또는 지방산림청장은 사방지의 지정 목적이 달성되었을 때(시공 후 5년), 지정 목적이 상실되었을 때 등 대통령령이 정하는 바에 따라 사방지의 지정을 해제할 수 있다.

5-5-2. 사방시설물의 관리

「사방사업법」 제15조에 의해 사방사업을 시행한 자는 사방시설을 관리해야 한다. 사방시설의 관리자는 사방시설의 안전성 확보를 위해 필요한 경우에 점검 및 안전진단을 하고, 그 결과에 따라 안전조치를 하여야 한다. 사방시설의 관리·점검·안전진단과 안전조치는 동법시행령 제12조의〔별표 2〕를 준용한다.

6. 사방사업의 효과

사방사업의 효과는 크게 직접적 효과와 간접적 효과로 구분된다.

직접적 효과는 ①산지침식 및 토사유출 방지, ②산복 및 계안 붕괴 방지, ③산각 고정 및 땅밀림 방지, ④계상기울기 완화 및 계류 생태계 보전, ⑤비사 고정 및 방재림 형성, ⑥홍수조절 및 수원함양, ⑦하구 및 항만의 토사퇴적 방지, ⑧저수지, 탄갱 및 농경지의 매몰 방지 및 ⑨국토보전 등이다.

간접적 효과는 ①각종 용수 보전, ②하천 공작물 보호, ③경지와 택지의 조성 및 안정, ④자연환경의 복구 및 보전 등이다. 또한, 기능면에서는 ①재해방지효과, ②산림자원 생산기반 조성효과, ③수자원함양효과, ④생활환경 보전효과, ⑤정책상의 효과 등으로 구분된다. 이 외에도 최근에 와서 높이 평가되고 있는 휴양과 숲치유 효과를 발휘할 수 있는 기반을 조성하는 효과도 있다.

6-1. 재해방지효과

사방사업으로서 시행한 산복공작물과 계간공작물에 의하여 토사재해를 미연에 방지하거나 저감시킨 사례는 국내·외적으로 많이 있다. 일본의 경우 1966년 9월 태풍 26호에 의해 山梨懸 足和田村의 根場部落은 일순간에 폐허가 되어 사망 및 행방불명 64명, 가옥전파 32호에 이르는 대참사를 당하였지만, 根場部落에서 멀지 않은 西湖部落에서는 상류계류에 골막이 4개를 설치한 사방공사로 인해 피해가 최소화된 사례가 있다.

우리나라에서도 2002년 태풍 ‘루사’, 2003년 태풍 ‘매미’, 2005년 태풍 ‘나비’, 2007년 태풍 ‘나리’, 2010년 태풍 ‘곤파스’, 2012년 태풍 ‘볼라벤’ 등에 동반된 집중호우로 인해 전국적으로 많은 산지토사재해가 발생하였는데, 이때마다 계류에 사방댐이 설치된 곳에서는 피해가 없거나 최소화된 사례가 많이 있었다. 이와 같이 사방댐의 재해방지효과가 인정되어 사방댐의 설치가 확대되었

다.

또한, 해안지대에서는 해안방재림을 조성하여 파도로 인한 피해를 방지하고 비사(飛砂)와 조풍해(潮風害)를 방지하기도 하며, 내륙지대에서는 내륙방재림을 조성하여 강풍과 눈사태 등으로부터 경지와 공공시설을 보호하기도 한다.

6-2. 국토보전효과

산림 안에서의 토사유출량과 토사붕괴량은 임상에 따라 다른데, 황폐지는 입목지에 비해 토사유출량이 대단히 많고 붕괴 발생량도 많다. 따라서 사방사업 후 시공연도가 경과함에 따라 수림화가 진행되면서 지표가 피복되어 토사유출량이 감소하고, 식물 근계의 토양긴박과 앵커작용 등에 의해 토사붕괴량도 감소한다.

임상별 토사유출량(ton/ha/년)

구 분	활엽수림	침엽수림	혼효림	황폐지
토사유출량	0.7	1.0	2.2	118.3

<임업연구원(1993)>

입목지와 무립목지의 토사 붕괴량 비교

구 분	개소당 산사태 크기		1000ha당 산사태 크기		
	면적(m^2)	붕괴량(m^3)	발생개소수	면적(ha)	붕괴량(m^3)
무립목지	733	783	255	16.493(161)	176,175(176)
입 목 지	741	724	138	10.226(100)	99,912(100)

<임업연구원(1996)>, ( )내 숫자는 입목지에 대한 무립목지의 비교치임

사방시공 후 연차별 토사유출량 감소효과(ton/ha)

구 분	황폐지	시공 당년도	시공 2년차	시공 3년차	시공 4년차
토사유출량	169.1	188.7	76.5	3.7	0.1

<임업시험장(1972)>

6-3. 산림자원의 생산기반 조성효과

사방사업 시행 후 40년이 경과하여 산림이 울창해지면 용재는 매년 4㎥/ha가 생산되고, 임산연료는 매년 10ton/ha이 생산되게 된다.

6-4. 수원함양효과

지표에 도달한 강우는 침투와 투수(透水)의 과정을 거쳐 지하에 저류되고 서서히 유출되어 수자원을 형성한다. 산림의 수자원함양기능은 강수량의 대부분을 지하에 침투시켜 강수 직후의 지표유출을 감소시키는 것이라 할 수 있다. 민둥산과 황폐산지는 강우의 대부분을 지표수로 유출시킴으로써 수자원함양기능이 아주 낮지만, 사방사업을 통해 수림화가 진행되면서 산림토양의 침투성이 개선되고, 이에 따라 수자원함양효과가 높아진다.

일본의 홋카이도에서 유수형 침투계로 측정한 결과에 따르면 임지가 초지나 밭, 방목지 및 나지에 비해 종기침투강도가 높게 나타났다.

지상생태별 종기침투강도(mm/ha)의 비교

지피상태	임지	초지	밭	방목지	나지
종기침투강도	414	128	56	37	14

<일본, 홋카이도>

나지와 임지의 강수 저류기능

임 상	저 류 량(ton/ha/년)	비고
나 지	600(5%)	· 연평균강수량 : 1,159mm
임 지	4,000(35%)	

<일본, 산림 Conservation(1982)>\

6-5. 계류환경보전효과

사방시설이 주변 환경에 미치는 영향은 ①계류의 토사이동에 미치는 영향, ②수변 생태계에 미치는 영향 등으로 구분할 수 있다. 계류의 토사이동에 미치는 영향은 계류의 물리적 구조와 토사이동에 긍정적인 영향을 미치는 것이며, 수변 생태계에 미치는 영향에는 수변림 형성과 수생곤충·어류·양서류·포유류·조류 등의 생식 및 생활환경 조성 등이 있다.

6-6. 생활환경보전효과

산림이 지니고 있는 생활환경보전기능은 대기정화, 기상조건의 완화, 토사붕괴방지, 토사유출방지, 방풍, 방조, 수질정화, 방음, 긴장의 완화 등으로 다양하다. 사방사업은 이와 같은 기능을 발휘할 수 있는 산림을 조성하거나 또는 유지 개량하여 생활환경을 보전할 수 있도록 하는 효과가 있다.

Ⅱ. 산지사방

1. 산지사방의 개요

1-1. 산지사방의 목적

산지사방(山地砂防, hillside erosion control works)은 황폐되었거나 황폐될 위험성이 있는 산지에서 토양침식 방지, 지형안정 및 복구, 식생의 복구 및 복원을 통해 토사재해를 방지하고 산림자원을 조성하는 것을 목적으로 시행하는 사방공사이다.

시공대상지는 황폐지, 붕괴지, 밀린땅, 붕괴위험지 등이 포함되며 각각의 시공대상지에 따라서 사방공사를 시행하는 목적이 조금씩 다르다. 즉, 자연적·인위적인 원인으로 훼손된 황폐산지에 대하여는 산지복원, 붕괴·침식 또는 토석이 유출되는 산지에 대해서는 산지보전, 산사태가 발생한 지역에 대해서는 산사태의 재발생을 방지하고 식생을 복원하는 산사태복구, 산사태 발생의 위험이 있는 산지에 대해서는 산사태 발생을 방지하기 위한 산사태예방을 목적으로 사방공사를 시행한다.

특히, 산사태예방사방(preventive erosion control works)이란 산지침식이나 산사태 피해가 우려되는 산복비탈면이나 계류에 흙막이, 축대벽(옹벽), 기슭막이 및 사방댐과 같은 공작물을 설치하여 산림의 황폐화를 사전에 방지하는 공사이다. 산지비탈의 붕괴 및 토사유출 등에 의한 피해를 방지하거나 최소화하는 데에 그 목적이 있으며 지형, 지질특성, 보전대상과의 관계를 충분히 조사하여 가장 효과적인 공종과 공법을 계획하여야 한다. 예방사방공사에는 땅밀림 방지를 위한 공사와 눈사태방재림 조성 등도 포함된다.

1-2. 산지사방의 분류체계

산지사방은 산사태 발생지와 황폐산지에 대한 산사태복구·산지보전·산지복원을 위한 공사와 산사태 발생 위험지에 대한 산사태예방공사로 분류할 수 있다.

1-2-1. 산지복구·보전·복원공사

산지의 복구·보전·복원을 위한 공사는 기초공사와 녹화공사로 구성된다. 기초공사는 산복공사 중 황폐비탈면을 안정시켜 침식을 방지하는 공사로서 녹화 및 식재의 준비단계 공사이다. 녹화공사는 식생으로 비탈면을 피복하여 토양침식을 방지하고, 수목식재와 생육이 가능한 환경조건을 정비하며, 장기적으로 수림화(樹林化)를 위해 식생을 도입하는 공사이다. 녹화공사는 비탈면의 토양침식을 방지하고 유하수를 분산시키며 식물생육기반을 조성하는 녹화기초공사, 그리고 파종과 식재에 의해 식생을 도입하는 식생공사로 구분하기도 한다.

1-2-2. 산사태예방공사

산사태예방공사는 지표수배제공사, 지하수배제공사, 토압처리공사, 암괴처리공사 등으로 구성된다.

가. 지표수배제공사

지표수배제공사(地表水排除工事, surface water drain works)는 비탈면에 내리는 강우수나 주변부에서 유입되는 지표면 유거수를 안전하게 배수시킴으로써 지표수의 비탈면 침투를 억제하여 비탈면을 안정시키는 데에 목적이 있다. 주요 공종으로는 비탈면 돌림수로내기, 침투수방지공사, 주입공사 등이 있다.

나. 지하수배제공사

지하수배제공사(地下水排除工事, ground water drain works)는 땅밀림 붕괴에 영향을 주는 지하수를 배제시키거나 땅밀림지 내부로 유입되는 지하수를 차단하여 위험 비탈면 내 토양의 간극수압을 저하시키기 위하여 시공한다. 주요 공종으로는 속도랑내기, 보링속도랑내기, 터널속도랑내기, 집수정공사, 지하수차단공사 등이 있다. 지하수배제공사에 의하여 집수된 지하수는 땅속으로 재침투되지 않고 안전지대까지 유하시킬 수 있도록 수로망을 계통적으로 배치하여야 한다.

다. 토압처리공사

토압처리공사(土壓處理工事)는 붕괴 위험지 내에 토압을 지탱하기 위하여 시공하는 공법으로 배토공사(排土工事), 누름흙쌓기(押盛土工事), 산비탈돌쌓기, 땅속흙막이, 힘줄박기, 샤프트공법, 축대벽, 나무심기 등이 있다.

라. 암괴처리공사

암괴처리공사(岩塊處理工事)는 급경사 및 절개 비탈면 상에 붕괴·붕락의 위험이 있는 암괴를 처리하기 위하여 시공되는 공법으로 폭파공사, 팽창성 파쇄공사, 앵커박기, 말뚝박기, 전석정리공사, 낙석방지망덮기, 낙석저지책세우기 등이 있다.

1-3. 일반적 시공요령

1-3-1. 황폐지

황폐지에서는 표토의 침식을 방지하는 것이 가장 중요하다. 표토 침식력을 약화시키는 방법으로는 비탈면의 경사를 완화시키고, 비탈표면을 식생으로 피복하여 우수(雨水)를 분산시키며, 일정한 장소에 집수·유하시키는 것이다. 황폐지에 대한 사방공사의 일반적 시공요령은 다음과 같다.

- ○ 불규칙한 지반을 정리한다.
- ○ 경사가 완만한 초기 및 중기 황폐지역은 단을 끊지 않고 가급적 표토 이동 없이 파종상(播種床)을 만든다.
- ○ 누로(淚路, rill)나 작은 구곡(溝谷, gully) 수로에는 떼를 이용한 누구막이와 수로를 만들어 침식을 막는다.
- ○ 경사가 급한 지역은 단을 끊으며 생산된 부토(뜬흙, 浮土)는 선떼붙이기, 흙막이, 돌쌓기, 땅속흙막이, 골막이 등으로 고정시킨다.
- ○ 작은 수로에서는 위쪽에 누구막이 아래쪽에 수로를 설치하며, 큰 구곡 수로에는 돌골막이 또는

콘크리트골막이를 시공하여 산각을 고정시킨다.

○ 소단 사이의 비탈면에는 새심기를 한 후 초목 종자를 직파하고, 단상에는 리기다소나무·오리나무류·상수리나무·소나무 등을 식재하거나 싸리류·새류 등의 초목 종자를 파종한다.

○ 직파로써 성공하기 어려운 급경사 소단 사이의 비탈면(단간사면)은 전면 파종 후 짚 또는 거적 등으로 피복한다.

1-3-2. 무너진땅(붕괴지, 산사태지)

산사태는 비탈면을 형성하고 있는 표토 또는 풍화암층이 평형을 잃고 붕락하는 현상으로 그 원인은 유수의 침투와 지하수면의 상승, 중력작용 등이다. 산사태지의 특성은 붕괴원(崩壞源)의 상부는 급경사로 되어 있고, 붕괴원과 침식부의 양 비탈면은 급경사면을 형성하며, 이들 지역의 바닥은 미풍화토양(未風化土壤) 또는 기반암으로 이루어져 있다. 퇴적부(堆積部)는 붕괴토사로 이루어져 있어서 이를 복구하기 위해서는 재붕괴의 우려가 있는 토석의 제거, 견지반의 식생피복, 퇴사지의 식재 및 계통적인 수로 설치 등이 주체가 된다. 무너진땅에 대한 사방공사의 일반적인 시공요령은 다음과 같다.

○ 산사태지의 상단부 급경사지와 좌우 양변에 재붕괴의 우려가 있는 표토와 돌출암석을 제거한다.

○ 급경사면에는 선떼붙이기, 돌쌓기, 돌흙막이 또는 축대벽(옹벽)을 설치하여 재붕괴를 방지한다.

○ 붕괴원과 침식부의 바닥은 경사도에 따라 선떼붙이기(또는 떼단쌓기), 돌쌓기, 흙포대흙막이 등을 시공한다.

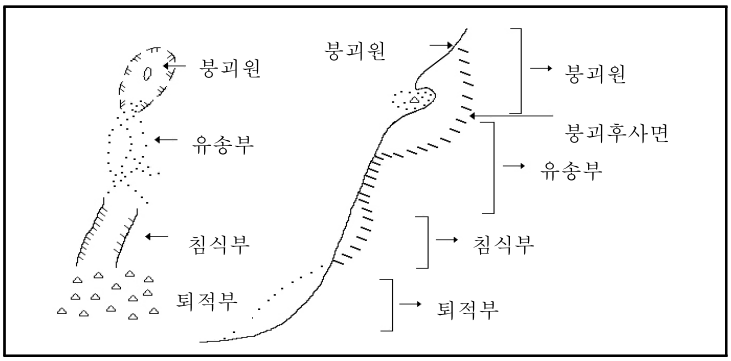
○ 수로는 경사도와 비탈면 길이에 따라 떼수로 또는 돌수로를 설치하며, 경사의 변환점과 수로방향이 변화되는 개소에는 떼·돌 누구막이 또는 골막이 등을 설치한다.

○ 용출수(湧出水)가 있는 지역은 보링배수공이나 집수정을 설치하여 지하수를 제거한다.

○ 단상(段床)에는 식재 또는 파종을 실시하며, 소단 사이의 비탈면에는 파종 또는 새심기를 한다. 소단 사이의 비탈면이 급경사일 경우에는 짚 또는 거적덮기를 시행한다.

○ 붕괴지역이 도로변 또는 계류와 연결된 지역에서는 하단부에 돌쌓기 또는 기슭막이를 설치한다.

○ 붕괴지의 토사 유송부와 퇴적부는 식재 또는 파종한다.



산사태지의 토석 이동 구분

1-3-3. 밀린땅

밀린땅은 중력에 의해 미끄럼면(활동면, 滑動面)을 따라 표면의 토양이나 암석이 집단적으로 하부로 이동되는 현상이므로, 이의 방지를 위해서는 미끄럼면에서 윤활제 역할을 하는 지하수를 신속히 배출하고 지표지반을 고정시켜야 한다. 밀린땅에 대한 사방공사의 시공요령은 다음과 같다.

- ○ 밀린땅 지역의 경계부는 재붕괴의 우려가 있는 표토와 돌출암석을 제거하거나 약간의 균열부위는 흙 또는 이화토(석회+흙)로 메워 유수가 침투되지 못하도록 다져준다.
- ○ 밀린땅 상단부에 돌림수로(우회수로, 迂廻水路)를 설치하여 상류로부터 흘러내리는 지표수를 차단시킨다.
- ○ 지표면에 종수로와 횡수로를 설치하여 우수의 침투를 최대한 방지한다.
- ○ 용출수 지역은 배수터널, 집수정, 암거 또는 보링배수공을 시공하여 지하수를 외부로 배출시킨다.
- ○ 토압에 저항하기 위하여 필요한 곳에 땅속흙막이, 말뚝박기, 옹벽 등을 시공한다.
- ○ 활동면까지의 깊이가 비교적 낮은 지역은 심근성 수종(상수리나무 등 참나무류)을 식재한다.

1-3-4. 산사태위험지

가. 예정지 선정

예방사방 시공대상지는 산사태 피해감수성(hazard)이 높은 지역으로서, 시·군에서 기 조사된 1등급지 산사태 위험지이거나 예비조사에 의하여 위험도가 높은 개소부터 순차적으로 채택한다.

예비조사는 그 지역에 대한 자료조사·지형조사·야외개략조사 등에 의하여 수행되는데, 대상지역의 역사적 사실들은 문헌·기록물에 의한 자료조사가 필요하며, 지형상태는 지형도(1:5,000 또는 1:25,000)와 항공사진 등을 이용한 지형조사에 의한다. 현지의 지상물질과 붕괴의 움직임 등 붕괴추이 상황은 야외개략조사에 의하여 예방사방 대상지를 선정한다.

① 산사태 피해감수성 등급 구분

산사태위험지관리시스템(GIS) 및 항공사진이나 각종 지도를 이용하여 피해감수성을 다음과 같이 등급 구분한다.

- ○ 1등급지 : 가옥, 학교 등 인명피해 예상지역
- ○ 2등급지 : 수리시설, 제방, 도로, 철도 등 공공시설 피해 예상지역
- ○ 3등급지 : 농경지 등 기타 피해 예상지역
- ○ 4등급지 : 발생가능성이 없는 지역

② 산사태 발생위험도 구분

산사태 발생시 피해감수성이 높은 지역으로 산사태 발생이 우려되는 지역에 대하여 산사태 발생위험도(risk)를 구분하기 위하여 현지 개략조사를 통하여 모암, 비탈면 형상 등 산사태 발생에 영향력이 큰 인자들을 조사한다. 조사항목으로는 모암, 비탈면 형상, 경사도, 임상 및 경급, 경사 비탈면 길이, 경사 위치, 토심, 붕괴방지 시공기술 수준, 돌출부의 유무, 불연속면의 경사방향, 비탈면 구성물(모암)의 풍화정도, 비탈면 형태, 용수의 유무, 비탈면 높이, 붕괴 이력, 붕괴위험 비탈면 여부 등이다.

※ 참고 : 자연비탈면 붕괴위험지 판정기준표
인공비탈면 붕괴위험지 판정기준표

나. 시공대상지 정밀조사

정밀조사는 예방사방공사를 실시할 경우 어떠한 방법으로 어떤 공작물을 얼마만큼 시공할 것인가를 알기 위하여 실시하는 조사로서 기반암까지의 깊이(토심), 기반암의 절리방향과 균열부위, 지하수의 분포 등을 포함하는 붕괴위험요인이 정확하게 조사되어야 한다. 설계에 필요한 조사항목은 시공대상 범위(면적), 지질구조, 활동면, 지하수위, 토양시료 분석, 수문조사 등이다.

다. 설계서 작성

현지 정밀조사 자료와 현장조사결과에 의하여 사방공종을 선정 배치하며, 설계서 작성요령은 산지사방공사 설계요령에 준한다. 설계에 필요한 공종, 공법별 부호는 부록에서 확인할 수 있다.

라. 시공방법

피해감수성이 높은 지역에서는 위험 비탈면 개소별로 시공하고, 피해액보다 시공비가 많이 드는 피해감수성이 낮은 지역에 대해서는 소유역 단위로 사방댐을 계통적으로 설치하는 것이 바람직하다.

2. 공종별 표준시공요령

2-1. 기초공사

기초공사에는 비탈다듬기, 단끊기, 땅속흙막이, 산비탈흙막이, 누구막이, 산비탈수로내기, 속도랑, 골막이, 말뚝박기 등의 공종이 있다. 각 공종에 따라 다음과 같이 구분된다.

기초공사
- 비탈다듬기(뭉기기)
- 단끊기
- 땅속흙막이 : 돌, 돌망태, 바자, 콘크리트, 콘크리트블록, 흙 땅속흙막이
- 산비탈흙막이 : 떼, 바자, 섶다발, 통나무, 돌(산비탈돌쌓기 포함), 돌망태, 콘크리트벽, 콘크리트블록, 콘크리트판, 콘크리트기둥, 폐타이어, 흙포대 흙막이
- 누구막이 : 떼, 돌, 돌망태, 바자, 콘크리트블록, 흙포대, 통나무 누구막이
- 산복수로공 : 떼, 돌, 사석, 돌망태, 콘크리트, 콘크리트블록, 콘크리트 반원관, 파식수로내기
- 속도랑배수구 : 돌망태, 자갈, 콘크리트관, 섶다발, 나무다발
- 골막이 : 돌, 흙(떼), 바자, 돌망태, 콘크리트, 콘크리트블록, 통나무, PNC판 골막이

산지사방 기초공사의 공종 분류

2-1-1. 비탈다듬기(뭉기기, 整度工; slope grading)

□ 개요

비탈다듬기(뭉기기)는 비탈경사가 불규칙한 비탈면 또는 비탈면에 불안정한 토석층(부토, 浮土)이 있어서 그대로는 줄떼공 또는 파종공을 실시할 수 없는 지역에 적용하는 공법이다. 안정된 비탈면을 조성할 목적으로 시공하는데, 기복(起伏)이 심한 비탈면에 대해 땅깎기공사를 통해 평탄하게 다듬고, 깎아낸 토사를 깊은 곳에 되메우기를 하여 경사가 심한 비탈면을 일정한 경사로 유지시킨다. 일반적으로 비탈다듬기 공사를 시공하는 비탈면의 최종기울기는 안정물매(토사의 안식각, angle of repose)를 한계점으로 하는 것이 안전하다.

비탈다듬기와 뭉기기는 공정에 따라 구분하여 사용하기도 한다. 즉, 비탈다듬기는 인공비탈면에서 기계와 조합으로 시행하는 공사를 말하며, 뭉기기는 황폐비탈면에서 인력에 의한 절취·투입·비탈면 정리 등의 공정에 사용한다.

□ 시공장소

- ○ 표토층의 토양침식이 심하여 기복이 심한 산비탈
- ○ 도로 건설 등으로 인한 땅깎기비탈면(절토비탈면) 또는 흙쌓기비탈면(성토비탈면), 암반절개 비탈면 등

□ 설계요령

- ○ 비탈다듬기의 조사는 전체 대상지를 조사하고, 다듬기의 절취량은 다듬기의 면적에 평균높이를 곱하여 산출한다.
- ○ 대상지가 광범위할 경우 다듬기 대상의 원지반 횡단에서 계획단면을 산출하여 양단면평균법에 의해 토량을 계산한다.
- ○ 조사시 토질과 인력시공 또는 기계시공 여부를 판단한다.
- ○ 비탈다듬기 후 단끊기, 줄파종 등 식재단의 시공을 감안하여 계획한다.
- ○ 비탈다듬기 후의 비탈면 기울기는 대상지의 종단면도를 작성하여 결정하되 시공지의 지질 및 지형, 경사, 주변의 지형과 사방공법 등에 따라 대체로 35° 내외로 조화 있게 결정한다.
- ○ 비탈면기울기가 급한 황폐지 또는 땅깎기비탈면에는 선떼붙이기 및 산비탈돌쌓기(흙막이) 등으로 조정한다.

□ 시공요령

- ○ 비탈다듬기공사는 산꼭대기 쪽으로부터 시작하여 산 아래쪽으로 진행하며, 부토가 많아 퇴적층의 두께가 약 3m 이상 되는 지역은 속도랑공사 및 땅속흙막이공사를 시공한 후 비탈다듬기공사를 시공하는 것이 효과적이다.
- ○ 비탈다듬기공사 후에는 뜬흙(浮土)이 비탈에 안착 · 안정될 때까지 상당한 기간 동안 비바람에 노출되는 것이 효과적이며, 그 후에 다른 비탈안정공사를 시공한다.
- ○ 비탈다듬기공사에 의해 잔존 임목이나 그루터기의 매몰이 예상되는 경우에는 공사 전에 이것

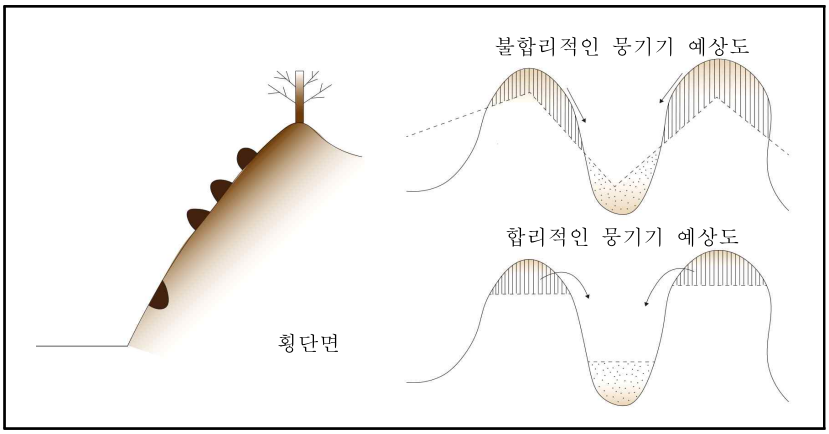
을 고려하여 매몰되지 않도록 주의하여 시공한다.

○ 산지 비탈면 붕괴지 주변의 가장자리 부분은 붕락되기 쉬우므로 충분한 두께로 끊어(rounding) 일체가 되도록 한다.

○ 비탈다듬기공사를 시공할 비탈면에 토사의 절취량이 많고, 지형적으로도 기계 시공이 가능한 경우에는 기계에 의한 비탈다듬기공사를 시공한다. 사용기계에는 불도저·굴삭기·트랙터셔블 등이 있으며, 암반비탈에서는 착암기 등으로 다듬는다. 이때에 사용하는 기종 및 규격은 시공지의 지질과 지형에 적합한 것을 선정한다.

○ 채광지와 채석장에서는 비옥한 표토를 채취하여 보존하였다가 채굴 완료 후 복원공사 때에 재활용하도록 배려한다.

□ 개념도



비탈다듬기(뭉기기) 개념도

(주 : 위의 그림과 같은 시공지에서 침식지의 뾰족 솟은 정단부를 단순히 삭취하지 말고 절단하여, 이 흙을 토사유치시설이 있는 오목한 곳에 단번에 투입한다. 불규칙한 비탈면의 볼록한 곳을 삭취하면 암반이 노출되고, 뜬흙 처리가 곤란하며, 산재한 자연생 치수를 매몰시키기 쉽다.)

□ 시공사진



산지 비탈면에서 인력에 의한 비탈다듬기

2-1-2. 단끊기(단절공, 段切工; terracing)

□ 개요

단끊기는 비탈다듬기를 실시한 비탈면에 식생을 도입할 목적으로 목초본류를 파식하기 위해 수평계단을 만드는 것이다. 단끊기는 비탈면의 길이를 줄일 수 있고, 유수를 분산시키며, 토사유출을 방지하고, 식생도입에 필요한 기반을 조성할 수 있다. 통상 단끊기를 실시한 후에는 선떼붙이기나 조공, 흙막이 및 파식공사 등을 병행한다.

□ 시공장소

○ 황폐산지 및 산사태 발생지의 산복에서 비탈다듬기를 실시하고 식생을 도입할 비탈면
○ 임도 및 생활권 흙깎기비탈면에서 비탈면 길이를 감소시키고자 하는 곳

□ 설계요령

○ 일반적으로 소단의 폭은 0.5 ~ 0.7m로 하지만, 비탈면 기울기가 급할 때에는 소단의 폭을 좁혀 비탈면의 기울기를 완만하게 한다.
○ 소단의 간격은 지형이나 공종에 따라 조정하며, 수직높이는 비탈면의 기울기에 따라 조정한다.
○ 상부 첫 단의 수직높이는 1m 내외로 한다.

□ 시공요령

○ 작업방향은 비탈면의 상부로부터 하부로 향해 실시한다.
○ 소단 위에는 원래의 표토(부토)를 남겨두어 절취토사의 이동량을 줄이고 도입식생의 생육에도 유효하도록 한다.

1㏊당 단끊기 시공연장(m)

경사도(Θ)	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
직고(X) / 단끊기 직고	17.6 m	26.8 m	36.4 m	46.6 m	57.7 m	70.0 m	83.9 m	100m
0.6 m	2,930	4,460						
0.8 m	2,200	3,350	4,550					
1.0 m	1,760	2,680	3,640	4,660				
1.2 m	1,460	2,230	3,030	3,880	4,800			
1.4 m	1,250	1,910	2,600	3,320	4,120	5,000		
1.6 m	1,100	1,670	2,270	2,910	3,600	4,370	5,240	
1.8 m	970	1,480	2,020	2,580	3,200	3,880	4,660	5,550
2.0 m	880	1,340	1,820	2,330	2,880	3,500	4,190	5,000
2.2 m	800	1,210	1,650	2,110	2,620	3,180	3,810	4,540
2.4 m		1,110	1,510	1,940	2,400	2,910	3,490	4,160
2.6 m			1,400	1,790	2,210	2,690	3,220	3,840
2.8 m				1,660	2,060	2,500	2,990	3,570
3.0 m					1,920	2,330	2,790	3,330
3.2 m						2,180	2,620	3,120
3.4 m							2,460	2,940

(주 : 단끊기 연장 = 단끊기 대상지의 경사도에 따른 직고 ÷ 단끊기할 단의 직고 × 연장(가로). 제지 및 계간처리 지역이 있으므로 실제단끊기는 상기 시공 연장길이의 30 ~ 40%를 감소 실행함)

□ 시공사진




단끊기공사(좌), 소단 비탈면(우)

2-1-3. 땅속흙막이(무치기, 埋設工; buried works)

□ 개요

땅속흙막이(무치기)는 비탈다듬기 및 단끊기의 시공과정에서 발생하는 잉여토사를 산복의 깊은 곳에 넣어서 이것을 유치·고정하는 공사이다. 비탈면 시공으로 인해 발생한 토사를 유하시키지 않을뿐더러 계상을 높이고, 산복의 비탈면 길이를 감소시키며, 선떼붙이기의 급수(級數)를 낮추고, 파종공 실시구역을 안정시키는 등 여러 기능이 있는 유효한 방법이다.

□ 시공장소

- 산복에서 비탈면의 절취토량이 많고 두터운 퇴적토층이 형성되어 토층이 강우에 의해 유출될 우려가 있는 곳
- 계상 및 산복의 비탈면 길이를 감소시키고자 하는 곳

□ 설계요령

- 땅속흙막이의 위치는 토사의 적치량이 많고 지반이 안정된 견지반을 선정하고, 상류를 향하여 중심선에 직각방향으로 설치한다.
- 지형·토질·재료수집 관계를 고려하여 돌쌓기·흙쌓기·통나무얽기 등을 계획하되, 토질이 진흙일 때는 돌을 사용하고 사질인 경우에는 흙을 사용한다. 돌쌓기 땅속흙막이의 비탈은 1:0.3으로 한다.
- 산복비탈면 기울기 25 ~ 30° 의 대상지에서는 돌을 사용할 때는 최대직고 5m 이하로, 이화토 심벽(二和土心壁)을 사용한 땅속흙막이는 직고 3m의 토사하중에 유지될 수 있도록 한다.
- 잡석으로 축조한 땅속흙막이나 심벽을 사용하지 않은 흙땅속흙막이는 현지 여건을 감안하되, 직고 1 ~ 2m의 토사하중에는 무난하다.
- 시공위치 및 규모를 감안하여 기계장비 및 인력투입을 결정한다.

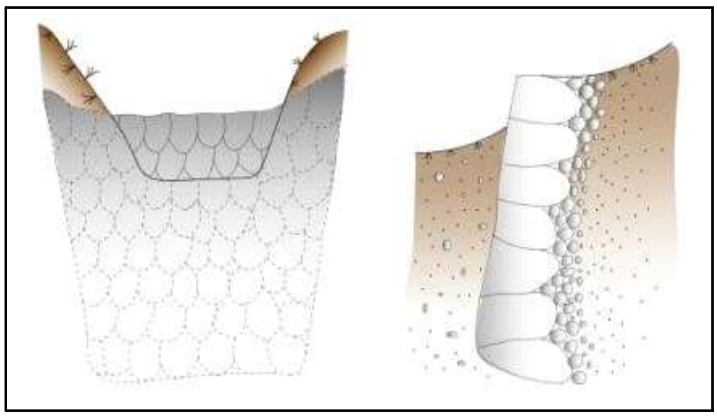
□ 시공요령

○ 설계된 지점의 계획된 높이에 말뚝을 박아 시공줄을 설치한다.
○ 바닥과 어깨파기는 원지반 이하의 견지반까지 충분하게 실시한다.
○ 돌을 재료로 사용할 경우 자갈뒤채움을 규정에 의하여 실시한다.
○ 공작물 설치가 완료되면 공작물의 상부·하부·어깨 부위에 되메우기를 실시한다.
○ 현지에 산재된 석재를 충분히 활용하여 시공비를 절감할 수 있도록 하며, 큰 돌은 밑으로 놓고 작은 돌은 위로 놓아 축설한다.
○ 지하수 용출지역은 땅속 수로를 병행하여 시공한다.
○ 땅속흙막이 구조물 높이의 2/3 이상 묻히도록 한다.

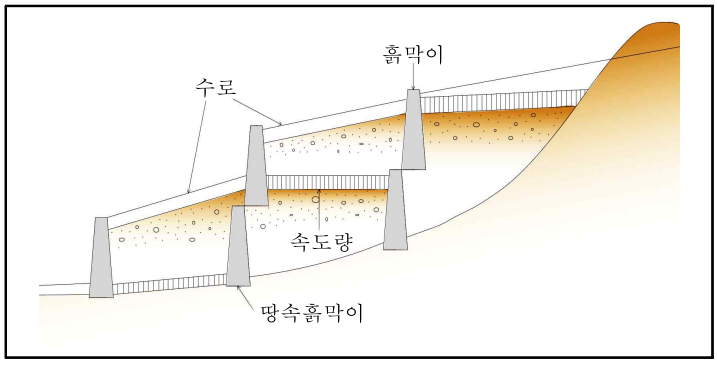
사용재료별 땅속흙막이 제한높이

사 용 재 료	공작물 높이(m)	비 고
큰돌	직고 3	경사도 : 25°~30°인 지역
막깬돌	직고 3	
잡석(막돌)	직고 1~2	
흙(심벽)	직고 3	
흙	직고 1~2	

□ 개념도



돌땅속흙막이 개념도



돌땅속흙막이 시공단면

□ 시공사진



돌땅속흙막이 (좌 ; 시공중, 우 ; 시공후)

2-1-4. 누구막이(淚溝防止工; rill control structures)

□ 개요

주로 누구(淚溝, 황폐한 산복에 발생되어 있는 작은 골)의 침식 발달을 방지하기 위하여 시공하거나 수로의 기울기 완화, 수로공의 지지, 부토고정 등의 역할을 하는 기초공사로 사용되는 공작물이다.

□ 시공장소

- ○ 산복수로를 계획할 때에 횡공작물로써 수로의 기울기를 완화시키고 수로변의 유치토사를 안정시키고자 하는 곳
- ○ 누구침식지를 복구·복원하는 대상지에 계획하고, 땅속흙막이 공작물보다 작은 규모의 대상지에 계획

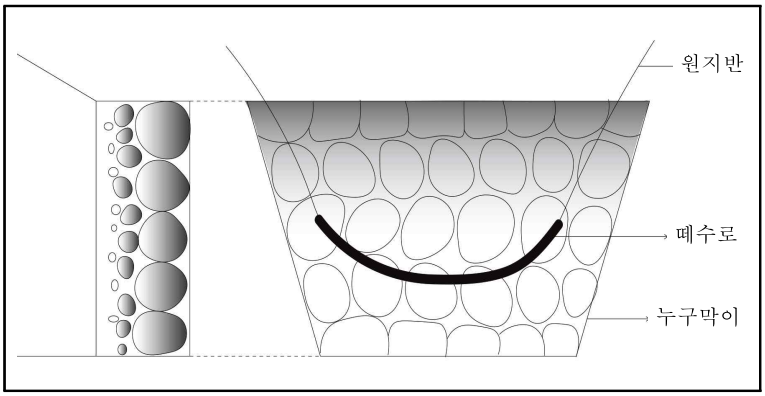
□ 설계요령

- ○ 누구막이의 위치는 수로개설 바닥파기 후 잉여토사의 적치가 필요하고 견지반이며 비탈기울기가 비교적 완만한 지역에 계획한다.
- ○ 산복수로를 계획할 때 비탈면기울기 25 ~ 30° 의 경우 직고 5m마다 누구막이를 계획한다.
- ○ 상류를 향하여 중심선에 직각방향으로 축설하며, 돌누구막이의 비탈은 1:0.3으로 한다.
- ○ 계곡부 침식방지용 누구막이는 산각이 고정된 곳에 유량이 비교적 적어 방수로를 설치할 필요성이 없는 대상지에 계획한다.

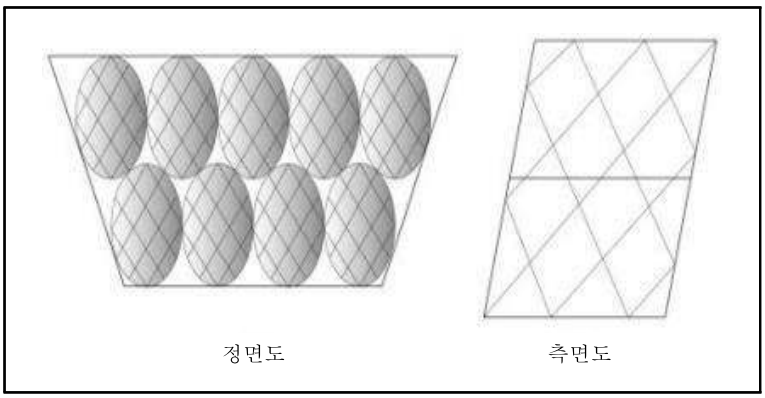
□ 시공요령

- ○ 설계된 지점의 계획된 높이에 말뚝을 박아 시공줄을 설치한다.
- ○ 시공위치 및 규모를 감안하여 기계장비 및 인력투입을 결정한다.
- ○ 바닥과 어깨파기는 원지반 이하의 견지반까지 충분하게 실시한다.
- ○ 돌을 재료로 사용할 경우 자갈 뒤메움을 규정에 의하여 실시한다.
- ○ 공작물 설치가 완료되면 공작물 상부·하부·어깨 위에 되메우기를 실시한다.

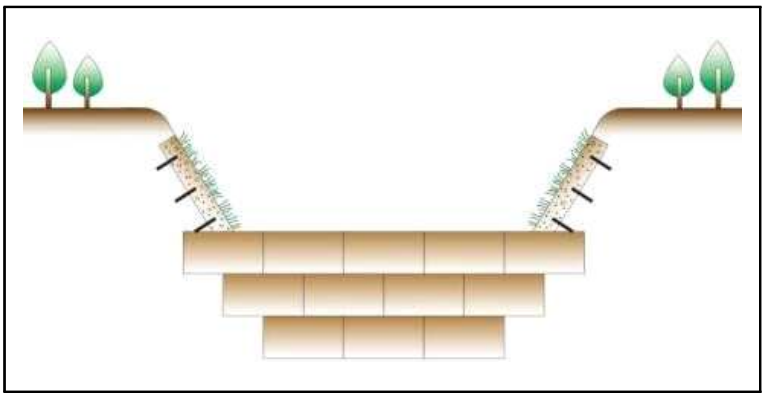
□ 개념도



돌누구막이 개념도



돌망태누구막이 개념도



떼누구막이 개념도

□ 시공사진



위의 좌로부터 떼누구막이, 통나무누구막이, 앵글크리브누구막이, 돌망태 누구막이, 돌누구막이, 흙포대누구막이, 콘크리트누구막이, 콘크리트블록누구막이

2-1-5. 산비탈흙막이(留土工; soil arresting structures)

□ 개요

산비탈흙막이는 산지비탈에서 흙이 무너지거나 흘러내림을 방지하고, 비탈면기울기를 완화시키며, 표면 유하수를 분산시키기 위한 목적으로 시공하는 공작물이다. 산비탈흙막이 공작물의 주요 기능은 어떠한 경우에도 비탈면의 평행을 유지하도록 배치하여 지표침식은 물론 붕락과 땅밀림 등이 일어나지 않도록 고정하는 데에 있다.

□ 시공장소

- ○ 산지비탈면에서 붕괴 위험성이 있는 곳
- ○ 붕괴된 곳에서 비탈다듬기 및 단끊기 공사로 발생한 토사를 유치하여 비탈안정을 도모할 필요가 있는 곳

□ 설계요령

- ○ 산복사방을 계획할 때 하부에 설치하는 횡공작물로서 비탈안정 및 부토고정용으로 계획한다.
- ○ 산복의 등고선방향 작업도 및 임도를 설치할 때 절토부 및 성토부에서 비탈면 토사의 고정용으로 계획한다.
- ○ 흙막이공작물의 방향은 원칙적으로 산비탈에 대해서 직각이 되도록 한다.
- ○ 재료는 콘크리트, 돌, 콘크리트블록, 통나무 등을 사용한다.
- ○ 불투수성의 흙막이 공사는 뒷면에 체수(滯水)되지 않도록 직경 5 ~ 10㎝ 정도의 물빼기구멍을 2~3㎡당 1개씩 설치한다.

□ 시공요령

① 콘크리트흙막이(concrete soil arresting structures)

- ○ 비탈면의 토층이 이동할 위험성이 있고, 토압이 커서 다른 흙막이 공작물로서는 안정을 기대할 수 없는 경우에 시공한다.
- ○ 높이는 산복기초로서는 4.0m 이하, 산복비탈면에서는 2.0m 내외가 적당하다.
- ○ 천단두께는 배면의 토압이 큰 경우에는 30㎝ 이상, 앞면기울기는 1:0.3, 뒷면기울기는 수직으로 하거나 토압에 대응하여 결정한다.
- ○ 뒷채움돌은 시공의 난이도 및 배수효과 등을 고려하여 아래쪽, 위쪽 모두 30㎝ 이상으로 한다.
- ○ 표면적 2 ~ 3㎡ 당 1개씩 지름 5 ~ 10㎝ 정도의 물빼기구멍을 설치하고, 10 ~ 20m마다 신축줄눈을 설치하며, 견고하지 않은 지반에 시공하는 경우에는 반드시 말뚝기초 등으로 보강해야 한다.

② 돌흙막이(石留土工, stone soil arresting structures)

- ○ 돌흙막이는 찰쌓기와 메쌓기가 있으며, 석재를 주로 사용하며 콘크리트블록을 사용하는 경

우도 있다.

○ 돌흙막이는 예로부터 시공되고 있는 산복돌쌓기(山腹築石工), 산돌쌓기 공사로서 주로 시공지 주위에서 수집한 잡석으로 메쌓기공사를 한다. 특히 산사태 발생 비탈면의 안정·복구를 목적으로 널리 시공된다. “산돌쌓기”라고 표기하는 공종명은 “산비탈돌흙막이”로 표기한다.

○ 석재는 주로 막깬돌·막돌·야면석 등을 사용하며, 사용 시에는 충분히 바닥파기를 실시하고 축설한다.

○ 돌흙막이의 높이는 원칙적으로 찰쌓기는 3.0m 이하, 메쌓기는 2.0m이하로 하며, 기울기는 1:0.3으로 한다.

③ 콘크리트블록흙막이(concrete block soil arresting structures)

○ 벽면의 안정을 위하여 중량이 무거운 것이 좋으며, 일반적으로 ㎡당 300 ~ 400㎏의 것이 널리 사용된다.

○ 벽면의 뒷길이는 대체로 30㎝ 이상이어야 한다.

○ 뒷채움자갈은 콘크리트흙막이 공작물에 준하지만 허리채움자갈 등은 돌쌓기와 블록 등을 안정시키기 위하여 돌의 뒷꼬리면까지 완전히 채워야 한다.

④ 돌망태흙막이(gabion soil arresting structures)

○ 사용되는 돌망태는 주로 철사돌망태(wire gabion)로서 그 종류는 둥근돌망태, 방석돌망태, 사각형돌망태, 마름모꼴방석돌망태, 변형돌망태 등이 있다.

○ 속채움돌은 지름이 15 ~ 30㎝의 잡석이나 호박돌이 좋으며, 높이는 2m 정도로 한다.

○ 철사돌망태는 그 유연성을 이용하여 땅밀림지대 등과 같이 지반이 연약한 곳에 대한 흙막이 공작물로서 널리 사용된다.

○ 최근에는 설계도와 시공현장에서 돌망태와 구분하는 용어로 ‘개비언(gabion)’을 많이 사용하는데, 이 개비언은 ‘사각형돌망태’로 표기해야 한다.

⑤ 흙포대흙막이(soil-sack soil arresting structures)

○ 종이, 피륙 등으로 만든 자루(包袋)에 토사를 담아서 비탈면에 쌓는 공법으로 부득이 한 경우 일시적인 흙막이공사와 유입수(流入水)의 방지공사 등에 사용된다.

○ 최근에는 흙포대 안에 넣는 흙 속에 식물종자를 넣어 발아 · 녹화를 촉진하기도 하며, 산지비탈면에 선떼붙이기 공사가 필요한 곳에서 떼 대용으로도 많이 채용된다.

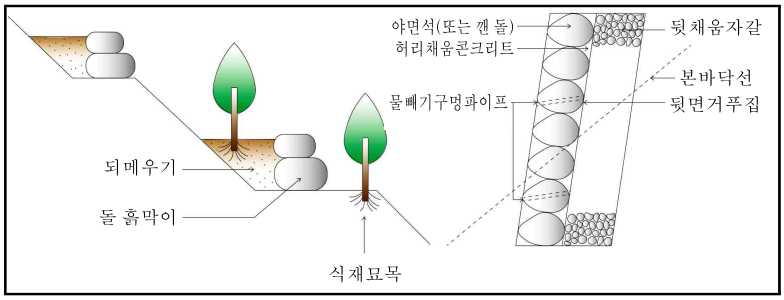
⑥ 통나무쌓기흙막이(timber soil arresting structures)

○ 기초바닥파기를 하고, 그 위에 1.0m 정도의 기초말뚝을 1.0m 간격으로 박고, 이것에 붙여서 횡목을 놓아 그 위에 길이 0.7 ~ 1.0m의 공목(控木)을 0.5 ~ 1.0m 간격으로 설치하며, 이것을 횡목에 고정시킨 다음 그 사이에 토사와 자갈 등으로 채우고 다지기를 한다.

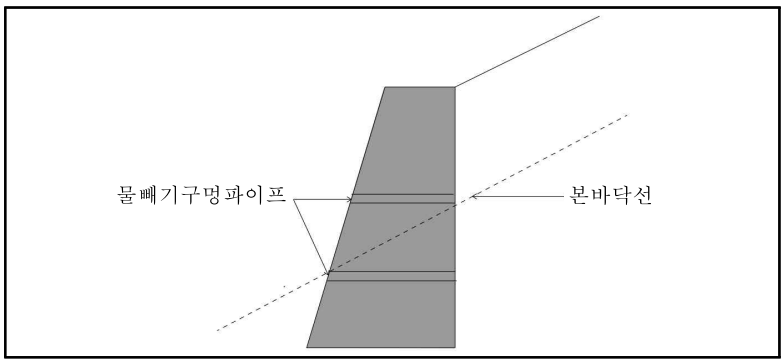
○ 공목에 의해 만들어지는 공극 부분에는 새심기, 잡초심기, 버드나무 삽수심기 등을 병행하여 토사의 유출을 방지하고 매토(埋土)를 조속히 고정시킨다.

○ 최근에는 간벌재 등을 박피 · 방부 처리하여 경관을 향상시키는 흙막이 공사를 시공한다.

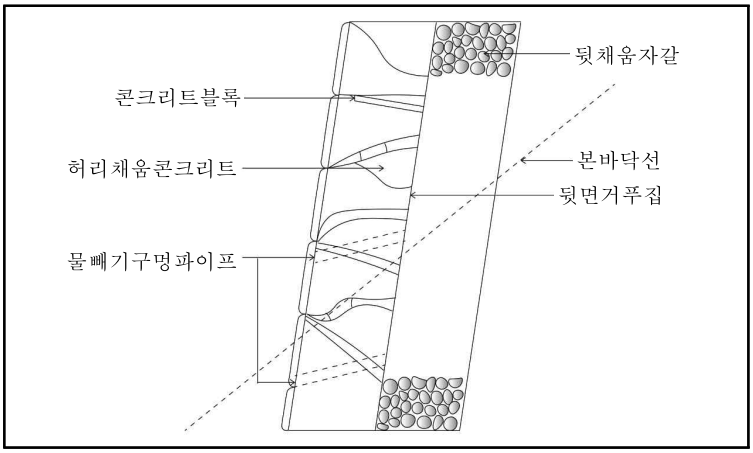
□ 개념도



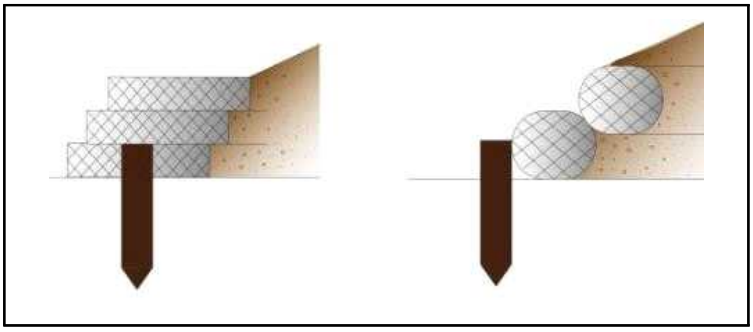
산비탈 돌흙막이 개념도



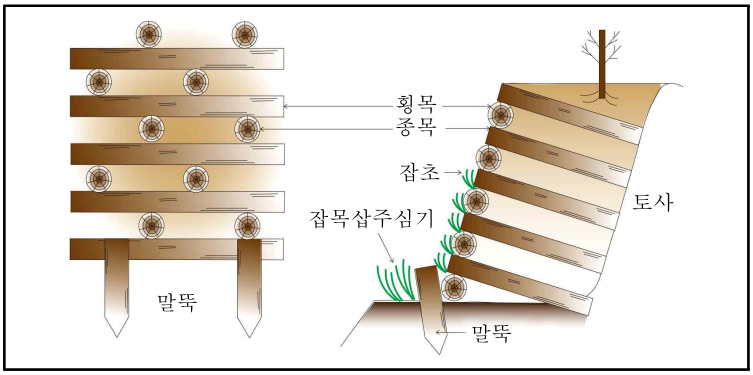
산비탈 콘크리트흙막이 개념도



산비탈 콘크리트블록흙막이 개념도



산비탈 돌망태흙막이 개념도



산비탈 통나무흙막이 개념도

□ 시공사진



산비탈흙막이(위의 좌로부터 큰돌흙막이, 막깬돌흙막이,
통나무흙막이, 돌망태흙막이)

2-1-6. 산복수로공(수로내기, 山腹水路工; hillside channel)

□ 개요

산복수로공은 빗물에 의한 산복비탈면 침식을 방지하고, 시공 공작물이 파괴되지 않도록 일정한 수로에 유수를 모아 배수시키는 공작물이며, 산비탈의 전체적인 골격을 만드는 공종이다. 산복수로공은 떼·돌·기타의 재료를 사용하여 시공하며 수로공에 사용하는 재료에 따라 떼수로공, 돌수로공, 막돌수로공(捨石水路工), 콘크리트수로공, 콘크리트블록수로공 등으로 나누어진다. 산복수로 공작물은

산비탈이 녹화되고 식재목의 뿌리가 발달함에 따라 토양이 긴박되는 상태에 도달할 때까지의 보조적 수단이므로, 반드시 영구적인 공작물일 필요는 없다.

□ 시공장소

○ 산비탈면에서 유수가 집수되는 凹부

○ 산비탈 누구 또는 구곡 등 기존 수로기능을 가지고 있는 곳

○ 산사태지, 인공비탈의 사면유수와 사면의 골격을 가져야 하는 곳

□ 설계요령

○ 산복수로의 단면은 집수구역 면적에 따라 크기를 다르게 해야 하므로 하부로 갈수록 단면을 크게 해야 하지만, 누구막이나 흙막이 등의 수평대공작물에 의하여 구분되는 구간(span)에서는 같은 크기의 단면적을 사용한다.

○ 수로의 시작과 끝에는 반드시 수평대공작물을 적용한다.

○ 돌수로공은 집수유역이 크고 특히 견고할 필요성이 있는 경우 계획한다.

○ 떼수로공은 집수구역이 좁은 구역(0.5ha 이하)에 사용한다.

○ 토사유치와 침식방지를 목적으로 할 때에는 경사 12 ~ 24° 의 장소에만 시공하는 것이 원칙이며, 수로의 단면은 사다리꼴(梯形)로 하되 윤주(潤周)를 80 ~ 100㎝로 하고, 양쪽 부토 비탈면에는 눈썹떼공(線芝工)을 실시한다.

○ 단순히 누구의 침식 발달을 방지하며 줄떼공 또는 파종공의 유실을 예방할 목적으로만 시공할 때에는 수로의 단면을 활꼴(弧形)로 하고, 윤주는 60㎝ 내외로 한다.

○ 떼수로는 토사의 견지반에서는 30° 에 가까워도 안전하지만, 시공방법이 잘못되면 진흙의 경우 12° 정도만 되어도 위험한 경우가 있다.

○ 수로를 유거하는 유량의 계산은 최대시우량법으로 구하지만, 이때 유거계수 K의 값은 1.0으로 한다. 그리고 통수단면의 계산은 계간수로에서와 같은 공식을 적용한다.

○ 산복수로의 기울기(물매)는 가능한 상부에서 하부에 이르기까지 일정하게 계획해야 한다.

□ 시공요령

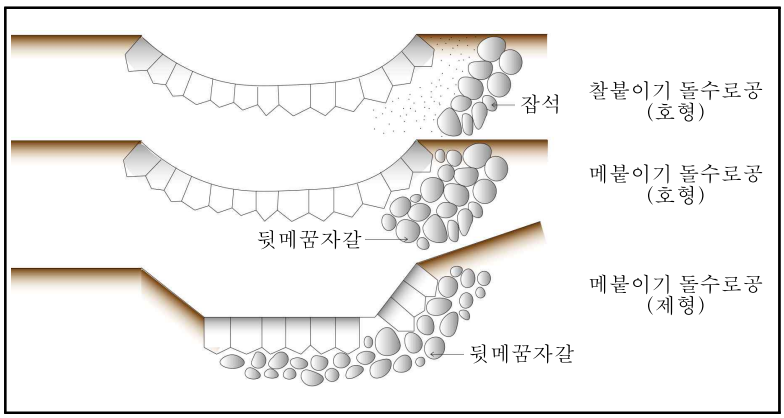
○ 산복수로는 가능한 직선적으로 축설해야 한다. 부득이 방향을 바꿀 경우(곡류)에는 반드시 외측(凹안)을 높게 하여 유수가 넘치는 것을 방지해야 하며, 누구막이나 흙막이 등의 수평대공작물에 의해 낙차를 이루어 수세를 약화시킨 후에 유수의 흐름방향을 바꾸도록 시공한다.

○ 막돌수로공은 계간, 산복 등에 산재해 있는 외면이 크고 길이가 짧은 잡석을 대개 활꼴(호형)로 수로에 붙이는 것이다. 시공할 때에 주의할 것은 불규칙한 석재를 사용하기 때문에 공간이 생기기 쉬우므로 자갈로 충분히 틈메우기를 하거나, 새류 또는 떼를 틈새에 심어준다.

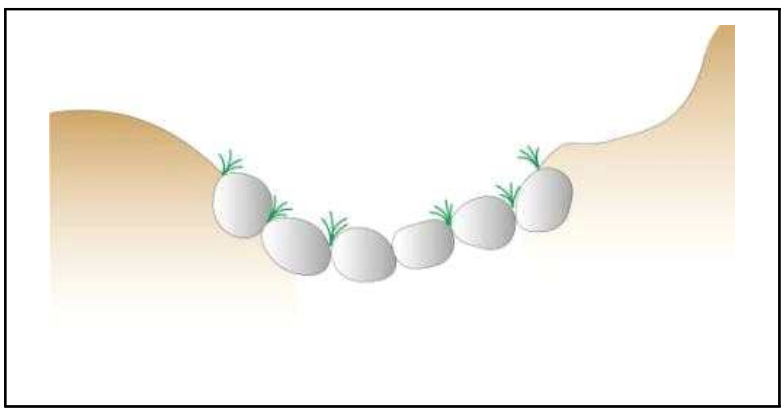
비탈 수로의 종류별 단면의 형상

종 별	형 상	적 용
콘크리트수로	역사다리꼴	* 유량이 많고 상수가 있는 곳 * 유량이 많은 간선수로
돌(찰붙임)수로	역사다리꼴 반 원 형	* 유량이 많은 간선수로 * 자연유로를 고정하는 곳
돌(메붙임)수로	반 원 형	* 상수가 없고 경사가 급한 곳 * 지반이 견고하고 집수량이 적은 곳
떼(붙임)수로	반 원 형	* 경사가 완만하고 상수가 없으며 유량이 적고 토사의 유송이 없는 곳 * 떼의 생육에 적당한 토질인 곳
콘크리트블록· 콘크리트플륨관· 파형관수로		* 집수량이 많은 간선수로, 비탈어깨 돌림수로
콘크리트관수로		* 집수량이 적은 간선수로
플라스틱관수로 FRP관수로	역사다리꼴	* 비탈에서 소규모 수로 * 비탈어깨 돌림수로

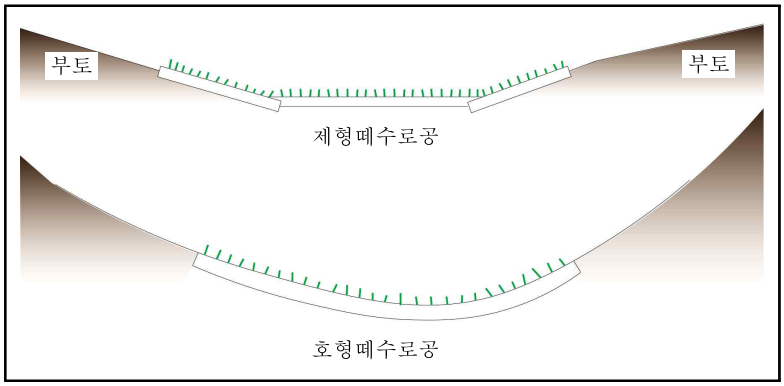
□ 개념도



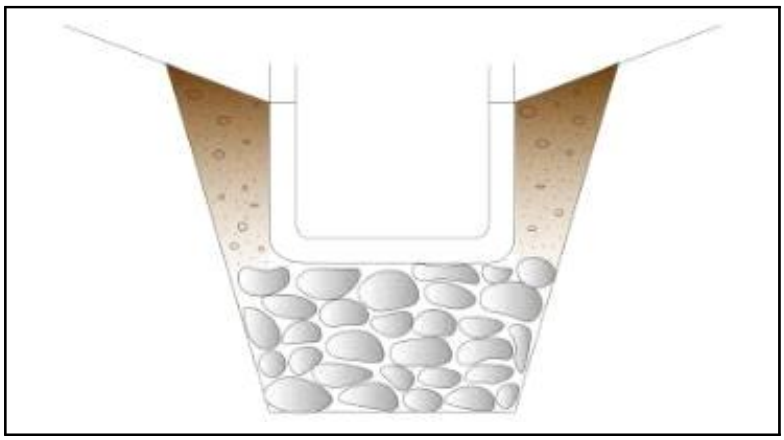
찰붙임돌수로 개념도



막돌(메붙임)수로 개념도



떼수로 개념도



콘크리트U형관수로 개념도

□ 시공사진



산복돌수로(좌), 떼수로(우)

2-1-7. 속도랑배수구(暗渠工; culvert, underdrain works)

□ 개요

속도랑배수구는 지하수·침투수를 신속히 배제하여 비탈면의 함수비 및 간극수압을 저하시키기 위하여 시공한다. 즉, 속도랑배수구는 지하수·침투수를 신속히 배제하여 토층의 활동적 이동을 방지

하고, 지하수가 지표면에 분출되거나 용수가 발생하여 재붕괴를 일으키는 것을 방지하기 위해 설치한다.

□ 시공장소

○ 지하수나 침투수를 효율적으로 집수할 수 있고, 지표수를 원활하게 산복수로로 배제할 수 있는 위치

□ 설계요령

○ 속도랑배수구의 기울기는 원칙적으로 원지반의 종단기울기와 일치시켜 대상이 되는 지하수나 침투수를 효율적으로 집수하여 신속히 표면수로 유도할 수 있도록 계획해야 한다.

○ 속도랑배수구의 구조는 충분한 배수능력·내구성·시공성이 있고, 상부의 하중·토압 등에 대해 강도가 충분해야 한다.

○ 속도랑배수구의 구간길이는 산복수로의 구간길이에 준한다. 즉, 비탈면 길이로 20m 정도 되게 하며, 그 이상의 길이가 필요할 경우에는 약 20m마다 흙막이 등을 설치해야 한다. 따라서 1개의 장대구간에 집수하기보다는 공사구간을 적당하게 구획하여 표면수를 배제시키거나 몇 개의 속도랑배수구를 W형이나 Y형으로 배치하여 최단거리로 배수할 수 있도록 계획한다.

○ 속도랑배수구의 구조 및 사용재료는 배수시켜야 할 침투수의 양, 비탈면의 토질, 흙의 침투능 등을 충분히 검토하여 결정해야 한다. 또한, 집수된 물이 지중으로 재침투되지 않도록 원지반의 불투수층 등에 설치하고, 밑면은 누수를 방지할 수 있는 구조로 하는 것이 원칙이다.

□ 시공요령

○ 속도랑배수구의 밑면은 원칙적으로 불투수층 또는 원지반에 계획하고, 비탈다듬기에 앞서 바닥파기를 충분히 한 후에 깊게 시공한다.

○ 속도랑배수구에 의해 집수된 물은 재침투되지 않도록 가능하면 신속하게 표면수로 처리해야 하며, 표면수로 유도할 때에는 일반적으로 흙막이 등의 낙차를 이용한다.

○ 배수공의 막힘을 방지하기 위해 유입토사가 집수구까지 유출되지 않게 하거나, 속도랑배수구의 기울기를 급하게 하거나, 또는 관의 지름을 크게 하거나, 막힘방지재를 사용한다. 막힘방지재는 투수성이 적당하고 입도분포(粒度分布)가 다양한 모래와 자갈을 사용하는 것이 경제적이지만, 조건에 맞는 재료를 구하기 어려울 때에는 2차 제품인 매트종류를 사용한다.

① 자갈속도랑배수구

○ 자갈속도랑배수구(礫暗渠排水溝)는 자갈이 풍부하고 지하수 용수량(湧水量)이 많은 장소에 적용하며, 지하수나 용수의 양·표토의 상황·속도랑의 밀도에 따라 단면을 결정한다(깊이 0.5～1.0m, 밑나비 0.3～0.7m).

○ 집수된 지하수가 재침투되는 것을 방지하기 위해 비닐 등의 불투수성 피복재를 부설하고, 돌로 충전한다. 또한, 하부에는 지름이 큰 재료를 부설하고, 상부로 갈수록 작은 재료를 부설한다. 또한 토사유입에 의하여 막히는 것을 방지하기 위해 섶 등으로 피복한다.

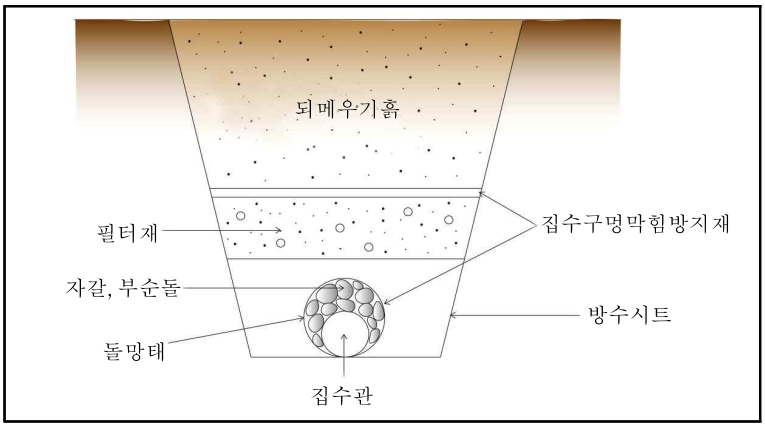
② 돌망태속도랑배수구

○ 돌망태속도랑배수구(蛇籠暗渠排水溝)는 지반이 불안정한 땅밀림지대와 급경사지 등에 이용되며, 구조적으로 지층변동에도 자갈의 연속성 유지, 외력에 대한 저항력 보강, 형태유지의 특징을 지니고 있다.

③ 기 타

○ 콘트리트관에 집수용 구멍을 뚫어 놓은 것을 묻어 놓은 콘크리트관 속도랑배수구(有孔管暗渠排水溝)와 섶도랑배수구(조타암거배수구, 粗朶暗渠排水溝) 등이 있다.

□ 개념도



속도랑배수구 개념도

□ 시공사진



자갈속도랑배수구 시공광경

2-1-8. 골막이(구곡막이, 保谷工; check dam)

□ 개요

골막이는 황폐한 산복에 발생된 골(구곡)이나 계류의 상류부에 쌓는 소규모의 공작물로서 유수에 의한 종방향침식 억제, 유송토사의 하류이동 방지, 계류의 양쪽 기슭 보호를 위해 설치한다. 계류부에 설치하는 골막이는 사방댐과 외견상 모양이 비슷하나 규모가 상대적으로 작고 계류의 상류에 설치하며 토사퇴적 기능은 없다.

□ 시공장소

○ 산복의 골(구곡)에서 침식에 의한 비탈면 붕괴위험성이 있는 곳
○ 경사가 급한 계류에서 유수에 의한 침식이 예상되고, 이로 인한 양쪽 기슭의 붕괴가 예상되는 곳

□ 설계요령

○ 계류부 골막이는 본체, 물받이로 구성된다. 본체의 둑마루면은 현재의 계상면과 같게 하고 하류 계상면과의 높이 차이가 2m가 넘지 않도록 한다. 또한, 상류계류의 계상기울기가 급하여 낙하에 의한 침식이 우려될 경우에는 물받이를 설치한다.
○ 계류부에 설치하는 골막이는 유심선에 직각방향으로 설치한다.
○ 본류와 지류가 합류하는 경우에는 합류부 아래쪽에 설치한다. 단, 너무 근접하여 설치하는 경우에는 난류가 발생하므로 유수가 집중되는 곳은 피한다.
○ 골막이의 어깨는 규모에 따라서 1 ~ 3m 이상 근입되도록 한다.

□ 시공요령

골막이는 사용재료에 따라 돌골막이, 돌망태골막이, 콘크리트골막이, 콘크리트블럭골막이, 통나무골막이, 바자골막이, 떼골막이, 흙자루골막이 등으로 구분한다.

① 돌골막이(石保谷工, stone check dam)
○ 유역면적이 4 ~ 5ha로 석재를 채취하기 쉽고 계상변동이 비교적 심한 곳에 적용하며, 채석장에서 생산된 큰돌이나 막깬돌을 이용한다.
○ 직선부에서는 유심선에 직각이 되도록 하고, 크기는 길이 4 ~ 5m, 높이 2m 이내로 하고 계상기울기가 급한 곳에서는 연속적으로 배치한다.
○ 돌쌓기의 기울기는 1:0.3을 표준으로 하고, 방수로를 설치하지 않는 경우에는 중앙부를 약간 낮게 하여 활꼴단면을 유지하도록 한다.

② 돌망태골막이(蛇籠保谷工, gabion check dam)
○ 돌망태골막이는 구곡과 주변에 호박돌 크기의 자연석이 많은 장소에서 축조하는 철선돌망태골막이이다.
○ 영구적이지는 않지만 철선이 부식되기 이전에 공작물 자체가 안정되므로 반영구적으로 취급되

기도 한다.

○ 콘크리트공작물보다는 자연친화적이고, 상수가 흐르는 곳에서는 수서생물(水棲生物)의 서식에도 효과적이다.

③ 콘크리트골막이(concrete check dam)

○ 큰 규모의 구곡침식이 발생하는 계곡 중 견고한 공작물이 필요한 장소에 적용한다.

○ 모래 · 자갈 · 시멘트를 시공지점까지 운반해야 하고 거푸집을 가설 해야 하는 등 많은 비용이 들지만, 공작물의 규모가 크거나 계단식으로 시공할 때에는 기계화 시공이 가능하기 때문에 유리한 점도 있다.

○ 콘크리트골막이는 특수한 경우 외에는 시공하지 않으며, 시공할 경우에는 자연환경 및 경관에 미치는 영향을 고려하여 반수면을 문양 거푸집 등으로 처리하도록 해야 한다.

④ 통나무골막이(丸太保谷工, timber check dam)

○ 시공요령은 계상 터파기를 실시한 곳에 지름 6㎝의 횡목(橫木)을 3.6m 간격으로 상 · 하 2줄로 놓은 후 그 위에 1m의 종목(縱木)을 60 ~ 70㎝ 간격으로 놓고, 결속선으로 단단히 묶는다.

○ 종목과 횡목이 접하는 곳에는 45° 방향으로 말뚝길이 1.8m의 기초말뚝을 박고, 종 · 횡으로 쌓은 후에 공간에 자갈 · 돌 · 흙으로 채우고, 종목을 이용하여 방수로(放水路)를 만든다.

○ 자연환경에 조화롭지만 목재의 부후 등에 주의해야 한다. 특히, 방부목재는 환경에 미치는 영향이 크기 때문에 선택에 유의해야 하며, 응급공사에서는 현지에서 벌채한 통나무를 사용하기도 한다.

⑤ 바자골막이(編柵保谷工, wicker check dam, brush-wood hurdle check dam)

○ 규모가 작은 구곡이나 토사지대와 같은 장소를 대상으로 하며, 편책재료를 구하기 쉬운 곳에 적당하다.

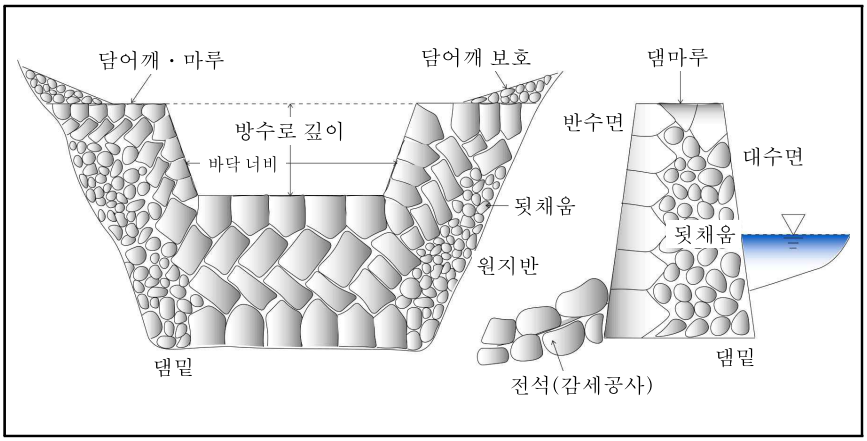
○ 특히, 현지에서 석재를 채집하기 어려운 습지로 토심이 깊고 암반이 노출되지 않은 지역에 시공하는 것이 효과적이다.

○ 시공요령은 지름 10㎝ 내외의 통나무말뚝을 계상에 박고, 버드나무류 · 사시나무 등과 같은 맹아력이 강한 나뭇가지를 엮은 후에 땅에 삽입하여 발근이 되도록 한다.

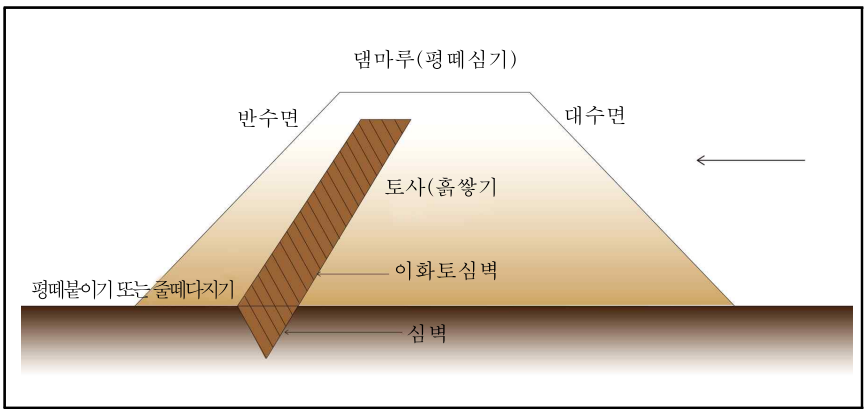
⑥ 흙골막이(earth check dam)

○ 흙으로 구곡막이를 축설하고 댐마루의 반수면에 떼를 입혀 제체를 보호하며 규모가 크고 견고함을 요구할 때는 좋은 점토 또는 석회이화토의 심벽(impervious core wall)을 설치한다. 흙쌓기 비탈면의 표준기울기는 대수면과 반수면에서 다같이 1:1.5보다 완만하게 한다.

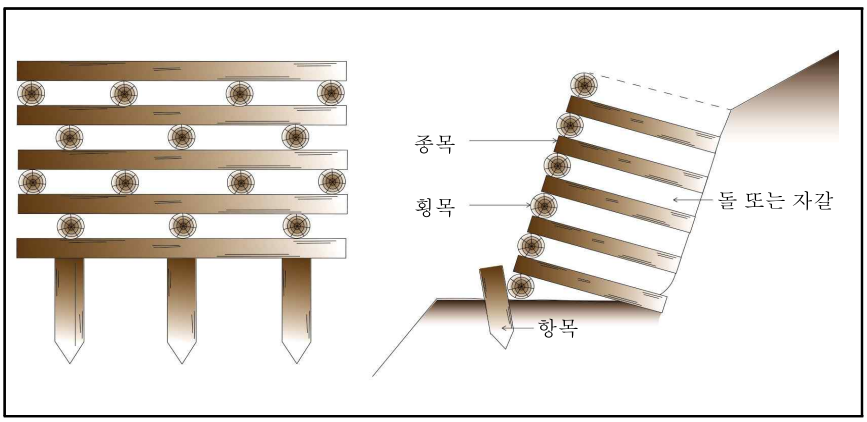
□ 개념도



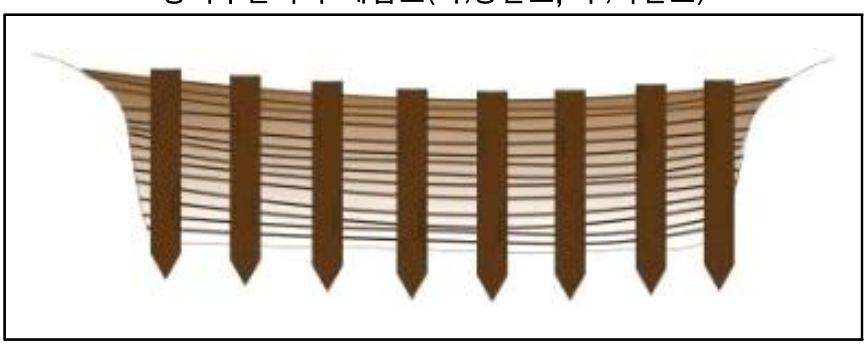
돌골막이 개념도



흙골막이 개념도



통나무골막이 개념도(좌;정면도, 우;측면도)



바자골막이 개념도

□ 시공사진







골막이(위의 좌로부터
돌골막이, 통나무골막이, 콘크리트블럭
골막이, 돌망태골막이, 바자골막이

2-2. 녹화공사

산지사방사업의 녹화공사는 다음과 같이 산비탈바자얽기, 선떼붙이기, 단쌓기, 조공, 줄떼다지기, 평떼붙이기, 등고선구공법, 비탈덮기, 새심기, 씨뿌리기, 나무심기 등이 있다.

녹화공사
- 바자얽기 : 바자얽기, 통나무울(짱)얽기 등
- 선떼붙이기 : 1~9급, 밑돌선떼붙이기
- 단쌓기 : 떼, 돌, 돌+떼, 짚망, 흙포대, 합성재 단쌓기
- 조공 : 떼, 돌, 새, 섶, 짚, 인공떼(녹화2차자재), 통나무, 콘크리트판, 흙포대 등
- 줄떼다지기 : 줄떼다지기, 줄떼붙이기, 줄떼심기 등
- 평떼붙이기 : 전면떼붙이기, 점상떼붙이기 등
- 등고선구공법 : 수평구공법
- 비탈덮기 : 짚, 섶, 거적, 망(코이어 넷트, 쥬트넷트 등)
- 새심기 : 전면새심기, 줄새심기, 군상새심기
- 씨뿌리기 : 점뿌리기, 줄뿌리기, 흩어뿌리기, 분사식뿌리기, 종비토파종, 항공파종 등
- 나무심기 : 유묘심기, 대묘식기, 용기묘심기 등

산지사방 녹화공사의 공종 분류

2-2-1. 산비탈바자얽기(山腹編柵工; hillside wicker works)

□ 개요

산비탈바자얽기는 비탈면 토사의 흘러내림을 방지하기 위해 말뚝을 박고 유연성과 내구성이 있는 나뭇가지를 엮어 만든 울타리를 조성하는 공사로 비탈면 녹화공사를 위한 식생기반을 확보하기 위해 설치한다. 간벌재 통나무 끝단 우듬지 및 큰 가지를 활용하므로 시공지 주변에서 재료의 채집이 용이한 경우에 주로 사용된다. 석재나 콘크리트재로 만드는 다른 공작물들에 비해 내구성은 약하나 자연친화적인 공법이 요구되는 경우에 효과적이다.

□ 시공장소

- ○ 떼를 채취하기 어렵거나 떼붙임으로 목적을 달성하기 어려운 지역
- ○ 토압이 적고 식생의 도입이 용이하며, 토양조건이 양호한 지역(나무말뚝을 박기 좋은 토질)으로 사용재료를 쉽게 얻을 수 있는 지역
- ○ 산사태가 일어난 곳이나 붕괴지 비탈면의 토사안정 및 녹화공사가 필요한 곳
- ○ 채석장을 비롯한 각종 형태의 훼손지 비탈면의 안정 및 녹화공사에도 널리 적용 가능하나, 말뚝박기가 어려운 견고한 지반이나 경사가 급한 곳에는 적용하기 곤란함

□ 설계요령

- ○ 바자얽기의 상하 간격은 직고 0.5 ~ 1.0m로 한다.
- ○ 지름 10㎝ 내외, 길이 1.0 ~ 1.5m의 나무말뚝을 0.5 ~ 1.0m 간격으로 길이의 1/2 정도를 땅에 박고, 초두목이나 나뭇가지로 높이 50㎝ 정도의 바자를 얽어맨다.
- ○ 말뚝을 박는 각도는 비탈면에 직각방향과 수직선과의 이등분선이 되도록 시공하는 것을 원칙으로

하지만, 기울기가 완만한 경우에는 수직으로 하여도 된다.

□ 시공요령

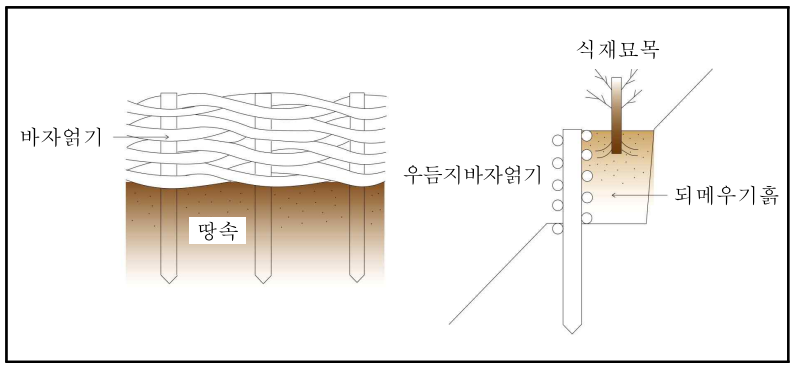
○ 급경사지에서는 계단을 끊고 비탈면에 접근하여 바자를 설치한 후 뒤에는 토사로 채운다.

○ 바자를 얽어매는 나뭇가지는 밑부분 지름이 3㎝ 이하, 1m당 0.3 ~ 0.5속(1속 ; 25본 내외)을 사용하며, 잘 휘어지는 것을 사용한다.

○ 바자 앞면에는 버드나무류의 삽수를 꽂아 토양을 고정토록 한다.

○ 산지붕괴지에서는 밤나무, 참나무류, 버드나무류 등이 사용된다.

□ 개념도



산비탈바자얽기 개념도

□ 시공사진







산비탈바자얽기

2-2-2. 선떼붙이기(立芝工;terrace-sodding works)

□ 개요

선떼붙이기는 비탈다듬기에서 생산된 뜬흙(부토)을 고정하고, 식생을 조성하기 위한 파식상(播植床, seeding bed)을 설치하는 데에 필요한 기본 공작물로서, 비탈면에 소단을 끊고 소단 앞면에 떼를 세워 붙인 후 그 뒤쪽에 흙으로 되메우기하고 수초(樹草)를 파식한다. 이 공법은 수평소단에 의해서 지표유거수를 분산시켜 침식을 방지하고, 식재한 수묘(樹苗)의 생장을 조장할 목적으로 시공하는 것이다. 선떼붙이기에 사용하는 떼의 매수에 따라 1 ~ 9급으로 구분한다.

□ 시공장소

- ○ 경사가 급하고 지질이 단단한 지역
- ○ 강수량이 많은 지대의 민둥산이나 화강암류의 풍화에 의한 토양화 작용이 완만하고 점착성이 적은 척박한 지질
- ○ 산복비탈면이 길고 경사가 30° 이상으로 급하며 표토(뜬흙)가 많아 토사유실 방지와 안정을 도모하기 위한 장소
- ○ 계간의 침식이 극심하고 표토가 고르지 않으며 비탈다듬기를 많이 실시한 산복비탈면에 계획

□ 설계요령

- ○ 부토가 깊은 지역에는 산비탈 돌쌓기흙막이공사를 실시한 후 시공한다.
- ○ 단끊기는 직고 1 ~ 2m의 간격으로 실시하며, 소단폭은 50 ~ 70㎝, 발 디딤 공간은 10 ~ 20㎝, 천단폭(마루나비)은 40㎝를 기준으로 한다.
- ○ 선떼붙이기의 기울기는 1 : 0.2 ~ 0.3으로 한다.
- ○ 고급으로 시공할수록 천단과 지하수의 거리가 멀어져서 수묘는 건조의 피해를 받기 쉽고 생육이 불량하므로, 수묘의 생육을 고려할 때에는 저급으로 계획하는 것이 효과적이다.
- ○ 산복표토의 이동 방지를 목적으로 할 때에는 고급으로 계획하는 것이 효과가 있으나, 수묘의 생육에 대한 영향을 고려하여 시공 후 수년간 표토의 이동 방지에 필요한 최소한도의 높이로 계획한다.
- ○ 소단폭은 비탈면 기울기가 완만하고 토질이 부드러워 작업이 용이한 곳에서는 70㎝ 정도로 하고, 비탈면 기울기가 급하고 토질이 단단한 지반으로 작업이 곤란한 곳에서는 50㎝ 정도로 만든다.
- ○ 비탈면에 세우는 떼는 대형(40×25×5㎝)을 사용하고, 머리떼·받침떼·바닥떼는 반떼(40×12×5㎝)를 사용한다.
- ○ 선떼붙이기의 간격은 수직거리·수평거리·사거리(斜距離)의 3종이 있는데, 시공지에서 어느 정도로 선떼공을 계획할 것인지는 토질·비탈·선떼공의 높이를 고려하여 사거리로 산정하는 것이 편리하다.
- ○ 설계상의 표준은 수평거리로 표현하는 것이 타당하고, 시공면적을 수평거리로 나누면 소요

연장을 가장 간단하게 산출할 수 있다.

□ 시공요령

○ 단끊기는 등고선 방향으로 실시하며, 비탈면의 위쪽에서 아래쪽으로 내려오면서 한 계단씩 차례로 끊어 내린다. 단끊기에서 발생한 표토는 보존하였다가 파식공사에 재활용하도록 한다.

○ 단끊기가 끝난 계단 위에 운반하는 떼의 과부족이 많이 생기면 선떼붙이기의 시공이 원활하지 못하므로 떼 운반을 할 때에는 기술적으로 잘 처리해야 되고, 이 작업을 담당하는 감독자는 적어도 단끊기와 떼붙이기의 요령을 충분히 이해한 사람이어야 된다.

○ 선떼붙이기 비탈은 대체로 2 ~ 3할 정도가 적당하며, 떼를 붙인 눈(接目)이 넷붙임(四接) 또는 고저(高低) 등이 없도록 주의한다.

○ 천단은 항상 평활하게 만들어 5㎝ 이내의 흙을 돋우고, 토질에 따라 침하가 많은 곳에는 후방을 높게 만들고 침하가 적은 곳에는 후방을 약간 낮게 만들며, 그 이외에는 대체로 수평으로 만드는 것이 올바른 방법이다. 대체로 토사의 침하율은 중점토(重粘土)는 25%, 보통 점토는 15%, 모래는 8%를 기준으로 한다.

○ 선떼붙이기를 완성한 후에 상부 비탈면에 불안전한 토사를 잔존케 하거나 천단에 덮는 흙이 너무 두꺼울 때에는 떼붙이기 자체의 견고도를 약하게 할 뿐 아니라 수묘의 생육도 불량하게 되므로, 시공시에는 다음 사항에 유의해야 된다.

· 산복의 비탈 관계, 긁어 올린 토사, 소단 안쪽에 유치한 토사의 분배를 고려하여 적당한 높이로 떼붙이기를 실시할 것

· 산정부의 1, 2단은 보통의 경우 반떼공(芝條工) 또는 8급으로 처리하거나 파종공으로 처리할 것

· 선떼붙이기 발디딤의 넓이는 단끊기 넓이와 떼붙이기 높이에 직접 영향을 미치므로, 시공 직후 공사의 견고성을 해치지 않고 떼붙이기 작업에 지장이 없는 한 30° 이상의 비탈에서는 바닥떼 외에 단단한 지반에 5㎝, 20° ~ 30° 의 비탈에서는 바닥떼를 사용하지 말고 선떼 밑에서부터 10㎝를 표준으로 하여 될 수 있는 대로 발디딤을 축소할 것. 또, 20° 이하의 비탈에서는 떼붙이기를 반드시 단단한 지반에 부착시킬 필요가 없으므로 발디딤은 없어도 무방함

· 떼붙이기가 완성된 뒤에 남은 부토는 완만한 비탈면에 살포하거나 부근에 있는 초생지 또는 수림지에 투입할 것

· 급한 비탈지에서 절취한 토사의 대부분을 하부로 밀어내린 개소에서는 소단 넓이를 약간 확장함으로써 생기는 토사로 보충할 것

· 완만한 비탈지에서는 떼붙이기 할 때 표토를 절취할 필요가 없으므로 표토를 긁는 일이 없도록 할 것

○ 바닥떼(基芝)는 발디딤을 보호하는 효과가 있으므로 급경사지의 고급 선떼붙이기에서는 될 수 있는 대로 이를 사용하지만, 8급 이하에서는 발디딤을 만들지 않으므로 바닥떼가 필요하지 않다.

○ 머리떼(冠芝)는 천단에 놓여 있는 토사의 유출을 방지하며 천단의 훼손을 적게 하고 선떼의

견고도를 높이는 효과가 있으므로 급경사지의 고급 선떼공에는 상당히 필요하다. 또 시가지 부근과 같이 탐방객 등에 의한 피해가 많은 장소에는 될 수 있는 대로 머리떼를 사용하는 것이 좋다.

○ 선떼붙이기 공정은 소단 1단에 한 사람씩 배치하고 좌측에서 우측으로 진행시키는 것이 가장 능률적이다.

○ 선떼의 활착을 좋게 하고 견고도를 높이기 위해서 다지기를 충분히 한다.

선떼붙이기 간격 및 시공표준

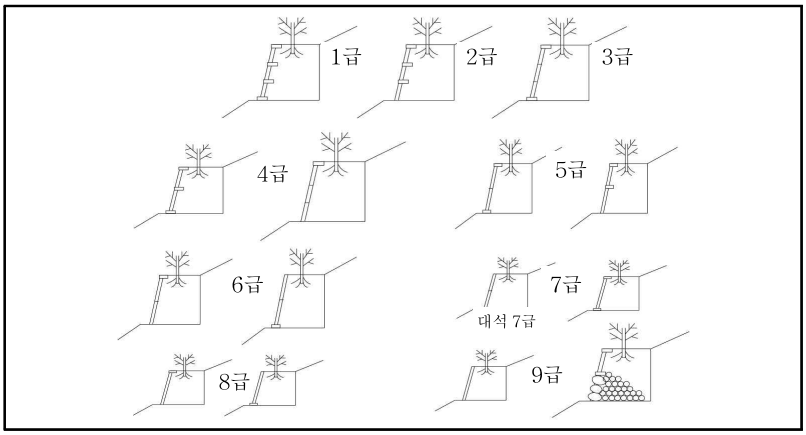
구 분	비탈 기울기(°)	1m당 떼사용 매수 (길이 40㎝, 넓이 25㎝)	직고(m)	수평 거리(m)	사거리(m)	1ha당 시공 연장(m)
1급 선떼붙이기	35~45	12.50	2.80~4.00	4.00	4.94~5.90	2,500
3급 선떼붙이기	35~45	10.00	2.80~4.00	4.00	4.94~5.90	2,500
5급 선떼붙이기	25~35	7.50	1.55~2.33	3.33	3.70~4.11	3,000
6급 선떼붙이기	25~35	6.25	1.55~2.33	3.33	3.70~4.11	3,000
8급 선떼붙이기	15~25	3.75	0.75~1.30	2.79	2.90~3.10	3,500

※ 떼크기(“대형떼”) : 길이 40cm×나비 25cm, 흙두께 5cm정도

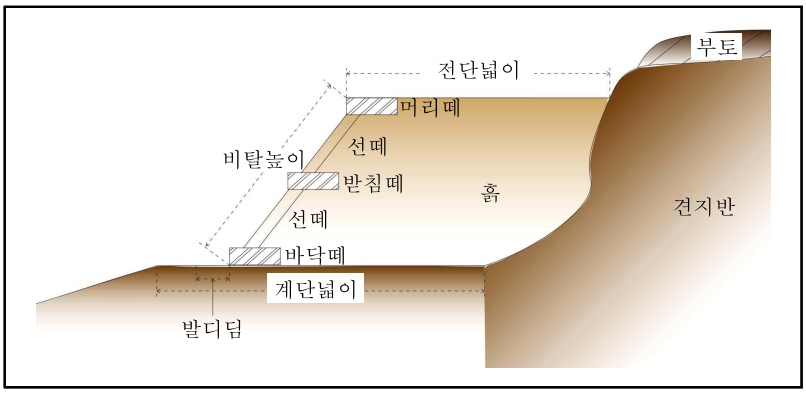
급별 선떼붙이기 m당 떼사용 매수표

떼크기	대형떼(길이 40, 폭 25㎝)		소형떼(길이 33, 폭 20㎝)	
구분	단면상 매수	연장 1m당 매수	단면상 매수	연장 1m당 매수
1급	5.0	12.50	5.0	15.0
2급	4.5	11.25	4.5	13.5
3급	4.0	10.00	4.0	12.0
4급	3.5	8.75	3.5	10.5
5급	3.0	7.50	3.0	9.0
6급	2.5	6.25	2.5	7.5
7급	2.0	5.00	2.0	6.0
8급	1.5	3.75	1.5	4.5
9급	1.0	2.50	1.0	3.0
1m당 떼사용 매수	단면상 떼매수 × 2.5 매/m		단면상 떼매수 × 3 매/m	

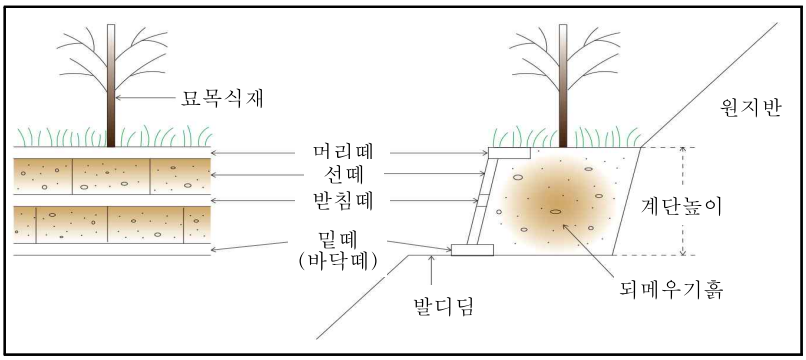
□ 개념도



선떼붙이기의 급수 구분



선떼붙이기 구조도



선떼붙이기 개념도

□ 시공사진




선떼붙이기

2-2-3. 단쌓기(段積工; stepped mini-terrace works)

□ 개요

단쌓기는 기울기가 급한 땅깎기 및 흙쌓기 비탈면에서 비탈면 다듬기 공사나 단끊기 공사로 생성된 토사가 많은 비탈면을 조기에 안정 및 녹화시키기 위해 너비가 일정한 소단을 만드는 공사이다.

□ 시공장소

○ 경사가 급한 비탈면에서 우수를 분산시켜 뜬흙의 침식을 방지하기 위한 곳
○ 식생을 조기에 도입하기 위한 생육환경을 조성해야 할 곳

□ 설계요령

○ 재료의 구입 용이성·경제성·환경성 등을 종합적으로 검토하여 대상지별로 단쌓기 종류를 결정한다.
○ 단쌓기의 높이가 높을 경우에는 돌쌓기 등 다른 공법을 함께 적용한다.

□ 시공요령

① 떼단쌓기(段積立芝工; linear sodding works)

○ 떼단쌓기를 위한 단끊기 및 떼붙임은 선떼붙이기(7급)와 같으며, 떼단의 높이와 폭은 20 ~ 30㎝ 정도로 한다. 떼는 반드시 흙이 붙은 두꺼운 흙떼를 사용해야 한다.
○ 동일 비탈면에 연속적으로 시공하는 떼단의 수는 5단을 초과하지 않도록 해야 한다. 5단 이상일 경우에는 5단을 쌓은 후 돌쌓기와 같은 보다 견고한 흙막이 공작물을 시공하고 떼단의 너비보다 더 넓은 소단을 설치한 다음 그 위에 떼단쌓기를 계속한다.
○ 떼단의 앞 모서리 부분을 연결한 선이 직선이거나 오목하도록 시공하며 볼록한 모양이 되어서는 안 된다.
○ 비탈면 전체를 떼로 피복하는 공법이므로 공사비(재료비, 시공비)가 높으나 콘크리트공작물 설치보다는 자연친화적이므로 가시권에 많이 시공된다.

② 돌단쌓기(段積石工; stepped mini-terrace masonry works)

○ 돌이 많은 지역에서 떼 대신 돌(잡석)을 이용하여 시공한다.

○ 주로 시공지 주위에서 구할 수 있는 잡석류를 사용하므로 엄격하게 돌쌓기 규정을 준수할 필요는 없지만, 어느 정도 견고하게 축조해야 된다.

③ 돌·떼(혼합)단쌓기(石芝混合段積工; stepped mini-terrace stone-sodding works)

○ 석재가 많은 지역에서 떼 대신 석재로 단(段)을 쌓으면서 돌 사이에 떼를 넣어 돌과 떼가 일체가 되도록 시공하는 공법이다.

○ 돌단쌓기와 떼단쌓기 공사의 장단점을 이용한 것으로서 일반적으로 산사태 발생지 비탈면의 표토층 안정과 녹화공사에 널리 시공하며, 땅깎기비탈면의 녹화에도 많이 쓰인다.

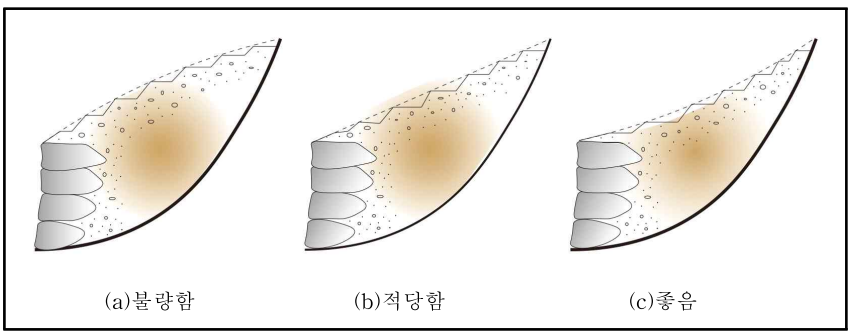
④ 볏짚단쌓기(stepped mini-terrace straw works)

○ 떼를 구하기 어려운 장소(고산지대)에서 떼 대신 볏짚을 위 아래로 구부려 넣고 단 위에 묘목을 심고 풀씨를 파종한다.

○ 볏짚은 되도록 길이가 긴 것을 사용해야 하며, 위 아래 양쪽끝이 빠져나오지 않도록 땅 속에 충분히 구부려 넣어야 한다.

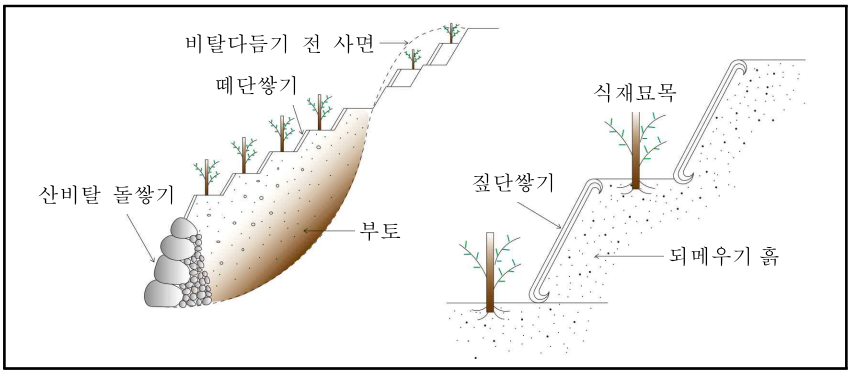
○ 볏짚의 내구연한이 길지 않으므로 2~3년 내에 파식한 식물이 활착되어 녹화기능을 발휘할 수 있도록 시공해야 한다.

○ 최근에는 흙포대단쌓기공사를 널리 사용한다. 이때에는 소단나비는 발디딤을 설치할 경우 60㎝ 정도, 발디딤이 없을 경우 50㎝ 정도로 하고, 그 높이는 30㎝ 정도로 한다.



떼단쌓기 공작물의 시공적부

□ 개념도



단쌓기 개념도(좌 ; 떼단쌓기, 우 ; 볏짚단쌓기)

□ 시공사진



단쌓기(좌 ; 떼단쌓기, 우 ; 돌 · 떼혼합단쌓기)

2-2-4. 조공(條工; strip terracing works)

□ 개요

조공은 비교적 완만한 경사의 비탈면에 수평으로 소단(수직높이 1.0~1.2m, 너비 0.5~0.6m)을 만들고, 앞면에는 침식을 방지하기 위해 떼·새포기·잡석 등으로 소단을 보호하고, 뒷면에 되메우기 · 흙채우기 공사를 한 후에 식재하는 공법이다.

□ 시공장소

○ 비교적 완만한 비탈면의 녹화대상지(붕괴지, 땅깍기 · 흙쌓기비탈면, 훼손지 등)에 적용

□ 설계요령

○ 사용재료에 따라 떼·돌·새류·통나무·섶을 이용한 조공이 있고, 식생반·식생자루·식생대·식생매트 덮기 등 인공녹화자재를 이용한 매우 다양한 공종도 있다.

○ 시공장소와 자재의 구득관계 등을 고려하여 적정한 공종을 계획한다.

□ 시공요령

① 떼조공(芝條工; sod strip terracing works)

○ 떼조공(반떼붙이기)은 뜬떼를 사용하는 경우 반떼(가로 40㎝, 세로12㎝, 두께 5㎝ 정도)를 붙이고 후면에 묘목을 식재한다.

○ 떼를 고정하기 위한 떼꽂이는 맹아력이 큰 버드나무류, 싸리, 족제비싸리 등을 사용한다.

○ 반떼 대신 식생반(植生盤), 식생자루(植生袋), 식생대(植生帶), 식생매트 등의 떼 대용자재를 이용하는 경우도 있다.

② 돌조공(石條工; stone strip terracing works)

○ 돌조공(줄돌쌓기)은 용출수가 있는 산비탈면에 주로 시공하며, 돌쌓기는 기울기 1:0.2 ~ 0.3, 소단의 폭은 50㎝, 높이 50㎝ 정도로 시공한다.

○ 돌 공작물 상하에 반드시 새, 솔새, 개솔새 등을 심어 서릿발 또는 빗물 등에 의한 침식을 방지한다.

○ 산비탈돌쌓기 공사보다 소규모이며, 완경사 비탈면 안정녹화에 널리 이용된다. 보통 잡석을 이용하며, 돌쌓기 요령에 준하여 시공한다.

③ 새조공(萱條工; grass strip terracing works)

○ 새조공은 새포기(萱株)를 채취하기 쉬운 곳에서 경사 30° 이하의 완경사지에 소단을 설치한 후 소단 위에 새류의 포기를 나란히 놓은 후 흙으로 덮어준다.

○ 새류의 줄기 길이는 30㎝ 정도의 것을 사용한다.

○ 소단 사이의 비탈면은 반드시 파종공법이나 피복공법으로 보호해야 한다.

○ 새조공은 단독으로 계획할 때에는 소단높이를 1.0 ~ 1.2m, 계단을 설치하지 않을 때에는 0.5m 정도를 표준으로 한다.

④ 통나무조공(丸太條工; log strip terracing works)

○ 통나무 조공은 말구지름 10㎝ 정도의 말뚝을 0.7 ~ 1.0m 간격으로 박고, 그 안쪽에 통나무를 일렬로 포개 쌓은 후 그 품 안에 흙을 채우고 묘목을 심는다.

⑤ 섶조공(粗朶條工; fascine strip terracing works)

○ 섶 자재의 채취가 용이하고 조공 뒷면의 되메우기 흙이 충분한 곳에 시공한다.

○ 섶의 길이를 40㎝ 정도로 자른 후 지름 10㎝ 정도의 다발로 묶어서 계단 위에 일렬로 부설하고, 그 위에 흙을 덮고 다진 후 그 위에 다시 1 ~ 2단을 포개어 쌓는다.

○ 흙덮기(覆土) 부분에는 새류나 잡초 등을 이식한다.

⑥ 식생반조공(植生盤條工; vegetation block strip terracing works)

○ 식생반조공은 비료를 혼합한 흙(유기질이 많은 흙) 또는 이탄(泥炭)을 반상(盤狀)으로 성형(길이 25㎝, 나비 20㎝, 두께 3㎝)하여 그 표면에 종자를 고정시킨 식생반을 비탈면에 일정한 간격으로 수평골(水平溝)을 파고 수평골에 펴 붙이는 공법이다.

○ 비탈면 상부로부터 순차적으로 하부방향으로 수평구로 배열한다. 이 경우에 지반과의 간격

에 틈이 있으면 건조의 피해가 생기기 쉬우므로 부드러운 흙을 채워 밀착시킨다.

○ 수평구는 보통 50 ~ 60㎝ 간격이 적당하며, 1m당 식생반 4매를 사용하면 수평구 간격 60㎝에서 1㎡ 당 6.67매, 50㎝라면 1㎡당 8매가 소요된다.

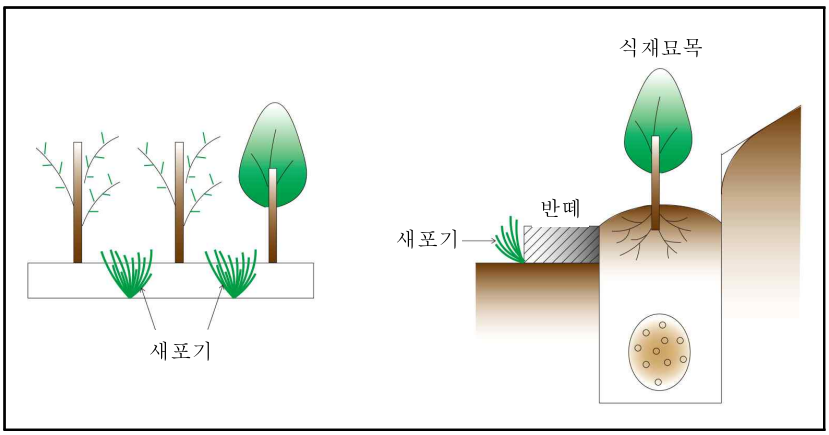
○ 발아 전에 호우 또는 한발(旱魃)이 계속되면 식생반에 점토액을 바르거나 종이로 덮는 것만으로는 종자의 유실과 건조에 의한 불균질한 발아를 막을 수가 없다.
이런 때에는 침식방지제나 건조방지제를 식생반에 발라서 발아에 지장이 없도록 해야 한다.

⑦ 식생자루조공(植生袋條工; vegetation sacks strip terracing works)

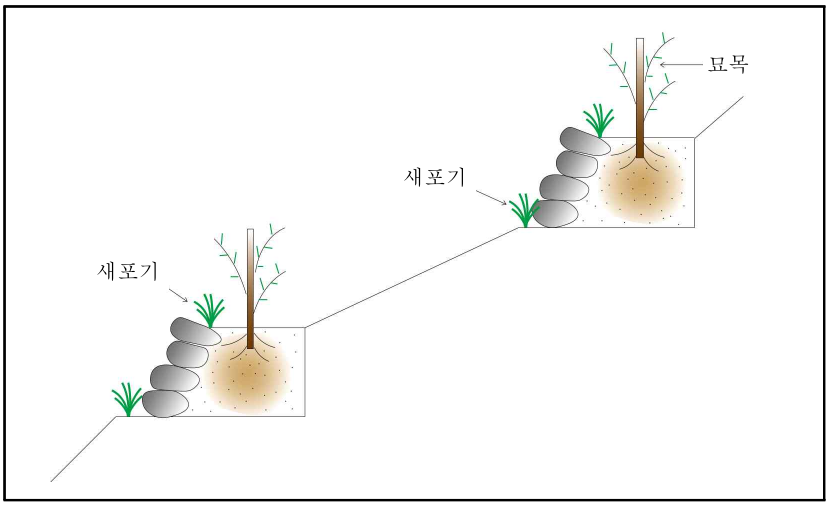
○ 종자·비료·유기질·흙 등을 혼합한 조제한 재료를 특수한 소재로 제조한 망이나 자루(길이 30㎝, 나비 12㎝, 두께 12㎝ 정도)에 채워 넣어서 그 자루를 비탈면에 일정한 간격으로 파 놓은 수평구에 묻는 공법이다.

○ 녹화효과가 양호하지만 자루 및 내용물 조제경비 등이 많이 든다. 식생자루에는 론생백, 베지타이(vegitai), 녹화대(green belt) 등이 제품화되어 있다.

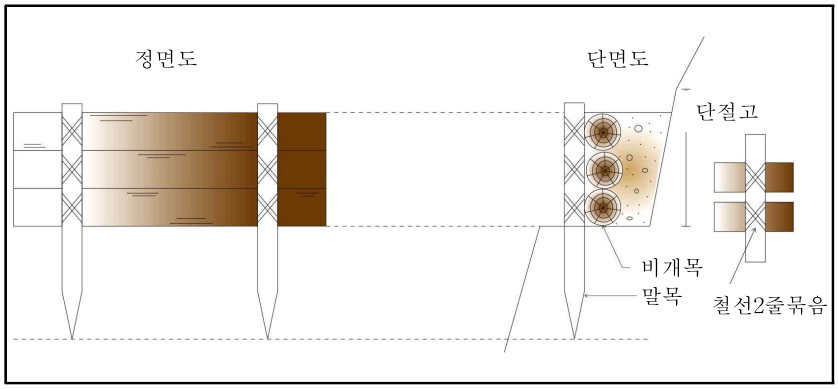
□ 개념도



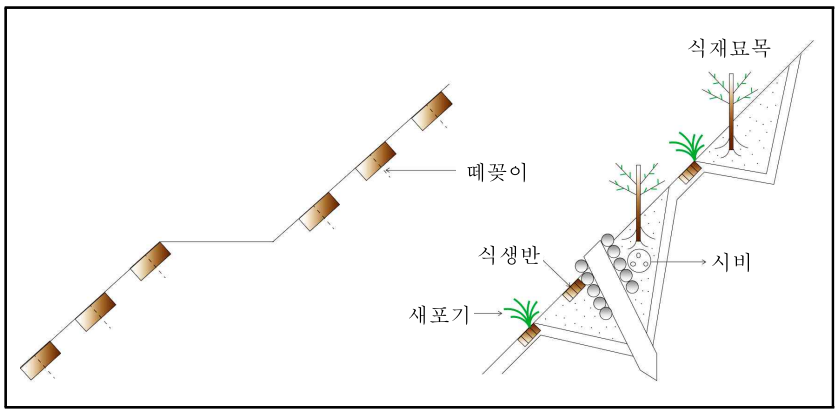
떼조공 개념도



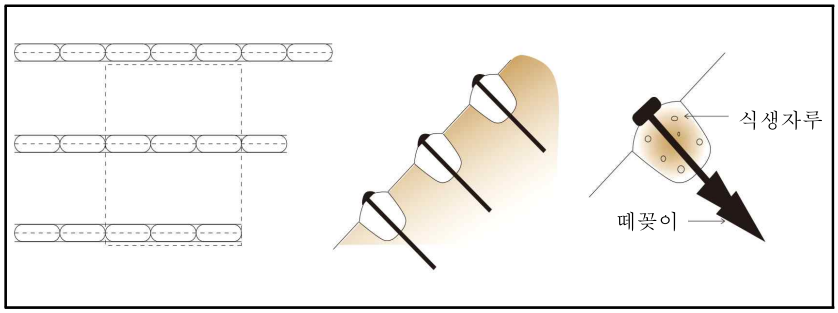
돌조공 개념도



통나무조공 개념도



식생반조공 개념도



식생자루조공 개념도

□ 시공사진



통나무조공(좌), 돌조공(우)

2-2-5. 줄떼다지기(線芝工; strip-sod tamping works)

□ 개요

줄떼다지기공법은 주로 비탈면을 일정한 기울기로 유지하면서 보호·녹화하기 위하여 비탈면에 떼를 수평으로 넣고 다지는 공법이다. 이 공종은 줄떼다지기, 줄떼붙이기, 줄떼심기 등으로 구분된다.

□ 시공장소

○ 상 · 하 소단 간의 경사거리가 길고 경사가 급하여 비탈면의 유실이 예상되는 흙쌓기비탈면(줄떼 다지기), 땅깎기비탈면(줄떼붙이기) 또는 평탄지(줄떼심기)

□ 설계요령

○ 흙쌓기비탈면 기울기는 일반적으로 1 : 1 ~ 1.5로 한다.

□ 시공요령

① 줄떼다지기는 비탈면에 너비 10-15㎝의 수평골을 파고, 가급적 흙이 털어지지 않은 반떼(半芝, 길이 20-30㎝, 너비 10-15㎝)를 한 줄로 수평으로 놓고, 흙덮기 한 후 잘 다진다.

○ 비탈상부에서부터 하부로 시공한다.

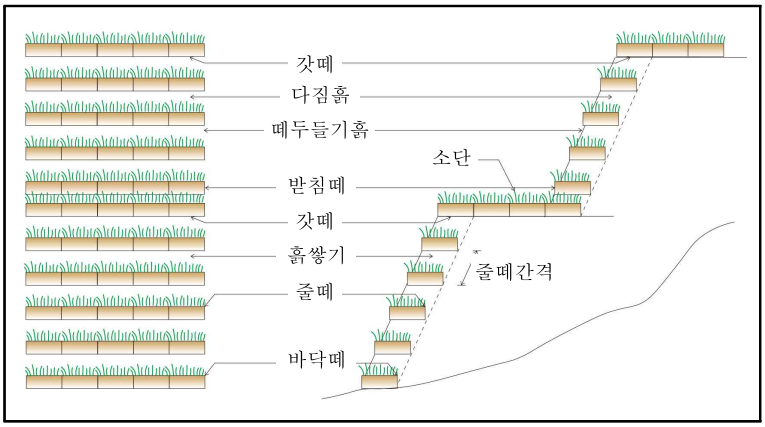
○ 흙쌓기비탈면에 떼를 놓은 후 다지기를 완벽하게 하지 않으면 무너지기 쉬우므로 반드시 다지기작업을 철저히 해야 한다.

② 줄떼붙이기는 주로 땅깎기비탈에 흙이 떨어지지 않은 반떼를 수평으로 줄로 붙인 후 떼꽂이로 고정한다.

③ 줄떼심기공사는 줄떼다지기공사에 비해 다지기를 잘 하지 않아 무너질 우려가 많으므로 반드시 줄떼다지기공사를 해야 한다.

○ 떼는 흙이 없는 턴떼를 사용하지 않고 흙이 붙어 있는 흙떼를 사용해야 한다.

□ 개념도



줄떼다지기 개념도

2-2-6. 평떼붙이기(張芝工; block sod pitching works)

□ 개요

평떼붙이기공법은 땅깍기비탈면에 평떼(張芝, block sod)를 붙여 비탈면 전체 면적을 일시에 녹화하는 평떼붙이기와 평탄지에 평떼를 심는 평떼심기(block sod planting works)로 구분한다.

□ 시공장소

○ 경사도 45° 이하의 비교적 토양이 좋은 땅깍기비탈면을 떼를 붙여 조기에 녹화하고자 하는 곳

○ 운동장 등 평탄지에서 전체를 일시에 떼로 피복녹화하는 곳 및 떼밭을 조성해야 되는 곳

□ 설계요령

○ 대상지의 면적은 비탈 사면적으로 조사한다.

○ 정확한 면적의 산출을 위하여 전개도에 의해 표시하고 ㎡으로 표시한다.

□ 시공요령

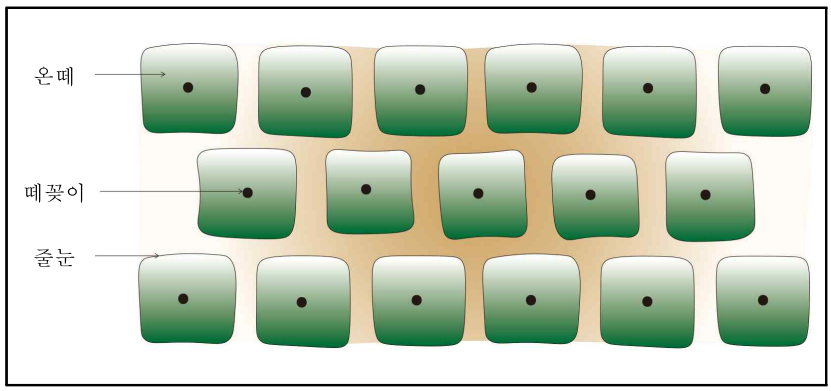
○ 떼붙이기에 앞서 비탈표면의 뜬흙을 정리하고 돌 및 초목 등의 장애물을 완전히 제거하여야 한다. 기계시공에 의한 비탈면다듬기 및 다지기작업 시에 세심한 주의를 기울여야 한다.

○ 지표면을 잘 정리한 후 가급적 모래나 좋은 흙을 10㎝ 정도 깔고 평떼(산지사방 : 40×25×3㎝, 조경사방 : 30×30×3㎝)를 일정한 비탈을 유지하도록 붙인다.

○ 평떼를 붙인 뒤에 모래나 흙으로 떼붙임면을 얇게 덮어 뿌리가 노출되지 않도록 뗏밥을 주고, 달구판으로 고루 두들겨 주어야 한다.

○ 땅깎기비탈면에서는 길이 20㎝ 이상의 떼꽂이로 평떼를 고정하여 미끄러내리지 않고 활착이 잘 이루어지도록 해야 한다.

□ 개념도



평떼붙이기 개념도

□ 시공사진




평떼붙이기 시공(좌), 평떼의 활착(우)

2-2-7. 등고선구공법(等高線溝工法; contour-trenching measures)

□ 개요

등고선구공법은 산지비탈에서 토양침식을 방지하고 등고선구 안에 강수를 저장하여 식물생육에 필요한 수분의 보급원으로 활용하기 위한 수토보전공법(水土保全工法)이다. 유사한 공법으로 확수구공법(擴水溝工法, trenching for water spreading), 보수구공법(保水溝工法, trenching for water storage), 계단식집수구공법(階段式集水溝工法, stepped water harvesting measures) 등이 있다.

1966년에 산림청에서 실연사방공법으로 시공하였고, 영일지구특수사방사업에서 많이 시공되었으나, 그 후 계획적으로 시공하지는 않았다. 미국의 건조지대에서 등고선구공법(contour-trenching)은 주요한 수토보전공법으로 이용되고 있다. 파키스탄, 아프카니스탄 등지와 같이 강우량이 적은 지역에서는 강수를 효과적으로 저수하기 위하여 널리 활용된다.

□ 시공장소

○ 산지 완경사비탈면에서 토양침식이 예상되고 수분이 부족하여 저사 저수시설이 필요한 곳
○ 사막화가 진행되고 있는 나라의 강수량이 부족한 지역에서 저사 · 저수공법으로 널리 시공

□ 설계요령

○ 완만한 기울기의 비탈면에서 토양침식이 예상되고 수분이 부족할 경우에 침식된 토사의 이동을 막고 물을 모으기 위한 시설이 필요한 곳에 적용한다.
○ 등고선구의 길이 8 ~ 10m, 구와 구의 좌우 간격 6 ~ 10m, 상하 구간의 수평거리는 10 ~ 15m를 기준으로 한다.
○ 토심이 얕은 곳에서는 설치하지 않으며 고랑의 크기는 일반적으로 밑나비 0.3m, 윗나비 1.1m, 깊이 0.36m, 양쪽 기울기 1:1.2를 표준으로 하나 집수면적에 따라 적절히 조절한다.

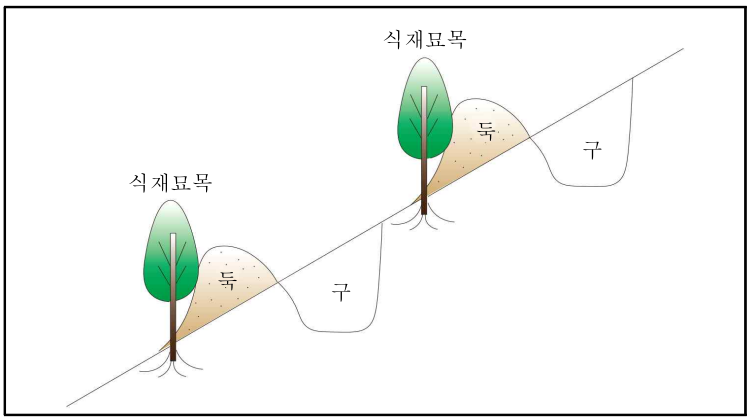
□ 시공요령

○ 30° 이하의 산지비탈면에 등고선을 따라 수평으로 물고랑(水平溝, horizontal trench)을 판

다.

- ○ 물고랑을 만들면서 파낸 흙으로 둑을 쌓고 둑을 보호하기 위해 줄떼심기 또는 파종을 한다.
- ○ 등고선구의 둑을 튼튼하게 쌓지 않으면 호우시 붕괴되어 토사재해가 발생될 수 있으므로 주의를 요한다.
- ○ 물고랑은 짧은 것은 어긋나게 파며, 긴 것은 중간에 고랑 높이보다 10㎝ 정도 낮게 칸막이를 설치한다.

□ 개념도



등고선구공법 개념도

□ 시공사진



등고선구공법

2-2-8. 비탈덮기(斜面被覆工; slope mulching works)

□ 개요

비탈덮기는 주로 단끊기를 한 소단과 소단 사이의 비탈면과 기울기가 급한 비탈면을 피복하여 강우에 의한 표토의 침식 및 유출을 방지하고 토양수분을 보전하여 파식한 식물의 발아·활착을 도와 식생을 조성·녹화할 목적으로 시공하는 공종이다. 사용하는 재료에 따라 짚덮기, 거적덮기, 섶덮기, 짚망덮기, 합성재덮기 등이 있다.

□ 시공장소

○ 강우 또는 동상(凍上)과 서릿발 등에 의하여 침식이 우려되는 땅깎기 및 흙쌓기 비탈면
○ 표면침식이 진행되고 있거나 진행을 억제해야 하는 비탈면
○ 증발산을 억제하여 수분보전이 필요한 비탈면

□ 설계요령

○ 침식방지와 수분유지가 가능한 공법을 적용하는 것이 중요하다.
○ 재료의 구입과 인력수급이 어려운 경우에는 볏짚거적덮기를 하기도 한다.

□ 시공요령

① 짚덮기(藁覆工; straw mulching works)

○ 강우량이 적은 건조지대, 비교적 완만한 산지비탈로서 침식이 진행되는 곳, 토양이 부드러운 곳 등에 적용한다.
○ 씨앗을 뿌린 비탈면을 짚으로 덮어 햇빛에 의한 수분 증발산을 막고 바람에 의한 파종 종자의 유실 등을 방지한다.
○ 짚덮기공사는 인력에 의해 시공되어 공사비가 많이 드는 단점이 있어 볏짚거적덮기 공사로 대체되고 있다.
○ 비탈면에 고랑(폭 50㎝, 깊이 2 ~ 3㎝)을 파고, 짚(0.4㎏/㎡)을 깔아 덮는다. 짚 끝은 고랑에 15㎝ 정도로 묻은 후 새끼로 짚을 엮고 대꽂이로 눌러 고정시킨다.
○ 비탈조공 및 선떼붙이기와 병행할 경우에는 볏짚의 선단을 계단 끝에 넣어 묻고, 줄기부분은 비탈을 따라서 내려야 하며 하부는 새끼나 다른 끈으로 고정해야 한다.
○ 소단을 끊지 않고 시공하는 경우에는 흙쌓기 및 땅깍기 비탈면이나 붕괴비탈면을 따라 종방향으로 볏짚을 깔고, 그 양끝 및 중앙부를 새끼로 고정한다.
○ 볏짚을 덮는 두께는 시공목적에 따라서 다르지만, 적어도 비탈면의 흙이 보이지 않을 정도의 두께로 덮어야 한다.
○ 바람이 강하고 암반이 노출된 곳은 효과가 없고 서릿발이 발생되는 한랭한 기후에 적합하다.

② 짚망덮기(藁網覆工; straw-net mulching works)

○ 짚망덮기공사는 지름 10 ~ 15㎝의 짚다발을 묶어 산비탈을 망상으로 피복하는 공법이다.
○ 짚망은 한 변이 1.0 ~ 1.5m의 4각형이 되도록 조립한다. 짚은 0.5m 마다 결속하고 나무 말뚝으로 고정한다.
○ 망눈 안에 묘목을 심어 녹화한다.

③ 거적덮기(筵張工; straw-mat mulching works)

○ 거적덮기공사는 비탈면에 종자를 흩어뿌리기 또는 줄뿌리기 하고 그 위에 거적을 덮지만, 때로는 비탈 정지공사를 잘 한 다음에 특별히 생산된 거적을 토층에 밀착되도록 깔아 붙이고,

거적위에 종·비·토 혼합물을 뿜어 부친다.

- ○ 거적덮기공법은 비탈면의 소단을 따라 수평으로 덮는 경우와 비탈면의 상부로부터 하부를 향해 종방향으로 덮어 내려오는 경우가 있다.
- ○ 소단에 다른 공종을 계획하는 경우에는 볏짚거적을 가로방향으로 사용하는 것이 보통이다.
- ○ 거적덮기공사는 기계로 씨앗을 뿜어 흩어뿌린 뒤에 실시한다.
- ○ 거적 3장마다 고정말뚝을 박고 새끼줄로 고정시킨다. 바람의 영향을 많이 받기 때문에 시공에 유의해야 한다.
- ○ 거적은 보통 너비 1.0m, 길이 약 1.8m 정도의 크기이나, 길이가 긴 두루마리로 제작된 경우에는 설치 위치에 맞도록 잘라서 사용한다.
- ○ 거적을 덮은 후 묘목을 심을 때에는 거적의 가로 새끼줄이 끊어지지 않도록 짚을 양쪽으로 벌리고 묘목을 심어야 하며, 심은 후에는 다시 거적날을 오무려 두어야 한다.

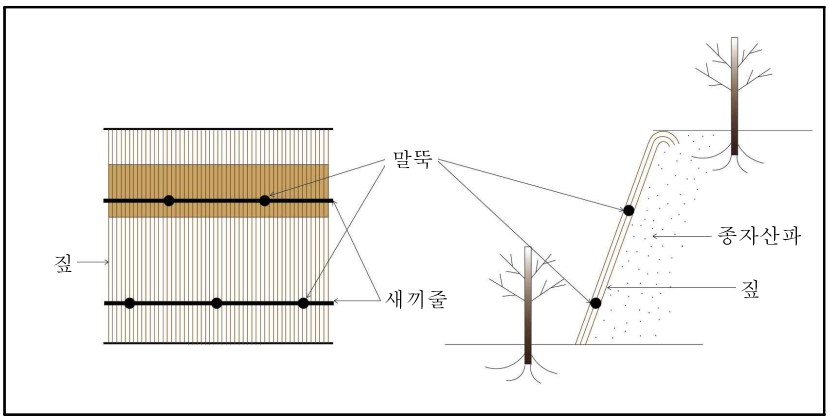
④ 섶덮기(粗朶覆工; fascine mulching works)

- ○ 섶덮기공사는 동상 및 서릿발이 발생하기 쉬운 한랭지대에서 가장 효과적인 방법이다.
- ○ 누구침식을 방지하기 위하여 섶을 좌우로 엇갈리도록 가로방향으로 놓고 상·하에 고정말뚝을 1m 간격으로 박고 철사로 고정시킨다. 고정말뚝은 길이 0.5m 정도로 한다.
- ○ 섶을 덮기 전에 미리 씨뿌리기 공사를 하는 것이 효과적이다.
- ○ 최근에는 공사비가 많이 소요되어 널리 시공되지 않는다.
- ○ 자재 : 짚, 나뭇가지, 낙엽 등

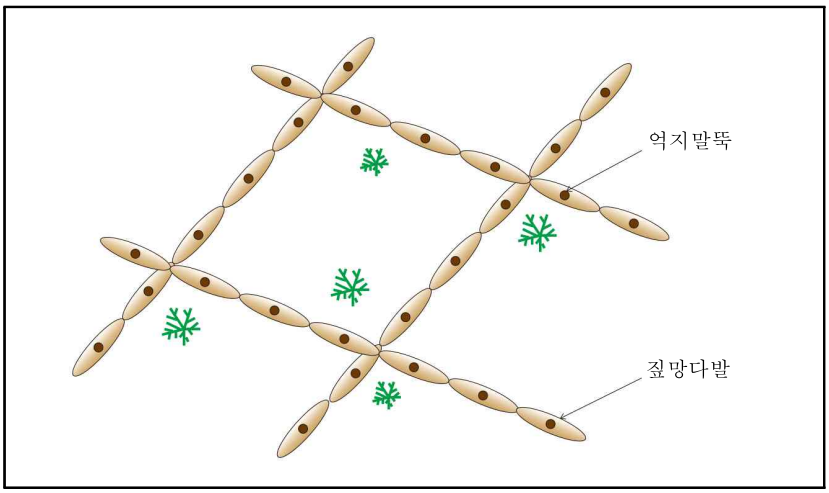
⑤ 합성재덮기(合成材覆工; synthesized materials mulching works)

- ○ 합성재덮기는 비탈망덮기라고도 불린다. 짚, 거적 또는 섶 대신 화학섬유, 목질 화이버, 각종 침식방지망(erosion control net, coir net, jute망; 황마망)을 사용하는 덮기공법이다.
- ○ 망에 초본 및 목본의 종자와 비료류를 점착(粘着)시켜 파종효과와 비탈덮기 효과를 겸한 2차제품이 많이 개발되고 있다.

□ 개념도



짚덮기 개념도



짚망덮기 개념도

□ 시공사진



짚덮기(좌), 거적덮기(우)

2-2-9. 새심기(萱株移植工; grass planting works)

□ 개요

새심기공사는 녹화공사를 보완하기 위하여 새류의 풀포기를 식재하여 비탈을 초류로서 녹화하는 공법이다.

□ 시공장소

○ 산불발생지, 민둥산지, 석력지, 각종 훼손지 비탈면의 소규모 녹화가 필요한 곳

□ 설계요령

○ 새심기방법에는 점심기(点植工, spot planting), 줄심기(列植工, strip planting), 흩어심기(散植工, broadcasting planting)가 있으며 시공지 조건에 따라 적당한 공법을 적용한다.

○ 점심기에서는 주간(株間) 간격을 20 ~ 30㎝ 정도로 하고, 줄심기에는 줄간격 20 ~ 30㎝ 정도로 하며, 흩어심기에서는 20 ~ 30㎝ 간격으로 서로 어긋나게 배식한다.

□ 시공요령

○ 새류에는 새, 솔새, 개솔새, 억새, 기름새 등이 있다.

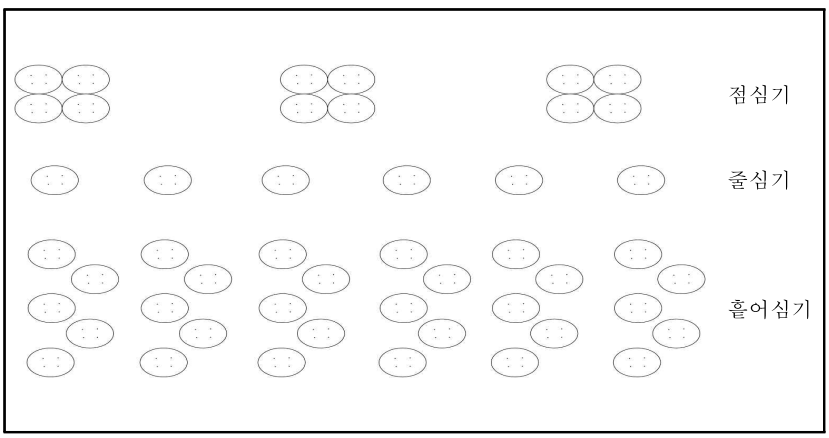
○ 새 포기의 본수는 일반적으로 3 ~ 5본을 한주로 삼는다.

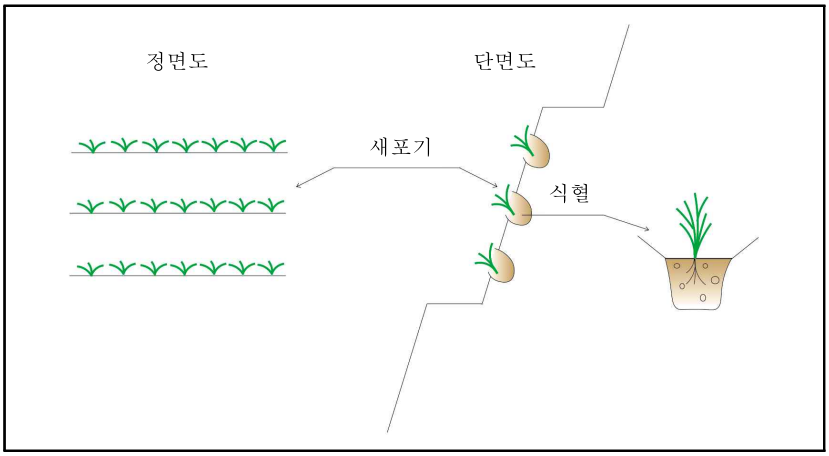
○ 봄철에는 마른줄기를 잘라내고 근계 부분만 이식하고, 생장기에는 지상부와 지하근계를 모두 이식한다.

○ 새를 심고난 후 잘 밟아서 밀착시켜야 한다. 필요한 경우에는 급수를 해야 한다.

○ 충분한 시비로서 활착과 생육을 도모한다. 되도록이면 유기질 비료 또는 퇴비를 충분히 준다.

□ 개념도





새심기 개념도

□ 시공사진



새심기(줄심기)

2-2-10. 씨뿌리기(直播工; direct seeding works)

□ 개요

씨뿌리기는 초본류와 목본류의 종자를 산지 비탈면과 계단에 직접 파종하여 녹화하는 방법이다. 씨를 뿌리는 방법에 따라 점(씨)뿌리기(斜面点播工, spot seeding measures), 줄(씨)뿌리기(斜面條播工, strip seeding measures), 흩어(씨)뿌리기(斜面散播工, broadcast seeding measures) 공법이 있다. 또한 인력에 의한 인력파종공법, 기계에 의한 분사식씨뿌리기공법(噴射式播種工法, hydroseeding measures), 항공파종공법(航空播種工法, aerial seeding measures)으로 구분하기도 한다. 줄뿌리기는 본래 “실파공(實播工)“이라 하여 1930년경 우리나라에서 개발된 고유의 민둥산(禿裸地) 사방녹화공종이며, 실파공법은 1960년대 초기에 미국의 상류수원함양공법 도입시기에도 널리 활용되었다.

□ 시공장소

○ 점뿌리기는 기울기가 비교적 급하거나 완만한 기울기라도 자갈이나 석력(石礫)이 많이 함유되어

있는 비탈면이나 소단에 시공

○ 줄뿌리기는 비교적 경사가 완만하고 토양조건이 좋은 비탈면이나 소단에 시공

○ 흩어뿌리기는 경사가 완만하여 강우에 의한 종자의 유실이 적고 습윤하여 발아조건이 좋은 토사퇴적 비탈면이나 토양조건이 양호한 비탈면에 시공

□ 설계요령

○ 종자는 토질 및 기후 등 환경에 대한 적응력 및 병·해충에 대한 저항성이 있어야 한다.

○ 파종량은 다음공식에 의하여 결정한다.

$$W = \frac{G}{S \times P \times B}$$

W = 파종중량(g/m^2), G = 발생기대본수(本/m^2), S = 평균입수(粒/g),
P = 순량률(%), B = 발아률(%)

- 파종시기는 씨앗의 상태, 발아 및 생장 특성을 고려하여 결정한다.
- 초류 또는 목본종자 간의 혼파에 따른 장 · 단점을 사전에 파악하고 계획해야 한다.

파종 1000m당 종자 및 기타 재료 소요량

종자	파종량(ℓ)	비료		짚(kg)	비고
		요소(kg)	인산(kg)		
오리나무류	1.3~1.7	2~3	10~15	30~40	* 비료는 요소 46%, 인산 20% 성분이다를 때에는 비율에 따라 증감하며, 칼륨 비료는 절대적으로 일정하지는 않으나 시비할 때에는 인산과 동량으로 시비한다. * 초류는 단파하지 말고 왼쪽의 비율로 혼합하여 파종하여야 한다. 또한 아까시나무 1ℓ, 싸리 1ℓ를 각각 혼합하는 것이 효과적이다.
리기다소나무	2.0	2~3	10~15	30~40	
참싸리	4.0~5.0	2~3	10~15	30~40	
잡초, 안고초	1.0	2~3	10~15	30~40	
잡초, 개솔개	2.0	2~3	10~15	30~40	
잡초, 솔새	1.0	2~3	10~15	30~40	
잡초, 참억새	0.1	2~3	10~15	30~40	
잡초, 김의털	0.5	2~3	10~15	30~40	

□ 시공요령

① 점뿌리기(斜面点播工; spot seeding measures)

○ 비탈면에 수평으로 파종구덩이를 파서 평면파종상을 만들고 파종하는 방법과 비탈면과 평행으로 뜬흙을 긁어 비탈면파종상을 만들어 파종하는 방법이 있다.

○ 파종구덩이는 ha당 40,000개 내외로 한다.

② 줄뿌리기(斜面條播工; strip seeding measures)

○ 비탈면에 직고 30 ~ 50㎝마다 폭 15 ~ 20㎝의 수평소단을 설치하고 소단 안에 10㎝ 정도의 파종구

(깊이 2 ~ 3㎝)를 판 후, 그 구덩이에 시비와 객토를 하고 그 위에 파종한다.

○ 비옥한 토양과 비료, 종자 등을 혼합하여 종비토(種肥土)를 만든 후 1,000m당 330 l 정도를 넣어주는 방법으로 시공하기도 한다. 특히 이 파종공법은 실파공(實播工)이라 하여 독나지 녹화공법으로 1970년대까지 널리 사용되었다.

○ 파종 후 잘 밟아주고 다시 약간의 흙으로 덮어주고 그 위에 짚이나 산풀을 덮어준다.

○ 비료는 지효성 비료보다는 속효성 비료인 요소, 황산가리, 중과린산석회 등이 좋다.

③ 흩어뿌리기(斜面散播工; broadcast seeding measures)

○ 비탈다듬기 공사를 하고 뜬흙을 정리한다.

○ 비탈면에 직고 60㎝ 정도, 나비 20 ~ 30㎝의 수평 소단을 끊는다.

○ 비탈면에 뾰족한 괭이로 작은 구멍을 무수히 파놓고, 수평으로 작은 골을 파서 종자의 유실을 방지한다.

○ 종자는 양성(陽性) 및 음성(陰性)의 초본류와 목본류를 발아촉진처리 후 적당히 조합한다.

○ 종자, 비료, 비토를 혼합하여 종비토를 만들어 비탈면에 골고루 흩어 뿌리고 짚으로 얇게 덮은 후 새끼줄로 고정한다.

○ 식생의 특성에 따라서 구분혼파(개개의 파종구덩이에 다른 종류의 종자를 파종)와 혼합혼파(종자 전체를 동시에 혼합)로 구분하여 파종하는 것이 효과적이다.

○ 최근에 대면적 훼손지가 많이 발생되므로 여러 가지 형태의 분사식 파종공법(hydroseeding)이 널리 사용된다.

○ 외래초종은 시공시기에 대한 제약이 적어 비교적 봄·가을에도 파종하여도 발아가 잘되므로 재래초종보다 널리 이용된다.

○ 재래초종은 종자채집이 곤란하고 인건비가 고가이므로 외래초종보다 많이 사용하기가 곤란하다. 그러나 자연생태적인 관점에서 재래초종의 사용이 권장된다.

○ 초·목본류의 종 간에는 혼파(混播)하는 것이 좋은 것과 좋지 않은 것이 있으므로, 혼파시에 유의할 필요가 있다.

혼파조합 성적표

콩과 / 벼과	비수리	참싸리	아까시나무	매듭풀	차 풀	비 고
능수귀염풀	×	△	△	×	○	
지 팽 이 풀	×	○	○	○	○	
인 디 안 풀	×	△	△	×	△	×표는 혼파불량
다년생호밀풀	×	△	○	×	○	○표는 양호
알타개미털	×	○	△	○	△	△표는 어느 한쪽이
안 고 초	×	△	△	×	△	피압 또는 좋지
솔 새	×	○	○	○	○	않음
개 솔 새	×	○	○	○	△	
참 억 새	×	○	○	×	×	

④ 분사식씨뿌리기(噴射式播種工法; hydroseeding measures)

○ 분사식씨부리기(씨뿜어붙이기, 種子吹付工)는 비탈경사가 급하고 대면적으로서 인력파종이 부적당한 토사비탈면 또는 토양조건이 열약한 비탈면에서 종자, 비료, 전착제(展着劑)와 양생제를 섞어서 압력 기계로 뿜어붙여 조기에 전면녹화를 목적으로 계획·시공한다. 보통 seed spray라고 불리는 경우도 있다.

○ 생육기반재를 두꺼운 층으로 뿜어붙이는 경우(厚層基材吹付工法, thick layer spraying measures)에는 특수 분사식씨뿌리기공법이라 한다. 보통 분사식씨뿌리기공법은 토양조건이 비교적 좋은 급경사지에서, 특수 분사식씨뿌리기공법은 균열이 많은 암석비탈면과 석력이 많은 급경사지에서 이용된다.

○ 비탈 상부로부터의 유수와 지하수의 용출 등이 있는 경우에는 산지비탈 안정공사의 기초공사로서 필요한 비탈흙막이공사, 속도랑내기 공사, 수로내기공사 등을 미리 시공하여 강우 등에 의한 붕락을 방지해야 한다.

○ 시공시에는 먼저 시공지 비탈다듬기 공사를 한 다음, 건조시에는 종자의 발아를 촉진하고 분사부착물의 침투를 좋게 하기 위해 비탈 1㎡당 1 ~ 3 l 의 물을 미리 살포한다. 또한, 추운 겨울이나 무더운 여름·건조시기 등을 피해야 한다.

○ 종자살포는 재료들을 물과 혼합하여 수압분사식 파종기(hydroseeder)로 시공지에 골고루 살포해야 한다. 분사식 파종기를 사용할 때에는 물, 종자, 비료, 화이버, 혼합양생제의 순서로 투입하고 10분이상 잘 혼합해야 한다.

○ 파종 후 2개월 이내에 고르게 발아되지 않거나 일부만 발아되었을 때에는 재파종해야 한다.

○ 분사식씨뿌리기공법으로 시공한 후에 발아 생립 본수는 초본 2,000본/㎡과 목본 100본/㎡을 표준으로 하여 모두 2,100본/㎡을 표준으로 한다.

○ 현지의 토양조건, 시공시기 또는 시공기술에 따라서 양생제의 뿜어 붙이기를 병용하도록 계획하여 건조피해 등을 방지해야 한다. 특수 분사식씨뿌리기공법에서는 필요에 따라서 철사 또는 화학섬유의 래스(lath)를 비탈면에 덮고, 객토재의 고정을 도모하여야 한다.

○ 뿜어붙인 흙층 위에 화이버(fiber)류와 시트(sheet)류를 덮고 고정하여 강우에 의한 침식을 방지하는 경우도 있다.

○ 뿜어붙인 층의 두께와 양생제의 질 및 밀도는 많으면 많을수록, 강하면 강할수록 높지만, 목적으로 하는 녹화수준을 달성하는 데에 필요한 최소한도의 적절한 공법 및 자재의 선택을 계획하여야 한다.

○ 분사식씨뿌리기공법에 사용하는 종자의 선택 및 파종량은 일반파종 공법에 준한다. 그러나 특수 분사식씨뿌리기공법과 같이 일정한 두께의 층을 조성하는 경우에는 기반재 속에 묻혀서 발아되지 못하는 손실종자가 많으므로 보통 분사식씨뿌리기공법보다 더 많은 종자를 넣어야 한다.

⑤ 항공파종공법(航空播種工法; aerial seeding measures)

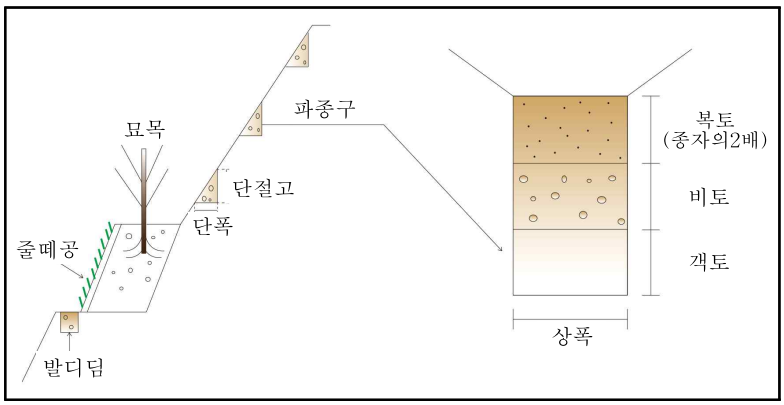
○ 항공파종법은 사람이 접근하기 어려운 대면적 황폐지에 항공기(헬리콥터)를 이용하여 공

중에서 종자와 비료 등을 살포하는 공법이다.

○ 양생제(養生劑, curing agent)에 유기질·토양개량제·점착제(粘着劑)·종자·비료 등을 혼합한 점액상 기재(基材)를 뿌리는 슬러리방법과 혼화재·종자·비료 등을 섞어 점성이 있는 소똥형태(牛糞狀)의 베이스체를 먼저 투하하고 다음에 슬러리재를 피복재로 살포하는 베이스방법 등이 있다. 피복재로는 아스팔트유제, 쿠라졸이 이용되기도 한다.

○ 항공파종공법은 인력확보가 어려운 지역이거나, 인력접근이 어려운 대면적 황폐지에서 효과적이다. 특히 사막화방지공사가 필요한 지역의 녹화에도 많이 시공된다. 시공계획을 수립할 때에는 별도의 전문기술서를 참고할 필요가 있다.

□ 시공요령



조공식 씨뿌리기 개념도

□ 시공사진





줄파종(좌), 점파종(우)

2-2-11. 나무심기(植栽工; tree planting works)

□ 개요

나무심기는 비탈면이나 소단에 직접 묘목을 식재하여 황폐산지에 식생과 숲을 조성함으로써 붕괴방지기능을 높이는 공종이다.

□ 시공장소

○ 비탈다듬기와 소단을 조성하고 녹화기초공사를 시행한 산복비탈

□ 설계요령

○ 대상지의 토질·토양 조건을 조사하여 시공평면도에 구획하고, 각 구획에 대해 가장 적절한 수종·식재본수·혼효비율·식재방법 등을 선정한다.

○ 대상면적은 평면적으로 하고 묘목의 크기에 따른 본수를 적용한다.

○ 식재 대상지가 붕괴지일 경우에는 산복울짱얽기·조공 등의 녹화기초공사에 의하여 지존작업이 종료된 상태가 되어야 한다.

○ 수종은 방재기능이 높은 다음과 같은 조건을 충족시켜야 한다.

·생장이 왕성하고, 잘 번무(繁茂)할 것

·뿌리의 발달이 좋고, 토양의 긴박력(緊縛力)이 클 것

·피음(被陰)에 강할 것

·척악지·건조·한해·병충해 등에 대해 적응성과 저항성이 클 것

·토양개량 효과를 기대할 수 있을 것

·갱신이 용이하고, 가능하면 경제적 가치가 높을 것

·묘목의 생산비가 적게 들고, 대량생산이 가능할 것

○ 식재본수는 일반 경제림조성 조림보다 다소 많은 ha당 4,000 ~ 6,000본을 기준으로 식재한다.

○ 일반적으로 리기다소나무 1,000본, 물(산)오리나무 1,500본, 상수리나무 1,000본을 기준으로 식재한다.

□ 시공요령

○ 묘목을 심는 구덩이는 대체로 깊이와 지름을 20㎝ 이상으로 파고 비옥한 표토 등으로 객토하여 심는다.

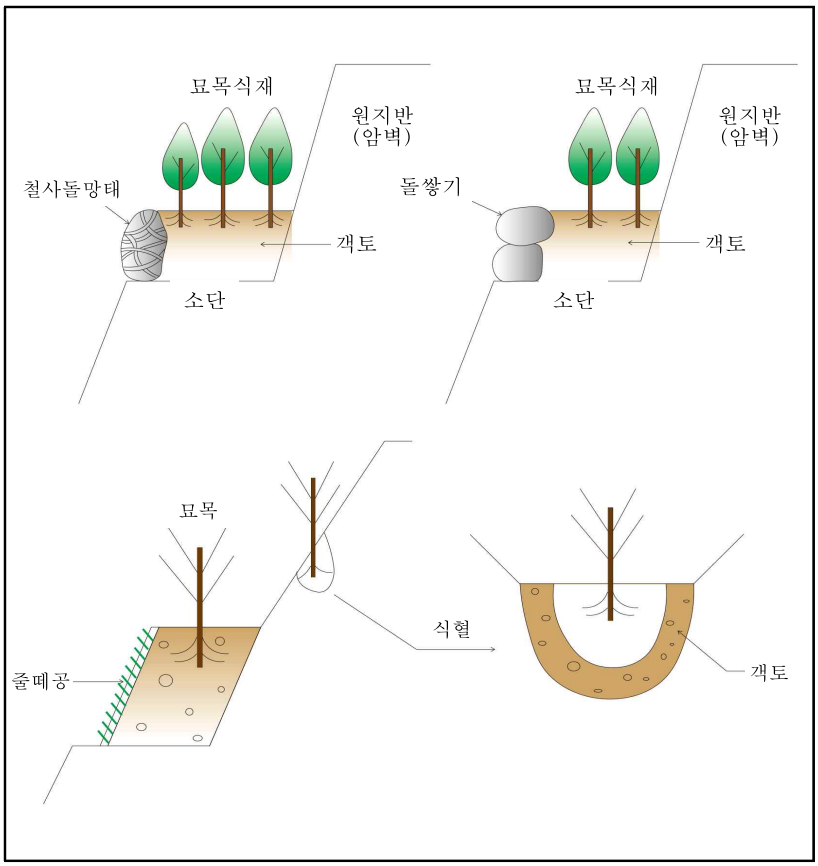
○ 양묘장에서 생산된 1-0 또는 1-1묘 등의 실생묘보다는 분묘 또는 용기묘를 식재하면 활착률이 높다.

○ 식재간격은 소나무류의 경우 1.0 ~ 1.5m, 오리나무류의 경우 1.5 ~ 2.0m로 하여 리기다소나무 2본에 오리나무류 1본을 배열하는 것이 생장에 유리하며, 계단 사이의 비탈면에는 약 3m 간격으로 오리나무류를 식재한다.

○ 시비는 식재지의 입지상태 및 식재수종 등에 따라 종류와 시비량을 결정하며, 원칙적으로 지효성 비료를 선택하고, 경우에 따라서는 속효성 비료를 적당량 혼용하기도 한다. 최근에는 산림용 고형복합비료를 시비한다.

○ 식생공사 후에 목표로 하는 군락이 원활하게 형성될 수 있도록 평상시에는 평상점검을, 재해시에는 긴급점검을 실시한다. 또한, 식생이 생장하는 과정에 대응하여 추비·추파·보식·제초·하예·덩굴치기·도목처리·전정·솎아베기 등의 식생관리를 실시한다.

□ 개념도



소단 식수공법 개념도

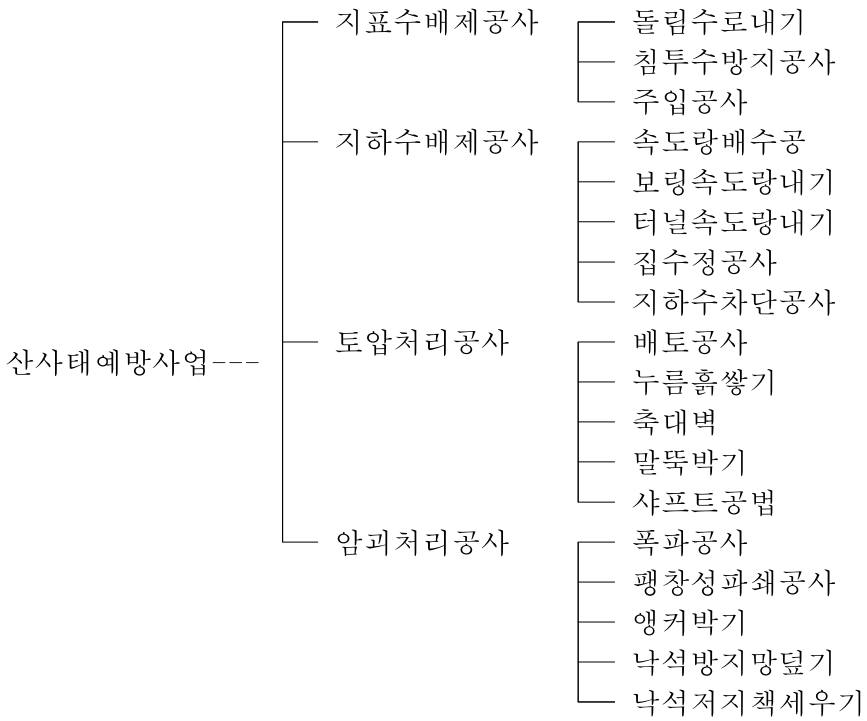
□ 시공사진



나무심기

2-3. 산사태예방공사

산사태예방공사는 지표수배제공사, 지하수배제공사, 토압처리공사, 암괴처리공사 등으로 구성되며 공종의 분류는 다음과 같다.



산사태예방사업의 공종

2-3-1. 지표수배제공사

가. 돌림수로내기(法肩排水溝工; diversion drain at top of slope)

□ 개요

비탈면돌림수로(diversion)는 산지 또는 인공 비탈면에서 상부 비탈면으로부터 흘러내리는 지표유출수가 지표면을 따라 흐르지 않도록 도중에서 차단 또는 분산시켜 안정된 외부로 보내기 위해 만들어진 수로로서, 산사태 및 붕괴 위험지역으로 흐르는 지표수를 외곽지대로 안전하게 배수시키기 위하여 시공하며, 시공재료에 따라서 콘크리트수로, 콘크리트블록수로, 합성수지반원관수로 등이 있다.

□ 시공장소

○ 비탈면돌림수로는 비탈면 상부 및 주위로부터 지표수가 유입되는 비탈면 상단부에 시공

□ 설계요령

○ 균열이 있는 위험 비탈면으로부터 약간(약 5m 정도) 떨어진 외곽부위에 설치한다.

○ 가급적 깊게 설치하여 유수가 지층 사이로 스며들지 않게 한다.

□ 시공요령

○ 위험비탈면이 넓고 용수가 있는 곳이나, 비탈기울기가 급하고 유량이 많은 곳은 콘크리트 배수로 공사를 시공한다.

○ 집수유량이 많고 지반이 불안정한 곳에서는 활꼴의 콘크리트 배수로를 설치하고, 기타 지역은

콘크리트 반원관수로를 시공한다.

- ○ 시공 후 수로 가장자리를 잘 정리하여 다진다.
- ○ 기초침하로 인해 연접되는 관의 이음매가 턱이 지지 않도록 유의하여 시공한다.
- ○ 비탈이 급하거나 굴곡이 심한 지형에서는 계단식으로 수로를 설치하여 유속을 줄이도록 시공한다.
- ○ 수로 양측은 떼붙임을 하거나 종자를 파종하여 안정, 녹화한다.
- ○ 합성수지류로 시공한 돌림배수로 바닥 쪽에는 시멘트와 벤토나이트(bentonite)를 혼합 주입하는 방수처리로 누수를 방지해야 하며, 연결부위에서 누수가 되지 않도록 시공한다.

□ 시공사진




비탈어깨 콘크리트돌림수로(좌), U형관 돌림수로(우)

나. 침투수방지공사(浸透水防止工事; preventing measures of surface water penetration)

□ 개요

침투수방지공사는 지표수가 붕괴위험 비탈면의 땅속으로 침투되는 것을 방지하기 위하여 시공하는 공법으로, 붕괴초기단계에서 응급적으로 시공하는 경우가 많다. 주요공법으로는 점토충전공법, 비닐피복공법, 아스팔트판공법 등이 있다.

□ 시공장소

- ○ 비탈면 균열부위 및 지표수가 체류하는 凹지, 습지

□ 설계요령

- ○ 공법채택은 시공지의 상황, 시공성 등을 고려하여 결정하여야 하며, 재료는 수밀성(水密性)을 가지고 지표에 밀착하는 유연성이 있는 것을 사용해야 한다.

□ 시공요령

- ○ 점토충전공사는 균열부에 점토를 채우거나 점토 대신 점성토 또는 벤토나이트를 충전하여 강

수가 침투되지 않도록 단단히 다진다.

○ 비닐피복공법은 균열부위를 빗물이 잘 흘러가도록 다듬은 후 비닐을 덮는다. 강우 시에 응급대책으로 시공하는 경우가 많으며, 장기적인 대책으로 시공하는 경우에는 내구성이 높고 두꺼운 고무시트를 사용해야 한다.

○ 아스팔트판덮기공법은 용출수가 고이는 곳이나 습지와 같이 비교적 면적이 넓은 곳에서 활용된다. 시공 시 시공구역 내의 초목을 완전히 제거하고, 비탈다듬기 공사를 실시한 후 땅위에 두께 20㎝ 정도로 깬자갈 또는 깬돌(잡석)을 깔고 아스팔트판(두께 5 ~ 15㎜)을 깐다.

□ 시공사진



비탈면붕괴방지용 비닐피복공법

다. 주입공사(注入工事; grouting works)

□ 개요

붕괴위험 비탈면의 땅속에 약액을 주입하여 토립자(土粒子) 간의 전단강도를 증가시키고, 불침투수층을 형성시켜 지하수의 유입을 방지하기 위한 공법이다. 연약지반이나 용수가 있는 지반의 지반 강화를 목적으로도 사용한다. 주입용 약액으로는 시멘트풀 또는 시멘트에 벤토나이트를 혼합하여 사용한다.

□ 시공장소

○ 붕괴위험성이 높은 땅깎기 또는 흙쌓기 비탈면

○ 암반 균열지 비탈면

□ 설계요령

○ 주입공사 계획 시 현지의 각 지층의 수압·투수량·공극상태·균열상태 등을 조사하여 그라우트(grout)의 종류, 주입 압력, 주입량 및 시공법을 선정한다.

○ 주입방법은 시공대상이 되는 지반의 형상 및 시공목적에 따라 다른데, 주입순서에 따라 반복주입·계단주입·유도주입 방법으로 구분하기도 한다. 주입재 혼합방법에 따라 1.0 쇼트(shot) 주입(1액 1공정 방식, 주입재를 1액으로 주입), 1.5 쇼트 주입(2액 1공정 방식, 주입재를 2액으로 나누어

Y자관에서 혼합시켜 주입), 2.0 쇼트 주입(2액 2공정 방식, 주입재를 2액으로 나누어 1개 또는 인접되는 2개의 주입관에서 교호로 주입하여 지중에서 혼합) 방법 등이 있다.

○ 그라우트에는 현탁액성의 시멘트·점토·벤토나이트·역청 및 용액상의 물유리·고분자재료 등을 주성분으로 하는 것이 있으나, 주입목적에 적합하며 대상 지반의 상태에 적합한 그라우트를 선정한다.

□ 시공요령

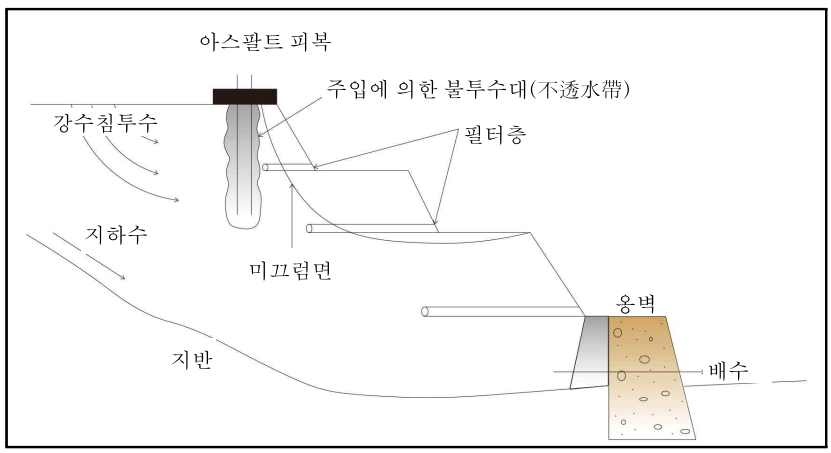
○ 주입구멍은 그라우트의 침투범위가 서로 겹치도록 배치되나 특히 지수를 목적으로 하는 경우에는 2줄 이상의 배치로 주입하는 것이 효과적이다. 주입순서는 교호로 시행하거나 순차구속성이 강하도록 결정한다.

○ 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)의 규격품 및 동등 이상의 것을 사용해야 한다. 잔골재 입도는 2.36㎜(No. 8)체를 100% 통과하고, 조립률이 1.3 ~ 2.3의 범위이며, 입도가 고른 것을 사용해야 한다. 큰 자갈은 지름이 2.5 ~ 5.0㎜의 범위이고 입도가 고른 것을 사용해야 한다. 혼화재료는 KS 규격품을 사용한다.

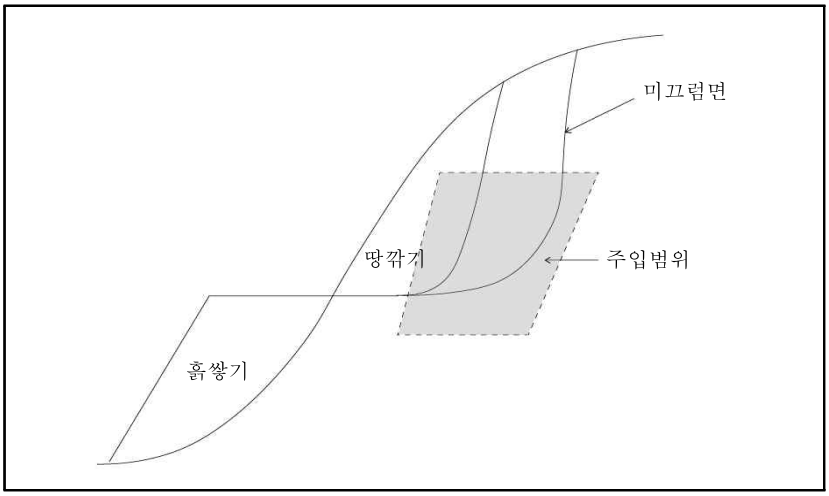
○ 겔 타임(gel-time)은 현장주입시험 등에 따라 알게 된 그라우트의 침투소요시간과 시험시의 재조사에 따른 그라우트의 침투범위 등에서 그라우트가 주입계통 내에서 겔(gel)화 되지 않고 침투예정 범위 밖으로 흘러나오지 않는 시간 이내가 되도록 결정된다.

○ 비탈안정공법으로서는 시멘트와 약액을 주입하는 주입공법 외에도 전기화학적 에너지를 주어서 안정화하는 전기화학적 고결법, 점질토를 가열처리하여 강화하는 소결공법(燒結工法), 석회를 넣어서 흙의 물리적 공학적 성질을 개량하는 석회처리공법 등의 고결공법(固結工法, consolidation process measures)이 있다.

□ 개념도



주입에 의한 불투수층 형성



주입에 의한 땅깎기비탈면의 붕괴방지

□ 시공사진



콘크리트풀주입공사

2-3-2. 지하수배제공사

가. 속도랑배수공 (暗渠排水工; closed conduit, culvert, underdrain works)

□ 개요

붕괴위험 비탈면 주위로부터 유입되는 얕은 층의 지하수를 배제하거나 강우 및 융설수의 침투에 의한 심층 지하수의 증가를 방지하기 위하여 시공하며, 주로 자갈속도랑, 돌망태속도랑, 집수관(유공관) 속도랑 공사를 한다.

□ 시공장소

○ 얕은 층의 지하수를 효율적으로 배제할 수 있는 凹지로서 비탈면의 경사 변환점

□ 설계요령

○ 속도랑의 깊이는 깊을수록 효과적이지만, 굴착으로 토괴가 이동할 위험이 있으므로 2m 이내

로 하는 것이 일반적이다.

□ 시공요령

○ 속도랑관의 재료는 땅밀림 이동에 의한 지반변동으로 절손되지 않아야 하며, 만일 절손되더라도 집수된 물이 지층에 재침투되지 않도록 속도랑 밑부분에 방수시트를 깔아주어야 한다.

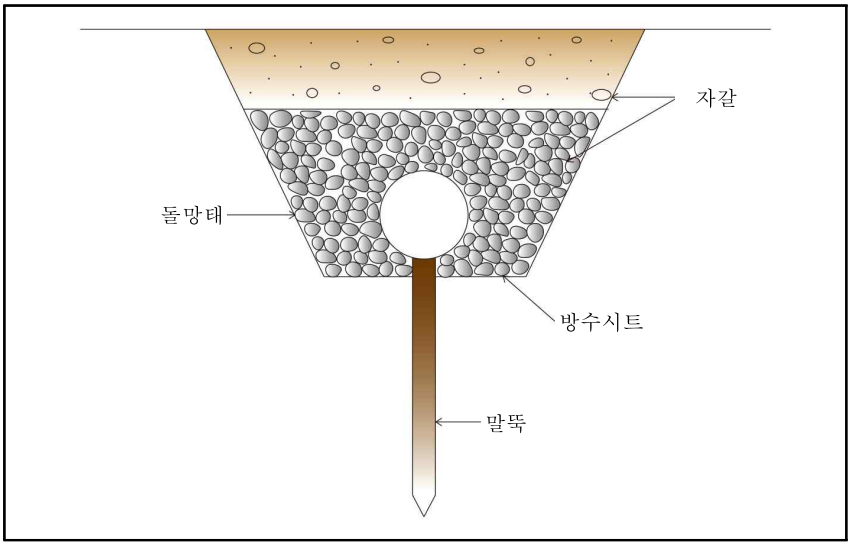
○ 지표수도 흡수할 수 있도록 시공하는 경우에는 지표까지 자갈이나 조약돌 등으로 채우며, 지표수가 많은 지역에서는 속도랑 병설 배수공사(明暗渠工事)를 시공한다.

○ 속도랑의 유출부 집수통에 연결하여 지표수로를 통하여 유하시킨다.

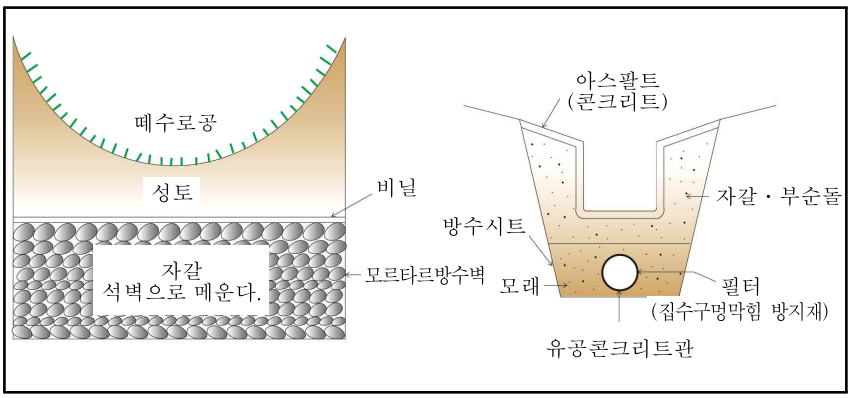
○ 땅밀림지대와 같이 지반이 불안정한 곳이나 급경사지에서는 외력으로부터 속도랑을 보호하기 위하여 돌망태속도랑을 시공한다.

○ 집수관속도랑은 배수관에 집수될 수 있는 구멍을 뚫어서 묻는다.

□ 개념도



지표수를 흡수하는 속도랑 개념도



속도랑 병설 배수공사(명암거공) 개념도

□ 시공사진




속도랑 병설 배수공사

나. 보링속도랑내기(boring closed conduit drain works)

□ 개요

지상에서 보링(boring)에 의하여 붕괴위험지 내에 분포하고 있는 지하수를 배제시키는 공법이다.

□ 시공장소

○ 굴착에 의한 속도랑내기 공사로는 배제할 수 없는 지하수, 즉 대수층이 넓고, 얕게 분포되어 있거나 깊은 지하수(피압지하수)가 있는 지역

□ 설계요령

○ 속도랑 공구(孔口)의 위치는 지하수의 위치와 압력수두의 저항량을 감안하여 굴진 길이가 가장 짧도록 하여야한다.

○ 굴진 방향과 보링의 구경(口徑)은 대수층의 분포 및 지하수의 유동방향, 굴진의 난이도를 감안하여 가장 효과적으로 집수될 수 있도록 결정한다.

○ 보링의 구경은 일반적으로 66 ~ 100㎜를 많이 이용하며, 길이는 땅 밀림지역의 경우 50 ~ 60m가 적당하다.

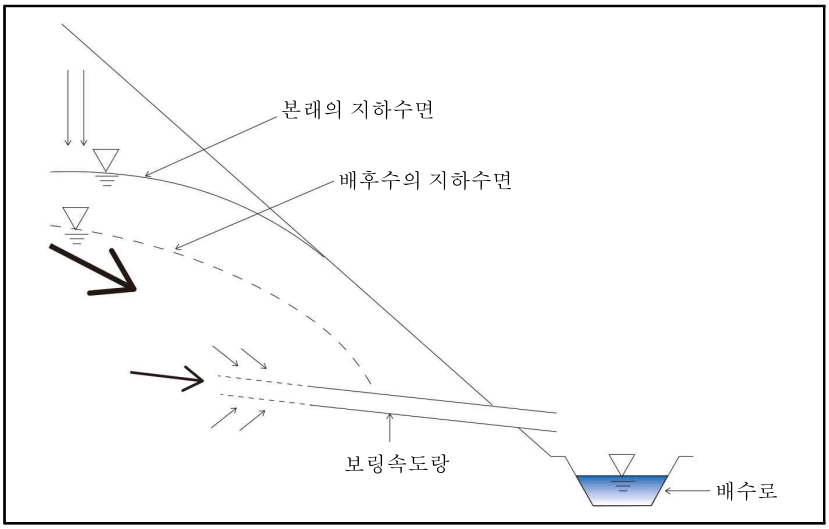
□ 시공요령

○ 보링공(孔)은 경질 염화비닐관 또는 가스관을 삽입하여 보호하며 보공관(保孔管)의 집수구관에 해당하는 부분은 여과가 될 수 있도록 가공해야 한다.

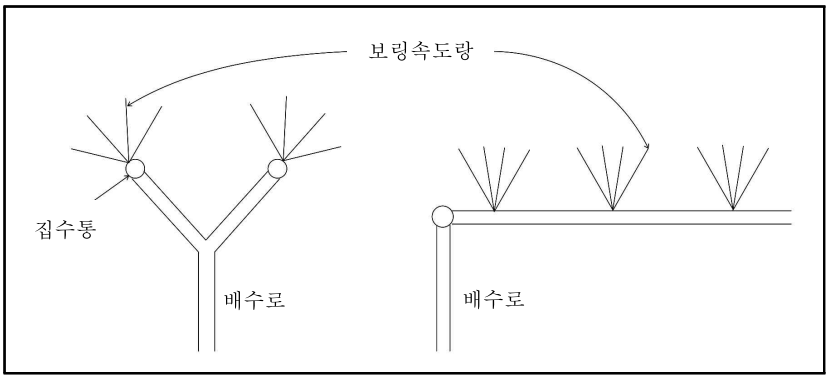
○ 보링속도랑의 공구(孔口)는 주위의 토사가 붕괴되지 않도록 조치해야 하며, 유출부는 배수관 지하수가 지중에 재침투되지 않도록 수로에 연결시켜야 한다.

○ 굴진 기울기는 원칙적으로 앙각 5° 이상으로 하며 지하수대를 관통하여 집수구간이 가급적 길게 되도록 계획하여야 한다. 높은 수압을 가진 지하수일 경우에는 굴진 기울기를 부각으로 천공할 수도 있다.

□ 개념도



보링속도랑내기 개념도



보링속도랑내기 단면도

다. 터널속도랑내기(tunnel closed conduit drain works)

□ 개요

땅밀림을 방지하기 위한 것으로, 집수정(集水井) 공사로는 배제되지 않는 심층의 지하수를 배제하기 위하여 시공하는 공작물이다. 사용재료로 라이너 플레이트(liner plate), 코루게이트 파이프(corrugate pipe), 나무틀 등이 있다.

□ 시공장소

○ 땅밀림의 규모가 대단히 크고 지하수가 많아서 보링속도랑내기 또는 집수정만으로는 지하수 배제가 불충분한 지역

□ 설계요령

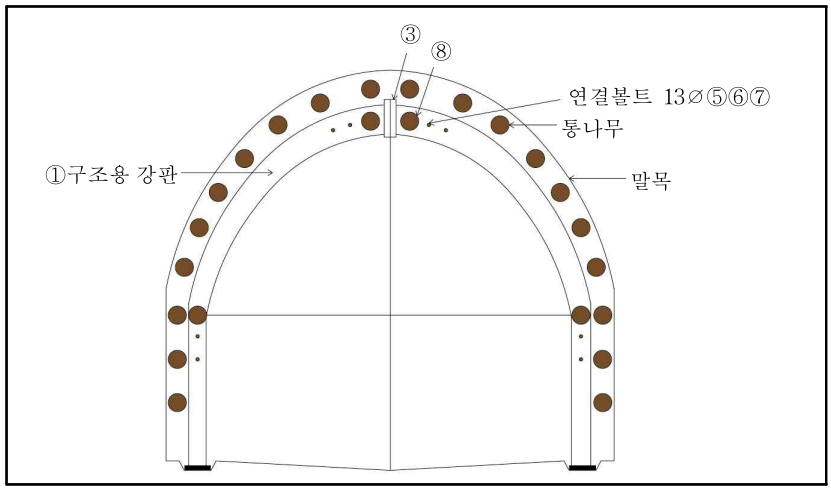
○ 자연배수가 가능하도록 터널의 기울기는 1 ~ 2%로 한다.

□ 시공요령

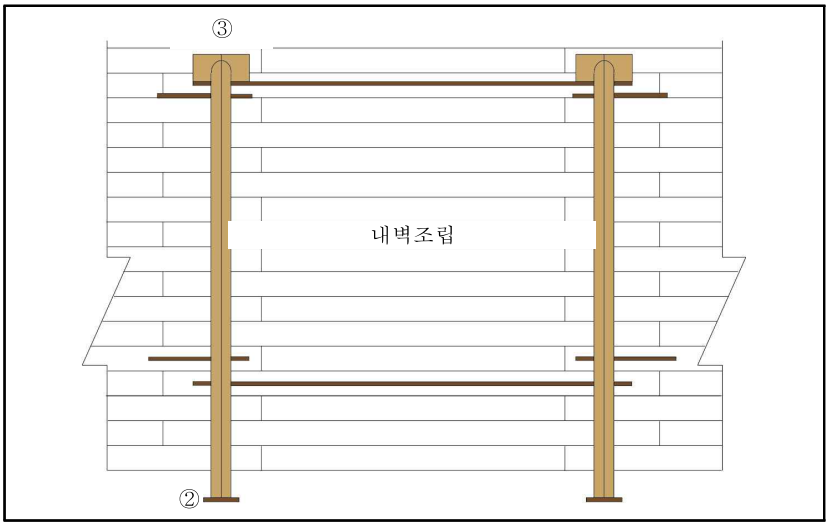
○ 지하수를 가장 효과적으로 집배수할 수 있는 안전지반에 설치한다.

○ 위험지구(땅밀림지구) 외부에서 위험지구로 향하여 굴착하여 하부에 수로를 만들고 내부는 자갈로 메우기도 한다.

□ 개념도



터널속도랑 정면도



터널속도랑 측면도

터널속도랑내기(1틀) 1개소당 재료표

명칭	치수	수량	단위	비고
① 구조용 강관	8.91×3.5	36.60kg	2개	
② 풋 플레이트	PL9×150×150	3.18kg	2매	
③ 크라운 플레이트	PL9×150×220	4.66kg	1매	
④ 볼트·너트	19Φ×50		2세트	
⑤ 타이 롯드	13Φ×1400	6.64kg	4개	
⑥ 육각너트			8개	
⑦ 평 좌 금			8매	
⑧ 내 벽	말구직경 70~90 L=1110	0.028㎥	4개	
⑨ 통 나 무	말구직경 70~90 L=1500	0.202㎥	21개	

□ 시공사진



터널속도랑내기

라. 집수정공사(集水井工事; water collecting well works)

□ 개요

땅밀림 및 산사태 억제를 위한 지하수 배제공법으로서, 보링속도랑내기 공사로는 배제되지 않는 비교적 깊은 층의 지하수를 배제하기 위해 시공하며, 재료로는 라이너 플레이트(liner plate)와 콘크리트틀이 있다.

□ 시공장소

○ 지하수맥이 분포하고 있는 집수가 용이한 지역(凹지형)

□ 설계요령

○ 집수정의 크기는 벽면으로부터의 용출수(湧出水)만을 모을 경우에는 집수할 수 있는 최소직경으로 하고, 집수정 내에 보링 집수할 경우에는 가능한 한 크게 한다. 일반적으로 집수정의 지름은 3 ~ 3.5m를 표준으로 한다.

○ 집수정의 깊이는 활면(滑面)의 밑 부위까지 도달하는 것을 원칙으로 한다.

○ 배수방법은 양수(揚水) 또는 자연배수방법으로 한다.

○ 주위의 지하수를 집수정 내로 유도하기 위하여 집수보링을 하며 집수보링은 지하수의 압력수두를 계획수두까지 낮출 수 있도록 시공깊이, 시공각도, 시공 개소수와 연장을 결정한다. 집수보링의 방향, 길이, 개소수, 구조 및 기울기 등 설계에 관한 사항은 보링속도랑내기 공사에 준한다.

○ 물빼기구멍은 원칙적으로 자연유하가 가능한 기울기로서 연장이 가장 짧은 방향으로 설계한다. 일반적으로 물빼기구멍의 기울기는 3 ~ 5° 정도의 내림기울기로 하며 지름은 100㎜, 길이는 70 ~ 80m 정도로 한다.

□ 시공요령

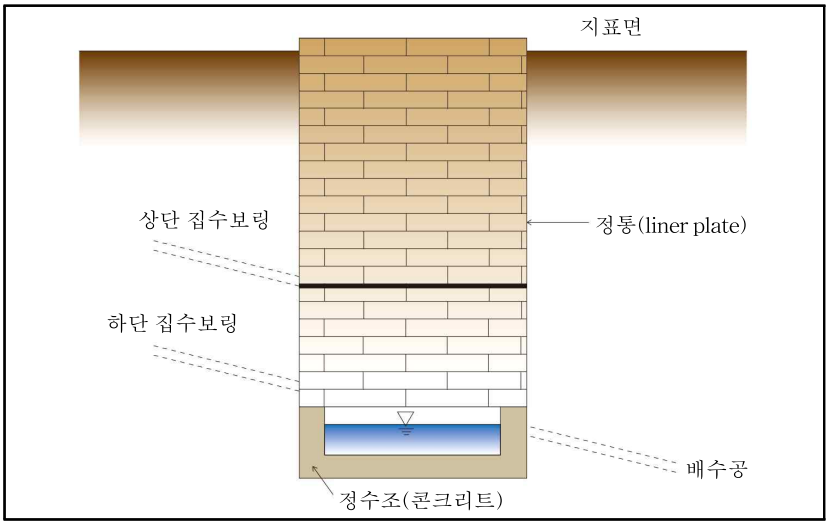
○ 집수지구 도수로(導水路)는 집수정보다 먼저 시공한다.

○ 지하수가 광범위하게 분포하는 지역은 집수정을 2개 이상 설치하여야 하며, 집수정의 간격은 목적으로 하는 지하수를 가장 효과적으로 배제시킬 수 있도록 결정할 필요가 있지만, 최대간격은 주로 배수보링의 시공성에 의해 제한되므로 일반적으로 70 ~ 80m 정도로 한다.

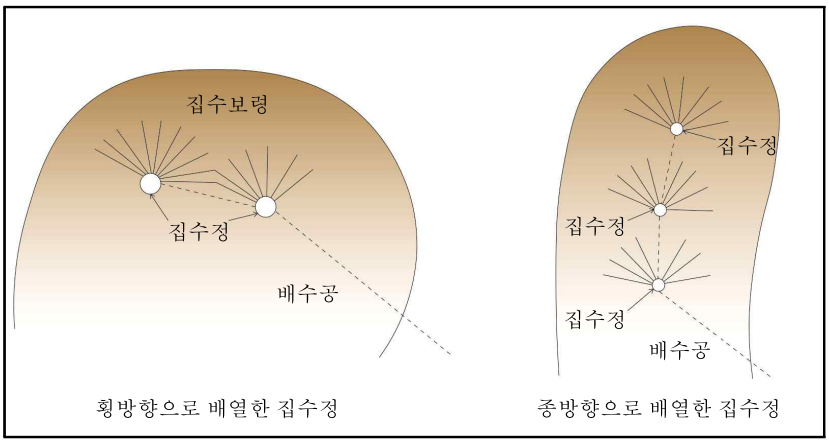
○ 집수정의 정벽(井壁)에 사용되는 재료는 일반적으로 시공이 용이한 라이너 플레이트(시공길이 50㎝)가 많이 쓰이며, 비교적 균질인 지반에서 정통(井筒)의 침하가 우려되는 지역, 다량의 지하수로 보링이 발생되기 쉬운 사질지반이거나 히빙(heaving)이 일어나기 쉬운 연점토질지반의 경우에는 콘크리트 틀이 적당하다.

○ 집수정의 구조는 토질, 시공성 등을 고려하여 안전한 구조로 해야 하며, 기초부는 수밀성의 정수조(靜水槽) 구조로 시공하여야 한다.

□ 개념도



집수정공사 단면도



집수정의 배열

□ 시공사진



집수정공사

마. 지하수차단공사 (地下水遮斷工事; underground water interception works)

□ 개요

땅밀림을 방지하기 위해 땅밀림 발생지 내에 유입하는 지하수를 차단하거나 배제하는 공법으로, 속도랑내기공사와 지중벽공사가 있다.

□ 시공장소

○ 지하수를 가장 효과적으로 차단할 수 있는 지역

□ 설계요령

○ 배수는 자연배수가 이루어질 수 있도록 기울기를 결정한다.

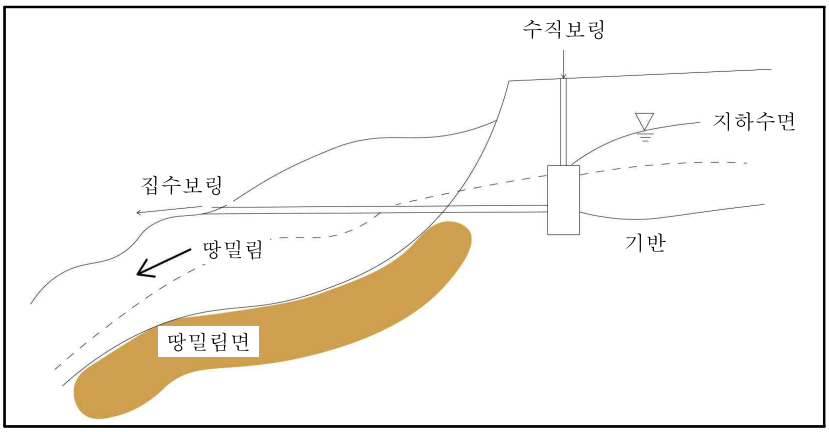
□ 시공요령

○ 땅밀림발생지 밖으로부터 땅밀림 발생지 안으로 유입하는 외부의 지하수를 유입경로에서 횡단적으로 차단하여 속도랑으로서 지표로 유도·배수시킨다.

○ 속도랑내기에 의한 차단공사는 지표면에 가까운 비교적 얕은층의 지하수를 대상으로 시공한다.

○ 지하수가 비교적 깊어서 속도랑내기 공사로 지하수 배제가 어려운 지역에서는 지중에 차수벽(遮水壁)을 설치하여 지하수를 차단하는데, 땅속흙막이(埋設土留工), 시트파일공법(矢板工, sheet pile works), 주입공법 등이 있다.

□ 개념도



지하수차단공사 개념도

2-3-3. 토압처리공사

가. 배토공사(排土工事; unstable soil removal works)

□ 개요

땅밀림을 방지하기 위해 땅밀림이 발생하는 비탈머리 부위의 토괴를 제거하는 공법이다.

□ 시공장소

○ 땅밀림의 규모가 비교적 작고, 상부가 평탄하거나 완경사인 지역

□ 설계요령

○ 땅깎기(배토) 후 깎기비탈은 장대한 단일비탈면이 되지 않도록 적당한 간격으로 소단을 설치해 하며, 소단 간의 비탈경사각은 비탈면 붕괴가 발생되지 않도록 결정한다.

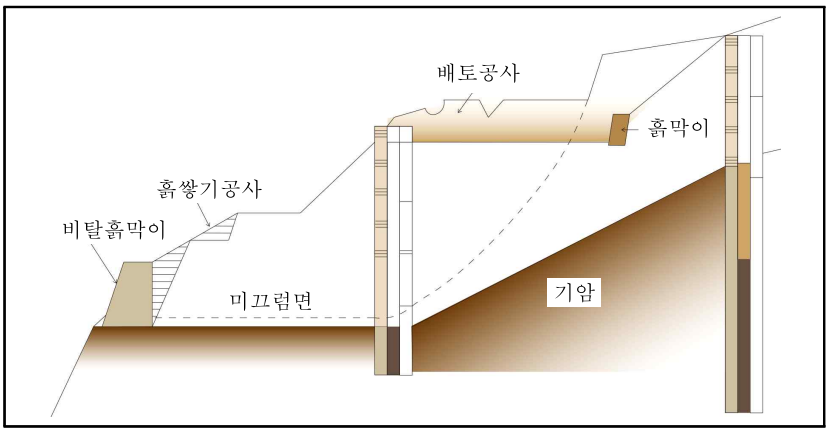
○ 비탈면의 기울기와 소단의 설치간격은 일반적으로 연암지역은 기울기 1:0.5 ~ 1:1.2, 소단사이 수직높이 7m 이내로 하며, 토사지역은 기울기 1:1.0 ~ 1:1.5, 소단사이 수직높이 5m 이내를 기준으로 한다.

□ 시공요령

○ 배토 후의 깎기비탈면은 녹화공사를 실시하며, 필요에 따라서 흙막이공사, 수로공사 등을 보완적으로 실시한다.

○ 절취한 흙은 땅밀림 구역 밖으로 이동시켜야 하며, 절취한 토사가 붕괴 또는 유실되지 않도록 조치하여야 한다.

□ 개념도



배토공사 개념도

□ 시공사진



배토처리공사 시공

나. 누름흙쌓기공사(押盛土工事; earth buttress loaded berm works)

□ 개요

땅밀림을 방지하기 위하여 땅밀림 비탈의 말단부에 흙쌓기를 하여 땅밀림 추력(推力)을 경감함을 목적으로 시공한다.

□ 시공장소

○ 땅밀림의 규모가 비교적 작고, 상부가 평탄하거나 완경사인 지역

□ 설계요령

○ 흙쌓기 위치 및 두께를 결정할 때에는 땅밀림 추력을 가장 효과적으로 줄이고, 흙쌓기 공사로 인해 흙쌓기 하부의 비탈에 땅밀림이 발생하지 않도록 한다.

○ 흙쌓기 기울기는 1:1.8 ~ 2.0을 표준으로 하고, 원칙적으로 흙쌓기의 수직높이 5m 마다 너비 1 ~ 2m의 소단을 설치해야 한다.

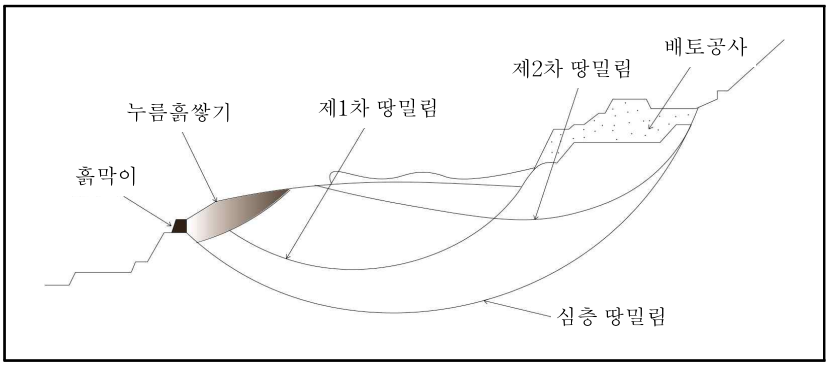
□ 시공요령

○ 땅밀림 말단부에 흙막이공사를 시공한 후 이것을 기초로 하여 배토공사로부터 생산된 토사를 이용하여 흙쌓기 공사를 한다.

○ 흙쌓기 비탈면에는 나무를 심어 녹화공사를 한다.

○ 배토공사 및 누름흙쌓기 공사는 산사태(땅밀림) 위험성이 연속적인 지역에서는 새로운 산사태를 유발할 우려가 있으므로 시공에 주의를 요한다.

□ 개념도



누름흙쌓기공사 개념도

다. 축대벽(옹벽, 擁壁; retaining wall works)

□ 개요

땅밀림지역이나 붕괴우려지역에 토압 지반을 고정하여 붕괴를 방지하기 위해 시공하는 공작물이다. 사용재료에 따라 돌, 콘크리트, 콘크리트블록, 지오웨브, 돌망태 축대벽 등이 있다.

□ 시공장소

○ 붕괴위험지 하부 등 토압이 커서 다른 공작물로서는 안정을 기대할 수 없는 지역

□ 설계요령

○ 축대벽은 전도(轉倒)와 미끄러짐에 안전하고 기초지반에 작용하는 최대압력이 지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

○ 중력식 축대벽은 축대벽 자체의 자중이 크므로 기초지반이 비교적 단단한 경우에 시공하며, 벽체의 자중에 의해 전도에 견딜 수 있도록 설계한다.

○ 반중력식 축대벽은 중력식 축대벽의 콘크리트 사용량을 적게 하기 위하여 철근을 사용한다.

○ L형, 도립T형 축대벽은 축대벽의 자중과 뒷채움 흙에 의해서 전도에 견디며, 밑바닥 반력(低面反力)을 적게 하려는 경우 골재가 비싸서 콘크리트량을 감소시킬 필요가 있는 경우에 시공한다.

○ 부벽식 축대벽(buttress retaining wall)은 토압을 받지 않는 벽쪽에 지지벽을 설치하는 앞부

벽식 축대벽과 토압을 받는 벽쪽에 버팀벽을 설치하는 뒷부벽식 축대벽이 있다.

□ 시공요령

① 콘크리트축대벽

- ○ 기초지반이 연약하여 부등침하가 예상되는 경우에는 말뚝기초나 콘크리트기초 등의 방법으로 보강해야 한다.
- ○ 축대벽의 높이는 토심에 따라 다르나 보통 4m 이하로 하고, 산비탈면에 시공할 경우에는 2m 내외로 시공한다.
- ○ 콘크리트치기를 한 후 충분히 다져서 콘크리트가 철근의 주위와 거푸집의 구석구석까지 들어가도록 하여야 한다.
- ○ 축대벽 공사에는 신축이음을 두어야 한다. 축대벽의 표면에는 연직방향으로 신축이음을 두어야 하고, 그 간격은 9m 이하로 하며, 이곳에는 철근이 그대로 연결되어야 한다.
- ○ 물빼기구멍은 PVC관으로 크기는 안지름 5-10㎝ 정도로 하고, 수평방향으로는 2-3m 이하의 간격, 연직방향으로는 1.5m 이하의 간격으로 설치하되, 최하단의 물빼기구멍은 기초지표면에서 약 30㎝ 위에 설치하여야 한다.
- ○ 축대벽 뒷채움용 돌은 조약돌 또는 잡석으로 채우도록 하여 배수가 잘 되도록 한다.
- ○ 콘크리트치기를 한 후, 직사일광, 건조, 비바람 등을 피하고, 콘크리트의 수화작용을 돕기 위하여 콘크리트의 노출면에는 거적 또는 이와 유사한 것으로 덮고 양생하여야 한다.
- ○ 되메우기는 축대벽의 몸체가 완전히 양생된 후 시행해야 하며, 뒷채움 흙은 배수가 양호한 토양으로 충분히 다짐을 실시하여 침하를 방지해야 한다.
- ○ 돌축대벽과 콘크리트축대벽의 기타 시공방법은 각각 돌기슭막이 및 콘크리트기슭막이 시공기준에 준한다.

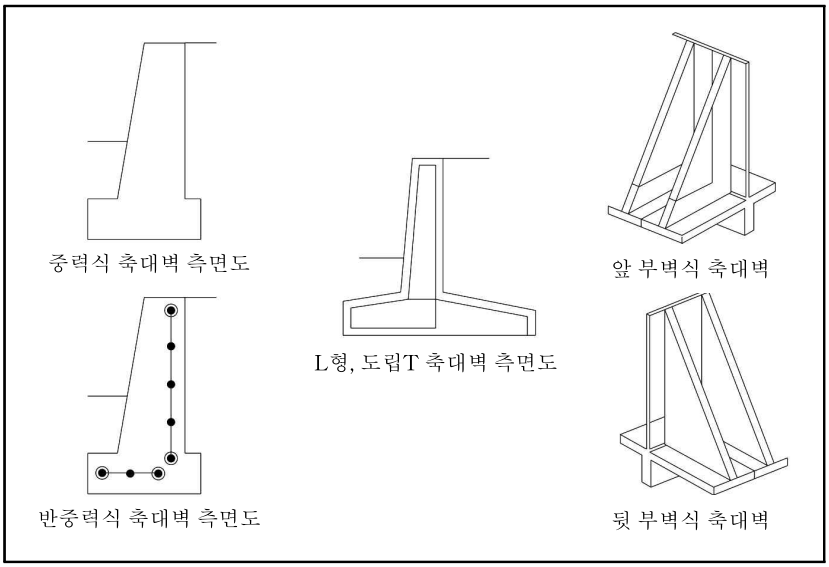
② 지오웨브축대벽

- ○ 지오웨브(geoweb)축대벽은 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 띠로 제작하고 일정한 간격으로 초음파 용접하여 벌집모양의 구조체를 형성함으로써 3차원적인 토양억제 시스템을 구성하는 공법이다.
- ○ 초경량으로서 시공성이 탁월하고 경제적이지만, 땅깎기비탈면에서는 높이는 6m 이하, 기울기는 45° 이하의 지역에 시공해야 한다.

③ 돌망태축대벽

- ○ 돌망태축대벽은 아연도금 철선을 꼬아서 6각형 망형태로 만들고 일정 규격의 상자형이 되게 하여 그 속에 조약돌 또는 깬돌 등을 채우고 다져서 용도에 맞게 조립한 구축물이다.
- ○ 조약돌이 풍부한 지역에서는 경제적이며 시공이 간편하지만, 시공높이가 6m 이상 되면 시공능률이 저하된다.
- ○ 축대벽의 설치로 말미암아 새로운 산사태를 유발할 우려가 있으므로 시공시 주의를 요한다.

□ 개념도



축대벽의 종류

□ 시공사진




도립T형 축대벽(좌 : 시공중, 우 : 시공후)




콘크리트블록축대벽 돌축대벽




부벽식 콘크리트축대벽 돌망태축대벽

라. 말뚝박기(杭打工事; pile driving, piling works)

□ 개요

땅밀림을 억지하기 위하여 땅밀림 비탈에 부동층까지 말뚝을 박아 땅밀림 추력(推力, thrust)을 저하시키는 것을 목적으로 계획·시공한다. 항타기(杭打機)에 의해서 말뚝을 때려 박는 방법과 대구경 보링머신에 의해서 천공하고 말뚝(강관말뚝, 철근콘크리트말뚝, H형강 말뚝, 나무말뚝 등)을 삽입하는 방

법이 있다.

□ 시공장소

○ 땅밀림 비탈면으로서 하부 지반이 단단하며, 미끄럼면이 수평에 가까운 부분

□ 설계요령

○ 말뚝의 규격과 간격은 안정조건 및 시공성을 검토하여 결정한다. 말뚝의 배열은 대체적으로 땅밀림 이동방향에 직각(수평면에 직각)이 되게 하며, 일정한 간격(일반적으로 1.5-4.0m 간격)으로 설치해야 한다.

○ 땅밀림의 형태, 지질 및 말뚝의 타설 위치에 따라 전단저항 말뚝으로 생각할 수가 있는 경우에는 말뚝의 밑넣기 깊이는 기초지반의 강도에 따라 말뚝길이의 1/3 ~ 1/4로 한다.

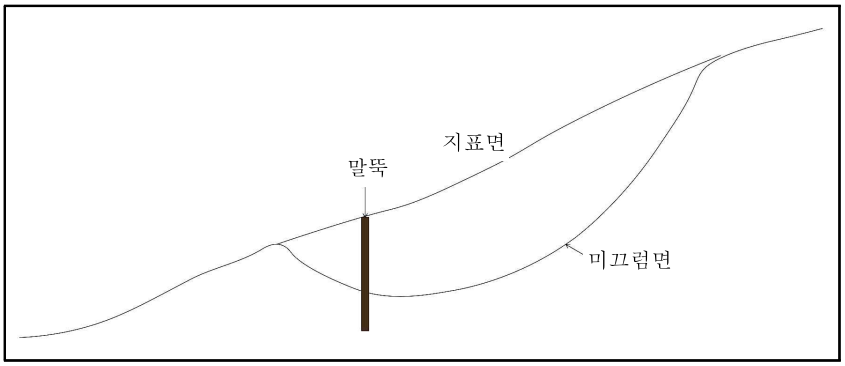
○ 비탈말뚝박기 공법의 안정조건은 땅밀림 단면에 작용하는 전단력과 땅밀림 추력에 의한 휨 모멘트에 의해 말뚝이 파괴되지 않아야 한다.

□ 시공요령

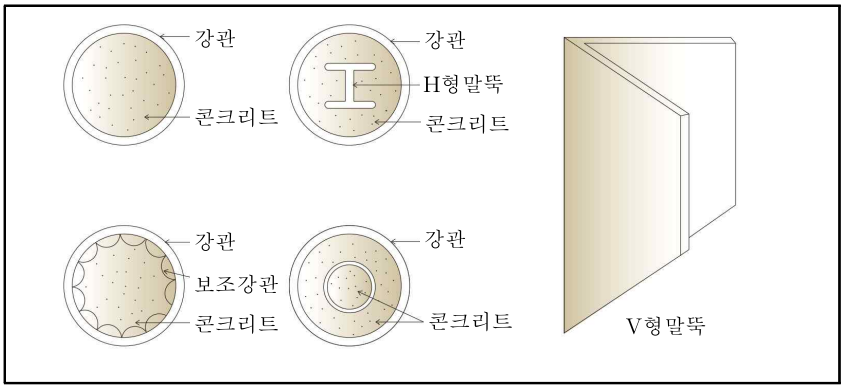
○ 말뚝 아래쪽 비탈과 말뚝 주변토층이 안정되어야 하며, 말뚝의 밑끝 부분은 말뚝의 뽑힘 및 지반의 파괴 등에 대해 안전하도록 충분한 깊이를 가져야 한다. 또한 말뚝의 내부 및 말뚝의 공벽과의 공간은 원칙적으로 콘크리트 또는 시멘트모르타르 등으로 충전하여 보강해야 한다.

○ 강성을 높이기 위하여 말뚝의 머리부위를 철근 콘크리트나 H형강 등으로 연결하는 머리부 연결구조로 하거나 말뚝머리부에 앵커타이를 장치하여 활동력에 대한 내력을 증가시켜서 미끄럼방지 말뚝과 앵커공법을 병용하기도 한다.

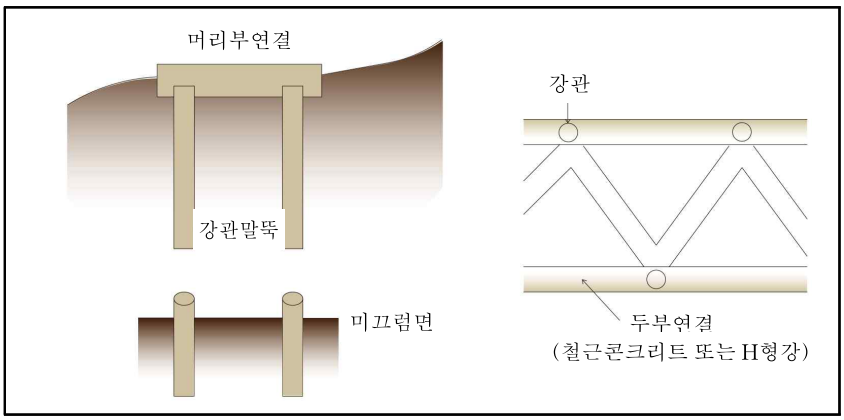
□ 개념도



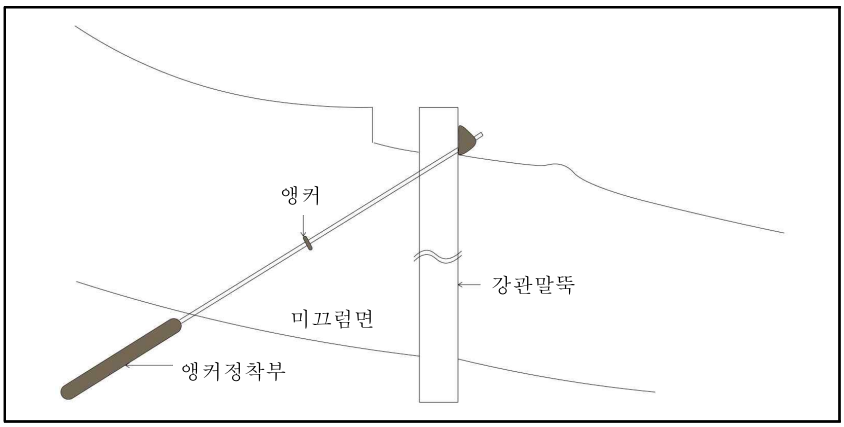
말뚝박기 개념도



말뚝의 종류



머리부 연결구조



앵커공사와 병용공법

□ 시공사진




H형강을 이용한 말뚝박기(좌 : 시공 중, 우 : 시공 후)

마. 샤프트공법(深礎工事; shaft works)

□ 개요

작업여건에 따라 말뚝박기기계(항타기)를 사용할 수 없거나 구경이 큰 보링으로 인해 땅속으로 물이 스며들어 땅밀림을 일으킬 우려가 있는 경우 및 일반 말뚝박기공법으로는 목표가 확보되지 않는 경우에 땅밀림을 억제하기 위하여 땅밀림면에 구경(口徑)이 큰 말뚝을 설치하여 땅밀림 추력(推力, thrust)에 저항할 수 있도록 함을 목적으로 계획·시공한다.

샤프트공법의 종별은 원칙적으로 라이너 플레이트로 하며, 땅밀림 상황에 따라서 철근콘크리트 블록을 선정하기도 한다.

□ 시공장소

○ 다른 억제공법 또는 억지공법으로는 처리할 수 없는 규모가 큰 땅 밀림 지역

□ 설계요령

○ 샤프트말뚝의 단면 및 간격은 안정조건 및 시공성을 검토하여 결정해야 하며, 말뚝의 배열은 땅밀림 이동방향에 대해 대개 수직이 되도록 등간격으로 설치한다.

샤프트공 1기(길이 60m) 당 수량표

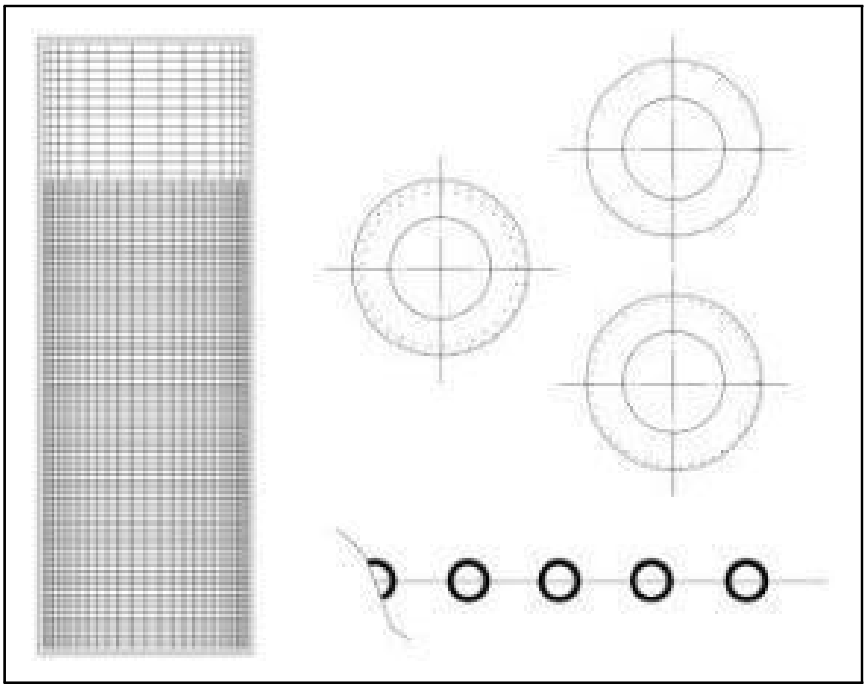
명 칭	형 상	수 량	단위	비 고
스틸 세그먼트 (steel segment)	4,500㎜×750㎜	60.0	㎥	직경 4.5m
이입 그라우트	모르타르 1 : 3	43.8	㎥	
철근조립 철근조립	D-51 D-22	110.836 21.964	ton ton	
네지(나사)	D-51 용속수	672.0	조	
본체 콘크리트	240 - 8 - 25	953.8	㎥	
강제 형틀		847.8	㎡	4.5×3.14×60
연암(Ⅰ) 굴삭 연암(Ⅱ) 굴삭		40.0 8.5	m m	
중경암 굴삭		11.5	m	
운반 절토(연암1) 운반 절토(연암2) 운반 절토(중경암)		693.6 147.4 199.4	㎥ ㎥ ㎥	

□ 시공요령

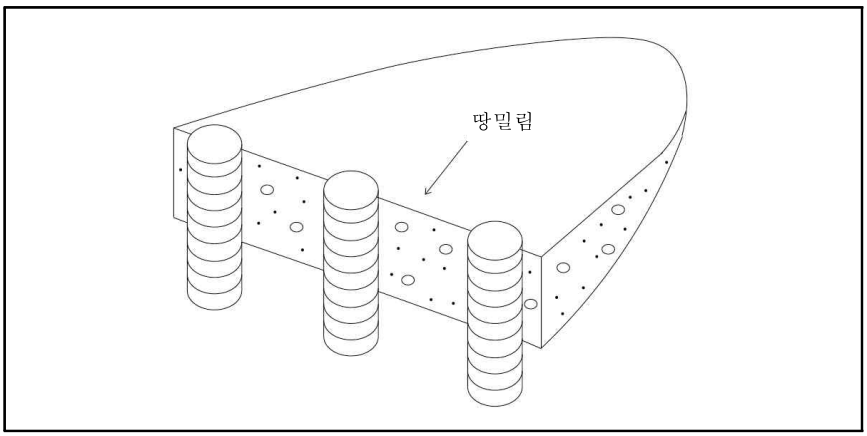
○ 시공법은 집수정공법과 유사하다. 원형으로 굴착하고 라이너 플레이트(liner plate) 등으로 공벽을 막으면서 파내려 가며, 굴착 후에 철근콘크리트를 충전하여 샤프트 말뚝(大口徑杭, shaft pile)을 축설한다. 경우에 따라서는 공 안으로부터 집수보링 및 배수보링을 시공하여 집수정으로서의 기능을 병용하기도 한다.

○ 샤프트말뚝의 내부는 철근콘크리트 또는 철골콘크리트를 타설하여 외력에 대해서 샤프트말뚝의 모든 단면이 유효하게 작용할 수 있도록 하여야 한다.

□ 개념도



샤프트공법의 구조도(좌), 평면도(우)



샤프트공법 개념도

2-3-4. 암괴처리공사

가. 폭파공사

□ 개요

비탈면 상에 뜬돌(浮石)이나 전락(轉落)할 우려가 있을 때 미리 폭파하여 제거하는 공법이다.

□ 시공장소

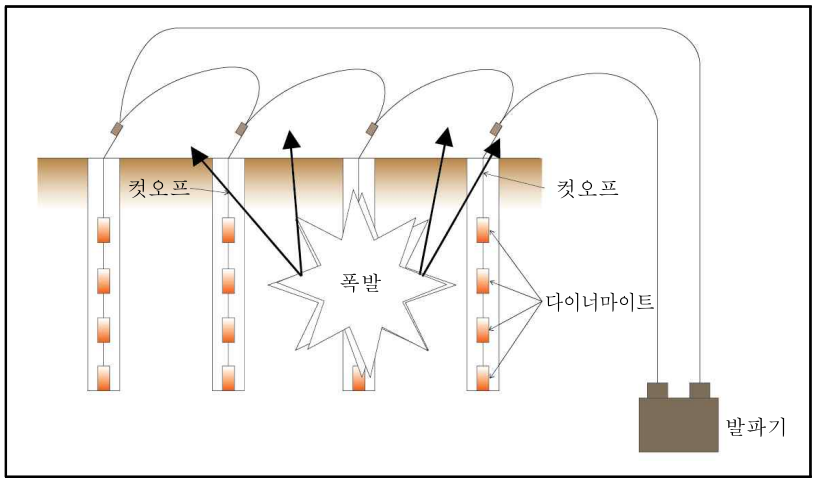
○ 비탈면 상에 돌출부위가 있거나 낙석의 우려가 있는 비탈면으로서, 폭파로 인한 피해가 적은 지역

□ 시공요령

○ 인근의 주택가나 공공시설 등에 폭파로 인한 피해 우려가 있는 지역은 피하거나 폭파 전에 비석(飛石)에 대한 방호책 또는 보호망을 설치한 후 시공한다.

○ 자격을 가진 화약취급업자가 관계법규에 따라 작업하도록 한다.

□ 개념도



프리스플리팅(presplitting) 발파법 개념도

나. 팽창성 파쇄공사

□ 개요

제거하고자 하는 암괴에 천공을 한 후 팽창제를 주입하여 파쇄함으로써 제거하는 공법이다.

□ 시공장소

○ 폭파공사를 실시할 경우 피해가 우려되는 암반비탈면

□ 시공요령

팽창제의 종류별 표준공경(孔徑) 적용조건

종 류	적용표준공경	피파쇄체의 온도 (적용조건)
(S - Mite) S 형	Φ30㎜~Φ50㎜ (최적공경) Φ40㎜	10℃ 이하 동기용
(S - Mite) A 형		10~20℃ 춘기용
(S - Mite) B 형		20~35℃ 하기용
(S - Mite) V_1형	Φ50㎜ 이상 (최적공경) Φ65㎜	10℃ 이하
V_2형		10~18℃
V_3형		18~26℃
V_4형		26℃ 이상

다. 앵커박기(anchor works)

□ 개요

땅밀림의 기반암 속에 앵커체를 매입 설치하여 인장재(引張材)로서 지표에 설치한 수압부(受壓部)와 연결하고 그 인장력에 의해서 땅밀림을 방지하고자 계획·시공한다. 앵커공법은 앵커 몸체의 형성 방식에 따라 앵커 몸체를 지상에서 작성하여 기반에 매입하는 방식(mechanical anchor)과, 기반 내에 보링(boring)을 하고 시멘트 모르타르를 주입하여 앵커몸체를 형성하는 그라우트 방식(grout anchor)이 있는데, 자연비탈의 안정을 위해서는 일반적으로 그라우트식 앵커가 많이 쓰인다.

그라우트식 앵커는 시멘트풀 혹은 모르타르의 주입 등에 의해 땅속에 매입된 인장재의 선단부에 앵커 몸체가 고착되고, 여기에 인장재와 앵커 두부를 통해서 구조물과 역학적으로 연결되며, 앵커의 인장재에 가하는 힘은 앵커 몸체 전체를 통하여 땅속에 전달된다.

비탈면안정에 사용되는 앵커로는 락볼트(rock bolt)와 어스앵커(earth anchor)로 크게 나뉜다.

□ 시공장소

○ 땅밀림이나 암석붕괴가 예상되는 지역

□ 설계요령

○ 앵커의 간격 및 길이는 앵커로 고정되는 구조물의 주변을 포함한 전체적인 안정성을 확인해서 결정한다.

○ 천공의 위치, 천공지름, 길이, 방향은 주위의 지반을 흐트러뜨리는 일이 없도록 선정하여 실시한다.

□ 시공요령

○ 내부의 안정된 암반층에 천공한 후 앵커를 삽입하고 콘크리트를 주입하여 양생시키고 연결시킨다.

○ 앵커에 부식이 생길 우려가 있는 경우에는 적당한 부식방지 조치를 한다.

○ 콘크리트축대벽이나 콘크리트판공 등과 같이 다른 공법과 병용하여 안전성을 높이기도 한다.

○ 비탈면 상, 하부에 주택이 있어 절토공사, 축대벽 등을 시공할 수 없는 경우에 주로 시공한다.

① 락볼트공사

○ 락볼트(rock bolt) 공사는 낙석의 위험이 있는 절개지 암반을 천공한 후 그 속에 락볼트를 조립 타입(打込)하여 너트 조임으로 표면 부석(浮石)의 전석을 방지하는 공법으로, 쐐기부분이 암석에서 밀착 되도록 햄머를 하고 잡아당긴 후 암석 천공틈새에 시멘트를 주입시키고 너트를 조인다.

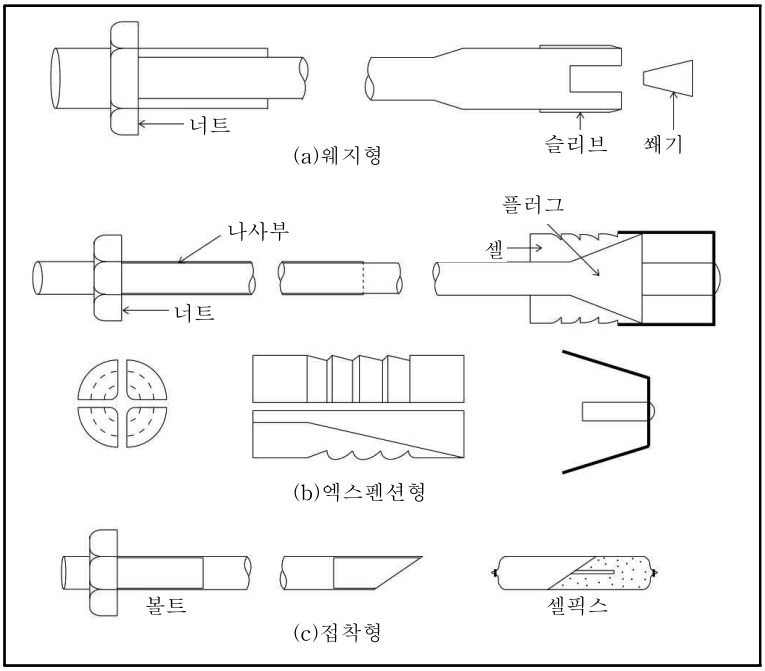
○ 락볼트의 길이는 삽입 간격의 2배 이상을 표준으로 하고, 간격은 최대 1.5m를 초과하지 않도

록 한다.

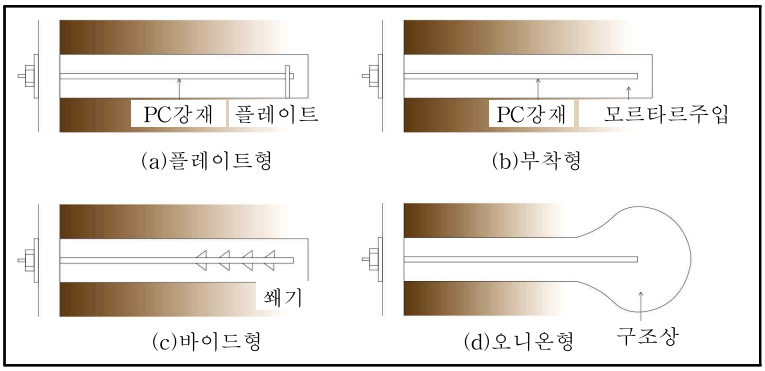
② 어스앵커공사

○ 어스앵커(earth anchor) 공사는 보링 구멍에 플레이트 부착 PC강봉을 삽입하거나 또는 PC강재를 삽입한 후 모르타르를 주입하거나 쐐기를 장치하여 인장력에 저항하는 공법으로, 보링공→강재 삽입→케이싱 인발→그라우트공사→긴장공사 순으로 시공한다.

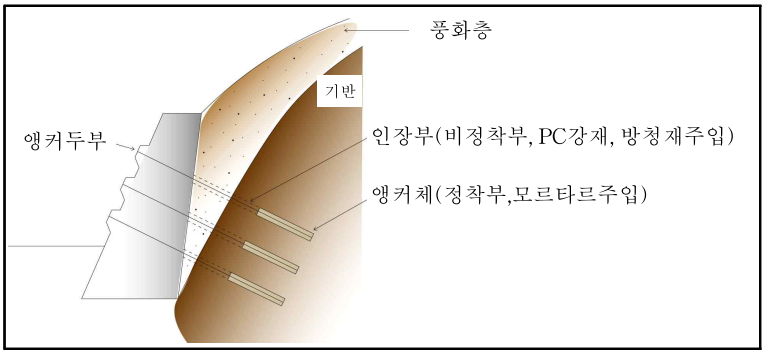
□ 개념도



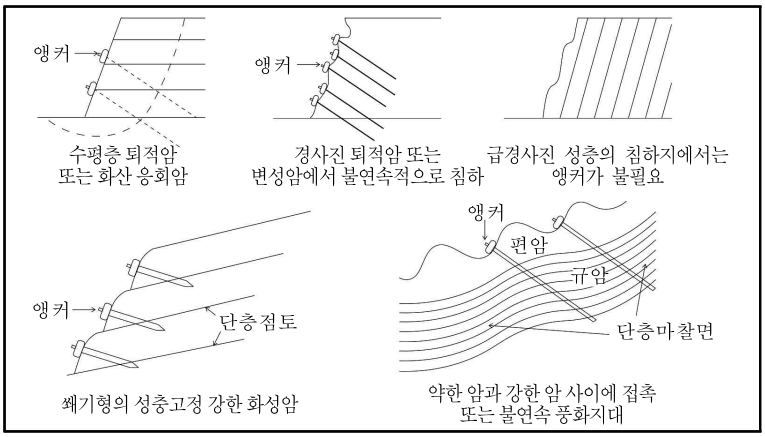
락볼트



어스앵커



앵커공법의 시공단면(축대벽의 보강공사)



암질별 앵커박기 시공방법

□ 시공사진



낙석저지책을 설치한 계단식 옹벽의 앵커박기

라. 낙석방지망덮기(落石防止網覆工, rockfall prevention netting works)

□ 개요

암석비탈면에서 큰돌(轉石)이나 암괴 등을 철사망·합성섬유제망·비닐제망 등으로 덮어 낙석이 되어도 비탈면과 낙석방지망 사이를 따라서 미끄러져 구르도록 하거나 또는 뜬돌(浮石)을 눌러주어 굴러내리지 않도록 계획·시공하는 암반안정공사・보호공사이다.

□ 시공장소

○ 낙석이 우려되는 절개비탈면

□ 설계요령

○ 망눈의 크기는 50㎜×50㎜ 정도로서 철사망은 1ton 정도의 돌을 대상으로 하고, 합성섬유망은 100㎏ 이내의 돌을 대상으로 한다.

○ 와이어로프의 간격은 가로와 세로 모두 4-5m로 한다.

낙석의 크기에 따른 시공조건

●철망

낙석 크기	낙차	기울기	망눈	철망 굵기	와이어 지름	앵커볼트	
						지름	길이
500㎏까지	20m	60°	50㎜	3.2㎜	12㎜	22㎜	80~120㎝
500~750㎏	20m	60°	50㎜	3.2㎜	14㎜	22㎜	80~120㎝
750~1,500㎏	20m	60°	50㎜	4.0㎜	16㎜	22㎜	80~120㎝

●합성섬유(폴리에틸렌·나일론·비닐론 등)

낙석 크기	낙차	기울기	망눈	실지름	로프 지름	앵커	
						지름	길이
60㎏까지	특별히 고려하지 않음	63°	37.5㎜	2.4㎜	8㎜	12㎜	50㎝
60~100㎏전후	15m	63°	30.0㎜	2.4㎜	12㎜	19㎜	50㎝

□ 시공요령

○ 비탈면의 뜬돌 등을 제거한 다음 낙석방지망덮기 공사를 시공한다.

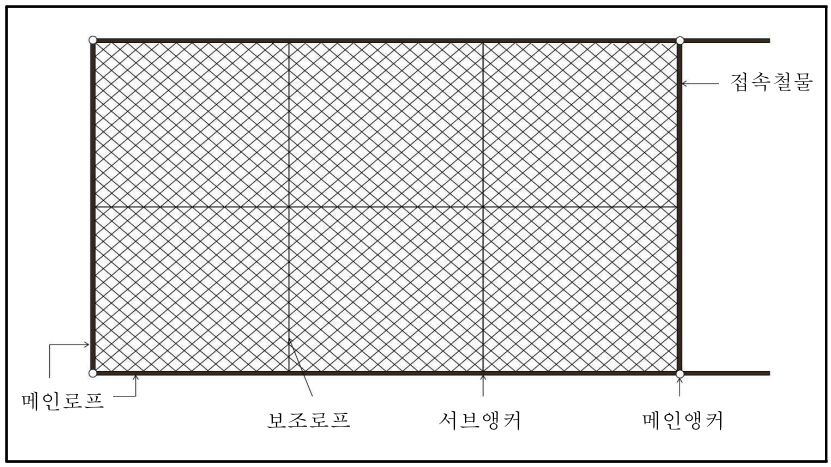
○ 철망덮기공사에서는 앵커를 박고 이것에 종방향 로프를 고정한다. 다음에 최상단 횡방향 로프를 같은 방법으로 앵커에 고정하고, 다시 이것을 종방향 로프에 철물을 사용하여 결합한다. 철망(폭 4-5m, 길이 3-5m)을 꿰매서 최상단 횡방향 로프까지 끌어올리고 이것에 결속선 등으로 고정한다. 다음에 중간부 이하의 횡방향 로프를 치고 앵커에 고정한 다음 종방향 로프와 결합한다.

○ 네트의 하단은 비탈면 끝에서 1m 정도 여유가 있도록 설치하고, 네트설치 공사는 비탈면 위쪽에서 아래쪽으로 내려오면서 시공한다.

○ 네트의 여분은 가급적 제거하며, 앵커는 지질, 토질에 따라 적합하도록 제작되기 때문에 유의하여 선정한다.

○ 비탈면에 망을 깐 후에 가로, 세로 양쪽 방향으로 굵고 튼튼한 와이어 로프(wire rope)로 망을 잡아끌어서 그 끝 부분을 앵커에 고정 시킨다.

☐ 개념도



낙석방지망공법 평면도

☐ 시공사진



암반비탈면 낙석방지망



앵커를 활용한 낙석방지망과 낙석방지책

마. 낙석저지책세우기(落石沮止柵工, rockfall prevention fencing works)

☐ 개요

낙석 발생원의 하부에 콘크리트흙막이 공사와 병용하여 강철재 낙석저지책을 세워서 낙석을 차단시키는 공법이다.

□ 시공장소

○ 낙석에 의한 파괴력이 비교적 작은 암석절개 비탈면

□ 설계요령

○ 지주의 간격은 2-3m 정도로 한다.

○ 와이어 로프는 지름 18㎜ 이상을 사용하되 철망의 망눈은 암괴의 지름보다 작아야 한다.

○ 철망의 재질은 KS D3552(철선)의 규격에 적합한 소선에 경질 염화비닐로 피복한 것이어야 한다.

□ 시공요령

○ 지주는 콘크리트흙막이나 축대벽(옹벽) 위에 설치한다.

○ 지주의 높이는 강재로서 1-2m가 많이 쓰이며, 상단부의 일정 길이가 도로 쪽으로 휘도록 제작하고 지주에 고정된 와이어로프·철망·강재 등으로 연결시킨다.

○ 낙석저지책의 상부로부터 낙석발생원까지의 간격이 급경사 비탈면으로 상당한 거리가 있고, 낙하물이 저지책을 넘어서 튀어나갈 위험이 있는 곳에서는 몇 개의 단으로 나누어 시공하여 간격을 좁히거나 튀어 넘지 못하도록 높게 시공해야 한다.

○ 낙석저지책 공작물의 낙석 충돌면에 폐타이어를 부착하여 낙하에너지를 분산 또는 감소시켜 받아 막도록 시공하기도 한다. 또한, 폐타이어 대신에 흙자루 등을 사용하는 샌드쿠션(sand cushion) 공법도 있다.

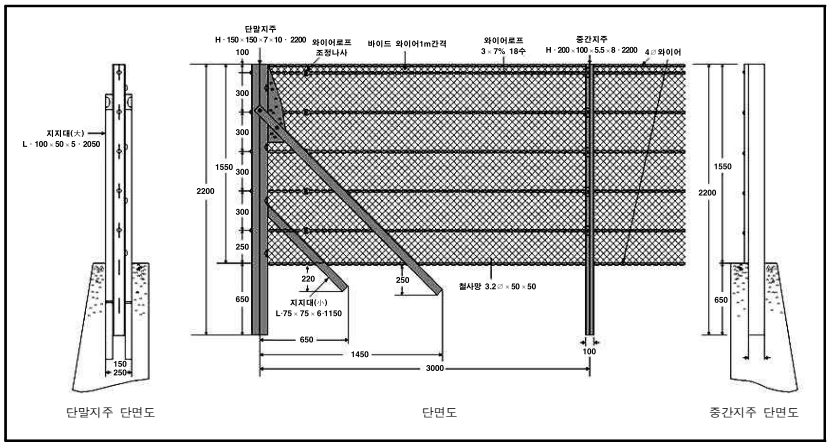
○ 울타리(柵)와 비탈면과의 사이에 폭 1m의 빈터가 필요하며, 중간지주는 I자망이나 H자망 등을 사용한다.

○ 토사를 수반하여 낙하가 예상되는 경우에는 아래쪽에 콘크리트 축대벽을 반드시 설치한 후 그 위에 저지책을 세운다.

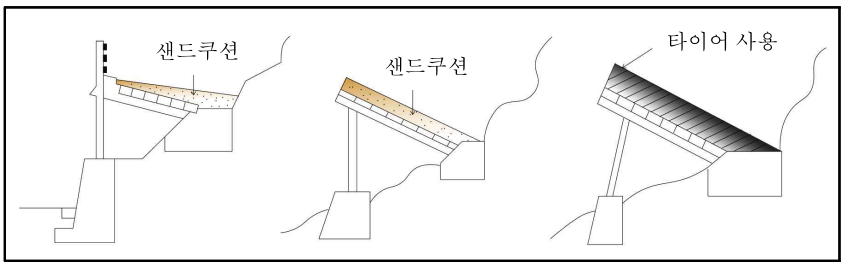
○ 산악지에서는 눈사태방지와 병용하는 경우도 있다.

○ 낙석에 의한 피해를 방지하기 위해 낙석방지망덮기와 낙석저지책세우기 이외에 보전대상지의 상부에 방호시설로서 전석정리공사, 비탈고정공사, 낙석저지공사 등과 같은 낙석방지공법(rockfall control works)이 있다.

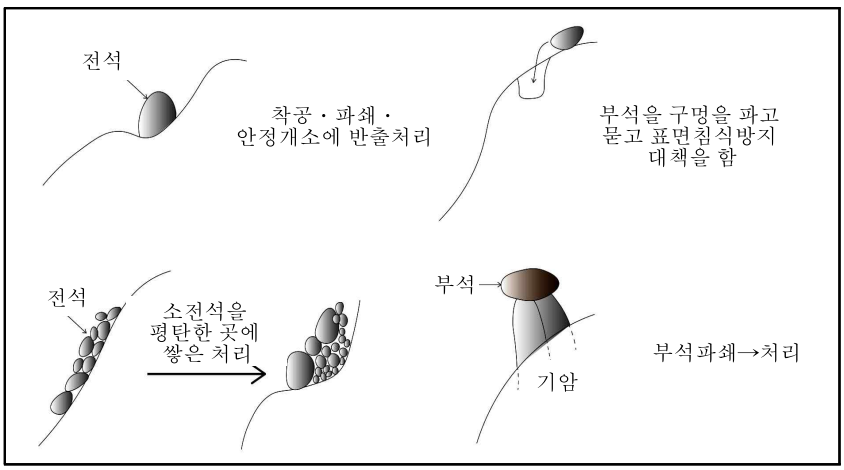
□ 개념도



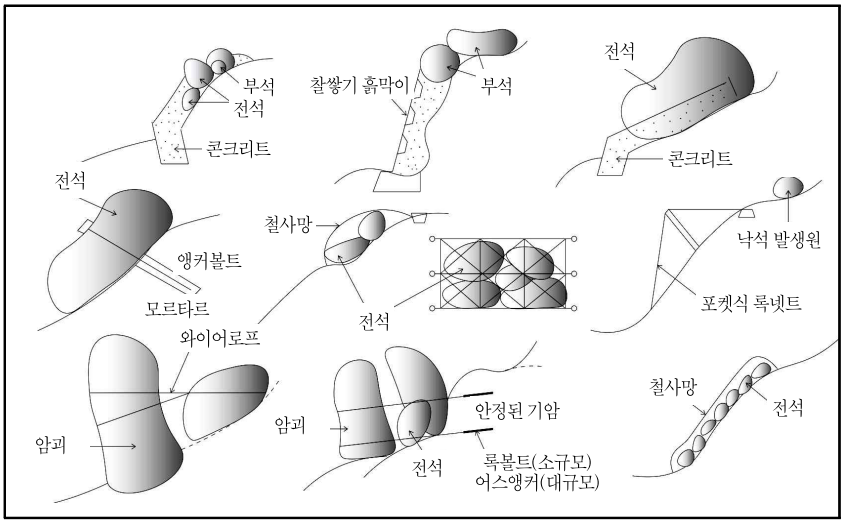
낙석저지책세우기 개념도



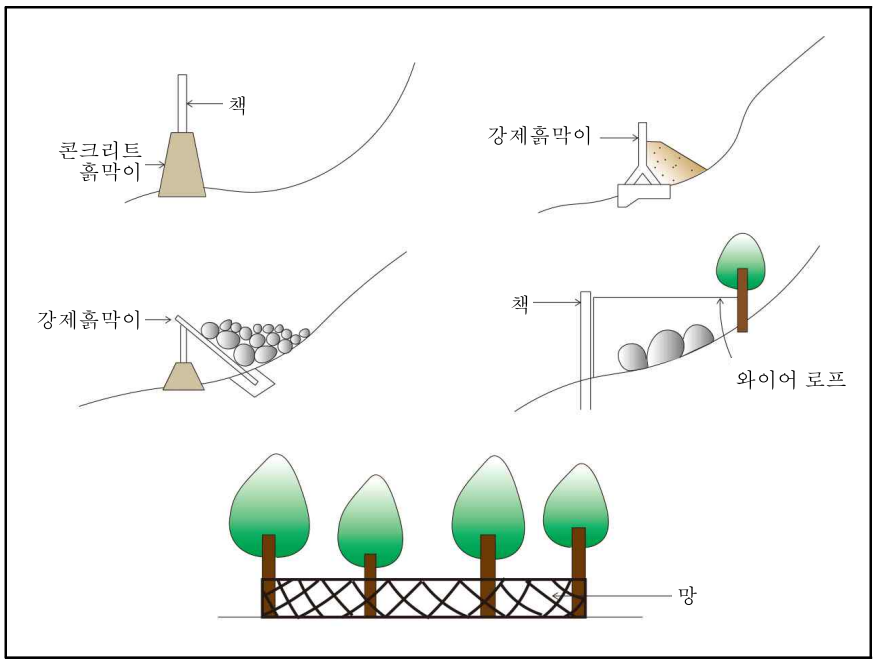
특수한 형태의 낙석저지책



전석정리공사의 유형



전석비탈고정공사의 유형



낙석저지공사의 유형

□ 시공사진



낙석저지책세우기



눈사태저지책공법

Ⅲ. 야계사방

1. 야계사방의 개요

야계사방(野溪砂防, torrent erosion control works)은 계류보전사업, 사방댐 설치사업, 수질관리시설로 구분된다.

1-1. 야계사방의 목적

1-1-1. 계류보전사업

산간이나 산록에 접한 계천으로 평상시에는 유량이 적거나 거의 없지만, 비가 많이 오면 계천이 범람하여 도로 및 농경지가 유실되는 등 피해가 심한 황폐성 계류(wild torrent)에 계상(溪床) 및 계안(溪岸) 공작물을 설치하여 계천의 종·횡침식을 방지하고, 산각(山脚)을 고정하여 계류의 안전유출을 확보함으로써 수재해를 방지할 목적으로 계천에 시공하는 사방공사이다. 야계사방은 산지사방에서의 계간사방공사와 연관되는 경우가 많다.

1-1-2. 사방댐

황폐한 계류(계곡 · 계천)에서 돌·자갈·토사·유목 등 각종 침식유송물질을 저류하고, 토석퇴적에 의해 계상기울기를 완화시키며, 산각의 고정과 산복붕괴를 방지하기 위하여 계천을 횡단하여 설치하는 시설물이다. 즉, 사방댐은 산사태·토석류 등을 저지하여 하류지역의 주택·농경지 등을 재해로부터 안전하게 보호하는 데에 중요한 시공목적이 있다. 따라서, 사방댐을 예방사방 공작물로 취급하기도 한다. 또한, 저사저수(貯砂貯水) 겸용의 다목적 댐(산불진화용 취수용수, 농업용수, 산촌상수원수 등의 공급원 등)으로 활용할 수 있도록 사방댐을 설치하는 경우도 있다.

최근에는 사방댐이 계류생태계를 단절시킨다는 문제점이 지적되고 있는데, 사방댐을 계획할 때에는 기능적 측면과 함께 생태적 영향과 주변경관 등을 고려하여 사방댐의 형식을 결정할 필요가 있다. 또한, 사방댐이 만사(滿砂)되는 경우 준설사업을 시행하고 있는데, 사방댐이 만사되는 것은 상류계류의 안정을 유지시킴으로써 사방댐의 주 기능을 다하고 있는 것이므로, 사방댐의 준설은 원칙적으로 사방댐의 설치목적에는 맞지 않는 것이다.

1-1-3. 수질관리시설 공사

수질관리시설(水質管理施設) 공사는 산간 소계류 주변의 산업시설, 휴양시설, 축사 등지에서 배출되는 오폐수가 수원저수지(水源貯水池)나 계류의 취수시설지(取水施設池)로 유입되는 것을 방지할 목적으로 시공한다. 따라서 계류의 상류에서 오탁수(汚濁水)를 정화하여 하류지역에 맑은 물을 유출·공급한다.

1-2. 야계사방의 분류체계

1-2-1. 계류보전사업

계류보전사업의 공종으로는 종공작물인 기슭막이와 수제 그리고 횡공작물인 바닥막이가 기본이 되며, 기타 공종으로 둑쌓기와 밑막이 등의 공종이 포함된다.

1-2-2. 사방댐

외력에 대한 댐체의 저항력을 기준으로 사방댐의 형식을 구분하면 직선중력댐(gravity dam), 아치댐(arch dam), 3차원응력해석댐(3-dimensional dam), 부벽댐(扶壁댐, buttress dam) 등으로 구분된다.

토석과 물을 투과시키는지의 여부에 따라서 사방댐을 구분하면 불투과형댐과 투과형댐으로 구분된다. 주 기능에 따라서는 치산댐(soil conservation dam), 토사조절댐(sediment control dam), 저사댐, 저사저수댐, 저수댐, 방재댐(erosion control dam) 등으로 구분된다.

본『개정 사방기술교본』에서는 형식과 기능을 종합하여 불투과형댐, 투과형댐, 복합형댐으로 구분하였다. 불투과형댐은 모든 토석을 유치시키는 것을 주 기능으로 하고 부분적으로는 물을 가두기도 하는 형식으로 중력댐과 아치댐을 포함한다. 투과형댐은 비교적 큰 석력과 유목의 유치를 주 기능으로 하고 작은 토석과 물을 통과시키는 형식으로 슬릿트댐(slit dam)과 스크린댐(screen dam) 등을 포함한다. 복합형댐은 제체의 하부는 불투과형으로 하고 그 상부 즉 방수로에 투과형댐 구조물을 설치하는 형식이며 유수의 조절, 토석의 유치, 유목의 방지 등 여러 가지 기능을 가지고 있다.

구축재료에 따라서는 돌댐(stone dam), 콘크리트댐(concrete dam), 철근콘크리트댐(reinforced concrete dam), 강제(鋼製)댐(steel dam), 돌망태댐(gabion dam), 블록댐(block dam), 통나무댐(timber dam), 흙댐(earth dam), 혼합쌓기댐(mixed masonry dam) 등이 있다. 돌댐은 콘크리트나 모르타르와 같은 교접제의 사용 여부에 따라 메쌓기댐(dry masonry dam)과 찰쌓기댐(wet masonry dam)으로 구분되며, 큰돌(轉石)로 축조하였을 경우에는 큰돌댐(구 전석댐)이라고 한다.

1-2-3. 수질관리시설 공사

상류수계에서 유입되는 오탁수(汚濁水)의 수질을 정화하기 위하여 설치하는 시설물로서 강제(鋼製)틀댐, 부벽식스크린댐(buttress screen dam), 슬릿트댐(slit dam) 등이 있다.

1-3. 일반적 시공요령

1-3-1. 계류보전사업

계류보전공사는 계상의 기울기와 만곡부를 완화하고 황폐계류의 종횡침식을 방지함을 목표로 시공한다. 또한 공사시행지의 자연환경과 생태성을 향상시킬 수 있는 자연친화적인 공법 등을 고려해야 한다.

- ○ 유역의 각종 상황(유역면적, 지형, 임상, 지피물, 계상구성물의 크기, 강우량, 지질, 투수성 등)을 조사하여 유량을 산정한 후 계폭(계상단면적)을 결정한다.
- ○ 상류부는 산지사방의 계간사방공사와 연결시켜 계통적인 시공이 되도록 한다.
- ○ 상류계곡에는 골막이 또는 사방댐을 설치하여 산각을 고정하고 토사유출을 막아 계간을 안정시

킨다.

- ○ 수로의 굴곡부는 최소반경이 수로 밑폭의 10배 이상이 되도록 하고 굴곡부 외측은 내측보다 기슭막이나 둑쌓기를 높게 시공한다.
- ○ 계류의 분류점과 합류점은 예각이 되도록 시공한다.
- ○ 굴곡부 외측 등 계안이나 제방을 보호해야 할 곳에는 기슭막이를 시공해야 한다.
- ○ 골막이, 바닥막이, 사방댐 등을 상호 연관성 있게 시공하여 계류의 안전기울기를 유지한다.
- ○ 계천바닥의 침식을 방지하고 기슭막이, 돌수로공사, 둑쌓기를 보호 · 유지하기 위한 바닥막이 길이는 수로의 폭보다 1.5 ~ 2.0m 더 길게 하여 둑 안으로 깊게 들어가도록 시공한다.
- ○ 계천바닥에는 여울을 조성하고 수생식물을 도입하여 수서생물들의 서식환경을 조성하고, 경관상으로도 아름답게 시공한다.

1-3-2. 사방댐

상류유역의 계간과 산각이 불안정하여 호우시마다 풍화토층의 침식붕괴와 산사태 등의 발생으로 토사·석력이 유하·퇴적함으로써 하류의 전·답·가옥·축사·기타 산업시설 등에 피해가 있거나 예상되는 황폐계류에 시공한다. 자세한 설계 및 시공요령은 3장 사방댐 표준시공요령 부분에서 기술되므로, 여기에서는 공통적인 일반시공요령만을 기술한다.

① 댐자리

- ○ 계상의 양안에 암반이 있는 곳
- ○ 상류부의 계폭이 넓고 경사가 완만하여 저사(貯砂) 효과가 큰 곳
- ○ 지류(支流)의 합류점 부근에서는 합류점의 하류지점
- ○ 임도 또는 작업로 등이 시설되어 중장비의 진출이 용이한 곳
- ○ 지역주민들이 요구하는 지역 및 토지소유자가 동의하는 곳
- ○ 산지계곡 경관이 훼손되지 않는 곳
- ○ 수생태계에 미치는 영향이 크지 않은 곳

② 댐의 종류와 형식

- ○ 댐의 종류 및 형식은 대상지의 입지환경조건과 댐의 기능을 고려하여 친환경적인 종류와 형식으로 결정한다.
- ○ 산사태·토석류 등과 함께 유목막이 시설이 필요한 곳에서는 부벽식댐이나 슬릿트댐 등 투과형 사방댐을 설치한다.
- ○ 비교적 짧은 기간내에 시공할 필요가 있거나 자재반입에 어려움이 있는 경우에는 강제틀댐이 유리할 때가 있다.
- ○ 사방댐은 계곡에 설치하는 장벽과 같은 시설이므로 계류의 자연환경 · 생태성에 미치는 영향을 고려하여 종류와 형식을 채택하여야 하며, 특히 이동성 어류가 서식하는 상수계천에서는 생태통로에 대해서도 검토해야 한다.

③ 댐의 방향

○ 댐의 방향은 상류의 유심선(퇴사된 후의 가정 유심선)에 직각방향으로 하지만, 부득이 곡선부에 설치하는 경우에는 홍수시 유심선의 접선에 직각방향으로 한다.

○ 댐자리에서 상·하류의 한쪽 계안이 유수의 충격에 의하여 침식을 받을 우려가 있는 때에는 댐 방향이나 방수로의 위치변경 또는 기슭막이 공사 등으로 보강한다.

④ 댐의 높이

○ 댐의 높이는 시공목적, 지반의 상황, 계획기울기, 시공지점의 상태 등을 고려하여 결정한다.

○ 규모가 큰 붕괴지에서 산각의 침식방지를 목적으로 할 경우에는 비교적 높게 하고, 계안붕괴지에서 산지의 침식방지를 목적으로 할 경우에는 일반적으로 낮은 댐을 연속적으로 배치한다.

○ 토석류 방지용 댐은 충분한 여유를 갖는 높이로 하고, 저사(貯砂)를 목적으로 할 경우에는 되도록 높게 정한다.

⑤ 계상기울기

○ 계획기울기(계획물매, planning gradient)는 일반적으로 현 계상기울기(계상물매, channel bed gradient)의 1/2 ~ 2/3를 표준으로 하지만, 유역인자에 의한 계획기울기 추정표(표 Ⅵ-3-25)를 참조하여 결정한다.

⑥ 댐어깨 보호

○ 댐어깨 부분은 홍수시에도 월류되지 않도록 계획홍수위(計劃高水位, design flood level) 이상의 안전한 높이로 한다.

○ 댐어깨 부분이 암반인 경우에는 1 ~ 2m, 토사인 경우에는 2 ~ 3m를 양안에 넣어 침식과 파손을 방지할 수 있도록 시공해야 한다.

⑦ 기초지반처리

○ 사방댐의 기초지반은 충분한 지지력과 마찰저항력을 가지고, 댐하류면의 세굴 및 파이핑 등에 의한 파괴에 대해서도 안전해야 된다.

○ 측벽은 물받침의 양쪽이 월류수로 침식될 경우에 설치하며, 기초바닥에 물받침을 시공하는 경우에는 기초바닥과 같은 높이로 하고, 물받침을 시공하지 않을 경우에는 측벽의 상류단은 주댐의 기초저면을 한도로 하며, 하류단은 부댐의 방수로의 천단보다 1m 정도 밑넣기(根入)를 한다.

○ 사방댐 기초의 밑넣기 및 양안에 있어서 댐어깨의 추가넣기(突入)의 깊이는 지반의 불균질성과 풍화의 속도 등을 고려하여 안전한 깊이가 되도록 한다.

○ 사방댐의 제체(堤體)와 굴착면 사이에 콘크리트 등으로 사이채움을 하여 제체와 현지반을 밀착시켜 굴착면의 풍화와 붕괴를 방지한다. 또, 제체 어깨부분 양안의 굴착면에는 댐어깨 보강시설(석재 찰쌓기 등) 등을 설치하여 붕락을 방지하여야 한다.

○ 바닥파기는 굴착기와 같은 중장비를 사용하여 암반이나 견지반이 나올 때까지 충분히 깊게 판다.

○ 사방댐의 기초지반이 충분한 강도를 갖지 못한 곳에서는 그 상황에 따라서 기초말뚝박기공사 등의 기초처리를 하여야 한다.

1-3-3. 수질관리시설 공사

□ 시공장소

○ 산지 또는 계류가 황폐되어 호우시 오탁도(汚濁度)가 높은 물이 흐르거나 흐를 우려가 있는 계천
○ 광산, 공장, 골프장, 휴양시설 등의 하류계천으로 수질오염의 우려가 있는 계천
○ 마을 등으로부터 오폐수(汚廢水)가 유입되는 계천 등으로 수질정화의 필요성이 큰 계천

□ 시공요령

○ 자갈, 활성탄(活性炭), 목탄(木炭) 등을 활용하여 강제틀댐, 스크린 댐, 슬릿트댐을 시공한다.
○ 각 수질정화댐의 시공요령에 대해서는 4장에서 별도로 기술한다.

2. 계류보전 공종별 표준시공요령

2-1. 기슭막이(保岸工, 護岸工; revetment)

□ 개요

황폐계천에서 유수에 의한 계안의 횡침식을 방지하고 산각의 안정을 도모하기 위하여 계류흐름방향을 따라서 축설하는 계천 사방공종으로서 사용재료에 따라서 돌, 콘크리트, 블록, 돌망태, 통나무, 바자기슭막이 등이 있다.

□ 시공장소

유로의 만곡(灣曲)에 의하여 물의 충격을 받는 수충부(水衝部)나 凹안(岸) 또는 붕괴위험성이 있는 계천변.

□ 설계요령

○ 계류의 둑쌓기 구간내에 시공할 경우에는 둑쌓기 계획비탈기울기와 같은 비탈기울기로 계획한다.
○ 침식이 심하고 유수의 충돌이 심한 곳에서는 돌, 콘크리트, 블록, 돌망태기슭막이를 계획한다.
○ 계상기울기가 완만하고 유수가 적으며 수위(水位)가 낮은 곳에는 통나무기슭막이, 바자기슭막이 등을 계획한다.
○ 기슭막이 계획비탈은 1:0.3~0.5를 표준으로 하고 사용재료와 현장여건에 따라 1:1.0~1.5 정도의 비탈로 계획할 수 있다.
○ 기슭막이 계획비탈을 표준(1:0.3~0.5) 이상으로 계획할 경우에는 편입용지 면적이 증가하기 때문에 편입용지의 사용여부에 따라 현장여건에 맞게 조정 계획한다.
○ 기슭막이 뒷채움 조약돌의 두께는 사방품셈 규정에 의거 계획한다.
○ 콘크리트기슭막이(concrete revetment)는 둑마루 두께 0.3m, 앞면 기울기는 1:0.3, 뒷면기울기는

토압에 따라 결정하지만 대개 수직으로 계획한다. 물빼기구멍은 지름 3~6cm 정도로 하고 2~3㎡에 1개씩 계획한다. 신축에 의한 균열을 방지하기 위하여 10m마다 신축줄눈(신축이음, expansion joint)을 계획한다.

□ 시공요령

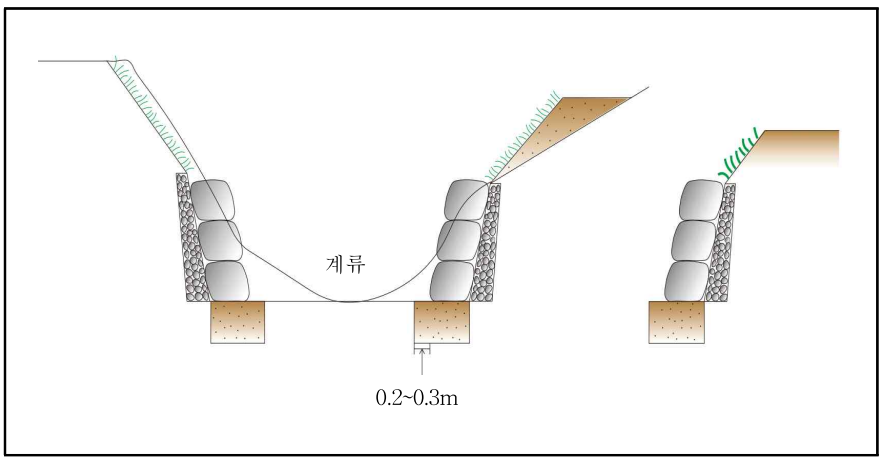
○ 기슭막이 기초의 밑넣기(根入) 깊이는 계획계상기울기, 계상의 상황 등을 고려하여 세굴되지 않는 안전한 깊이로 하며, 유수에 의해 세굴의 위험성이 있는 곳에서는 바닥막이(保床工), 수제(水制工) 등을 시공한다.

○ 기슭막이 높이는 계획홍수위(계획고수위) 이상으로 하여 홍수시에도 넘치지 않도록 시공하여야 한다. 일반적으로 계획홍수위보다 0.5~0.7m 높게 하며, 계류의 만곡부에서는 凹안이 凸안에 비해 수위가 높아지므로 더 높게 시공한다. 사방댐·골막이·바닥막이 등의 상류에 계획하는 기슭막이 공작물의 마루(천단)는 댐·골막이·바닥막이 등의 양안쪽 마루와 같은 높이로 하거나 또는 그 이상의 높이로 설정해야 하며, 특히 계획기울기에 따라 상류부를 높게 시공하도록 한다.

○ 기슭막이 둑마루 두께는 0.3~0.5m를 표준으로 하고, 둑마루 기울기는 원칙적으로 계획계상기울기와 일치하도록 시공한다.

○ 기슭막이 시공구간에 설치하는 공작물 양끝의 접속부는 기슭막이 바깥의 둑 안쪽으로 끼어들도록 시공한다.

□ 개념도



돌기슭막이 개념도

□ 시공사진







위의 좌로부터 큰돌기슭막이, 야면석기슭막이, 콘크리트기슭막이, 블록기슭막이, 돌망태기슭막이

2-2. 바닥막이 (保床工, 床固工; stream grade stabilization structures, ground sill works)

□ 개요

황폐된 계천 바닥의 종침식방지 및 바닥에 퇴적된 불안정한 토사석의 유실을 방지하기 위하여 계천을 횡단하여 설치하는 계류보전 공종으로, 사방댐보다 높이가 낮다. 사용재료는 주로 콘크리트와 돌을 이용하나 경우에 따라서 콘크리트블록, 돌망태, 통나무, PNC판, 섶다발 등을 이용하여 다양하게 시공한다.

바닥막이와 바닥막이 사이에 낮은 바닥막이(帶工, 帶床工, stream bed works)를 설치하기도 하는데,

이는 계상의 기울기 유지와 침식방지를 위하여 바닥막이 시설물보다 높이가 낮아 계천바닥보다 현저하게 높지 않는 것이 특징이다.

□ 시공장소

- ○ 계상이 낮아질 위험이 있는 지역과 지류가 합류되는 지역하류
- ○ 종침식과 횡침식이 발생되는 곳의 하류
- ○ 계상굴곡부의 하류

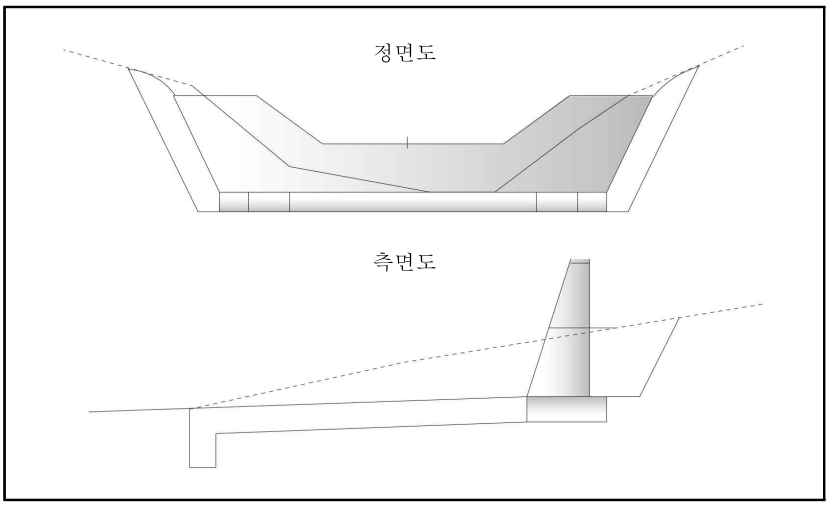
□ 설계요령

- ○ 계류의 둑쌓기 구간과 같이 연속적으로 시공되는 구간은 계획계상 구배에 의하여 계통적으로 계획한다.
- ○ 집수유역에 의해 방수로 단면적을 결정한 뒤에 바닥막이의 규격을 계획한다.
- ○ 상수가 흐르는 계류일 경우 어류 등 수서생물의 이동이 용이하도록 생태통로를 계획한다.
- ○ 유수방향에 직각으로 설치되도록 계획한다.
- ○ 콘크리트바닥막이 공작물의 천단폭은 0.5~1.0m를 표준으로 하며, 대수면 기울기는 수직으로 하고, 반수면 기울기는 1:0.3을 표준으로 계획하며, 사용재료 및 현장여건에 따라 바닥막이의 기울기를 다르게 계획한다.
- ○ 바닥막이 물받이는 콘크리트구조를 표준으로 하며, 본체와는 일체로 하여 본체를 월류하는 흐름에 의한 침식, 세굴작용 및 하부에서 작용하는 양압력에 견딜 수 있는 구조로 계획한다. 물받이 길이는 낙차고의 2~3배로 하고 월류수심이 클수록 길게 하며, 물받이의 두께는 1m 내외로 한다. 물받이 끝에는 수직벽(물받이 끝돌림)을 1m 이상으로 계획하고, 바닥에는 유속을 감속시킬 수 있는 공종을 추가로 계획한다.
- ○ 바닥막이와 바닥막이 사이에 계상기울기를 유지하기 위하여 낮은 바닥막이를 계획한다.

□ 시공요령

- ○ 계류에 계통적으로 시공할 경우에는 계획계상기울기에 맞도록 시공한다.
- ○ 바닥파기는 견지반이 나올 때까지 충분히 파야 하며 계통적인 시공일 경우에는 하류의 바닥막이 유효고(낙차고) 높이까지 파야한다.
- ○ 상수가 흐르거나 강우 시 우수가 흐르는 곳은 물돌림관을 반드시 설치한다.
- ○ 바닥막이 어깨부는 제방의 제내지(堤內地) 둑어깨 쪽으로 충분히 들어가도록 시공한다.
- ○ 유로의 만곡부에 바닥막이를 설치할 때에는 융기수평고(隆起水平高) 산출방식에 의하여 凹안의 어깨높이를 凸안의 어깨높이보다 높게 시공한다.
- ○ 바닥막이는 현저히 돌출되지 않도록 하며 목적에 따라 높이 3.0m 내외로 하며 물받이나 수직벽을 설치할 때에도 총 낙차가 3.0~3.5m를 초과하지 않도록 한다.

□ 개념도



콘크리트바닥막이 개념도

□ 시공사진







위의 좌로부터 콘크리트 바닥막이,
깬돌바닥막이, 낮은 바닥막이

2-3. 수제 (水制, 制水保岸工; spur, groyne, spurdike)

□ 개요

수제공은 한쪽 또는 양쪽 계안으로부터 유심(流心)을 향하여 적당한 길이의 방향으로 돌출한 공작물

을 설치함으로써 유심의 방향을 변경시켜 계안의 침식을 방지하고 기슭막이 공작물의 세굴을 방지하는 공작물이다. 수제의 종류는 유수에 대한 공작물의 방향, 물의 월류 여부, 물의 투과 여부, 형태와 시공재료에 따라 다음과 같이 구분된다.

① 유수에 대한 공작물의 방향에 따른 구분

- 횡수제(돌출방향에 따라)
  - 직각수제(垂導型水制, normal spur)
  - 상향수제(擊退型水制, inclined spur)
  - 하향수제(誘導型水制, declined spur)
- 평행수제

② 유수의 월류 여부에 따른 구분

- 월류수제(overflow spur)
- 불월류수제(non-overflow spur)

③ 물의 투과 여부에 따른 구분

- 투과수제(permeable spur)
- 불투과수제(impermeable spur)

④ 형태와 재료에 따른 구분

- 말뚝수제
- 침상수제
- 뼈대수제
- 콘크리트블록수제
- 날개수제
- 흙수제
- 타이어수제
- 철재수제

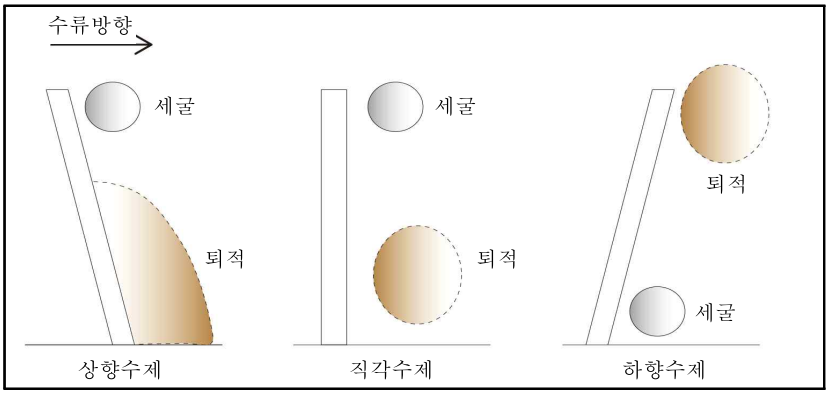
수제는 다음과 같은 특징을 가진다.

○ 직각수제에서는 수제 사이의 중앙에 토사의 퇴적이 발생하고 두부에서는 계상의 세굴작용이 약하게 일어난다.

○ 하향수제에서는 사력토사의 퇴적이 직각수제보다 작게 일어나고 두부의 세굴작용이 가장 약하다.

○ 상향수제에서는 사력토사의 퇴적이 하류의 계안과 수제를 따라 일어나는데, 직각수제나 하향수제의 경우보다 많은 량이 퇴적되고 두부의 세굴작용이 가장 강하게 일어난다.

○ 유수가 수제를 월류하여 흐르는 경우에 직각수제는 편류(偏流)를 일으키지 않으나 하향수제에서는 계안을 향하여, 상향수제에서는 계류의 중심을 향하여 각각 편류가 발생한다.



수제의 방향에 따른 세굴 및 퇴사작용

수제방향의 장단점

장단점	상 향 수 제	직 각 수 제	하 향 수 제
장 점	* 수제의 하류측 하안부에 토사의 퇴적상태가 양호하다. * 흐름을 전방으로 밀어내는 힘이 크므로 제방 및 호안보호에 양호하다.	* 길이가 가장 짧고 공사비가 저렴하다. * 완류하천의 감조부 등에 양호하다.	* 수제 앞부분의 흐름에 의한 수충력이 비교적 약하다. * 완류부에서 용수취수구의 유지와 선착장의 수심 유지에 비교적 효과적이다.
단 점	* 수제 앞부분에서 흐름에 대해 저항하게 되므로, 세굴에 의해 손상될 위험이 크다.	* 하향수제에 비해 수제 하류의 세굴에 대한 영향이 작지만 상향 수제에 비해서는 위험이 크다.	* 월류에 의한 소용돌이가 발생하기 쉽다. * 수제하류에 세굴이 일어나기 쉬워 제방에 위험이 크다.

□ 시공장소

○ 계상폭이 넓고 계상기울기가 완만한 황폐계류

□ 설계요령

○ 수제는 흐름에 대해 저항을 될 수 있는 한 작게 하기 위하여 간단하고 유지보수가 쉬운 구조로 계획한다.

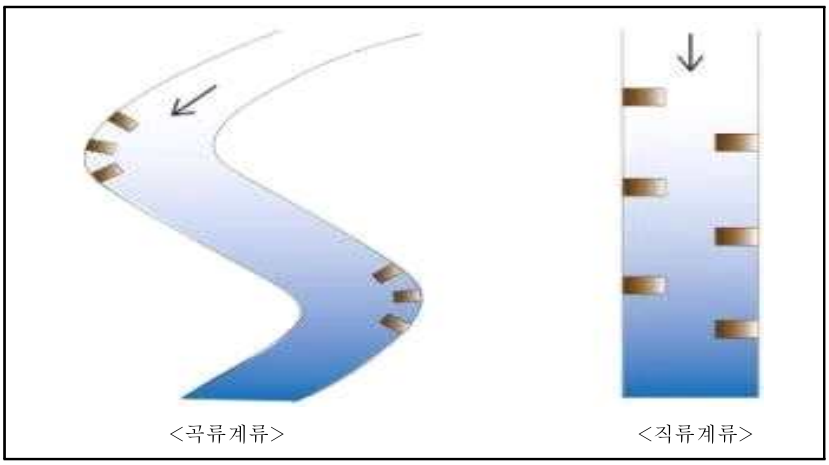
○ 불투과수제는 흐름에 대한 저항이 크고 수제의 목적에 어긋나는 일이 많으므로 될 수 있는 대로 투과수제를 계획한다.

○ 적은 수의 길고 큰 수제보다 많은 수의 짧은 수제가 효과적이므로 가급적 짧은 수제를 계획한다.

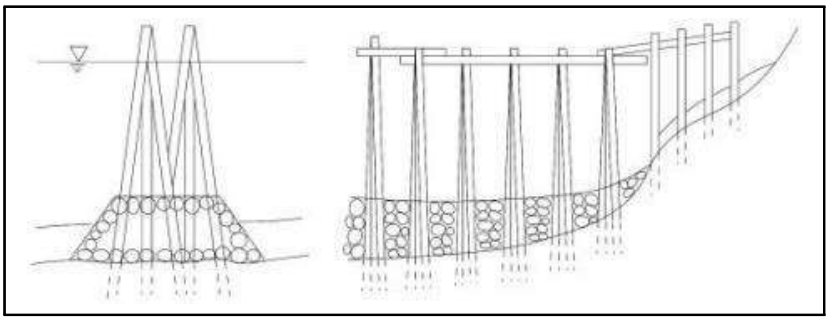
□ 시공요령

○ 수제군에 있어서는 개개의 수제가 흐름에 대한 저항을 균등하게 받도록 한다.
○ 내구성이 큰 재료를 선택한다.
○ 조도가 클수록 유속 감소비율은 크게 된다. 따라서 일정구간에 여러 개의 수제가 설치되어 있다면 유속이 점차적으로 감소될 수 있도록 조도가 작은 수제를 상류쪽에 설계하는 것이 바람직하다.
○ 흐름을 크게 교란하지 않도록 하고, 견고한 것보다 유연하게 흐름에 저항하도록 한다.
○ 상류쪽 수제는 투과수제로 하여 각 수제가 동일한 수충을 부담하도록 한다.
○ 상류의 수충이 심한 부분은 파손되기 쉬우므로 다른 부분에 비하여 낮고 투과성이 높은 구조로 한다.
○ 수제에 사용되는 재료가 목재일 경우 수면위로 노출되거나 또는 노출되는 빈도가 잦으면 썩기 쉬우므로 콘크리트나 철근콘크리트로 한다.
○ 수제의 비탈기울기는 수중부분을 1:2.5～3.5, 수면상부는 1:1.5～2.5로 한다. 횡수제의 하심측 두부의 기울기는 1:5～10 정도로 아주 완만하게 한다.
○ 수제의 높이는 최고수위로 하고 끝부분을 다소 낮게 설치한다. (유심을 향하여 1/10～1/15의 기울기)
○ 수제길이는 보통 계류폭의 1/3 이하로 하며 수제 간의 간격은 수제길이의 1.25～4.5배로 하지만 직류부, 곡류부의 凸부, 직선부, 凹부의 순서로 간격을 작게 한다.
○ 상향수제는 직선부에서는 10～15°, 凹안부에서는 5～15°, 凸안부에서는 0～10° 로 한다.
○ 말뚝수제(pile spur)는 대표적인 투과수제로서 목재 또는 철근콘크리트말뚝을 사용하거나 여러 개의 말뚝묶음을 한줄 또는 여러 줄로 박고, 말뚝을 종횡 또는 대각선 방향으로 연결하여 일체로 작동하도록 한다.
○ 침상수제(沈床水制, mattress spur)는 하상을 덮는 형태의 수제로서 불투과수제로 설치되는 경우가 많다. 사용하는 재료에 따라 섶침상수제, 섶침상수제 위에 말뚝을 박고 침상 위에 돌을 놓는 말뚝상치수제, 사각형목재틀에 돌을 채운 목공침상수제, 사각형 철근 콘크리트틀에 돌을 채운 콘크리트방틀수제가 있다.
○ 뼈대돌방틀수제(crip spur)는 목재나 철근콘크리트로 만든 삼각형 또는 사각형 틀을 여러 개 연결하고 그 내부공간을 돌 등으로 채운 수제이다.
○ 콘크리트블록수제는 콘크리트블록을 조합한 수제로서 모양, 크기 및 투과도는 자유롭게 변경할 수 있다.
○ 날개수제(vane)는 직사각형 판형상의 수제로서 2～4개를 한 줄로 하여 흐름을 따라 여러 줄을 설치한다.

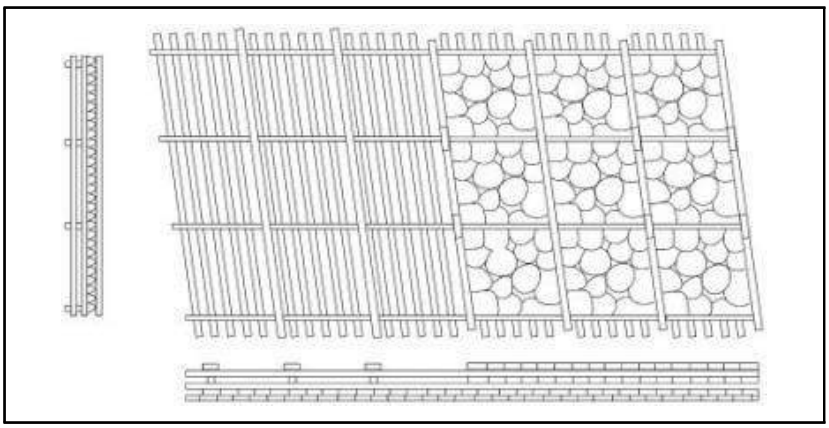
□ 개념도



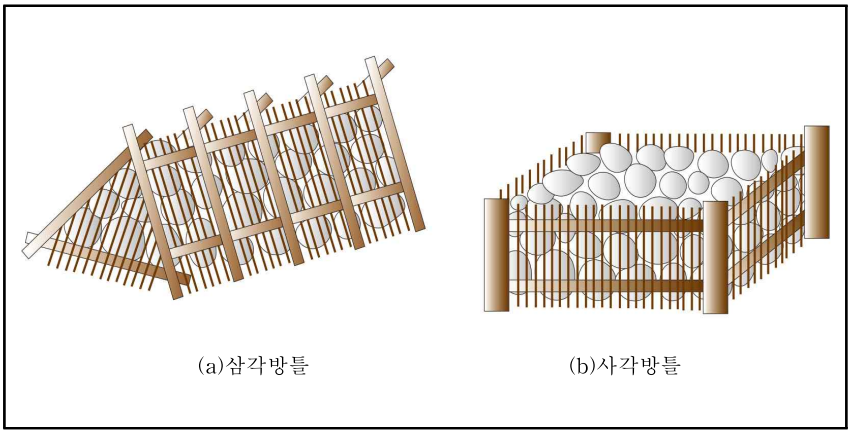
수제



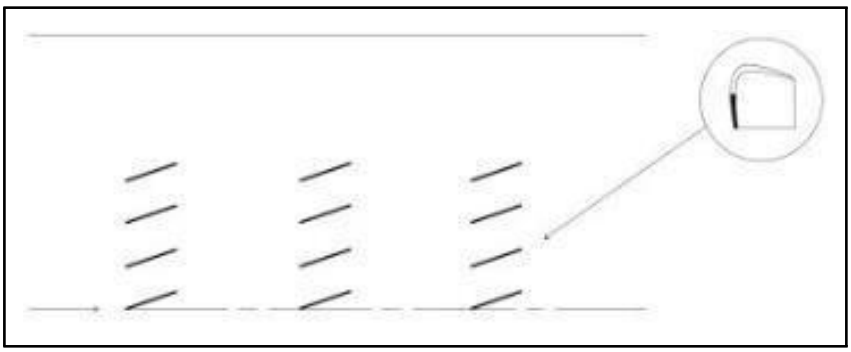
묶음목재말뚝수제 개념도



목공침상수제 개념도



뼈대돌방틀수제 개념도



날개수제 개념도

□ 시공사진



돌수제(1)



돌수제(2)



돌찰붙임수제



사석수제



통나무수제

2-4. 둑쌓기

(築堤工; levee, embankment)

□ 개요

유수를 일정한 유로방형으로 안전하게 유도하고 범람을 방지하기 위해 계류 양안에 흙으로 둑을 만드는 공사를 말한다.

□ 시공장소

○ 일정한 유로가 형성되어 있지 않은 계천

□ 설계요령

○ 수로(방수로)단면을 결정한 후 둑쌓기 규격과 시공범위를 계획한다.

○ 계획계상기울기에 따른 횡단면도를 작성하여 토공량을 확정한다.

○ 둑쌓기 구간에 편입되는 토지의 사용가능 여부에 따라 둑쌓기 비탈기울기를 조정 하여 결정한다.

○ 좌우 양둑은 수평이 되도록 계획한다.

□ 시공요령

○ 일반적으로 제방은 흙으로 축조한다. 흙쌓기용으로 모래와 점토가 약 1 : 4의 비율로 혼합한 것이 좋으며, 흙쌓기할 곳에는 나무뿌리 등을 제거하고 지반을 파서 둑과 밀착되도록 한다.

○ 제방법선은 홍수시의 물의 흐름(流況), 하도의 현황, 주변의 토지이용, 자연경관 및 환경, 공사비 등을 고려하여 결정하며, 홍수의 주 흐름방향에 따르는 완만한 곡선이 되도록 한다.

○ 둑높이는 계획홍수위보다 0.5~1.0m 높게 한다. 계획홍수량이 200㎥/s 미만인 지역에서는 여유고 0.6m 이상, 200~500㎥/s 인 지역은 0.8m 이상, 500~2,000㎥/s 지역에서는 1.0m 이상으로 한다.

○ 둑마루의 폭(天端幅)은 용도 및 시공규모에 따라 1~3m로 하고 대수 및 반수면 비탈은 대체로 다음과 같은 기준으로 시공한다.

둑 높이에 따른 비탈기울기

둑높이(m)	반수면비탈(할)	대수면비탈(할)	천단폭(m)
1.0	1.3	1.0	0.7~1.0
1.1~2.0	1.5	1.3	1.0~1.5
2.1~3.0	2.0	1.5	1.5~2.0
3.1~5.0	2.0	2.0	2.0~3.0

호안공사에 따른 비탈기울기

호안공사		비탈피복공사의 수직고(m)	비탈기울기
돌쌓기 콘크리트블록쌓기	찰쌓기	3 이상 5 미만 3 미만	1:0.5 1:0.3
	메쌓기	3 미만	1:1.0
돌 붙이기 콘크리트블록붙이기	찰쌓기		1:1.5
	메쌓기	3 미만	1:2.0
콘크리트 피복			1:1.5
연결 콘크리트블록 붙이기		3 이상 3 이상	1:2.0 1:1.5
돌망태붙이기	KSF 4601		1:2.0

○ 견고한 기존 제방(堤防)이 있으면 가급적 이것을 이용한다.

○ 바깥비탈면에 기슭막이를 시공하지 않은 경우에는 홍수위까지 떼붙이기를 하고 여유고 부분은 줄떼다지기를 한다.

○ 둑쌓기의 흙이 모래, 자갈일 때에는 떼붙이기 전에 객토를 한다.

○ 수로단면은 조건이 허락하는 한 넓고 얕게 직선으로 하는 것이 좋으며, 곡선일 때는 홍수시 유수의 방향에 따라 완만한 곡선을 채택 하는 것이 유리하다.

○ 하천의 내수(內水) 쪽에서 제방의 직고가 6m 이상인 경우 둑마루로 부터 3~5m 이하마다, 하천

의 외측에서 제방의 직고가 4m 이상인 경우 둑마루로부터 2~3m 이하마다 소단(小段)을 설치하며, 그 폭은 0.2~0.3m로 한다.

○ 흙쌓기제방의 침하량을 고려하여 흙쌓기 할 때 계획높이보다 더 높게 쌓아야 하는데, 이것을 더쌓기(더돋기, 餘盛土, extra banking)라고 하며 여유고에는 포함되지 않는다. 더쌓기는 전 단면에 대하여 실시해야 하며, 제방의 후면은 빗물의 표면배수를 원활히 하기 위하여 10% 정도의 횡단기울기를 두어야 한다.

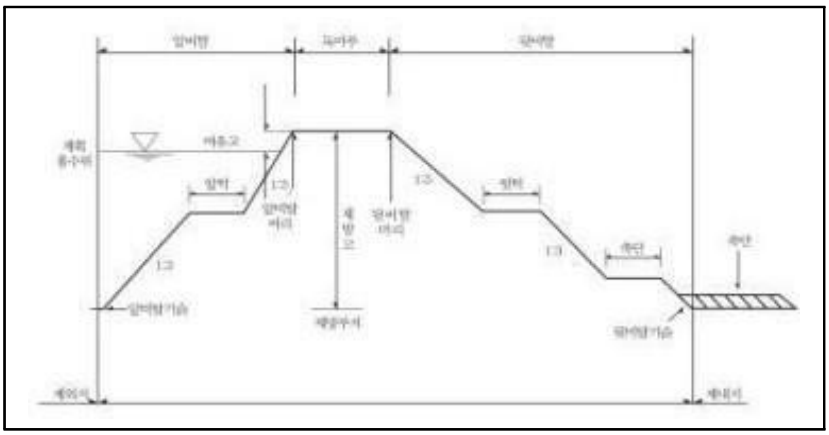
더쌓기높이의 기준 (단위: cm)

제체의 특징		보통흙		모래・자갈	
기초 지반의 토질		보통흙	모래섞인자갈, 자갈섞인모래	보통흙	모래섞인자갈, 자갈섞인모래
통일분류법에 의한 기초지반의 토질		모래	자갈	모래	자갈
제방높이	3 m 이하	20	15	15	10
	3 ~ 5 m	30	25	25	20
	5 ~ 7 m	40	35	35	30
	7 m 이상	50	45	45	40

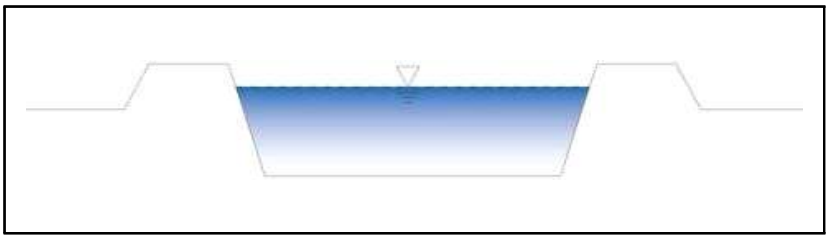
○ 둑쌓기 공사를 하고 비탈다지기 공사가 완료된 비탈에는 강우 및 유수에 의한 침식과 붕괴를 방지하기 위하여 둑 바깥비탈(제외지 쪽)에는 주로 평떼붙이기 공사를 하지만 때로는 줄떼다지기 공사를 한다. 또한 평수위 아래 부분에는 보통 돌붙이기, 콘크리트블록붙이기, 돌망태붙이기, 콘크리트붙이기 공사로써 보강하는 호안공사를 해야 한다. 둑 안비탈(제내지쪽)은 줄떼다지기, 둑마루 부분은 보통 줄떼심기로 피복한다.

○ 홍수시 하천수가 제체내로 침투될 때에는 비탈면에 물의 누수현상이 나타나고 심하면 관공작용(貫孔作用, piping 현상)에 의하여 둑이 붕괴될 위험이 있으므로, 둑의 설계시에 침윤선(浸潤線, seepage line)이 낮아지도록 제방너비를 넓히거나 제체 내에 불투수성의 차수벽(遮水壁, 止水板, 止水壁, cut-off wall, water-stop; 진흙 또는 토목섬유 이용)을 설치해야 한다.

□ 개념도



둑쌓기단면의 구조와 명칭(큰 계류)



둑쌓기 개념도(작은 계류)

□ 시공사진



둑쌓기 시공과정

2-5. 밑막이 (根固工; toe protection of embankment)

□ 개요

둑쌓기공사에서 제체내로 스며드는 침윤수(浸潤水)에 의한 제체의 붕괴를 방지하기 위하여 둑의 안쪽 아래 부분 또는 유수에 의한 세굴을 방지하기 위하여 둑의 바깥쪽(유로쪽) 아래 부분에 구축하는 둑 비탈면 보호공사이다. 기슭막이의 간이공사로 축조하기도 하며, 사용재료에 따라 돌밑막이, 콘크리트블록밑막이, 침상(枕床)밑막이 등이 있다.

□ 시공장소

○ 비탈기울기가 1:1보다 완만하고, 평시의 유수량이 비교적 적은 계류의 둑비탈

□ 설계요령

○ 밑막이의 시공재료는 돌, 콘크리트, 콘크리트 블록, 침상(枕床) 등 현장여건에 맞는 재료를 채택하고 기초지반이 연약한 경우에는 그 상황에 따라 말뚝박기공사 등 기초 처리 계획을 반영한다.

○ 둑쌓기 비탈길이 중 밑막이 계획 후 잔여 비탈면에는 평떼붙임, 줄떼붙임, 줄파종 등으로 피복되도록 계획한다.

○ 돌밑막이는 현장여건에 따라 막돌밑막이·깬돌밑막이·큰돌밑막이 등으로 계획한다.

□ 시공요령

○ 돌밑막이는 입지조건에 따라 막돌·깬돌·큰돌 등을 채택하며, 유속이 빠르고 계상기울기가 급한 곳에는 찰쌓기로 시공하고, 유속이 느리고 계상기울기가 완만한 곳에는 메쌓기로 시공한다.

○ 막돌붙임은 반드시 서로 완전히 접촉토록 해야 하며, 막돌의 장축방향이 비탈면에 직각되게 해야 한다.

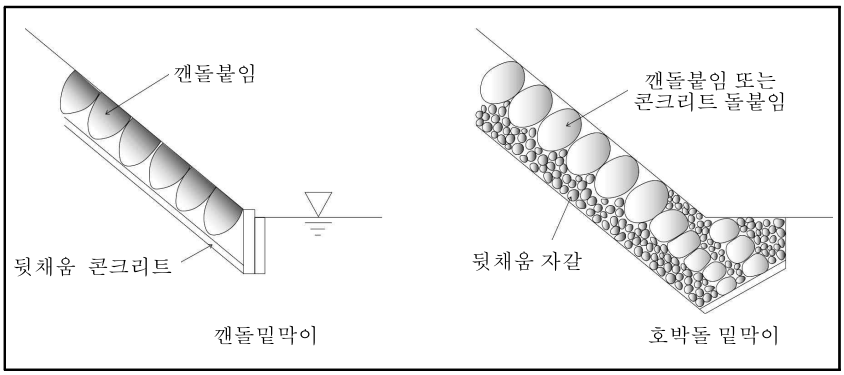
○ 막돌메붙임밑막이는 뒷채움 자갈을 깔고, 그 위에 막돌을 붙인 후 붙임돌 사이에 철봉으로 모래를 채운다.

○ 콘크리트블록밑막이는 유수의 저항에 충분히 견딜 수 있는 중량을 갖추어야 하며, 굴요성과 내구성을 증가시키기 위하여 콘크리트블록을 철봉으로 박거나 블록끼리 서로 물리게 하여 전체가 일체가 되도록 한다.

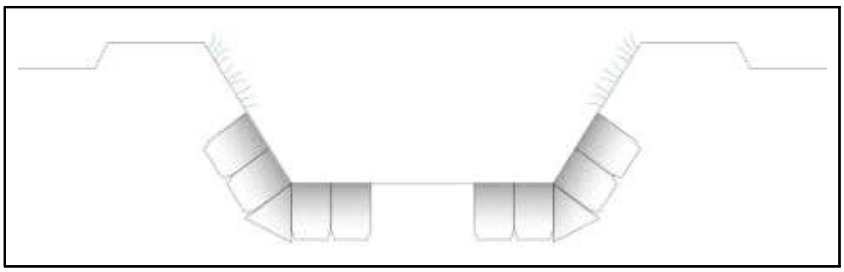
○ 침상공(mattress works)에는 섶침상공(粗朶束沈床工, 枝條束沈床工, fascine mattress)과 목공침상공(wooden mattress)이 있는데, 섶침상공은 유속이 느린 곳에 채택하고, 목공침상공은 유속이 빠른 곳에 채택한다.

○ 기타 시공지침은 돌쌓기 및 돌붙임 공사에 준한다.

□ 개념도



돌밑막이 개념도



돌밑막이(기슭막이 간이공사) 개념도

□ 시공사진




돌밑막이(좌), 콘크리트밑막이(우)

2-6. 친자연형 야계사방공법

□ 개요

침식이 진행되는 황폐계천을 야계사방에 의해 정비할 때에는 그 계천이 본래 지닌 자연성을 최대한 살리는 것이 중요하며, 돌·풀·나무와 같은 자연재료를 최대한 활용하여 수변(水邊)의 동·식물이 서식하기에 유리한 환경을 조성하는 것이다.

□ 시공장소

○ 항시 계류수가 흐르며 어류가 서식하고 있는 계천으로 자연·생태계의 보호가 필요한 계천

□ 설계요령

○ 상수가 흐르는 곳에 바닥막이 등 횡공작물을 계획한 경우에는 어류 및 수서동물의 이동을 용이하게 하기 위하여 생태통로를 계획한다.

○ 계안에 버드나무류, 통나무, 돌, 갈대, 섶 등 자연친화적인 자재를 사용하도록 계획한다.

□ 시공요령

① 돌망태공법

○ 사각형·타원형의 돌망태 속에 부순돌을 채우고, 돌틈에 토사를 채워서 초류의 번식을 유도한다.

○ 호안의 침식을 방지시킴과 동시에 물 속 돌틈 사이에 미생물, 곤충류의 애벌레, 양서류, 어류 등이 산란 또는 서식할 수 있는 공간을 제공한다.

② 통나무 수제공법

○ 돌, 콘크리트 대신 통나무를 사용함으로써 수제 하류부에 토사가 퇴적되어 수생식물이 쉽게 정착하도록 한다.

③ 자연형 기슭막이

○ 자연석·통나무세워붙이기 등으로 계단과 틈새가 있도록 시공하고, 근입(根入) 부근에는 갯버들을 심어 활착시키고, 토사가 쌓이도록 하여 계간공작물의 보호와 함께 수서동물의 서식처를 제공한다.

※ 깬돌, 큰돌 등에 의한 찰쌓기기슭막이는 자연경관과 조화되지 않고 수서동물의 서식장소로도 부적당

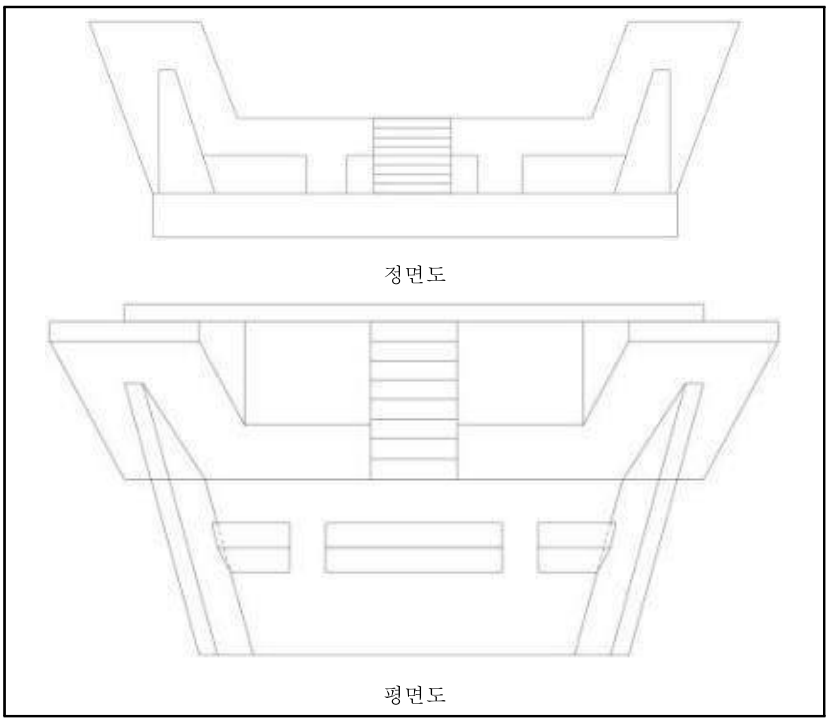
④ 생태통로(生態通路)

○ 횡공작물의 유효고가 30㎝ 이상이 되면 대체적으로 어류 등의 이동이 어려우므로, 현지실정에 적합한 생태통로를 설치하는 것이 좋다.

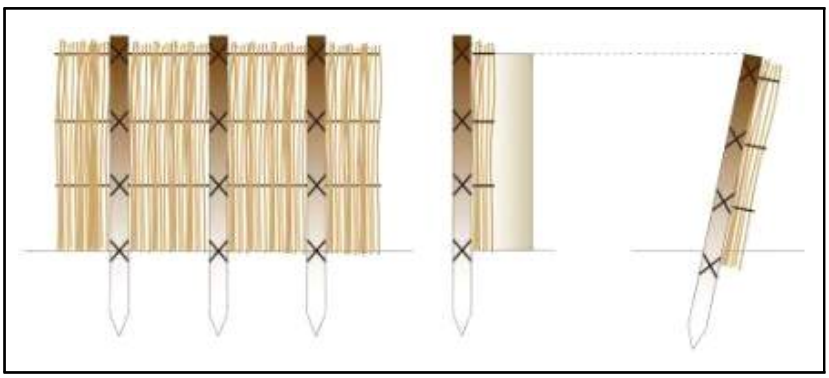
○ 어도 시공방법은 갑문식, 계단식, 우회수로식 등이 있다.

○ 기슭막이에서도 공작물이 높고 물매가 급하면 양서·파충류의 탈출이 어려우므로, 계단을 설치하거나 바닥막이 가장자리에 디딤돌을 놓는 등 다양한 방법으로 이동통로를 시공한다.

□ 개념도



생태형 바닥막이 개념도



버들바자얽기 개념도

□ 시공사진



생태통로를 반영한 콘크리트바닥막이



갯버들 삽목 통나무기슭막이(1)



갯버들 삽목 통나무기슭막이(2)



통나무 낮은바닥막이



통나무 섶바닥막이



통나무 낮은바닥막이

3. 사방댐 표준시공요령

3-1. 불투과형 중력식 사방댐

□ 개요

○ 불투과형 중력식 사방댐은 제체(堤體)의 무게에 의해 수압 및 토압 등의 외력에 저항하여 안정을 유지하도록 설계・시공하는 사방댐이다.

○ 중력식 사방댐은 제체를 구성하는 시공재료에 따라 다양한 형식을 가지고 있다.

○ 일반적으로 제체의 단면이 다른 형식의 사방댐에 비해 크기 때문에 경과년수에 따라 설계조건이 변화되거나 재료가 노후됨으로써 일부 품질저하가 발생하여도 안전에 큰 영향을 미치지 않으므로, 축조 이후의 여러 조건변화에 폭 넓게 대응할 수 있다.

□ 시공장소

○ 주로 토석차단을 목적으로 설치하므로, 토석의 발생이나 운송이 예상되는 산지의 하류부

□ 설계요령

① 댐의 종류와 형식

○ 양질의 기암노출지로서 폭이 좁은 지역은 높은 콘크리트댐, 상수(常水)가 거의 없고 계상에 토사가 많이 퇴적되어 토층이 깊고 석재가 적은 계천에서는 흙댐, 상수가 적고 석재공급이 어려운 암반노출 계천에서는 돌흙혼합쌓기댐을 설치한다.

② 대수면/반수면

○ 대수면의 비탈은 돌·콘크리트댐에서는 수직으로 하거나 1:0.1 ~ 0.2로 한다. 그리고 반수면의 비탈은 돌·콘크리트댐에서는 1:0.2 ~ 0.5로 하고, 흙댐에서는 1:1.5 ~ 2.0으로 한다.

③ 방수로의 위치

○ 방수로의 위치는 댐 반수면의 끝부분, 물받침 부위와 암반의 지질, 댐 축설지점의 상하류 양안의 상태 등을 고려하여 결정한다.

○ 일반적으로 축설지점이 암반인 쪽에 설치하며, 암반이 없는 경우는 중앙부에 설치한다.

④ 방수로의 형상

○ 일반적으로 역사다리꼴을 많이 이용하며, 방수로 양옆의 기울기는 1:1 즉 45° 를 표준으로 한다.

⑤ 방수로의 크기

○ 최대홍수유량의 200 ~ 500% 정도로 충분히 여유를 갖도록 설계한다.

⑥ 댐마루

○ 콘크리트댐과 같은 중력식사방댐의 댐마루(天端) 두께는 유속, 사력의 크기·월류수심·상류쪽의 기울기 등을 고려하여 결정해야 하며, 대체로 다음 두께를 표준으로 한다.

· 유출사력의 입경이 작은 황폐 소계류에서는 0.8m
· 일반 황폐계류에서는 1.5m
· 홍수에 의해 큰돌 (전석)의 유송 위험성이 있는 곳에서는 2.0m
· 대규모 토석류 발생 위험성이 있거나, 산사태로 측압을 받게 되는 위험성이 있는 곳에서는 2.0-3.0m

⑦ 신축줄눈

○ 중력식 콘크리트사방댐의 댐 길이가 25m를 초과하는 경우에는 원칙적으로 수직 신축줄눈을 설치해야 한다.

⑧ 배수구설치

○ 콘크리트댐 또는 찰쌓기댐을 시공할 때에는 3m^{2}당 1개, 또는 댐 구조에 필요한 규격의 배수구(排水口)를 설치한다.

⑨ 물빼기구멍

○ 물빼기구멍(排水孔, 水拔孔, 水拔口, drip hole, weep hole)의 크기·수 및 위치는 설치목적에 따라 결정하지만 좁은 계곡에서는 댐 아래쪽의 계상선(溪床線)에 1개만 설치하고 계폭이 넓을 때에는 주류(主流)가 변화하므로 여러 개소에 설치하는 것이 좋다.

○ 크기는 지름 20-40cm 정도로서 직사각형 또는 정방형의 FRP관 등이 바람직하나 시공편의상 둥근 모양의 P.V.C관도 많이 사용된다.

○ 상하류에 2개의 댐을 시공하는 경우에 하류 댐의 물빼기구멍은 상류 댐의 기초보다 낮은 위치에 설치한다.

○ 여러 개를 설치할 때는 하단의 물빼기구멍은 계상선, 또는 댐 높이의 1/3되는 곳에 설치하고, 상부에 설치하는 물빼기구멍은 몇 개를 수평으로 배치하도록 한다.

○ 큰 댐에서 최상단의 물빼기구멍은 토석류가 방수로 상단을 격돌할 때, 상부의 파괴원인이 되기 쉬우므로 방수로 바닥에서부터 1.5m 이하에 설치하여 댐 몸체를 견고하게 시공해야 한다.

⑩ 물받침 (물방석)

○ 방수로를 월류하여 낙하하는 유수에 의해 반수면 하단이 세굴되는 것을 방지하기 위하여 물받침(水叩工), 앞댐(副댐), 막돌놓기(捨石, energy dissipators by stone) 등의 공사를 해야 한다.

○ 물받침은 사방댐 본체나 측벽과 분리되도록 설치하여 토석류의 충돌로 인해 발생하는 충격이 본체와 측벽에 바로 전달되지 않도록 한다.

○ 댐의 측벽은 방수로 어깨의 수직선보다도 외측 0.5-1.0m 이상의 후방에 기초를 두어야 하며, 측벽 하류단(下流端)의 천단고는 원칙적으로 부(副)댐(앞댐)의 어깨높이와 같게 하며, 천단두께는 0.3-0.5m를 표준으로 한다.

○ 본댐과 부댐의 관계

· 본댐(main dam)과 앞댐(副댐, counter dam)은 종단적으로 중복되어야 하며 중복높이는 본댐 높이의 1/3-1/4 정도를 표준으로 한다.

○ 본댐과 앞댐과의 간격은 L≧(1.5 ~ 2.0)(H+t)식에 의하여 결정한다. H는 유효낙차 (m), t는 월류수심(m)이다. 댐이 높은 경우 1.5, 낮은 댐인 경우는 2.0을 적용한다.

⑪ 안정조건

○ 중력식 사방댐의 안정을 위한 단면은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

· 중력댐의 전도(轉倒)에 대한 안정조건은 합력(R)작용선이 제저(堤底, CD)의 중앙 1/3보다 하류측을 통과하면 댐 몸체의 상류측에 장력(張力)이 생기므로 합력작용선이 제저의 1/3 이내를 통과해야 한다.

·활동(滑動)에 대한 안정조건은 활동에 대한 저항력의 합이 원칙적으로 수평외력의 합력 이상으로 되어야 한다.

·제체(堤體)의 파괴에 대한 안정조건으로 제체에 작용하는 응력은 제체를 구성하는 재료의 허용응력을 초과하지 않아야 한다.

·기초지반의 지지력에 대한 안정조건은 댐밑(堤底)에 발생하는 최대응력이 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

□ 시공요령

불투과형 중력식 사방댐의 주요 형태별 시공요령은 다음과 같다.

① 메쌓기댐

○ 메쌓기댐의 높이는 4m를 최대로 하며, 둑마루나비(천단폭)는 댐 높이의 1/2 정도로 하고, 대수면과 반수면의 돌쌓기 기울기는 1:0.3 ~ 0.5로 한다.

② 혼합쌓기댐

○ 혼합쌓기댐(mixed masonry dam)의 석축은 메쌓기로 하고, 둑마루 및 반수면의 방수로 부분은 누수방지를 위하여 찰쌓기로 한다.

○ 댐 높이는 5m 전후로 하고 댐마루 나비는 0.5 ~ 3.0m, 기울기는 1:0.3 ~ 0.5로 한다.

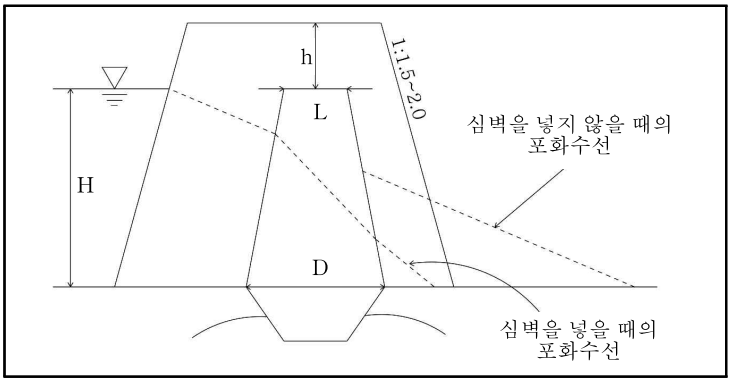
③ 흙댐

○ 흙댐은 석회이화토(石灰二和土) 또는 점토로 내심벽(core wall)을 만들고, 방수로 부분에 외심벽을 만든다. 내심벽은 방수로까지 들어가도록 하고 위 넓이는 둑마루 넓이의 1/2로 하며, 외심벽의 기초는 돌 또는 콘크리트로 축조한다.

○ 흙댐의 심벽은 점토의 경우 비탈기울기는 1/12 ~ 1/8, $h \geq 1.0 \sim 1.5\text{m}$, L (심벽의 상단부 두께) $\geq 1.2 \sim 2.5\text{m}$, $D \geq (1/3)H$로 하며, 콘크리트의 경우는 $L = 70 \sim 200\ \text{cm}$, $D = (1/7 \sim 1/6)H$로 한다.

○ 흙댐의 높이는 2 ~ 5 m정도, 반수면 기울기는 1:2, 대수면 기울기는 1:1 ~ 2, 댐마루 나비는 $\frac{\text{댐높이}}{5} + 1.5\ \text{m}$로 한다.

○ 방수로는 돌붙이기나 콘크리트붙이기를 하며, 때로는 댐 밑부분을 보호하기 위하여 물받침을 설치하기도 한다.



흙댐의 심벽과 포화수선의 위치

④ 콘크리트댐

○ 콘크리트댐은 콘크리트를 이용하여 댐의 제체를 시공하는 댐으로서 시공 품질을 균일하게 관리할 수 있고, 작업의 표준화도 가능하며, 재료의 확보가 용이하여 현재에는 가장 많이 시공되고 있다.

○ 그러나 환경에 대한 관심의 증가로 콘크리트에 대해 비판적인 시각이 존재하며, 방수로와 반수면의 파괴에 대한 적절한 고려가 필요하다.

⑤ 통나무댐

○ 통나무댐(목재댐)은 시공지 주변에서 질이 좋은 석재를 구하기 힘들고 운반이 어려운 곳에 적당하지만, 안정도가 낮고 목재가 부패하기 쉽다.

○ 댐 높이는 4m 이하로 하고, 친환경적 시공이 필요한 경우와 같이 특별한 곳 이외는 별로 시공하지 않는다.

○ 목재는 대부분 방부처리를 하여 내구성을 높인다. 최근에는 콘크리트댐 외부에 목재를 부착하여 외관상 목재댐과 같이 보이도록 시공하는 사례도 있다.

⑥ 돌망태댐

○ 돌망태댐은 철선 돌망태의 유연성을 이용하여 돌망태를 조립하고 시공하는 댐으로서 땅밀림지, 산사태지 등의 응급복구사방공사에 적합하다.

○ 터파기는 깊이 1m 정도로 하고 말뚝으로 제체를 유지해야 하며, 높이는 3m 이하로 한다.

○ 철선 등이 부식되기 쉬워 내구성이 낮으므로 지반이 안정되면 콘크리트로 피복하는 것이 좋다.

⑦ 콘크리트틀댐

○ 콘크리트틀댐(concrete crib dam)은 콘크리트 블록으로 틀을 만들고 내부에 호박돌 등 석재를 채워 시공하는 댐으로서 댐의 높이는 3 ~ 5m로 한다.

○ 호박돌 및 자갈이 많은 야계에 적합하다.

⑧ 막돌콘크리트댐

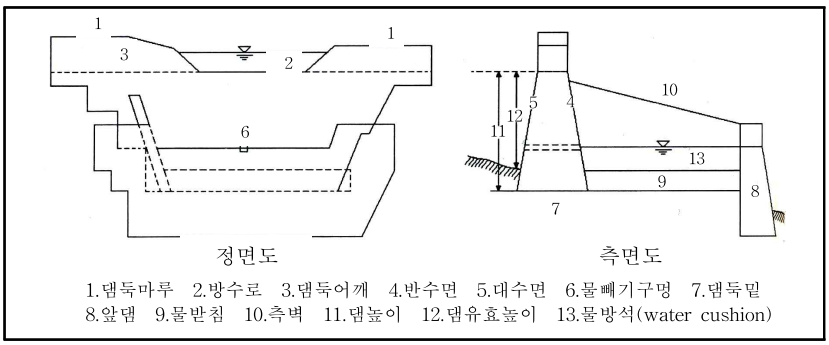
○ 막돌콘크리트댐은 거푸집을 사용하여 내부에 막돌콘크리트를 채워 시공하는 댐이다.

○ 대수면과 반수면, 댐마루를 콘크리트로 두께 10㎝ 정도 바르고, 기초바닥에도 두께 15 ~ 20㎝의 기초콘크리트 치기를 한다.

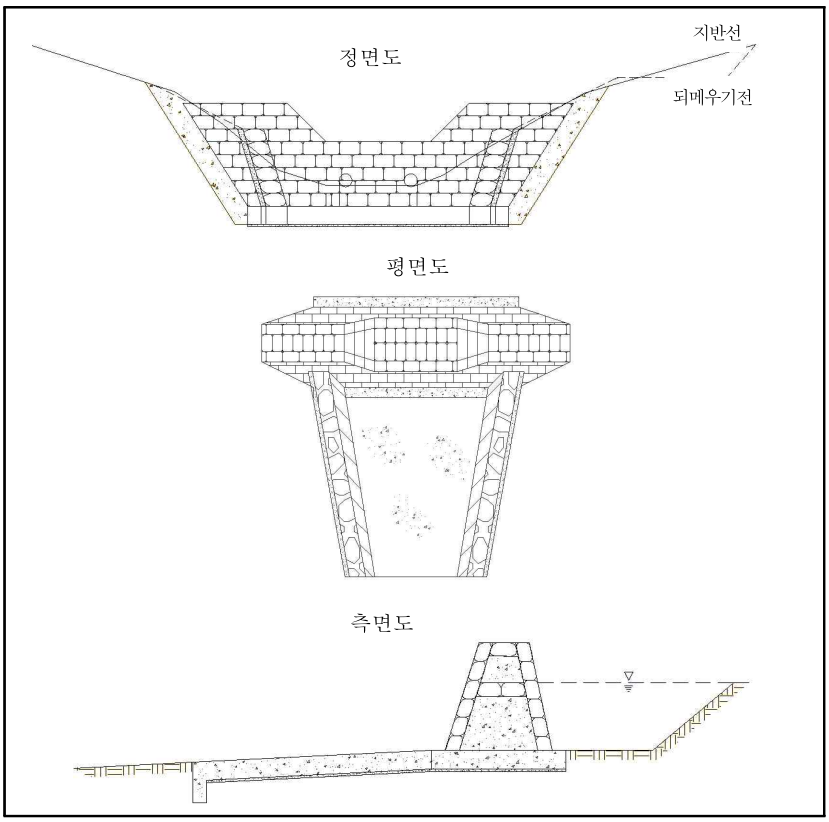
⑨ 큰돌댐

○ 큰돌댐은 댐의 제체를 큰돌(구 전석)로 쌓고 돌 사이에 콘크리트 또는 모르타르를 사용하여 시공한다. 최근에는 댐의 중심부는 콘크리트로 시공하고 반수면 한쪽 또는 반수면과 대수면 양쪽 모두에 큰돌을 붙여(쌓아) 시공하는 방법이 널리 이용된다.

□ 개념도



콘크리트 사방댐



중력식 사방댐 구조

□ 시공사진



중력식 사방댐 (콘크리트댐)

3-2. 불투과형 아치식 사방댐

□ 개요

○ 불투과형 아치식 사방댐은 댐의 단면이 상류쪽을 향하여 아치의 곡면을 이루도록 시공한다.

○ 아치식 사방댐에서는 댐에 작용하는 외력을 아치형의 곡면을 따라 댐 하부기초와 양안에 전달하도록 설계한다.

○ 댐의 단면은 중력식 사방댐보다 작아 시공재료가 절감되고, 댐의 외형이 아름다운 특징을 갖는다.

□ 시공장소

○ 불투과형 아치식 사방댐은 댐 설치지점의 계류 폭이 좁고 상대적으로 댐 폭에 비해 댐 높이의 비율이 작은 계곡부에 적합. 계곡의 형상은 좌우대칭의 V자형 계곡이 가장 이상적이며, 주변의 여건을 고려하여 U자형 계곡이나 비대칭형 계곡에도 시공하는 경우가 있음

○ 계류 양안에 견고한 암반이 존재하여 아치형 단면에 작용하는 외력에 충분히 저항할 수 있는 장소

○ 암반에 단층·미끄럼층·층리 등 불연속면이 존재하는 곳은 기초로 적당하지 않으며, 퇴적암과 풍화가 심하거나 진행 중인 지반도 적절하지 않음

□ 설계요령

○ 아치식댐을 설계할 때에는 제체의 폭과 높이의 비율, 아치형 단면의 대칭성, 계류의 형상 등을 고려하여 댐 설치 위치를 결정한다.

○ 아치식댐은 제체의 폭과 높이의 비율이 매우 중요하며, 일반적으로 이 비율이 3보다 작도록 설계하는 것이 좋다.

○ 댐의 단면은 대칭형으로 설계하는 것이 좋으며, 계류의 형상·기초암반의 종류·방수로의 형태 및 위치 등을 고려하여 설계한다.

○ 계류의 폭이 좁고 댐의 높이가 낮은 사방댐의 경우에는 댐 마루에서 댐 둑밑까지 동심원의 일정한 원형 아치로 설계하는 것이 좋다.

○ 이러한 단면은 형상이 간단하고 시공이 쉬운 반면에 댐 밑 부분의 중심각이 작아져 아치효과가 적어지는 단점이 있다.

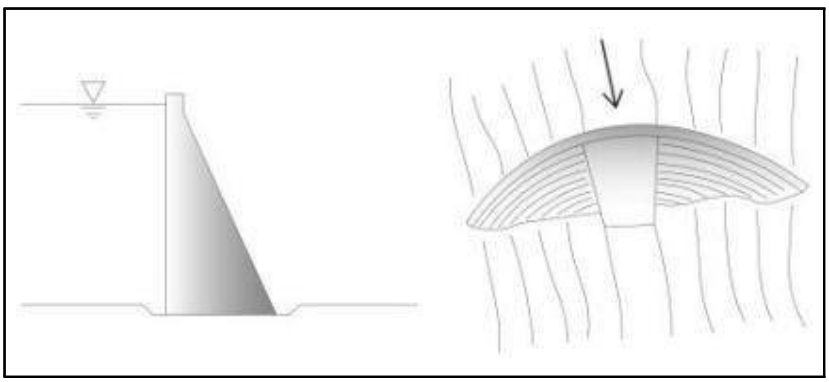
□ 시공요령

○ 아치 단면의 끝과 암반이 만나는 접촉면은 반경방향으로 하는 것이 좋다.

○ 만일 댐 기초부를 시공하는 과정에서 암반에 깊게 틈이 생겨 상부의 견고한 암반을 많이 굴착해야 하는 경우에는 지나치게 굴착하지 말고, 안정에 영향을 주지 않는 범위에서 비반경방향으로 굴착한다.

○ 콘크리트 신축줄눈은 균열을 방지하기 위해 반경방향으로 시공하고 그라우팅한다.

□ 개념도



아치형 사방댐 개념도

□ 시공사진



아치형 사방댐

3-3. 투과형 슬릿트사방댐

□ 개요

투과형 슬릿트 사방댐은 철근 콘크리트 또는 원통형 철강제 기둥을 빗살 모양으로 세워 홍수시에는 유목이나 토사석력을 저지하고, 평상시에는 토사를 서서히 유하시킨다.

□ 시공장소

유목이나 일부 석력만을 저지할 목적으로 시공하는 사방댐으로서, 상류로부터 유목의 발생이 예상되는 곳이나 거대 석력이 많고 유수에 의해 쉽게 유하할 수 있는 계류

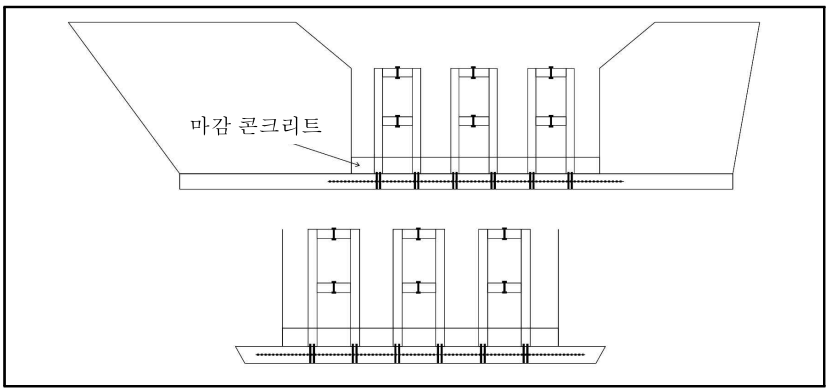
□ 설계요령

- ○ 슬릿트사방댐의 투과부 밑면은 계류의 연속성을 확보할 수 있도록 계류의 바닥과 같은 높이로 설계하며, 투과부는 시공단면의 중앙에 설치하는 것이 좋다. 굴곡부와 같이 토석류가 계류의 한쪽 계안을 따라 이동하는 경우에는 이에 대해서도 충분히 검토하여 설계한다.
- ○ 거대 석력이 많은 계류에서 투과부의 단면 폭은 계획지점의 상·하류 200m 이내에 존재하는 거대 석력 200개 이상의 95%에 해당하는 입경 크기의 1.5배 이하로 한다. 유목의 발생이 예상되는 곳에서는 평균적인 입목 높이의 1/3과 비교하여 작은 값을 투과부의 단면 폭으로 한다.
- ○ 홍수유량을 충분히 배제할 수 있도록 단면을 설계하고, 토석이나 유목에 의해 투과부가 막히는 경우를 고려하여 토석류의 첨두유량을 유하시킬 수 있도록 단면을 설계한다.
- ○ 슬릿트의 간격은 사력의 최대입경을 고려하여 설계하며, 홍수시에 계획된 유량을 충분히 배제할 수 있도록 슬릿트의 개수를 정한다.

□ 시공요령

- ○ 투과형 슬릿트사방댐은 댐 상류에 격자모양의 강관구조로 된 투과벽을 설치하도록 시공하며, 기초역할을 하는 밑판 콘크리트와 강관부재의 투과부로 분리하여 시공한다.
- ○ 밑판 콘크리트는 중력식 사방댐과 동일한 방식으로 시공하며, 토사의 이동을 억제하는 역할을 한다. 밑판 콘크리트의 폭은 충돌하는 토석의 최대 입경의 2배 이상으로 시공하여야 한다.
- ○ 일반적으로 밑판 콘크리트의 폭은 댐의 안정성과 철강제 투과부를 설치할 공간 등을 고려하여 3m 이상으로 한다.
- ○ 철강제슬릿트댐의 최상부 부재는 토석류로부터 직접 충격을 받기 때문에 부재의 두께를 조금 크게 하는 것이 좋다(일반적인 여유두께 3.5㎜).
- ○ 강재와 콘크리트의 연결부는 유하하는 석력에 의해 강하게 마모될 수 있기 때문에 시공에 주의를 요한다.
- ○ 부재와 부재를 연결하는 이음부는 접합용 볼트를 사용하여 서로 연결한다.

□ 개념도



슬릿트사방댐 개념도

□ 시공사진



슬릿트사방댐

3-4. 투과형 버트리스 사방댐

□ 개요

투과형 버트리스 사방댐은 유수에 의해 발생하는 힘을 부벽(扶壁, 버트리스, buttress)을 이용하여 기초 지반에 전달하는 댐이다.

□ 시공장소

- ○ 유목이나 토석 등의 이동이 예상되는 계류에 설치하며, 구조적으로는 댐 자리의 폭이 넓고 댐 높이가 낮은 곳
- ○ 스크린댐은 버트리스 사방댐 중에서 흔히 시공하고 있는 가장 일반적인 형식으로, 주로 철강제를 이용하기 때문에 단기간에 시공할 수 있으나, 큰 석력의 충격이나 측방으로부터 큰 압력을 받을 위험성이 있는 장소는 피하는 것이 좋음

□ 설계요령

- ○ 버트리스 사방댐은 주벽·부벽·기초판으로 구성되며, 이 3부재가 일체가 되어 안정되도록 단면을 설계한다.

○ 버트리스 사방댐은 주로 강재나 콘크리트를 사용하지만, 각 부재에 작용하는 응력과 단면의 크기는 재료의 특성과 구조(구축형태)에 따라 달라진다.

○ 버트리스 사방댐에서는 부벽 및 기초판이 주벽의 댐 둑마루로부터 유하하는 사력에 직접 접촉하지 않도록 한다.

○ 댐체에 작용하는 외력은 주벽을 통해 부벽과 기초판에 전달되므로 효율적인 안정단면이 되도록 부벽의 최적 간격을 결정한다.

○ 구성부재로 강판을 사용하는 경우에는 주벽과 부벽을 단일체로 가정하여 배치간격을 고려하여 하중단면을 구하고, 작용하는 하중을 고려하여 강재단면의 치수를 결정한다.

○ 콘크리트로 설계하는 경우에는 주벽은 댐의 축 방향에 있어서 부벽을 지지점으로 하는 연속빔으로 설계하고, 부벽은 주벽의 반력을 받는 기둥으로 가정하여 설계단면을 결정한다.

○ 기초판은 부벽의 최대응력을 받는 것으로 간주하여 소요단면을 결정하며, 이 외에도 기초지반이나 쇄굴 등을 고려하여 단면의 크기를 결정한다.

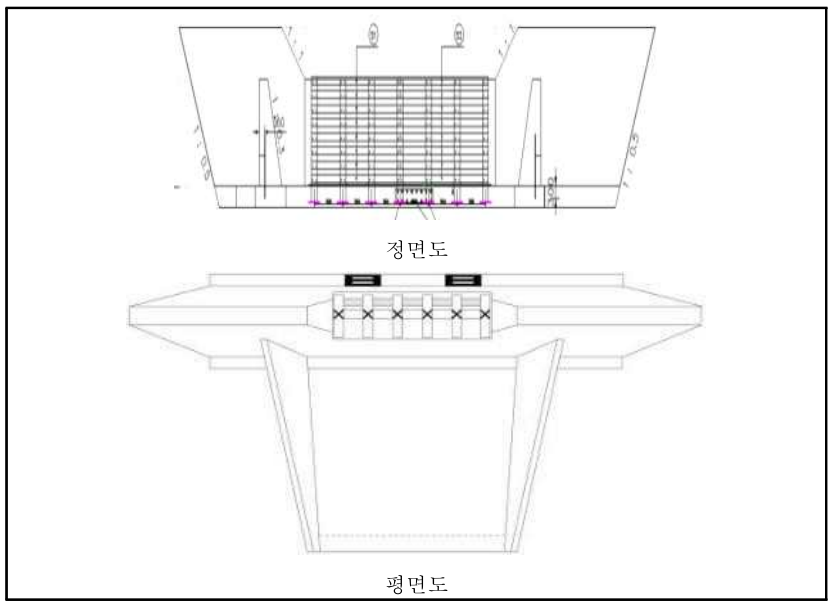
□ 시공요령

○ 투과형 버트리스 사방댐은 철강제 스크린과 철강판을 사람 "人字形" 으로 조립한 것을 H형강으로 지탱케 하도록 시공하며, 기초부 및 양안의 접속부분은 침식방지를 위하여 콘크리트 구조물로 시공한다.

○ 유목을 저지할 목적으로 시공하는 경우에는 토석을 저지하는 경우보다 충돌에너지가 적어 단면의 치수를 적게 하며, 강재의 마모에 대한 영향도 작게 평가한다.

○ 철강제는 부식에 의해 강도가 떨어지거나 유수석력에 의해 마모되고 충격 등에 의해 재료가 변형되므로, 이에 대해 충분히 고려하여 설계·시공한다.

□ 개념도



버트리스사방댐 개념도

□ 시공사진



버트리스사방댐

3-5. 도징(dosing) 사방댐

□ 개요

○ 도징 사방댐은 댐의 일부 구간을 개방하여 유목차단 기능과 생태통로 기능을 동시에 갖도록 시공하는 사방댐이다.

○ 일반적으로 도징 사방댐은 홍수시에는 댐의 대수면측에 토사를 퇴적시켰다가 평상시에 서서히 하류로 흘려보내 토사를 조절하는 기능을 가진다.

□ 시공장소

○ 유목이나 토석의 발생위험이 적고, 상시 물이 흘러 어류의 이동 통로가 필요하거나 소동물의 이동을 위한 생태적 고려가 특히 요구되는 곳

□ 설계요령

○ 도징 사방댐은 일반적으로 콘크리트사방댐의 설계기준을 따른다.

○ 댐 개방부는 저사된 토사를 하류로 흘려보내기 위하여 계류의 바닥면에 일치하도록 설계하며, 평상시에는 물이 흘러 계류의 생태적인 환경이 유지되도록 설계한다.

○ 토석이나 유목에 의해 개방부가 막히지 않도록 하며, 개방부 양쪽면은 토석이나 유목의 충격에 의해 파손되지 않도록 한다.

○ 댐 개방부의 폭은 상류의 하상재료나 유목 등을 고려하여 결정한다.

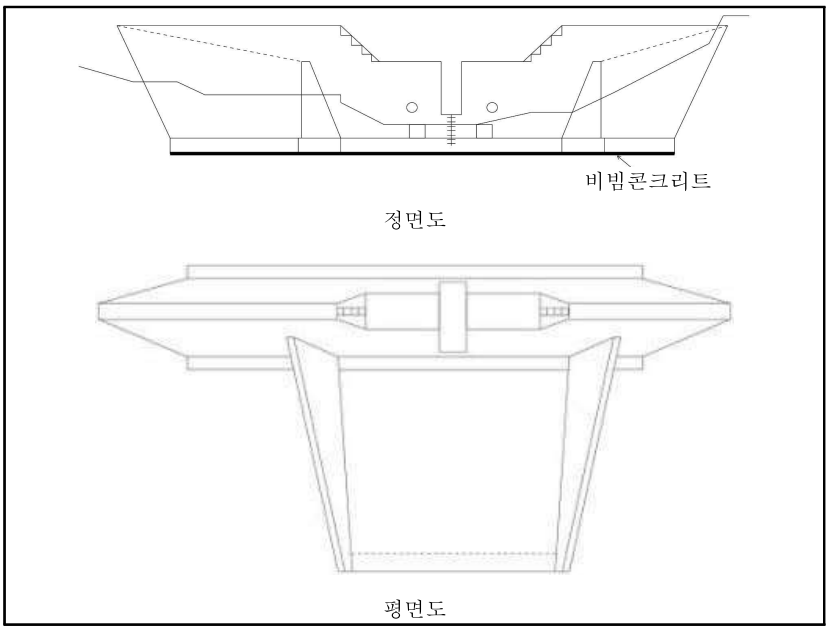
○ 댐 제체의 일부 개방에 의해 발생하는 하중의 분포변화를 고려하여 설계한다.

□ 시공요령

○ 도징 사방댐은 콘크리트사방댐의 시공방법에 따라 시공한다.

○ 개방부 단면이 토석이나 유목 등에 파손되지 않도록 주의하여 시공한다.

□ 개념도



도징 사방댐 개념도

□ 시공사진



도징 사방댐

3-6. 복합형 사방댐

□ 개요

복합형 사방댐은 사방댐의 하부는 불투과형으로 시공하고, 상부는 투과형으로 시공하여 불투과형과 투과형이 조합된 형태의 사방댐이다. 계상에 퇴적된 토사의 이동을 방지하고, 유목이나 석력 등을 차단하기 위하여 채택한다.

□ 시공장소

- ○ 토석과 유목을 함께 차단·유치할 필요가 있는 계류
- ○ 토석의 발생량이 많지 않으며 동시에 유목의 발생이 예상되는 계류에는 토석과 유목을 동시에 차단하기 위한 목적으로 시공

□ 설계요령

○ 복합형 사방댐의 하부는 중력식 콘크리트사방댐에 준하여 설계하고, 상부는 투과형 사방댐의 설계요령에 따라 설계한다.

□ 시공요령

○ 기초콘크리트 타설 전에 버트리스 구조물에 맞춰 앵커부분을 시공한다.

○ 설치한 앵커가 콘크리트 타설 시에 움직이지 않도록 앵커 서로 간에 철근 또는 ㄱ형강 등으로 용접하여 고정한다.

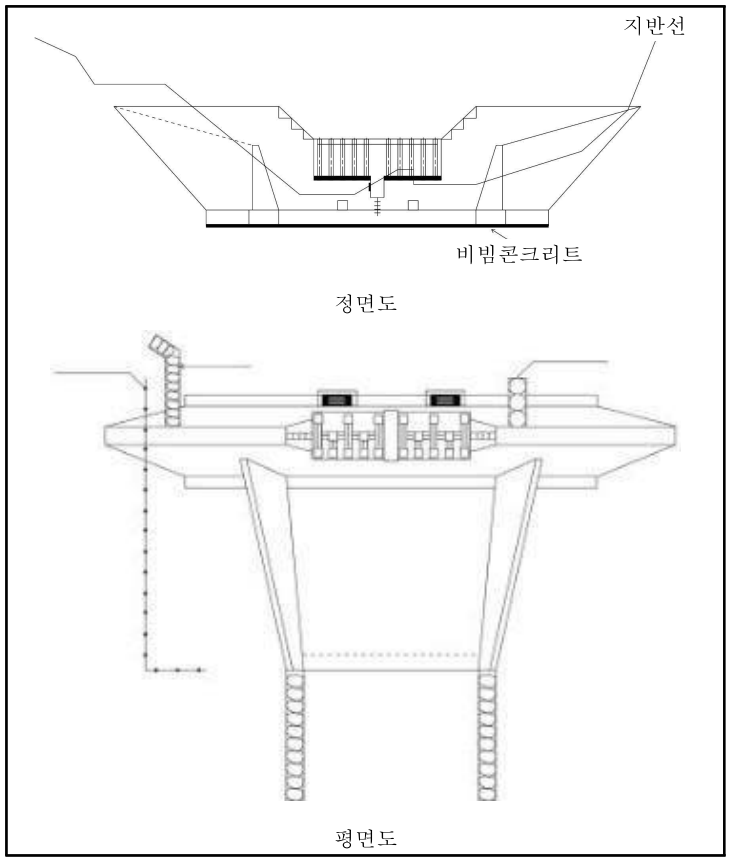
○ 앵커 설치가 완료되면 콘크리트 타설 전에 나사 부위를 테이핑 처리하여 콘크리트가 묻지 않도록 한다.

○ 앵커 설치가 완료되면 기초콘크리트를 타설한다. 이때 기초앵커 부분의 변형이 일어나지 않도록 유의하여 콘크리트를 타설한다.

○ 강재의 볼트 결합은 장력으로 결합한다.

○ 강재 조립이 완료되면 기초앵커와 강재 하단부 빔판을 결속하고, 콘크리트를 타설하여 강제 결속부가 묻히도록 한다.

□ 개념도



복합형 사방댐 개념도

□ 시공사진



복합형 사방댐(생태통로 설치)

4. 수질관리시설 표준시공요령

4-1. 수질관리시설의 목적

수질관리시설은 계류의 소규모 저수지나 계류 취수시설 등으로 유입되는 흙탕물이나 비점오염원을 차단하고 정화함으로써 하류나 취수원에 맑고 깨끗한 물을 공급하는 데에 목적이 있다.

4-2. 수질관리시설의 기능

○ 수질정화시설의 주요 기능은 식수원으로 이용되는 계류 상류부의 취수원이나 취수시설 등으로 유입되는 유목이나 흙탕물, 또는 산림으로부터 배출되는 비점오염원 등을 차단하거나 정화하는 기능을 가진다.

○ 또한, 산간 소계류 주변의 주택, 산업시설, 휴양시설 등에서 배출되어 유입되는 오폐수를 사전에 차단하거나 물리적·생물학적 수단을 통해 1차적으로 정화·처리하는 역할을 한다.

4-3. 수질관리시설의 구분

산지 계류에서 수질정화를 위해 사용되는 시설에는 강제틀댐, 모래막이(침사지) 등이 있다.

4-4. 예정지 선정

○ 산지 또는 계류가 황폐되어 호우시 오탁도(汚濁度)가 높은 물이 흐르거나, 흐를 우려가 있는 계류

○ 광산, 공장, 골프장, 휴양시설 등의 하류로서 수질오염의 우려가 있는 계류

○ 마을 등으로부터 오폐수(汚廢水)가 유입되는 계류 등으로 수질정화의 필요성이 큰 계류

4-5. 설계자료 준비 및 현지조사

○ 야계사방공사의 방법을 따른다.

4-6. 일반적인 설계 순서

1) 지형 및 지질조사
2) 예정지 선정 및 측량
3) 토공량 계산 및 계획
4) 시설물 계획 및 설계
5) 정화필터 선정 및 설계
6) 부대공사 설계
7) 설계서 작성

4-7. 설계서 작성

○ 사방댐 공사에 준한다.

4-8. 표준 시공요령

4-8-1. 수질정화용 강제틀댐

□ 개요

수질정화용 강제틀댐(steel crib dam)은 철강제(鐵鋼製)틀(길이 20m 이상)에 정화매체인 자갈(막돌), 숯, 활성탄을 채워 계류에 축설하는 수질정화공법 중의 하나이다

□ 시공장소

○ 수질정화를 목적으로 강제틀댐을 시공할 경우에는 오염원 발생지점의 직하류부에 시공
○ 식수 취수원이나 호소 등의 수원지가 있는 경우에는 수원지 직상류부에 설치

□ 설계요령

○ 강제틀댐의 일반적인 설계요령은 중력식 사방댐에 준한다.
○ 강제틀댐을 설계할 때에는 원하는 기준의 수질정화가 이루어지도록 오염수가 충분히 저류될 수 있는 체류시간을 갖도록 설계한다.
○ 수질정화용 재료는 오염원의 종류와 농도 등을 고려하여 결정한다.

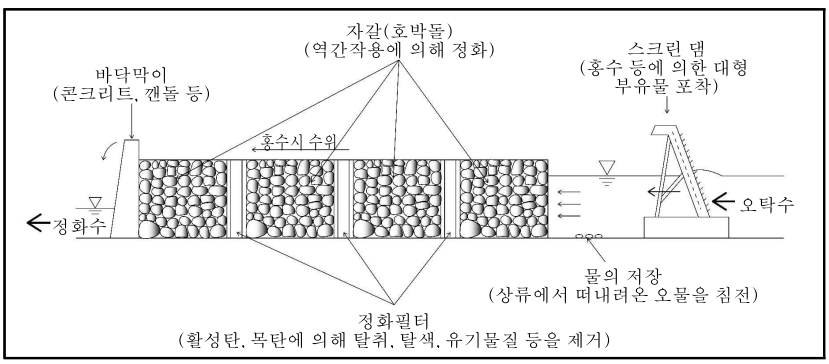
□ 시공요령

○ 시공지에 강제틀 설치장소를 충분히 굴착한 후 철강제틀 조립(주철골 골격조립, 바닥스크린 조립, 상·하면 철사각봉 조립, 측면 철사각봉 조립, 볼트의 점검 및 완전조이기), 철강제틀 속에 자갈(막돌) 채우기, 정화필터 채우기(활성탄, 목탄), 덮개스크린 조립, 도장 및 보수, 토사 되메

우기 순으로 작업을 실시한다.

- ○ 야계사방의 바닥막이 및 사방댐 공작물과 정화시설의 병행시공을 원칙으로 하고, 여건에 따라서는 정화시설을 따로 시공할 수 있다.
- ○ 정화시설의 구조물은 철강제틀을 사용하고, 유실된 토사·낙엽·낙지·유목에 의하여 정화시설이 매몰되지 않도록 그 상류에 스크린댐 또는 슬릿트댐을 콘크리트 혹은 철강재로 설치하여 정화시설의 기능이 지속적으로 유지되도록 한다.
- ○ 정화시설의 폭은 계류 폭에 따라 정하고, 길이가 길수록 효과적이므로 20m 이상으로 하며, 철강제틀 중앙의 높이는 홍수시 수위로 한다.
- ○ 정화필터(활성탄과 목탄)를 넣는 폭은 0.5m 정도가 적당하지만, 토사유입이 많은 계류의 경우에는 메워진 토사를 파낼 수 있도록 폭을 넓게 할 수도 있다.
- ○ 유수량이 적은 계류에는 정화시설(철강제틀댐) 하류에 바닥막이를 설치하여 유수가 바닥막이의 방수로를 통해 월류하도록 시공한다.
- ○ 철강제틀 채움돌은 원칙적으로 직경 15 ~ 30㎝의 자갈, 막돌, 깬돌 등을 사용한다.
- ○ 직경이 작은 돌을 혼합하여 사용하는 경우에는 채움돌이 틀 밖으로 빠져나올 수 있으므로, 철강제틀 전면에 눈금이 촘촘한 철망을 붙이거나 직경이 큰 돌을 철강제틀의 바깥쪽으로 채워 시공한다.
- ○ 계류수가 누수되지 않고 수질정화시설(철강제틀댐) 내부로 유입되도록 계류 바닥과 측벽에 콘크리트 또는 점토치기를 하여야 한다.
- ○ 작업장비를 사용하여 자갈, 막돌, 깬돌을 철강제틀 속에 채울 때에는 작업장비가 철강제틀에 충격을 주지 않도록 주의해야 한다.
- ○ 되메우기, 다지기 등의 작업을 할 때에 작업장비가 철강제틀에 올라가지 않도록 해야 한다.
- ○ 되메우기 돌 또는 흙은 다짐기구 등을 사용하여 충분히 다지기를 실시해야 하지만, 이때 철강제틀에 지나친 압력을 가하지 않도록 해야 한다.
- ○ 철강제틀을 구성하는 자재는 볼트와 넛트로 조립하기 때문에 안전사고에 주의하고, 특히 넘어짐을 방지하기 위해 돌채움 전에 버팀강을 틀의 전면에 설치해야 한다.

□ 개념도



수질관리시설 개념도

4-8-2. 침사지

□ 개요

침사지는 강우 유출수를 일정시간 동안 저류함으로써 토사를 침전시키고, 부유사(浮遊砂)가 침전된 상층수만을 배출시켜 토사의 배출을 저감하는 시설이다.

□ 시공장소

- ○ 토사가 배출되는 오염원의 최하단에서 계류로 방류되기 전이나 집수가 용이한 곳
- ○ 배수로의 상류에서 유입되는 강우 유출수 중 토사를 침전시킬 필요가 있는 구간
- ○ 토사유출부의 하류 지점 또는 토사유출 가능성이 많은 지역의 하류 등에 설치한다.

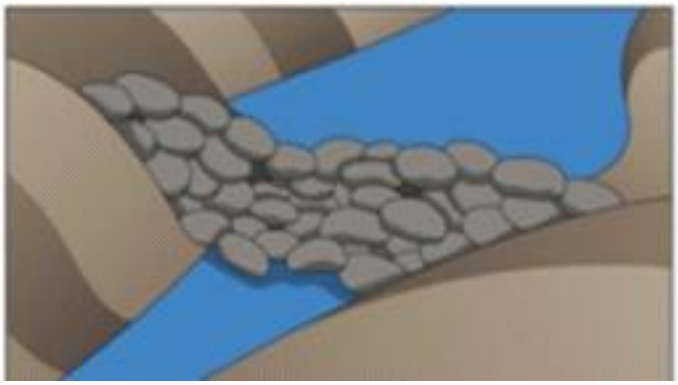
□ 설계요령

- ○ 소규모 댐과 같은 형태(유수지)이거나 콘크리트 격벽식의 구조(침사지)로 설치되며, 침사지의 배수면적은 최대 2ha, 제방 높이는 약 1.5m 이하가 되도록 설계한다.
- ○ 침사지 제방의 구배는 절토비탈면이나 적절한 비탈면 보호가 이루어진 경우에는 1:2보다 완만하게 하며, 일반적인 경우에는 1:3 혹은 그보다 더 완만하게 하는 것이 좋다.
- ○ 침사지의 길이와 폭의 비는 약 2:1 정도가 적당하다.

□ 시공요령

- ○ 규모가 큰 침사지의 경우에는 사람이나 동물이 그 속에 빠질 수 있으므로 주변에 펜스를 설치하는 것이 좋다.
- ○ 침사지는 1 ~ 2주 간격으로 주기적으로 점검하고, 강우가 끝난 후에는 반드시 점검하여 토사의 퇴적 여부·침사지의 누수 여부·침사지 제방의 붕괴 여부 등을 조사한다.
- ○ 침사지 안에 퇴적량이 전체 침사지 용량의 1/4 이상이 되면 준설하는 것이 좋다.
- ○ 침사지는 상시 물이 흐르는 하천이나 계곡에는 설치하지 않는다. 또한, 침전된 토사로 인해 계상 식생의 생육에 악영향을 미칠 수 있으므로, 식생 발달이 왕성한 곳에는 설치하지 않는 것이 좋다.
- ○ 부적절하게 관리할 경우 냄새, 모기 등의 환경적 문제가 발생할 수 있다.

□ 개념도



침사지 개념도

□ 시공사진



콘크리트 침사지



야계에 설치된 침사지

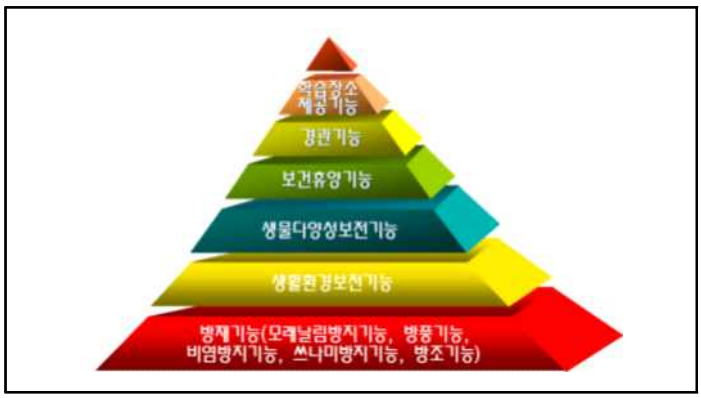
Ⅳ. 해안사방

1. 해안사방의 개요

1-1. 해안사방의 목적

해안사방(海岸砂防; coastal sand dune fixation works)은 해안지역에서 모래언덕(砂丘; sand dune)의 이동이나 모래날림(飛砂; drifting sand) 등으로 인한 가옥, 도로 및 농경지 등의 피해를 예방하기 위하여 시행하는 사방공사로서 해안방재림조성사업 및 해안침식방지사업 등이 포함된다.

해안사방은 방재기능이 기초기능이고, 그 위에 다른 기능들이 작용하는 계층성(階層性)이 있다. 최근 해안사방의 기능에 대한 사회적 요구가 변화하여 방재기능과 생활환경보전기능과 함께 생물다양성보전기능, 보건휴양기능, 경관기능 및 학습장소제공기능 등에 대한 요구도가 증가하고 있다. 그러나 이와 같은 다양한 기능은 고유기능인 방재기능이 발휘될 때 비로소 기대할 수 있다.



해안사방의 기능

1-2. 해안사방의 분류체계

1-2-1. 해안침식 방지

해안침식은 방조제, 방조호안, 소파공, 소파제, 돌제 및 부대시설 등과 같은 해양토목구조물로 방지하며 현지 상황에 따라 적절한 것을 선택한다.

1-2-2. 모래언덕 조성

모래언덕은 퇴사공사(퇴사울세우기, 구정바자얽기), 성토공사, 모래덮기공사(모래덮기, 사초심기, 씨뿌리기) 및 파도막이 등으로 조성하며 현지 상황에 따라 적절한 것을 선택한다.

1-2-3. 해안방재림 조성

해안방재림은 방풍공사, 배수공사, 정사공사(정사울세우기, 낮은정사울세우기, 충립공), 사초심기 및 나무심기 등으로 조성하며 현지 상황에 따라 적절한 것을 선택한다.

1-3. 일반적 시공요령

○ 해안방재림조성사업은 모래가 내륙으로 이동하는 것을 막고, 그 배후에 묘목을 식재하여 해안방재림을 조성하며, 해안침식 방지사업은 모래언덕을 쌓거나 콘크리트흙막이 또는 큰돌쌓기로 해안침식을 방지한다. 해안방재림조성은 1년차에 객토를 실시하고, 2년차에 조림을 시행한다.

○ 파랑(波浪)이 심한 곳은 모래언덕이 침식되지 않도록 모래언덕의 전면에 파도막이를 축설한다.

○ 앞모래언덕(前砂丘)을 조성하기 위하여 퇴사울세우기(堆砂垣)를 시공하며, 퇴사지는 사초로 피복하여 고정한다.

○ 모래언덕 고정공사는 육지 쪽에서 시작하여 순차적으로 바다 쪽을 향하여 진행하며, 모래언덕 뒤에는 해안방재림을 조성한다.

○ 모래이동이 정지된 모래땅(砂地)에는 정사울세우기(靜砂垣)를 시공하고, 정사울 안에는 해안의 모래땅에 잘 견딜 수 있는 수종의 큰 나무를 식재한다.

○ 모래날림이 극심한 지역은 정사울세우기와 모래언덕 피복공사를 동시에 실시하여 그 효과를 높인다.

○ 모래언덕의 나무심기는 식재구덩이의 객토와 비료 및 지주 설치 등에 의하여 그 성공 여부가 좌우된다. 따라서 식재할 때 충분한 비료를 시비하고, 객토를 실시하며, 비료목을 혼식한다.

2. 공종별 표준시공요령

2-1. 파도막이(防浪工; tide prevention works)

□ 개요

파도막이는 앞모래언덕의 하단부(脚部)가 파도 등에 의하여 파괴되는 것을 방지할 목적으로 설치하는 구조물이다. 파도막이에는 이전부터 파도막이바자얽기, 파도막이울짱얽기 및 파도막이돌망태쌓기 등이 이용되었지만, 최근에는 콘크리트판, 콘크리트블록 등의 2차 제품이 주로 사용되고 있다.

□ 시공장소

○ 과거의 최대 파도 도달선보다 육지 쪽으로 앞모래언덕 하단부

□ 시공요령

○ 파도막이 방향은 원칙적으로 정선(汀線)과 앞모래언덕에 평행하도록 설치하고, 그 정부(頂部)는 수평이 되도록 한다.

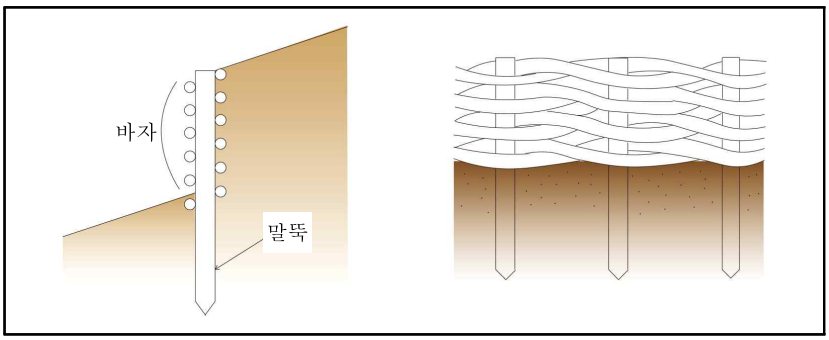
○ 파도막이의 높이는 통상의 파도에 의하여 모래언덕의 하단부가 세굴 또는 파괴되지 않을 정도의 높이로 한다.

○ 파도막이는 모래언덕의 바다 쪽에 설치하지만, 모래언덕이 정선에서 떨어져 있는 경우가 많기 때문에 파도에 의한 침식은 비교적 적은 편이다. 따라서 강한 파도의 압력을 직접 받는 방조공과 같은 강도는 필요하지 않지만, 파도의 침식에 대해서는 충분히 내구성이 있어야 한다.

○ 파도막이바자얽기의 높이는 40-50㎝를 표준으로 하지만, 최근에는 해수면이 높아지고 파도가 높아지는 것을 고려하여 현지상황에 맞게 조정한다.

○ 기타 파도막이바자얽기의 시공요령은 산지사방의 바자얽기 공사와 동일하다.

□ 개념도



파도막이바자얽기 개념도

□ 시공사진





파도막이 시공지(좌 : 큰돌쌓기파도막이, 우 : 판자파도막이)

2-2. 해안침식지 복구

□ 개요

풍랑 등으로 인하여 해안침식이 진행되고 있는 지역을 대상으로 현지에 적합하고 경관이 저해되지 않는 재료를 선택하여 흙막이·돌쌓기·큰돌쌓기 등의 구조물을 설치하고, 수림대를 조성하도록 한다.

□ 시공장소

○ 풍랑, 해일 및 쓰나미 등에 의하여 해안침식이 진행되고 있는 지역

○ 해안의 침식방지와 함께 지역주민의 안전과 재산을 보호할 지역을 우선적으로 선정

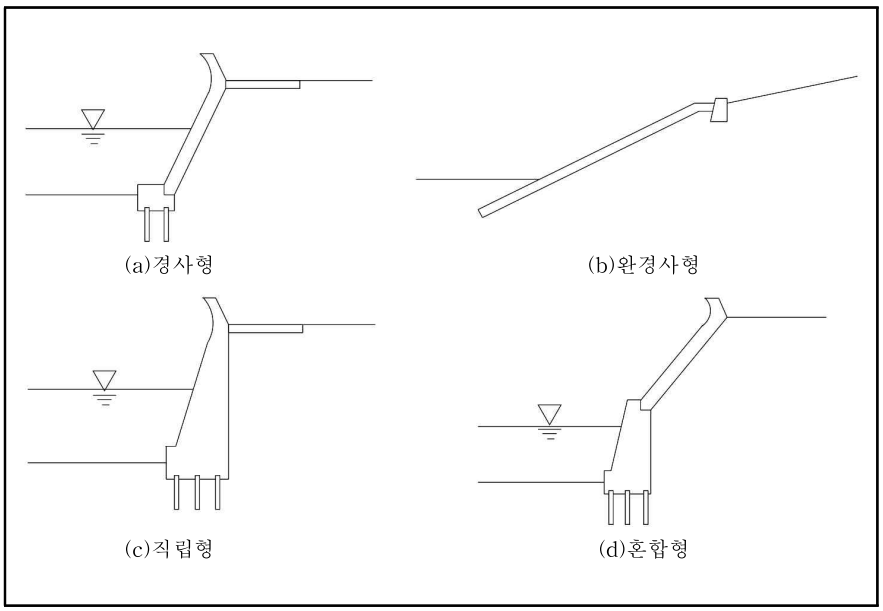
□ 시공요령

○ 해안침식지 복구에 시공하는 구조물의 기초는 최대한 깊게 설치하여 풍랑 등에 의한 침식을

방지한다.

- ○ 구조물은 지형을 고려하여 설치해야 하고, 해안선의 선형에 돌출되지 않도록 하며, 계획고는 방파제 설치기준에 따른 최고 만조위선을 초과하도록 설치하여야 한다.
- ○ 토사비탈면이나 모래 등이 쌓이고 있는 지역은 초본류나 관목 등을 파식하여 모래날림 등을 방지한다.
- ○ 해안침식지 복구사업지의 내륙에 해안방재림이 조성되어 있지 않은 곳은 3열 이상의 수림대를 조성하며, 수림대 조성은 염해에 강한 큰 나무를 식재한다.
- ○ 식재할 때 충분한 시비와 객토를 실시한다.

□ 개념도



해안침식지 복구 개념도

□ 시공사진



해안침식지 복구

2-3. 퇴사울세우기(堆砂垣工; sand dune fixation-hedge works)

□ 개요

퇴사울세우기는 해안으로부터 모래날림이 많은 경우에 이동하는 모래를 퇴사울타리의 배후에 퇴적시켜 인공모래언덕을 조성하기 위하여 설치한다.

□ 시공장소

○ 모래언덕은 사빈(砂濱)이 발달한 해안에서는 바다쪽에 앞모래언덕을 조성하고 육지쪽에는 주모래언덕을 조성

○ 모래언덕의 조성순서는 육지쪽부터 시작하여 점차 해안쪽으로 진행하는 것이 일반적

□ 시공요령

○ 퇴사울타리의 위치는 계획하는 모래언덕 정선의 연직선보다 약간 육지 쪽에서 시작한다. 즉, 첫 번째의 퇴사울타리는 아래 그림의 시공순서 1에 위치하게 하고, 두 번째 퇴사울타리의 위치는 첫 번째 울타리의 직상 또는 약간 바다 쪽(0.5 ~ 1.0m 정도)에 위치하도록 한다.

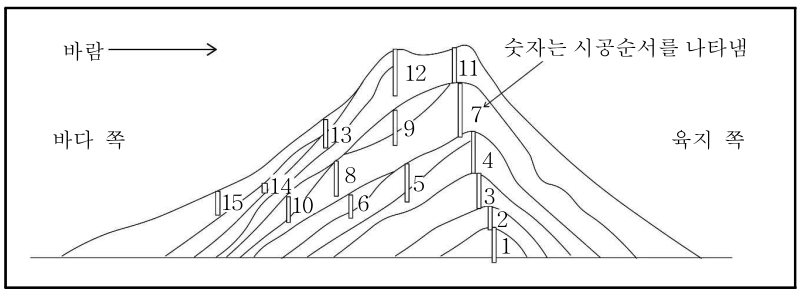
· 육지 쪽에 쌓이는 모래는 점성이 약하기 때문에 기울기가 급하면 바람에 무너지기 쉽고, 퇴적상태도 불안정하다. 따라서 부득이하게 육지 쪽에 설치할 때는 지주를 세우거나 바다 쪽에 망을 설치하여 풍도(風倒)를 방지한다.

○ 퇴사울타리의 방향은 해안선과 직교할 경우는 주풍(主風)방향에 직각으로 설치하는 것이 원칙이지만, 계절에 따라 풍향이 일정하지 않는 경우는 주울타리에 보조울타리를 설치하여 바람받이 쪽의 기울기를 수정하거나 지그재그로 설치한다.

○ 퇴사울타리의 간격은 평균 최대풍속에도 모래날림이 발생하지 않는 풍속(지상 1m의 풍속 6m/s) 이하로 억제할 수 있는 통풍성(通風性)이 유지되어야 한다.

· 일반적으로 퇴사울타리에 의한 모래날림의 퇴사지점은 풍속이 크고 간격이 넓을수록 후퇴한다. 즉, 퇴사울타리의 간극이 지나치게 조밀하여 방풍물체(갈대·대나무 등)와 간극비가 2:1보다 조밀하거나 간극은 적당할지라도 강풍에 의하여 퇴사울타리에 모래가 부착하면 퇴사울타리의 간극을 막아 풍도되는 경우도 있다.

· 따라서 방풍물체의 통풍 정도와 간극률은 모래언덕의 형상과 바람의 힘, 그리고 모래의 입경 등에 따라 다르지만 통상 1:1로 하고, 경우에 따라서는 1:2로 한다.



퇴사울타리의 시공순서

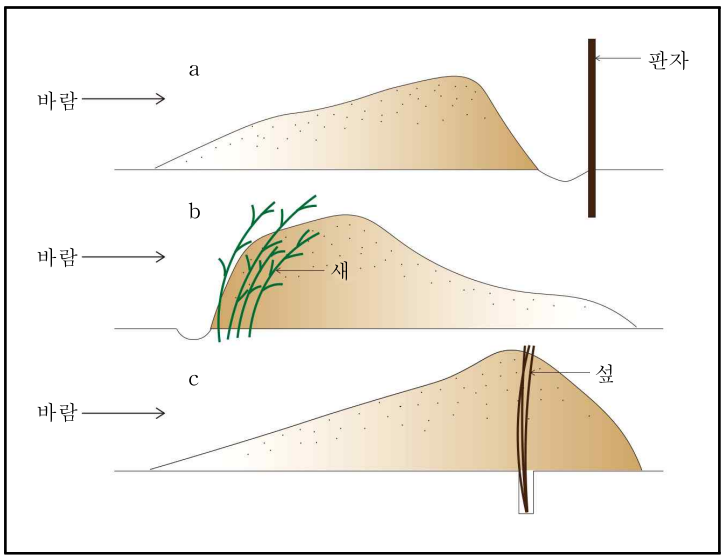
○ 모래의 퇴사상황은 퇴사울타리의 굴요성(屈橈性)과도 관계되므로 퇴사울타리는 투과성이 있지만, 굴요성이 없는 것이 적합하다.

· 판자울타리와 같이 투과성과 굴요성이 없는 경우에는 판자울타리를 따라 바람이 움직이므로 판자의 기초부에 구멍을 만들어 퇴적시킨다(아래 그림의 a 참조).

· 초본류(草本類)와 같이 투과성과 굴요성이 풍부한 경우에는 풍속은 약해지지만, 모래는 통과하여 퇴적된다(아래 그림의 b 참조).

· 통과성이 있지만, 굴요성이 없는 섶울타리와 같은 경우에는 투과성의 정도에 따라 모래는 울타리를 중심으로 퇴적한다(아래 그림의 c 참조).

○ 퇴사울타리의 높이는 풍력·모래의 양 등에 따라 결정되지만, 일반적으로 강풍에 의한 풍도를 막기 위해서는 1.0m 정도로 하고, 정상은 수평이 되도록 한다. 또한, 퇴사울타리 하부를 충분히 매설하지 않으면 풍혈(風穴)이 생겨 퇴사울타리가 파괴되므로 충분히 매설하여야 한다.



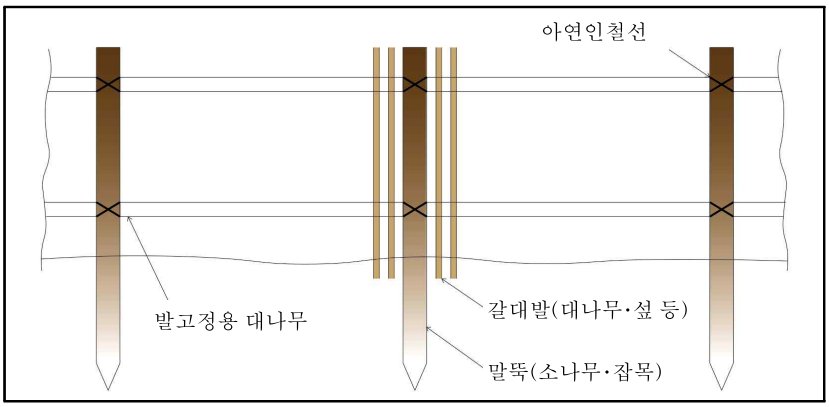
퇴사울타리의 종류와 퇴사형태

○ 퇴사울타리의 사용재료는 퇴사가 종료될 때까지 내구성을 유지할 수 있는 것을 선정하여야 한다. 일반적으로 말뚝재료로는 곰솔·소나무·낙엽송·참나무류·잡목 등이 사용되고, 방풍재로는 섶·갈대·참억새·대나무·플라스틱망 등이 사용되지만, 구하기 쉽고 내구성이 있는 것을 선정한다.

○ 퇴사울타리에 의하여 조성된 모래언덕이 바람침식을 받을 우려가 있는 지역은 모래언덕의 꼭대기에 40-60㎝ 정도의 구정바자얽기(丘頂編柵工, wicker works on sand dune)를 축설한다.

· 구정바자얽기는 산지사방의 바자얽기 공사에 준하며, 풍혈이 생기지 않도록 20㎝ 정도를 땅속에 묻어야 하고, 바자의 정부는 반드시 수평으로 설치한다.

□ 개념도



퇴사울타리 개념도

□ 시공사진



퇴사울세우기

2-4. 정사울세우기(靜砂垣工; sand dune stabilizing hedge works)

□ 개요

정사울세우기는 식재예정지에 수목의 생육환경을 조성하기 위하여 후방의 풍속을 약화시키고, 모래의 이동을 막는 것을 목적으로 모래덮기와 사초심기를 병행하는 것이다. 토양고결제나 표면처리제로 지표면을 고정하기도 하며, 사용재료는 식재 수목을 보호하기 위하여 필요한 기간까지 내구성을 유지할 수 있는 것을 사용한다.

□ 시공장소

○ 앞모래언덕의 뒤쪽으로 바람에 의한 모래날림을 방지하고, 해안방재림 조성에 필요한 모래땅

□ 시공요령

○ 정사울타리의 방향은 방풍 및 정사효과(靜砂效果)를 최대로 발휘하기 위하여 주풍방향에 직각이 되게 한다. 또한, 지형적 제약에 의해 주풍방향에 직각으로 설치하기 곤란한 경우는 방풍

시설의 방향에 상관없이 주풍방향에 직각으로 설치하여 효과가 발휘되도록 한다.

○ 정사울타리의 높이와 크기는 식재 수목의 높이 등을 고려하여 결정하지만, 일반적으로 유효높이는 1.0-1.2m로 하며, 구획의 크기는 한 변의 길이가 7-15m의 정사각형이나 직사각형으로 하는 것이 일반적이다.

· 정사낮은울세우기나 충립공(衝立工; 식재공의 풍상에 새류 등을 세워 바람이 식재목에 직접 닿지 않도록 설치하는 것)을 설치하지 않을 경우에는 4×4m의 정사각형 또는 2×4m의 직사각형으로 한다.

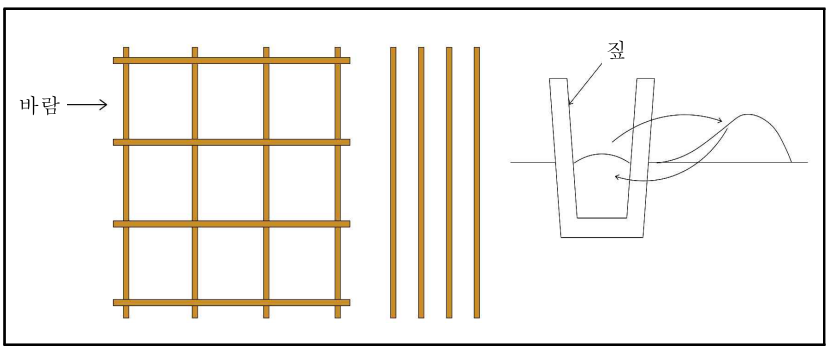
· 정사울타리를 설치한 후에 구획 내부에 ha당 10,000본의 곰솔 등의 묘목을 식재한다.

○ 정사낮은울세우기(靜砂立工, sand dune stabilizing low-hedge works)는 정사울세우기의 구획을 다시 작게 구획하여 모래의 이동에 의한 해, 염해, 한해, 풍해 등으로부터 식재 수목을 보호하기 위하여 설치한다.

· 높이는 지상 30 ~ 50㎝로 하며, 아래쪽 20 ~ 30㎝는 모래땅에 박아 빗물 등이 땅속으로 침투되도록 하며, 통풍비는 1:1로 한다.

· 재료는 모래땅에 수분을 공급하고, 주변의 임지로부터 비산해오는 식물의 종자를 포착하여 발아를 촉진시키기 위하여 짚·갈대·섶 등을 사용한다.

□ 개념도



정사울세우기 개념도

□ 시공사진



정사울세우기 시공지

2-5. 모래덮기(覆砂工, 伏工; sand dune covering works)

□ 개요

모래덮기는 퇴사울세우기 또는 인공모래쌓기 등에 의해 인공적으로 조성된 모래언덕이 식생으로 녹화될 때까지 모래언덕의 표면을 갈대·거적·새·섶·짚 등으로 피복하여 수분을 보존하고, 모래날림을 방지하기 위하여 시공한다.

□ 시공장소

○ 퇴사울세우기나 인공모래쌓기에 의해 조성된 모래언덕

□ 시공요령

○ 먼저 모래언덕의 표면을 정지한다.

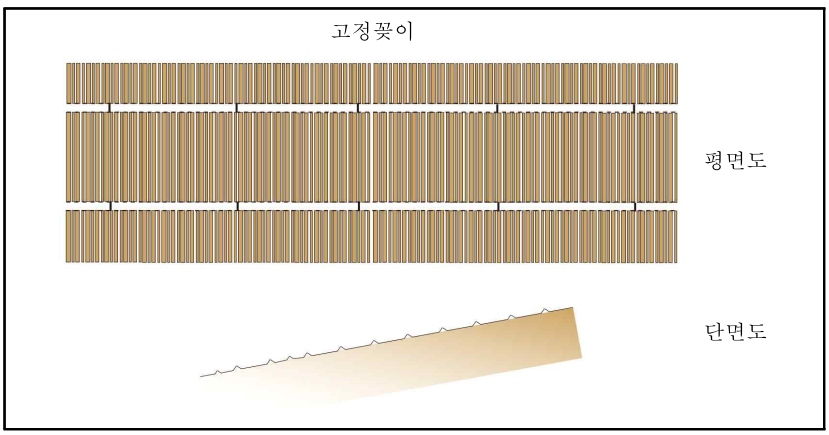
○ 평평하게 다듬어진 곳에 섶·짚·갈대 등을 바람의지쪽(風下面)에서 바람받이쪽(風上面)으로 표면에 밀착시켜 피복하고, 그 위에 대나무와 새끼 등으로 견고하게 고정시킨다.

○ 섶이나 나뭇가지(枝條)의 밑부분인 근원부는 바람받이쪽을 향하게 하고, 끝부분은 바람의지쪽을 향하게 하며, 나뭇가지 제1열의 끝이 제2열의 앞부분에 겹치도록 시공한다.

○ 강풍지역에서는 각 열을 따라 나뭇가지나 간벌재를 올려놓은 후에 갈고리형의 말뚝으로 고정한다.

· 나뭇가지의 밀도는 바람의 강도나 모래날림의 정도에 따라 조정한다.

□ 개념도



모래덮기 개념도

□ 시공사진



모래덮기

2-6. 사초심기(砂草植栽工; sand-grass planting measures)

□ 개요

사초심기는 해안의 모래땅에 잘 자라고 모래언덕 고정기능이 높은 사초를 수목 식재 예정지의 전면(全面)에 식재하는 것이다. 즉, 화본과·사초과·국화과 등에 속하는 초본류 중에서 내풍성·내염성이 강하고, 퇴사에 의한 매몰·건조·더위에 강하여 모래땅에서도 잘 생육하는 사초를 식재하여 퇴사울타리와 정사울타리가 부식된 후에도 모래언덕을 피복·고정하는 것을 목적으로 한다.

□ 식재장소

○ 퇴사울타리와 정사울타리가 시공된 모래언덕의 식재 예정지 전면

□ 식재요령

○ 사초의 식재방법에는 다발심기(把植, bundle planting)·줄심기(列植, row planting)·망심기(網植, net planting) 등이 있으며, 일반적으로 바람받이쪽에는 망심기, 바람의지쪽에는 줄심기를 한다.

· 다발심기는 사초 4 ~ 8포기를 한 다발로 만들어 30 ~ 50㎝ 간격으로 심는 것으로서 묶음 모양에 따라 둥근다발심기(丸把植)와 넓적다발심기(平把植)로 구분한다.

· 줄심기는 1 ~ 2주를 1열로 하여 주간(株間)거리 4 ~ 5㎝, 열간(列間)거리 30 ~ 40㎝가 되도록 식재하고, 줄 방향은 주풍방향에 직각이 되게 심는다.

· 망심기는 사초를 바둑판의 눈금같이 종·횡으로 줄심기를 하여 모래의 이동을 방지하고, 망구획의 크기는 2m×2m로 하며, 내부에도 사이심기(間植)를 한다.

○ 씨뿌리기는 사초심기 대신에 사초류 또는 기타 초본류의 종자를 직접 모래땅에 파종하는 것으로서 파종방법·파종량·파종시기 등은 산복녹화공사의 씨뿌리기에 준한다.

○ 식재하는 사초는 모래가 퇴적되어도 고사하지 않고 기는줄기나 땅속줄기가 발달하여 모래층을 잘 긴박해야 한다.

· 화본과 : 갯개고리풀, 갯쇠보리, 새, 솔새, 띠 등

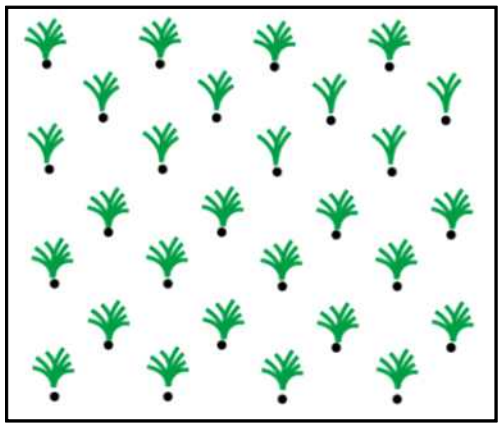
· 사초과 : 보리사초, 통보리사초, 솔보리사초, 행부자(숨복사지) 등

· 국화과 : 갯쑥부장이, 갯쑥, 갯씀바귀, 갯상근, 갯메꽃, 갯질경, 모래지치, 갯보리, 큰개미자리, 자귀풀, 사철쑥 등

· 콩과 : 갯완두 등

· 도입 품종: American beach grass, Weeping love grass, Switch grass 등

□ 개념도



사초심기 개념도

□ 시공사진





사초심기

2-7. 해안방재림 조성(海岸防災林造成; coast disaster prevention forest project)

□ 개요

해안방재림은 해안의 염풍 아래에서 성립한 산림군락으로서 내륙과는 그 조성과 구조가 다른 산림이다. 성립장소에 따라 해빈림(海濱林), 해애림(海崖林), 기수림(汽水林)으로 나눌 수 있다.

□ 시공장소

○ 미등록지를 포함한 국·공유지와 빈지(濱地) 등을 우선 사업대상지로 하며, 사유지는 소유주의 동의를 받아 사업을 실행

2-7-1. 대상지 선정

○ 미립목지에 신규로 조성하는 것을 원칙으로 하며, 소규모 조성에 따른 군생 및 점생 식재보다는 일정 규모 이상의 사업지를 우선 대상지로 한다.

○ 해안선으로부터 내륙 300m 이내의 구역에 조성하며, 조성 폭은 현지여건에 따르지만 가능하면 60m 이상이 되도록 한다.

○ 해양수산부, 국방부, 문화체육관광부, 국립공원관리공단 등 관계기관 및 지역주민들과 사전에 협의하여 추진한다.

2-7-2. 조사

해안방재림 조성을 계획하거나 설계할 때에는 사업의 목적과 내용 등에 따라 계획적으로 조사하여야 하며, 조사대상의 범위는 해안방재림 조성예정지 및 보전대상구역을 포함하도록 한다.

가. 조사항목

해안방재림의 조성계획 및 설계에 필요한 조사항목은 지형조사, 토양·토질·지질 조사, 기상조사, 해상 및 표사 조사, 임황 및 식생 조사, 황폐현황 조사, 사회적 특성 조사, 기타 중에서 사업목적에 따라 선택한다.

해안방재림 조성을 위한 주요 조사항목

	지형	토양・지질	기상	해상・표사	임황・식생	사회적 특성
모래언덕 조성	○	○	○	○	○	○
해안방재림 조성	○	○	○		○	○

나. 조사순서

조사의 순서는 원칙적으로 예비조사→현지조사→정리의 순으로 실시한다. 예비조사는 현지조사를 효율적으로 실시하기 위하여 기존 자료(각종 문헌, 공공기관의 출판물 등)를 수집하고, 지역주민의 청취조사를 실시한다. 또한, 현지조사는 예비조사 결과를 검증하고, 현지상황을 파악하기 위해 보다 상세하게 답사하며, 필요에 따라서는 관측측정·측량 등을 실시한다.

다. 식재계획

식재계획을 작성할 때는 식재지의 토양조건·기상조건·사회조건 등의 조사결과에 근거하여 가장 적절한 수종·식재본수·혼효비율·식재방법 등을 결정하고, 객토와 시비 등에 대해서도 충분한 검토해야 한다.

○ 낙엽수종 만으로 조성하는 경우, 낙엽기에는 방재효과가 감소하기 때문에 계절에 관계없이 강풍, 쓰나미 등의 재해에 대비하기 위하여 상록교목을 혼식하여 조성한다.

○ 해안지역에서는 곰솔과 같은 내염성교목의 생장이 양호하지만, 소나무재선충병 등과 같은 각종 병해충에 대비하여 단일 수종보다는 다른 수종과 혼합하여 조성한다.

○ 특히, 향토수종의 교목과 내음성이 강한 교목·관목 등이 잘 혼합되어 재해에 강한 구조가 되도록 혼효복층림으로 조성한다.

라. 수종 선정

해안방재림 조성대상지의 환경조건 등을 충분히 검토한 후에 다음의 조건이 구비된 것을 선정한다.

① 양분·수분에 대한 요구가 적을 것
② 모래날림·조풍·한풍 등의 피해에 잘 견딜 것
③ 바람에 대한 저항력이 강할 것
④ 온도의 급격한 변화에 잘 견딜 것
⑤ 병·충해에 강할 것
⑥ 울폐력(鬱閉力)이 좋고, 낙엽·낙지 등에 의해 지력(地力)을 증진시킬 수 있을 것
⑦ 생활환경이나 풍치의 보전·창출에 적합할 것

○ 우리나라의 해안방재림 조성에 일반적으로 식재되고 있는 수종에는 곰솔·소나무·섬향나무·노간주나무·사시나무·떡갈나무·해당화·아카시나무·보리장나무·순비기나무·팽나무 등이 있다.

○ 또한, 위성류·사스레피나무·후박나무·멀구슬나무·예덕나무·돈나무 등도 식재 가능한 수종이다.

○ 해안의 모래땅은 토양의 이화학적 조건이 매우 나쁘기 때문에 주 임목의 성장을 조장하기 위해서는 싸리나무류·오리나무류·아카시나무·자귀나무·보리수나무·보리장나무·소귀나무 등의 비료목을 혼식한다.

○ 최근 재선충과 같은 병·충해가 확산되고 있으므로 병·충해에 강한 수종 또는 저항성 육종묘목 등을 선정할 필요가 있다.

마. 식재방법

○ 해안방재림의 밀도가 지나치게 높은 경우는 방풍대를 통과한 바람의 풍속이 회복되어 감풍효과(減風效果)가 줄어들기 때문에, 목표밀도는 정면을 기준으로 밀폐도가 60 ~ 70%를 유지하도록 조절하여 방풍효과를 높이도록 한다.

○ 식재본수는 토양·기상조건·정선으로부터의 거리 등을 고려하여 결정하며(표준 : 10,000본/ha), 조기에 수림화를 유도하기 위해 밀식하여 식재(기준본수는 상층목 2,000본 이상, 하층목 5,000본 이상)한다.

○ 해안 쪽에는 사스레피나무와 같은 내염성 관목으로 폭 2 ~ 3m 정도의 희생림(바다 쪽 최전선부에 목적으로 하는 내륙의 해안방재림이 안정될 때까지 완충작용을 하도록 조성하는 숲)을 조성한다.

○ 묘목은 침엽수 30 ~ 50㎝, 활엽수 1m 내외의 큰 나무를 식재하고, 활착률 제고방안을 마련하며, 식재 후 묘목이 바람에 흔들리지 않도록 지주를 설치한다.

○ 해안지역은 수분과 양분이 부족하므로 객토를 실시해야 하는데, 객토는 부분객토로서 부식토와 같은 비옥한 흙을 한 구덩이에 1 ~ 3ℓ씩 넣어 모래와 잘 섞은 후에 사용한다.

○ 수분증발을 방지하고 토양양료를 공급하기 위해 짚·녹비·퇴비·울타리 재료의 부스러기 등의 보습재를 묘목 1본당 400g 정도씩 모래 속 20 ~ 30cm 깊이에 묻어둔다.

○ 볏짚깔기는 식재수목의 뿌리나 줄기가 짚에 직접 닿지 않도록 짚의 위쪽을 모래로 피복한 후 그 위에 식재하는 것이 중요하다. 볏짚깔기의 양은 식재수목 1본당 400g 정도를 표준으로 한다.

○ 볏짚덮기는 일반적으로 식재수목의 주위나 식재지 전면에 실시하고, 사용하는 양은 식재수목 주위에 실시하는 경우에는 1본당 300g, 식재지 전면에 실시하는 경우에는 ha당 6,000 ~ 10,000kg를 표준으로 한다.

○ 충립공은 강풍지역에서 볏짚·새 등으로 엮은 지주를 식재수목의 바람받이쪽에 세워 바람이 식재수목에 직접 닿지 않도록 하며, 바람에 의한 식재수목의 수분증발을 억제하여 활착률을 높이고, 강우를 땅 속에 침투시켜 모래땅의 건조방지에 도움을 주려는 것으로 모래땅 조림에는 효과적인 방법이다.

· 보호재는 식재수목으로부터 15㎝ 정도 떨어진 바람받이쪽에 배치하며, 폭 30㎝, 높이 40㎝ 정도로 하는 것이 일반적이지만, 묘목의 크기를 고려하여 결정한다.

○ 시비는 식재 후 초기생장에 양분의 요구도가 높으므로 3년 동안은 연속하여 시비하고, 그 후는 5년 간격으로 시비한다. 침엽수와 활엽수별로 비료 요구도가 다르기 때문에 시비량을 조절한다.

○ 비료의 종류는 식재지의 상태에 따라 다르지만 지효성 비료를 기본으로 하며, 필요에 따라서는 속효성 비료를 함께 사용한다. 해안의 모래땅 식재에 사용되는 비료의 일반적인 구비조건은 다음과 같다.

① 효과가 빠르고, 오랫동안 시비효과가 있는 것
② 잘 유실되지 않는 것
③ 다른 성분과 잘 결합하지 않는 것
④ 사용이 편리한 것

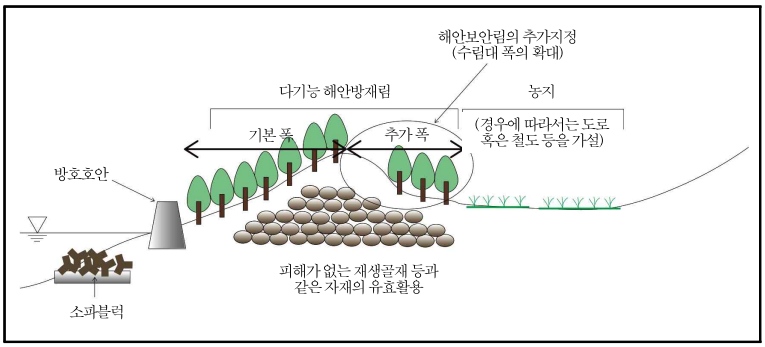
바. 강풍 및 염풍막이 구조물

○ 해안방재림과 희생림 사이에는 지주와 방풍책을 설치하고, 사람과 가축 등의 출입으로 인해 피해가 예상되는 곳에는 울타리를 설치한다(필요시에는 지주 및 퇴사공사·정사공사 실시).

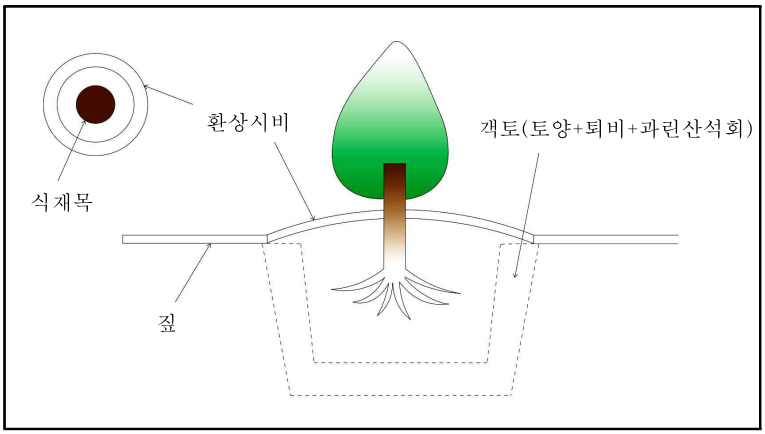
○ 방풍책은 건축에 사용되고 있는 아연도금쇠파이프 등을 조립식으로 설치하여 식재수목의 생장에 맞추어 높이를 조절할 수 있는 구조로 하며, 방풍망은 방풍효과와 내구성이 있는 재료로서 경관을 저해하지 않는 제품으로 식생을 고려하여 설치한다.

○ 식재수목의 단목(單木)별로 내륙방향을 제외한 3방향에 보호책을 설치하여 풍해를 줄이고, 앞모래언덕의 여러 곳에 방풍울타리를 설치한다.

□ 개념도



해안방재림 개념도



해안방재림 나무심기 개념도

□ 시공사진



해안방재림 나무심기



해안방재림조성지의 방풍책



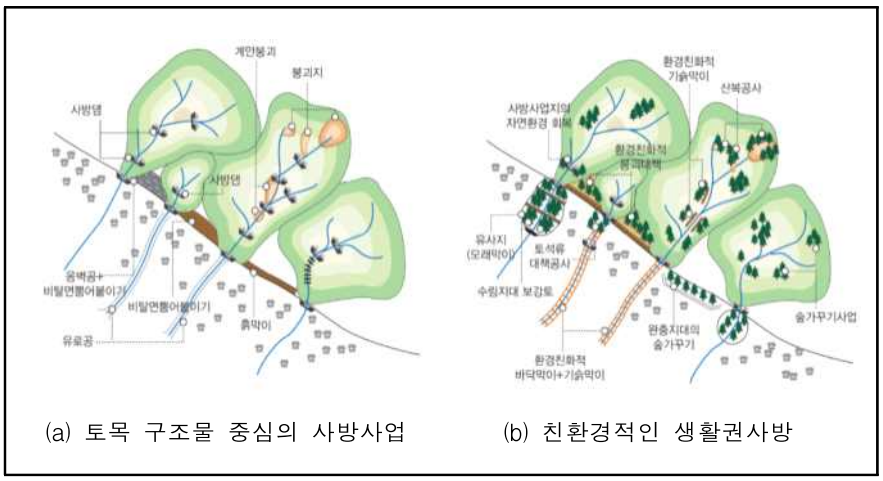
해안방재림조성사업

Ⅴ. 생활권사방

1. 생활권사방의 개요

1-1. 생활권사방의 목적

생활권사방(生活圈砂防, urban erosion control works)은 토사재해에 강한 지역을 조성하고, 도시지역의 도시환경, 풍치환경, 생태계 및 종다양성의 보전과 육성, 도시의 무질서한 택지화 방지 및 건전한 레크리에이션 장소의 제공 등을 목적으로 시행하는 사방공사이다. 넓은 의미에서는 산복기초공사·산복녹화공사·계간공사·비탈면보강공사 및 산복공사 등이 포함되지만, 좁은 의미에서는 비탈면보강공사의 비탈면보호공사가 이에 해당된다.



(a) 토목 구조물 중심의 사방사업　　(b) 친환경적인 생활권사방

생활권사방에 의한 사방대책

따라서 자연비탈면보다 주로 인위적으로 만들어진 땅깎기비탈면이나 흙쌓기비탈면과 같은 훼손지(형질 변경지)에서 토양침식을 예방하기 위한 사방기술을 중심으로 경관조성기술을 도입하여 국토보전, 환경보전과 경관보호, 훼손지복구 및 식생복원 등을 이루어 개발과 자연을 최대로 조화시키는 데에 목적을 둔 사업에 제한한다.

1-2. 생활권사방의 분류체계

1-2-1. 자연비탈면

사방공사가 필요한 관광지, 공원, 주택지 또는 마을 입구의 자연적으로 훼손된 비탈면으로서 경관적 복구가 요구되는 비탈면이다.

1-2-2. 인공비탈면

도시계획과 도로개설 시에 조성되는 땅깎기 및 흙쌓기 비탈면은 그 유형과 특성(구성내용)에 따라 적용공법이 달라져야 하기 때문에 생활권사방을 계획할 때는 이점에 대하여 세심한 주의가 요구된다.

가. 땅깎기비탈면(切土斜面, 切開斜面; cut-slope)

산지를 개발할 때 땅깎기공사에 의해 발생되는 땅깎기비탈면은 비탈면의 구성물질에 따라 암석비탈면, 토사비탈면 및 토석비탈면으로 구분된다. 또한, 암석비탈면은 암석의 풍화정도에 따라 경암·연암·풍화암비탈면으로 구분되고, 구성입자 크기에 따라 토사비탈면과 토석비탈면으로 구분되며, 비탈면의 종류에 따라 복구공종과 녹화기술이 다르게 적용된다.

나. 흙쌓기비탈면(盛土斜面; banking slope)

땅깎기·굴착·터널공사 등을 시행할 때 생산되는 잉여 토석에 의해 조성된 비탈면으로서, 토석의 종류에 따라 암석쌓기비탈면, 사력(砂礫)쌓기비탈면 또는 흙쌓기비탈면등으로 구분된다.

1-3. 일반적 시공요령

1-3-1. 비탈다듬기

가. 자연비탈면과 인공비탈면은 모두 연속성을 유지할 수 있도록 비탈다듬기를 실시한다.

나. 규모가 큰 비탈면은 수직높이 3~5m 정도마다 또는 적당한 곳에 소단(小段)을 설치하여 분할하는 것이 안전하다.

다. 급경사 지역의 땅깎기비탈면은 상부일수록, 흙쌓기비탈면은 하부일수록 비탈면을 완만하게 하여야 한다.

라. 대규모 땅깎기비탈면은 세로 또는 가로방향으로 비탈다듬기를 실시하여 비탈면이 전체적으로 부드러운 선형(線形)을 유지되도록 한다.

마. 비탈어깨 부위의 붕괴를 방지하고 비탈경관을 부드럽게 하기 위해 모난 부위를 다듬어 자연비탈면과 연계되도록 라운딩공사(rounding)를 한다.

1-3-2. 비탈면 식재

가. 비탈면 식재를 위한 비탈면 기울기는 관목인 경우 1:2, 교목인 경우 1:3보다 완만하게 조성한 후 땅깎기비탈면에는 비탈면 상단에, 흙쌓기비탈면에는 비탈면 하부에 각각 식재한다.

나. 비탈면에는 교목 식재 또는 큰나무 이식은 실시하지 않는 것이 바람직하다.

다. 비탈면에 가급적 식생을 도입하고, 돌 또는 콘크리트 구조물에는 덩굴식물을 식재하여 피복·은폐시킨다.

1-3-3. 땅깎기비탈면 적용공법의 선정

가. 땅깎기비탈면의 토질, 암석비탈면의 경우에는 암석의 풍화정도에 따라 적용공법을 선정한다.

나. 모래층비탈면은 토양유실을 방지하기 위하여 격자틀을 붙이고, 전면객토를 실시한 후에 파식하며, 사질토비탈면은 비교적 침식에 약하므로 전면파식에 의하여 식생을 조성한다.

다. 자갈이 많은 비탈면은 떼붙이기보다는 종비토뿜어붙이기나 격자틀붙이기가 효과적이고, 점토비탈면은 표면침식보다는 동상침식과 붕괴가 발생하기 쉬우므로 떼붙이기를 실시하는 것이 효과

적이다.

라. 경암비탈면은 돌출부를 제거한 후 낙석방지망덮기 또는 새집붙이기를 시공하고, 연암비탈면은 후층객토(厚層客土)를 실시한 후에 식생을 조성하거나 종비토뿜어붙이기를 실시하는 것이 효과적이다. 식생은 재래종과 도입종을 혼합하여 파종하는 것이 효과적이다.

1-3-4. 흙쌓기비탈면 적용공법의 선정

가. 흙쌓기비탈면의 토질에 따라 적용공법을 선택한다.

나. 모래층비탈면 또는 사질토비탈면은 반드시 좋은 흙으로 복토한 후에 식생을 조성해야 하며, 돌붙이기나 콘크리트블록붙이기를 시공할 때는 붕괴될 위험이 있으므로 산비탈돌쌓기 등의 기초공사를 시공한 후에 실시하여야 한다.

다. 점토비탈면은 점성이 약한 곳은 복토하지 않고도 식생을 도입할 수 있지만, 점성이 강한 비탈면에는 부분적으로 복토하거나 콘크리트블록붙이기를 시공한다.

라. 자갈이 많은 비탈면은 객토 또는 복토한 후에 식생을 조성하거나 돌붙이기 또는 콘크리트블록붙이기를 시공한다.

마. 대규모 비탈면은 격자틀붙이기나 힘줄박기를 병행하여 시공한다.

바. 용출수가 유출되는 비탈면에는 돌망태속도랑, 돌망태겉도랑, 보링배수공법 등을 시공하면 효과적이다.

1-4. 공종별 표준시공요령

1-4-1. 자연석쌓기(自然石築石工; natural-stone masonry)

□ 개요

자연석쌓기는 자연석을 주변 환경과 조화롭게 축설하여 비탈면의 안정을 유지하고, 경관을 조성할 목적으로 시공하는 공법이다.

□ 시공장소

○ 도시의 도로 주변이나 주택, 공원, 관광지 및 휴양림 주변

□ 시공요령

○ 비탈면의 안정성을 확보한 후에 시공한다.

○ 땅깎기비탈면의 하부에 산비탈돌쌓기를 시공하고, 그 상부에 산비탈돌쌓기와 잘 조화되도록 돌을 배치한다.

○ 자연석은 고색(古色)이 짙고, 운치가 있는 것을 사용토록 한다.

○ 선돌 사이에는 회양목, 눈향나무, 진달래 및 철쭉 등과 같은 관상수를 심어 경관성을 높인다.

○ 돌쌓기의 기본은 주석(主石)과 부석(副石)으로 시작하여 삼석(三石), 오석(五石), 칠석(七石) 등과 같이 홀수로 하는 것이 바람직하다.

□ 개념도



자연석쌓기의 개념도

□ 시공사진



비탈면 자연석쌓기



자연석쌓기와 관목을 식재한 비탈면

1-4-2. 격자틀붙이기(latticed-block pitching works, grating crib works)

□ 개요

격자틀붙이기는 경사가 급한 비탈면에서 침식을 방지하고 비탈면을 녹화하기 위하여 전체 비탈면에 시공하는 비탈안정용 녹화공종으로서 비탈면 주변의 지형, 지질, 위치적인 환경 또는 인접 구조물과의 경관적 조화를 고려하여야 한다. 사용재료에 따라 콘크리트블록격자틀붙이기, 합성재블록격자틀붙이기, 철재격자틀붙이기와 통나무격자틀붙이기 등이 있다.

□ 시공장소

○ 비탈면의 기울기가 급하고 토질이 불량하여 비탈침식 또는 비탈붕괴가 발생할 위험이 있는 곳

□ 시공요령

○ 비탈면의 물리적 안정 및 녹화가 이루어질 수 있도록 토압과 지형을 충분히 고려하여야 한다.

○ 비탈면이 불규칙하고 요철이 심한 곳에는 콘크리트블록이 비탈면에 잘 부착되도록 비탈다듬기를 실시하여야 한다.

○ 붕괴될 위험이 있는 흙쌓기비탈면에서는 기초공작물을 견고히 시공한 후에 계통적으로 격자틀을 조립하고, 각 격점(格点)에는 구조물의 이격을 방지할 수 있도록 비탈면 지질에 따라 철근핀·록볼트·앵커 등으로 고정한 후에 콘크리트로 채운다.

○ 비탈면의 최하단부에는 기초콘크리트(수평축대벽 등)공사를 실시하여 받침으로서의 기능이 충분히 발휘되도록 하여야 하며, 둑마루는 수평이 유지되도록 한다.

○ 원지반에서 용출수가 유출되거나 유수가 집수되기 용이한 곳에는 속도랑을 시공하여야 한다.

○ 격자틀 내부의 토양이 유출되는 것을 방지하기 위해 비탈면의 특성에 따라 틀 내부에 식생을 도입하거나 잡석 또는 콘크리트 등을 부착하며, 콘크리트·모르타르뿜어붙이기 등을 실시한다.

격자틀붙이기 내부의 보호공사

구 분	공 법	주요 목적	비탈면 기울기	기타 조건
식생공사(경관배려)	평떼붙이기·식생매트붙이기	표층붕락·풍화·침식방지	안정물매(기울기)	凹凸비탈면 가능
	식생객토반붙이기	표층붕락·풍화·침식방지	1:1보다 완만한 비탈면	凹凸비탈면 가능
	종자뿜어붙이기	표층붕락·풍화·침식방지	안정물매(기울기)	凹凸비탈면 가능
붙임공사	돌·블록붙이기	표층붕락·풍화·침식방지	1:1보다 완만한 비탈면	용출수 지역 가능
	콘크리트치기	표층붕락·박리방지	무근 1:1, 철근 1:0.5의 비탈면	-
	낙석방지망 설치	표층의 낙석방지	제한 없음	용출수 지역 가능
뿜기공사	모르타르 뿜어붙이기	표층붕락·풍화·침식방지	제한 없음	凹凸비탈면 가능
	콘크리트 뿜어붙이기	표층붕락·풍화·침식방지	제한 없음	凹凸비탈면 가능

① 콘크리트블록격자틀붙이기

○ 콘크리트블록격자틀붙이기는 녹화공사만으로는 비탈면의 침식을 방지하기 곤란한 급경사 비탈면,

특히 비탈면 안정을 위하여 무거운 격자틀로 비탈면을 지지하여야 할 곳에 시공한다.

- ○ 비탈 전체의 수직 높이는 원칙적으로 5m 이하로 한다.
- ○ 길이는 안채움 공사의 물리적 안정을 유지하기 위해 1.0m를 표준으로 한다. 폭이나 두께는 흙쌓기비탈면 10㎝ 이상, 땅깎기비탈면 15㎝ 이상을 표준으로 한다. 격자틀 한 개의 무게는 약 27 ~ 30㎏ 정도가 적당하다.
- ○ 설치 기울기는 원칙적으로 1:1보다는 완만하게 설계해야 하지만, 토질에 따라서는 1:0.8 정도의 기울기까지 설계하기도 한다.
- ○ 격자블록은 주로 프리캐스트 제품이 사용되므로, 시공시에 격자블록의 교차부분은 미끄럼방지용 말뚝 또는 앵커철근으로 고정한다.
- ○ 블록격자틀의 내부는 식생(떼)으로 채우는 것이 가장 바람직하지만, 식생이 생육하기 어려울 경우에는 조약돌이나 콘크리트 등으로 적절히 채운다.
- ○ 블록격자틀의 내부를 콘크리트붙이기, 돌박기, 콘크리트블록붙이기 및 돌찰붙이기 등으로 충전할 경우는 반드시 물빼기구멍을 설치하여 비탈격자틀의 배면수(背面水)를 배출시켜야 한다.
- ○ 물빼기구멍은 원칙적으로 비탈면적 2~3㎡에 1개소를 설치하며, 구멍의 지름은 30~50㎜ 정도의 것을 사용한다.
- ○ 특히 용출수가 다량으로 유출되는 곳은 속도랑을 설치하여야 한다.

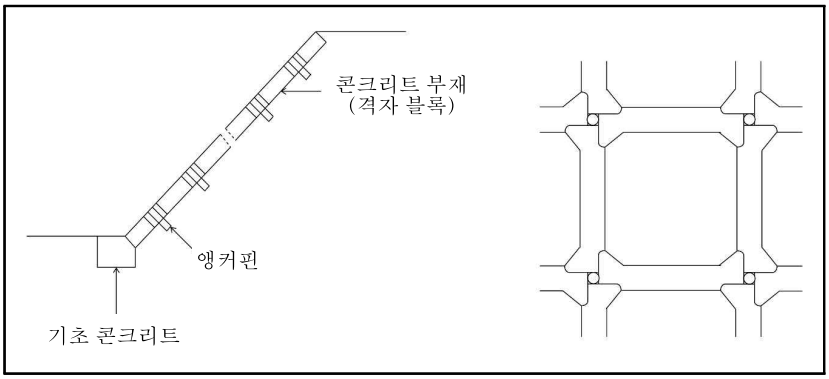
② 경질염화비닐제 블록격자틀붙이기

- ○ 경질염화비닐제 블록격자틀붙이기는 PE, PY 및 FRP격자블록 등을 이용하여 땅깎기비탈면과 흙쌓기비탈면의 물리적 안정 및 녹화를 위한 공사에 사용한다.
- ○ 경질염화비닐제 블록격자틀은 콘크리트블록 격자 틀에 비해 무게가 가볍기 때문에 시공이 용이하다는 장점이 있는 반면, 시공 후 지표토층의 침하 등에 의해 형틀이 쉽게 변형되거나 파손되기 쉬우므로 시공 시에는 주의를 요한다.
- ○ 또한, 무거운 격자블록으로 비탈면을 지지하여야 하는 곳에는 부적합하다는 단점이 있다.
- ○ 기타 시공요령은 콘크리트블록격자틀붙이기에 준한다.

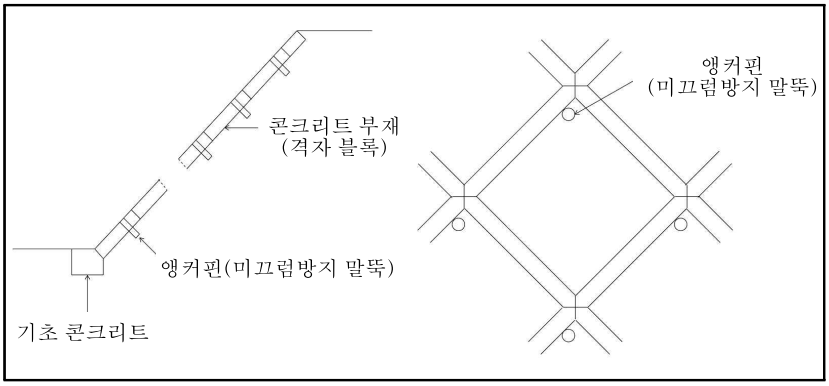
③ 통나무격자틀붙이기

- ○ 통나무격자틀붙이기는 주로 간벌재 등을 길이 0.6 ~ 1.0m 정도로 절단하여 도로개설 지대와 같이 경관성을 필요로 하는 땅깎기 및 흙쌓기비탈면의 물리적 안정 및 녹화를 위한 공사에 사용한다.
- ○ 최근에는 지름 10~15㎝ 정도의 목재를 박피 후에 방부 처리하여 사용한다. FRP 등의 소재에 비해 친자연적이지만, 수명이 짧다는 단점이 있다.

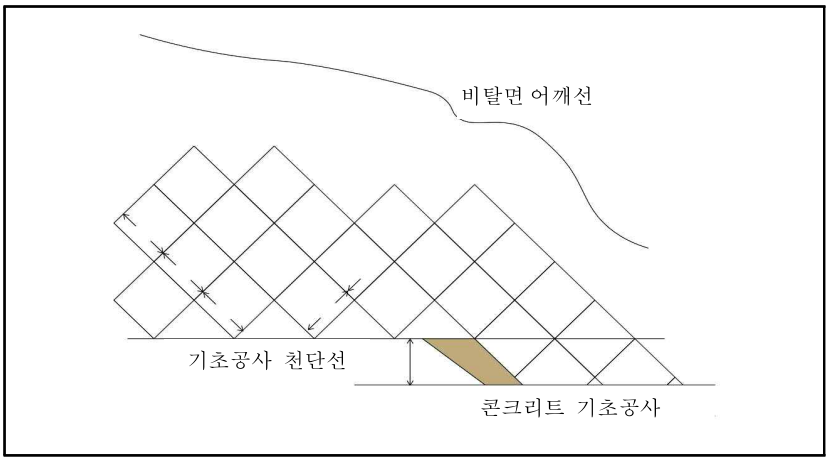
□ 개념도



땅깎기비탈면의 콘크리트블록격자틀붙이기 개념도



흙쌓기비탈면의 콘크리트블록격자틀붙이기 개념도



격자틀붙이기의 공사계획도

□ 시공사진



콘크리트격자틀블록붙이기 (육각형틀) 시공지



합성제 블록격자틀붙이기 (육각형틀)의 시공



땅깎기비탈면의 콘크리트블록격자틀붙이기 시공지
(하부는 콘크리트블록옹벽)



땅깎기비탈면의 목재격자틀붙이기 시공지



격자틀 내부 돌채움 시공지

1-4-3. 비탈힘줄박기(斜面枠工, 現場打枠工; slope stabilizing crib works, free-frame works)

□ 개요

비탈힘줄박기는 큰크리트블록격자틀붙이기로는 비탈면의 물리적 안정을 기대하기 곤란한 곳에 직접 거푸집을 설치하고, 콘크리트치기를 하여 뼈대(힘줄)를 만든 후 내부에 작은 돌이나 흙을 충전하여 녹화하는 비탈면 안정공법이다. 힘줄박기의 모양에는 사각형·삼각형·계단상수평띠 모양의 틀 등이 있으며, 콘크리트 구조물은 경관성을 높이기 위해 식생으로 피복한다.

□ 시공장소

○ 비탈면의 기울기가 급하고(1:0.8 이상), 석력이 많은 불안정한 비탈면

○ 지하수 또는 누수에 의해 침식이 심하게 발생하고 있는 비탈면

□ 시공요령

○ 비탈면 일부분에 한하여 제한적으로 힘줄박기를 시공할 경우에는 그 효과를 충분히 기대할 수 없으므로, 전체 비탈면에 시공하는 것이 효과적이다.

○ 각 공작물의 기초를 견실하게 시공하여 콘크리트힘줄이 침하되거나 파괴되지 않도록 주의해야 하며, 가능한 한 콘크리트힘줄의 간격을 넓혀 경관성을 향상시키도록 한다.

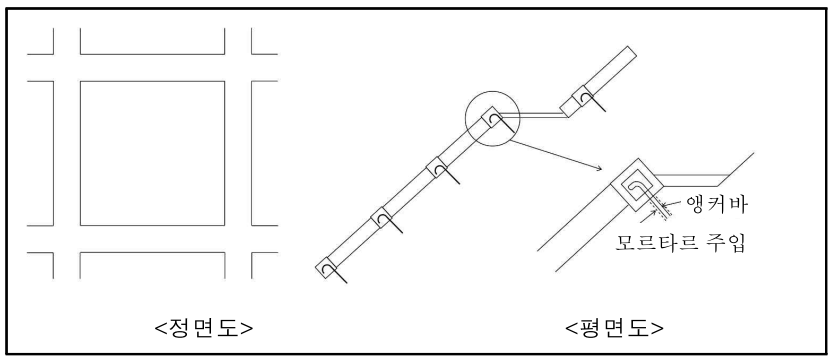
○ 부재(部材)의 단면은 일반적으로 나비와 두께를 각각 20㎝ 정도로 하며, 틀의 길이는 부재 나비의 5 ~ 10배 정도로 한다. 또한, 틀의 교차점은 앵커로 고정하여 보강한다.

○ 틀 내부의 채움재는 현지 재료의 구득 여부에 따라 결정되지만, 가능한 한 객토 등을 실시하여 도입식생이 왕성하게 생육할 수 있는 기반을 조성한다.

○ 비탈면의 최하단에는 수평방향으로 옹벽형 콘크리트 기초공사를 실시하여 힘줄박기 공작물이 변형되거나 이격되지 않도록 해야 한다.

○ 비탈어깨의 최상부에는 돌림수로를 설치하여 상부 비탈면으로부터 유수가 유입되는 것을 방지해야 하며, 비탈면 수로의 설치에도 유의해야 한다.

□ 개념도



비탈 콘크리트힘줄박기의 개념도

□ 시공사진



콘크리트힘줄박기와 평떼붙이기(내부)

1-4-4. 콘트리트블록쌓기(concrete-block masonry works)

□ 개요

콘크리트블록쌓기는 비탈면을 안정시킬 목적으로 각종 쌓기용 콘크리트블록을 돌쌓기의 시공요령에 따라 블록쌓기를 실시하는 비탈면 안정공법이다. 블록의 면 모양은 정방형과 다각형이 있고, 블록의 한 변의 길이는 35 ~ 45㎝ 정도로서 스톤블록·킹견치블록·게다블록·IC블록·일자블록 등이 주로 활용되고 있다.

□ 시공장소

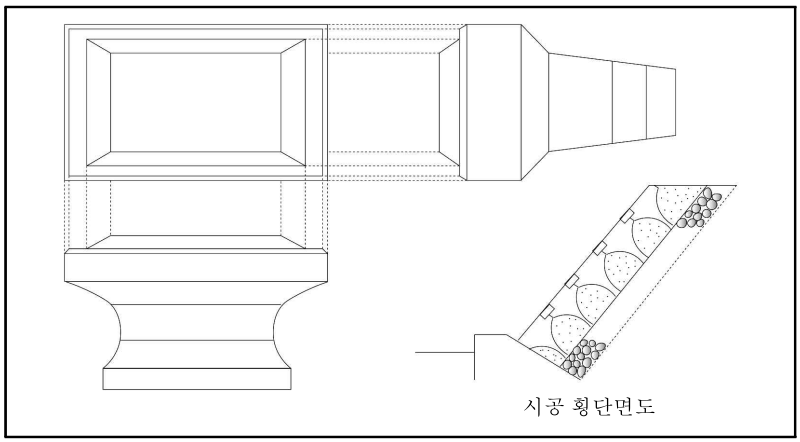
○ 콘크리트블록쌓기는 비탈면의 기울기가 1:0.5 이상인 급한 비탈면으로서 붕괴의 우려가 있는 곳

□ 시공요령

○ 콘크리트블록쌓기의 높이는 보통 3m 이내로 시공하는 것이 바람직하지만, 부득이 높게 쌓을 경우에는 벽면의 안정을 확보하기 위해 단위면적당 중량이 큰 것과 뒷길이가 충분히 긴 것을 사용한다.

○ 기타 시공요령은 산비탈돌쌓기와 동일하다.

□ 개념도



견치블록의 규격 및 시공횡단면 구조

□ 시공사진



콘크리트블록쌓기 (스톤블록)



콘크리트견치블록쌓기
(오른쪽은 킹블록)

1-4-5. 돌붙이기(斜面張石工; stone pitching on slopes)

□ 개요

돌붙이기는 비탈면이 풍화, 침식, 박리(剝離) 또는 붕괴현상 등이 현저하여 녹화공사만으로는 비탈면의 물리적 안정을 기대하기 곤란한 경우에 시공하는 공종으로서 돌, 콘크리트블록 및 콘크리트 붙이기 등이 사용되고 있다.

□ 시공장소

○ 식생도입이 곤란한 기울기 1:1(경사 45°) 이하의 비탈면, 주로 수변지역의 기슭막이에 시공

□ 시공요령

○ 돌붙이기를 실시하기 전에 비탈다듬기를 실시한다.

○ 돌메붙이기(空張工, stone dry-pitching works)는 비탈면의 기울기가 완만하고 용출수가 있는 표토침식 지역을 대상으로 3m 이하로 시공한다.

○ 돌찰붙이기(練張工, wet pitching)는 용출수가 없지만 균열과 절리가 발달한 암반지역의 붕락을 방지할 목적으로 시공한다.

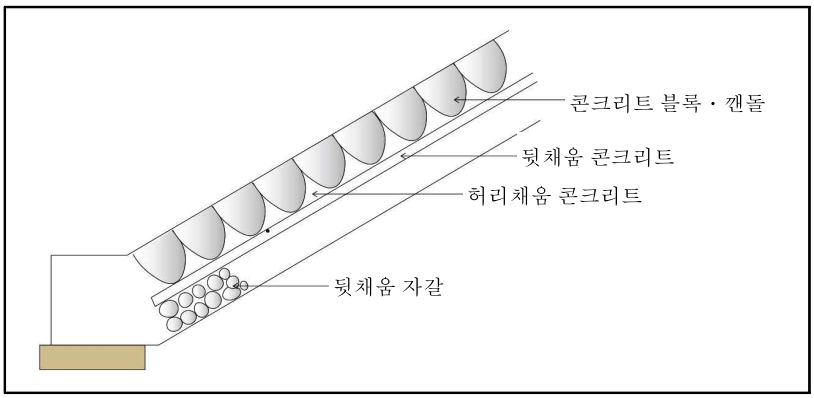
○ 콘크리트붙이기(concrete pitching works)는 풍화되기 쉬운 암반비탈면에 15 ~ 20㎝의 두께로 콘크리트를 타설하여 암반의 풍화를 방지할 목적으로 시공하며, 동토(凍土)지대에서는 두께를 적절히 증대시켜 시공한다.

○ 물빼기구멍은 지름 30 ~ 50㎜ 정도의 PVC관, FRP관 등을 사용하여 시공지 2~3m^2에 1개소 정도를 표준으로 설치한다.

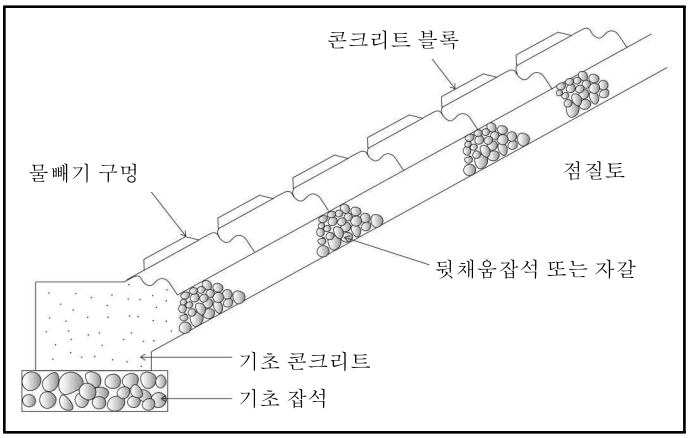
○ 신축줄눈은 원칙적으로 5m 정도의 간격으로 설치한다.

○ 시공지 주위에서 석재를 구득하기 곤란하여 석재 대용으로 콘크리트블록을 이용할 경우에는 주변 경관과의 조화를 고려해야 한다.

□ 개념도



돌붙이기 개념도



비탈콘크리트블록붙이기 개념도

□ 시공사진



일자블록붙이기(수변지역의 기슭막이)

1-4-6. 콘크리트뿜어붙이기(숏크리트공법; concrete spraying method, shotcrete measures)

□ 개요

콘크리트뿜어붙이기는 급경사의 대규모 암반비탈면에서 각종 암석이 노출되어 파종이나 식재 등의 녹화공사를 직접 도입하기 곤란하거나 비효율적인 경우에 암석의 풍화와 붕락을 방지하기 위해 시공하는 암반안정공종이다. 시멘트모르타르뿜어붙이기도 여기에 포함된다.

□ 시공장소

○ 대규모 급경사 암석노출 비탈면으로서 붕괴될 위험이 있거나 녹화공사가 불가능한 비탈면

□ 시공요령

○ 시공 대상지에 생육하는 초목 등을 제거한 후 압력수나 에어젯트(air jets)로 비탈면의 먼지·이토(泥土)·뜬돌 등 콘크리트가 부착하는 데에 장애가 되는 물질을 완전히 제거한다.

· 압력수가 지나치게 강하여 뿜어붙이기 바닥면이 이질화(泥質化)될 위험이 있는 곳은 이를 과도하게 사용해서는 안 된다.

○ 지표유하수가 유입될 위험이 있는 비탈면에서는 비탈 상부에 돌림배수로를 설치하며, 비탈면 내부로부터 지하수가 유출될 경우에는 뿜어붙이기를 실시할 비탈면의 배면에 물빼기구멍이나 속도랑내기를 실시하여 용출수가 배출될 수 있도록 한 후에 시공한다.

· 물빼기구멍은 지름 30~50㎜의 PVC관을 2~3㎡당 1개 정도로 설치한다.

○ 물매가 급한 비탈면에는 철사망과 와이어로프 등을 설치한 후 설치한 자재가 코어(core)가 되도록 일정 두께의 모르타르 또는 콘크리트로 뿜어붙이기를 실시한다.

· 철사망과 와이어로프는 원지반에 앵커로 고정하거나 상부에 앵커를 박고 와이어로프로 결속·고정하여 뿜어붙이기를 실시할 모르타르와 콘크리트가 미끄러지지 않도록 해야 한다.

○ 건식 콘크리트뿜어붙이기는 골재의 최대입경이 25㎜이하, 세골재율(細骨材率)이 60 ~ 80%, 시멘트 : 세골재 : 조골재의 비율은 1:4 ~ 5:2 ~ 3이 되도록 한다. 습식 콘크리트뿜어붙이기는 골재 최대입경이 15㎜이하, 세골재율이 60 ~ 80%, 그리고 시멘트 : 세골재 : 조골재의 비율은 1:4 ~ 5:1 ~

2가 되도록 한다.

○ 보강배근 또는 와이어로프의 철근은 비탈면의 상태에 따라 ∅ 9 ~ 11㎜의 철근을 적절히 선택하며, 50 ~ 100㎝ 간격으로 배근 위에 앵커바(anchor-bar)로 고정시킨다.

· 철근 또는 와이어로프의 간격이 좁은 경우에는 작업할 때에 콘크리트가 튕길 수 있으므로, 간격은 보통 50㎝ 이상이 되도록 한다.

○ 보강용 철사망의 와이어 메시(wire mesh, 용접 철망)는 비탈면의 상태에 따라 ∅ 2.0 ~ 3.2㎜, 망눈 50 ~ 100㎜의 것을 사용하고, 합침이 1눈 이상이 되도록 하여 비탈면의 요철에 잘 접착되도록 시공하며, 철사망은 보강 와이어로프에 결속선으로 연결시킨다.

○ 앵커바용 환강은 비탈면의 상태에 따라 적절한 것을 선택하지만, 보통은 ∅ 16 ~ 11㎜ × 50 ~ 100㎝의 이형철근을 1m^2마다 1개를 표준으로 비탈면에 고정한다.

○ 비탈면의 요철이 심하여 철망이 앵커바만으로 고정될 수 없는 부분은 앵커핀(anchor pin)을 보조적으로 사용하여 고정한다. 보통은 ∅ 9 ~ 13㎜ × 15 ~ 30㎝의 것을 1m^2마다 3 ~ 5개를 표준으로 철사망에 고정한다.

○ 뿜어붙이기를 실시할 때의 노즐은 비탈면에 직각이 되도록 유지하고, 비탈면으로부터 1.0m 정도의 거리에서 4 ~ 6kg/m^2의 압력으로 뿜어붙인다.

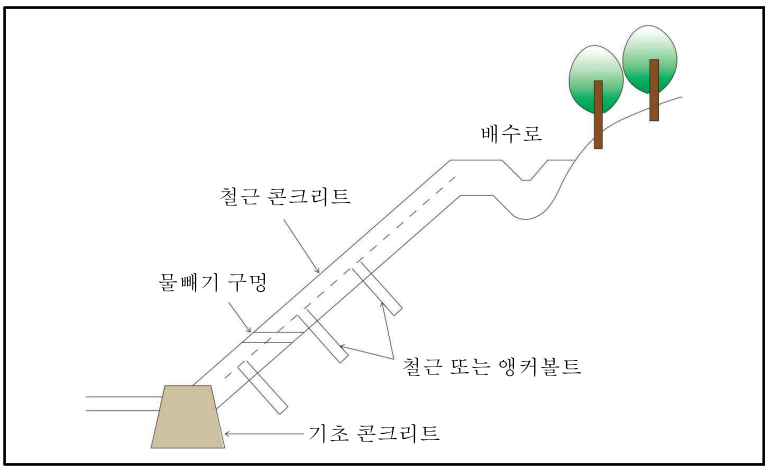
○ 시멘트모르타르뿜어붙이기의 두께는 원칙적으로 5 ~ 10㎝로 하지만, 동결융해의 피해가 예상되는 지역에서는 10㎝ 이상으로 한다.

· 콘크리트뿜어붙이기의 두께는 원칙적으로 10 ~ 20㎝로 하지만, 동결융해의 피해가 예상되는 지방에서는 20㎝ 이상으로 한다.

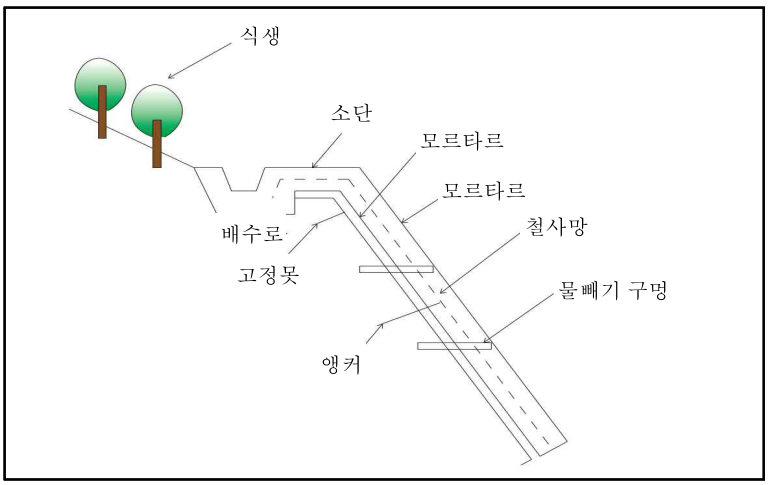
○ 시공할 때에 검측용 측정봉을 가로, 세로 각각 5m 간격으로 설치하고, 최소 뿜어붙이기는 설계두께의 75% 이상이 되도록 하며, 합격률은 80% 이상이 되어야 한다.

○ 시공 후에는 필요한 강도를 확보할 때까지 온도 5℃ 이상과 적절한 습기를 유지시킨다.

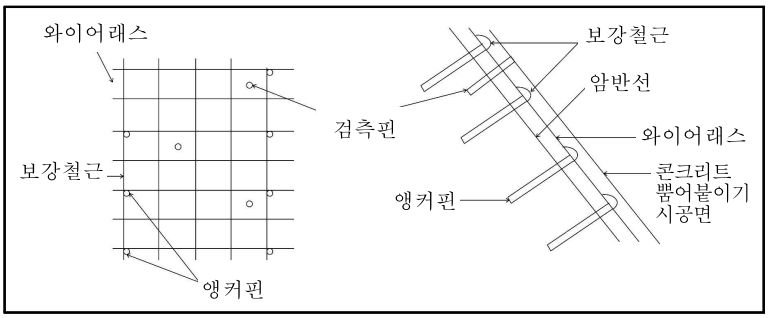
□ 개념도



콘크리트뿜어붙이기 개념도



시멘트모르타르뿜어붙이기 개념도



암반비탈콘크리트뿜어붙이기 개념도

□ 시공사진



시멘트모르타르 뿜어붙이기



시멘트모르타르 뿜어붙이기와 앵커박기
(비탈면의 경관처리)

1-4-7. 새집공법(巢箱工; nesting gradoni structures)

□ 개요

새집공법은 암반비탈면에 반달형의 제비집 모양으로 잡석을 쌓고, 내부를 흙으로 충전한 후 식생을 조성하는 점적(點的)인 암반비탈면 녹화공종이다. 새집공법은 주로 요철이 심한 암반비탈면에 설치하지만, 채석장과 같이 요철이 적은 지역에는 식생상(植生箱, vegetation -box)으로 시공하여 녹화한다.

□ 시공장소

○ 요철이 심한 암석 땅깎기비탈면으로 콘크리트뿜어붙이기, 직접 씨뿌리기 또는 나무심기 등이 곤란한 비탈면

□ 시공요령

○ 암반비탈의 凹부에 새집 공작물을 설치할 터파기와 터다듬기를 실시한 후 주위의 깬 잡석 등을 수집하여 제비집 모양을 구축한다.

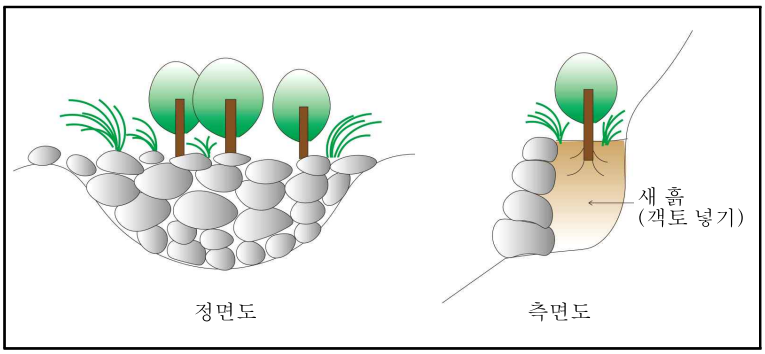
○ 새집 공작물은 길이 2 ~ 3m, 폭 0.6 ~ 1.0m, 높이 0.5 ~ 1.0m를 표준으로 한다.

○ 찰쌓기로 새집 공작물을 축설한 경우에는 반드시 물빼기구멍을 설치하여 새집 공작물 안에 빗물이 고이지 않도록 한다.

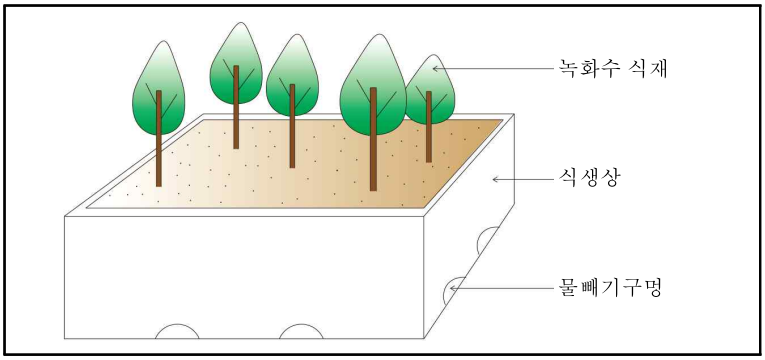
○ 식생상(植生箱)은 점상(点狀) 또는 선상(線狀)인 식생녹화대(植生綠化袋)로 조성하며, 주로 콘크리트·합성수지(FRP, GRP, RPM) 제품·인조목재·인조석재·목재 등으로 제작한다. 크기는 시공장소와 시공여건에 따라 다르지만, 안쪽은 길이 0.8 ~ 1.0m, 나비 0.5 ~ 0.6m를 표준으로 하며, 견고하게 제작해야 한다.

○ 새집공작물 내부를 객토로 충전한 후에 관목류와 덩굴식물을 식재한다. 객토에 유기질 비료성분을 보충할 필요가 있는 곳에는 완숙한 퇴비 등의 유기질 비료를 객토와 잘 섞어야 시비한다.

□ 개념도



암반비탈면 새집공법 개념도



식생상공법 개념도

□ 시공사진



새집공법

1-4-8. 분사식씨뿌리기(噴射式播種工法, 種子吹付工; hydro-seeding measures, seed spray measures)

□ 개요

분사식씨뿌리기는 비탈면의 면적이 크고 경사가 급하여 재래식 인력시공으로는 씨뿌리기를 실시할 수 없는 토사비탈면 또는 토양조건이 열약한 비탈면을 대상으로 종자, 비료, 전착제와 양생제를 혼합하여 압력기계로 뿜어붙이는 조기 전면녹화공법이다.

□ 시공장소

○ 토양조건이 열악한 대면적의 급경사비탈면을 조속히 녹화하여야 할 곳

□ 시공요령

○ 비탈면의 상부로부터 유수가 유입되거나 지하수가 분출하는 경우에는 흙막이, 속도랑내기, 수로내기 등 비탈면 안정을 위한 기초공사를 먼저 시공하여 강우 등에 의한 붕락을 방지한다.

○ 시공할 때에는 우선 비탈다듬기를 실시한 후에 종자의 발아를 촉진하고 분사한 부착물의 침투를 촉진하기 위하여 비탈 1㎡당 1 ~ 3 l 의 물을 미리 살포한다. 다만, 혹한기나 혹서기(무더운 여름) 및 건조기 등에는 가급적 공사를 실시하지 않는다.

○ 종자는 기타 재료들과 물을 잘 혼합하여 수압분사식 파종기(水壓噴射式播種器, hydro seeder)로 시공지에 균일하게 살포한다. 이때 사용재료는 물→종자→비료→화이버→혼합양생제의 순서로 투입하고, 10분 이상 잘 혼합하여야 한다.

○ 분사식씨뿌리기에 사용하는 종자의 종류 및 파종량은 일반 씨뿌리기에 준한다.

○ 파종 후 2개월이 경과한 시점에서 발아상태가 불량할 때에는 재차 파종한다.

○ 발아생립본수는 초본 2,000본/m^2와 목본 100본/m^2 등 총 2,100본/m^2를 표준으로 하여 시공한다.

○ 현지의 토양조건, 시공시기, 시공기술에 따라 양생제의 뿜어붙이기를 병용하여 건조피해 등을 방지하도록 한다.

○ 뿜어붙이기를 실시한 시공면은 그 위에 화이버(fiber) 종류와 시트(sheet) 종류로 피복하여 강우에 의한 빗방울침식을 방지한다.

□ 시공사진



분사식씨뿌리기의 시공



코아네트를 피복한 분사식씨뿌리기



코아네트를 피복한 분사식씨뿌리기와
콘크리트옹벽

1-4-9. 종비토뿜어붙이기(種肥土吹付工, 客土吹付工; seed-fertilizer-soil mixed spraying measures, hydro-seeding measures with seed-fertilizer-soil materials)

□ 개요

종비토뿜어붙이기는 일반적인 파종공법만으로는 식생을 조성하기 어려운 무토양 암반비탈면에 전면적으로 식생을 조성할 목적으로 시공하는 암반비탈면 녹화공종이다. 분사식씨뿌리기의 응용공법으로서 특수 분사식씨뿌리기로 표현하기도 하며, 다양한 시공방법이 개발되고 있다. 주요 재료는 물·초목종자·비료·비토(흙 또는 유기질이 많은 대용토양) 섬유류·색소·전착제·양생제 및 기타 토양미생물체 등으로 구성되고, 부재료로 철사망(부착망)·앵커바·앵커핀 및 고정용 철근 등이 사용된다.

종비토뿜어붙이기를 시공할 때에 토목용 연속장섬유를 함께 분사하여 접착강도를 향상시킨 방법을 택솔공법(TEXSOL공법)이라고 한다.

□ 시공장소

○ 암반 땅깎기비탈면으로서 붕괴될 위험성은 높지 않지만, 조기에 녹화해야 할 비탈면에 시공

□ 시공요령

○ 시공대상지는 비탈면에 용출수가 유출되는 지역을 피해야 하며, 비탈면으로 유입되는 유출수를 처리하기 위한 우회수로 등의 배수시설을 먼저 시공하여야 한다.

○ 암반 비탈다듬기가 완료된 후에는 식생기반재의 부착을 안정시키기 위하여 부착망을 비탈면 요철면에 밀착시켜 부설하고, 천공 후 암절취면의 하향 수직방향으로 앵커 및 착지핀을 견고하게 설치한다.

○ 뿜어붙이기 층의 두께, 양생제의 질과 밀도에 비례하여 녹화효과가 발휘되므로, 목표로 하는 녹화수준에 요구되는 최소한도의 공법 및 필요자재를 선택해야 한다.

○ 뿜어붙이기의 최소 두께는 설계 두께의 80% 이상이 되어야 하고, 암질 및 암절취면의 절리방향 등과 같은 지질조건에 따라 그 두께를 조절하여야 한다. 일반적으로 물매가 1:0.5 이상인 경

암과 보통암 비탈면에서는 15㎝ 정도로 하고, 물매가 1:0.5 이하인 연암과 풍화암 비탈면에서는 10㎝를 기준으로 한다.

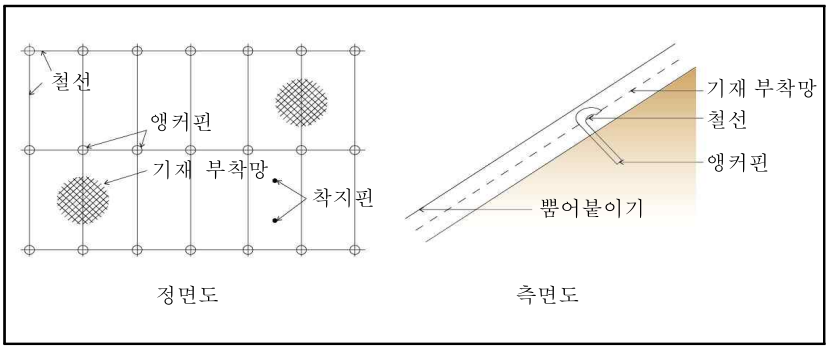
○ 뿜어붙이기 작업을 할 때에는 비탈면과 노즐을 1m 정도의 간격을 유지한 상태에서 실시하고, 비탈면 상부에서 하부를 향하여 작업을 진행하며, 내부에 공극이 발생하지 않도록 주의해야 한다.

○ 지역조건에 따라 적합한 재래종 초·목류와 외래 도입종 초류종자를 선택하여 사용하고, 그들의 혼파비율을 조절한다.

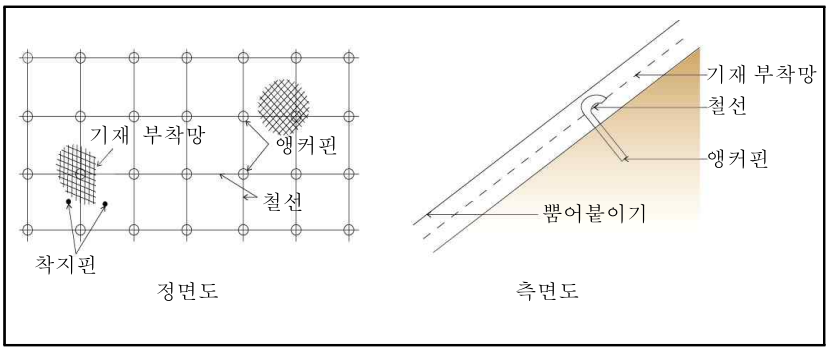
○ 두꺼운층뿜어붙이기를 시공할 경우에는 종자의 손실이 많이 발생할 수 있으므로, 다량의 종자를 파종하여야 한다.

○ 시공 후 2개월이 경과한 시점에서 발아상태가 불량할 때에는 재차 파종한다.

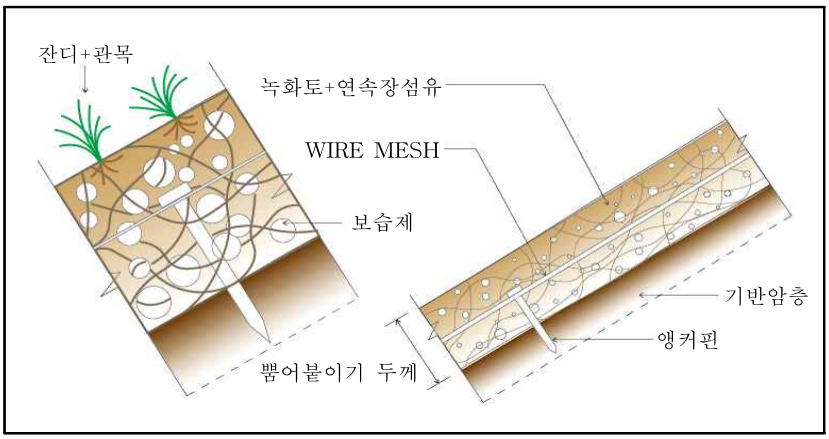
□ 개념도



연암 및 풍화암(기울기 1 : 0.5 이하) 비탈면에서의 종비토뿜어붙이기 개념도



경암 및 보통암(기울기 1 : 0.3이하) 비탈면에서의 종비토뿜어붙이기 개념도



택솔공법 개념도

□ 시공사진



종비토뿜어붙이기공법을 시공한
경암비탈면



유기화이버 종비토뿜어붙이기공법을
시공한 연암비탈면(일본 가고시마)

1-4-10. 차폐수벽공(遮蔽樹壁工; screen planting measures, green wall planting measures)

□ 개요

차폐수벽은 주로 암석을 채굴한 암반비탈이나 채석장, 그리고 땅깎기비탈면 등이 도로나 주택 등 지에서 직접 조망되지 않도록 암반비탈의 앞쪽에 수목을 2 ~ 3열로 식재하여 수벽(생울타리, 樹壁, green wall)을 조성하는 공법이다.

□ 시공장소

○ 차폐수벽은 가시권내의 도로 땅깎기비탈면과 채석장 등의 훼손된 땅깎기비탈면의 전면(前面)에 시공

□ 시공요령

○ 수벽을 조성할 때에는 차폐대상 비탈면의 적당한 전면에 가능한 한 일정 높이의 둑을 쌓고, 그 위에 수목을 식재하는 것이 차폐효과가 크다.

○ 식재지에는 객토와 시비를 병행하여 활착과 생육을 촉진시킨다.

○ 식재수종은 가급적 교목류로서 속성수종이 효과적이며, 차폐수벽 조성용으로는 다음과 같은 수종을 선정한다.

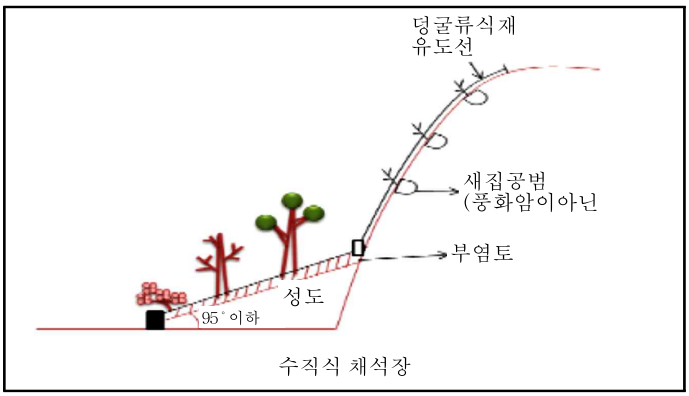
① 속성 수종 : 이태리포플러, 은수원사시나무, 대나무 등

② 내건성 수종 : 편백, 화백, 측백나무, 연필향나무, 가중나무, 버즘나무, 아카시나무, 리기다소나무, 곰솔 등

③ 하층 보완 수종(관목류) : 개나리, 사철나무, 쥐똥나무, 무궁화, 노간주나무, 아왜나무(남해안 지방) 등

○ 수벽을 3열로 조성할 때는 중앙에 활엽수 교목을 1열 식재한 후 앞뒤로 침엽수 또는 관목으로 열식(列植)하거나, 중앙에 교목을 2열로 열식한 후 앞뒤에 관목을 열식하도록 한다.

□ 개념도



채석장의 차폐수벽 개념도

□ 시공사진



대나무를 이용한 차폐수벽

1-4-11. 소단상 객토(새흙)식수공(小段上客土植樹工; soil-dressed planting measures on berm)

□ 개요

소단상 객토(새흙)식수는 주로 암석을 채굴하여 조성된 암반비탈에 적절한 간격과 나비의 소단(小段)을 설치하고, 소단 위에 객토와 시비한 후에 녹화용 수종의 묘목을 식재하여 수평방향으로 녹화하는 암반녹화공법이다.

□ 시공장소

○ 암반땅깎기비탈면 또는 석회석 채취 적지

□ 시공요령

○ 소단상 객토는 깊이 0.3m 이상, 나비 1.0m 이상을 표준으로 한다.

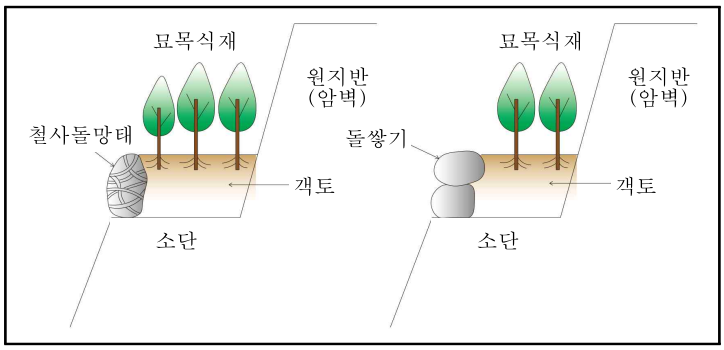
○ 소단상 객토층은 가능한 한 넓고 두껍게 설치하는 것이 식재수목의 생장에 유리하지만, 토사운반에 경비와 시간이 소요되므로 적정한 수준으로 결정한다.

○ 필요할 때에는 소단 앞에 돌망태로 흙막이를 설치하여 그 배후의 객토가 충분히 유지되도록 해야 하며, 돌망태는 KS규격에 합격한 긴 원형(지름 40㎝)의 것을 사용한다.

○ 객토는 시공대상지 부근에서 채취한 표토를 사용하고, 채석장에서는 표토 제거작업을 할 때 발생한 것을 일정 장소에 적치하였다가 사용한다.

○ 소단상 객토식수용 수종은 싸리류, 쥐똥나무, 개나리, 회양목, 병꽃나무, 조팝나무, 눈향나무, 노간주나무, 보리장나무, 사철나무, 리기다소나무, 산(물)오리나무, 사방오리나무, 담쟁이덩굴, 둥나무, 송악, 마삭줄 등이 있다. 특히 암반비탈면은 일사량이 많아 건조되기 쉽고 지표의 온도가 상승되므로, 내건성 수종을 도입한다.

□ 개념도



소단상 객토식수의 개념도

□ 시공사진



소단상 객토식수공법



소단상 객토식수공법 (용담댐 주변)

1-4-12. 생울타리(樹壁; green-wall establishments)

□ 개요

생울타리는 물리적으로 불안정한 암반비탈면과 황폐지를 차폐하거나 경관성을 향상시킬 목적으로 수목을 식재하여 울타리(수벽)를 만드는 공법이다. 공원과 주택 주위에 조성하는 울타리용 수벽과 도로변에 조성하는 차폐수벽도 있다

□ 시공장소

○ 암반비탈면, 황폐지, 도로의 굴곡부, 터널 출입구, 도로와 병행되는 노면, 철도변, 공원, 주택 주변 등에 시공

□ 시공요령

○ 수종은 가지가 밀생되고 병충해에 강한 실생묘를 선정한다. 즉, 향나무, 측백나무, 노간주나무, 보리수나무, 사철나무, 비자나무, 개비자나무, 회양목, 무궁화, 진달래, 산철쭉, 개나리, 쥐똥나무, 광나무, 조팝나무류, 피라칸다, 홍가시 등의 조경수종이 효과적이다.

○ 묘목은 보통 30 ~ 100㎝ 간격으로 2 ~ 3열로 식재하지만, 수고가 낮은 수종은 15㎝ 정도의 간격으로 밀식한다.

○ 울타리의 길이와 높이는 입지조건에 따라 결정한다.

○ 식재 당년에는 가지치기를 하지 않는 것이 좋으며, 수형을 조절하기 위하여 도장(徒長)한 가지만 솎아준다.

○ 식재한 이듬해에는 곁가지를 다듬어 주는 동시에 생장점을 다듬어 지엽의 밀생을 촉진시킨다.

○ 생육과정에서 일부 가지가 고사하여 공간이 생겼을 경우에는 새끼 등으로 부근의 가지를 유인하여 메우도록 한다.

□ 시공사진



훼손지 차폐용 생울타리



낙석방지망을 활용한 생울타리(개나리)



공원 주변의 생울타리



조경용 교목 생울타리

Ⅵ. 사방기술 관련 자료

1. 사방사업 공식

1-1. 물의 흐름에 관한 공식

1-1-1. 유속(流速; velocity)

유속이란 물과 같은 유체가 일정한 거리를 흘러가는 흐름속도이다. 동일한 유량이 흘러가도 계상기울기와 단면형상, 계류바닥 및 양안(兩岸)의 재료 등에 따라 유속이 달라진다. 유속은 유체와 계류 단면과의 마찰저항에 따라 그 크기가 달라지기 때문이다.

1-1-2. 유속의 측정

유속을 측정하기 위해서는 일반적으로 유속계를 주로 이용한다. 홍수시와 같이 유속계를 이용하여 유속을 측정하기 어려운 조건에서는 부표를 이용하여 유속을 측정하기도 한다.

1-1-3. 평균유속의 산정

흐르는 물의 점성과 단면과의 마찰 등에 따라 통수단면의 위치별로 유속이 달라진다. 평균유속이란 물이 흐르는 통수단면의 각 지점별 유속의 평균값을 의미하며, 계류에서는 보통 단위시간에 일정 통수단면을 흘러가는 물의 총량으로 구한다.

$$V = \frac{Q}{A}$$

식에서, V=평균유속(m/s), Q=평균유량(㎥/s), A=계류의 통수단면적(㎡)이다.

한편, 직접적으로 유속을 측정하기 어려운 경우에는 경험적인 공식을 이용하여 유속을 추정한다. 계류의 평균유속 추정을 위하여 다음의 공식이 주로 사용된다.

가. Chezy 공식

Chezy에 의해 개발된 수로의 평균유량 산정공식은 다음과 같다.

$$V = C\sqrt{R \cdot S}$$

식에서, C=유속계수, R=경심(R=A/P), P=윤변(m), S=계류의 계상기울기(m/m)이다.

Chezy 공식의 유속계수(C)는 흐름조건, 계류의 계상조건, 단면의 형태 등에 따라 결정되며, 아래의 Bazin 공식이나 Kutter 공식을 이용하여 구한다.

○ Bazin 구공식

$$C = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \beta/R}}$$

식에서, α와 β는 계류의 계상재료나 거칠기(粗度)에 따라 결정되는 조도계수(roughness coefficient)이며, 보통 산간계류나 야계공사에서는 α=0.0004, β=0.0007을 사용한다. 이 방법은 일반적으로 규모가 작은 계류에 적당하다.

Bazin 구공식의 조도계수

수 로 의 성 질	조도계수	
	α	β
대단히 매끄러운 수로(시멘트재, 잘 다듬어진 목재수로)	0.00015	0.0000045
매끄러운 수로(다듬은 돌, 기와나 판재수로)	0.00019	0.0000133
거친 수로(깬돌수로)	0.00024	0.00006
흙수로	0.00028	0.00035
석력이 포함된 산지계류	0.0004	0.0007

○ Bazin 신공식

$$C = \frac{87}{1 + n1/\sqrt{R}}$$

식에서, n1은 수로상태에 따른 조도계수로 SI 단위에 있어서 그 값은 다음과 같다. 계류의 조도계수는 보통 1.30-1.75를 적용한다.

Bazin 신공식의 조도계수

수로의 상태 및 시공재료	조도계수(n1)
매끄러운 수로 또는 목재수로	0.06
깎지 않은 목재, 콘크리트 또는 기와수로	0.16
깬돌수로	0.46
돌 붙임 또는 균일한 흙수로	0.85
흙이나 작은 자갈이 깔려있는 수로	1.30
매끄럽지 못한 거친 흙수로, 큰 자갈이 깔린 수로	1.75

○ Ganguillet 와 Kutter 공식

$$C = \frac{\alpha 2}{1 + \beta 2/\sqrt{R}}$$
$$\alpha 2 = 23 + \frac{1}{n2} + \frac{0.00155}{S}, \beta 2 = (23 + \frac{0.00155}{S})n2$$

위 공식에서는 계상기울기(S), 경심(R)을 고려하여 유속계수를 구한다. n2는 수로의 조도계수이며, 계류에서는 흐름조건에 따라 보통 0.03 ~ 0.035의 값을 적용한다.

나. Manning 공식

Manning 공식은 토목구조물의 설계를 위하여 개발된 경험공식으로, 최근에는 사방구조물의 설계에도 많이 이용되고 있다. Manning 공식은 다음과 같다.

$$V = \frac{1}{\mathrm{n3}} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

식에서, n3은 Manning 조도계수로서 Chezy의 유속계수(C)와는 다음의 관계를 갖는다.

$$C = \frac{R^{1/6}}{n3}$$

Manning 조도계수는 다음의 표를 이용하여 구한다.

수로벽면 재료에 따른 Manning 조도계수

수 로 벽 면 재 료	
구 분	조 도 계 수 (n3)
목재	0.01~0.016
콘크리트	0.012~0.017
돌 또는 시멘트블록 수로	0.013~0.017
균일한 흙수로	0.017~0.025
균일하지 못한 흙수로	0.025~0.033
자갈 바닥 혹은 수초가 있는 수로	0.030~0.040
수초가 무성한 식생수로	0.075~0.150
수심이 깊은 급류하천 모래의 평균체적 50㎤ 100㎤ 400㎤ 1,000㎤ 2,500㎤	 0.018 0.021 0.030 0.038 0.060
급류를 이루는 하천	0.060~0.080

계류에 따른 Manning 조도계수

구 분	계상의 상황	조도계수(n3)	
		범 위	기준
자연하천	작은 돌이나 자갈이 있는 산지하천 굵은 자갈이나 큰 돌이 있는 산지하천 점토나 사질토 바닥의 큰 하천 자갈바닥의 큰 하천	0.03~0.05 0.04 이상 0.018~0.035 0.025~0.040	
인공수로	콘크리트 인공수로 돌수로, 작은 흙수로	0.014~0.020	0.025
산지하천	자갈, 돌 혹은 일부 큰 돌로 된 바닥 큰 돌, 혹은 바위가 있는 자갈 바닥	0.03~0.05 0.04~0.07	0.04 0.05
계류			0.07
산악계곡	직경 0.5m 이상의 석력 직경 0.3~0.5m의 석력 바닥이 잘 정비된 계류 침식에 의해 모암이 울퉁불퉁하게 노출된 계류		0.08 0.07 0.06 0.05

수로의 형상 및 단면에 따른 Manning 조도계수

수로주변의 재료 또는 상태	조 도 계 수 (n3)		
	양 호	보 통	불 량
콘크리트 수로	0.012	0.014~0.016	0.018
대패질한 목재수로	0.010	0.012~0.013	0.014
마름돌로 쌓은 수로	0.013	0.014~0.015	0.017
막깬돌로 쌓은 수로	0.017	0.020~0.025	0.030
인공 흙수로			
직선이며, 균일한 단면의 흙수로	0.017	0.020~0.0225	0.025
준설한 흙수로	0.025	0.0275~0.030	0.033
측면은 흙, 바닥은 자갈로 된 수로	0.028	0.030~0.035	0.040
측면은 돌, 바닥은 흙으로 된 수로	0.028	0.030~0.033	0.035
자연하천			
직선하천이며, 수심이 깊은 곳	0.025	0.027~0.030	0.033
사행하천이며, 깊은 곳과 얕은 곳이 교차로 있는 곳	0.033	0.035~0.040	0.045
사행하천으로 자갈바닥이며, 수심이 얕은 곳	0.045	0.050~0.055	0.060
사행 및 깊고 얕은 곳의 수심 변화가 심하고 수초가 많은 곳	0.050	0.060~0.070	0.080

1-1-4. 토사나 자갈 등이 포함된 물의 유속

물에 모래나 자갈 또는 유목 등이 포함되어 흘러가면 유속이 감소한다. 이때 유속의 감소 정도는 다음 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$V_1 = \frac{r}{r + m\,(d - r)}\ V$$

식에서, V_1=사력이 포함된 물의 유속, V=사력이 없는 상태의 유속, d=사력의 단위중량, r=물의 단위중량, m=물에 포함된 사력의 정도를 나타낸다. 위 식에서 $\frac{r}{r + m\,(d - r)}$는 1보다 작으므로 V_1은 V보다 작게 된다.

1-2. 계류에서 사력의 이동

1-2-1. 임계유속(臨界流速; critical velocity of flow)

계류의 바닥에 있는 돌과 자갈 등 비점착성 물질은 흐르는 물의 소류력에 의해 이동한다. 물이 흐르는 동안에 발생한 소류력이 자갈이나 돌 등의 자체무게(자중)에 의한 저항력보다 크게 되면 사력의 이동이 발생한다.

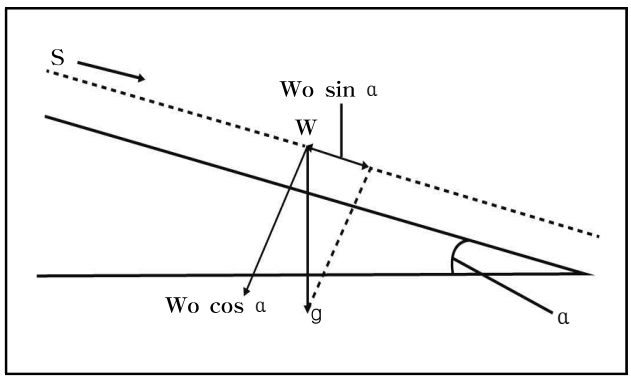
임계유속이란 흐르는 물에 의해 계류 바닥에서 침식이 일어나지 않는 최대유속을 말하며, 다음의 식에 의해 구한다.

$$V_g = \sqrt{\frac{\beta f(d-r) b \cos\alpha}{r}}$$

식에서, β=사력의 저항계수, f=마찰계수, d=사력을 포함한 물의 단위중량, r=물의 단위중량, b=사력의 유수방향의 길이, α=계류의 바닥 기울기이다.

1-2-2. 안정기울기(안정물매; slope of compensation)

안정기울기란 물에 의해 계류에서 사력의 교란은 발생하지만, 침식은 일어나지 않는 최대의 계류 바닥기울기를 말한다. 안정기울기는 사력의 형상, 경심, 계상의 상태에 따라서 달라진다.



자연 비탈면의 모식도

계류 통수단면의 평균유속(V)이 임계속도(V_g)와 같으면 계상의 침식이 발생하지 않는다. 이러한 평형상태에서는 다음식이 성립된다.

$$C\sqrt{RS} = \sqrt{\frac{\beta f(d-r) b \cos\alpha}{r}}$$

위의 식을 정리하면

$$\tan\alpha = \frac{\beta f(d-r) b}{r C^2 R}$$

식에서, f(석력 마찰계수)=0.76, r(물의 비중)=1, $\beta = \frac{1}{0.076}$ 이라고 하면,

$$\tan\alpha = \frac{0.76(d-1.0)b}{0.076 \times 1.0\, C^2 R} = \frac{(d-1.0)b}{0.1\, C^2 R}$$

1-2-3. 소류력(掃流力; tractive force)

계류를 따라 흐르는 물은 계류 바닥을 기계적으로 깎아내는 작용이 있다. 소류력은 물이 계류 바닥과 접촉하면서 흐르는 동안 발생하는 단위면적당 마찰력을 나타내며, 흐름방향의 물의 단위중량과 크기는 같고 방향은 반대이다.

소류력은 다음과 같이 표시한다.

$$\tau_0 = rR_hS_0$$

식에서, R_h=동수반경(혹은 경심), S_0=계상기울기이다. 계류의 폭이 수심에 비해 넓은 경우에는 동수경사와 수심이 거의 같아져 $R_h = y$이므로,

$$\tau_0 = ryS_0$$

로 된다. 여기서, y=계류의 수심이다.

1-3. 계류의 유량

1-3-1. 최대홍수유량 산정

최대홍수유량을 산정하는 방법에는 시우량법, 비류량법, 합리식법, 홍수위흔적법, 가정최대유량조견표(早見表)에 의한 방법 등이 있다.

가. 시우량(時雨量)법

시우량법(Lauterberg식)은 과거 황폐지 복구를 위한 사방사업에 가장 많이 적용되었던 방법으로, 대상유역의 시우량(mm/hr)과 유역면적(ha)으로부터 구한다.

$$\mathrm{Q} = \mathrm{f} \times \frac{\mathrm{A} \times 10000 \times \mathrm{h}/1000}{60 \times 60}$$

식에서, Q = 최대홍수유량(m^3/s), f = 유거계수(혹은 유출계수로, 황폐지는 0.8, 소면적에서는 1.0 사용), A = 집수구역의 면적(ha), h = 최대시우량(mm/hr)이다.

시우량법의 유출계수는 유역면적이나 토지피복 등을 고려하여 다음의 표를 이용하여 구한다.

유역면적별 유출계수

유역면적(ha)	유 출 계 수 (f)		
	장방형 유역 (폭이 넓은 유역)	원형 유역	신장형 유역 (폭이 좁은 유역)
10	1.00~0.75	1.00~0.70	1.00~0.65
10~30	0.75~0.70	0.70~0.60	0.65~0.55
30~50	0.70~0.60	0.60~0.55	0.55~0.45
50~100	0.60~0.55	0.55~0.46	0.50~0.43
100~500	0.55~0.46	0.46~0.40	0.43~0.33
500~1,200	0.46~0.45	0.40~0.39	0.33~0.30

자연상태의 유출계수(f)

토질 및 지형	침투 불량 토양			침투 보통 토양			침투 양호 토양		
	급경	사면	평지	급경	사면	평지	급경	사면	평지
산림	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35	0.45	0.45	0.25
농경지	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35
초지	0.85	0.75	0.65	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45
암석지	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60	0.70	0.60	0.50

※ 대면적에 있어서는 각각의 점유 면적에 대한 비율로 계산함

나. 비류량(比流量)법

규모가 작은 사방댐에서는 비유량법(specific discharge)에 의해 홍수유량을 추정하는 것이 편리하다.

$$Q=A\times g(m^3/s)$$

식에서, g=비류량(유역 1km^2당의 최대홍수유량), A=유역면적(km^2)이다.

황폐계류의 비류량

A(km^2)	1~10	11~20	21~40	41~60	60~80	80~100
g(m^3/s)	25	20	15	12	10	8

다. 합리식(合理式, rational formula)법

합리식은 강우강도로부터 유역의 홍수유출량을 추정하는 방법으로, 현재 사방댐의 설계에 가장 많이 적용되고 있다. 일정한 크기의 강우가 불투수면에 계속하여 내리면 유출은 점차 증가하다가 결국에는 강우강도와 같아지게 되며, 이때까지 소요되는 시간은 강우가 유역의 가장 먼 지점으로부터 유역출구까지 도달하는 데에 걸리는 시간과 같다. 이를 유달시간(time of concentration, t_c) 혹은 도달시간이라 한다.

따라서, 불투수면에서 발생하는 최대홍수량(혹은 첨두유량)은 주어진 강우강도와 유역면적의 곱으로 추정할 수 있다. 일반적으로 자연상태의 유역에서는 침투 등에 의한 강우손실이 발생하므로 감소계수를 적용하여 다음과 같이 계산한다.

$$Q = 0.002778CIA$$

식에서, Q=유역출구에서의 첨두유량(m^3/s), A=유역면적(ha), I=지속시간이 t_c인 강우강도(mm/hr)이며, C=유출계수이다.

합리식의 유출계수 (C)는 유역의 상태에 따라 달라지며, 일반적인 값은 다음과 같다.

합리식의 유출계수

유역 상태	평균 유출계수
급경사 산지	0.75~0.90
기복이 있는 토지와 수림	0.50~0.75
산지하천	0.75~0.85
평지 소하천	0.45~0.75
유역의 반 이상이 평지인 대하천	0.50~0.75

합리식에서 강우강도를 결정하기 위한 유달시간 t_c는 유역내에 색소 등을 사용하여 직접 측정할 수 있으나, 대부분의 경우 유역의 지형특성 등에 따른 경험적인 방법을 적용하여 구한다.

○ Kirpich 공식: 미국의 농경지 소유역을 대상으로 유도된 경험식

$$t_c = 3.96\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

식에서, t_c=유달시간(분), L=계류의 연장(km), S=계류의 평균기울기 (km/km)이다.

○ Rziha 공식: 자연하천의 상류 유역 (S≥1/200)에 적용되는 경험식

$$t_c = 0.833\frac{L}{S^{0.6}}$$

○ Kraven 공식: 자연하천의 중·하류부 유역 (S≤1/200)에 적용되는 경험식

$$t_c = 0.444\frac{L}{S^{0.515}}$$

○ Kerby 공식: 유달시간 추정에 유역특성과 토지이용 등을 고려하는 경험식

$$t_c = 36.255\frac{(\mathrm{Ln})^{0.467}}{S^{0.2533}}$$

식에서, n=토지이용 특성을 나타내는 조도계수로 도시포장 지역은 0.02, 나지는 0.30, 초지는 0.40, 산림의 경우는 0.80을 각각 사용한다.

이 외에도 유달시간을 추정하기 위하여 SCS 방법 등 여러 가지 경험식이 존재한다. 따라서 대상 유역의 유달시간은 여러 가지 경험식 중에서 대상유역의 특성과 가장 일치하는 식을 선택하여 적용한다.

라. 홍수위흔적법(洪水痕跡法; flood mark method)

홍수흔적을 조사하여 계상기울기 S와 통수단면적 A를 측정하고, 유속공식(Bazin 및 Kutter)을 적용하여 그 통수단면에 있어서의 평균유속(V)을 구하여 단면적과 유속을 곱한 값을 구하면, 홍수량(Q)을 얻을 수 있다.

즉, Q=A·V (m^3/s) 식에서 계류 기울기 S를 알고 평균유속공식에 의하여 평균수심(경심) R 및 유속계수 C를 알아내면 평균유속 V를 산출할 수 있으므로 Q를 총유량, A를 단면적으로 하면 Q=A·V 로 된다.

〔계산 예〕 수면폭 8.5m, 바닥폭 6.0m되는 횡단면의 야계에 있어서 수위 2.0m, S=0.02 일 때의 평균유속과 유량은 다음과 같다.

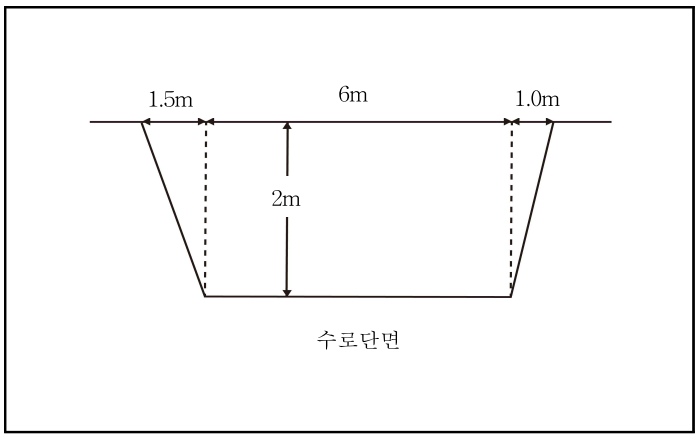
$$A = \frac{8.5 - 6.0}{2} \times 2 = 14.5\ \text{㎡} \qquad R = \frac{14.5}{10.7} = 1.35\ \text{m}$$

$$P = \sqrt{1.5^2 + 2.0^2} + 6.0 + \sqrt{1.0^2 + 2.0^2} = 10.7\ \text{m}$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{0.0040 + \frac{0.00070}{1.35}}} = 32.9$$

$$V = 32.9\sqrt{1.35 \times 0.02} = 5.3956\ \text{m}/s$$

$$Q = AV = 5.3956 \times 14.5 = 78.236\ \text{㎥}/s$$



수로의 단면

마. ha당 가정최대유량 조견표(早見表)에 의한 방법

현장여건에 가장 적합한 최대시우량(h)과 유출계수(f)를 결정하였다면〔표 Ⅵ-3-2〕에 의하여 얻어진 1ha당 가정최대유량을 집수구역 면적(ha)과 곱하여 집수구역에 대한 가정최대유량을 얻을 수 있다.

대면적의 집수구역내에서 유출계수가 서로 부분적으로 다를 경우에는 그 점유면적에 대한 비율(%)을 구하여 각각의 유출계수를 곱하여 집계한 값을 100으로 나누어 그 대면적 전체에 대한 유출계수로 사용한다.

1-3-2. 수로(방수로) 단면의 결정

가. 개수로 (접근속도가 있는 경우)

〔계산순서〕

① 최대홍수유량 Q의 산출: 최대홍수유량 공식(시우량 및 유역면적에 의한 방법)

$$Q = f \times \frac{A \times 10{,}000 \times h/1{,}000}{60 \times 60} = 0.002778\,A f\,h\ (m^3/s)$$

② 임계유속 Vg의 산출

임계유속공식

$$Vg = \sqrt{\frac{\beta f b (d-r)\cos\alpha}{r}} = \sqrt{\frac{(d-r)\cdot\ f\cos\alpha}{0.076r}} \times \sqrt{b} = \mathrm{k}\ \sqrt{b}$$

※k = 사력의 형상에 의한 마찰계수 = 3.7~5.3 = $\sqrt{\frac{(d-r)\cdot\ f\cos\alpha}{0.076r}}$

f = 사면상 석력의 마찰계수

β = 물이 충돌하는 석력의 형상계수 = $\frac{1}{0.076}$

r = 물의 비중 = 1

α = 계상의 경사각

b = 사력의 유수방향의 길이 (m)

d = 사력의비중

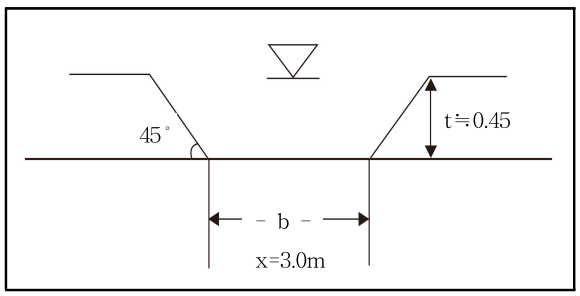
③ 수로단면적 (A) 계산

유속공식 $V = \frac{Q}{A}$

④ 수로단면설정

⑤ 평균수심 (R) 계산

$$R = \frac{A}{P}$$



⑥ 안정물매 (S) 계산

$$S = \frac{V^2}{R^2}\,(0.0004\,R + 0.0007)$$

〔계산 예〕

유역면적 A=10ha, f=0.8, 최대시우량 h=100㎜일 때 방수로 단면을 구한다.

① $Q = 0.002778\,A{\cdot}f{\cdot}h$ 최대홍수유량을 구하면

$$Q = 0.002778 \times 10 \times 0.8 \times 100 = 2.2 m^3/s$$

② 석력의 길이 $b = 0.10\,\mathrm{m}$ 이고 마찰계수 $\mathrm{k} = 4.5$로 한다면, 한계유속 $V_1 = \mathrm{k}\ \sqrt{b}$ 에서

$V_1 = 4.5 \times \sqrt{0.1} = 4.5 \times 0.32 = 1.4\,\mathrm{m}/s$

③ $Q = 2.2\,㎥/s$의 유량이 $V_1 = 1.4\,\mathrm{m}/s$의 속도로 통과하는 단면 A는 $A = \frac{Q}{V_1}$ 에서

$A = \frac{2.2}{1.4} \fallingdotseq 1.57\,㎡$를 구함.

④ 수로가 사다리형이고 하폭이 3.0m이면, 방수로 깊이(t)는

$A = (b + t) \cdot t$ 에서
$t^2 + bt - A = 0$
$t^2 + 3.0t - 1.57 = 0$

$$t = \frac{-3 \pm \sqrt{3^2 + 4 \times 1.57}}{2}$$

$$= \frac{-3 \pm \sqrt{15.3}}{2} \fallingdotseq 0.45\text{m}$$

※ $ax^2 + bx + c = 0$의 근(根)

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = at^2 + bt - c$$임

⑤ 평균수심 R

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1.57}{2 \times (0.45) \times 1.414 + 3} \fallingdotseq 0.37$$

※$P = b + 2C$ (45°경우)
$C = t\sqrt{2}$

⑥ 기울기

$$S = \frac{V_1^{\,2}}{R^2}(0.0004R + 0.0007) = \frac{1.96}{0.14}(0.0004 \times 0.37 + 0.0007) = 0.0119$$

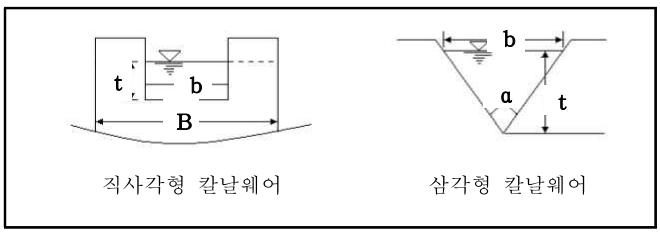
즉, 방수로 t=0.45m, b=3.0m의 방수로의 퇴사기울기(안정물매)는 1.2%가 된다.

나. 축류웨어(사방댐 방수로) (접근속도 무시)

○ 직사각형 칼날웨어

$$Q = 1.84\,(b - \frac{n}{10}\,t)\,t^{\frac{3}{2}}$$

여기서 Q= 유량(m^3/s)
b= 웨어의 나비(m)
n= 완전 수축(收縮)의 수 (직선웨어 $n=0$, 편축류웨어 $n=1$,
축류웨어 $n=2$)
t= 웨어의 월류수심(m)



직사각형 칼날웨어 삼각형 칼날웨어

○ 삼각형 칼날웨어

$$Q = \frac{8}{15}\,c\,\tan\frac{\alpha}{2}\,\sqrt{2g}\,t^{\frac{5}{2}}$$

위의 식에서 α =90° 이고 유량계수 C는 보통 0.6을 사용하므로

$Q = 1.4t^{\frac{5}{2}}$가 된다.

※ 이 공식은 웨어의 각도가 90° 일 경우 적합하며, 그렇지 못한 경우에는 변동이 크므로 소량의 측정에는 적당치 못하다.

○ 사다리꼴 축류웨어

$$Q = (2/15)\,a\,t\,\sqrt{2g}\,t\,(2b_u + 3B)$$

여기서 Q= 월류유량(m^3/s)
a= 축류계수
t= 월류심(m)
g= 중력가속도$(=9.8m/s^2)$
b_u= 방수로 윗나비(m)
b= 방수로 밑나비(m)

위의 식에서 a(축류계수) $= 0.6$, 양쪽 비탈면 기울기를 1 : 1로 하면

$$Q = (1.77b + 1.42t)\,t^{\frac{3}{2}}$$

양쪽 비탈면 기울기를 1 : 0.5로 하면

$$Q = (1.77b + 0.71t)\,t^{\frac{3}{2}}$$

방수로 단면이 직사각형인 경우는

$$Q = 1.77bt^{\frac{3}{2}}$$

사방댐의 바닥 폭(b)과 수심(t)의 방수로(사다리꼴)를 통과하는 유량을 보면 대체로 다음의 아래 표와 같이 추정한 값이 적용되기도 한다.

사다리꼴 방수로의 유량(단위 : ㎥/s)

구 분		방수로 바닥폭 b(m)								
		4	6	8	10	12	14	16	18	20
Ⅰ. 사면 기울기가 1 : 1인 경우, $Q = (1.77b + 1.42t)\,t^{\frac{3}{2}}$										
월류수심 t (m)	1.0	8.5	12.0	15.6	19.1	22.7	26.2	29.7	33.3	36.8
	1.5	16.9	23.4	29.9	36.4	42.9	49.4	55.9	62.4	69.0
	2.0	28.1	38.1	48.1	58.1	68.1	78.1	88.1	98.2	108.2
Ⅱ. 사면 기울기가 1 : 0.5인 경우, $Q = (1.77b + 0.71t)\,t^{\frac{3}{2}}$										
t (m)	1.0	7.8	11.3	14.9	18.4	22.0	25.5	29.0	32.6	36.1
	1.5	15.0	21.5	27.8	34.5	41.0	47.5	54.0	60.5	67.0
	2.0	24.0	34.1	44.1	54.1	64.1	74.1	84.1	94.1	104.1

〔계산순서〕

① 최대홍수유량 Q의 추정

② Q를 안전하게 통과시킬 수 있는 방수로 단면의 추정

③ 방수로 유량 Q1의 산출

④ Q1＞Q의 검토

⑤ 산출 단면＋여유＝결정단면

〔계산 예〕

개수로 방법에서 구한 값 b=3m, t=0.45m로 계산한다면, 위의 식에서

$$Q_1 = (1.77 \times 3.0 + 1.42 \times 0.45) \times 0.45^{\frac{3}{2}} = (5.3 + 0.64) \times \sqrt{0.091}$$
$$= 5.95 \times 0.30 \fallingdotseq 1.79 m^2/s \text{은 } \therefore 1.79 < 2 \text{ 로서 } Q_1 < Q \text{가 성립된다}$$

이것은 최대홍수유량값 $Q = 2m^3/s$으로써 넘치게 된다.

그러므로 수심을 증대시키면,

$\therefore b = 3.0m,\ t = 1.0m$ 으로 계산한다면

$$Q_1 = (1.77 \times 3.0 + 1.42 \times 1.0) \times 1.0^{\frac{3}{2}} = (5.3 + 1.42) \times 1.0 = 6.72 m^3/s$$

$\therefore Q_1 > Q$에 의거 비교하면 $6.72m^3 > 2.0m^3/s$로서 안전하다.

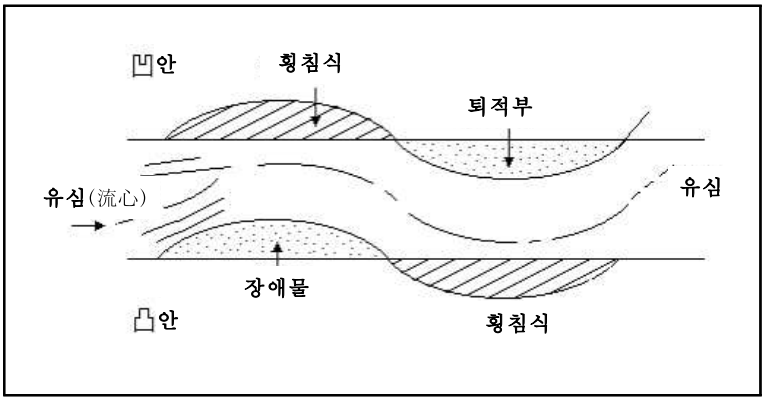
단, 사방댐 대수면 상류의 홍수량을 충분히 유출시킬 수 있으나 실제로 현지 조건을 조사하여 안전율을 고려하여 2 ~ 5배 정도의 유량을 유출시킬 수 있는 단면으로 한다.

※ 개수로(겉도랑, 開水路; open channel)

자유수면을 가지고 물이 흐르는 수로로 하천·운하 등과 같이 개방되어 있는 수로뿐만 아니라 지하배수암거·하수관·터널 등과 같은 폐수로(closed conduit)라도 물이 일부만 차서 흐르면 수리적으로 모두 개수로에 속한다. 물이 가득차서 흐르는 폐수로를 관수로(pipe line)라고 하는데, 관수로에서는 주로 압력작용에 의하여 물이 흐른다.

1-4. 계류의 만곡(彎曲)

물은 중력에 의하여 가장 짧은 거리의 급경사면을 따라 흘러간다. 그러나 실제로는 지형·암반 등의 장해물에 의하여 직선형의 계류는 적고, 대부분 구불구불하게 만곡되어 흐르는 곡류(曲流)를 이루는 경우가 많다.



계류의 만곡

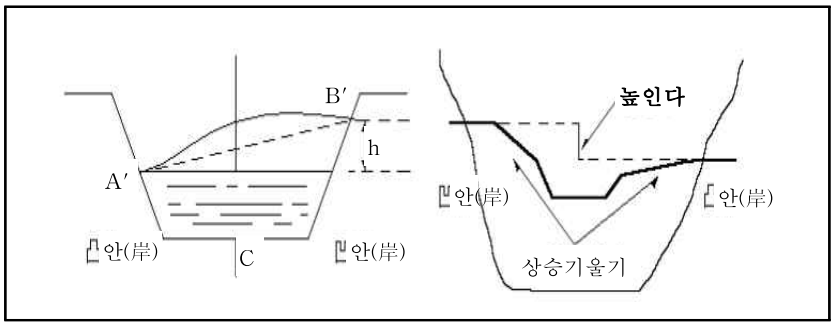
1-4-1. 만곡부의 수면상승

계류의 만곡부에서는 유심이 凹안으로 향하게 되므로 凹안의 수면이 凸안의 수면에 비해 상승되기 때문에 만곡부(彎曲部, curved bank) 에 설치하는 종공작물(둑쌓기나 기슭막이)과 횡공작물(골막이, 바닥막이, 사방댐 등)의 양쪽 높이를 같게 해서는 안 된다.

만곡부 외측은 내측보다 높게 해야 하는데, 그 높이는 다음의 공식에 의하여 산출된다. 수면상승 구간은 곡선의 시점부터 종점까지인 데, 상·하류부에 완만하게 완화구간을 두어야 한다.

$$h = \frac{B \times V^2}{g \times R} = \frac{B \times V^2}{9.8 \times R} \quad \text{또는} \quad h = 2.3 \times \frac{V^2}{g}(\log R_2 - \log R_1)$$

식에서, h (m)=수면상승 높이, B(m)=수면 폭, 수로의 상폭 A'B', R(m)=만곡부의 반경(수로중심선의 곡률반경), g=중력가속도(=9.8m/s^2), V(m/s)=평균유속, R_1(m)=凸안의 반경, R_2(m)=凹안의 반경이다.



계류만곡부의 수면상승과 둑높임

1-4-2. 만곡부의 곡률반경

계류의 만곡부는 기슭의 침식·세굴 등을 방지하기 위해 가급적 직선으로 설계해야 하지만, 주변의 여건 때문에 직선화하기 어려운 경우에는 만곡부의 반경을 크게 하여 계류의 피해를 방지해야 한다. 만곡을 크게 한다는 것은 만곡부를 직선에 가깝게 하는 것이므로, 같은 고저차에 대한 유로의 길이가 곡선보다는 직선이 짧게 되어 계상기울기가 급하게 되는 것도 고려하여 설계에 유의하여야 한다.

만곡부 곡률반경은 일반적으로 다음 기준에 의해 결정하지만, 이 결정에는 수로의 폭·계류 바닥 기울기·유량·수로의 종류 등이 고려되어야 하며, 특히 인접 농경지가 수로부지에 편입되는 것과 토공량 등을 검토하여 가장 안전하고 경제적인 만곡반경을 선택하여야 한다.

또한 부득이 최소반경 이하로 결정해야 할 경우에는 이를 보완하기 위한 보조공사(기슭막이, 바닥막이 등)를 추가하여 실시한다.

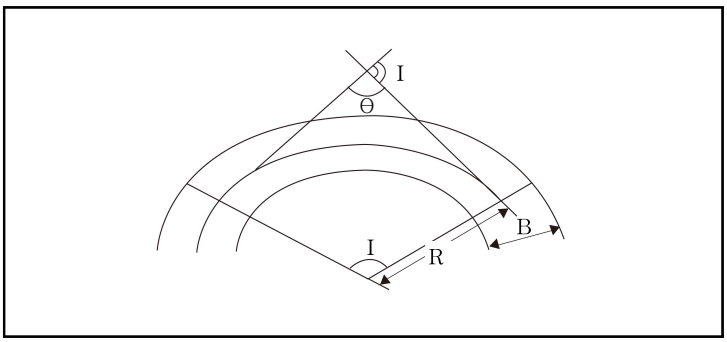
- 만곡반경기준
  - 최소반경
    - 큰 수로의 경우(계상 폭 30m 이상) : 계상 폭의 15배 이상
    - 작은 수로의 경우(계상 폭 30m 이하) : 계상 폭의 10배 이상
  - 적당한 반경
    - 이동토사가 적은 경우 : 최소반경의 2배
    - 이동토사가 많은 경우 : 최소반경의 3배

1-4-3. 만곡부의 법선

야계사방공사에서 계류의 평면적인 배치를 표시하는 선으로서 법선(法線, alignment)이 있는데, 제방법선(둑마루선)과 고수법선이 있다. 만곡부에서의 법선은 물이 넘쳐흐르는 경우가 많으므로 법선 설정에 주의를 요하여야 한다. 법선설정에 영향을 주는 인자로는 곡선반경비와 만곡도가 있다.

※ 곡선반경비(ratio of curvature to channel width) : 곡선반경 (radius of curvature)과 계류단면 폭의 비로, 그 비는 클수록 좋으나 R/B=10 ~ 20 정도가 적당하다.

※ 만곡도 : 곡선의 내각 크기로서 $\theta > 60°$, $I < 120°$ 를 기준으로 한다.



계류의 만곡도(Θ)와 곡선반경(R)

만곡부의 계류 폭(B)은 수위가 상승하거나 토사가 퇴적되므로 반드시 넓혀주어야 한다. 계류 폭의 확대정도는 R/B 또는 만곡도(θ)에 따라 다르지만 다음 기준으로 하는 것이 바람직하다.

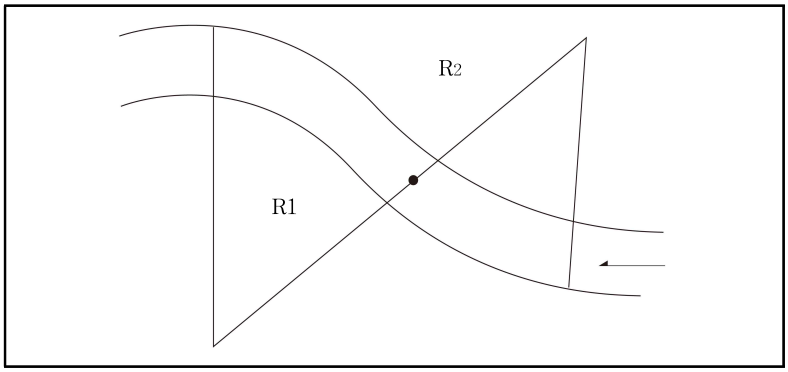
R/B>10, θ>60°의 경우 : 10%

R/B<10, θ<60°의 경우 : 30%

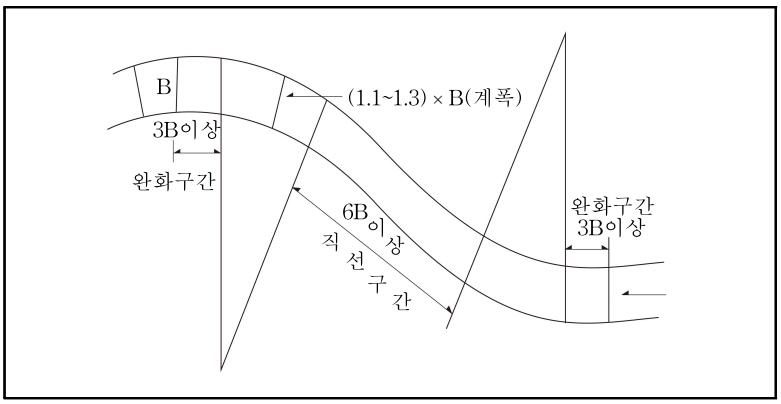
R/B<10, θ>60°또는 R/B>10, θ<60°의 경우 : 20%

또 계류의 폭을 확대할 구간은 곡선의 시점부터 종점까지로 하고 상·하류부에 계폭의 3배 이상의 완화구간을 두어야 한다.

부득이 반곡선(反曲線, S커브)으로 해야 할 경우에는 2개의 곡선이 직접 연속되지 않도록 2개의 곡선 사이에 직선구간(계류 폭의 6배 이상)을 설치해야 한다.



반곡선으로 2개의 곡선이 직접 연속된 법선(부적합한 경우)



반곡선으로 2개의 곡선사이에 완화구간이 확보된 법선(적합한 경우)

1-5. 사방공작물의 안정

1-5-1. 사방공작물에 작용하는 외력

사방공작물에 작용하는 외력에는 제체의 중량·토압·수압·지진력(seismic force)·양압력(uplift pressure) 등이 있으나, 이 중에서 지진력이나 양압력은 특별한 경우 이외에는 적용하지 않는다.

가. 제체의 중량

제체의 중량은 제체를 구성하는 모든 재료의 단위부피에 대한 중량을 산출하여 얻는다.

제체의 단위중량(W)

재 료 별	단 위 중 량
콘크리트	2.35 t/㎥
철근 콘크리트	2.4 〃
시멘트 모르타르	2.1 〃
찰쌓기(ℓ_3 0.35 기준)	2.4 〃
메쌓기(ℓ_3 0.35 기준)	1.7 〃
막돌 콘크리트	2.35 〃

※ 재료시험에 의할 경우에는 시험결과에 따른다.

나. 토압

산사태와 붕괴를 방지하기 위한 산지사방 공작물은 토압을 받는다. 랑킨(Rankine)공식에 의한 토압은 다음과 같다.

① 수직사면

○ 지표면에 하중이 없는 경우

$$E(t/\mathrm{m}) = \frac{1}{2} c w h^2$$

$$c(\text{토압계수}) = \cos\alpha \times \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}$$

식에서, α =지표면의 경사각, Φ =토사의 내부마찰각, h=높이이다

지표경사각α와 흙의 내부마찰각φ에 따른 c의 값

5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	φ/α
1.00	0.74	0.60	0.50	0.41	0.34	0.27	0.22	0.17	5°
	0.98	0.66	0.53	0.43	0.35	0.28	0.22	0.18	10°
		0.97	0.60	0.47	0.37	0.30	0.23	0.18	15°
			0.94	0.55	0.41	0.32	0.25	0.19	20°
				0.71	0.49	0.36	0.28	0.21	25°
					0.87	0.44	0.32	0.23	30°
						0.82	0.39	0.27	35°
							0.77	0.34	40°
								0.71	45°

· $\alpha = \phi$이면 $E = \frac{1}{2} wh^2 \cos\phi$

· $\alpha = 0$이면 즉 지표면이 수평인 때에는 $c = \frac{1-\sin\alpha}{1+\sin\alpha}$ 로 되어

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} wh^2 = \frac{1}{2} wh^2 \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$$

토압의 방향은 지표면에 평행하지만, 지표면이 하향경사 즉 α가 부(-)인 경우에는 토압의 방향을 수평으로 한다. 토압의 작용점은 바닥면으로부터 h/3의 점에 작용한다.

흙의 여러 성질

종 별	상 태	단위중량 (t/m³)	수중단위 중량 (t/m³)	내부마찰각 (도, °)	수중의 내부마찰각 (도, °)
쇄석	-	1.6~1.9	1.0~1.3	35~45	35
사리	-	1.6~2.0	1.0~1.2	30~40	30
모래	다져진 상태	1.7~1.0	1.0	35~40	30~35
	약간 느슨한 상태	1.6~1.9	0.9	30~35	25~30
	느슨한 상태	1.5~1.8	0.8	25~30	20~25
보통의 흙	딱딱한 상태	1.7~1.9	1.0	25~35	20~30
	다소 연한 상태	1.6~1.8	0.8~0.9	20~30	15~25
	연한 상태	1.5~1.7	0.6~0.9	15~25	10~20
점토	딱딱한 상태	1.6~1.7	0.6~0.9	20~30	10~20
	다소 연한 상태	1.5~1.8	0.5~0.8	10~20	0~10
	연한 상태	1.4~1.7	0.4~0.7	0~10	0
실트 (silt)	딱딱한 상태	1.6~1.8	1.0	10~20	5~15
	연한 상태	1.4~1.7	0.5~0.7	0	0

랑킨(Rankine)공식의 토압계수(C)

수중의 내부 마찰각(φ)	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
토압계수 (C)	1.000	0.840	0.704	0.589	0.490	0.406	0.333	0.271

※ 이 표는 지표면 경사가 수평일 때 즉 α가 0인 경우에 해당됨

$C = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \tan^2(45° - \frac{\phi}{2})$ 식에 의하여 계산됨

○ 지표면에 하중이 있을 경우

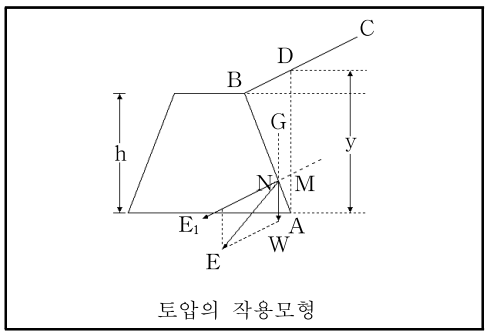
$$E = \frac{1}{2} cwh(h+2h)$$

$$h = \frac{P}{w\cos\alpha}$$

식에서, P=지표면에 수직으로 작용하는 단위면적당 하중토압이다.

② 벽배(壁背)가 경사진 경우

다음 그림에서 A를 통과한 연직면 AD에 작용하는 토압 E는 y/3의 M점을 통과하고 지표면 BC에 평행한다. 이것을 연장한 ABD의 동선(G는 3각형 ABD의 중심)과 N에서 만난다. ABD의 단위폭의 중량 W와 E_1의 합력 E는 AB에 작용하는 토압이고, 작용점 N은 바닥면에서 h/3의 점이다.



토압의 작용모형

※ 퇴사압

사방댐의 대수면이 담수되고 퇴사된 경우에는 제체에 수압과 퇴사압의 두 압력이 작용하지만, 보통 퇴사는 물이 빠짐에 따라 견밀하게 되므로 이와 같은 경우에 토압은 정수압보다 작아진다. 따라서 사방댐에서는 퇴사압을 고려하지 않는 경우가 많다.

다. 수압

일반적으로 제체에 가해지는 수압은 정수압이며, 물이 흐르거나 토석류일 경우에는 제체에 충격을 가하게 되므로 유수의 단위중량을 정수의 경우보다 크게 취하는 것이 좋다.

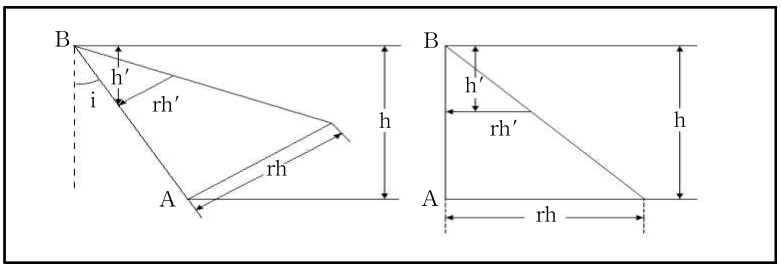
사력의 혼합량과 유수의 단위중량

사력의 혼합량(용적, %)	0	10	13	20	25	38
물의 단위중량 (t/㎥)	1.00	1.16	1.20	1.32	1.40	1.60

유수의 단위중량은 경험상 1.0 ~ 1.2 t/㎥으로 하며, 물을 함유하지 않은 퇴사(토사)의 중량은 1.8 t/㎥으로 한다.

수면에서 깊이 h'에 있는 측벽상의 점에 있어서 수평수압의 강도는 단위면적의 바닥면을 가진 높이 h'의 물기둥의 중량과 같다. 즉 물의 비중을 r로 하면 rh'가 된다. 그런데 h'는 임의의 깊이이므로 측벽상의 각 점에 있어서의 수평수압의 강도는 수면으로부터의 깊이에 정비례한다. 이 압력분포 상태를 그림으로 나타내면 측벽의 수면과 접하는 점을 정점으로 하고 높이 AB, 밑변 rh의 삼각형을 얻게 된다. 이 삼각형의 면적이 총수압의 크기가 된다.

총수압 $P=\frac{1}{2}rh\times AB$, 측벽이 수직인 경우에는 $P=\frac{1}{2}rh^2$가 된다.



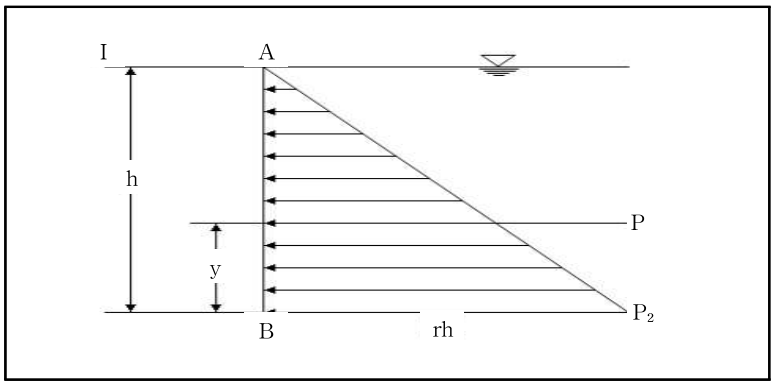
또한 제체에 가해지는 수압은 대수면의 기울기뿐만 아니라 월류하는 수심의 유무에 따라 다르게 된다.

① 대수면이 수직일 때

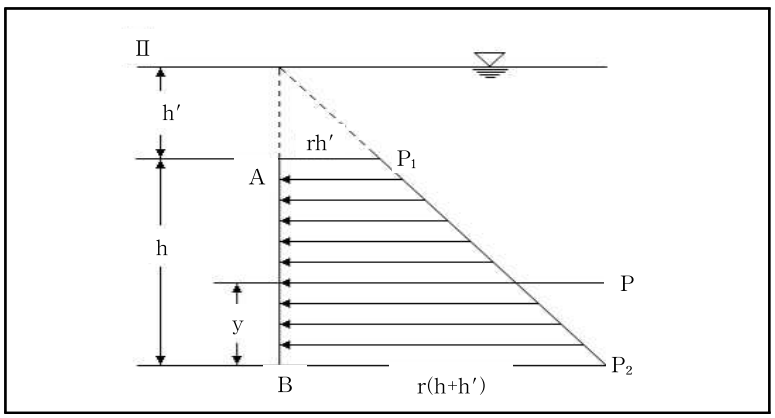
○ 월류수심이 없는 경우

물의 단위중량을 r, 수면(A점)에서 h의 깊이에 있는 점(B점)에서의 수압 P_2와 총수압(전수압) P는 다음과 같으며, B점으로부터 P의 작용점까지의 거리(y)는 $y=h/3$로 나타낸다.

$$P_2=rh$$
$$P=\frac{1}{2}rh^2$$



월류수심이 없는 경우의 수압



월류수심이 있는 경우의 수압

○ 월류수심이 있는 경우

A점의 수압 : $P_1 = rh'$

B점의 수압 : $P_2 = r(h+h')$

총수압 : $P = (1/2)\ [rh' + r(h+h')]\ h$

$= (1/2)\, rh\,(h+2h')$

B점에서 P의 작용점까지의 거리는 다음과 같이 나타낸다.

$$y = \frac{h}{3}\left(\frac{h+3h'}{h+2h'}\right)$$

식에서, y=B점에서 P의 작용점까지의 거리이고, h'=월류수심 이다.

② 대수면이 경사져 있을 때(대수면 경사 1:m)

○ 월류수심이 없는 경우

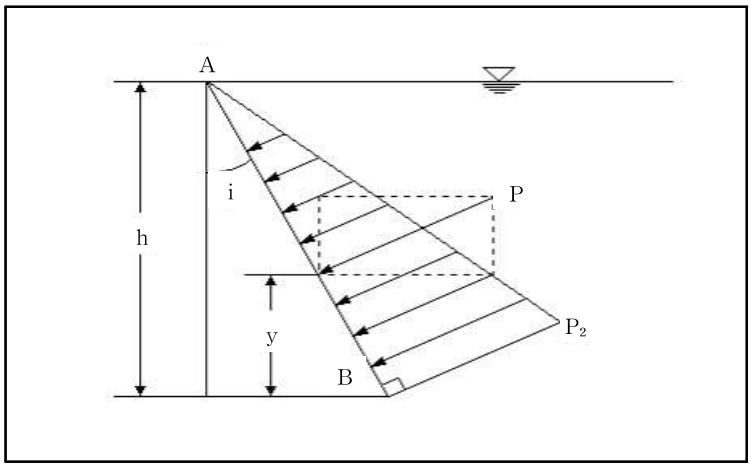
B점의 수압 : $P_2 = rh$

총수압 $P = \frac{1}{2} rh \cdot AB$ 에서

$AB = \frac{h}{\cos i} = h\sqrt{1+\tan^2 i} = h\sqrt{1+m^2}$ 이 되어

총수압 $P = (1/2) rh^2 \sqrt{1+m^2}$ 가 된다.

작용점 높이: $y = (\frac{1}{3})h$



월류수심이 없는 경우의 수압

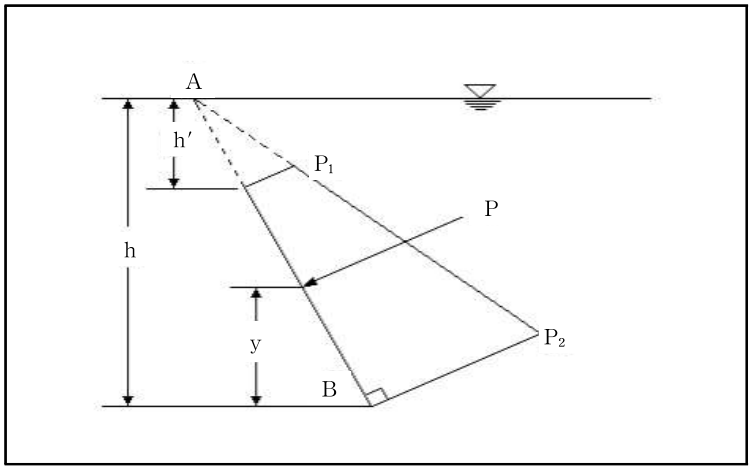
○ 월류수심이 있는 경우

A점의 수압 : $P_1 = rh'$

B점의 수압 : $P_2 = r(h+h')$

총수압 : $P = (1/2) rh\,(h+2h')\sqrt{1+m^2}$

작용점높이 : $y = \frac{h}{3}\left(\frac{h+3h'}{h+2h'}\right)$



월류수심이 있는 경우의 수압

③ 수중에 퇴사가 있는 경우

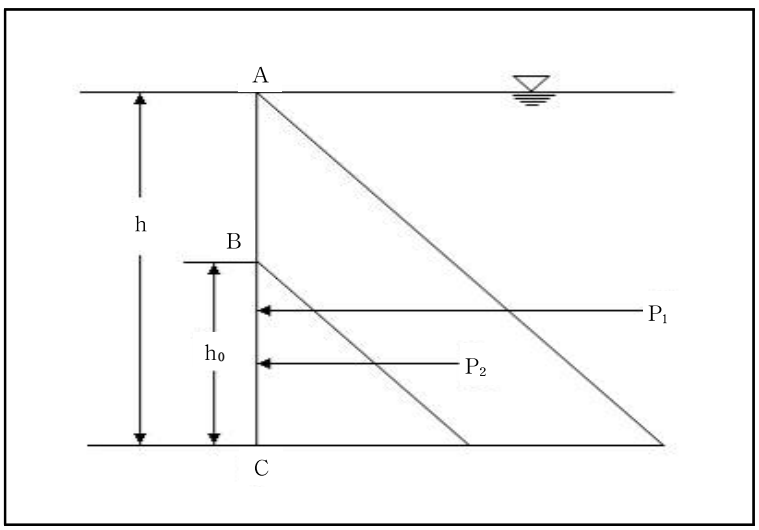
수중에 퇴사가 있는 경우에는 수압 P_1에 퇴사압 P_2를 더하면 수압이 된다.

수 압 : $P_1 = \frac{1}{2} r h^2$

퇴사압 : $P_2 = \frac{1}{2} (\omega - r) h_0^2 \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$

총수압 : $P = P_1 + P_2 = \frac{1}{2} r h^2 + \frac{1}{2} (\omega - r) h_0^2 \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$

식에서, ω는 물을 함유하지 않은 경우 퇴사의 단위중량, r는 물의 단위중량, ϕ는 수중에서 퇴사의 안식각이다. ϕ값은 큰 자갈(3 ~ 7㎝) 30 ~ 40°, 작은 자갈(2 ~ 3㎝) 25 ~ 30°, 모래 20 ~ 25°, 진흙 5 ~ 10°, 泥土 5° 이하이다.



수중에 퇴사가 있는 경우의 수압

라. 양압력

암반기초의 경우에는 균열된 곳에서 분출하는 압력수의 변화로서, 또 사력기초의 경우에는 퇴

사 후 토중수압이 변화하여 제체를 위쪽으로 들어 올리려 한다. 이것을 양압력(uplift pressure)이라 하며, 사방댐에서는 보통 이 양압력을 고려하지 않는다.

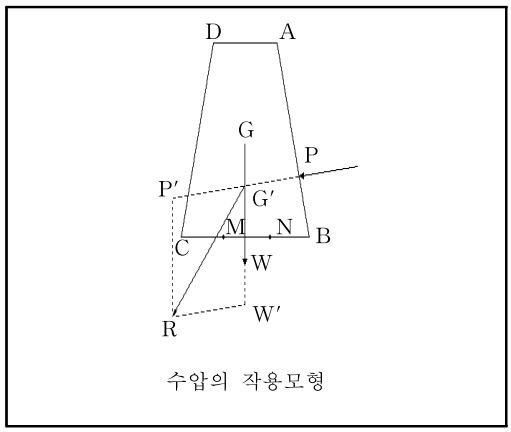
양압력은 댐 밑바닥의 정수압 강도에 양압력계수 μ를 곱하여 구한다. μ의 값은 0.25 ~ 0.60을 사용하지만, 좋은 암반에서는 0.25 ~ 0.40, 좋지 않은 암반이나 또는 사력층에서는 0.40 ~ 0.60으로 한다.

1-5-2. 사방댐의 안정조건

중력식 사방댐이 안정되기 위해서는 전도, 활동, 제체파괴, 기초지반의 지지력에 대한 안정의 4가지 조건을 만족해야 한다.

가. 전도(轉倒)에 대한 안정조건

그림에서 AB의 높이를 h, AB의 비탈면 기울기를 n, 댐 마루 폭(AD의 길이)을 b, 댐 바닥 폭(BC의 길이)을 b', 물의 비중을 r, 사방댐의 단위중량을 w로 하면, AB면에 작용하는 수압은 $P=\frac{1}{2}rh^2\sqrt{1+n^2}$ 이며, 사방댐 제체 중량 W는 $W=\frac{1}{2}w(b+b')h$ 이다.



수압의 작용모형

수압의 작용점은 B로부터 AB/3의 점에 작용한다. 이때 사방댐의 중량 W와 P의 합력을 R이라 하고, 이 R이 CB내를 통과하면 전도되지 않는다. 앞 그림에서 선분 BC의 3등분점인 M과 N를 핵점(核点, kernel point)이라 하며, 선분$MN=\frac{BC}{3}$을 핵(核心; core)이라고 한다. 공작물이 안전하기 위해서는 합력 R의 작용선이 핵내를 통과하해야 한다.

나. 활동(滑動)에 대한 안정조건

사방댐의 배후에 작용하는 수압은 사방댐을 전방으로 이동시키려 하므로 이에 저항할 수 있도록 한다.

$$R_H = P\cos\alpha$$

$$R_V = W + P\sin\alpha$$

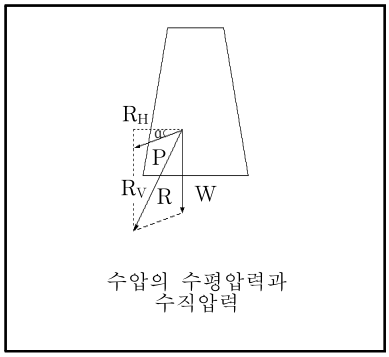
식에서, R_H=수평분력의 총합, R_V=수직분력의 총합, α=수압P가 수평분력과의 사이에 만들어

지는 각이다. 사방댐을 수평방향으로 활동시키려는 힘은 R_H이며, 이에 저항하는 힘은 저면과 기초지반과의 접촉면에서 생기는 마찰력(F)이다. 마찰계수를 f로 하면 마찰력은 $F = f \times R_V = f(W + P\sin\alpha)$로 되어

$$F > R_H,\ f(W + P\sin\alpha) > P\cos\alpha$$

$$f > \frac{P\cos\alpha}{W + P\sin\alpha}$$

로 되는 관계가 성립되면 활동은 생기지 않는다.



수압의 수평압력과 수직압력

만약 대수면이 수직이면 $\alpha = 0$이므로 $f > \frac{P}{W}$로 되어 합력 R의 수평분력과 수직분력과의 비가 제저(堤底, 댐 바닥)와 기초지반 사이의 마찰계수보다 작으면 활동하지 않는다. 이 조건은 댐의 바닥에 대한 것이지만 임의의 수평단면에서도 이 조건은 만족되어야 한다. 그러나 콘크리트공사 등에서는 전단강도가 상당히 크므로 보통의 경우에는 고려할 필요가 없다.

돌 공작물과 각종 기초지반과의 마찰계수(f)

지반의 종별	양호한 경암	사암 석회암	자갈층	모래층	마른 점토	습한 점토
기초지반의 마찰계수(f)	0.60 ~0.70	0.60 ~0.70	0.50	0.40 ~0.50	0.50	0.30

※ 일반적으로는 0.70을 적용하고 있으나 찰쌓기돌댐의 경우 $f = 0.75$, 콘크리트댐의 경우 $f = 1.0$을 적용하는 경우도 있다. (암반이나 토층에 현장타설 콘크리트를 시공하는 경우에는 $f = 0.6 \sim 1.0$으로 한다.)

다. 제체(堤體)의 파괴에 대한 안정조건

콘크리트 및 축석 등에 의해 사방댐 안에 장력이 발생되지 않도록 한다. 이를 위해서 합력 R의 작용점이 핵내에 있도록 한다. 이 조건이 만족되면 전도에 대한 안정조건은 저절로 해결되므로 고려할 필요가 없다.

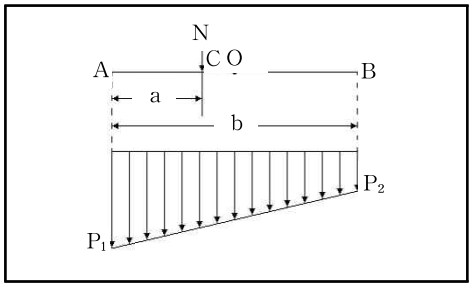
댐 바닥의 길이가 b인 제저 AB상의 A점으로부터의 거리 a인 점에 수직압력 N이 작용한다고 하면, 압력분포는 아래 그림과 같이 한쪽 끝에는 최대가 되고 다른 한쪽 끝은 최소로 되며,

그 사이의 압력은 선형적 분포를 나타난다.

만약 N의 작용점이 제저 AB의 중심인 O점에서 A점에 가까운 쪽에 있다면, 압력강도는 A점에서 최대가 되고 B점에서 최소가 된다. 이때의 A, B점에서의 압력분포를 각각 P_1, P_2라고 하면 다음과 같은 식으로 나타난다.

$$P_1 = \frac{2N}{b}(2-\frac{3a}{b})$$

$$P_2 = \frac{2N}{b}(\frac{3a}{b}-1)$$



제저에 작용하는 압력 분포

그리고 P_1과 P_2의 값은 작용점 C의 위치에 따라 다음과 같이 여러 가지 경우가 있다.

① $a > \frac{b}{3}$일 경우 $P_1 > 0,\ P_2 > 0$

② $a = \frac{b}{3}$일 경우 $P_1 > 0,\ P_2 = 0$

③ $a < \frac{b}{3}$일 경우 $P_1 > 0,\ P_2 < 0$

여기에서 ③의 경우에는 B점에서 인장력이 생겨 제체의 파괴 위험성이 있으므로, 이 장력을 없애기 위해서는 합력의 작용점(C)이 반드시 댐 바닥의 양쪽 끝에서 바닥 폭 1/3의 거리에 있는 두 점의 사이 즉 핵심에 있도록 해야 한다.

댐 바닥에서의 최대압력강도(P_1)는 보통 댐 끝단에서 발생되며, 사방댐 축설재료의 허용압축강도(항압력 ; K)는 이것보다 커야 파괴되지 않는다. 즉 허용압축강도 K가 최대압력강도 P_1보다 커야만 한다.

$\frac{2N}{b}(2-\frac{3a}{b}) < K$의 조건이 성립되어야 한다.

콘크리트의 허용강도(K)

구 분	허 용 강 도(t/m^2)
허용압축강도	550
허용곡인장강도	30
허용지압응력도	600

※ 재령이 28일인 경우

○ 허용압축강도 : 압축강도의 1/4

○ 허용곡인장강도(許容曲引張强度) : 인장강도의 1/7

○ 허용지압응력도(許容支壓應力度) : 압축강도의 3/10

축설공사의 허용 항압강도(K)

구 분	허용 항압강도(t/m^2)
조석공사공작물	130
사암공사공작물	210
석회암공사공작물	270
화강암공사공작물	320
콘크리트공사공작물	220～270
시멘트모르타르공작물	120

※ 레미콘(ready mixed concrete)의 호칭 강도로서 160kg/cm^{2}를 쓸 때는 허용압축강도는 400t/m^{2}이다.

$\because (160\ \mathrm{kg}/cm^2 \rightarrow 1{,}600\ t/m^2 \times \frac{1}{4} = 400\ t/m^2)$

라. 기초지반의 지지력에 대한 안정조건

댐 바닥에 발생되는 최대압력강도(P_1)는 지반의 지지력 강도를 초과하면 안 된다. 이것의 안정조건은 파괴의 안정과 비슷하며, 허용항압강도 K대신 지반의 지지력 강도를 대입하여 얻게 된다.

지반의 안전지지력

구 분	안전지지력(t/m^2)
경 암	200～300
화강암	350～1000
분 암(玢岩)	300～350
경사암(硬砂岩)	150～600
석회암	160～240
연암(응회암・사암・혈암)	70～150
수성암류(고결도가 낮은)	50～60
자갈층(고결도가 높은)	70～80
모래층(고결도가 높은)	70～80
사질점토층	15～20
보통 흙	3～10
점토층	5～20
작은 자갈이 섞인 점토층	5～30
단단한 점토층	20～50
작은 자갈층	30～60
습한 점토	15～20
보통 모래층	10～40
이토	0
모래섞인 자갈	20～50

지반의 허용지지력

지 층 의 종 류	깊이 1m 전후 (t/m^2)	깊이 2~3m (t/m^2)
연한 실트와 이토(泥土)	1.0~2.0	2.0~5.0
실트(옆으로 밀려나지 않게 한 것)	10~20	15~20
연한 진흙	10~15	10~15
치밀하고 단단한 진흙	20~25	25~30
진흙과 모래(단단한 것)	20~30	25~35
잔모래(옆으로 밀려나지 않게 한 것)	20	20~30
굵은 모래	30	30~40
자갈과 굵은 모래	40~50	50~60
자갈과 굵은 모래의 고결층(固結層)	50~60	60~80
연암	70~100	70~100
양질의 암반	200~400	200~400

1-5-3. 중력식 사방댐의 안정도 검토

사방댐에 작용하는 수압 및 토압을 댐 뒷면(대수면)의 퇴사와 담수상태에 따라 다음과 같이 5가지의 형으로 구분할 수 있다.

구성외력에 의한 사방댐형(型)의 분류

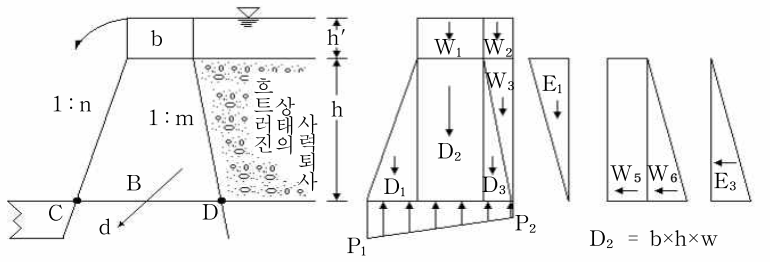
댐형 분류	구성외력	사방댐형의 분류기준
1형	수압(h+h′)+ 수중토압(h)	사력 등이 흐트러진(다져지지 않은) 상태로서 단기에 퇴적되어 수압과 수중토압의 작용이 예상되는 경우
2형	수압(h+h′)	댐이 완성될 때까지 거의 퇴사되지 않아 수압의 작용만 예상되는 경우
3·4형	수압(h_2+h′) +토압(h_1)	댐의 규모, 바닥파기의 상태, 토사의 유출상황 등으로 보아 댐이 완성될 때까지 물다짐된 상태의 토사가 어느 정도 높이(h_1)로 퇴사됨으로써, 이 부분의 토압과 그 상부의 수압이 작용한다고 예상되는 경우
5형	토압(h)+ 수압(h′)	바닥파기의 상태, 토사의 유출상황 등으로 보아 댐이 완성될 때까지 물다짐된 상태의 토사가 방수로 바닥까지 퇴사됨으로써, 토압이 작용한다고 예상되는 경우
6형	수압(h+h′)+ 수중토압(h_1)	댐이 완성될 때까지 흐트러진 상태의 토사가 어느 정도 높이(h_1)로 퇴적됨으로써, 이 부분의 수중토압과 수압(h+h′)이 작용한다고 예상되는 경우

가. 1형

① 사방댐 계산 조건

사력 등이 다져지지 않고 느슨하게 쌓여 있는 상태로서 짧은 기간에 퇴적되어 수압과 수중토압이 작용하는 경우이다. 이러한 조건의 사방댐에는 방수로 월류수심에 의한 수압과 퇴사된 토사에 의한 토압이 동시에 작용한다.

② 가정단면도 작성



b : 댐마루나비　　B : 댐 제저나비　n : 반수면기울기　m : 대수면기울기

h : 댐 높이　　h′ : 월류수심　　D : 제체의 중력　W : 수압

E : 토압　　P : 압력강도

③ 댐의 설계조건 결정

w	r	r′	s	s′	ø	f	c	Qa	qa
제체의 단위 중량	물의 단위 중량	월류수의 단위 중량	퇴사의 단위 중량	수중토의 단위 중량	퇴사의 내부 마찰각	기초 지반의 마찰 계수	랑킨 공식의 토압 계수	허용 지내력	재료에 대한 허용 강도
t/m^3	t/m^3	t/m^3	t/m^3	t/m^3	°			t/m^2	t/m^2

※ 일반적으로 퇴사의 단위중량(s)는 1.8 t/m^3, 수중토의 단위중량(s')은 0.8 t/m^3으로 하며 퇴사의 내부마찰각(ø)은 수중에서 30° 를 기준으로 한다.

물의 단위중량(r)은 1.0 t/m^3, 월류수의 단위중량(r')은 1.2 t/m^3을 표준으로 한다.

④ 합력의 연직분력($\sum V$) 및 저항 모멘트 계산

구분	연 직 분 력 (v)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리 (a)	저항 모멘트 (V×a)
D_1	(n×h)×h×1/2×w	(n×h)×2/3	
D_2	b×h×w	(n×h)+b×1/2	
D_3	(m×h)×h×1/2×w	(n×h)+b+(m×h)×1/3	
W_1	b×h′×r′	(n×h)+b×1/2	
W_2	(m×h)×h′×r′	(n×h)+b+(m×h)×1/2	
W_3	(m×h)×h×1/2×r	(n×h)+b+(m×h)×2/3	
E_1	(m×h)×h×1/2×s′	(n×h)+b+(m×h)×2/3	
계	합력의 연직분력($\sum V$)		저항 모멘트(M_V)

⑤ 합력의 수평분력(ΣH) 계산

구분	수평분력 (H)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리(a)	전도모멘트 (H×a)
W_5 W_6 E_3	h′×h×r h^2×1/2×r h^2×1/2×s′×c	h×1/2 h×1/3 h×1/3	
계	합력의 수평분력(ΣH)		전도 모멘트(M_H)

⑥ 합력의 작용점 위치 및 편심거리 계산

○ 합력의 작용점 위치$(d) = (M_V - M_H) \div \Sigma V =$ (m)

○ 편심거리$(e) = \frac{B}{2} - d =$ (m)

※ 모멘트의 계산을 댐 밑바닥 상류방향 D점을 기준으로 하였을 때 합력의 작용점 $(\mathrm{d}) = \frac{M_V + M_H}{\Sigma V}$로 계산한다.

⑦ 내부응력 및 지반반력 계산

○ 내부응력

$$\begin{cases} \text{최대압축응력} \quad \delta_1 = \frac{2\Sigma V}{B}(2 - \frac{3d}{B}) = & (t/\mathrm{m}^2) \\ \text{최소압축응력} \quad \delta_2 = \frac{2\Sigma V}{B}(\frac{3d}{B} - 1) = & (t/\mathrm{m}^2) \end{cases}$$

○ 지반반력

$$\begin{cases} \text{최대지반반력}(P_1) = \delta_1 = & (t/\mathrm{m}^2) \\ \text{최소지반반력}(P_2) = \delta_2 = & (t/\mathrm{m}^2) \end{cases}$$

○ δ_2 의 값이 음수이면 $P_1 = \frac{2 \times \Sigma V}{3 \times d}$, $P_2 = 0$으로 계산한다.

○ 사력층에서는 $P_1 = \frac{2 \times \Sigma V}{3 \times d}$, $P_2 = 0$으로 계산한다.

⑧ 활동계수 계산 : 활동계수$(f') = \Sigma H / \Sigma V$

⑨ 안정의 검토

○ 전도에 대한 안정… M_V( ) > M_H( ) 안정

○ 활동에 대한 안정… f ( ) > f' ( ) 안정

○ 지내력에 대한 안정… Q_a( ) > P_1( ) 안정

○ 내부응력에 대한 안정… q_a( ) > δ_1( ) 안정

○ 인장응력에 의한 제체파괴에 대한 안정…

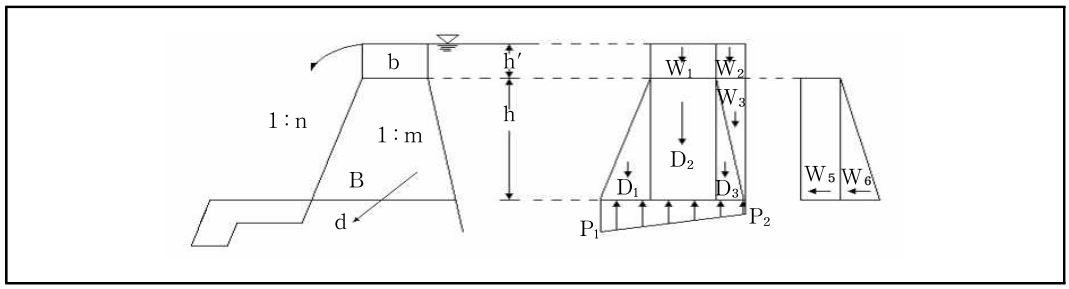
$$\begin{cases} e \quad (\qquad) \le \dfrac{B}{6} \\ \dfrac{2}{3}B(\qquad) \ge d(\qquad) \ge \dfrac{B}{3} \quad \text{안정} \end{cases}$$

나. 2형

① 사방댐 계산 조건

사방댐의 완성시까지 거의 퇴사가 되지 않아 수압만이 작용하는 경우이며, 월류수심을 고려한 수압만을 고려하여 안정성을 검토한다.

② 가정단면도 작성



③ 설계조건 결정

w	r	f	Q_a	q_a
제체단위중량	물의 단위중량	기초지반의 마찰계수	허용지내력	재료에 대한 압축강도 (허용강도)
t/m^3	t/m^3		t/m^2	t/m^2

④ 합력의 연직분력(ΣV) 및 저항모멘트 계산

구분	연 직 분 력 (v)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리 (a)	저항 모멘트(V×a)
D_1	(n×h)×h×1/2×w	(n×h)×2/3	
D_2	b×h×w	(n×h)+b×1/2	
D_3	(m×h)×h×1/2×w	(n×h)+b+(m×h)×1/3	
W_1	b×h′×r	(n×h)+b×1/2	
W_2	(m×h)×h′×r	(n×h)+b+(m×h)×1/2	
W_3	(m×h)×h×1/2×r	(n×h)+b+(m×h)×2/3	
계	합력의 연직분력(ΣV)		저항 모멘트(M_V)

⑤ 합력의 수평분력(∑H) 계산

구분	수평분력(H)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리(a)	전도 모멘트 (H×a)
W_5 W_6	h′×h×r h^2×1/2×r	h×1/2 h×1/3	
계	합력의 수평분력(∑H)		전도 모멘트(M_H)

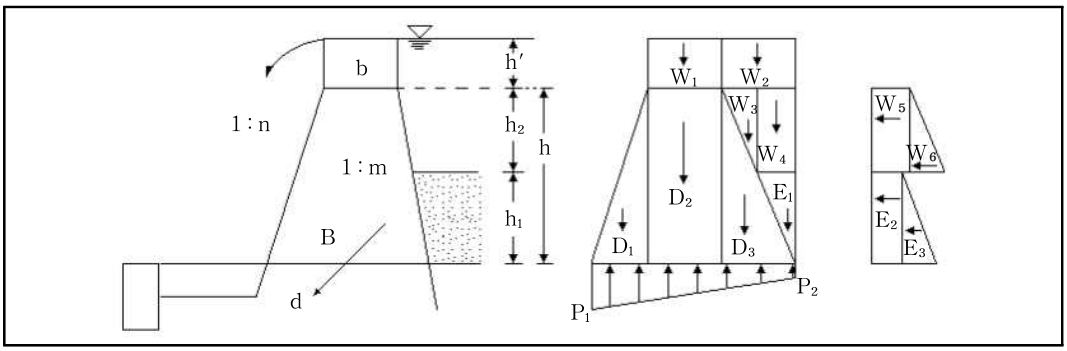
⑥ 이하 안정성 검토방법은 1형과 같다.

다. 3·4형

① 사방댐 계산 조건

사방댐의 완성시까지 물다짐(hydraulic filling)된 상태의 토사가 어느 정도 높이(h1)로 퇴사되어, 이 부분의 토압과 그 상부의 수압이 작용하는 경우이다.

② 가정단면도 작성



③ 설계조건 결정

w	r	s	ø	f	c	Q_a	q_a
제체의 단위 중량	물의 단위 중량	퇴사 단위 중량	퇴사의 내부 마찰각	기초 지반의 마찰 계수	랑킨 공식의 토압 계수	허용 지내력	재료에 대한 허용 강도
t/m^3	t/m^3	t/m^3	°			t/m^2	t/m^2

④ 합력의 연직분력($\sum V$) 및 저항모멘트 계산

구분	연 직 분 력 (v)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리 (a)	모멘트 (V×a)
D_1	(n×h)×h×1/2×w	(n×h)×2/3	
D_2	b×h×w	(n×h)+b×1/2	
D_3	(m×h)×h×1/2×w	(n×h)+b+(m×h)×1/3	
W_1	b×h′×r	(n×h)+b×1/2	
W_2	(m×h)×h′×r	(n×h)+b+(m×h)×1/2	
W_3	$m\times h_2^2\times 1/2\times r$	(n×h)+b+(m×h_2)×2/3	
W_4	(m×h_1)×h_2×r	(n×h)+b+(m×h_2)+(m×h_1)×1/2	
E_1	$m\times h_1^2\times 1/2\times s$	(n×h)+b+(m×h_2)+(m×h_1)×2/3	
계	합력의 연직분력($\sum V$)		저항 모멘트(M_V)

⑤ 합력의 수평분력($\sum H$) 계산

구분	수평분력(H)	C점에 힘의 작용점까지의 거리(a)	전도 모멘트(H×a)
W_5	h′×h_2×r	$h_1+h_2\times 1/2$	
W_6	$h_2^2\times 1/2\times r$	$h_1+h_2\times 1/3$	
E_3	$h_1^2\times 1/2\times s\times c$	$h_1\times 1/3$	
계	합력의 수평분력($\sum H$)		전도 모멘트 (M_H)

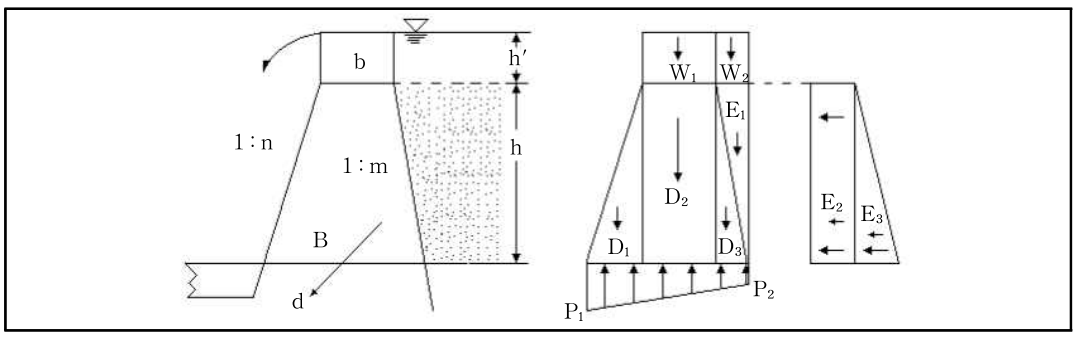
⑥ 이하 안정성 검토방법은 1형과 같다.

라. 5형

① 사방댐 계산 조건

바닥파기의 상태, 토사의 유출상황 등으로 보아 댐 완성시까지 물 다짐된 상태의 토사가 방수로 바닥까지 퇴사되어, 토압이 작용하는 경우이다.

② 가정단면도 작성



③ 설계조건 결정

w	r	s	ø	f	c	Q_a	q_a
제체의 단위 중량	물의 단위 중량	퇴사 단위 중량	퇴사의 내부 마찰각	기초 지반의 마찰 계수	랑킨 공식의 토압 계수	허용 지내력	재료에 대한 허용 강도
t/m^3	t/m^3	t/m^3	°			t/m^2	t/m^2

④ 합력의 연직분력(ΣV) 및 저항모멘트 계산

구분	연 직 분 력 (v)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리 (a)	저항 모맨트 (V×a)
D_1	(n×h)×h×1/2×w	(n×h)×2/3	
D_2	b×h×w	(n×h)+b×1/2	
D_3	(m×h)×h×1/2×w	(n×h)+b+(m×h)×1/3	
W_1	b×h′×r	(n×h)+b×1/2	
W_2	(m×h)×h′×r	(n×h)+b+(m×h)×1/2	
E_1	(m×h)×h×1/2×s	(n×h)+b+(m×h)×2/3	
계	합력의 연직분력(ΣV)		저항 모멘트(M_V)

⑤ 합력의 수평분력(ΣH) 계산

구분	수평분력(H)	C점에 힘의 작용점까지의 거리(a)	전도 모멘트 (H×a)
E_3	h^2×1/2×s×c	h×1/3	
계	합력의 수평분력(ΣH)		전도 모멘트(M_H)

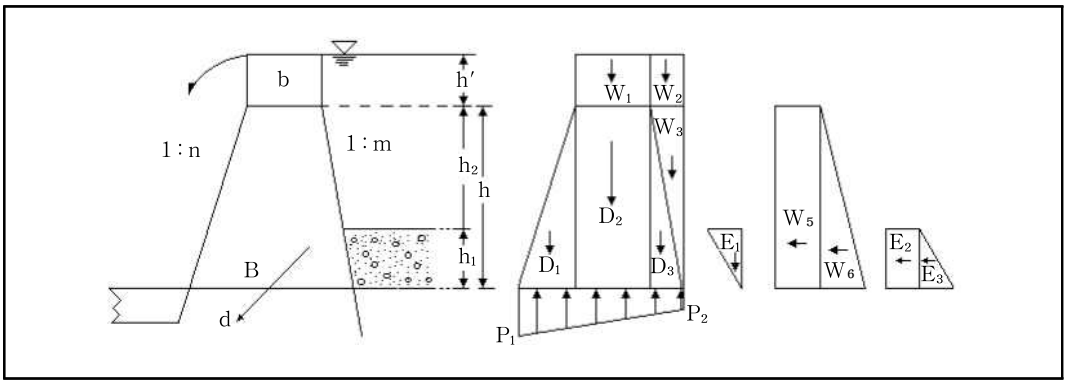
⑥ 이하 안정성 검토방법은 1형과 같다.

마. 6형

① 사방댐 계산 조건

사방댐의 완성시까지 느슨한 상태의 토사가 어느 정도 높이(h1)로 퇴적되어, 이 부분의 수중 토압과 수압(h+h')이 작용하는 경우이다.

② 가정단면도 작성



③ 설계조건 결정

w	r	s	s′	ø	f	c	Q_a	q_a
제체의 단위 중량	물의 단위 중량	퇴사 단위 중량	수중 토의 단위 중량	퇴사의 내부 마찰각	기초 지반의 마찰 계수	랑킨 공식의 토압 계수	허용 지내력	재료에 대한 허용 강도
t/m^3	t/m^3	t/m^3	t/m^3	°			t/m^2	t/m^2

④ 합력의 연직분력($\sum V$) 및 저항모멘트 계산

구분	연 직 분 력 (v)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리(a)	저항 모멘트 (V×a)
D_1	(n×h)×h×1/2×w	(n×h)+2/3	
D_2	b×h×w	(n×h)+b×1/2	
D_3	(m×h)×h×1/2×w	(n×h)+b+(m×h)×1/3	
W_1	b×h′×r	(n×h)+b×1/2	
W_2	(m×h)×h′×r	(n×h)+b+(m×h)×1/2	
W_3	(m×h)×h×1/2×r	(n×h)+b+(m×h)×2/3	
E_1	(m×h_1)×h_1×1/2×s′	(n×h)+b+(m×h_2)+(m×h_1)×2/3	
계	합력의 연직분력($\sum V$)		저항 모멘트(M_V)

⑤ 합력의 수평분력($\sum H$) 계산

구분	수평분력(H)	C점에서 힘의 작용점까지의 거리(a)	전도 모멘트 (H×a)
W_5	h′×h×r	h×1/2	
W_6	h^2×1/2×r	h×1/3	
E_3	h_1^2×1/2×s′×c	h_1×1/3	
계	합력의 수평분력($\sum H$)		전도 모멘트(M_H)

⑥ 이하 안정성 검토방법은 1형과 같다.

2. 사방사업 자재

사방사업을 원활히 수행하기 위해서는 사방재료에 대한 충분한 지식을 기반으로 적합한 재료를 선택·이용해야 한다. 사방공사용 재료는 구조적으로 충분한 지지력이 있고, 내구성·내수성이 있어야 하며, 마모에 잘 견뎌야 하고, 외력·열·습기에 따른 변형이나 비틀림도 적어야 한다. 또한, 자재를 구하기가 쉽고, 경제적이며, 취급이 간단해야 한다.

사방재료는 기초안정공사에 사용되는 토목재료와 녹화공사에 사용되는 식생재료로 구분할 수 있다. 주요 토목재료에는 목재·흙·점토제품·합성수지제품·골재·석재·시멘트·콘크리트·돌망태·철강재 등이 있고, 식생재료에는 식물재료·피복자재·녹화기반재·녹화보조재 등이 있다.

2-1. 토목재료

2-1-1. 목재(木材)

사방사업에서는 토목공사에 비하여 비교적 목재의 사용량이 적은 편이지만, 최근 환경에 대한 관심이 높아지면서 목재를 이용하는 친환경사방에 대한 수요가 증가하고 있다.

가. 통나무

통나무의 지름은 길이에 직각인 단면에서의 최소지름으로 하고, 지름에 따라 대경재·중경재·소경재로 구분하는데, 이때 단경은 장경의 8/10 이상이어야 한다. 통나무는 곧은 것의 껍질을 벗겨 사용하며, 주로 계단용재·정원의 디딤판·화단경계용·작은 울타리 등으로 사용한다. 말뚝용으로는 소나무, 리기다소나무, 참나무류, 밤나무 등이 주로 사용된다.

원목의 옹이, 굽음, 할렬 등 결점과 관련해서는 국립산림과학원 고시 제2013-2호(원목규격) 등급별 품질기준에서 2 ~ 3등급 이상의 제품을 사용한다.

나. 제재목

제재목은 일정한 규격으로 절단된 목재로서 횡단면 치수에 따라 판재와 각재로 구분한다. 판재는 두께 75mm 미만이고 나비가 두께의 4배 이상인 것이고, 각재는 두께 75mm 미만이고 나비가 두께의 4배 미만인 것 또는 두께와 나비가 75mm 이상인 것이다. 거푸집·목구조물·테크재로 사용되는데, 기둥 및 보와 같은 구조재로 사용할 경우 심재 부위를 포함하는 것이 좋다. 제재목의 옹이·할렬 등의 결점과 관련해서는 국립산림과학원 고시 제2009-1호(침엽수 구조용 제재규격) 등급별 품질기준에서 2 ~ 3등급 이상이어야 하며, 휨응력을 받는 부재는 아래쪽에 옹이·갈라짐·껍질박이·혹 등의 흠이 없는 목재를 사용해야 한다.

다. 합판(plywood)

합판은 단판(veneer)인 박판을 3, 5, 7매 등 홀수로 섬유방향이 직교하도록 접착재로 겹쳐 붙

여 만든 것이다. 내수성이 취약하여 주로 가설재료로 사용되고, 보통합판을 사용할 경우 'KS F 31(보통합판)'의 규정을 따르며, 외부공간에 시설재료로 사용할 경우에는 내수합판을 사용해야 한다.

라. 집성목재(laminated timber, glulam)

집성목재는 제재판, 소각재, 단판 등 통칭 라미나(lamina)라고 불리는 목재를 섬유방향이 일치되도록 길이나 나비 방향으로 집성 접착해 다양한 형태와 크기로 제조한 목재질을 말한다. 보통 집성재용 제재판의 두께는 10 ~ 52mm인데, 너무 두꺼워도 건조가 어렵고 너무 얇을 경우 접착비용이 상승한다. 제조과정에서 건조재를 집성 접착하므로 변형이 적고 구조적 성능이 뛰어나며, 품질이 균일하고 결점이 적다. 또한 장대재(長大材)를 만들 수 있어서 거대한 목구조물을 만드는 데에도 사용할 수 있다. 그러나 외부공간에서는 풍화 및 할렬이 발생하여 조기에 내구성이 저하되므로 'KS F 3021(구조용 집성재)'의 사용환경에 적합한 것을 사용해야 한다.

마. 합성목재(WPC; wood plastic composite)

PE 및 PVC와 같은 열가소성 수지나 에폭시 및 폴리에스테르 같은 열경화성 수지를 혼합하여 첨가제를 더하고 압출성형하여 만든 것으로서 옥외공간의 벤치나 데크 등을 만드는 데에 사용한다. 한국산업규격에서는 'KS F 3230(목재 플라스틱 복합재 바닥판)'에서 성능기준을 규정하고 있다. 이러한 합성목재는 사용된 합성수지의 종류에 따라 HDPE(high-density polyethylene)와 같은 합성수지를 이용하여 만든 고품질 단일종 합성수지 목재, 2개 이상의 합성수지가 혼합된 것, 합성수지에 톱밥이나 이종의 물질을 넣어 딱딱하고 거칠게 만든 것으로 구분할 수 있다.

합성수지나 방부목재와 달리 독성이 없고 다양한 색을 낼 수 있으며, 썩거나 벗겨지고 갈라지는 문제가 없어 내구성이 좋으며, 합성수지 쓰레기를 재활용한다는 측면에서 친환경적인 재료라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 여러 가지 이점에도 불구하고 목재에 비해 가격이 비싸고 무거우며, 온도에 의해 변형되거나 환경오염물질을 방출할 수 있는 단점이 있다.

바. 열처리 목재(탄화목재, TMT; thermally modified timber)

목재를 특수 고안된 열처리 설비에서 160 ~ 210℃의 열을 가하여 처리한 것이다. 탄화처리를 한 목재는 함수율이 낮아지고 내부 유기성분이 제거되므로, 흰곰팡이 및 균류에 대한 저항성이 높아지고 외부공간에서 강한 내구성을 갖게 되며, 중금속이나 화학제품을 사용하지 않기 때문에 친환경적이다. 탄화 정도를 조절해 원하는 색을 얻을 수 있으며, 200℃ 가량 고온 열처리하면 최상부 표면이 숯이 되어 내구성이 30년 이상으로 되고 곤충이나 부패로부터 보호할 수 있다.

사. 폐침목

침목은 'KS F 3005(가압식 크레오스트류 방부처리 침목)'에 따라 소나무, 더글라스퍼, 전나무, 햄록, 낙엽송, 켐파스, 말라스 등을 가압식으로 방부처리하여 생산한 것을 사용해 왔다. 데크·계단·플랜터·옹벽을 만드는 데에 사용할 수 있으며, 자연스러운 분위기를 연출할 수 있고

내후성 및 내마모성이 뛰어나지만, 유해성이나 수급상황을 고려하여 사용해야 한다.

아. 대나무(bamboo)

죽순대·이대·솜대·왕대 등이 있으며, 품질은 벌채연령과 생산지 등의 영향을 크게 받는다. 최근에는 대나무 대용재료가 개발되어 대나무 대신 사용되기도 한다.

2-1-2. 흙(soil)

가. 토질분류

건설표준품셈에서 분류한 토질의 분류

○ 보통토사

보통 상태의 실트(silt) 및 점토, 모래질 흙 또는 이들의 혼합물로서 삽이나 괭이를 사용할 정도의 토질(삽 작업을 하기 위하여 상체를 약간 구부릴 정도)

○ 경질토사

견고한 모래질 흙이나 점토로서 괭이나 곡괭이를 사용할 정도의 토질(체중을 이용하여 2 ~ 3회 동작을 요할 정도)

○ 고사 점토 및 자갈 섞인 토사

자갈질 흙 또는 견고한 실트, 점토 및 이들의 혼합물로서 곡괭이를 사용하여 파낼 수 있는 단단한 토질

○ 호박돌 섞인 토사

호박돌 크기의 돌이 섞이고 굴착에 약간의 화약을 사용해야 할 토질

나. 흙의 명칭(통일분류법 기준)

흙의 명칭 및 특성

구 분			문자	대표적인 흙
조립토 200번 체(0.075㎜)에서 50% 이상 남음	자갈이 4번 체(4㎜)에서 50% 이상 남음	세립분이 약간 또는 거의 없는 자갈	GW	* 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토 * 세립분이 약간 없음
			GP	* 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈과 모래의 혼합토 * 세립분이 약간 없음
		세립분을 함유한 자갈	GM	* 실트질의 자갈·모래·점토의 혼합토
			GC	* 점토질의 자갈·모래·점토의 혼합토
	모래가 4번 체(4㎜)에서 50% 이상 통과	세립분이 약간 또는 거의 없는 모래	SW	* 입도분포가 좋은 자갈 또는 자갈질의 모래 * 세립분은 약간 또는 없음
			SP	* 입도분포가 나쁜 자갈 또는 자갈질의 모래 * 세립분은 약간 또는 없음
		세립분을 함유한 모래	SM	* 실트질의 모래 * 모래와 실트의 혼합토
			SC	* 점토질의 모래, 모래와 점토의 혼합토
세립토 200번 체(0.075㎜)에서 50% 이상 통과	액성한계 50% 이하인 실트나 점토		ML	* 무기질의 실트, 매우 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질의 고운 모래나 점토질의 세사
			CL	* 소성이 중간치 이하인 무기질 점토, 자갈질 점토, 실트질 점토, 소성이 작은 점토
			OL	* 소성이 작은 유기질 실트 및 실트질 점토
	액성한계 50% 이상인 실트나 점토		MH	* 무기질의 실트, 운모질 또는 규소의 고운 모래 또는 실트질 흙, 탄성이 큰 실트
			CH	* 소성이 큰 무기질의 점토, 소성이 큰 점토
			OH	* 소성이 중간치 이상인 유기질 점토
고유기성 흙			Pt	* 그 밖의 유기질을 많이 함유한 흙

2-1-3. 석재(石材)

석재는 암석을 토목공사에 사용하기 위해 가공한 것으로, 내화성· 내구성·내마모성이 우수하고 외관이 아름다워 토목·건축 등의 구조 및 외장 재료로 널리 사용되어 왔다.

건설표준품셈에서는 석재의 형태에 따라 각석·판석·견치석·사고석의 4종으로 분류하고 있으며, 사방표준품셈에서는 다음과 같이 구분하고 있다.

가. 암석의 분류

○ 풍화암 : 일부는 곡괭이를 사용할 수 있으나 암질(岩質)이 부식되고 균열이 1 ~ 10cm 정도로서 굴착 또는 절취에는 약간의 화약을 사용해야 할 암질

○ 연암 : 혈암·사암 등으로서 균열이 10 ~ 30cm 정도로서 굴착 또는 절취에는 화약을 사용해야 하지만, 석축용으로는 부적합한 암질

○ 보통암 : 풍화상태는 엿볼 수 없으나 굴착 또는 절취에는 화약을 사용해야 하며, 균열이 30 ~ 50cm 정도의 암질

○ 경암 : 화강암·안산암 등으로서 굴착 또는 절취에 화약을 사용해야 하며, 균열상태가 1m 이내로서 석축용으로 쓸 수 있는 암질

○ 극경암 : 암질이 아주 밀착된 단단한 암질

〔주〕 사방표준품셈에 표시되는 돌 재료의 분류는 다음을 기준으로 한다.

- 모암(母岩)

○ 석산에 자연 상태로 있는 암

- 원석(原石)

○ 모암에서 1차 파쇄된 암석

- 건설공사용 석재

○ 석재의 품질은 그 용도에 적합한 강도를 갖고 균열이나 결점이 없고 질이 좋은 치밀한 것이며 풍화나 동결의 해를 받지 않는 것이라야 한다

- 다듬돌(切石)

○ 각석(角石) 또는 주석(柱石)과 같이 일정한 규격으로 다듬어진 것으로서 건축 또는 포장 등에 쓰이는 돌

○ 마름돌(方石·切石·角石·柱石, cut stone)은 원석을 소요 치수에 따라 직사각형의 육면체가 되도록 일정한 규격으로 다듬은 것으로서 모돌 또는 다듬돌이라고도 한다.

○ 사방댐의 표면처리나 경관성을 필요로 하는 메쌓기 또는 찰쌓기 공법과 같은 돌쌓기공사에 사용된다.

○ 석재의 크기는 용도에 따라 다르지만, 대체로 가로 30cm x 세로 30cm x 길이 50 ~ 60cm 정도이다.

- 막다듬돌(荒切石)

○ 다듬돌을 만들기 위해 다듬돌 규격치수의 가공에 필요한 여분의 치수를 가진 돌

○ 각석은 폭이 두께의 3배 이하이고, 폭보다 길이가 긴 직육면체형의 석재로 구조용으로 쓰인다.

○ 판석은 두께가 1.5cm 이하이고, 폭이 두께의 3배 이상인 판 모양의 석재로 궤도용으로 쓰인다.

○ 막마름돌(막다듬돌, 荒切石, 荒面石)은 마름돌을 만들기 위해 마름돌의 규격치수에 가공에 필요한 치수를 더한 크기의 돌로, 건축이나 포장 등에 주로 사용된다.

- 견치돌(間知石, 견치석, 간지석, 사각석; kenchi-stone)

○ 형상은 재두각추체(栽頭角錐體)에 가깝고 전면은 거의 평면을 이루며 대략 정사각형으로서 뒷길이(控長), 접촉면의 폭(合端), 뒷면(後面) 등이 규격화 된 돌

○ 4방락(四方落) 또는 2방락(二方落)의 것이 있으며 접촉면의 폭은 전면 일변 길이의 1/10 이상이고, 접촉면의 길이는 일변 평균길이의 1/2 이상인 돌이다.

○ 견치돌은 견고한 돌쌓기공사에 사용될 수 있도록 다듬은 석재로, 단단하고 치밀한 돌을 사용하며, 1개의 무게는 보통 70 ~ 100kg이다.

○ 돌을 다듬을 때에는 앞면의 크기보다 길이는 1.5배 이상, 이 맞춤 폭은 1/5 이상, 꼬리면(미면)은 1/3 정도, 허리치기의 평균 깊이는 1/10 정도로 해야 한다.

○ 견치돌은 마름돌과 같이 고가이므로 사방댐이나 옹벽 등에 주로 사용 된다.

○ 견치돌은 형상 면에서 자체로 자립할 수 없기 때문에 뒤쪽으로 비스듬히 밀려지는 힘과 뒷면에서 돌쌓기 한 담벽돌에 작용하는 토압이 역학적으로 평형을 이룰 수 있도록 해야 한다.

- 깬돌(割石)

○ 견치돌과 같이 재두방추형(栽頭方錐形)으로서 견치돌보다 치수가 불규칙하고 일반적으로 뒷면(後面)이 없는 돌

○ 접촉면의 폭(合端)과 길이는 각각 전면의 일변 평균 길이의 약 1/20과 1/3이 되는 돌이다.

- 깬잡석(雜割石, 잡각석, 잡할석, 조석)

○ 모암에서 1차 폭파한 원석을 깬 돌

○ 깬돌(割石)보다도 형상이 고르지 못하며, 전면 변의 평균 길이는 뒷길이의 약 2/3되는 돌이다.

○ 막깬돌(rubble stone)은 견치돌과 같이 이맞춤·허리치기·꼬리면 등의 규격을 일정하게 하지는 않지만, 앞면은 대개 25㎝ x 25㎝의 정사각형, 길이는 앞면의 1.5배 이상으로 하며, 면의 모양은 직사각형에 가깝다.

○ 돌 1개의 무개는 60kg 정도로 마름돌이나 견치돌에 비해 가격이 저렴하기 때문에 메쌓기 및 찰쌓기 공법에 많이 사용된다.

- 사석(捨石)

○ 막깬돌 중에서 유수에 견딜 수 있는 중량을 가진 돌

- 잡석(雜石; rubble stone)

○ 지름 10 ~ 30cm의 크기로 형상이 고르지 못한 큰 돌

○ 잡석은 모양과 크기가 일정하지 않은 산복이나 계곡에 산재해 있는 잡석으로서 막깬돌이나 호박돌보다 크기가 작다.

○ 채석장에서 규격의 돌을 채취할 때 부수적으로 생기는 막깬돌을 잡석으로 사용하기도 한다.

○ 규모가 기초다짐·작은 골막이·누구막이·밑돌선떼붙이기·돌떼단쌓기 및 돌흙막이(산돌쌓기)에 사용할 수 있지만, 형상이 일정하지 않으므로 옹벽이나 석축과 같은 구조물 쌓기에는 사용하지 않는다.

- 큰돌(boulder)

○ 전석으로 뒷길이 60cm 이상 되는 공사용으로 사용될 수 있는 석괴로서 가공하지 않은 천연석이나 발파석으로 지름직경이 40 ~ 100cm 이하를 말한다.

- 야면석(野面石; rolling stone)

○ 야면석은 계상에 분포하고 있는 무게 100kg 정도의 표면을 가공하지 않은 전석(轉石)으로, 운반이 가능하고 공사용으로 쓸 수 있는 비교적 큰 돌이다.

○ 주로 돌쌓기공사의 현장 부근에서 채취하여 메쌓기와 찰쌓기공법, 그리고 콘크리트 포석용으로 쓰인다.

○ 정원석보다는 크기가 다소 작고, 주로 야계사방 공사용으로 쓰여져 왔으며, 최근에는 자연친화적 소하천 정비공사 등에도 많이 쓰이고 있다.

○ 무게가 무거우므로 체인브레이크 또는 굴착기 등을 사용하여 작업을 실시한다.

- 호박돌(玉石; boulder stone)

○ 시공지 부근의 산복이나 계곡에서 채취한 호박모양의 지름 30cm 이상의 둥글고 긴 자연석

○ 기초·잡석쌓기 기초바닥용·콘크리트 기초바닥용 등으로 쓰이며, 강도가 요구되지 않는 비탈면의 안정을 위한 낮은 돌쌓기 또는 도로변 조경공사 등에도 사용되지만, 구조물의 안정성이 낮아 붕괴될 위험성이 크다.

○ 돌쌓기공사 시에는 작은 면을 표면에 오도록 하고, 특히 굄돌을 사용해야 한다.

- 조약돌(栗石; pebble stone)

○ 가공하지 않은 천연석으로 지름 10 ~ 20cm 정도의 계란형의 돌

- 부순돌(碎醉)

○ 잡석을 지름 0.5 ~ 10cm 정도의 자갈 크기로 작게 깬 돌

- 굵은자갈(大砂利)

○ 가공하지 않은 천연석으로 지름 7.5 ~ 20cm 정도의 돌

- 자갈(砂利)

○ 천연석으로 자갈보다 작고 지름 0.5 ~ 7.5cm 정도의 둥근 돌

- 역(礫)

○ 천연의 굵은 자갈과 작은 자갈이 고루고루 섞여져 있는 상태의 돌

- 굵은모래(粗砂)

○ 천연산으로서 지름 0.25 ~ 2mm 정도 알맹이의 돌

- 잔모래(細砂)

○ 천연산으로서 지름 0.05 ~ 0.25mm 정도 알멩이의 돌

- 돌가루(石粉)

○ 돌을 부수어 가루로 만든 것

- 고로슬래그(blast-furnace slag) 부순돌

○ 제철소의 선철(銑鐵) 제조과정에서 생산되는 고로슬래그를 0 ~ 40mm로 파쇄 가공한 돌

- 막돌

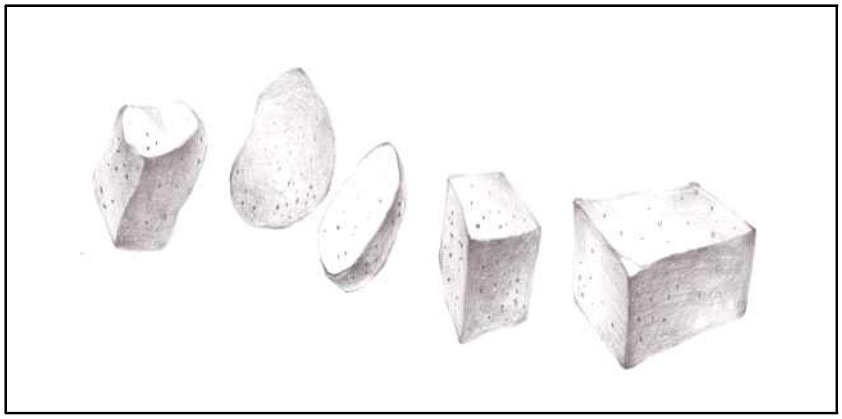
○ 야면석·조약돌·큰돌·잡석 등에 속하지 않은 크기를 가진 파쇄석과 자연석을 총괄하며, 크기는 뒷길이 25 ~ 40cm, 직경 20cm 이상의 돌을 말한다.

○ 쌓기에 적합하다.

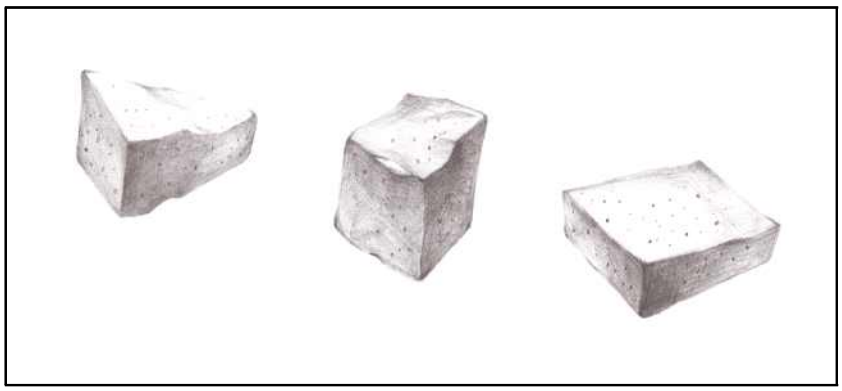
- 기타

○ 뒷채움돌(裏充礫, back-filling stone)은 주로 메쌓기공법에서 돌쌓기의 뒷부분을 채우는 것으로서 산복이나 계곡에 산재해 있는 작은 돌이나 채석과정에서 발생기는 작은 깬돌 등을 사용한다.

○ 굄돌(고임돌, 사석; riprap)은 돌쌓기를 시공할 때에 석재가 좌우 또는 상하로 움직이지 못하도록 괴어주는 작은 돌로서 중앙부에 괴는 돌을 배굄돌, 뒤끝에 괴는 돌을 끝굄돌이라 한다. 굄돌은 석질이 단단한 것을 사용하지 않으면 시공 이후에 분해되거나 파손되어 쌓기 돌에 영향을 미치므로 주의를 요한다.



석재의 종류(좌로부터 잡석, 호박돌, 간사석, 각석)



석재의 종류(좌로부터 견치돌, 사고석, 판석)

2-1-4. 석회(石灰)

석회는 혼화토(混和土)로서 2화토(석회+모래), 3화토(석회+점토+자갈)를 만들어 흙사방댐, 흙골막기, 흙땅속흙막이 등의 심벽에 주로 사용되며, 임도 노면 사리부설시 혼합하여 노면 시공에도 사용한다.

시설을 견고하게 하기 위하여 생석회를 현장에서 풍화시킨 신생 석회를 사용함이 좋다. 풍화시키는 방법은 생석회 중량의 1/3의 물을 서서히 부은 다음 거적을 물에 적시어 덮은 후 그 위에 5cm 이상의 토사를 덮은 후 3-4시간 이상 지나면 된다.

2-1-5. 골재(骨材)

모르타르나 콘크리트를 만들기 위해 시멘트 및 물과 함께 혼합하는 모래·자갈·부순자갈·부순모래·슬래그 및 기타 재료이며, 골재가 콘크리트에서 차지하는 절대용적이 66 ~ 78%이므로 골재의 품질은 콘크리트의 품질에 매우 중요하다.

가. 입경의 크기에 따른 분류

① 잔골재

- 10mm체를 전부 통과하고, 5mm체를 중량비로 85% 이상 통과하며, 0.08mm체에는 거의 모두 남는 골재이거나 5mm체를 다 통과하고 0.08mm체에 모두 남은 골재

② 굵은골재

- 5mm체에 중량비로 85% 이상 남은 골재이거나 5mm체에 모두 남는 골재

나. 채취장소와 생산방법에 따른 분류

① 천연골재

- 강모래, 강자갈, 바다모래, 바다자갈, 산모래, 산자갈, 천연 경량골재 등

② 인공골재

- 부순모래, 부순돌, 인공 경량골재, 재생골재, 자철광, 철편, 슬래그 등

다. 비중에 따른 분류

① 경량골재 : 2.50 이하
② 보통골재 : 2.50 ~ 2.65
③ 중량골재 : 2.70 이상

라. 용도에 따른 분류

- 모르타르용 골재, 콘크리트용 골재, 포장콘크리트용 골재, 경량 콘크리트용 골재, 철도선로용 골재 등으로 구분

2-1-6. 시멘트(cement)

시멘트란 넓은 의미에서는 물질과 물질을 접합시키는 성질을 지니고 있는 모든 재료를 말하고, 좁은 의미에서는 무기질 접착제를 말한다.

시멘트는 아래 표와 같이 크게 3종류로 분류한다.

시멘트의 종류

포틀랜트시멘트	혼합시멘트	특수시멘트
보통시멘트 중용열시멘트 조강시멘트 저열시멘트 내황산염시멘트 백색포틀랜드시멘트 등	고로 슬래그시멘트 플라이애시시멘트 실리카시멘트 포틀랜드포졸란시멘트 등	초속경시멘트 초조강시멘트 알루미나시멘트 콜로이드 시멘트 팽창시멘트 등

가. 포틀랜드시멘트(portland cement)

① 1종 [보통포틀랜드시멘트]

일반적으로 말하는 시멘트로서 원료인 석회석과 점토를 구득하기 쉽고, 제조공정도 간단할 뿐만 아니라 성질도 우수하여 토목·건축구조물 콘크리트 제품 등에 널리 쓰인다.

② 2종 [중용열포틀랜드시멘트]

수화열에 의한 균열을 줄이기 위해 C3A의 양을 제한하고 C2S의 양을 적당량 증가시킨 저열형의 시멘트로서 수화열이 적고 건조수축이 작아 단면이 큰 콘크리트용으로 적합하다.

③ 3종 [조강포틀랜드시멘트]

조기에 강도를 발현시키는 시멘트로서 보통포틀랜드시멘트의 재령 28일에 나타내는 강도를 재령 7일에 나타낸다. 단기강도가 요구되는 긴급공사와 한중콘크리트 시공에 적합하다.

④ 4종 [저열포틀랜드시멘트]

중용열포틀래드시멘트보다 수화열을 5 ~ 10% 정도 적게 한 것으로서 C3S와 C3A는 수화열이 높기 때문에 적게 하고, C2S는 많게 한다. 댐과 같은 매스콘크리트의 시공에 적합하다.

⑤ 5종 [내황산염포틀랜드시멘트]

토양속의 황산염이나 해수 및 공장폐수 등의 황산염에 대한 저항성을 높이기 위해 C3A의 함유량을 줄이고, C4AF의 양을 증가시켜 만든 시멘트로, 해양구조물에 적합하다.

⑥ 백색포틀랜드시멘트

철분, 산화마그네슘이 적은 백색 점토와 석회석을 원료로 하고, 소성연료는 중유를 사용하여 만

든 것으로, 건축물의 미장용·장식용·표지용·인조대리석 제조용 등에 쓰인다.

나. 혼합시멘트(blended cement)

① 고로슬래그시멘트(slag cement)

포틀랜드시멘트 클링커에 급랭한 고로슬래그를 적당량 혼합하고 석고를 넣어 미분쇄한 시멘트로서 잠재수경성이 있으므로 댐·하천·항만 등의 토목공사에 사용된다.

② 플라이애시시멘트(fly ash cement)

플라이애시를 포틀랜드 클링커에 혼합하여 분쇄한 것으로서 수밀성이 좋아 수리구조물에 적합하며, 수화열과 건조수축이 적을 뿐만 아니라 해수에 대한 내화학성도 크다.

③ 포틀랜드포졸란시멘트

수밀성을 증대시키고 해수 등에 대한 화학저항성을 향상시키기 때문에 댐·방파제·하수처리시설 등에 이용되며, 도장 모르타르용으로도 쓰인다.

다. 특수시멘트

① 알루미나시멘트(alumina cement)

긴급공사나 한중공사 등에 적합하고, 산·염류·해수 등의 화학적 침식에 대한 저항성이 커서 해수공사에도 적합하며, 내화성이 커서 내화물용으로도 쓰인다.

② 초속경시멘트

응결시간이 짧고 경화 시 발열이 크기 때문에 긴급공사·보수공사·콘크리트 2차제품·뿜어붙이기·그라우트 등에 쓰이며, 포틀랜드시멘트와는 함께 사용하지 않는다.

③ 팽창시멘트

경화건조에 의한 수축과 균열의 원인이 되는 수축성을 개선할 목적으로 개발된 것으로서 양생이 매우 중요하며, 믹싱시간이 길어지면 팽창률이 감소되므로 주의할 필요가 있다.

2-1-7. 콘크리트

콘크리트는 시멘트·물·모래·자갈·부순돌·혼화재료 등을 혼합하여 만든 것으로서 시멘트와 물을 혼합한 것을 시멘트 풀(cement paste)이라 하고, 시멘트·잔골재·물을 혼합한 것을 모르타르(mortar)라고 한다.

콘크리트의 배합이란 콘크리트를 만드는 각 재료의 비율 또는 사용량을 말하며, 배합설계란 물·시멘트·잔골재·굵은골재 및 혼화재료를 가장 경제적으로 이용하여 소요강도·내구성·수밀성 및 작업에 적합한 워커빌리티(workability)를 얻을 수 있도록 혼합비율을 선정하는 것이다.

콘크리트 성분 비율

<table>
<tr><td>5%</td><td>15%</td><td>10%</td><td colspan="2">70%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">공기</td><td rowspan="2">물</td><td rowspan="2">시멘트</td><td colspan="2">골재</td></tr>
<tr><td>잔골재</td><td>굵은골재</td></tr>
<tr><td colspan="3">시멘트풀</td><td colspan="2">충전재</td></tr>
<tr><td colspan="4">모르타르</td><td></td></tr>
</table>

가. 배합의 종류

시멘트·물·잔골재·굵은골재 등의 재료를 콘크리트 1m^{3}당의 중량으로 표시하는 중량배합과 잔골재 400L, 굵은골재 800L를 기준으로 하여 이에 대한 시멘트량과 물의 양 등을 중량으로 표시하는 복식배합이 있다.

나. 표시방법

시방배합은 시방서 또는 책임기술자가 지시하는 배합으로 단위량으로 표시하며, 사용되는 골재는 표면건조 포화상태이어야 한다. 시방배합을 현장상태에 적합하게 보정한 배합을 현장배합이라고 한다.

다. 결정방법

콘크리트의 물-시멘트 비는 소요강도와 내구성을 고려해서 결정해야 하며, 수밀을 요하는 구조물에서는 수밀성에 대해서도 고려해야 한다. 또한, 포장 콘크리트에서는 소요 슬럼프를 얻는데에 필요한 단위수량을 결정해서 품질·워커빌리티·피니셔빌리티 등으로부터 단위시멘트 량을 결정하도록 규정되어 있고, 댐콘크리트의 단위시멘트 량은 내구성·수밀성·강도·단위용적중량 등으로부터 결정하도록 규정되어 있다. 콘크리트의 수밀성을 고려한 물-시멘트비는 55 ~ 60% 정도이고, 단위수량은 포장콘크리트에서는 150kg 이하를, 댐콘크리트에서는 120kg 이하를표준으로 하고 있다. 또한, 단위시멘트량은 단위수량과 물-시멘트에 의하여 정하지만, 대체로 철근콘크리트에서는 300kg 이상을, 포장콘크리트에서는 280 ~ 340kg 정도를 표준으로 한다.

라. 특수콘크리트

① AE콘크리트

AE제(air-entraining agent)로 콘크리트 속에 미세한 기포를 발생시켜 공기량을 3 ~ 6% 증가시킨 것으로서 워커빌리티를 개선하고, 동결과 융해에 대한 내구성, 화학작용에 대한 저항성, 수밀성이 증대된다. 그러나 물-시멘트는 공기량 1% 증가 시에 압축강도가 4 ~ 6 정도 감소하므로 감수제로 강도를 증대시킨다.

② 레디믹스트콘크리트(ready mixed concrete)

구입자가 지정한 배합 콘크리트를 공장으로부터 소정 시간에 희망 수량을 현장까지 배달·공급하는 것으로서 '레미콘'이라고도 한다. 운반 즉시 타설하고, 충분히 다져야 하며, 비비기에서 타설까지의 시간은 고온·건조 시에 1.5시간, 저온·습윤 시에 2시간 이내로 한다.

③ 한중콘크리트(cold weather concreting)

평균기온이 -3℃ 이하일 때 콘크리트를 시공할 경우, 즉 한중(寒中)콘크리트의 경우에는 콘크리트가 응결·경화의 초기단계에서 동결하여 시멘트의 화학반응이 잘 진행되지 않아 강도·내구성·수밀성 등이 악화된다. 따라서 물과 골재를 가열하여 온도를 높이거나 적절한 보온과 급열로써 타설한 콘크리트의 소요 온도를 유지해야 한다.

④ 서중콘크리트(hot weather concreting)

평균기온이 25℃가 넘을 때 콘크리트를 시공할 경우, 즉 서중(暑中)콘크리트의 경우에는 콘크리트의 소요수량 증가, 수송 중의 슬럼프 저하, 치기 후의 너무 빠른 응결, 수화열로 인한 온도상승, 재령 28일 및 이후의 강도 감소 등이 발생한다. 따라서 타설 직후에 온도가 낮아지도록 재료 취급, 비비기, 치기 및 양생을 해야한다.

⑤ 수중콘크리트

콘크리트를 수중(水中)에서 시공할 경우에는 품질의 균일성, 시공이음의 신뢰성, 철근과의 부착 등에 문제가 발생하기 때문에 배합강도를 크게 하거나 설계기준강도를 낮추어야 한다.

⑥ 프리팩트콘크리트(prepacked concrete)

특정 입도의 굵은골재를 거푸집에 채워 넣고, 그 공극 속에 모르타르를 적당한 압력으로 주입한 것으로서 항만공사, 심해 수중에 축조하는 수중구조물, 방사선 차폐용, 고밀도콘크리트, 기존 노후 구조물의 보수·보강 및 매시브한 콘크리트 등에 사용된다.

⑦ 뿜어붙이기콘크리트(숏크리트; shotcrete)

압축공기로 콘크리트나 모르타르를 시공면에 뿜어붙이는 공법이다. 각종 재료의 표면형상 등에 관계없이 쉽게 시공할 수 있고, 시공면에 잘 부착하며, 강한 강도와 수밀성을 기대할 수 있다. 터널 등의 라이닝, 굴착 비탈면 보호, 구조물 보강 등에 널리 적용되고 있다.

⑧ 경량골재콘크리트(light weight concrete)

자중을 경감하기 위해 경량골재를 이용해서 만든 단위용적중량 2.0ton/m^3 이하의 콘크리트이다. 일반적으로 천연경량골재는 입자의 모양이 좋지 않고 흡수율이 크기 때문에 구조용 콘크리트용 재료로는 인공경량골재가 토목구조물에 널리 사용된다.

⑨ 중량콘크리트(heavy weight concrete)

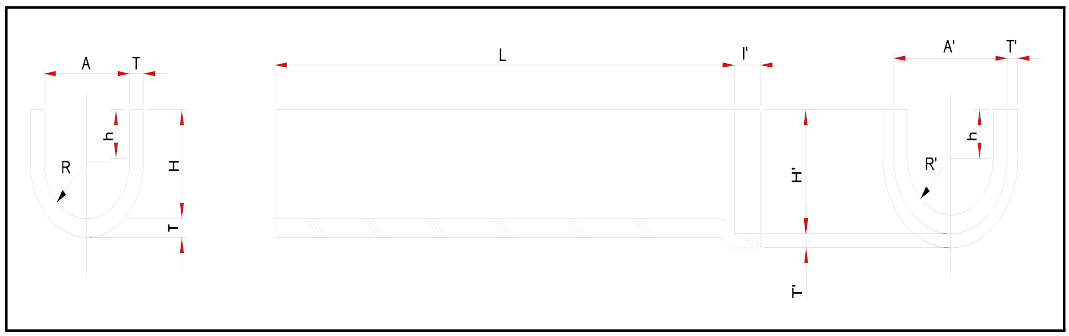
비중이 큰 골재를 사용하여 만든 단위용적중량 3 ~ 5ton/m^3 정도의 콘크리트이다. 주로 X선이나 r선 및 중성자선의 차폐용과 같은 특수 목적에 유효하므로 원자력발전용 압력용기, 생체차

폐용과 같은 대상에 쓰인다.

2-1-8. 시멘트 및 콘크리트 제품

시멘트콘크리트 제품은 용도에 따라 다양한 형태와 규격의 제품들이 개발되고 있다. 여기에서는 일반적으로 많이 사용되는 콘크리트 수로관 제품에 대해서만 소개하고, 다양하게 개발되어 있는 콘크리트블록들에 대한 소개는 제외한다.

가. 철근콘크리트 U형플륨관(수로용)

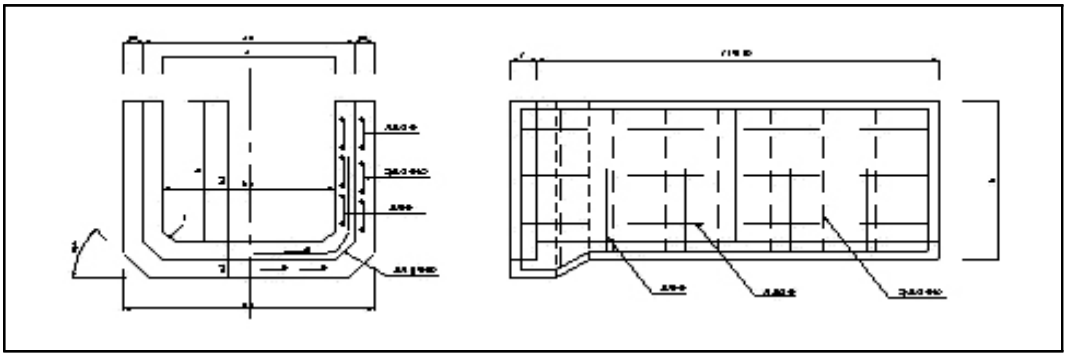


U형 플륨관의 형상

철근콘크리트 U형플륨관의 규격

호 칭	치수 (mm)											중 량 (kg)
	A	A′	H	H′	T	T′	L	L′	h	R	R′	
200	210	279	200	234	28	28	2000	100	100	100	134	85
250	260	332	240	276	30	30	2000	100	115	125	161	110
300	310	390	275	315	32	32	2000	100	125	150	190	135
350	360	446	315	358	35	35	2000	120	140	175	218	170
400	425	517	350	396	38	38	2000	120	150	200	246	200
450	480	590	390	445	45	45	2000	140	165	225	280	270
500	530	654	425	287	52	52	2000	140	175	250	312	335
560	600	736	480	548	58	58	2000	140	200	280	348	420
600	640	780	500	570	60	60	2000	140	200	300	370	460
700	745	905	575	655	70	70	2000	140	225	350	430	480
800	845	1025	650	740	80	80	2000	140	250	400	490	620
920	965	1165	740	840	90	90	2000	140	280	460	560	800
1000	1055	1275	800	910	100	100	2000	140	300	500	610	950

나. 콘크리트 벤치플룸관

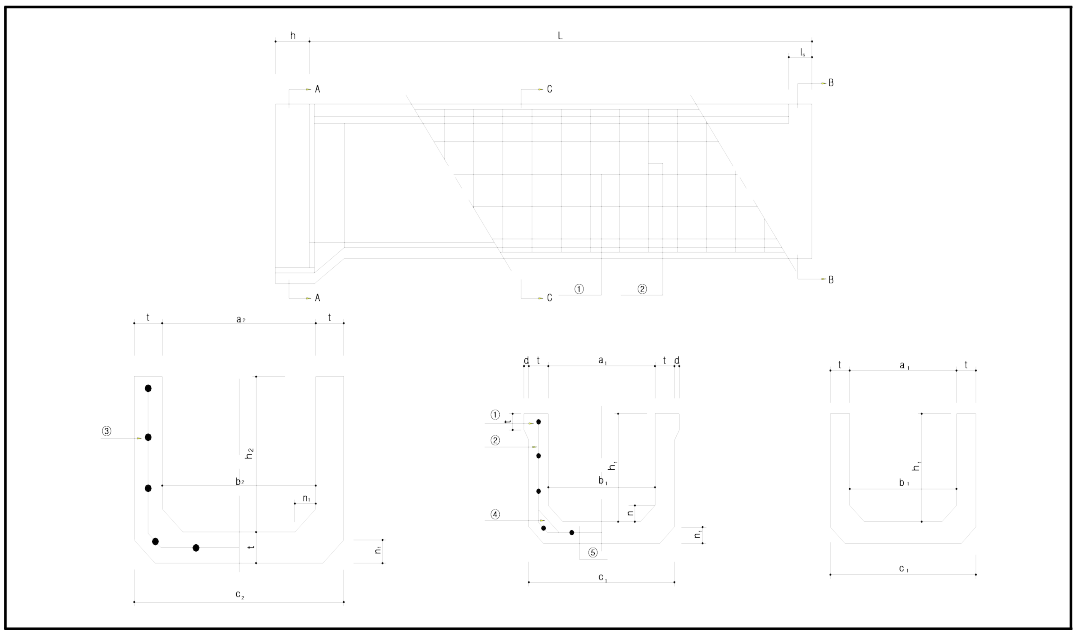


벤치 플룸관의 형상

콘크리트 벤치플룸관의 규격

종류	호칭	중앙부의 치수													소켓부의 치수						배근				
		안나비			밑나비		두께			깊이		r	ℓ	허용차	as[6] 이상	cs[6] 이상	bs 이상	es 이상	hs[6] 이상	ℓ1 이상	세로 철근		가로 철근		
		a	b	허용차	c	m	d	e	허용차	h	허용차										지름	개수(개)	지름[4]	개수(개)[2]	
																								ℓ=2000	ℓ=1000
3종	200	200	185	±3	225	20	60	40	±2	200	±2	30	1000 2000	±5	295	360	280	40	240	50	4.0	9	4.0	16	8
	300A	300	285		325					250		35			325	460	380					10			
	300B				335			45							335	480	390	45	295						
	300C		280	±4	340		70	50		300		40			340	495	395	50	350	60	5.0	12			
	400A	400	380		440										440	595	495						5.0	20	10
	400B				450		75	55		350					450	615	505	55	405						
	400C		370		450		80	60		400					450	625		60	460						
	450A	450	420		480										480	675	555								
	450B				490		85	65		450					490	695	565	65	515						
	500A	500	470		530		80	60		400		50			530	725	605	60	460						
	500B			±5	540	30	85	65	+3 −2	450	±3	45			540	745	615	65	515						
	500C				550		90	70		500		50			550	765	625	70	570						
	600A	600	570		630		80	60		400					630	825	705	60	460		5.5	13	5.5		
	600B				650		90	70		500					650	865	725	70	570						
	600C				660		95	75		600					660	885	735	75	675						
	700	700	670		760										760	985	835								
	800A	800	770		860										860	1085	935					18	D6		
	800B				850		100	80		700		60			850	1105	945	80	780			20			
	900A	900	860	±7	940	40			+5 −2		±5				940	1195	1035				D6	21			
	900B				950		105	85		800					950	1215	1045	85	885			22		24	12
	1000	1000	960		1050										1050	1315	1145					23			
	1200	1200	1140		1280		110	90		100					1280	1600	1380	90	1110						

다. 철근콘크리트 플룸관



철근콘크리트 플룸관의 형상

철근콘크리트 플룸관의 규격

규격	안치수 $a_1 \times h_1$	치수(m/m)																최고 중량
		a_1	b_1	c_1	h_1	t	d	f	a_2	b_2	c_2	h_2	n	n_1	L	l	l_2	(kg)
200	200×200	200	185	265	200	40	20	40	300	280	365	242	30	20	50	80	60	150
300	300×300	300	280	380	300	40	20	40	400	380	460	342	30	20	50	80	60	280
400	400×400	400	380	500	400	60	20	60	540	515	660	468	30	20	60	90	70	415
500-S	500×450	500	470	600	450	65	20	65	635	620	765	518	50	30	70	100	80	476
500-L	500×500	500	470	600	500	65	20	65	635	620	765	568	50	30	70	100	80	510
600-S	600×415	600	520	630	415	45	20	50	760	706	705	482	70	80	70	100	80	460
600-M	600×500	600	570	720	500	70	20	70	760	735	900	580	50	30	70	100	80	620
600-L	600×600	600	570	730	600	75	20	75	770	745	910	683	50	30	70	100	80	755
800	800×700	800	760	940	700	80	20	80	980	960	1140	790	60	30	70	110	90	990
900	900×800	900	850	1045	800	80	20	80	1085	1060	1250	890	60	30	80	110	90	1170
1000	1000×800	1000	950	1155	800	85	20	85	1195	1170	1360	895	60	30	80	110	90	1240
1000	1000×1000	1000	950	1155	800	85	20	85	1195	1170	1360	895	60	30	80	110	90	1240

2-1-9. 철재

가. 철근(鐵筋; steel reinforcement)

봉강이라고도 하며, 원형철근과 이형철근이 있다. 이형철근은 부착 강도를 높이기 위해 표면을 요철형으로 만든 것이다. 원형철근은 지름이 6.9mm 및 12mm이고, 이형철근은 지름 10mm, 13mm, 16mm, 19mm, 22mm, 29mm, 32mm, 36mm, 38mm에 길이 8m를 표준으로 한다.

나. PSC 강선 및 강연선

프리스트레스트콘크리트에 이용하는 PSC강선과 PSC강에 의하여 제조된 선(wire)은 KS규격에 적합한 것으로 페이턴팅(patenting) 한 후 상온에서 신장한 것이다. 최종공정에서 가공변형을 제거하기 위해 블로잉을 실시한다. 이형강선 중에는 부착강도를 증대시키기 위해 요철부를 준 인덴티드강선(indented wire), 그리고 최근에는 릴랙세이션(relaxation)이 특히 작은 강선도 시판되고 있다.

다. PSC강봉

프리스트레스트콘크리트에서 이용하는 PSC강봉(steel bar)은 제조 방법에 따라 인발강봉·압연강봉·열처리강봉으로 구분되며, 신장률은 5% 이상, 릴렉세이션은 1.5% 이하로 규정되어 있다.

라. 와이어로프(wire rope)

와이어로프는 마닐라삼으로 만든 로프나 그 밖의 섬유를 심으로하고, 그 주위에 1 ~ 3mm의 스트랜드 6개를 꼬아 만든 것이다. 소선(素線)은 1% 정도의 탄소를 함유한 양질의 고탄소강선으로, 0.9 ~ 1.0 탄소의 강선은 냉간가공과 페이턴팅이라는 열처리의 조합에 의하여 만들며, 인장강도가 1mm^2당 300kg이 넘는다

마. 철선(鐵線; wire)

철사라고도 하며, 연강선을 아연도금한 것으로서 철망·가설재·못 등의 재료로 쓰인다. 철선의 지름은 mm단위 또는 번수의 표준에 따라 표시하며, #1(7.62mm), #5(5.50mm), #8(4.19mm), #10(3.40mm), #16(1.65mm) #18(1.24mm), #22(0.71mm)의 관계가 있다.

바. 형강(形鋼; section shape steel)

형강은 특수단면으로 압연된 강재로서 주로 철골 구조용으로 사용 된다. 용강(鎔鋼)을 각주모양의 형에 주입하여 강괴를 만들고, 불순물을 제거하여 치밀하게 하는 공정을 거친 다음 가열로에서 재가열하여 압연기에 건 후에 10여 단계의 형붙이 롤러를 통해 각종 단면형상으로 다듬질한다. 단면형상에 따라 I형강·H형강·T형강 등으로 구분된다.

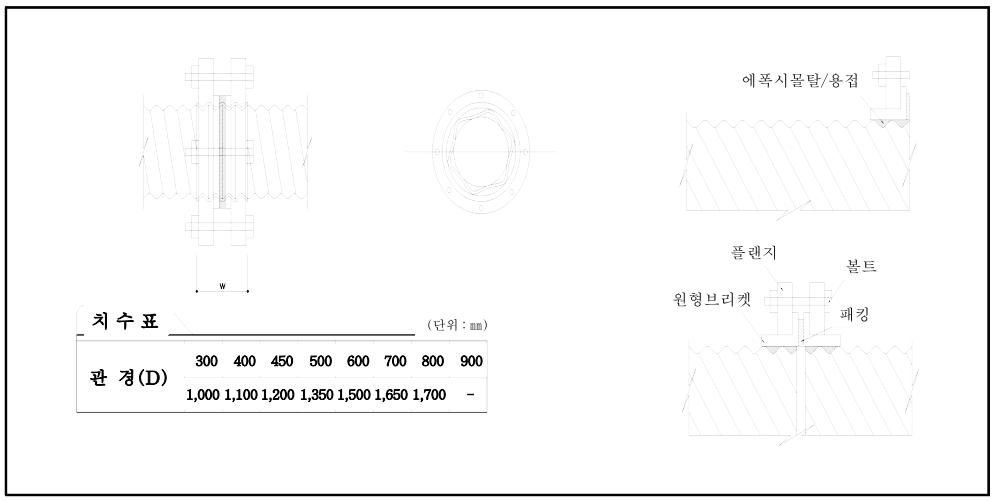
사. 강철말뚝(steel pile)

강철말뚝은 강관·I형강·H형강 등과 같이 강으로 만들어진 말뚝이다. 연약지반에서 흙파기할

때 지반이 붕괴되는 것을 방지하기 위한 기초공사에 사용되며, 특수단면의 접촉부를 연결하는 강철널말뚝으로도 사용된다.

아. 파형관(波形管; corrugated steel pipe)

파형관은 얇은 강판에 파형을 붙여 제조한 파이프로서 각종 배수 공사에서 널리 사용된다. 철제품에는 철망·철주·척쇠·볼트·못 등이 있다. 철망은 급경사지, 특히 파쇄암 절개면의 낙서방지용 피복망으로 널리 쓰이고, 낙서저지책·종비토뿜어붙이기 공사를 할 때에는 암벽면 피복에도 쓰인다.



파형관의 형상

파형관의 규격(치수)

규격	1 RS									3 RS	
관경 (∅,㎜)	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1500
두께 (㎜)	1.6					2.0				2.0	2.7
파형 규격	680X130									762X254	
파형 골수	9									7	
LOCK SEAM	609.6									533.4	

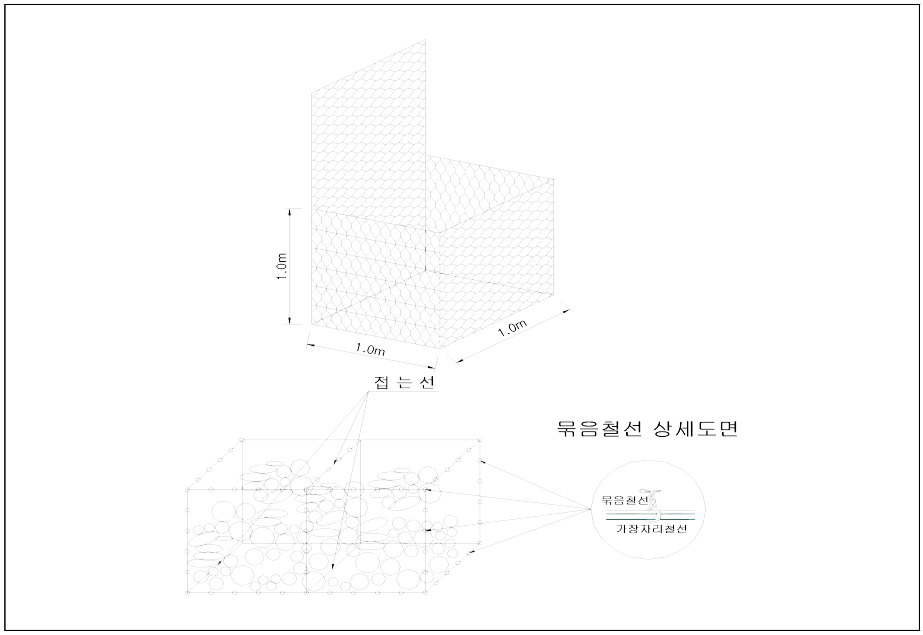
자. 철선돌망태

철선돌망태는 철사로 얽어 만든 망태로서 굵은 자갈이나 잡석을 충전하여 야계사방, 계천 호안공사, 용수지대의 옹벽 등에 사용된다. 보통 아연도금 철선 또는 합성수지피복 철선재 8 ~ 10번 선을 사용하여 망눈 크기 8 ~ 15cm의 마름모꼴로 짠다. 돌망태는 표면의 조도가 크고, 굴요성

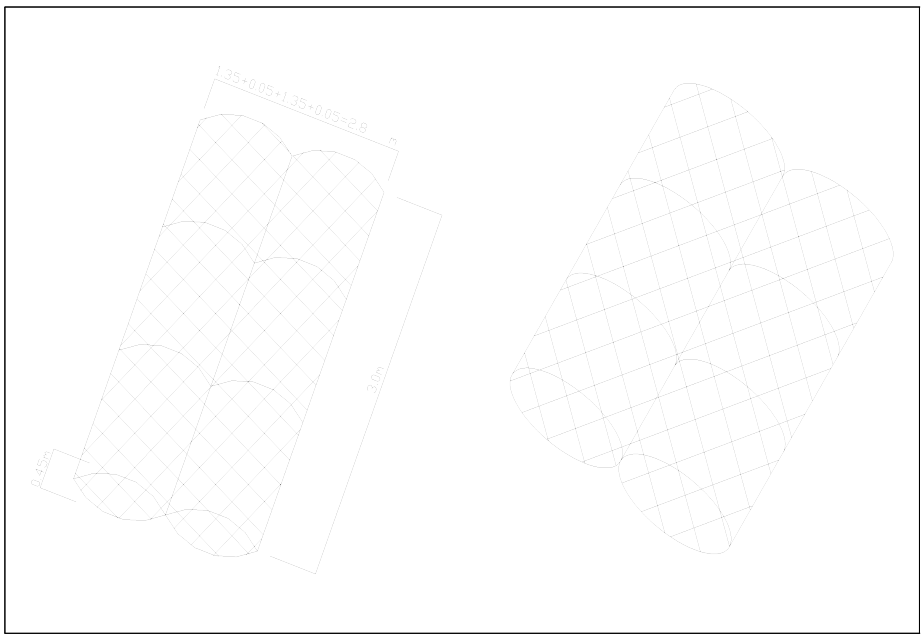
이 좋으며, 작업과 시공이 비교적 쉽지만, 내구성이 보통 10 ~ 15년 정도로 길지 않다. 산사태지 복구공사·둑 파괴지·비탈면붕괴지 등에 대한 응급복구공사와 가설공사 및 도로비탈면 안정용 옹벽공사에 제한적으로 사용된다.



철선돌망태(좌:원형, 우:사각형)



사각형 철선돌망태의 형상



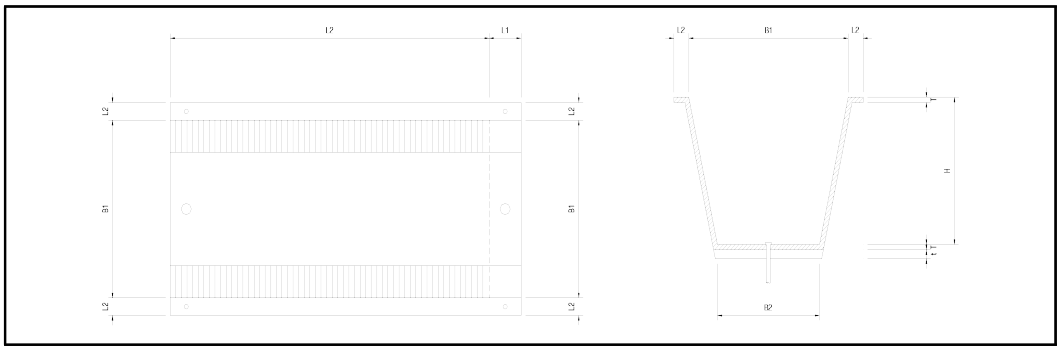
원형 철선돌망태의 형상

2-1-10. 합성수지 제품

구조용 재료를 비롯한 상·하수도관, 차수공사, 도로 및 교량공사, 도료, 접착제, 구조물의 보수·보강, 각종 방수, 방식피복 등에 광범위하게 사용되고 있다.

가. 경질염화비닐관(rigid polyvinyl chloride pipe)

경질염화비닐관은 송수관·급수관·배수관·전선관·케이싱관·유공관·케이블관·해저 수송관 및 옹벽의 배수용 파이프로부터 종래의 토관에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 내식성이 좋고, 관의 내면이 매우 매끄럽기 때문에 유수 마찰이 작으며, 관내의 유량도 커서 경제적이다. 또한, 이음이 용이하고 가벼우며 휘는 성질 때문에 시공이 간단하고, 값도 저렴하다. 관의 크기는 공칭지름이 10 ~ 500mm까지 규격화되어 있지만 800mm까지 생산되고 있으며, 수도관은 공칭지름이 10 ~ 50mm이지만 75 ~ 150mm까지 생산되고 있다.



비탈돌림배수로용 경질염화비닐관의 형상

□ 치 수 표

규 격	치 수 표									비 고
	B1	B2	H	L	L1	L2	T	t	Kg	
200×150×1000	200	150	150	1000	100	50	15	25	6	고정핀1개
300×200×1000	300	200	200	1000	100	50	15	25	10	고정핀1개
400×250×1000	400	250	250	1000	100	50	15	25	14	고정핀1개
500×320×1000	500	320	400	1000	100	50	15	25	20	고정핀1개 볼트2개
600×550×1000	600	550	400	1000	100	50	15	25	23	고정핀1개, 볼트2개

경질염화비닐관의 규격

나. 차수막과 방사막

토사·암석 등의 공극에 물이 침투하여 침하·활동·세굴되는 것을 방지하기 위해 매립지의 주위, 저수댐, 용수로의 저면, 흙댐의 비탈면 등에 사용하는 플라스틱막을 차수막이라 한다. 해안선이나 매립지 호안의 뒷채움 토사가 조수의 간만 차에 의해 유실되는 것을 방지하기 위하여 호안의 배면지와 토사 사이에 사용하는 플라스틱막을 방사막이라고 한다. 플라스틱막의 두께는 0.5 ~ 3.0mm 정도로 차수막에는 0.5 ~ 1.0mm 정도가, 방사막에는 1.0 ~ 2.0mm 정도가 주로 사용되지만, 사용 장소에 따라 0.1 ~ 0.3mm 정도의 얇은 것이나 4 ~ 6mm 정도의 두꺼운 것이 사용되기

도 한다.

다. 차수관

하천이나 간척지의 제방 등에서 차수코아에 의해 침윤선을 저하시켜 투수계수를 낮출 목적으로 사용되는 것 중에서 플라스틱의 시트종류를 차수관이라고 하며, 연질폴리염화비닐시트(두께 1.0-3.0㎜)가 사용된다. 과거의 점토코아에 비해 시공이 간단하고, 값이 저렴하며, 내구성이 우수하다.

라. 방수시트

방수시트는 터널공사에 있어서 용수처리 및 지하구조물의 콘크리트 방수 등에 주로 사용된다. 특히, 터널공사에는 불투수성으로 가격이 저렴한 연질폴리염화비닐이나 폴리에틸렌의 시트류인 두께 0.8-2.0mm 정도의 부틸고무·클로로프렌고무·에틸렌·프로필렌·폴리머고무·폴리이소부틸렌·폴리염화비닐 등이 사용된다.

마. 봉함제 또는 양생제

타설한 콘크리트의 소요강도 및 내구성을 유지하기 위해서는 7일 정도는 습윤상태로 유지해야 하므로 콘크리트 표면에 봉함제를 도포하거나 양생제를 뿜어붙이기로 양생해야 한다. 봉함제로는 역청질 혼합물이나 유지계·수지계의 재료를 사용한다.

바. 방식제

방식제는 코팅 또는 라이닝(lining)이라고도 한다. 일반적으로 코팅은 두께가 0.3-0.5mm 정도로 피복층이 얇고, 라이닝은 두께가 0.5-3.0mm 정도로 피복층이 두껍다. 방식제는 강교·강관말뚝 등의 방청 및 방식 처리에, 콘크리트는 수로·하수도·공장지대나 해안 및 해중에 있어서 콘크리트 구조물·흄관과 같은 콘크리트 2차 제품의 내식처리 등에 사용된다.

사. 지수판

지수판은 콘크리트 구조물의 누수방지나 지수효과를 위해 이음부분에 삽입하는 판 모양의 재료로 콘크리트에 대한 밀착이 좋고, 판막작용을 하며, 굴곡된 투수경로를 형성해야 한다.

지수판에는 강판·연판·천연고무·합성고무 등이 사용되었지만, 현재는 연질폴리 비닐제품이 널리 사용되고 있다. 토목공사에서 지수판은 수력발전소의 댐, 도수암거, 취수로, 배수로, 철도 및 도로, 터널, 고가교, 지하철, 수로교, 매립지의 옹벽, 상하수도의 정화조, 항만·하천의 방조제, 사방댐 등의 이음부나 신축이음 등에 쓰인다.



지수판의 형상

아. 이음판

이음판은 콘크리트 포장을 할 때에 온도 등의 변화에 따라 콘크리트가 변형되기 때문에 응력을 받아도 콘크리트가 파괴되지 않도록 소정의 팽창이음부에 사용되는 이음재로서 이음폭이 15-25 ㎜ 정도이다. 이음판의 기능은 건설 중에 팽창공간의 형성, 콘크리트의 자유팽창 허용, 봉랍재의 보유 등이다.

이음판은 주로 아스팔트계 재료가 사용되어 왔지만, 압축력을 받으면 포장면에 불거져 나오므로 폴리염화비닐·폴리에틸렌·폴리스티렌·폴리우레탄 등 플라스틱을 이용한 이음판이 사용되고 있다.

자. 가스켓

가스켓은 클로로프렌고무나 폴리염화비닐 등을 특수단면 모양으로 만든 것으로서 끈모양 이음재는 폴리부텐부틸고무와 아스팔트 폴리우레탄폼 등을 끈·테이프·튜브·리본 모양으로 성형한 것이다. 이음의 치수 정도가 비교적 높고, 상하수도관, 케이블관 등의 관로의 접합, 연약지반을 위한 쉴드(shield)공법의 세그먼트(segment)의 이음, 프리캐스트콘크리트 슬래브의 접합 등에 사용된다.

차. 주입이음재

주입이음재는 대부분의 건설공사에서 현장타설 또는 프리캐스트콘크리트판의 이음에 사용되는 주입봉합재로서 상온 또는 가열상태에서 이음부에 주입하여 사용한다. 지금까지 주입이음재로 가격이 저렴한 아스팔트가 널리 사용되었지만, 성질 및 조건을 충분히 만족시키지 못해 성분형(자기가류형) 탄성이음재인 폴리설페이트(티오콜)·실리콘·폴리우레탄·부틸고무·클로로프렌고무등과 이성분형 (가황형) 탄성 이음재인 폴리설페이트(티오콜)타르·에폭시·폴리설페이트·폴리우레탄 등이 사용되고 있다.

카. 접착제

토목공사용 접착제로 사용되는 아스팔트와 시멘트모르타르 등은 접착강도·성능·내구성 등이 좋지 않아 고분자재료를 쓰고 있다. 일반적으로 접착을 위해서는 고체면에 습기가 필요하므로, 접착제에는 적당한 유동성과 고화된 피막의 사용목적에 따라 신장성·내열성·내수성·내약품성 등이

요구된다.

타. 그라우트재

콘크리트 구조물의 균열부분에 주입·충전하여 강도를 증가시키고, 수밀성을 향상시키기 위해 사용되는 액상의 폴리머 재료를 그라우트재라고 한다. 그라우트재가 갖추어야 할 성질 및 조건은 균열 폭의 크기에 따라 점도를 적당히 선택할 수 있고, 세부까지 주입이 가능할 것, 시공이 용이할 것, 콘크리트의 건습에 관계없이 접착강도가 크고, 경화 후에는 콘크리트보다 큰 강도를 발현할 것, 내수성·내열성·내후성 등이 좋을 것, 경화 후에는 흡수 및 투수에 대한 저항성이 클 것, 가격이 저렴할 것 등이다.

파. 수지콘크리트

수지콘크리트는 합성수지를 소재로 하여 골재와 결합시킨 콘크리트로서, 폴리머시멘트콘크리트와 폴리머콘크리트 등이 있다. 수지콘크리트용 재료는 불포화 폴리에스테르·에폭시푸란·폴리우레탄 등의 액상수지, 탄산칼슘·실리카 등의 충전제, 자갈·모래·부순돌 등의 골재이다. 특히, 수지콘크리트에서는 골재나 충전재에 포함된 수분이 수지의 경화를 저해하기 때문에 함수율 0.1% 이하인 것을 사용해야 하며, 골재의 강도가 콘크리트 강도에 미치는 영향이 크므로 고강도의 골재를 사용해야 한다.

수지콘크리트의 강도는 어느 정도까지는 수지의 함유율에 비례하지만, 한계를 초과하면 오히려 수축균열이 발생하게 된다. 지금까지는 통신용·가스용·전력용 등 블록맨홀, FRP보강 화이버쉴드공법용 세그먼트, FRP보강판넬, U자구, 고강도 파일, 보도판 등의 프리캐스트 제품과 댐 배수로의 복공, 산성수가 흐르는 곳의 사방댐 등에서 실용화되고 있다.

2-1-11. 화약

화약은 채석 및 계간공작물 바닥의 암석을 폭파하기 위해 사용하며, 일반적으로 흑색화약으로 충분하지만, 용수부의 바닦파기 및 심부의 균열을 방지하기 위한 채석에는 TNT를 사용한다.

가. 분류

화약류는 화약과 폭약으로 크게 나눌 수 있으며, 화약은 폭파속도가 340m/s 이하이고, 폭약은 뇌관 등을 사용하여 기폭에 의해 폭발시키는 것으로서 폭파속도가 2.000-8.000m/s이다.

○ 화약

흑색화약은 황·목탄·초석을 15:15:70의 비율로 혼합한 것으로서 지름 약 3-7㎜의 크기로 조립하며, 유연화학이라고도 한다. 비중이 1.5-1.8로 충격인 가열(26-280℃)에 의하여 폭발하면 300배의 가스로 팽창하여 2.000℃의 고열과 660MPa의 압력으로 주위의 물체를 파쇄한다. 저렴하고 취급 및 보관에 위험이 적으며 발화가 간단하지만, 흡수성이 크고 젖으면 발화하지 않으며 수중에서는 폭발하지 않는 결점이 있다.

무연화학은 흑색화약에 비해 압력은 높지 않지만 압력을 장시간 작용시킬 수 있기 때문에 연

소성을 조절할 수 있으며, 총탄·포탄·로켓 등의 발사에 사용된다. 비중이 1.54-1.68이고, 발생 가스량이 900-1.100cc/g이며, 충격이나 마찰에 예민하여 액체 운반은 법규로 금지되어 있다. 기초성분에 따라 싱글베이스 화약, 더블베이 스화약, 트리플베이스화약 등으로 분류한다.

○ 폭약

기폭약은 자체 폭발에 의하여 인접해 있는 다른 화약류의 폭발을 유도하는 것으로서 뇌산수은·질화납·DDNP 등이 있다. 매우 예민하여 작은 충격이나 점화에 의하여 쉽게 폭발하므로 뇌관에 장전하여 사용한다. 폭약에는 과염소암모늄과 규소철·목분·중유 등을 조합한 칼릿(carlit), 글리세린에 질산을 반응시켜 만든 무색·무취의 투명한 유상용액인 니트로글리세린(nitroglycerin), 니트로글리세린을 흡수성이 큰 고체에 흡수시킨 함유율 6% 이상인 다이너마이트(dynamite)가 있다.

나. 기폭용품

○ 도화선

흑색화약을 마사·종이테이프 등으로 피복하고 습기를 방지하기 위해 특수 방수도료로 도포한 것으로서 비닐도화선과 유니버설도화선이 있다. 시료 5개의 평균연소 속도는 100-140m/s±10%이어야 하며, 연소속도가 정확하고, 점화력과 내수성이 우수해야 한다.

○ 도폭선

대폭파나 수중폭파와 같이 동시 폭파할 경우 뇌관 대신 사용하는 코드선으로서 폭약을 심약으로 하고, 섬유·플라스틱·금속관 등을 피복한 것이다. 이에는 폭속시험용인 제1종(T도폭선·기준도폭선), 헥소겐을 심약으로 사용한 제2종, 제2종 도폭선을 방수도료로 가공한 제3종(심수용도폭선)이 있다. 도폭선의 파폭속도는 5.500m/s 이상이고, 연소속도는 3.000-6.000m/s이다.

○ 뇌 관

폭약이나 화약을 폭발하기 위해 기폭약 또는 첨장약(添裝藥)을 관체에 장전한 것으로서 점화용 뇌관 및 점폭용 뇌관으로 분류된다. 점화용 뇌관은 소총이나 피스톨 약협 지부에 부착하여 발사약에 점화하는 것으로 격발뇌관과 전기뇌관으로 구분되고, 점폭용 뇌관은 폭약을 폭광시키는 것으로 공업용 뇌관과 군용 뇌관으로 나누어지고, 공업용 뇌관에는 공업뇌관과 전기뇌관이 있다.

2-2. 식생재료

2-2-1. 초본류

가. 재래 초본류

재래 초본류는 특정 지역에 자생하는 초본으로 이전부터 자연군락을 이루어 자생하며, 자연도태를 거쳐 환경에 적응한 초본류이다. 파종공사에는 새류·억새·안고초·대사초·기름새·겨이삭·산거울 등의 외떡잎식물을 주로 적용하고, 쌍떡잎식물들은 자연이입 되도록 유도하는 것이 바람직하다.

사방용 주요 재래 초본류의 특성

구분	발아율(%)	입자수 (만립/kg)	초장(m)	성질
새(솔새·개솔새)	20~60	130~160	0.7~1.20	· 지상부가 확대되고, 피복량이 크다. · 지상부 생장이 빠르고, 근계의 발달이 좋다
억새	20~60	100~150 (850~860)	1.0~2.0	· 채종이 용이하다. · 건조지나 사력지에서도 자란다. · 발아가 늦고, 고르지 않다.

구분	발아율(%)	입자수 (만립/kg)	초장(m)	성질
산쑥	50~80	150~200	1.0~2.0	· 지상부의 생장이 좋고, 지하부가 발달하여 근계번식을 한다. · 습지에도 견딘다(추위에도 강하다.) · 채종이 용이하고, 분주가 된다. · 비교적 혼과가 용이하다. · 초기생장이 늦고, 발아도 늦다. · 겨울철에 지상부가 고사하여 나지로 되기 쉽다. · 지엽이 많고, 토양의 비료분이 부족하기 쉽다. · 생장과 번식이 왕성하여 식생천이를 방해하기 쉽다.
쑥	50~80	350~400	0.5~1.0	
제비쑥	40~70	200~250	0.5~1.0	
까치수영	20~60	50~60	0.5~1.5	· 척박지에 견딘다. · 건조지에서 자라고, 지상부의 생장이 좋다. · 발육기가 짧은 것, 긴 것 등 일정하지 않다. · 근계가 粗根이다. · 겨울철에 고사하여 나지상으로 되기 쉽다.
김의털		200	0.5~1.0	· 척약지에 잘 견딘다. · 분열에 의하여 번식하여 근계발달이 좋다.

나. 도입 초본류

사방사업 대상지를 녹화하기 위해 외국에서 들여온 초본이다. 대부분 발아와 생장이 양호하

여 급속녹화에 효과적이지만, 재래 초·목류의 발아와 성장 및 식생천이를 방해할 수 있으므로, 시공 대상지와 공사 목적에 따라 적정량을 정해 파종해야 한다.

사방용 주요 외래 초본류의 특징

구 분	pH의 범위	초장 (m)	번식형	발아 개시 온도(°)	입 수 (1g당)	적응조건
겨이삭 (벤트그라스) Bentgrass	6.5~7.5	30~40	지하경	8	2,500	습윤한 토양이 적당하고, 내한·내음성이 강하며, 비탈면의 녹화공법에는 그다지 사용되지 않고, 평지의 공원녹지에 이용된다. 생육적온 : 20~25 °C
붉은겨이삭 Redtop	5.5~6.0	40~60	지하경 지상경	8	11,000	산성에 강하고 습지에 가장 잘 적용되는 초종이나 내건성이 있으며, 다른 초종들이 자라지 못하는 석회분이 적은 토양에서도 성장한다. 줄기차게 뻗는 지하경을 가지므로, 침식을 방지하여 제방을 보호하는 데에 유리하다. 순도:92%, 발아율:90%, 생육적온:20~25°C
다년생 호밀풀 Perennial ryegrass	5.5~7.0	50~70	분얼	8	500	비옥한 점질토가 최적이고, 겨울기후가 온화하고 한랭 습윤한 지방에 잘 자란다. 재생력이 강하고 하기 고사현상이 있다. 건조와 더위에 약하다. 단파보다는 혼파용으로 많이 사용한다. 순도:98%, 발아율:90%, 생육적온:18~20°C
지팽이풀 Switch grass	6.0~7.0	80~120	분얼	5	855	토양에 대한 적응성이 크고, 내산성이 강하며, 추위에 강해 한랭지에서 혼파하면 좋으며, 건조에 약간 약하다. 무수한 뿌리를 가지며 생장력이 왕성하여 토양보존용으로 유리하다. 순도:95%, 발아율:75%, 생육적온:25~35°C

구 분	pH의 범위	초장 (m)	번식형	발아 개시 온도(°)	입 수 (1g당)	적응조건
켄터키 푸른풀 (왕포아풀) Kentrucky bluegrass	5.8~6.4	40~60 (좋은조건에서는 90cm까지 생장)	지하경	5	4,800	성장기간이 긴 다년생 초종으로서 무덥고 건조한 일기가 오래 동안 계속되는 여름한때는 성장이 정지되며, 수분공급이 불충분하면 갈색으로 변하고 봄이나 가을철에는 다소 녹색이 된다. 순도:85%, 발아율:80% 생육적온:10~20°C
이태리 호밀풀 Italian ryegrass	6.0~6.5	60~100	분얼	8	500	약산성으로 양토 또는 식양토이고 일조가 좋은 곳이 적당하며, 더위에 약하고 추위에 강하다. 극한지에서는 월년하지 않고, 1년생이므로 부분적인 응급 녹화에 좋다. 가을에 늦은 때에는 본종 이외의 것은 발아하지 않는다. 순도:98%, 발아율:90%
켄터키 개미털 Kentucky 31 fescue	5.4~7.6	80~120	분얼	5	500	Tall fescue의 재래종으로서 그다지 토양을 가리지 않고, 수분과 질소분이 있으면 겨울철에도 생육하며, 한서에대한 적응력이 크다. 그늘에 강하고 겨울철에도 생육하기 때문에 겨울철에 고사하는 다른 초종과 혼파하는 것이 좋다. 순도:97%, 발아율:85%, 생육적온:20~25°C
능수귀염풀 (사랑 우름풀) Weeping lovegrass	5.5~8.0	70~90	지상경	10	3,300	그다지 토양을 가리지 않고 모래땅에서도 자라기 때문에 비탈면에 적당한 초종이다. 무더위와 건조에 매우 강하지만, 그늘에 극히 약하고 추위에 약하여 겨울철에 고사한다. 순도:98%, 발아율:85%, 생육적온:25~30°C

구 분	pH의 범위	초장 (m)	번식형	발아 개시 온도(°)	입 수 (1g당)	적응조건
우산잔디 Bermuda grass	5.1~7.1	10~15	지상경	18	4,800	산성토양과 배수가 좋은 토양에서 잘 자란다. 추위에 약하여 -12℃에서 고사하고, 일평균온도 24℃가 최적이며, 일평균온도 18℃ 이상이 아니면 발아하지 않는다. 건조에 강하지만 피음에 약하기 때문에 혼파가 불가능하며, 비탈면에서는 포복하지 않는다. 순도:97%, 발아율:85%
참새피 Bahia grass	5.1~6.5	30~70	지상경	15	3,530	토양적응성이 커서 척박지에서도 잘 자란다. 온지성으로서 더위와 건조에 강하고, 따뜻한 지방에서 Bermuda grass와 함께 사용된다. 순도:97%, 발아율:85%
눈 붉은 개미털 Creeping red fescue	5.4~7.6	30~50	지상경	5	1,300	사질토에서 잘 자라고, 내음성과 내건성이 강하다. 더위에 다소 약하며, 초장이 짧으므로 식생반공법에는 부적당하다. 순도:96%, 발아율:80%, 생육적온:18~25℃
큰조아재비 Timothy	5.4~7.6	80~100	분얼	5	2,300	비옥지를 좋아하지만, 사질토양보다는 점질토양에서 잘 자라며, 토양조건이 나쁜 지역에서도 잘 자란다. 추위에 강하고, 더위에는 약간 약하며, 음지에 부적당하다. 순도:99%, 발아율:90%, 생육적온:20~25℃
오리새 Orehard grass	6.0~7.0	80~100	분얼	5	1,400	토양에 대한 적응성이 크고 내음성이 강하지만, 건조에 약간 약하다. 추위와 재생력이 강하므로, 한랭지에서는 혼파하면 좋다. 순도:85%, 발아율:80%, 생육적온:25~30℃

<재래초종>



새(안고초)



솔새(솔풀)



개솔새



참억새



큰새풀



비수리



차풀(며느리 감나물)



매듭풀(가위풀)

<도입초종>



겨이삭 (Bent grass)



붉은겨이삭 (Redtop)



다년생 호밀풀 (Perennial ryegrass)



지팽이풀 (Switch grass)



왕포아풀 (Kentucky bluegrass)



이태리 호밀풀 (Italian ryegrass)



켄터키개미털 (Kentucky 31 fescue)



능수귀염풀 (Weeping lovegrass)



우산잔디 (Bermuda grass)



참새피 (Bahia grass)



눈붉은개미털 (Creeping red fescue)



큰조아재비 (Timothy)



오리새 (Orchard grass)



맨하턴라이그라스 (Manhattan ryegrass)

초본류

2-2-2. 목본류

우리나라 3대 사방수종인 리기다소나무, 물(산)오리나무, 아카시나무 이외에 곰솔, 참나무류(상수리나무, 갈참나무, 졸참나무), 싸리류(싸리, 참싸리, 조록싸리, 족제비싸리), 눈향나무, 물갬나무, 사방오리나무, 왕사방오리나무, 좀사방오리나무 등이 있다. 족제비싸리는 환경적응성이 좋지만, 생장과 번식이 왕성하여 생태계를 교란시킬 위험성이 있으므로, 사용에 유의해야 한다.

사방용 주요 목본류의 특징

구분	특징 및 적용조건
리기다 소나무	건조한 척악지에서 잘 자라고 내환경성이 강하므로, 이전에는 사방 및 농산촌 연료림 조성용으로 전국에 식재되었다.
물(산)오리나무	근류균에 의한 질소고정능력이 크기 때문에 척악지에서 잘 자라고 토양의 긴박력도 우수하지만, 초본류와의 혼파가 어렵다.
아카시나무	비교적 척박한 건조지역에서도 잘 자라며, 맹아갱신이 잘 이루어질 뿐만 아니라 근계발달도 양호하다.
곰솔	척박한 건조지대에서 잘 자라고, 해풍에 잘 견디며, 모래날림고정능력이 크기 때문에 이전부터 해안 사구지의 주요 녹화용 수종으로 사용되고 있다.
상수리나무 · 갈참나무·졸참나무	심근성 수종으로서 비교적 토심이 깊고 비옥한 곳에서 잘 자라며, 산사태 위험지에 예방용으로 식재한다
싸리· 참싸리· 조록싸리	근계발달이 양호하고, 초본류와의 혼파도 가능하기 때문에 주로 도로 주변이나 성토지대에 도입된다. 번무하면 식생천이에 방해가 되는 단점이 있다.

2-2-3. 덩굴식물

주요 덩굴식물에는 담쟁이덩굴, 등나무, 칡, 댕댕이덩굴, 등수국, 송악, 줄사철나무, 마삭줄, 인동덩굴 등이 있다. 칡은 분얼에 의한 번식력과 생장이 왕성하여 주변 식물에 대한 피압피해를 유발하므로, 사용에 유의해야 한다.

사방용 주요 덩굴식물의 특징

구분	특징 및 적용조건
댐쟁이덩굴	특별한 보조시설이 없어도 벽면에 잘 부착하고, 강풍에도 잘 견딘다. 고속도로 암반비탈이나 채석장 잔벽녹화에 효과적이다.
등나무	대기오염에 강하고 척박한 토양에서 잘 자라며, 질감이 좋아 받침망을 설치하면 도시녹화·도로공원 등에 사용할 수 있다.
칡	생장속도가 빠르고 환경에 잘 적응하므로 절개지 녹화에 사용되지만, 질감이 거칠고 주변 수목을 피압하여 생장을 방해한다.

2-2-4. 떼

떼(芝; sod)는 사방공사에 널리 사용되는 녹화자재로 이전에는 주로 자생하고 있던 들떼(野芝) 또는 산떼(山芝)를 채취하여 사용하였지만, 최근에는 떼밭을 조성하여 생산하고 있다. 떼는 산복공사의 선떼붙이기·줄떼붙이기·떼단쌓기·평떼붙이기·떼수로공사 등과 계간사방공사 및 야계사방공사 등에 널리 사용되고 있다.

일반적으로 토공에 사용되는 떼는 뜬떼(切芝)로 크기에 따라 대형떼(길이 40cm×폭 20cm×두께 3 ~ 5cm 이상, 4kg/매)와 소형떼(33cm×20cm×3 ~ 5cm 이상, 2.7kg/매)로 구분하지만, 시중에서는 보통떼(30cm×30cm×3 ~ 5cm)를 많이 사용한다.

떼를 뜬 후에 흙을 턴 것을 턴떼(振芝)라 하고, 흙이 붙어 있는 떼를 흙떼라고 한다. 또한, 뜬떼를 온떼(全芝)라고 하고, 이것을 길이방향으로 둘로 자른 것을 반떼(半芝)라고 한다. 비탈면 떼붙이기에 사용될 때에는 붙인떼 또는 평떼(張芝)라고 하는데, 이때에는 온떼를 사용한다. 평평한 정원이나 교정에는 반떼상태의 줄떼심기(선지공, 線芝工) 또는 평떼심기(장지공, 張芝工)를 한다.

2-2-5. 녹화용 피복자재

자연생 떼를 대체하고, 떼공사를 신속하게 실행하기 위하여 개발된 제품들로서 식생반·식생자루·식생대(종자띠)·식생매트·식생망·식생로프·식생포트 등이 있다. 이 밖에도 천연토목섬유로 된 코이어네트·쥬트네트 등과 합성수지로 된 론생백·론생네트·다기능필터 등이 있다.

가. 식생반(植生盤; vegetation block, pressed soil block)

식생반은 점성토에 유기물·비료·물 등을 섞어 반죽한 후 틀에 채우고 압력을 가해 제작한 반상(盤狀)의 제품으로서 표면에 초본 또는 목본의 종자를 파종하여 사용한다. 식생반은 현장에서 흙을 채취할 수 있으면 현지 제작이 가능하고, 적당한 수분이 있으면 발아 및 생육이 좋다. 또한, 식생반은 녹화가 빠르고, 종자가 유출되지 않을 뿐만 아니라 토양의 유실 방지력도 크며, 동상침식(凍上浸蝕)에 강하다.

식생반은 일반적으로 밑판·종자·표면덮개 등으로 구성되어 있으며, 밑판은 길이 25cm×폭

20cm×두께 3cm의 직사각형 원반에 지름 2㎝의 밑판 고정용 구멍 5개와 깊이 5mm의 종자구멍 120개가 있으며, 1개의 무게는 500 ~ 700g이다.

나. 식생자루(식생대, 植生袋; vegetation sacks)

식생자루는 합성섬유네트·부직포 등으로 제작한 자루에 종자·비료·토양 등의 식생기반재를 넣은 소형 자루이다. 식생기반재가 자루 안에 있으므로 유실이 적고, 소형의 자루이기 때문에 유연성·밀착성 및 운반성이 뛰어나다. 또한, 객토효과가 커서 고결토·사력토 등에 적용할 수 있고, 비교적 급한 사면에서도 시공이 가능하다.

제품에 따라 규격이 다르지만, 길이 33cm×폭 16cm×두께 4cm인 것을 10m당 30개를 사용하며, 토양은 가능하면 비옥토를 0.08m^3 충전한다. 고정핀은 길이 15 ~ 30cm 지름 0.8 ~ 2.5cm인 것을 하나의 식생자루에 2개씩 총 60개를 고정하며, 화성비료 10g과 복수의 종자를 혼합한다.

다. 식생대(종자띠, 植生帶; vegetation belts)

식생대(종자띠)는 종자와 비료를 부착한 띠 모양의 피복자재이다. 가볍고 취급하기 간편하지만 침식이 발생하기 쉬우므로 토양이 풍부하고 완만한 비탈면에 제한적으로 적용하며, 급경사지의 경질토 및 사력지에는 부적합하다. 식생대는 종자·비료·보수재·토양개량재를 띠 모양의 부직포에 점착한 것으로 절토비탈면에 등고선 방향으로 폭 10cm 정도의 소단 및 도랑을 축조한 후에 설치한다.

식생대는 통상 길이 50cm×폭 10cm인 것을 10m당 20매를 사용하며, 고정핀은 길이 15cm인 것을 하나의 식생대에 2개씩 총 40개를 고정한다.

라. 식생매트(植生매트; vegetation mats)

식생매트는 종자·비료·보수재·토양개량재·비료주머니 또는 인공객토를 부착한 매트모양의 피복자재로서 비탈면 전면에 앵커 등으로 고정한다. 일반적으로 성토비탈면 및 토양경도 30mm 이하의 절토비탈면에 적용되며, 식생매트는 종자와 비료 등이 원지반에 밀착되도록 하고, 비탈어깨에는 20cm 정도의 여유를 두어 시공한다. 식생매트는 길이 10m×폭 1m인 것을 100m^2당 120m^2를 사용하며, 앵커는 지름 9mm×길이 200mm인 것을 100m^2당 184개를 설치한다.

마. 식생망

식생망(植生網, vegetation seats)은 시트모양의 피복자재(식생시트)에 종자와 비료 등을 부착한 것으로서 시트의 자재에는 짚·거적·부직포·수용성 종이 등을 사용한다. 주로 성토비탈면에 적용되지만, 절토비탈면에 적용하는 경우에는 토양심도 25mm 이하의 양질토에 한정하여 사용한다. 특히, 종자와 비료 등이 원지반에 밀착되도록 설치하고, 비탈면의 상부에는 20cm 정도의 여유분을 감아 탈락되는 것을 방지하며, 식생망은 폭 5 ~ 10cm 정도를 중복되도록 한다. 식생망의 규격은 길이 10m×폭 1m인 것을 100m^2당 120m^2을 사용하며, 고정핀은 길이 150mm인 것을 100m^2당 500개를 설치한다.

바. 코이어네트(coir net)

코코넛 열매를 물속에 3개월 정도 담가 두었다가 원심분리기로 섬유질을 채취한 것으로서 황금빛 유기질(52%)과 목질(48%)을 함유한 천연섬유이다. 보온과 보습이 좋고, 가뭄과 냉해로부터 식물의 발아 및 생장을 보호해 주며, 방부·방충·방습 및 인장강도가 매우 높은 것이 특징이다. 규격은 ∅5mm×20mm×20mm, 2m×20m/롤이며, 7 ~ 8년 경과되면 자연 부식되어 유기질비료가 되기 때문에 친환경적 소재라고 할 수 있다. 시공이 간편하여 단기간에 많은 면적을 피복할 수 있어 일반토사 및 풍화암비탈에 주로 사용되고 있지만, 경질암비탈에는 녹화기능이 약화되고, 가격이 비싸다는 단점이 있다.

사. 쥬트네트(jute net)

황마를 주원료로 한 천연섬유로 보온성과 보습성이 있고, 가뭄과 냉해로부터 식물의 발아 및 생장을 보호해 주며, 우천 시에는 절·성토 비탈면의 세굴·유실·침식을 막아준다. 코이어네트와 성질이 유사하며, 2 ~ 3년 경과되면 자연 부식되어 섬유질의 비료 역할을 한다. 규격은 ∅ 0.5mmx5mmx5mm이며, 3.8mx180m의 롤로 되어 있다. 쥬트네트 역시 시공이 간편하여 단기간에 대면적을 피복할 수 있기 때문에 일반토사 및 풍화암비탈에 사용되고 있으며, 경질암비탈에 시공할 경우에는 기능이 약화된다.

아. 볏짚거적

땅깍기·흙쌓기비탈면에 볏짚을 이용하여 여름철의 고온, 겨울철의 한랭, 장마철 토양의 유실방지, 가뭄 시의 보습효과, 식생의 발아 및 발육 촉진 등의 효과를 증진하는 피복재료이다. 즉, 단열효과에 의하여 고온과 한랭으로부터 종자를 보호하고 발육을 도와주며, 토양개량, 토양수분 유지, 호우 시의 토양침식 및 토사유출의 방지는 물론 주위에 생육하고 있는 2차 식생인 자생종과 향토종의 자연적 침입을 용이하게 하여 주변 자연과 조화롭게 할 수 있다.



볏짚거적 덮기 시공 비탈면

자. 다기능필터

97 ~ 98%의 공극률을 가지고 있는 부드러운 필터구조로 부직포를 이용하여 제작되었으며, 시공이 간단하다. 섬유조직에 의한 멀칭효과는 물침식에 의한 토양유실을 방지하고, 바람·동결·가뭄

등과 같은 다양한 환경압을 완화하여 토양이나 식생환경을 보전한다는 장점이 있다. 특히, 각종 배양자재나 지역 고유의 균근균(mycorrhizal fungi)을 조합하여 설치하면, 초본류로부터 목본류까지 자연형의 안정된 식생을 다양하게 유도할 수 있다.

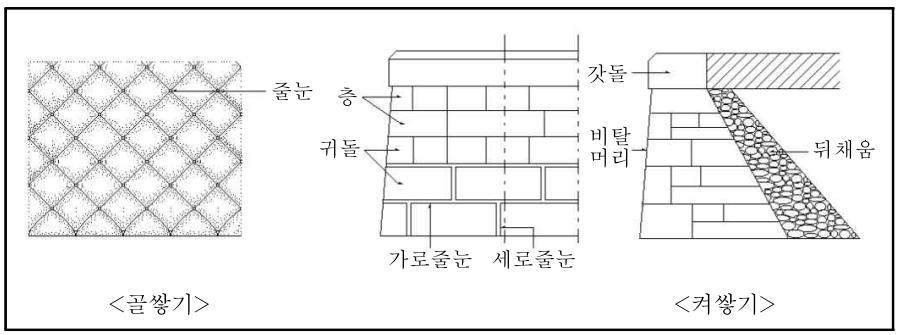
3. 돌쌓기

3-1. 개요

돌쌓기란 돌(石材)을 쌓아올려 자연석쌓기, 돌흙막이, 돌누구막이, 돌골막이, 돌기슭막이, 돌바닥막이, 돌축대벽(옹벽), 산비탈돌쌓기(산돌쌓기) 등과 같은 공작물을 시공하는 방법 중의 하나이며, 사방표준품셈에서는 공통공으로 분류하고 있다.

3-2. 일반적인 시공방법

○ 돌쌓기는 모르타르의 사용여부에 따라 메쌓기(dry masonry)와 찰쌓기(Wet masonry)로 구분한다. 또한 돌을 쌓는 방법에 따라 골쌓기(谷築 또는 谷積)와 켜쌓기(水平築 또는 布積)가 있다. 골쌓기(uncoursed rubble masonry)는 비교적 규격이 일정한 막깬돌이나 견치돌을 이용하며, 층을 형성하지 않기 때문에 막쌓기(亂層築石)라고도 하며, 켜쌓기(coursed masonry)는 마름돌이나 축댓돌(견치돌)을 이용하여 돌의 면 높이를 같게하여 가로줄눈이 수평이 되도록 쌓기 때문에 바른층쌓기(整層築石)라고도 한다.



돌쌓기 종류

○ 돌을 쌓기 위하여 먼저 기초를 깊이 파고 단단히 다져야하며, 큰 돌부터 먼저 놓아가면서 차례로 쌓아 올린다. 돌을 쌓을 때 튀어나오거나 들어가지 않도록 면을 맞추고 양옆의 면과도 접촉부가 맞도록 한다.

○ 시공목적에 적합한 좋은 석재를 선택하며 특히 귀(모서리)돌이나 갓(머리)돌은 규격에 맞는 것으로 한다.

○ 돌쌓기의 세로줄눈이 일직선이 되는 통줄눈(through joint)을 피하고 파선줄눈(break joint)이 되도록 쌓는다. 줄눈의 두께는 9 ~ 12mm로 하고 모르타르를 충분히 채우도록 한다.

○ 높은 돌쌓기(돌담 또는 돌옹벽 등)는 하부로 내려옴에 따라 돌쌓기 뒷길이(뒷채움)를 길게 하는 것이 원칙이다.

○ 높이에 따른 돌쌓기 뒷길이는 다음의 표를 표준으로 한다. 이 때 높이는 돌쌓기 천단을 기준으로 한다.

돌쌓기 높이에 따른 뒷길이 표준 (단위: cm)

구 분	돌쌓기 높이(m)					돌붙이기
	~1.5	~3	~5	~7	7이상	
메쌓기	25~35	36~45	36~60	45~75	75이상	25~60
찰쌓기	25~35	30~35	35~45	35~55	45~60	20~40

○ 돌쌓기의 기울기는 특수한 경우를 제외하고는 쌓기 높이의 최대치를 취하고, 표준 뒷길이 상부에서부터 적용한다.

돌쌓기 높이에 따른 표준 기울기

돌쌓기 높이 (m)		~1.5	~3	~5	~7	7이상
메쌓기	흙쌓기	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40	1 : 0.45	1 : 0.50
	땅깎기	1 : 0.25	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40	1 : 0.45
찰쌓기	흙쌓기	1 : 0.25	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40	1 : 0.45
	땅깍기	1 : 0.20	1 : 0.25	1 : 0.30	1 : 0.35	1 : 0.40

○ 돌쌓기는 높이가 3m 이상이면 전부 또는 하부를 찰쌓기로 시공하여 보강한다.

○ 산비탈돌쌓기(산돌쌓기)의 비탈높이는 최대 2m 이하로 시공하며 2m 이상인 경우에는 2단으로 구분·시공하여 안전성 및 경관성을 확보한다.

○ 용수가 있는 곳은 천단(天端)에 凹형의 수로를 만들어 물이 흐르도록 한다. 시공지에 따라서는 돌쌓기 시공 중에 배수구를 설치한다.

○ 줄눈메꿈 모르타르는 ㎡당 0.009㎥를 표준으로 한다.

3-3. 주요 시공방법

① 찰쌓기

○ 찰쌓기의 콘크리트 사용량은 m^2당 0.2 ~ 0.3m^3으로 하고, 뒷채움 자갈은 일반적으로 m^2당 0.2 ~ 0.3m^3을 사용하나 다습지로서 퇴적토의 붕괴가 예상되는 경우는 m^2당 0.3 ~ 0.5m^3로 시공한다.

○ 막깬돌찰쌓기는 골쌓기(谷築)를 원칙으로 하고, 밑돌은 큰 돌을 사용하고 5각형으로 다듬어 튼튼하게 인접한 돌에 밀착하도록 놓아야 한다.

○ 찰쌓기의 석재 및 블록은 쌓기 전에 흙이나 부착물을 제거하고 깨끗한 상태로 쌓아야 한다.

○ 흙쌓기비탈에서 뒷채움 조약돌의 두께는 높이에 따라 다음 표를 기준으로 한다. 땅깍기비탈의 경우(다져진 상태) 뒷채움 조약돌의 두께는 상부와 하부의 두께를 동일하게 30 ~ 40㎝ 정도로 한다.

흙쌓기비탈의 뒷채움 조약돌의 두께

돌쌓기 높이	~1.5m	~3.0m	~5.0m	~7.0m
상부의 두께(㎝)	20~40	20~40	20~40	20~40
하부의 두께(㎝)	30~60	45~75	60~100	80~140

○ 찰쌓기에서는 앞면에서 돌의 이(接觸部)를 맞추고, 허리고임돌을 이용하여 쌓기돌을 고정시키고, 돌틈 사이에는 채움콘크리트를 채워서 앞면 돌 이까지 충분히 채우고 다져야 한다.

○ 찰쌓기의 일일 작업량은 줄눈 양생을 고려하여 높이가 1.2m를 넘지 않도록 하여야 한다.

○ 물빼기구멍의 배치는 서로 어긋나게 하고, 2 ~ 3m^2 간격마다 1개소를 계획하는 것을 표준으로 하며, 안지름 3 ~ 5㎝ 정도의 염화비닐관 등으로 시공한다.

○ 앞면의 줄눈모르타르 시공 시에는 줄눈 부분을 물로 충분히 적신 후에 시공하여야 한다.

○ 찰쌓기의 표면은 시공 직후 가마니 등을 덮고 물을 뿌려 10시간 이상 습윤한 상태를 유지하여 양생하여야 한다.

② 메쌓기

○ 메쌓기는 규격이 일정한 석재의 켜쌓기(수평축, 水平築)를 원칙으로 한다.

○ 메쌓기의 돌 이(接觸部)는 너비가 견치돌일 때는 5 ~ 10cm, 막깬돌일 때 에는 3 ~ 6cm가 되도록 돌메로 다듬어서 맞추고, 허리고임돌 및 뒷고임돌을 사용하여 괴어야 하며, 쌓아 올라감에 따라 뒷채움돌을 채워야 한다.

③ 골쌓기

○ 견치돌, 막깬돌 및 깬잡석은 서로 잘 접촉되도록 다듬고, 잡석으로 허리고임, 옆고임, 뒷고임을 하여야 한다. 메쌓기 시공 시에는 고임돌 틈 사이에 채움자갈을 다져 넣는다.

○ 밑돌(基石)과 머리돌(天端石)의 앞면은 두 모서리를 따내서 5각형(⌂)으로 다듬고, 좌우의 밑돌과 잘 밀착되도록 놓아야 한다.

○ 골쌓기는 비탈면의 높이가 1m 이하일 때, 양질의 규격재인 견치돌이나 막깬돌로 시공한다.

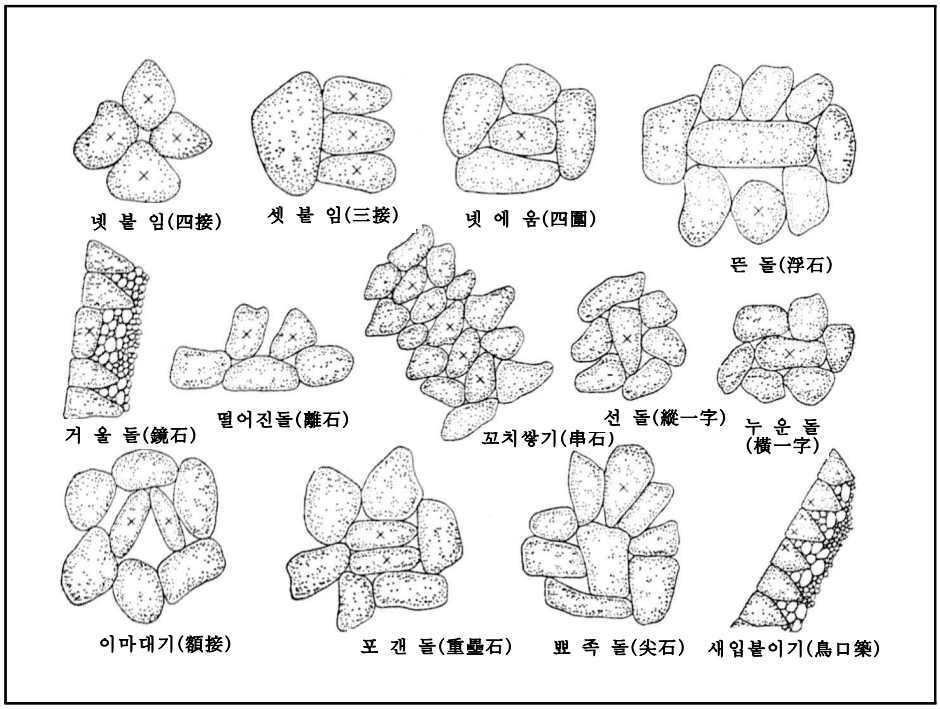
○ 호박돌 및 잡석쌓기는 쇠메로 다듬어서 앞면을 맞추며, 좁은 면이 비탈면에 나오도록 마구리쌓기 · 골쌓기를 한다.

○ 돌쌓기의 뒷채움 재료는 조약돌이나 부순돌을 사용하며, 최대지름 15cm이고 적당한 입도로 혼합된 것이어야 한다. 뒷채움 시공에 있어서 되메우기 재료와 뒷채움 재료가 혼합되지 않도록 하여야 한다. 뒷채움 작업 중에는 기계의 주행 또는 편심하중에 의해 구조물에 손상을 주지 않도록 주의하여야 한다.

○ 돌쌓기에서 석축 뒤의 되메우기 작업은 돌쌓기에 맞추어 뒷채움을 한 후에 층별로 되메우기를 하여야 하며, 높은 돌쌓기에서는 한꺼번에 되메우기를 하지 말고 적절히 나누어 시공해야 한다.

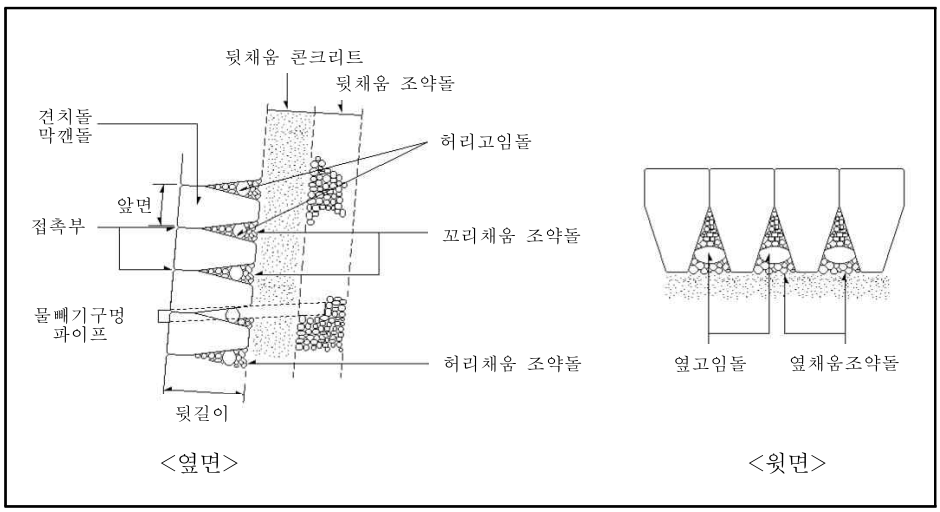
○ 낙석이 예상되는 지역은 천단부를 꺾어서 축설한다.

○ 돌의 배치에 특히 주의하여 다섯에움 이상, 일곱에움 이하가 되도록 하며, 보통 여섯에움으로 한다.

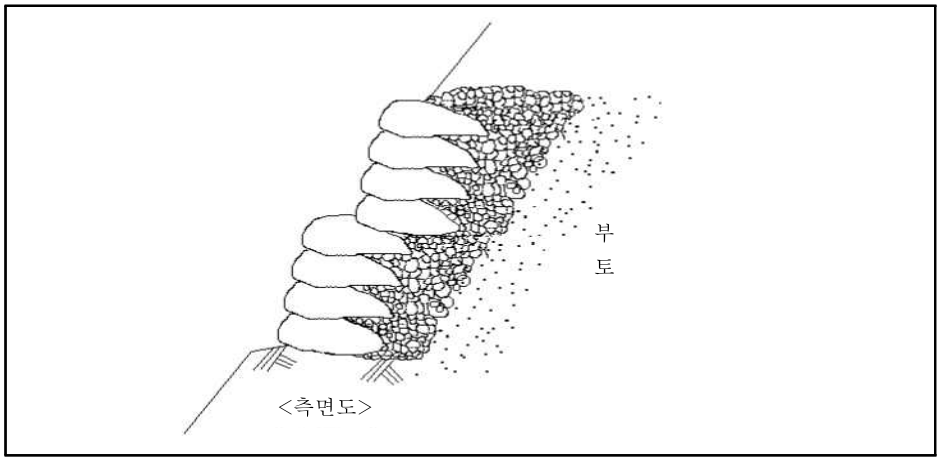


잘못된 돌쌓기(禁忌石) 사례

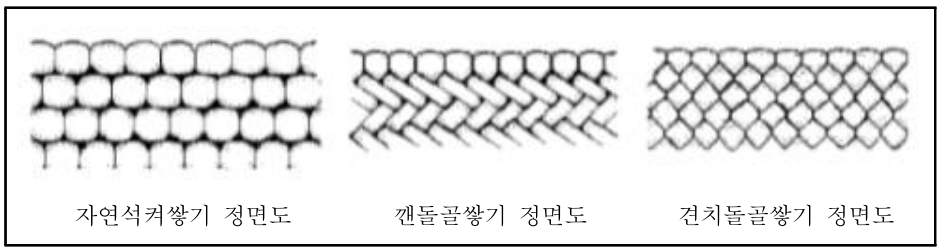
□ 개념도



돌쌓기 개념도



산비탈 돌쌓기(2단쌓기) 개념도



돌쌓기 시공정면도

□ 시공사진

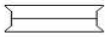
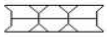
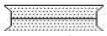
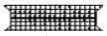
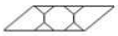
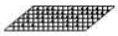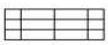
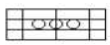
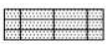
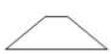


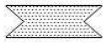
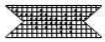
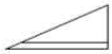
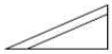
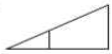
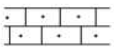
산비탈 돌흙막이 (돌흙막이 사이에는 평떼붙이기)

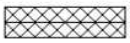
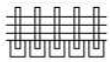
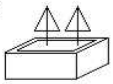
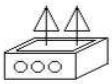
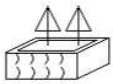
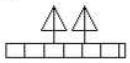
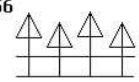
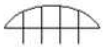
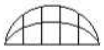
4. 사방사업 설계자료

4-1. 사방설계에 사용하는 공작물의 부호

사방공작물별 부호

1  사방 댐	 돌 댐	 통나무 댐	 돌망태 댐	 콘크리트 댐	 콘크리트블록 댐
 철근콘크리트 댐					
2  골막이	 돌 골막이	 통나무 골막이	 돌망태 골막이	 콘크리트 골막이	 콘크리트블록 골막이
3  바닥막이	 돌 바닥막이	 통나무 바닥막이	 돌망태 바닥막이	 콘크리트 바닥막이	 콘크리트 블록 바닥막이
4  낮은 바닥막이	 돌 낮은 바닥막이	 돌망태 낮은 바닥막이	 콘크리트 낮은 바닥막이		
5  기슭막이	 돌 기슭막이	 바자 기슭막이	 돌망태 기슭막이	 콘크리트 기슭막이	 콘크리트블록 기슭막이
6  수제	 돌 수제	 말뚝 수제	 돌망태 기슭막이	 콘크리트 수제	
7  보막이	 돌 보막이	 콘크리트 보막이			
8  둑쌓기	9  밑막이	10  계간수로내기	돌 수로내기	통나무 수로내기	콘크리트 수로내기
11 비탈 다듬기	12 단끊기				
13 땅속흙막이	돌 땅속흙막이	바자 땅속흙막이	돌망태 땅속흙막이	콘크리트 땅속흙막이	
14 누구막이	돌 누구막이	돌망태 누구막이	콘크리트 불록 누구막이	떼 누구막이	

15  흙막이	 돌 흙막이	 통나무 흙막이	 돌망태 흙막이	 콘크리트 흙막이	 콘크리트 블록 흙막이
16  돌쌓기	 콘크리트 블록쌓기	17  돌붙이기			
18  축대벽	 돌 축대벽	 콘크리트 축대벽	 철근 콘크리트 축대벽		
19  수로내기	 돌 수로내기	 콘크리트 수로내기	 떼 수로내기	 나무 수로내기	 혼합 수로내기 (떼+돌)
20  속도랑내기	 돌망태 속도랑	 자갈 속도랑	 플라스틱 관 속도랑	 콘크리트 관 속도랑	 보링 속도랑내기
 터널 속도랑내기	21  집수정공법	22  지하수 차단공법	23  침투수 방지공법	24  배토공법	25  누름흙쌓기
26  지오웨브공법	27  울짱얽기	 바자얽기	 목책 울짱얽기	 콘크리트 판 울짱얽기	28  단쌓기
29  선떼붙이기	30 조공	돌 조공	새 조공	떼 조공	싸리 조공
31 줄떼다지기	줄떼심기	32 평떼붙이기	평떼심기	33 띠떼심기	34 새심기
35 사초심기 (해안사방)	36 비탈 덮기	짚다발 덮기	거적 덮기	녹화망 덮기	
37 등고선구공법	38 씨뿌리기	점 씨뿌리기 (점파공)	줄 씨뿌리기 (조파공)	섞어 씨뿌리기 (혼파공)	
39 나무심기	비탈 녹화 식재공법	분묘 식재공법			
40 힘줄박기	41 격자틀 붙이기	통나무 격자틀 붙이기	콘크리트 블록 격자틀 붙이기	42 앵커박기	43 말뚝박기공법

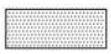
44  샤프트공법	45  주입공사	46  낙석방지망 덮기공법	47  낙석저지책공법	48  콘크리트 뿜어붙이기	
49  식생공법	 식생반공법	 식생자루공법	 식생대	50  암반녹화공법	5  분사식 씨뿌리기
52  종비토 뿜어붙이기	53  새집공법	 돌 새집공법	 콘크리트 블록 새집공법	 인조목 새집공법	
54  식생상공법	 돌 식생상공법	 콘크리트 블록 식생상공법	 인조목 식생상공법	55  소단상 객토식수공법	56  차폐수벽공법
57  침사지	58  침전지	59  방조공사	60  퇴사울세우기 (퇴사공)	61  구정 바자얽기	62  모래덮기
63  파도막이	64  바람막이 (방풍공)	65  정사울세우기			

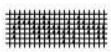
※ 주요 재료의 부호

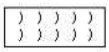
 (1) 석재 (돌)

 (2) 목재 (통나무)

 (3) 돌망태

 (4) 콘크리트

 (5) 콘크리트블록

 (6) 인조목

 (7) 새 (풀포기)

 (8) 바자

 (9) 떼

참고자료

1. 사방기술교본 - 산림청 전자책