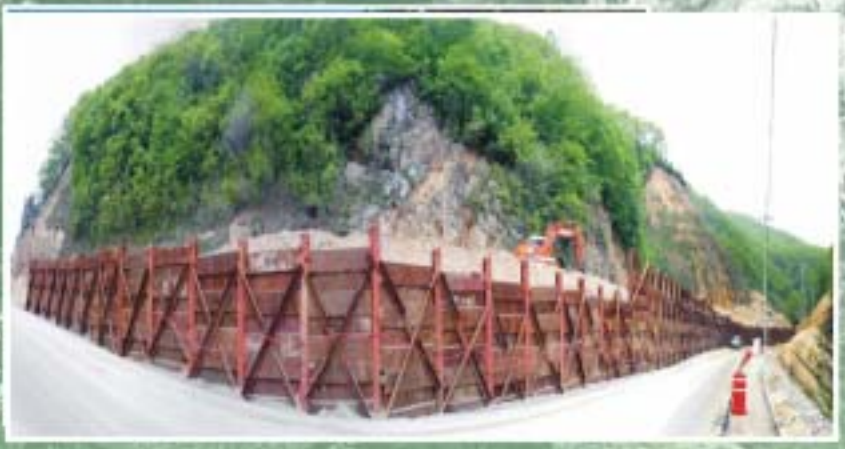
정부간행물 등록번호
11 - 1500000 - 001348 - 01

MINISTRY
OF CONSTRUCTION
& TRANSPORTATION

암파쇄 방호시설 설치지침

2004. 11



건 설 교 통 부

머 리 말

국토의 70%가 산지로 이루어진 우리나라의 지형학적 특성상 국도의 상당수가 산지에 위치하고 있으며, 이러한 특성에 의해 많은 절토사면이 국도상에 존재하고 있습니다. 그러나 국가경제의 빠른 성장, 급속한 차량증가 및 이상기후 등으로 인하여 절토사면에 존재하는 많은 위험요소를 국가적인 차원에서 제거하기 위한 기존도로의 개량 및 절토사면의 안정화 시공이 요구되고 있습니다.

기존도로의 개량 및 절토사면의 안정화 시공을 원활히 수행하기 위해 일정규모 이상의 공사현장에 대하여 암파쇄 방호시설이 설치되고 있으나, 이에 대한 적절한 규정이 마련되고 있지 않아 일선 현장에서 안전사고가 빈번히 발생되고 있습니다. 우리부에서는 '01년부터 "암파쇄 방호시설 설치기준(잠정안)"을 마련하여 적용하고 있으나, 현장특성 및 시공여건을 충분히 반영하지 못한 문제점이 지적되어 이를 보완한 지침 마련의 필요성이 대두되었습니다.

금번에 우리부 직원 및 관련기관이 손쉽게 활용할 수 있도록 암파쇄 방호시설의 특성, 설치규격 및 도면, 일상점검표 등 설계에서부터 유지관리까지 쉽게 이용할 수 있는 「암파쇄 방호시설 설치지침」을 제정하였습니다.

특히 이번 지침에서는 현장별로 발생할 수 있는 많은 변수들을 반영하고자 하였고, 일선 기술자들이 손쉽게 활용할 수 있도록 설계 및 계산과정을 수록하여 공학적 접근이 보다 용이하도록 하였습니다.

「암파쇄 방호시설 설치지침」은 사면안정 및 기존도로 개량 사업에서 발생할 수 있는 일반적인 특정조건에 대해 설치기준을 제시한 것이므로, 설계자 및 관련 기관에서는 적용하고자 하는 현장의 시공 및 환경조건 등을 충분히 고려하여 활용해 주시기 바랍니다.

2004년 11월

건설교통부 도로국장 강 영 일 강영일

< 목 차 >

< 표 차 례 >

<그림 차례>

제 1 장 총 칙

1.1 목적

국가의 경제활동과 국민생활의 원동력인 도로는 과거의 예상보다 빠른 차량의 증가와 노후화로 인하여 부속시설의 개선 및 개량이 요구되고 있으며, 이에 발맞추어 막대한 국가예산을 투자하여 선형개량 및 위험요소 제거 사업이 활발히 진행되고 있다. 도로시설의 주요개량 범위로는 절토사면의 안정화를 위한 작업과 차로의 증설 및 위험요소로부터의 차량 흐름을 우회하기 위한 선형개량 작업이 있다.

이중 도로 절토사면의 안정화작업을 위한 방안으로는 사면의 경사를 완화시키는 방법과 사면의 안전성을 향상시키기 위한 보강작업 등이 있다. 이들 작업을 안전하게 수행하며, 도로를 통행하는 차량을 공사에 의한 위험요소로부터 보호하고 원활한 교통흐름을 유도하기 위한 방법으로 암파쇄 방호시설을 설치하여 운영하고 있다.

임시로 설치된 암파쇄 방호시설은 사면의 절취 및 암파쇄로 인한 암괴·토석의 도로 유입을 차단시키고, 절취로 인해 발생하는 암괴 및 토석의 임시적재, 유용토 반출을 위한 통행로 확보 등을 위한 시설물을 말한다. 그러나 암파쇄 방호시설은 설치기준의 미흡으로 인한 부실시공과 현장에서 예상치 못했던 돌발요인으로 인해 공사수행 중 붕괴로 이어지는 사고가 빈번히 일어나고 있어 적절한 설치기준의 제정이 요구되고 있다.

국내에서 암파쇄 방호시설과 관련하여 적용되고 있는 기준으로는 2001년도에 건설교통부에서 마련한 '암파쇄 방호시설 설치기준(잠정안)'과 한국도로공사에서 수행한 '절토부 암파쇄 방호시설 개선검토' 등이 있다. 이들 기준이 적용되고 있는데도 불구하고 위와 같은 사고가 발생하는 원인으로는 해당 현장 상황에 따라 설계시 고려되지 못한 불확실성 요소의 존재와 시공시의 시방기준 미준수 및 공사기간 중 유지관리의 미흡을 주요 원인을 꼽을 수 있다. 그러므로 상기 나열한 원인들을 고려하고, 지반조건, 근입깊이, 암파쇄 방호시설 재료형식 등을 체계적으로 고려한 설치기준의 제시가 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 지침에서는 암파쇄 방호시설 설치기준과 관련한 설계기준 및 시방서 등의 국내 기술자료 분석을 통하여 체계적인 암파쇄 방호시설 설치기준을 제시하여,

시공 중 안전성을 유지할 수 있고 일선 기술자들이 손쉽게 설계 시공할 수 있는 지침을 제시하고자 한다.

1.2 적용범위

본 지침의 적용범위는 도로절토사면의 안전성 향상을 위한 절취 및 암파쇄로 인한 암괴·토석의 도로유입을 차단시키고, 차량통행시 교통안전과 도로폭 확보가 요구되는 구간에 설치되는 가시설에 한하며, 암발파시에는 본 지침을 적용하지 아니한다.

1.3 용어

암파쇄 방호시설과 관련된 주요한 용어의 정의는 다음과 같다.

○ **암파쇄 방호시설** 절취 및 암파쇄 등에 의해 발생된 암괴·토석의 도로유입을 방지하여 교통안전을 확보하고, 시공장비의 작업공간 확보를 위한 뒷채움 토석이나 시공시 발생되는 토압에 저항하는 구조체

○ **가시설** 필요에 의해서 일시적으로 설치한 시설물로서 본래의 사용목적이 다하면 철거되는 구조물(보통 2년 이내에 철거되는 시설물)

○ **토류벽** 배면토석의 유출을 억제하고 토압에 저항하는 등 시공목적 달성을 위해 흙의 이동을 방지하여 공사를 원활히 진행하기 위해 설치되는 시설물

○ **토류판** 암파쇄 방호시설을 이루는 구조체중 하나로 주요 재질은 목재와 강재, 합성수지 등으로 구성되어 있음

○ **엄지말뚝** 암파쇄 가시설에서는 주로 H-Pile을 사용하며 지중에 관입되어 자립성을 확보하고 적당한 수평간격으로 배치해 토류판을 지지하는 구조체

○ **근입깊이** H-Pile이 지중에 관입된 깊이

○ **주동토압** 수평방향 응력의 감소로 흙이 팽창하여 벽체가 전면으로 변위될 때를 주동상태라 하며 이때의 토압을 주동토압이라 함

○ **수동토압** 흙이 횡방향으로 압축되어 벽체가 배면으로 변위될 때를 수동상태라 하며 이때의 토압을 수동토압이라 함

○ **주동토압계수** 주동상태의 토압계수

○ **수동토압계수** 수동상태의 토압계수

○ **수압** 암파쇄 방호시설 배면에 지하수가 존재할 경우 물이 벽체에 작용하는 압력

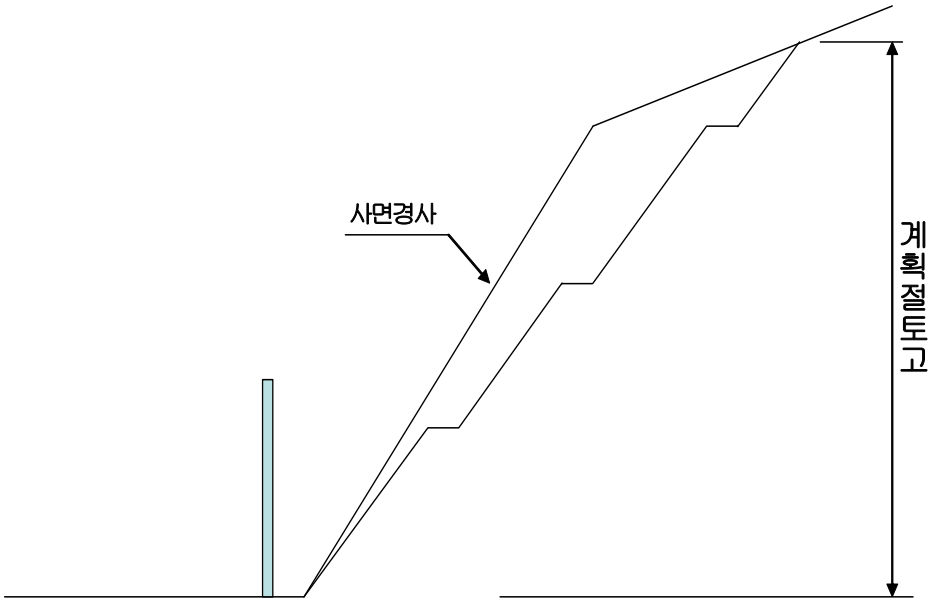
○ **접지압** 배면토 상부에서 작업하는 장비가 지반에 작용하는 압력

○ **벽마찰각** 이질의 재료가 만나 이동이 발생할 경우 재료의 특성차에 의해서 마찰이 발생하며, 암파쇄 방호시설이 전면으로 이동할 때는 하향의 벽마찰각이 배면으로 이동할 때는 상향의 벽마찰각이 작용함

○ **사면경사** 사면이 지표면과 이루는 경사

○ **계획절토고** 암파쇄방호시설이 설치되는 지반에서부터 절토완료 후 사면경계까지의 수직높이

○ **임시방호시설** 소규모 또는 계획절토고가 10m 미만의 절취 및 암파쇄시 현장에서 간이로 제작하여 암파쇄 방호시설의 목적을 달성하고자 제작된 가시설물



<그림 1.3-1> 용어설명

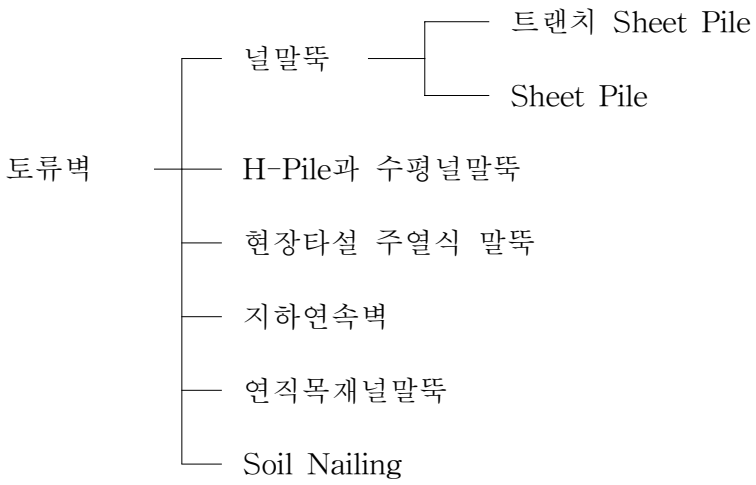
제 2 장 암파쇄 방호시설 일반

2.1 개요

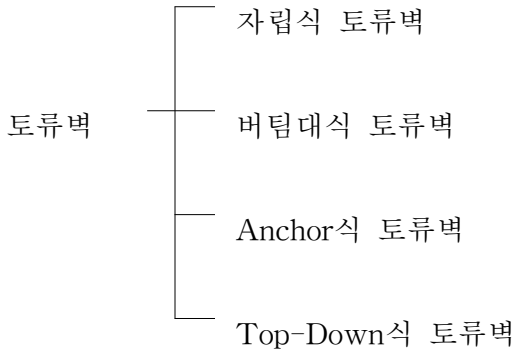
토류벽은 주로 굴착에 따른 배면지반의 이완이나 침하방지를 위해 사용하는 Top-Down방식인데 반해, 암파쇄 방호시설은 Bottom-Up의 형태이다. 일반적인 토류벽의 형식은 벽체의 재질, 지지방식, 구조방식에 따라 분류되며, 본 절에서는 토류벽의 각종 형식 중 암파쇄 방호시설이 해당되는 주요 특징에 대해서 살펴본다.

2.2 토류벽 종류

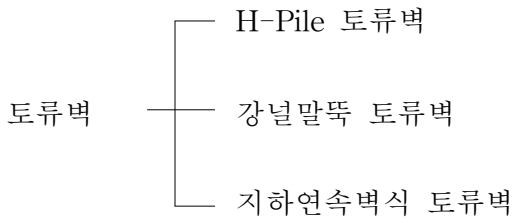
토류벽은 크게 벽체의 재질, 지지방식, 구조방식에 따라 <그림 2.1-1>~<그림 2.1-3>과 같이 구분된다.



<그림 2.1-1> 벽체의 재질에 따른 분류



<그림 2.1-2> 벽체의 지지방식에 따른 분류



<그림 2.1-3> 벽체의 구조방식에 따른 토류벽 분류

암파쇄 방호시설은 상기 분류체계 중에서 벽체의 재질에 따른 분류는 H-Pile과 수평 널말뚝에 해당되고 지지방식에 의한 분류는 자립식 토류벽에 해당되며, 벽체의 구조 방식에 따른 분류는 H-Pile과 토류벽에 해당된다.

제 3 장 암파쇄 방호시설 설치

3.1 설치대상

- 기존도로의 정비 또는 확장공사구간과 인접하여 시공되는 절토부 중 계획절토고가 10m 이상인 구간에 설치한다.
- 계획절토고 10m 미만일 경우는 임시방호시설 또는 제시한 기준에 준하여 설치한다.

3.2 기본원칙

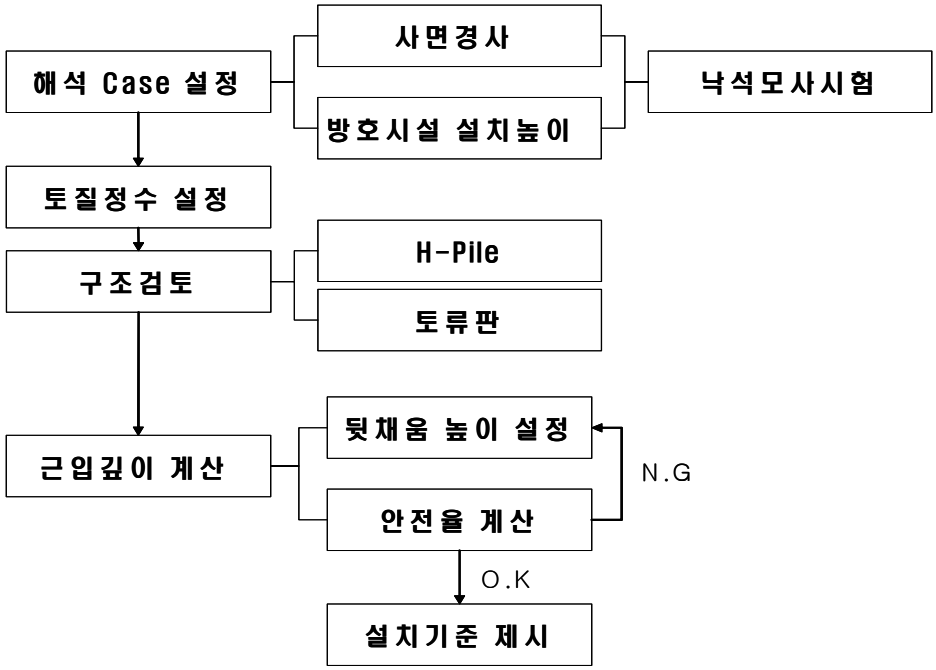
- 낙석시험모사(Rock Fall Simulation)를 실시하여 적정 설치높이를 산정하고, 구조계산에 의한 기초 근입깊이를 산정하여 형식을 결정한다.
- 지리적인 조건에 의한 특수지반조건 및 환경조건일 경우 구조검토 결과에 따라 사용재료의 재원 및 설치방법을 적용한다.
- 발파에 의한 절취공법 적용시에는 본 지침을 적용하지 않는다.

3.3 설치목적

- 기존도로의 정비 또는 확장 공사구간의 절취시 기존의 도로폭을 확보하기 위하여 설치한다.
- 절취 및 암파쇄 작업으로 인해 발생되는 토석, 암괴의 도로유입을 차단시켜 안전사고를 방지하고, 통행차량의 안전운행을 도모하기 위하여 설치한다.
  - 또한, 부수적으로 적정 뒷채움을 허용하여 공사용 장비의 작업공간 확보 등으로 시공시 작업의 효율성을 제고하고자 하였다.

3.4 검토조건

<그림 3.4-1>은 암파쇄 방호시설의 설치를 위한 설계검토시 흐름도를 나타낸 것이다.



<그림 3.4-1> 설계검토 흐름도

3.4.1 사면경사

<표 3.4-1>은 국내 유관기관인 건설교통부, 한국도로공사, 한국토지공사, 대한주택공사에서 설계에 적용하고 있는 절토사면 표준경사를 나타낸 것이다. 이 표에서 보는바와 같이 사면경사는 토질조건과 시공가능성에 따라 정하고 있으며, 토사사면의 사면높이는 각 기관마다 공통적으로 5m를 기준으로 하고 있다. 또한 <표 3.4-2>는 사면의 토질과 사면높이에 따른 일본도로공단의 절토사면 표준경사를 나타낸 것이다.

<표 3.4-1> 국내 기관의 절토사면 표준경사

토질조건	사면높이	경사기준			
		건설교통부	한국도로공사	한국토지공사	대한주택공사
토사 (사질토, 점성토)	5m 이상	1:1.5	1.:1.5	1.:1.5	1.:1.5
	0~5m	1.:1.2	1.:1.2	1.:1.2	1.:1.2
리핑암 (풍화암)		1:0.7~1:1.2	1:1.0	1:1.0	1:1.0
발파암		1:0.5~1:0.7	1:0.5	1:0.5	1:0.5

<표 3.4-2> 일본도로공단의 절토사면 표준경사

사면의 토질		사면높이	경 사
경암			1:0.3~1:0.8
연암			1:0.5~1:1.2
모래(SP, SW)	조밀하지 않고 입도분포가 나쁜 것		1:1.5~
사질토(SM, SW)	조밀한 것	5m 이하	1:0.8~1:1.0
		5~10m 이하	1:1.0~1:1.2
	조밀하지 않은 것	5m 이하	1:1.0~1:1.2
		5~10m 이하	1:1.2~1:1.5
자갈 또는 암괴석인 사질토(GW, GP, GM, GC)	조밀한 것 또는 입도분포가 좋은 것	10m 이하	1:0.8~1:1.0
		10~15m	1:1.0~1:1.2
	조밀하지 않은 것 또는 입도분포가 나쁜 것	10m 이하	1:1.0~1:1.2
		10~15m	1:1.2~1:1.5
점성토(ML, CL, MH, CH, OH)	밀실한 것	10m 이하	1:0.8~1:1.2
	밀실하지 않은 것		
암괴 또는 호박돌이 섞인 점성토		5m 이하	1:1.0~1:1.2
		5~10m 이하	1:1.2~1:1.5

공용개시 연도가 장시간 경과된 일반국도의 경우 사면의 경사가 최근의 기준보다 상당히 급경사로 이루어진 것을 감안하여, 본 지침에서 적용한 사면경사는 건설교통부 도로설계기준의 사면경사기준중 최소비인 토사 1:1.2, 리핑암 1:0.7, 발파암 1:0.5를

적용하였고, 계획절토고는 10~50m까지 10m 간격으로 분할하여 검토하였다. <표 3.4-3>은 해석에 사용된 절토사면의 계획절토고와 사면경사를 요약한 것이다.

<표 3.4-3> 해석에 사용된 계획절토고 및 경사

계획절토고	사면경사			비고
10m	1:0.5	1:0.7	1:1.2	
20m				
30m				
40m				
50m				

3.4.2 토질정수

암파쇄 방호시설 뒷채움 허용높이 설정을 위한 토질정수 설정에 대하여 국내외 설계 또는 시방규정을 검토한 결과는 다음과 같다. 본 지침에서 사용된 토질은 크게 암석과 혼합토로 설정하였으며, 현장여건에 따라 적절한 토질정수를 설정해 안정계산에 이용될 수 있다. 특히, 사면절토에 의한 뒷채움토의 분포는 암석과 토사층이 혼재하므로 이를 적절히 고려할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다.

본 지침에서 사용된 토질정수는 원지반(근입지반)과 배면지반(뒷채움토석)의 특성을 고려하여 다음과 같이 토질정수를 적용하였다.

<표 3.4-4> 적용토질정수(c, ϕ, γ_t)

지 층	$\gamma_t(t/m^3)$	$\phi(^\circ)$	c (t/m^2)
원 지 반	2.0	40	0
배 면 지 반	2.0	35	0

3.4.3 사용재료

- H-Pile 250×250×9×14(2.0m 간격으로 설치)

· 토류판 : 목재, 강재, 합성수지

- 토압(장비하중+뒷채움토)에 의하여 발생되는 Moment(1m 폭당 68,200kg · cm)에 충분히 견딜 수 있는 강도를 가진 제품을 사용
- 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여도 감독원의 승인을 받은 후 사용
- 옹이 등으로 강도의 저하가 예상되는 목재 토류판이나 녹이슬거나 변형이 발생하여 틈이 벌어질 우려가 있는 강재 토류판은 사용할 수 없음
- 사용중 파손이 발생하였을시는 즉시 교체 또는 보강을 실시함

3.4.4 암파쇄 방호시설 설치높이

앞서 결정한 사면경사, 계획절토고별 조건을 고려하여 Rockfall Simulation을 실시한 후 해석결과에 따라 낙석 발생시 차단할 수 있는 암파쇄 방호시설 설치높이를 <표 3.4-5>에 제시하였다.

낙석의 발생위치는 안전측 해석을 위하여 사면 최상단부를 기준으로 하였으며, 사면 경사면 전체가 암반으로 구성된 것으로 가정하였다.

사면의 형상은 소단이 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 설정할 수 있으며, 소단이 존재할 경우 낙석이 소단과 수차례 충돌하면서 낙하에너지는 감소하고 수평도약거리는 Rebound에 의해서 기하급수적으로 증가할 것이다. 그러나 기존사면의 절취작업 특성을 고려한다면 소단을 포함한 Simulation은 과다한 설계를 유발하므로 사면이 직선화된 것으로 가정하여 해석하였다. 한편, 사면의 소단을 고려한 해석이 필요한 경우에는 본 기준에만 의존하지 않고 적절한 매개변수 입력을 통한 별도의 해석이 필요하다.

<표 3.4-5> 사면경사-계획절토고에 따른 암파쇄 방호시설 설치높이

계획절토고	기존사면경사	암파쇄 방호시설 설치높이
10m이하	1:1.2	3m
	1:0.7	3m
	1:0.5	4m
10m초과~40m이하	1:1.2	3m
	1:0.7	4m
	1:0.5	6m
40m초과~50m이하	1:1.2	3m
	1:0.7	4m
	1:0.5	8m

예) 1. 사면경사 1:1.2, 계획절토고 35m 일 때 암파쇄 방호시설 설치높이는 3m임
2. 사면경사 1:0.5, 계획절토고 25m 일 때 암파쇄 방호시설 설치높이는 6m임

주) 상기 표에서 제시되지 아니한 사면경사(1:0.5 미만)에 대해서는 부록의 설계예에 따라 별도의 해석을 실시하여 암파쇄방호시설 설치높이를 결정할 것을 권장함

3.4.5 근입깊이별 뒷채움 허용높이

지반조건, 근입깊이에 따른 뒷채움 허용높이 기준은 <표 3.4-6>과 같으며, 근입깊이를 조절하거나 토류판 재질의 선택에 따라 뒷채움 허용높이가 조정될 수 있다.

토류판의 재질이 갖는 특성이 상이하고 정적하중에 대응하는 허용응력 또한 차이가 커 토류판의 중류별로 뒷채움 가능 높이가 각기 달리 평가된다. 부록 Ⅱ-6의 토류판 구조검토에 따르면 특정 토류판은 뒷채움 가능 높이가 최대 8.8m로 평가되었으나 본 지침에서는 시공상의 불확실성 요소 등을 감안, 뒷채움 허용높이를 3.0m로 제안한다.

한편, 부록Ⅴ에 제시된 도면은 모든 조건을 만족하는 것이 아니므로 지반, 사용재료 특성 및 주변특성을 고려해야 하는 특수한 경우에는 부록에 수록된 계산흐름을 활용하여 별도의 안정 및 구조검토를 실시하는 것이 바람직하다.

<표 3.4-6> 지반조건, 근입깊이에 따른 뒷채움 허용높이(Fs>1.2)

적용지반	근입깊이(m)	뒷채움 높이(m)
30≥N>10(사질토), 8≥N>4(점성토)	1.5	1.0
	2.0	1.5
	2.5	2.0
	3.0	2.5
	3.5	3.0
50≥N>30(사질토), N>8(점성토)	1.5	1.0
	2.0	2.0
	2.5	2.5
	3.0	3.0
암반지층, 복합지층	2.0	3.0

주1) 강재토류판 중 Steel Bar(각형)의 토류판은 뒷채움 높이가 2.4m이상일 경우에 허용응력에 도달하므로 2.4m를 초과하지 않도록 한다(부록Ⅱ-6, 부록Ⅴ 참조).

주2) 복합지층(암반+토사)에 H-Pile이 근입되는 경우에는 H-Pile이 암반층에 최소 1m이상 근입되도록 한다(부록 Ⅱ-4참조).

암파쇄 방호시설이 설치되는 지반이 암반층 위에 형성된 도로구조물의 경우 포장층(표층, 기층, 보조기층 등)이 약 60~80cm 정도 형성되고 이하 암반층에 근입되어야 하는 경우가 많으며, 복합지층인 경우도 고려되어야 할 것이다. 본 지침에서는 수치해석을 통해 순수 암반으로 구성된 지층, 복합지층(암반+토사)에 대한 검토를 실시한 결과 근입깊이 2.0m, 뒷채움 높이 3.0m에 모두 안정한 것으로 검토되었다.

3.4.6 암파쇄 방호시설의 설치 이격거리

기존도로의 여건상 이격거리의 확보가 어려운 경우 암파쇄 방호시설을 사면과 근접하여 시공하는 것이 불가피하다. 근접 시공시에는 낙석의 Rebounding에 의한 도로 유입이 문제시 될 수 있으며, 이러한 경우에는 암파쇄 방호시설의 높이를 증가하는 방안을 검토할 수 있다.

본 지침에서는 사면하단으로부터 이격거리가 3m인 지점에 암파쇄 방호시설을 설치

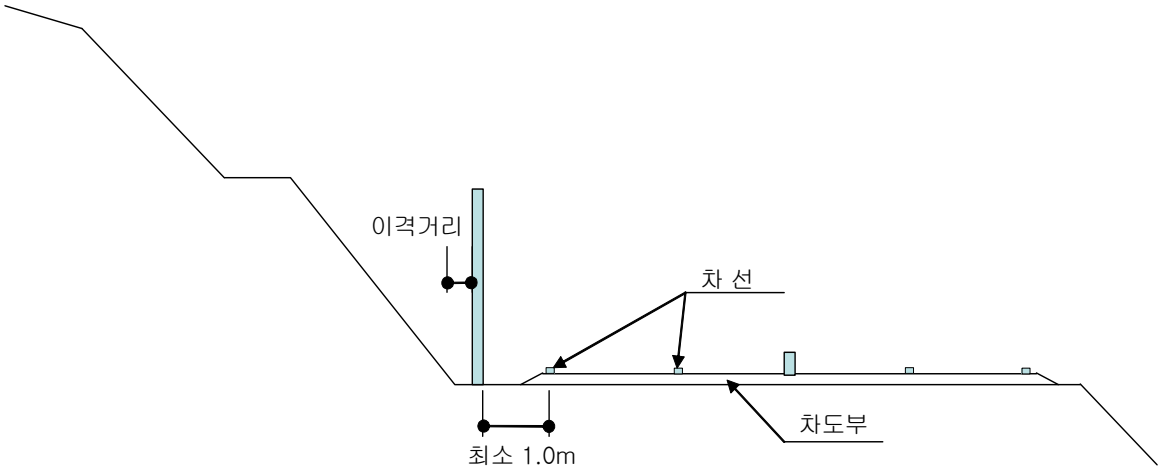
하는 것으로 가정하였으며, 이에 따른 설치높이를 <표 3.4-5>에 제시하였다. 그러나 현장여건에 따라 이격거리의 조정이 불가피한 경우가 발생하므로 이에 대한 검토를 별도로 실시하였다.

계획절토고가 30~50m인 경우에는 이격거리에 관계없이 <표 3.4-5>에 제시된 설치높이의 적용하고, 계획절토고가 10m초과~30m미만인 경우에는 <표 3.4-7>에 제시된 이격거리별 설치높이를 적용하도록 한다.

한편, 암파쇄 방호시설이 설치되는 지점은 <그림 3.4-2>와 같이 도로 외측 차선에서 최소 1.0m이상 간격을 두어야하며, 이 간격의 확보가 곤란한 경우에는 우회도로 개설, 도로의 확폭 및 차량교행 계획을 수립해야 한다.

<표 3.4-7> 사면하단에서 이격거리에 따른 암파쇄방호시설 설치높이

계획절토고(m)	기존사면경사	이격거리(m)	암파쇄 방호시설높이(m)
10m초과~30m이하	1:1.2	0~5	3
	1:0.7	0	4
		1	4
		2	4
		3	4
		4	3
		5	3
	1:0.5	0	7
		1	6
		2	6
		3	6
		4	4
		5	4



<그림3.4-2> 이격거리

3.4.7 기초 근입부 시공

H-Pile을 기초지반으로 삽입하는 방법으로는 항타, 천공(매입), 진동에 의한 방법이 있다. H-Pile의 초기변형을 최소화 할 수 있는 삽입 방법 중 항타 및 진동에 의한 방법은 암파쇄 방호시설이 설치되는 기초지반의 지리학적 특성상 암반지반에는 적용이 곤란하다. 따라서 H-Pile 삽입방법으로 천공에 의한 방법이 주로 사용되며 이 경우 H-Pile보다 다소 크게 천공이 이루어져 H-Pile을 고정시키기가 어려우며, 이에 대한 대책이 없을 경우 초기변형 발생이 불가피하게 되므로 적절한 대책방안을 강구할 필요가 있다. 따라서 본 지침에서는 H-Pile과 지반을 일체화시키기 위한 방안으로 콘크리트 채움을 실시하도록 하며, 철거시 지반파괴를 방지하기 위해 절단하는 것을 원칙으로 한다. 이에 대한 상세도면은 부록 Ⅴ에 수록하였다.

제 4 장 유지관리

4.1 개요

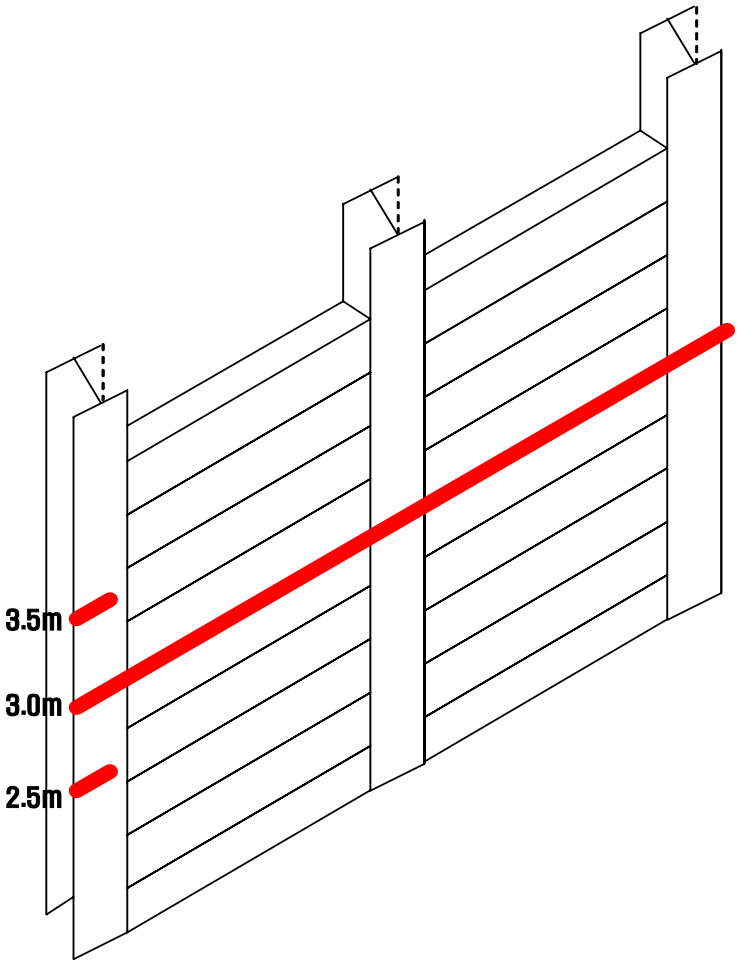
도로와 밀접하게 접하고 있는 암파쇄 방호시설이 붕괴할 경우 도로교통의 소통장애 및 통행차량의 피해가 발생할 우려가 크다. 특히 버팀보가 없이 토압의 균형으로 지탱하고 있는 자립식 암파쇄 방호시설의 경우 이러한 위험요소에 크게 노출되어 있다고 볼 수 있다.

따라서 본 장에서는 암파쇄 방호시설을 설치하고 시공과정 중 전문적인 지식이 없는 기술자도 쉽게 관리할 수 있는 기본적인 유지관리 사항을 제시한다.

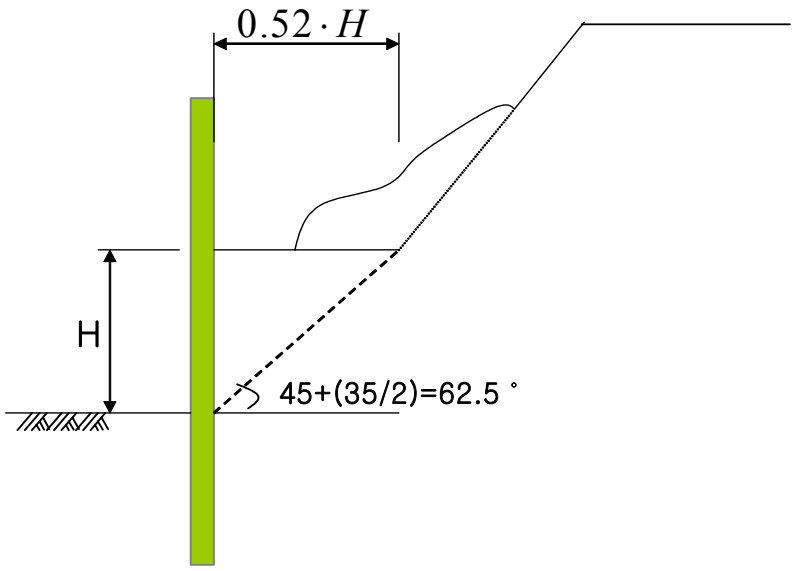
4.2 뒷채움 높이 관리

앞서 언급한데로 토압의 균형으로 자립하고 있는 암파쇄 방호시설의 경우 임시 적재된 뒷채움토의 관리가 무엇보다 중요하다. 따라서 <표 3.4-6>에서 제시된 암파쇄 방호시설의 근입깊이별 뒷채움 허용높이를 기준으로 현장에서 발생할 유용토의 처분능력을 고려한 뒷채움 높이의 관리가 필요하다. <그림 4.2-1>은 뒷채움토의 적재높이 관리의 한 예를 나타낸 것으로 H-Pile 또는 토류판에 뒷채움 허용높이를 표기하여 모든 공사관계자가 육안으로도 뒷채움 허용높이를 초과하였는지 확인할 수 있는 방안이 필요하다. 또한 공사시방서에 반드시 뒷채움이 허용높이 이상으로 적치되지 않아야 한다는 사항을 필히 명기하여야 한다.

한편, 뒷채움 허용높이는 <그림 4.2-2>와 같이 가상파괴면의 수평면에 대하여 적용한 것으로 가상파괴면 이내에 존재하는 적재물은 신속히 제거하여 유지토록 한다. 또한 허용높이 이내로 뒷채움이 되어있는 상태에서도 가상파괴 범위 이내에 적재물이 존재하지 않도록 유의하도록 한다.



<그림 4.2-1> 뒷채움 허용높이 관리(Ⅰ)



<그림 4.2-2> 뒷채움 허용높이 관리(Ⅱ)

4.3 유사시 대비요령

태풍, 집중호우 등의 기상이변 또는 시공 중 발생할 수 있는 안전사고 예방을 위해 적절한 대비책을 강구해야 하며, 본 절에서는 유사시를 대비한 간단한 대비책 및 사후조치에 대해 기술하고자 한다.

○ 호우·태풍대비

- 배면에 적재된 토사의 도로유입으로 차량의 도로 주행성이 저하되는 일이 발생하지 않도록 현장관리가 필요
- 우수가 침투될 경우 설계시 고려하지 못했던 수압작용으로 전도, 활동 모멘트가 증가되므로 호우·태풍예보가 발령되면 배면토를 뒷채움 허용높이의 1/3수준으로 제거하여 안정성을 확보
- 배면에 적재된 토사에 우수가 침투되지 못하도록 임시방수시설 설치
- 배면에서 유실된 토사가 도로로 유입을 방지하기 위한 배수로 설치

4.4 유지관리 항목

암파쇄 방호시설의 유지관리는 크게 정기적으로 실시하는 일상점검과 비정기적으로 실시하는 특별점검으로 구분할 수 있다. 일상정검은 1일 1회 이상 부록 Ⅳ-2에 수록된 점검양식을 이용해 현장소장 또는 책임감리원(공사감독)이 실시하며, 특별점검은 일상점검 이상의 책임자와 해당분야 전문가가 함께 실시하도록 한다.

4.4.1 일상점검

○뒷채움 허용높이를 초과하여 적재되었는지 여부

○배수상태 및 지하수 유입여부

○H-Pile 타입부의 지반 융기 또는 세굴 발생 여부

○토류판 훼손·망실

○ H-Pile 직립도 : 변형이 4%이상(콘크리트 옹벽 기준) 발생시 원인분석 및 대책수립

○ 낙석 또는 충격에 의한 변형

○ 도로부 낙석 존재여부

4.4.2 특별점검

○ 태풍발생시

- 풍하중에 의한 전도 → 수동파괴
- 변형이 4%이상(콘크리트 옹벽 기준) 발생시 원인분석 및 대책수립

○ 집중호우

- 우수유입에 의한 토압증가 → 주동파괴
- 마대쌓기, 뒷채움토 표면에 불투수막 포설

○ 지진 → 근입부 지지력 저하 및 수평력 증가에 의한 전도

- 전도 발생시 기울기를 점검하여 4%이상 발생했을 경우 안정성 검토 실시

○ 뒷채움토 과다하중 발생 → 주동파괴

- 뒷채움 허용높이를 점검하고 안전성 검토 실시

부 록

부록 Ⅰ. 기존설치기준 검토

부록 Ⅰ 기존 설치기준 검토

1. 설치대상

기존도로와 인접하여 시공되는 절토부 중 발파암 절토고가 4m이상이고, 전체 절토고가 10m 이상인 구간에 설치함

2. 기본원칙

· 낙석시험모사(Rock Fall Simulation)를 실시하여 적정 설치높이를 산정하고, 구조계산에 의한 기초 근입깊이를 산정하여 형식을 결정함

· 지리적인 조건에 의한 특수지반조건일 경우 구조검토에 따른 결과에 따라 사용재료의 재원 및 설치방법 적용

3. 사용재료

· H-Pile : 250×250×9×14(2.0m 간격으로 설치)

· H-Pile을 상호 연결하는 간격유지재는 Angle 또는 Channel로 설치(Bracing은 외적인 안정감은 있으나 구조적으로 역할이 거의 없음)

- H-Pile에 발생하는 Moment 및 상단변위 변화량

해석모델	X-Bracing이 없는 경우
Moment 증가량(t·m)	△ 0.003
P-Pile 상단 변위량(m)	△ 0.00003

· 토류판 : 목재 또는 강재

- 토압에 의하여 발생되는 Moment(1m 폭당 68,200 kg·cm)에 충분히 견딜 수 있는 강도를 가진 제품을 사용

- 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여도 감독원의 승인을 받은 후 사용

- 옹이 등으로 강도의 저하가 예상되는 목재 토류판이나 녹이술거나 변형이 발생하여 틈이 벌어질 우려가 있는 철재 토류판은 사용할 수 없음

4. 설치높이 및 근입깊이

구분	절토사면 높이		암파쇄 방호시설 설치높이	기초 근입깊이
	발파암 절토고	전체 절토고		
1	4m이상 20m미만	50m미만	4.5m	1.5m
2	4m이상 20m미만	50m이상	6.0m	2.0m
	20m이상 30m미만	50m미만		
3	20m이상 30m미만	50m이상	7.5m	2.5m
	30m이상 40m미만	50m미만		
4	30m이상 40m미만	50m이상	9.0m	3.0m
	40m이상	50m미만		

주: 1) 기초 근입깊이는 설치높이의 1/3이상

2) 2001년도 건설교통부 발행 잠정안 및 한국도로공사'절취부 암파쇄 방호시설 개선검토 인용

5. 뒷채움 허용 높이

암파쇄 방호시설 설치높이	계산상 뒷채움 높이	뒷채움 허용높이
4.5m	1.1m	0.9m
6.0m	1.6m	1.4m
7.5m	2.1m	1.9m
9.0m	2.6m	2.4m

※ 허용 뒷채움의 높이는 안전을 감안하여 계산상 뒷채움 높이보다 20cm 감소시켜 적용

6. 검토결과

기존의 설치기준은 검토한 결과 다음과 같은 문제점이 도출되었다.

1. 설치대상 사면의 높이 50m를 기준으로 절토고에 따라 보다 세분화된 사면높이별 세부기준의 제시가 필요하다(단, 10m 이하의 절토고시 필요에 따라 임시방호시설의 설치를 권장).

2. 절토사면의 높이를 발파암 절토고와 전체 사면높이로 구분하여 방호벽 설치높이 및 근입깊이를 구분하였으나, 발파에 의한 낙하거리를 현실적으로 고려할 수 없는 점을 고려할 때 발파암 높이의 구분은 무의미하다 판단된다.

3. 근입깊이 증가에 따라 뒷채움 허용높이를 증가시킬 수 있는데도 불구하고 뒷채움 허용높이를 일률적으로 제안하여 세분화된 근입깊이별 뒷채움 허용높이의 제시가 필요하다.

4. 그 중 설치높이 4.5m의 방호시설은 뒷채움 허용높이가 0.9m로 즉각적인 뒷채움토의 제거가 필요해 현장발생토의 임시적재 기능을 적절히 수행하지 못하는 것으로 나타났다.

5. 절토부의 지형학적 특성과 다짐상태를 비추어 볼 때 기존도로 노상이하의 지반은 기준치 이상의 지지력 및 강도를 지니고 있다. 따라서 기초지반 상태에 따라 수동토압 작용폭을 플랜지 폭의 3배까지 증가시실 수 있음에도 불구하고 일률적으로 플랜지 폭만 적용시켜 과다설계의 우려가 있다.

부록 Ⅱ. 암파쇄 방호시설 설계

부록 Ⅱ. 암파쇄 방호시설 설계

부록 Ⅱ-1 암파쇄 방호시설 일반

1. 하중

가설 토류구조물 설계시 고려해야 하는 하중에는 사하중, 활하중, 충격하중, 토압 및 수압, 기타 외력 등으로 구분할 수 있고, 가설구조물을 설계할 때 고려해야 할 하중은 각각의 형식과 종류에 따라 상이하다. 그러나 이들 모두 토류벽 굴착시에 해당되는 설계기준으로 토압의 작용조건이 다소 상이한 암파쇄 방호시설의 설계를 위한 별도의 시방기준은 제시되지 않고 있다. 따라서 본 지침에서는 굴착토류벽 공법의 자립식 토류벽에서 고려하는 각종 하중 중 암파쇄 방호시설에 적합한 하중을 고려하여 설계에 적용하고자 하였다. <표 1-1>은 자립식의 가설구조물에서 고려해야 할 사용하중 중에 암파쇄 방호시설에서 고려해야 할 하중을 나타낸 것이다.

<표 1-1> 암파쇄 방호시설에서 고려해야할 하중

구분	사하중	장비하중	충 격	토 압	수압	온도하중	풍하중
근입깊이	×	○	○	○	×	×	○
단면	×	○	○	○	×	×	○

1.1 토압

버팀벽이 없는 토류벽의 토압은 Rankine, Coulomb 또는 Terzaghi-Peck의 토압으로 구할 수 있다. 자립식 토류벽의 토압산정에 관한 상세한 내용은 제 2장에서 다루기로 한다.

1.2 장비하중

토류벽 배면에서의 건설장비 운행에 따라 토류벽이 부담하는 응력은 증가할 것이다. 따라서 장비하중에 대한 고려가 필요하며, 본 지침에서 해석을 위해 사용한 장비하중은 <표 1-2>와 같이 도로교에서 사용되는 자동차 DB하중을 적용하였다. 그러나 도로를 주행중인 자동차의 주행하중과 Back-hoe와 같은 중장비에 의해서 발생되는

하중은 다소 상이할 수 있으므로 건설장비에 의한 하중을 추가적으로 고려하고자 할 때에는 해당 장비에 대한 설계정수를 입력하여 해석하는 방안의 수립이 필요하다.

<표 1-2> DB 하중

교량등급	하중	총중량 (T)	전륜하중 (kg)	중륜하중 (kg)	후륜하중 (kg)	전륜폭 b_1(cm)	후륜폭 b_2(cm)	차륜접지폭 a(cm)
1등교	DB-24	43.2	2,400	9,600	9,600	12.5	50	20
2등교	DB-18	32.4	1,800	7,200	7,200	12.5	50	20
3등교	DB-13.5	24.3	1,350	5,400	5,400	12.5	50	20

한편, 특별한 언급이 없는 한 DB-24 기준인 1.3t/㎥을 사용하며 일반적으로 나대지는 1~2t/㎥(가설자재 및 장비하중 고려), 건축물은 층당 1.2t/㎥정도를 적용한다. 본 지침에서 고려하고자 하는 상재하중은 1.3t/㎥을 적용하고자 하며, 이와 다른 조건에서 시공이 이루어질 경우에는 해당 장비를 고려한 하중산정이 필요하다.

1.3 충격하중

시공 중 낙석이 발생할 경우 충격에 따른 토류벽의 외적안정과 재료적 안정에 영향을 미칠 수 있다.

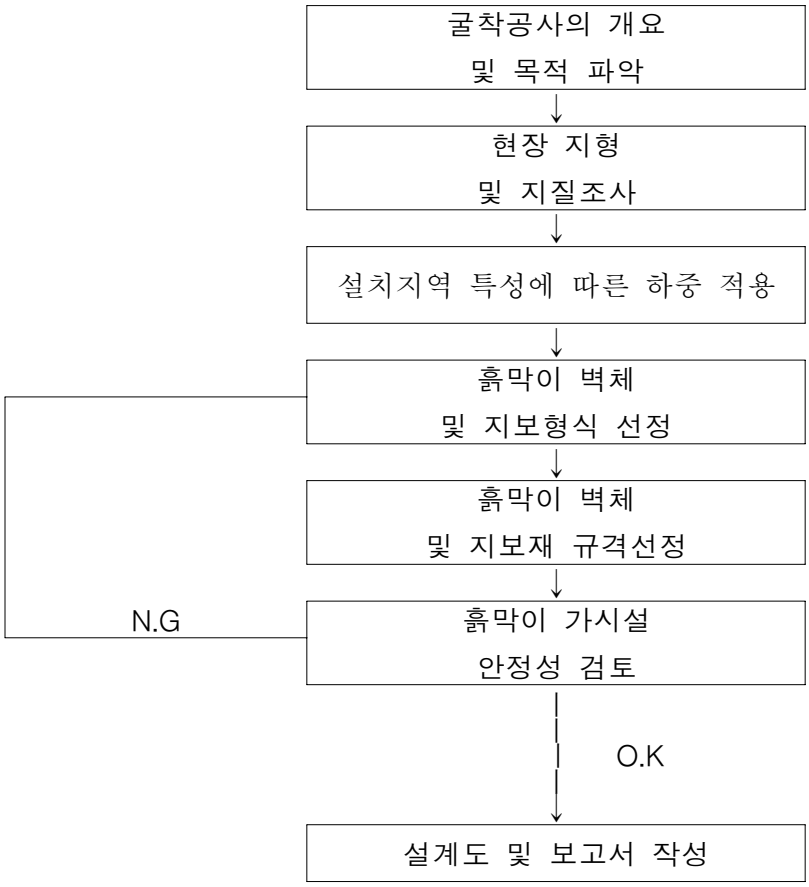
암파쇄 방호시설 배면에 적재된 뒷채움 상부에 시공중 낙석 및 기타 충격이 가해질 경우 암파쇄 방호시설에 작용하는 수평력은 증가한다. 뒷채움토에 작용하는 충격하중은 낙석이동경로의 표면거칠기, 암괴의 크기, 낙하높이 등 여러 매개변수에 의해 그 크기가 좌우 될 것이며, 낙석에 의한 충격하중은 Rock Simulation에 의해 산정할 수 있으며, 암파쇄 방호시설에 작용하는 충격하중은 Rock Simulation 및 충격해석 이론에 의해 산정할 수 있다.

1.4 풍하중

구조물에 미치는 풍하중의 영향은 바람의 속도와 방향, 공기의 밀도, 구조물의 형상 및 강성, 그리고 평면의 형태 등에 따라 변화한다. 바람은 동적인 성질과 정적인 성질을 갖으며, 일반적으로 평균풍속은 고도가 높아질수록 증가되는데, 그 증가율은 지표의 조도(roughness)가 거친 지형일수록 최대풍속이 나타나는 고도가 높아지게 된다.

2. 설계기준

2.1 토류벽 가시설 설계 흐름



<그림 2-1> 토류벽 가시설 설계흐름

2.2 가시설 설계방법의 문제점

가. 굴착상황의 Modeling

· 현실에 가까운 Modeling이 곤란

· 벽체 구조, 시공순서 등을 설계자가 숙지

나. 지반구조물 상호작용

· 벽체와 배면지반의 상호작용에 대한 해석 부정확

· 지반의 강성 또는 수평방향 지반반력에 관한 자료 미흡

다. 적용토압

· 벽체의 변형을 고려하지 않은 고정값 사용(주동토압, 정지토압, Peck 토압)

2.3 벽체구조의 해석방법

가. 벽체만을 보로 해석

· 단순보로 해석

· 고정지점상의 연속보 해석

나. 벽체와 지반을 동시에 해석

· 유한요소법

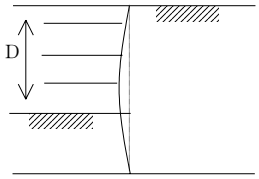
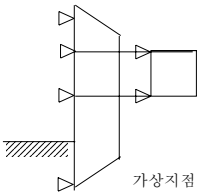
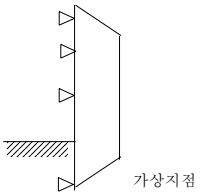
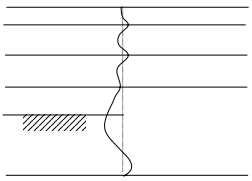
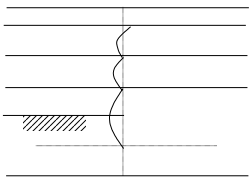
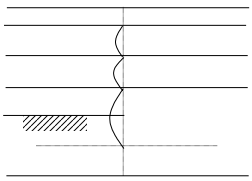
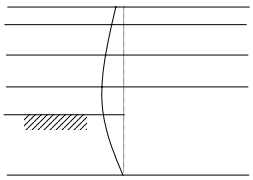
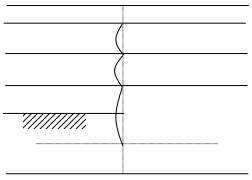
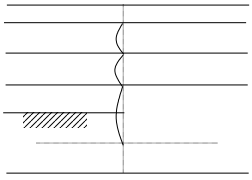
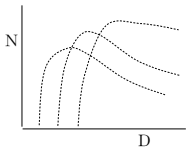
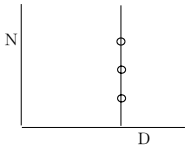
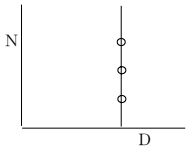
- 벽체의 변형과 지반거동간의 상호작용 고려
- 굴토현장 주변의 지반이나 구조물 거동 파악 가능
- 문제점 : 지반변형계수의 부정확성

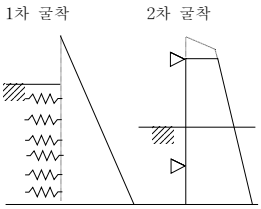
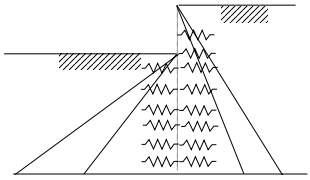
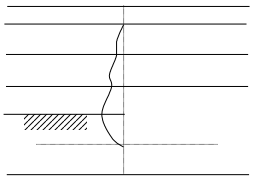
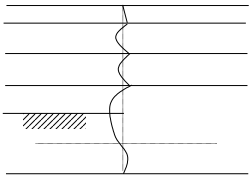
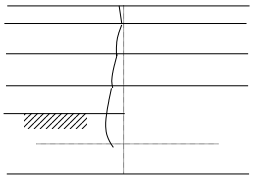
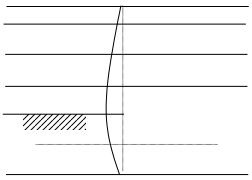
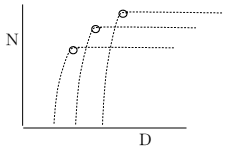
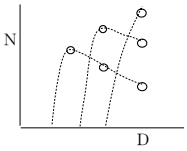
  암반의 전단강도 및 변형계수 이방성

  인장균열 발생시 처리기법 불명확

  벽체와 지반사이의 경계면 처리기법 불명확

2.4 흙막이 해석방법의 비교

	실제의 거동	단순보법	연속보법
계산 모델		 - 최종굴착단계만 고려 - 토압 : 겉보기 토압	 - 최종굴착단계만 고려 - 토압 : 겉보기 토압
벽체의 휨모멘트 M	 - 굴착이 진행됨에 따라 벽의 전체에 걸쳐 M 변화 - Strut 위치에서 M<0인 경우도 있다.	 - 1단 Strut : M < 0, 기타Strut : M = 0 - 가상지지점 이하는 계산하지 않음	 - 전체 Strut : M < 0, 가상 지지점 : M = 0 - 가상지지점 이하는 계산하지 않음
벽체의 변형 δ	 - 굴착 단계에 따라 벽체의 변위가 변화한다.	 - 선행 변위 고려 불가, Strut 위치에서 변위는 0 - 가상지지점 이하는 계산하지 않음	 - 선행 변위 고려 불가, Strut 위치에서 변위는 0 - 가상지지점 이하는 계산하지 않음
Strut 축력 N	 - Strut 설치 후 굴착이 진행됨에 따라 축력이 변화함.	 - 최종단계에서의 N만 계산	 - 최종단계에서의 N만 계산

	가상지점법	탄소성 해석법
계산 모델	 - 1차 굴착시 Chang식 사용 - 2차 굴착 이후는 최하단 Strut과 가상지지점을 단순보로 계산 - 시공순서에 따라 계산반복 - 토압 :실제 토압 사용	 - 벽을 연속보로 취급, 시공순서에 따라 계산 반복 - 토압 : 배면측, 굴착측 모두 저항토압 사용 - 벽의 양측의 토압은 벽의 변형에 1차적으로 비례한다. (단, 주동, 수동측압을 초과하지 않음)
벽체의 휨모멘트 M	 - 최하단 Strut 위에서 M은 불변, Strut 지점에서 M > 0 - 가상지지점 이하는 계산 안함	 - 굴착에 따른 M의 변화를 벽의 전장에 걸쳐 계산할 수 있다.
벽체의 변형 δ	 - 최하단 Strut 위에서 δ는 불변, 가상지지점 이하는 계산 안함 - Strut의 압축변형 : 고려 안함	 - 굴착에 따른 δ의 변화를 벽의 전장에 걸쳐 계산할 수 있다.
Strut 축력 N	 - 최하단 Strut 이외의 Strut 에서 N은 불변	 - 굴착에 따라 전체의 Strut 축력 N은 변화.

2.5 H-Pile+토류판 설계

가. 토류용 강재말뚝

1) 지지력 검토

(1) 최대 축방향력

다음과 같이 산정한 최대 축방향력은 말뚝의 허용지지력 내에 들어야 한다. 최대 축방향 응력(P)=주형보 지점의 반력+주형보의 지지보 자중+버팀보 지점의 반력(자중에 의한 반력)+띠장의 자중+Pile의 자중이다.

(2) 허용지지력 산정

① 강말뚝의 지지력 산정은 말뚝재하시험을 하지 않을 경우 정역학적 공식으로 계산하며, 시항타에 의해 동역학적 공식으로 확인할 수 있다.

② 정역학적 공식에 의한 극한지지력으로부터 허용지지력 산정시 안전율은 2.0 이상을 채택한다.

(3) 말뚝의 허용지지력

① N값 30이상의 사질토층과 단단한 실트층 및 N값 10이상의 넓은 점성토층에 3m이상 근입시키면 지지력 계산을 하지 않아도 무방하다. 단 이 경우에는 말뚝의 허용지지력은 지반이 양호해도 일반적으로 <표 2-1>의 값 이상을 취하지 않아도 된다.

<표 2-1> 말뚝 크기에 따른 허용지지력

말뚝의 크기	허용지지력	비고
H-400	60t	
H-350	45t	
H-300	30t	

여기서 언급하는 근입이란 어스오거 등으로 보링한 것이 아니고 타격에 의해 관입한 경우를 말한다.

② 양질의 지지층에 3m이상 근입시킨 경우 외에는 극한지지력을 계산에 의해서 구하고 그 값을 안전율 2로 나누어 허용지지력으로 한다.

극한지지력은 다음 식에 의해서 구할 수 있다.

$$Q_u = 20N \cdot A + (N_c \cdot A_c + 0.2N_s \cdot A_s) \cdot \alpha \cdot \beta$$

여기서, Q_u : 말뚝 극한지지력(ton)

N : 말뚝의 선단지반의 N값

A : 말뚝의 양플랜지로 둘러싼 면적(그림 2-1 참조)

N_c : 말뚝선단 까지의 점성토층의 N값 평균치

A_c : $U \cdot l_c(m^2)$

N_s : 말뚝선단 까지의 사질토층의 N값의 평균치

A_s : $U \cdot l_s(m^2)$

α : 시공조건에 의한 정수(표 2-2 참조)

β : 말뚝 주위에 흙이 있을 때 1.0(말뚝의 근입부분)
말뚝 한 면이 굴착될 때 0.5(흙막이 말뚝의 굴착저면 이상의 부분)

U : 말뚝의 주장(그림 2-1의 2(a+b))(m)

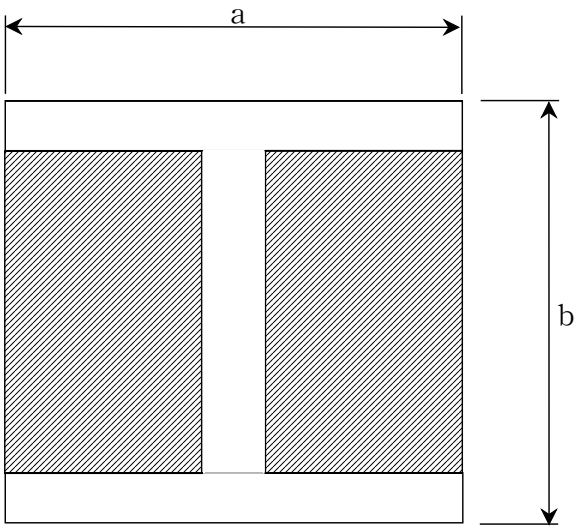
l_c : 점성토층 중의 말뚝길이(m)

l_s : 사질토층 중의 말뚝길이(m)

이 식에 의한 경우에는 말뚝선단 2m 는 타격에 의해 근입시키는 것이 바람직하다.

<표 2-2> α의 값

보링에 의한 시공	모르터 채움	0.8
	모래 채움	0.5
타격에 의한 시공		1.0



<그림 2-1> 말뚝의 주장

2) 말뚝의 안정검토

(1) 근입깊이에 대한 검토

① 토류용 강말뚝의 근입깊이에 대한 안정은 최하단 버팀보 위치를 중심으로 수동토압에 의한 저항모멘트가 버팀보 하단의 주동토압에 의한 활동모멘트의 1.2배 이상 이어야 하며 최소 근입깊이는 1.5m 이상으로 한다.

② 강말뚝에 작용하는 수동토압의 작용폭은 <표 2-3>에 준하되 관리주체(감리원)의 판단에 따르며, 주동토압의 작용폭은 적재높이 까지는 말뚝의 간격, 말뚝이 근입된 깊이까지는 플랜지 폭만 적용한다.

<표 2-3> 강말뚝에 작용하는 수동토압 작용폭

지반의 상태	사질토	50≥N>30	30≥N>10	N≤10
	점성토	N>8	8≥N>4	N≤4
토압의 작용폭		Flange 폭의 3배	Flange 폭의 2배	Flange 폭

3) 토류벽 말뚝의 간격

토류벽 말뚝의 중심 간격은 2.0m를 표준으로 한다. 이에 의하지 않는 경우에도

1m이상 2m이하의 범위를 원칙으로 한다.

4) 토류벽 말뚝과 절토사면과의 이격

기존도로를 이용하여 작업공간의 여유가 있는 경우에는 여유공간을 최대한 활용하여 설치한다. 단, 기존도로를 작업공간으로 활용하기 어려운 경우에는 다음과 같은 방안을 모색하도록 한다.

① 확폭이 가능한 경우에는 반대편 도로를 확장하여 작업공간을 확보한다.

② 지형상 도로확폭이 곤란한 경우에는 말뚝의 근입깊이를 증가하여 적재높이를 증가시킬 수 있는 방안을 검토(이 경우에는 반듯이 구조검토를 실시해야 함)

③ 교통소통을 원할히 하기 위하여 도로 차도부에서 최소 1m 이상 이격되어야 한다.

나. 토류판

1) 토압은 암파쇄 방호시설에 작용하는 토압을 적용한다.

2) 계산지간

$$l = L - 3/4 \cdot b$$

여기서, l : 계산지간(m), L : 토류용 강재말뚝 중심간격

b : 토류용 강재말뚝 플랜지 폭(m)

3) 목재 토류판의 최소 두께는 3cm로 하며 두께 계산식은 다음과 같다.

$$t = \sqrt{\frac{6M}{b \cdot \sigma}}$$

여기서, t : 토류판 두께(cm)

b : 토류판 폭(100cm)

σ : 목재의 허용휨응력(kg/cm^2)

M : 작용모맨트 $\frac{wl^2}{8}$

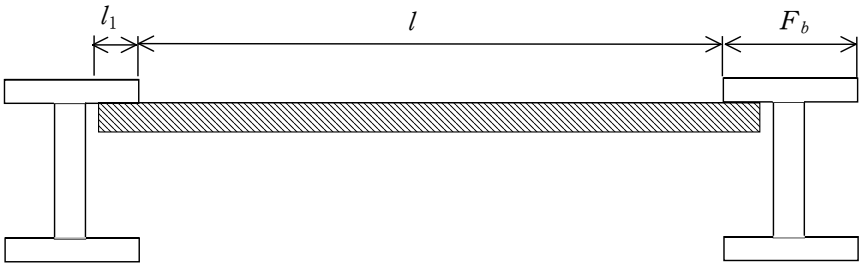
다. 응력검토

1) 모멘트 : $M=\frac{wl^2}{8}$

2) 전단력 : $S=\frac{wl}{2}$

3) 휨응력 : $\sigma=\frac{M}{Z}$ < σ_a

4) 전단응력 : $\tau=\frac{S}{bh}$ < τ_a

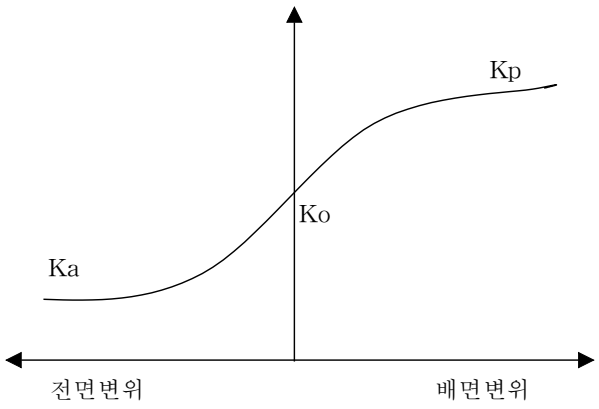


l_1 : 판두께(4cm 이상)

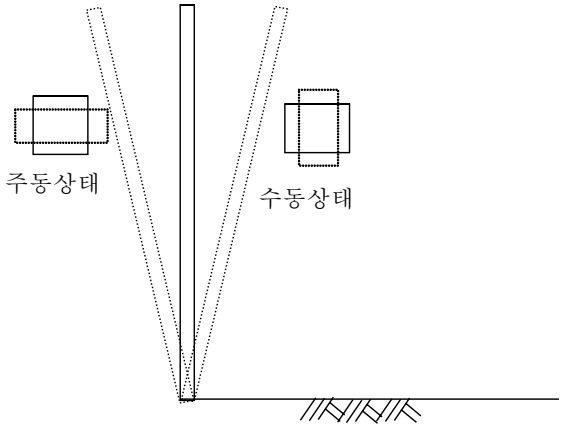
<그림 2-2> 흙막이판의 설치

다. 토압계산

토류벽에 작용하는 토압은 벽체의 변위와 밀접한 관계를 가지고 있으며, <그림 2-3>~<그림 2-4>는 벽체의 변위에 따른 토압의 크기를 나타낸 것이다. 주동토압은 Coulomb 또는 Rankine의 방법을 이용해 계산할 수 있으며, Rankine의 주동토압은 벽마찰의 무시로 과소평가되며, Coulomb의 주동토압을 실제와 근사하나 수동토압은 파괴형상의 차이로 과대평가 되는 특성이 있다.



<그림 2-3> 토압과 변위 관계



<그림 2-4> 벽체변위에 따른 상태

1) 주동토압

흙의 수평응력이 점차 감소하여 흙이 팽창할 때를 주동상태라 한다. 이 상태의 토압을 주동토압이라 하며, 주동상태의 연직응력에 대한 수평응력의 비를 다음과 같이 주동토압계수라 표현한다.

주동토압계수 : $K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \tan^{-1}(45-\frac{\phi}{2})$

단위 주동토압 : $P_a = H \cdot \gamma \cdot K_a - 2 \cdot c\sqrt{K_a}$

전 주동토압 : $P_A = \frac{1}{2} H^2 \cdot \gamma \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot H\sqrt{K_a}$

2) 정지토압

암반상의 옹벽, 지하구조물 벽체에서 작용하는 토압과 같이 흙의 횡방향의 변위가 없을 때를 정지상태라 하며 이때의 토압을 정지토압이라 한다. 정지토압계수는 연직응력에 대한 수평응력의 비로 다음과 같이 산정한다.

정지토압계수 : $K_o = \frac{\sigma_V}{\sigma_h} = 1 - \sin\phi'$ (ϕ' : 유효응력으로 표시한 전단저항각)

단위정지토압 : $P_o = H \cdot \gamma \cdot K_o$

전 정지토압 : $P_o = \frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot K_o$

3) 수동토압

수평방향의 응력이 증가하여 흙이 압축되는 상태를 수동상태라하며, 이 때의 토압을 수동토압이라 한다. 즉, 수동상태란 토류벽이 전면으로 이동되는 것을 의미하며, 이때의 토압계수를 수동토압계수라 한다.

수동토압계수 : $K_p = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \tan^{-1}(45+\frac{\phi}{2}) = \frac{1}{K_a}$

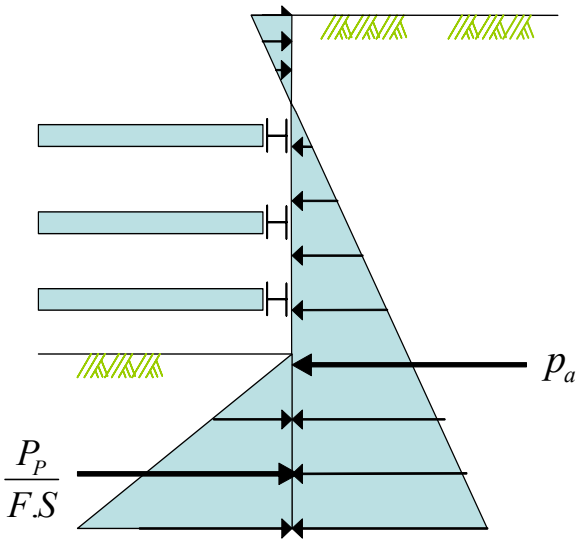
단위수동토압 : $P_p = H \cdot \gamma \cdot K_p + 2 \cdot c\sqrt{K_p}$

전 수동토압 : $P_P = \frac{1}{2} H^2 \cdot \gamma \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot H\sqrt{K_p}$

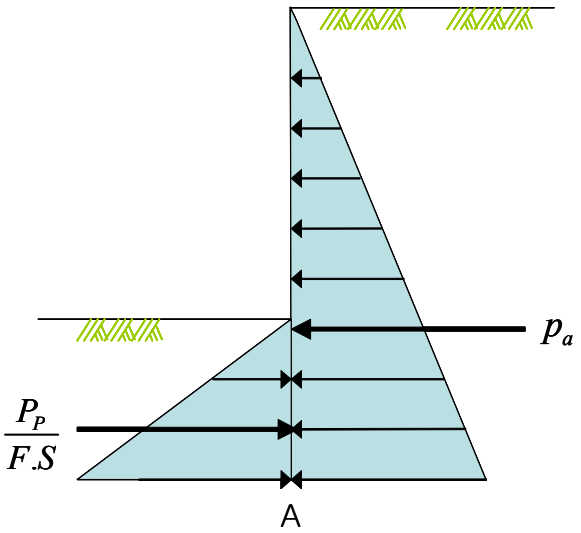
수동토압이 발휘하기 까지는 주동토압보다 상대적으로 큰 변위가 일어나야 하므로 계산된 값의 (1/2～1/3)의 안전율을 적용해야 한다.

4) 토압에 따른 근입깊이 계산

버팀보가 있는 경우 측방향 압력에 의한 토류벽의 근입깊이는 <그림 2-5>와 같이 최하단의 버팀보를 중심으로 한 수동토압에 의한 저항모멘트와 주동토압에 회전모멘트의 비로서 계산할 수 있다. 이와 달리 버팀보가 없는 자립식 토류벽의 경우에는 <그림 2-6>과 같이 토류벽 최하단을 기준으로 주동 및 수동모멘트의 비를 산정함으로써 근입깊이의 적정성을 판단할 수 있다. 이때 토류벽 근입깊이에 대한 안전율은 1.2이상이 되어야 한다.

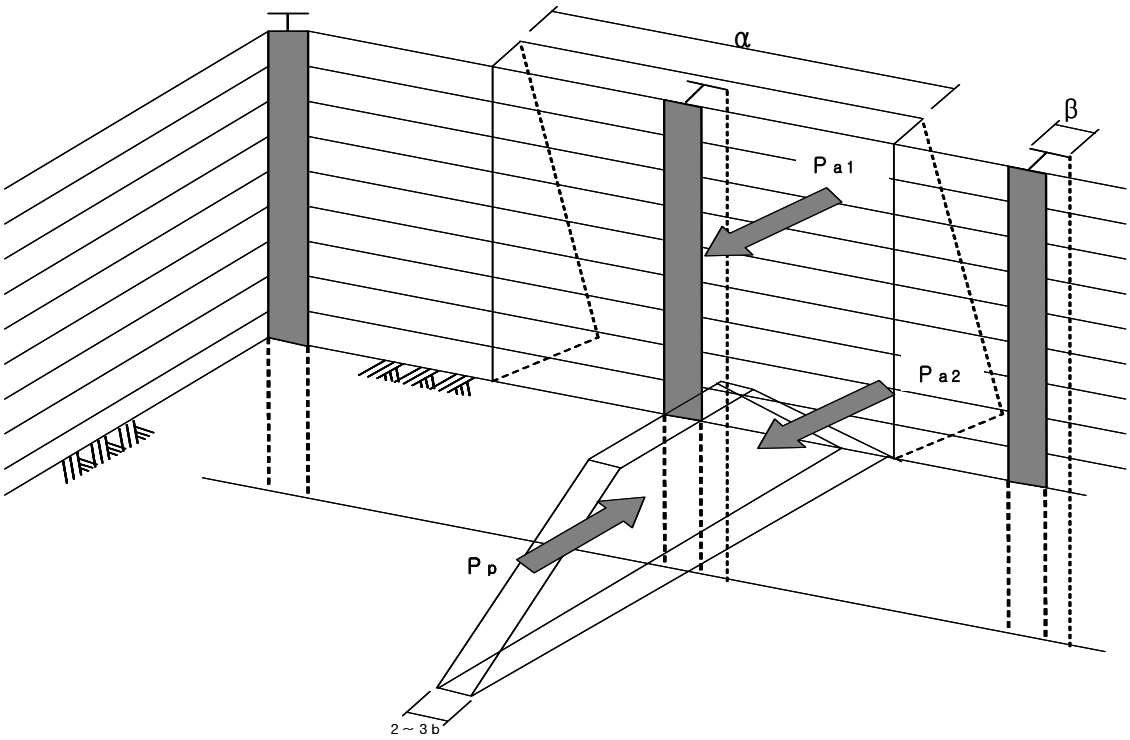


<그림 2-5> 버팀보식 토류벽 토압분포

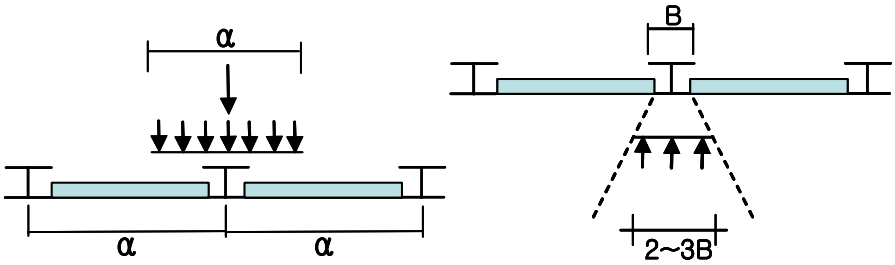


<그림 2-6> 자립식 토류벽 토압분포

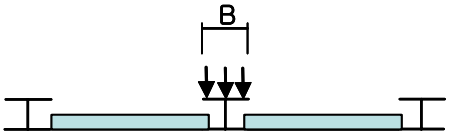
엄지말뚝(H-Pile)을 이용한 벽체의 경우 굴착저면 상단과 하단의 한 개당 말뚝이 받아야 할 모멘트 폭과 저항할 수 있는 지반의 저항폭은 다르다고 보는게 합당하므로 <그림 2-7>과 같이 계산한다. 즉, 뒷채움토가 채워지는 토류벽 상부의 주동토압(P_{a1})은 엄지말뚝 사이에 설치된 토류판 길이 만큼의 활동모멘트가 작용하는 반면에 하부의 주동토압(P_{a2})과 수동토압(P_p)은 엄지말뚝만으로 토압을 받고 있는 것이다. 하부의 주동토압(P_{a2})과 수동토압(P_p)을 받는 폭은 지반의 경도에 따라 실무적으로 <표 2-3>과 같이 1~3배까지 적용할 수 있으며, 본 지침에서는 <표 2-3>에 근거하여 각각의 사례별로 해석에 적용하였다.



<그림 2-7> H-Pile의 근입장 결정법(Ⅰ)



(a) 주동토압(P_{a1})　　(b) 수동토압(P_p)



(c) 주동토압(P_{a2})

<그림 2-8> H-Pile의 근입장 결정법(Ⅱ)

3. 설계지반정수 산정

<표 3-1>~<표 3-11>은 국내·외에서 사용되고 있는 각 토질별 전단강도 및 단위중량 추정치를 나타낸 것으로 적용된 토질정수는 원지반과 성토재료에 해당되며, 각 기관별, 문헌별로 전단강도 및 단위중량은 유사한 분포를 보였다.

<표 3-1> 토질별 설계정수 개략치(도로설계요령)-Ⅰ

종류		상태		전단저항각	점착력	분류기호
성토	자갈 및 자갈섞인 모래	다진것		40	0	GW, GP
	모래	다진것	입도가 좋은 것	35	0	SW, SP
			입도가 나쁜 것	30	0	
	사질토	다진것		25	0.3이하	SM, SC
	점성토	다진것		15	0.5이하	ML, CL
자연지반	자갈	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		40	0	GW, GP
		밀실하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		35	0	GW, GP
	자갈섞인 모래	밀실한 것		40	0	SW, SP
		밀실하지 않은 것		35	0	
	모래	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		35	0	SM, SC
		밀실하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		30	0	
	점성토	밀실한 것		30	0	
		밀실하지 않은 것		25	0	

주) 1. 전단저항각 및 점착력의 값은 압밀비배수(압밀급속) 전단에 대한 값
2. 점토에 대한 지하수, 용수 등의 영향은 고려하지 않았음. 또한 자연지반의 흙은 선행압밀 되어있지 않은 것으로 생각해서 점착력은 무시
3. 자연지반의 흙에서 점착력을 가지는 것에서는 되도록 토질시험의 결과에 따라 흙의 전단강도를 정하는 것이 바람직함
4. 높이 10m 이하의 성토를 구성하는 다진 사질토 및 점성토에 있어서는 점착력을 무시해서 전단저항각을 각각 35° 및 30°로 할 수 있음
5. **쇄석, 암버럭, 암괴등에 대해서는 대략 자갈에 준해도 좋음**
6. 산지부에 있는 자갈 또는 암괴가 섞인 사질토 및 점성토에 있어서는 혼합비율, 상태 등에 의해 적절한 값을 정함

<표 3-2> 토질별 설계정수 개략치(도로설계요령)-Ⅱ

종류		상태		전단저항각	점착력
성토	자갈 및 자갈섞인 모래	다진것		40	0
	모래	다진것	입도가 좋은 것	35	0
			입도가 나쁜 것	30	0
	사질토	다진것		25	0.3이하
	점성토	다진것		15	0.5이하
	자 갈	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		40	0
		밀실하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		35	0
자연지반	자갈섞인 모래	밀실한 것		40	0
		밀실하지 않은 것		35	0
	모래	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		40	0
		밀실하지 않은 것 입도가 나쁜 것		35	0
	점성토	밀실한 것		30	3이하
		밀실하지 않은 것		25	0
	사질토	밀실한 것		30	3이하
		밀실하지 않은 것		25	0

주1) 전단저항각 및 점착력의 값은, 압밀-비배수(압밀-급속)전단에 대한 값임
2) 성토에 대한 지하수, 용수 등의 영향은 고려되어 있지 않음
3) 자갈 또는 암괴가 섞인 사질토 및 점성토에서는, 혼합비율
4) **쇄석, 암버럭, 암괴 등은 자갈에 준하여도 좋음**
5) 홍적점토층의 자갈층은 보통 잘 다져서 혼합되어 있으므로 ϕ와 더불어서 5tonf/m^3정도의 점착력이 있는 것으로 보아도 좋음

<표 3-3> 토질별 설계정수 개략치(토목공학 핸드북-토질편)

입자의 크기		다져진 상태	전단저항각(°)	
			전단저항각	점착력
중 간 모 래		대단히 느슨	28~30	32~34
		중간정도 조밀	32~34	36~40
		대단히 조밀	35~38	44~46
모래 (S) 및 자갈(G)	65%G~35%S	느 슨	-	39
		중간정도 조밀	37	41
	80%G~20%S	조 밀	-	45
		느 슨	34	-
암 편		-	40~55	

<표 3-4> 토질별 전단저항각(φ), R.C 설계편람

토 질	전단저항각 (φ)	토 질	전단저항각 (φ)
다져지지 않은 Silt, 세사	27~30	다져진 둥근알의 모래, 자갈 등	35
다져진 Silt, 세사	30~35	다져지지 않은 모난알의 모래, 부순돌	34
다져지지 않은 둥근알의 모래, 자갈	28.5	다져진 모난알의 모래, 부순돌 등	46

<표 3-5> 뒷채움 토질별 φ, c, γ(구조물의 설계 예)

토 질	φ(°)	c ($tonf/m^2$)	γ ($tonf/m^3$)	토 질	φ(°)	c ($tonf/m^2$)	γ ($tonf/m^3$)
깨끗한 모래 또는 자갈	35	-	1.8	연질의 유기질 Silt 또는 Silt질 점토	0	-	1.6
실트 또는 점토를 포함한 투수성이 얕은 사질토	30	-	1.8	경질의 점토		1.2	1.7
점토를 다량으로 함유한 사질토	24	-	1.75				

<표 3-6> 모래 및 자갈의 전단강도(도로설계요령)

재료의 종류	상 태		φ(°)	c($tonf/m^2$)
자갈 및 자갈섞인 모래	다진것		40	0
모 래	다진것	입도분포 양호	35	0
		입도분포 불량	30	0

<표 3-7> 뒷채움토 종류에 따른 φ, γ(도로구조물설계계산 예)

뒷채움 토사의 종류	φ(°)	γ ($tonf/m^3$)	뒷채움 토사의 종류	φ(°)	γ ($tonf/m^3$)
모래자갈, 자갈질흙	40	2.0	모래질 흙	30	1.9
모래	35	1.9	Silt, 점성토	25	1.8

<표 3-8> 뒷채움토 종류에 따른 ϕ, c, γ(일본국철설계기준)

흙의 종류	ϕ(°)	γ (tonf/m^3)	c (tonf/m^2)
입도분포가 양호한 모래, 사석	40	2.0	-
보통모래, 사석	35	2.0	-
느슨한 모래	30	1.8	-

<표 3-9> 뒷채움토 종류에 따른 ϕ, γ(일본도로토공지침)

흙의 종류	ϕ(°)	γ (tonf/m^3)	뒷채움 토사의 종류	ϕ(°)	γ (tonf/m^3)
고운모래	38~35.5	2.0~1.8	실트질 점토	0 또는 측정값	1.9
실트함유 모래	30~28.5	1.8~1.7	견고한 점토	0 또는 측정값	1.8
점토분을 다량으로 함유한 사질토	25.5~24.0	1.8~1.7			

<표 3-10> 토질별 γ값(도로설계요령)- Ⅰ

종 류		상태		단위체적중량 (tonf/m^3) (지하수위이상)	분류기호
성토	자갈섞인 모래	다진 것		2.0	GW, GP
	모래	다진 것	입도가 좋은 것	2.0	GW, SP
			입도가 나쁜 것	1.9	
	사질토	다진 것		1.8	SM, SC
	점성토	다진 것		1.7	ML, CL(MH, CH)
자연지반	자갈	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		2.0	GW, GP
		밀실하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		1.8	
	자갈섞인 모래	밀실한 것		2.1	GW, GP
		밀실하지 않은 것		1.9	
	모래	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		2.0	SW, SP
		밀실하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		1.8	
	사질토	밀실한 것		1.9	SM, SC
		밀실하지 않은 것		1.7	
	점성토	견고한 상태		1.8	ML, CL
		연약한 상태		1.6	
	실트	견고한 상태		1.6	ML
		연약한 상태		1.4	
	점토	견고한 상태		1.7	CH, MH
		연약한 상태		1.5	

주 1) 지하수위이하에 있는 흙의 단위체적중량은 각각의 표의값에서 1.0을 뺀 값으로 한다.

2) 사석은 자갈과 같은 값으로 한다. 또한 암버럭, 암편 등의 경우는 종류, 상태, 크기 및 간극 등에 의해 고려할 필요가 있다.

3) 자갈섞인 사질토 혹은 자갈섞인 점성토에 있어서는 배합비율 및 상태에 따라 적절한 값을 정한다.

4) 지하수위는 시공 후에 있어서의 평균치를 생각한다.

5) 입도가 나쁜 모래란 입경이 균일한 모래를 말한다. 자갈의 경우에도 같다.

<표 3-11> 토질별 γ값(도로설계요령)-Ⅱ

종류		상태		단위체적중량 (tonf/m^3) (지하수위이상)
성토	자갈섞인 모래	다져진 것		2.0
	모래	다져진 것	입도가 좋은 것	2.0
			입도가 나쁜 것	1.9
	사질토	다져진 것		1.9
	점성토	다져진 것		1.8
	자 갈	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		2.0
		밀실하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		1.8
자연지반	자갈섞인 모래	밀실한 것		2.1
		밀실하지 않은 것		1.9
	모 래	밀실한 것 또는 입도가 좋은 것		2.0
		밀실하지 않은 것 또는 입도가 나쁜 것		1.8
	사질토	밀실한 것		1.9
		밀실하지 않은 것		1.7
	점성토	단단한 것(손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=8~15)		1.8
		약간 연한 것(손각락으로 보통힘으로 들어감, N=4~8)		1.7
		연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		1.6
	점토 또는 실트	단단한 것(손가락으로 세게 눌러 약간 들어감, N=4~8)		1.7
		약간 연한 것(손가락으로 보통 힘으로 들어감, N=4~8)		1.6
		연한 것(손가락이 쉽게 들어감, N=2~4)		1.4

주 1) 지하수위 이하에 있는 흙의 단위체적중량은 각각 표중의 값에서 0.9를 뺀 값을 사용한다.

2) 사석은 자갈과 같은 값을 취한다. 또 암버럭이나 암편 등의 경우에는 종류, 형상, 크기 및 간극 등에 따라 고려할 필요가 있다.

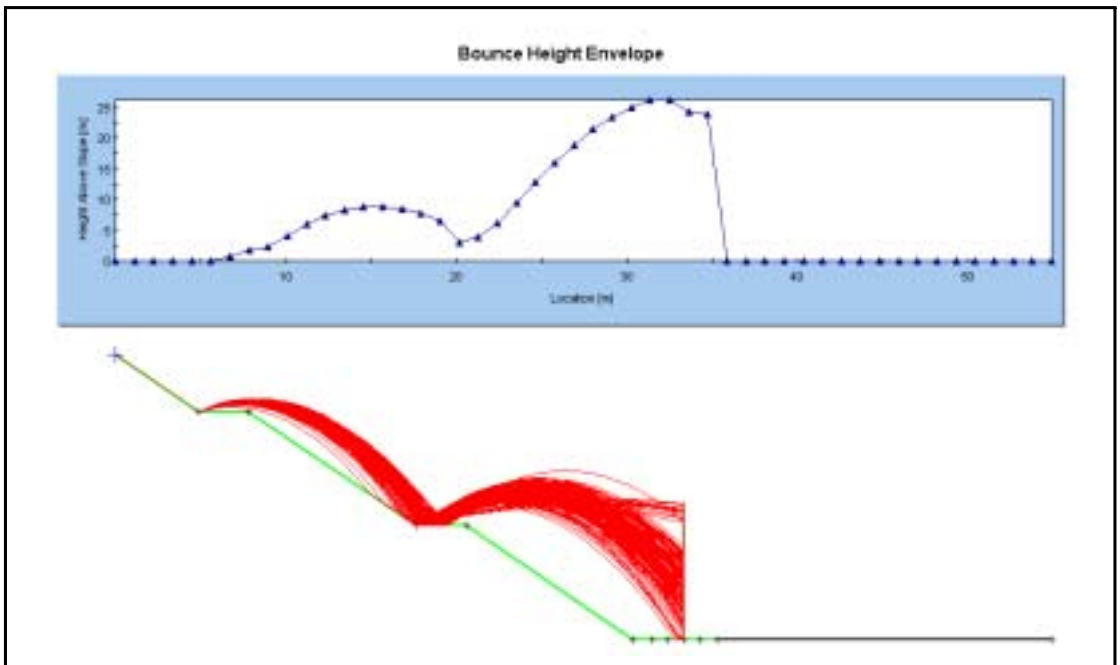
3) 자갈섞인 사질토 또는 자갈섞인 점성토에서는, 혼합비율 및 상태에 따라 적당한 값을 정한다.

4) 지하수위는 시공후의 평균치를 고려한다.

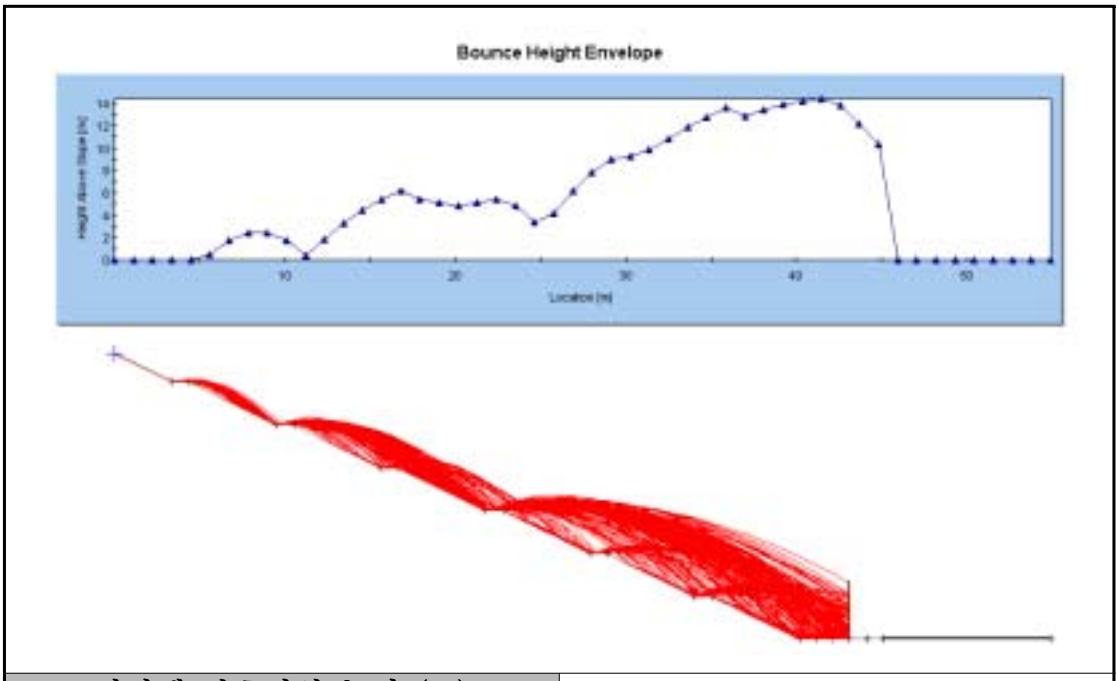
부록 Ⅱ-2 Rockfall-Simulation

1. 소단 고려시

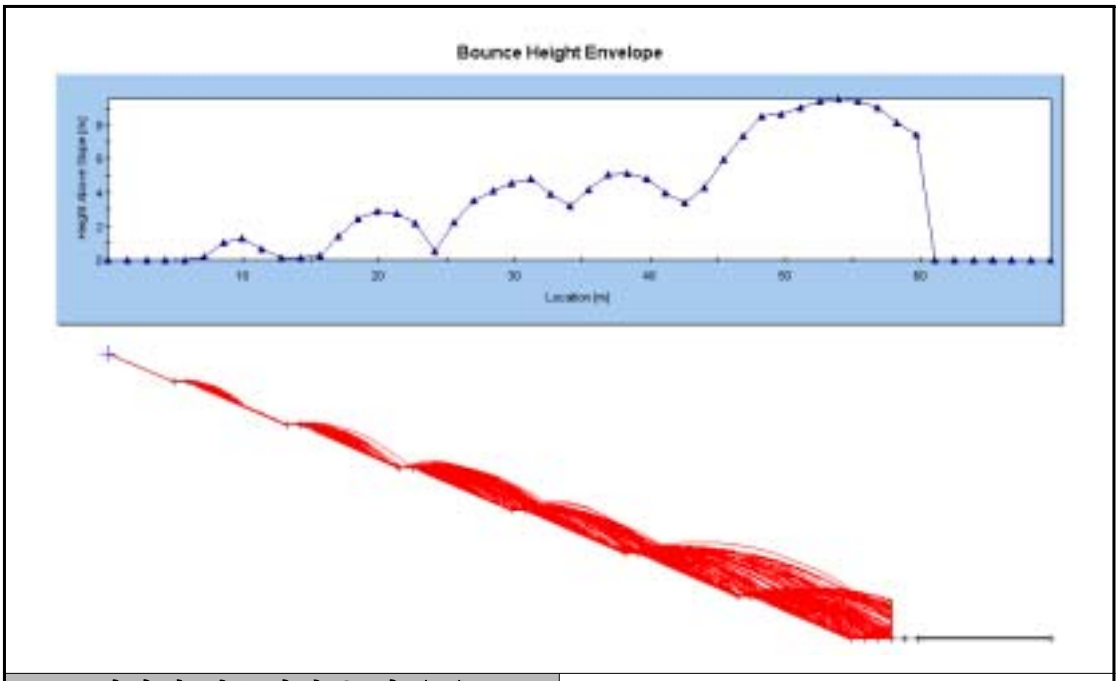
다음은 사면에 소단이 존재할 경우의 암파쇄 방호시설 설치높이를 결정하기 위해 Rockfall Simulation을 실시하여 검토한 결과이다. 소단이 존재할 경우 계획절토고 50m 상단에서 10kgf 규모의 낙석이 발생할 때 이를 차단시킬 수 있는 높이는 최대 24m이상으로 산정되었다. 그러나 재료 및 시공특성상 길이 8m의 H-Pile을 사용하여 1회 용접으로 최대 16m까지 시공이 가능한 점을 고려하면 현실성이 결여된다 할 수 있다. 또한 사면 상부에서 절취가 진행될 경우 절취에 의한 부설물이 소단에 적재되어 Rebounding에 의한 영향이 감쇠되므로, 이에 대한 영향을 고려하지 않아도 무방할 것으로 사료되어 본 지침에서는 소단이 존재하지 않는 조건으로 검토를 수행하였다.



암파쇄 방호시설 높이 (m)	24.0
사면경사	1:0.5
계획절토고	50m



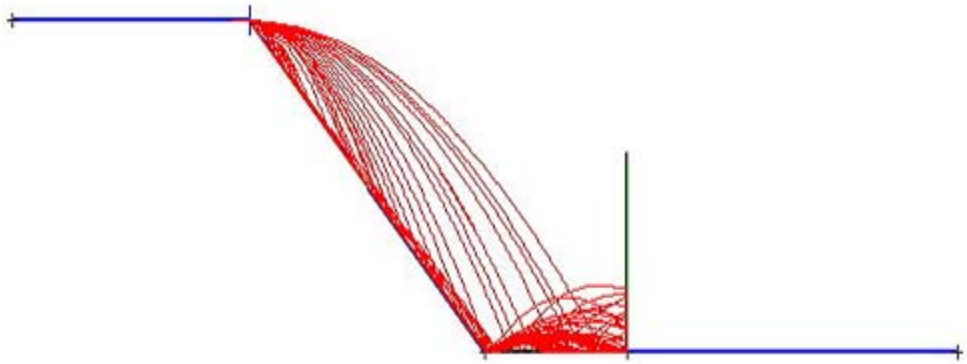
암파쇄 방호시설 높이 (m)	10.0
사면경사	1:0.7
계획절토고	50m



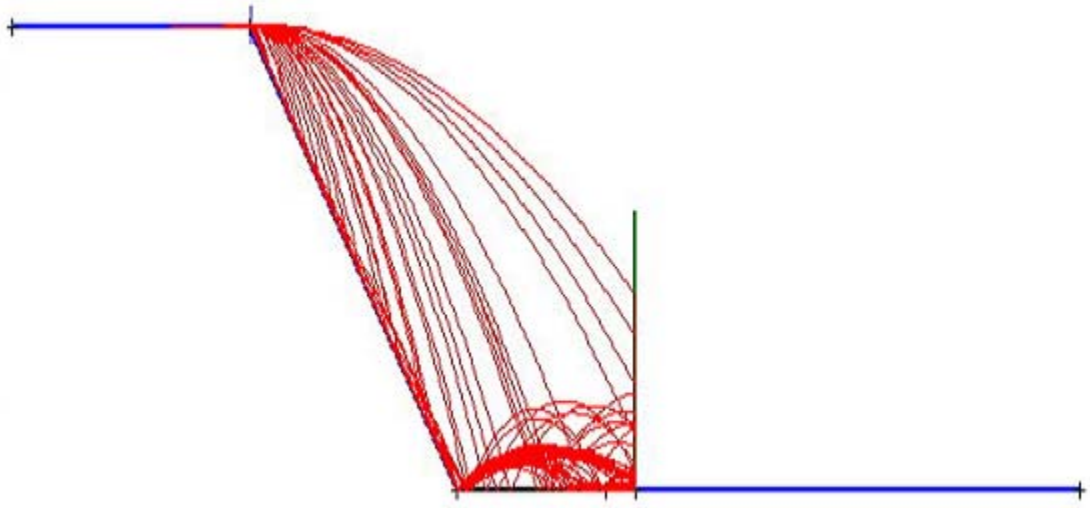
암파쇄 방호시설 높이 (m)	7.0
사면경사	1:1.2
계획절토고	50m

2. 소단 미고려시

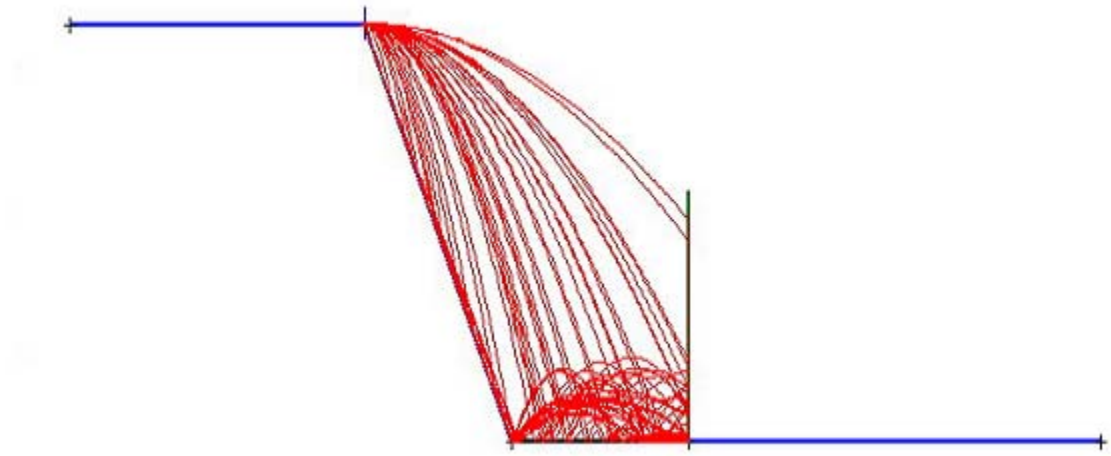
1) 사면높이 5m 미만



<그림 1> 사면경사 1:1.2, 방호벽 높이 : 3m

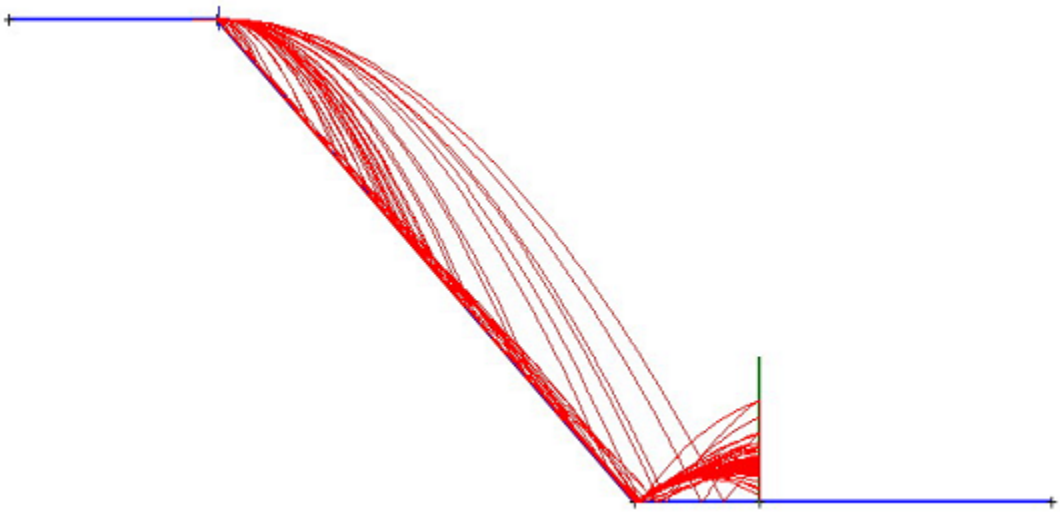


<그림 2> 사면경사 1:0.7, 방호벽 높이 : 3m

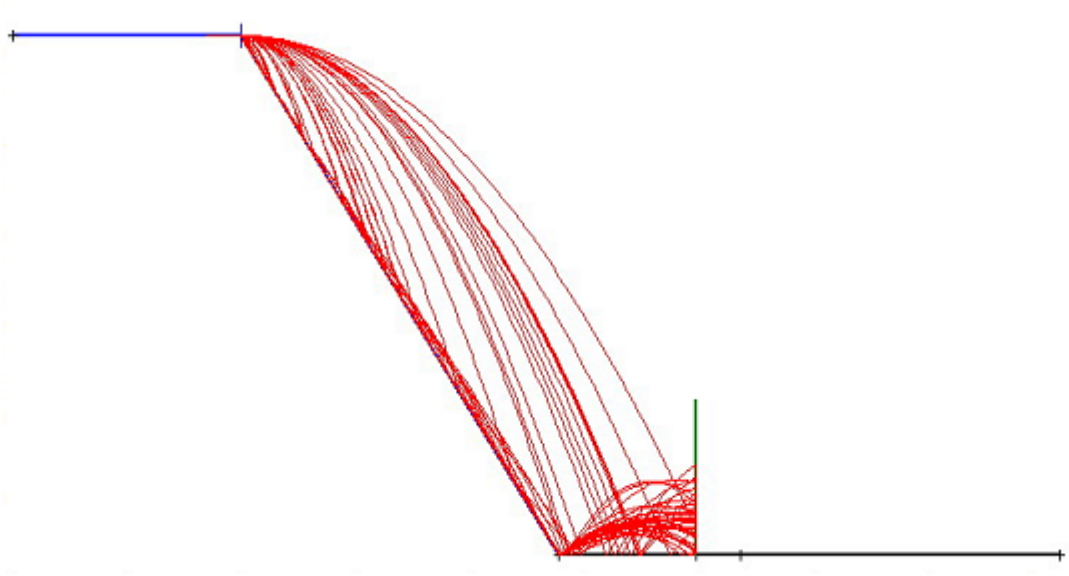


<그림 3> 사면경사 1:0.5, 방호벽 높이 : 3m

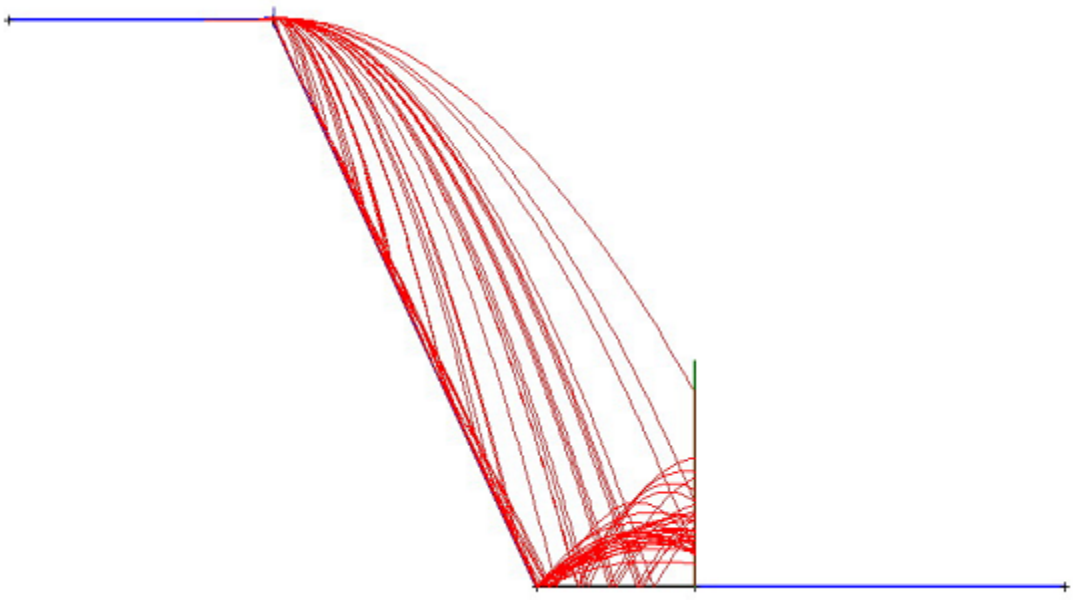
2) 사면높이 5~10m



<그림 4> 사면경사 1:1.2, 방호벽 높이 : 3m

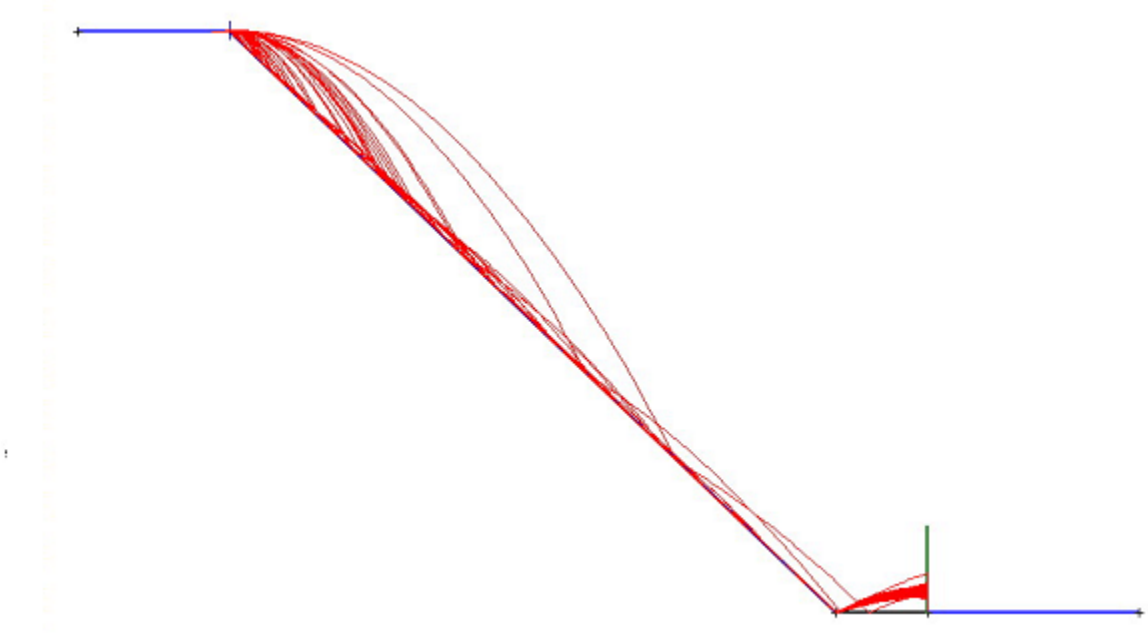


<그림 5> 사면경사 1:0.7, 방호벽 높이 : 3m

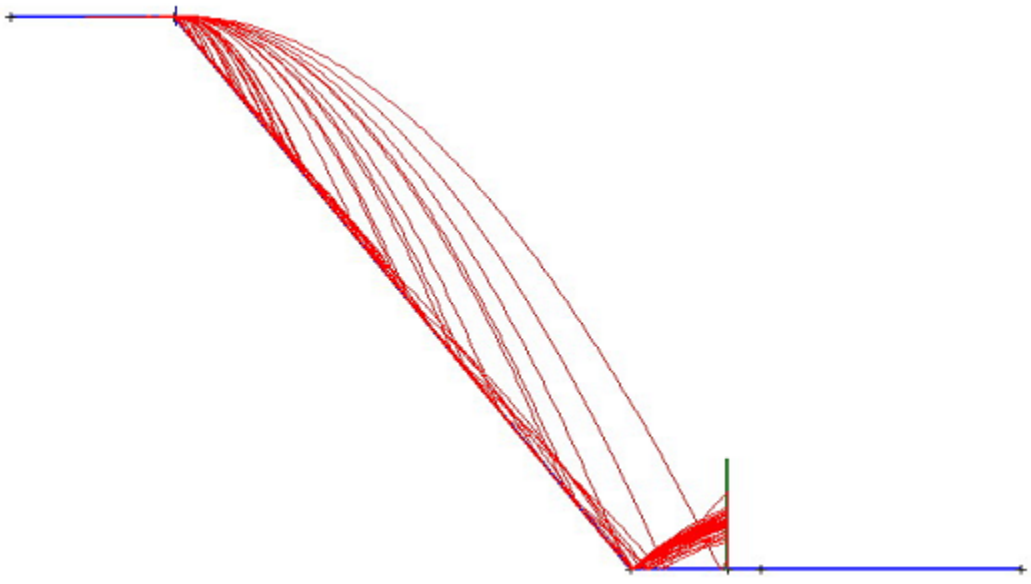


<그림 6> 사면경사 1:0.5, 방호벽 높이 : 4m

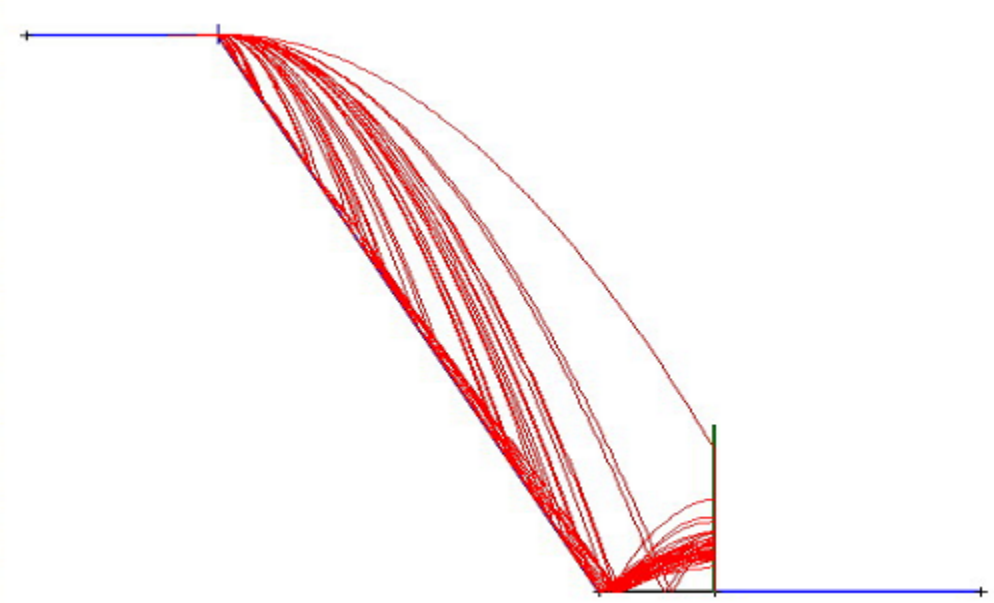
3) 사면높이 10~20m



<그림 7> 사면경사 1:1.2, 방호벽 높이 : 3m

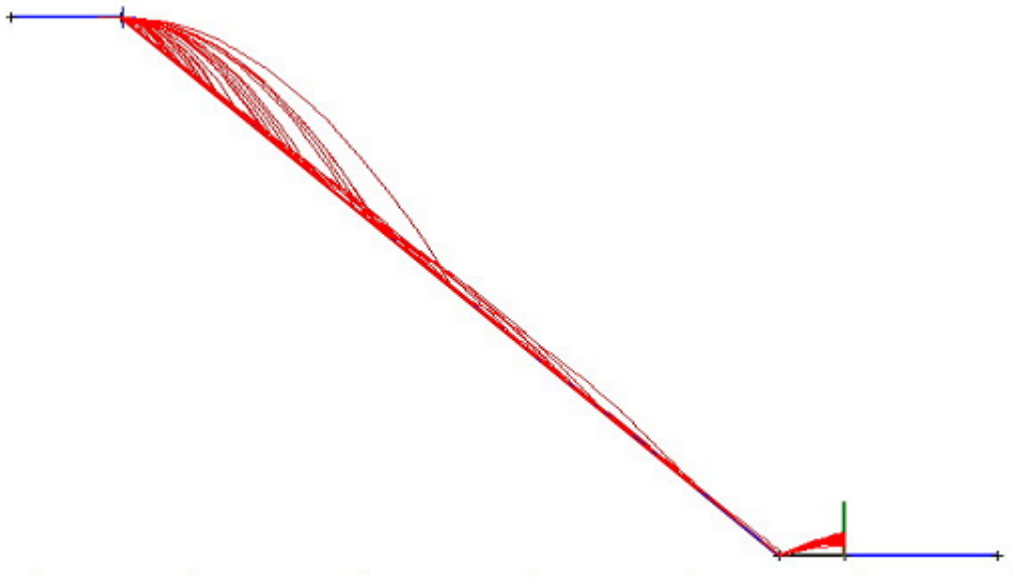


<그림 8> 사면경사 1:0.7, 방호벽 높이 : 4m

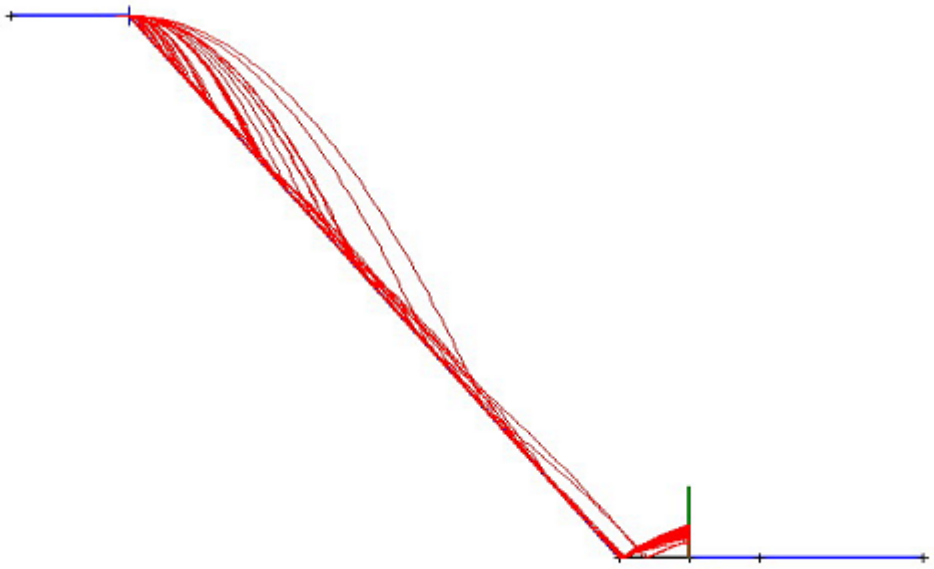


<그림 9> 사면경사 1:0.5, 방호벽 높이 : 6m

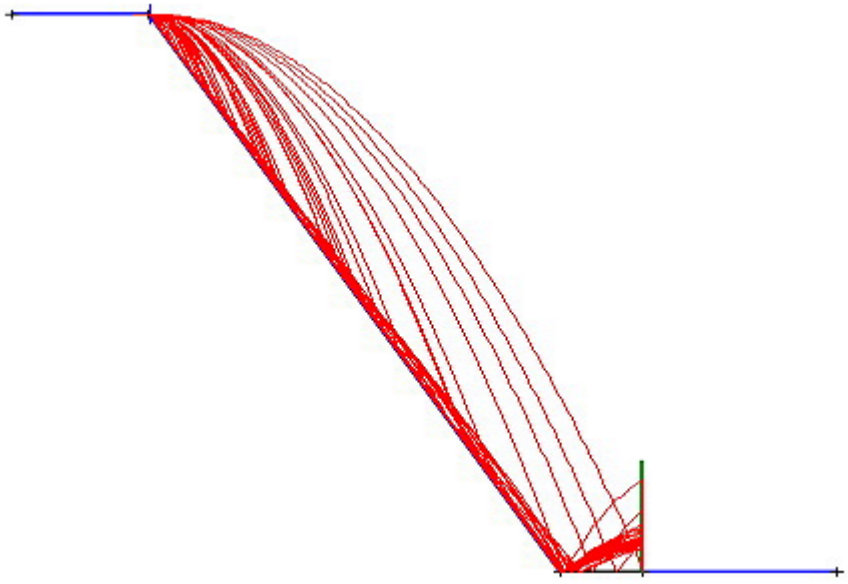
4) 사면높이 20~30m



<그림 10> 사면경사 1:1.2, 방호벽 높이 : 3m

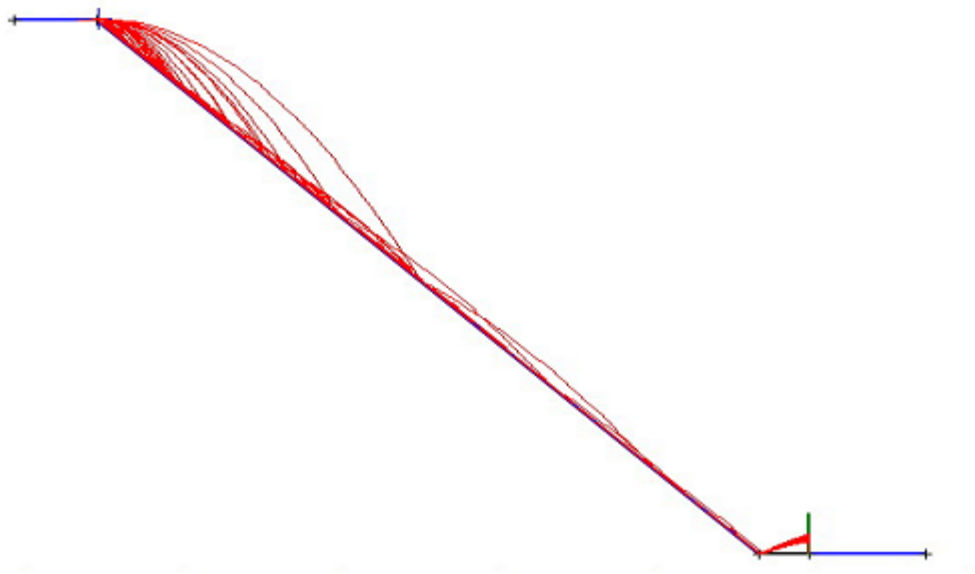


<그림 11> 사면경사 1:0.7, 방호벽 높이 : 4m

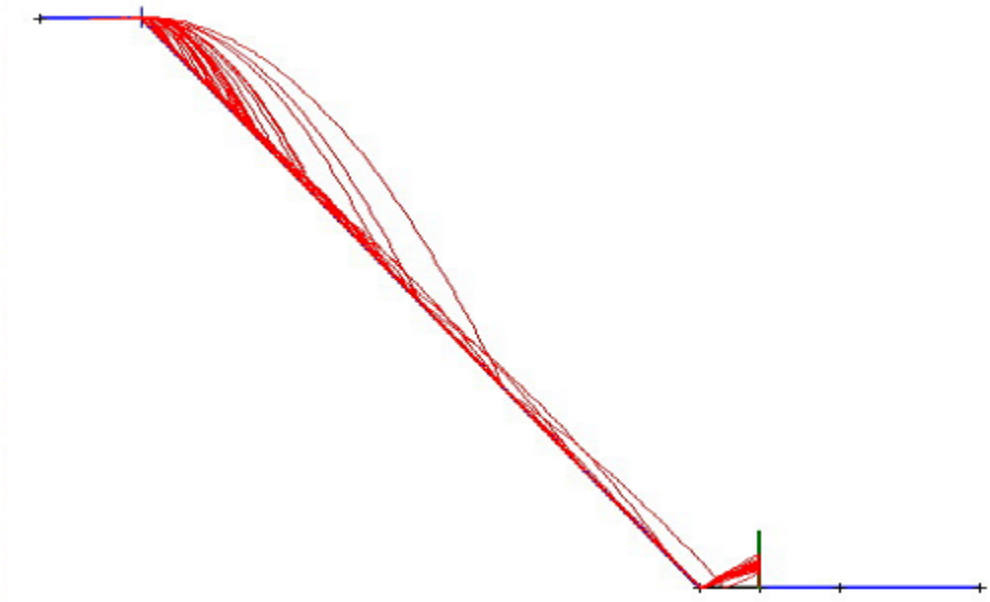


<그림 12> 사면경사 1:0.5, 방호벽 높이 : 6m

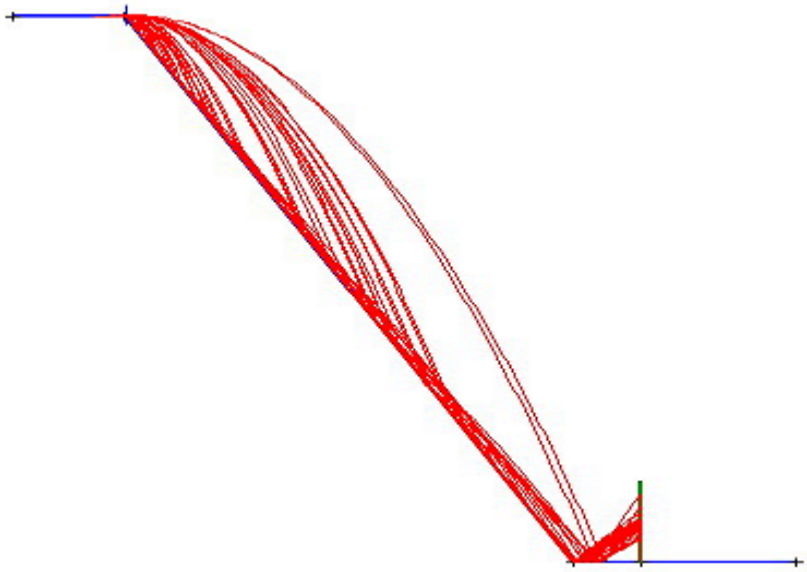
4) 30~40m미만



<그림 13> 사면경사 1:1.2, 방호벽 높이 : 3m



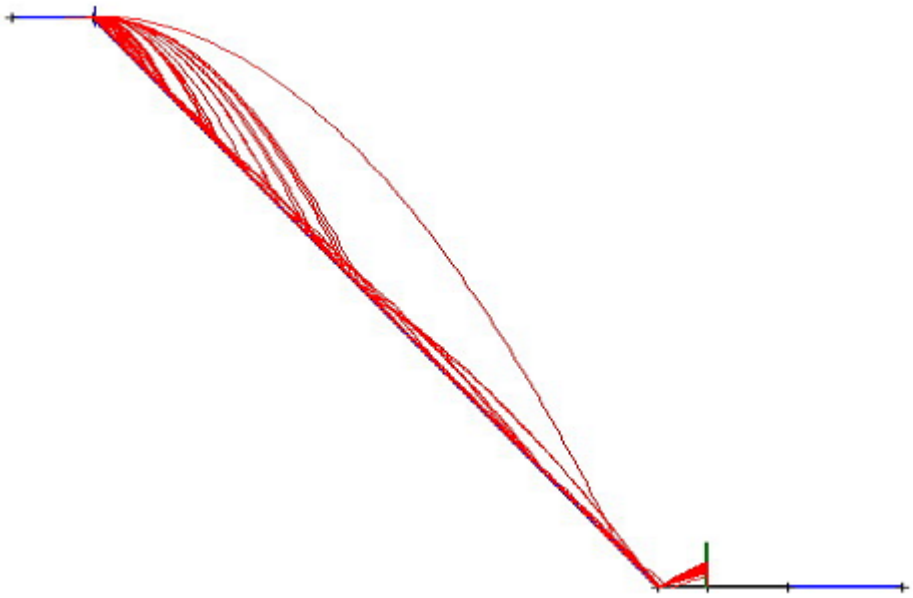
<그림 14> 사면경사 1:0.7, 방호벽 높이 : 4m



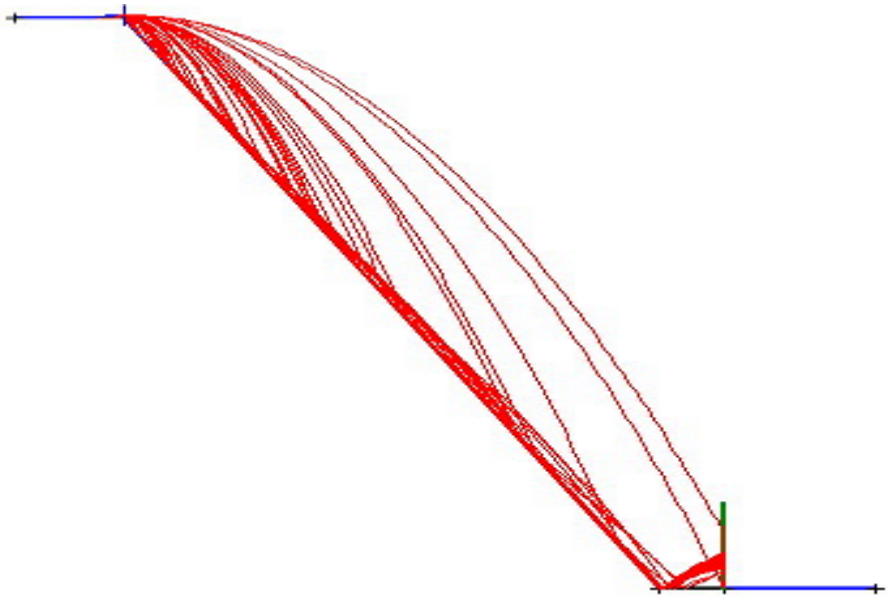
<그림 15> 사면경사 1:0.5, 방호벽 높이 : 6m

5) 40~50m 미만

<그림 16> 사면경사 1:1.2, 방호벽 높이 : 3m



<그림 17> 사면경사 1:0.7, 방호벽 높이 : 4m

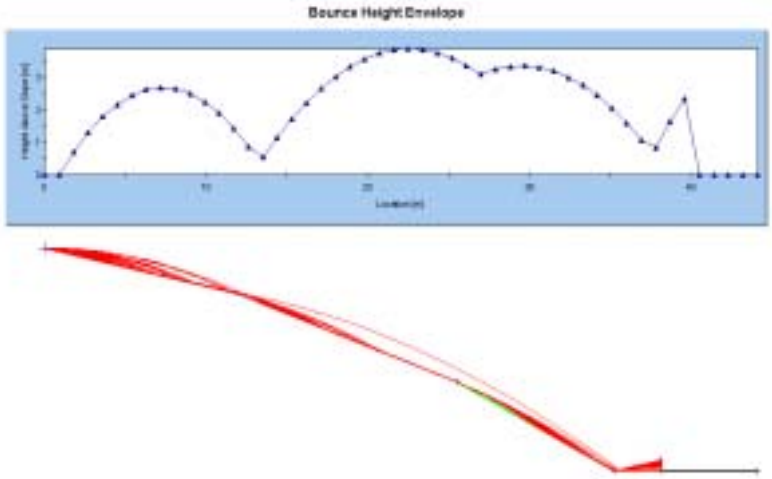


<그림 18> 사면경사 1:0.5, 방호벽 높이 : 8m

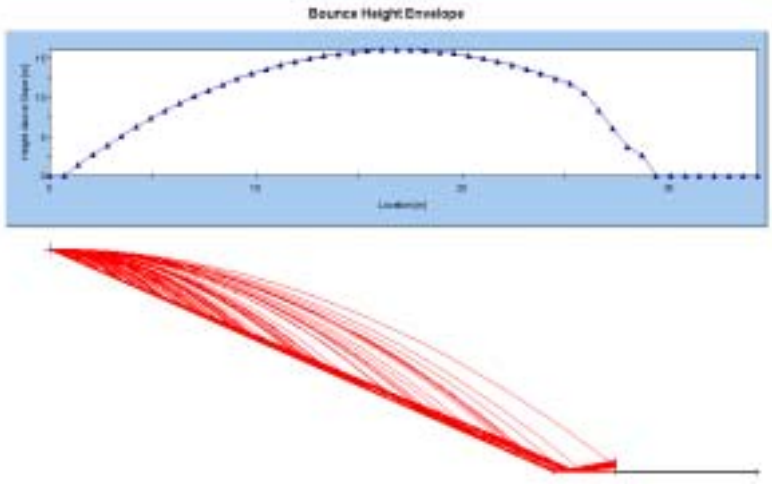
3. 암종에 따른 사면경사 변화 시공조건 고려시

다음은 사면이 발파암, 리핑암, 토사층으로 구분된 경우 층별 사면경사를 달리 시공된 사면에 대해 암파쇄방호시설 설치높이를 결정하기 위해 Rockfall Simulation을 실시하여 검토한 결과이다.

사면경사를 달리한 조건에서 소단을 고려하지 않은 경우보다 Rebound가 낮게 평가되어 본 지침에서는 사면경사를 직선화한 불안전측 조건에서 검토를 실시하였다.



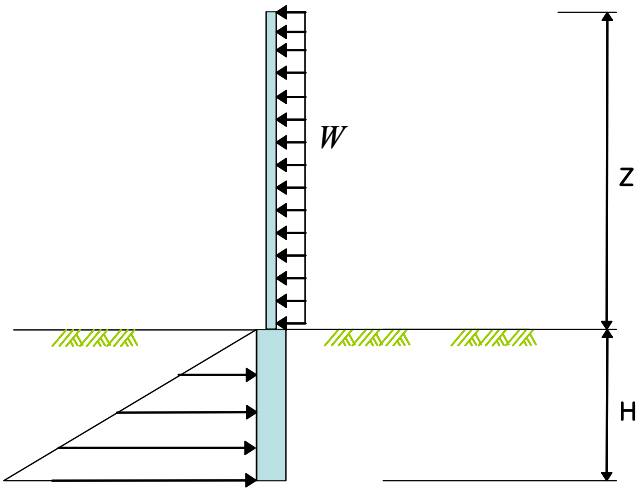
<그림 19> 층별경사를 변화시킨 경우



<그림 20> 층별경사를 직선화 시킨 경우

부록 Ⅱ-3 풍하중 검토

암파쇄 방호시설의 적정 근입깊이 산정에 앞서 뒷채움이 없는 자립상태에서 풍하중에 대한 안정검토를 실시하였으며, <그림 1-1>은 암파쇄 방호시설에 작용하는 풍하중 작용모델이다. 풍하중에 대한 안정계산은 수동저항을 받는 영역이 플렌지 폭에 따라 변화되는 것을 반영하여 2가지 형태로 구분하여 산정하였다.



<그림 1-1> 풍하중 작용 Model

$$p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_d^2 \cdot C_d \cdot G$$

ρ : 공기밀도(0.125 $kg \cdot s^2/m^4$)

v_d : 설계기준풍속(m/s), 감소계수 : 0.85

$$v_d = 1.925 \times \left(\frac{z_b}{z_G}\right)^{\alpha} V_{10}$$

$$= 1.925 \times \left(\frac{15}{700}\right)^{\alpha} (30 \times 0.85)$$

$$= 21.08 m/\sec$$

C_d : 항력계수(2.1)

G : 거스트계수(1.9)

$$p = \frac{1}{2} \cdot 0.125 \cdot 21.08^2 \cdot 2.1 \cdot 1.9$$
$$= 110.8\,kg/m^2 = 0.1108t/m^2$$

<표 1-1>~<표 1-2>는 풍하중에 대해 플렌지폭에 따라 변화되는 수동토압을 적용한 안정검토 결과이다. 암파쇄 방호시설의 높이는 부록Ⅱ에서 시행한 낙석모사시험(Rock Fall Simulation)에서 결정된 설치높이를 각각 3~8m로 적용하여 검토하였다.

수동토압 작용폭에 따른 안정계산 결과를 요약하면 다음과 같다.

○ 30≥N>10(사질토), 8≥N>4(점성토)인 경우(플렌지 폭 2배적용)

- 암파쇄 방호시설 높이가 3m 일 때 근입깊이가 1.5m 이상이 되어야 안정
- 암파쇄 방호시설 높이가 4m 일 때 근입깊이가 2.0m 이상이 되어야 안정
- 암파쇄 방호시설 높이가 6m 일 때 근입깊이가 2.0m 이상이 되어야 안정
- 암파쇄 방호시설 높이가 8m 일 때 근입깊이가 2.5m 이상이 되어야 안정

○ 50≥N>30(사질토), 8≥N>4(점성토)인 경우(플렌지 폭 3배적용)

- 암파쇄 방호시설 높이가 3m~4m 일 때 근입깊이가 1.5m 이상이면 모두 안정
- 암파쇄 방호시설 높이가 6m~8m 일 때 근입깊이가 2.0m 이상이면 모두 안정

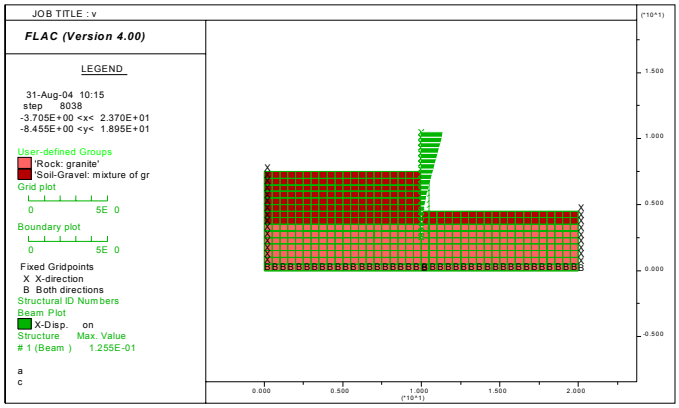
<표 1-1> 수동토압을 플렌지 폭 2배 만큼 받을 경우

설치높이 (m)	근입깊이 (m)	전도모멘트 (t·m)	수동토압 (t/m^2)	저항모멘트 (t·m)	안전율 (F.S≥1.2)	비고
3	1.5	1.994	11.891	3.567	1.789	O.K
	2	1.994	15.855	6.342	3.180	〃
	2.5	1.994	19.819	9.909	4.969	〃
	3	1.994	23.783	28.539	14.310	〃
4	1.5	3.102	11.891	3.567	**1.150**	N.G
	2	3.102	15.855	8.456	2.726	O.K
	2.5	3.102	19.819	16.516	5.324	〃
	3	3.102	23.783	28.539	9.199	〃
6	1.5	5.983	11.891	3.567	**0.596**	N.G
	2	5.983	15.855	8.456	1.413	O.K
	2.5	5.983	19.819	16.516	2.760	〃
	3	5.983	23.783	28.539	4.770	〃
8	1.5	9.750	11.891	3.567	**0.366**	N.G
	2	9.750	15.855	8.456	**0.867**	N.G
	2.5	9.750	19.819	16.516	1.694	O.K
	3	9.750	23.783	28.539	2.927	〃

<표 1-2> 수동토압을 플렌지 폭 3배 만큼 받을 경우

설치높이 (m)	근입깊이 (m)	전도모멘트 (t·m)	수동토압 (t/m^2)	저항모멘트 (t·m)	안전율 (F.S≥1.2)	비고
3	1.5	1.994	11.891	5.351	2.683	O.K
	2	1.994	15.855	12.684	6.360	〃
	2.5	1.994	19.819	24.773	12.422	〃
	3	1.994	23.783	42.809	21.464	〃
4	1.5	3.102	11.891	5.351	1.725	〃
	2	3.102	15.855	12.684	4.088	〃
	2.5	3.102	19.819	24.773	7.985	〃
	3	3.102	23.783	42.809	13.799	〃
6	1.5	5.983	11.891	5.351	**0.894**	N.G
	2	5.983	15.855	12.684	2.120	O.K
	2.5	5.983	19.819	24.773	4.141	〃
	3	5.983	23.783	42.809	7.155	〃
8	1.5	9.750	11.891	5.351	**0.549**	N.G
	2	9.750	15.855	12.684	1.301	O.K
	2.5	9.750	19.819	24.773	2.541	〃
	3	9.750	23.783	42.809	4.390	〃

한편, 절취중 발생할 수 있는 조건인 뒷채움토압과 풍하중을 동시에 고려하여 수치해석을 실시한 결과 발생되는 변위량은 약 12.5cm로 본 지침에서 제시한 허용 변위량 4%이내로 평가되었다. 수치해석에 사용된 조건으로는 풍하중 작용면적이 가장 큰 경우인 방호시설 높이 8m, 뒷채움 허용높이 3.0m인 조건이며, 해석결과는 안정한 것으로 나타났다.



<그림 1-2> 뒷채움토+풍하중 검토

부록 Ⅱ-4 암반 및 복합지반 근입깊이 검토

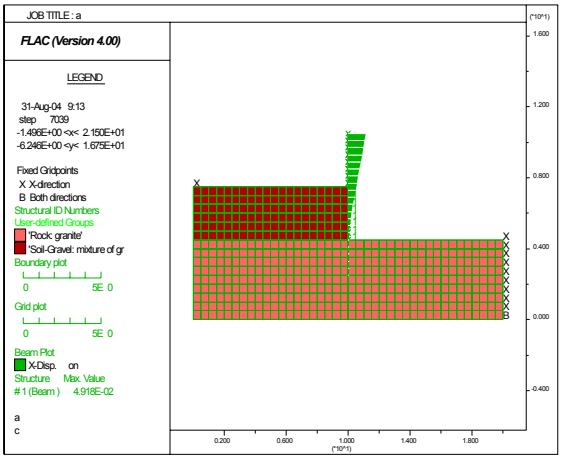
H-Pile이 근입되는 지층이 암반으로 구성된 지반, 암반과 토사층으로 구성된 지층에 대한 안정검토를 다음과 같이 실시하였다.

◎ 검토조건

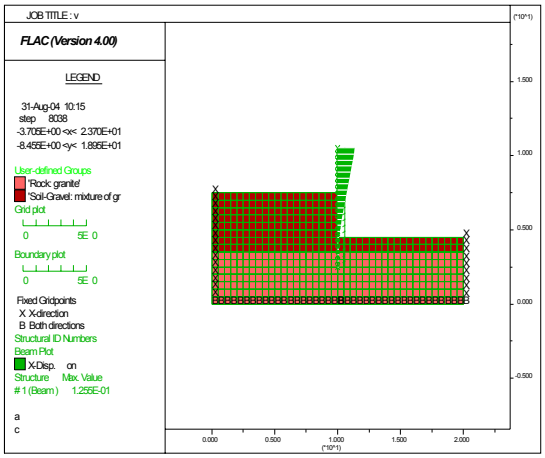
- 근입깊이 : 2.0m
- 뒷채움 높이 : 3.0m
- 장비하중 : 1.3 tonf/m^2
- 지층구성 :
  ① 암반지층
  ② 복합지층 : 토사 1.0m, 암반 1.0m

◎ 검토결과

<그림 1>~<그림 2>는 지층구성에 따른 안정성 검토를 실시한 결과이다. 검토결과 지층구성에 따라 다소의 변위량의 차가 발생하지만 모두 허용변위량(4%) 이내에 만족하는 것으로 나타났다.

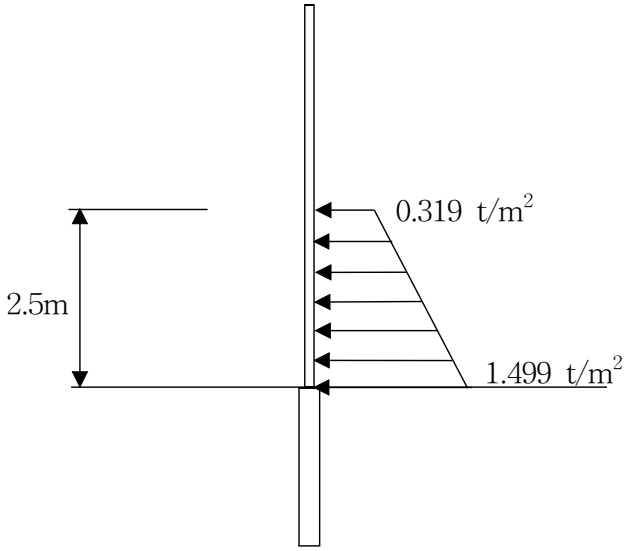


<그림 1> 암반지층 해석결과
(변위=4.918 cm)



<그림 2> 복합지층해석결과
(변위=12.55 cm)

부록 Ⅱ-5 H-Pile 구조검토



◎ H-Pile 제원

- H-250×250×9×14
- $\sigma_{sa} = 1.5 \times 1,400 = 2,100\ kg/cm^2$

◎ 토질정수

- 전단저항각 (ϕ) : 35°
- 단위중량 (γ_t) : 2.0 t/m³
- 상재하중 : 1.3 t/m²

◎ 토압계수

$$K_a = \frac{\cos^2\phi}{\left\{1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\cdot\sin\phi}{\cos\delta}}\right\}^2}$$

$$= \frac{\cos^2 35}{\left\{1+\sqrt{\frac{\sin(35+23.3)\cdot\sin 35}{\cos 23.3}}\right\}^2}$$

$$= 0.245$$

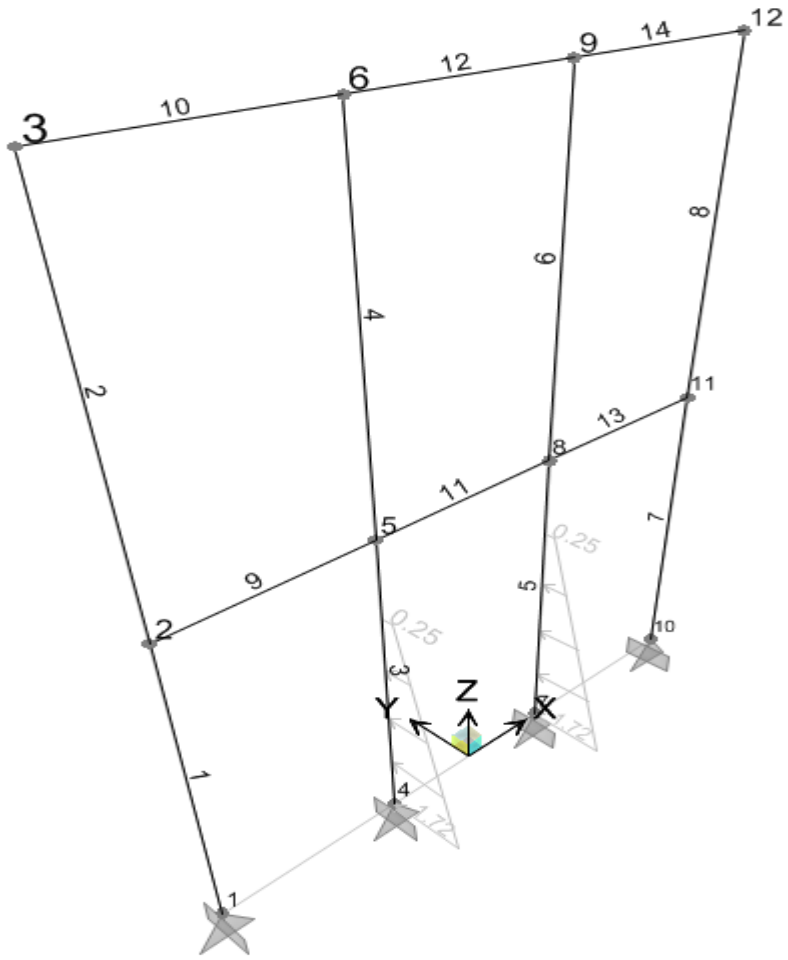
◎ 토압

$q_{a1} = K_a \cdot (\gamma \cdot Z + q)$

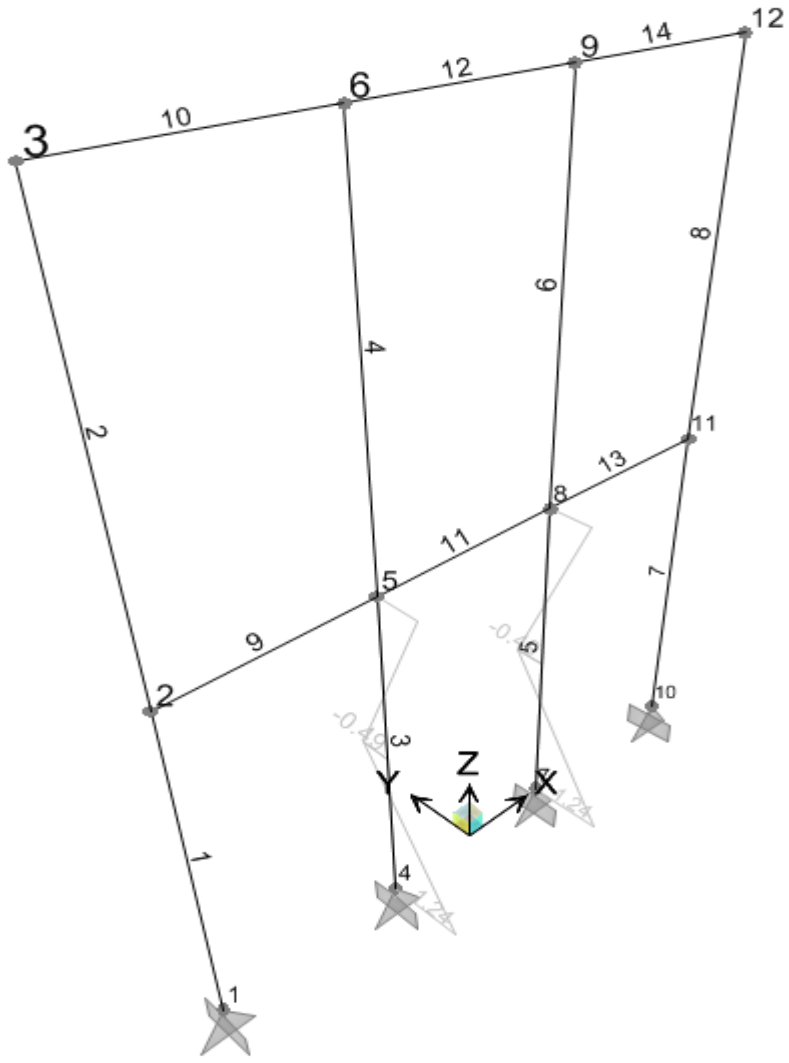
$= 0.245 \times 1.3 = 0.319 t/m^2$

$q_{a2} = 0.245 \times (2 \times 2.5 + 1.3) = 1.547 t/m^2$

◎ 하중재하 Modeling



◎ 해석결과



◎ 단면검토

- 부재제원

A=92.18cm^2, Ix=10800cm^4, Iy=3560cm^4, w=72.4cm^4,

Zx=867cm^4, Zy=292cm^4

- 응력검토(H-Pile 하단부)

$$\sigma = \frac{1.24\times10^5}{296} = 481.92\,kgf/cm^2 \;<\; \sigma_a = 2,100\,kgf/cm^2 \qquad \therefore\ O.K$$

부록 Ⅱ-6 토류판 구조검토

◎ 토류판 응력검토식

$$\sigma = \frac{M}{Z} < \sigma_a$$

여기서; σ : 뒷채움토의 토압에 의해 토류판에 발생하는 휨응력(kgf/cm^2)

M : 뒷채움토의 토압에 의해 토류판에 발생하는 휨모멘트(kgf · cm^2)

Z : 토류판의 단위폭(1.0m)당 단면계수(cm^3)

σ_a : 재료의 허용응력(kgf/cm^2)

1. 목재토류판(침엽수)

◎ 규격 : 150×100×1,950

◎ 작용하중

$$q = 0.2456 \cdot (2.0 \cdot H + 1.3) = 3.463 tonf/m^2$$

◎ q의 등분포하중이 작용할 때 최대 모멘트

$$M = \frac{ql^2}{8} = 1.731\ tonf \cdot m$$

; q = 작용하중, l = H-Beam 간격

◎ 1개의 단면계수

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{15 \times 10^3}{12} = 1250 cm^4$$

$$Z = \frac{I}{y} = \frac{1250}{5} = 250\ cm^3$$

◎ 단위폭(1.0m)당 단면계수

$$Z = 1.0/0.15 \times 250 = 1666.7 cm^3$$

◎ 응력검토

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{1.731 \times 10^5}{1666.7} = 103.89 \ < \ 105 kgf/cm^2 \qquad \therefore O.K$$

◎ 뒷채움 허용높이(H) : 6.4m

2. 목재토류판(활엽수)

◎ 규격 : 150×100×1,950

◎ 작용하중

$$q = 0.2456 \cdot (2.0 \cdot H + 1.3) = 4.495 tonf/m^2$$

◎ q의 등분포하중이 작용할 때 최대 모멘트

$$M = \frac{ql^2}{8} = 2.247 \ tonf \cdot m$$

; q = 작용하중, l = H-Beam 간격

◎ 1개의 단면계수

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{15 \times 10^3}{12} = 1250 cm^4$$

$$Z = \frac{I}{y} = \frac{1250}{5} = 250 \ cm^3$$

◎ 단위폭(1.0m)당 단면계수

$$Z = 1.0/0.15 \times 250 = 1,666.7 cm^3$$

◎ 응력검토

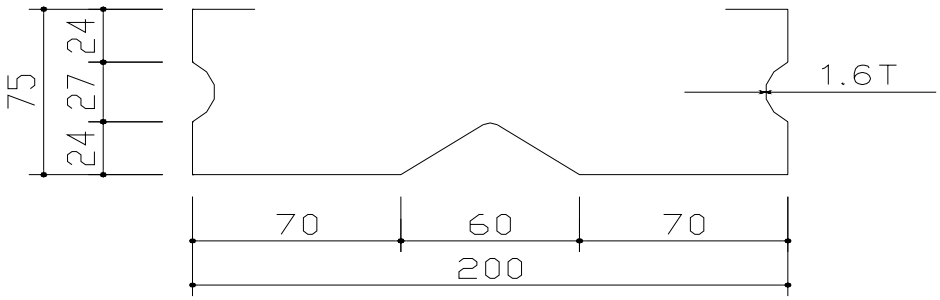
$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{2.247 \times 10^5}{1,666.7} = 134.83 \ < \ 135 kgf/cm^2 \qquad \therefore O.K$$

◎ 뒷채움 허용높이(H) : 8.5m

3. 강재토류판(각형;Steel Bar)

종 류		치 수			1매당 단면성능					1m당 단면성능				
		두 께	높이	중심축	단면적	중량	단면2차 모멘트	단면계수		단면적	중 량	단면2차 모멘트	단면계수	
		t mm	H mm	X cm	A cm	kg/m	Ix cm^4	+ Zex(㎤)	− Zex(㎤)	A ㎠/m	kg/㎡	Ix cm^4	+ Zex(㎤)	− Zex(㎤)
기본형 강재 토류판	150 Type	1.6	75	4.74	5.64	4.43	36.14	7.62	13.09	37.60	29.53	240.90	50.82	87.24
		1.8	75	4.74	6.33	4.97	40.30	8.50	14.60	42.22	33.16	268.65	56.68	97.34
		2.0	75	4.74	7.02	5.52	44.38	9.36	16.08	46.81	36.77	295.88	62.42	107.20
	200 Type	1.6	75	5.07	6.44	5.06	41.03	8.09	16.88	32.20	25.29	205.12	40.46	84.41
		1.8	75	5.07	7.23	5.68	45.76	9.03	18.83	36.16	28.40	228.80	45.13	94.16
		2.0	75	5.07	8.02	6.30	50.41	9.94	20.74	40.11	31.50	252.05	49.71	103.72
		2.3	75	5.065	9.20	7.23	57.23	11.30	23.50	46.00	36.13	286.15	56.50	117.52



◎ 규격 : 200×75×1.6×1,880

◎ 작용하중

$$q = 0.2456 \cdot (2.0 \cdot H + 1.3) = 1.498 tonf/m^2$$

◎ q의 등분포하중이 작용할 때 최대 모멘트

$$M = \frac{ql^2}{8} = 0.749\ tonf \cdot m$$

; q = 작용하중, l = H-Beam 간격

◎ 1개의 단면계수

$$Z = 8.09\ cm^3$$

◎ 단위폭(1.0m)당 단면계수

$$Z = 40.45 cm^3$$

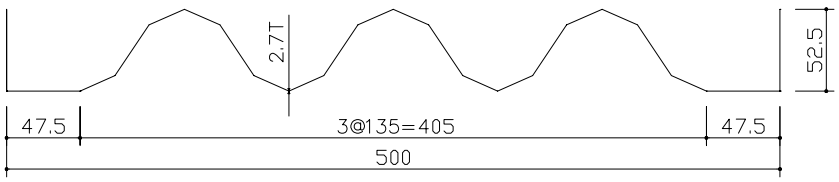
◎ 응력검토

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{0.749 \times 10^5}{40.45} = 1,851.87 \ < \ 2,000\ kgf/cm^2 \qquad \therefore O.K$$

◎ 뒷채움 허용높이(H) : 2.4m

4. 강재토류판(파형;Liner Plate)



◎ 규격 : 500×52.5×2.7×1,880

◎ 작용하중

$$q = 0.2456 \cdot (2.0 \cdot H + 1.3) = 2.923 tonf/m^2$$

◎ q의 등분포하중이 작용할 때 최대 모멘트

$$M = \frac{ql^2}{8} = 1.461\ tonf \cdot m$$

; q = 작용하중, l = H-Beam 간격

◎ 1개의 단면계수

$$Z = 45.98\ cm^3$$

◎ 단위폭(1.0m)당 단면계수

$$Z = 91.96 cm^3$$

◎ 응력검토

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{1.461 \times 10^5}{91.96} = 1,589.08 \ < \ 1,600\ kgf/cm^2 \qquad \therefore O.K$$

◎ 뒷채움 허용높이(H) : 5.3m

5. 합성수지(1)

◎ 규격 : 200×65×1,950

◎ 작용하중

$$q = 0.2456 \cdot (2.0 \cdot H + 1.3) = 3.02 tonf/m^2$$

◎ q의 등분포하중이 작용할 때 최대 모멘트

$$M=\frac{ql^2}{8}=1.436\,tonf\cdot m$$

; q = 작용하중, l = H-Beam 간격

◎ 1개의 단면계수

$$Z=140.83\,cm^3$$

◎ 단위폭(1.0m)당 단면계수

$$Z=704.17\,cm^3$$

◎ 응력검토

$$\sigma=\frac{M}{Z}$$

$$=\frac{1.436\times10^5}{704.17}=203.91\ <\ 207\,kgf/cm^2 \qquad \therefore O.K$$

◎ 뒷채움 허용높이(Z) : 5.5m

6. 합성수지(2)

◎ 규격 : 200×65×1,950

◎ 작용하중

$$q=0.2456\cdot(2.0\cdot H+1.3)=4.641\,tonf/m^2$$

◎ q의 등분포하중이 작용할 때 최대 모멘트

$$M=\frac{ql^2}{8}=2.206\ tonf\cdot m$$

; q = 작용하중, l = H-Beam 간격

◎ 1개의 단면계수

$$Z=213.33\ cm^3$$

◎ 단위폭(1.0m)당 단면계수

$$Z=1066.67\ cm^3$$

◎ 응력검토

$$\sigma=\frac{M}{Z}$$

$$=\frac{2.206\times10^5}{1066.67}=206.84\ <\ 207 kgf/cm^2 \qquad \therefore O.K$$

◎ 뒷채움 허용높이(Hh) : 8.8m

부록 Ⅱ-7 설계 예

1. 설계조건

◎ 사면경사각 : 1:0.5

◎ 계획절토고 : 50m

◎ 사용재료

- H-Pile : 250×250×9×14, $\sigma_a = 2,100\ kg/cm^2$

- 토류판 : 강재토류판(200×75×1.6×1,880)→각형(Steel Bar)

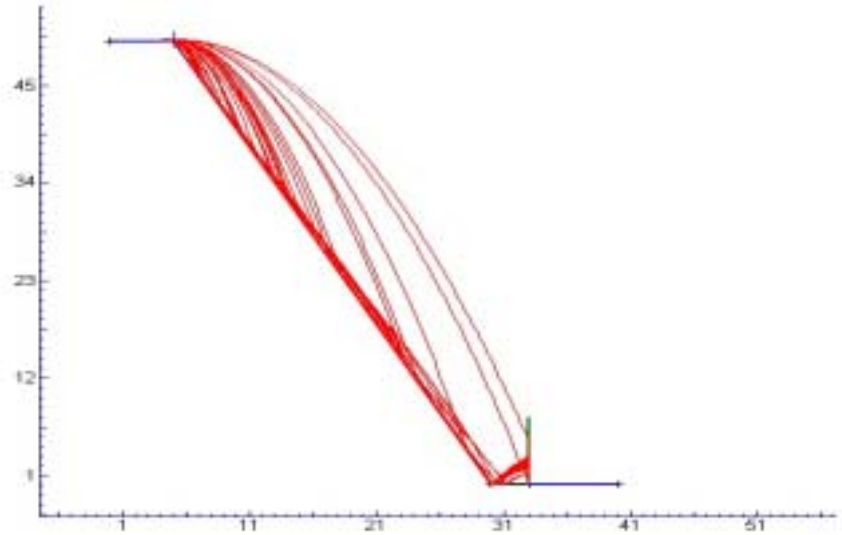
◎ 지반조건

- 원지반 : γ_t=2.0 t/m^3, ϕ=40°, c=0 t/m^2, N=40(사질토 지반)

- 배면지반 : γ_t=2.0 t/m^3, ϕ=35°, c=0 t/m^2

2. 암파쇄 방호시설 설치높이 검토

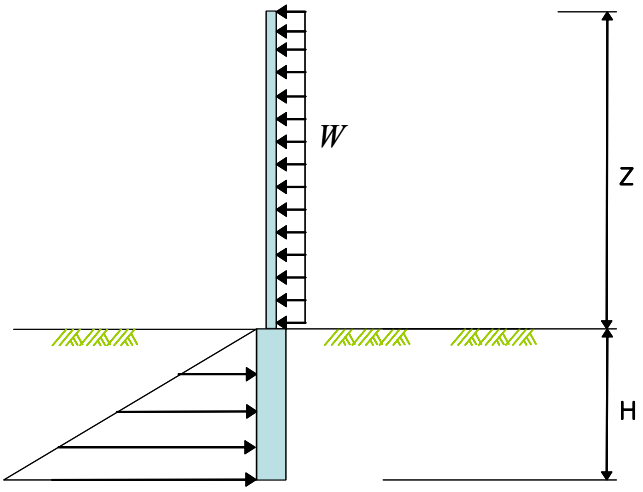
◎ 낙석모사시험(Rockfall Simulation)을 통해 적정 높이 검토



◎ 암파쇄 방호시설을 8m이상을 설치시 암파쇄로 인한 토석의 도로유입을 방지할 수 있음

3. 풍하중 검토

◎ 풍하중 해석 Model



$$p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_d^2 \cdot C_d \cdot G$$

ρ : 공기밀도(0.125 $kg \cdot s^2/m^4$)

v_d : 설계기준풍속(m/s), 감소계수 : 0.85

$$v_d = 1.925 \times \left(\frac{z_b}{z_G}\right)^{\alpha} V_{10}$$

$$= 1.925 \times \left(\frac{15}{700}\right)^{\alpha} (30 \times 0.85)$$

$$= 21.08 m/\sec$$

C_d : 항력계수(2.1)

G : 거스트계수(1.9)

$$p = \frac{1}{2} \cdot 0.125 \cdot 21.08^2 \cdot 2.1 \cdot 1.9$$

$$= 110.8\, kfg/m^2 = 0.1108\, tonf/m^2$$

◎ 전도모멘트

$$M_a = 0.1105 \times 3.0 \times 2.0 \times \left((1.5 + \left(\frac{3.0}{2} \right) \right) = 9.705\ tonf \cdot m$$

◎ 수동토압

$$K_a = \frac{\cos^2 \phi}{\left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin \phi}{\cos \delta}} \right\}^2}$$

$$= \frac{\cos^2 40}{\left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(40 + 23.3) \cdot \sin 40}{\cos 23.3}} \right\}^2}$$

$$= 7.928$$

- 근입깊이 1.5m 일 때

$$P_p = \gamma \cdot D \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} = 2.0 \times 1.5 \times 7.928 = 23.78\ tonf/m^2$$

※ F.S= 2.0 적용

$$P_p = \frac{23.78}{2} = 11.891\ tonf/m^2$$

- 근입깊이 2.0m 일 때

$$P_p = 2.0 \times 2.0 \times 7.928 \times 0.5 = 15.855\ tonf/m^2$$

- 근입깊이 2.5m 일 때

$$P_p = 2.0 \times 2.5 \times 7.928 \times 0.5 = 19.818\ tonf/m^2$$

- 근입깊이 3.0m 일 때

$$P_p = 2.0 \times 3.0 \times 7.928 \times 0.5 = 23.738 \ tonf/m^2$$

◎ 저항모멘트

- 근입깊이 1.5m 일 때

$$M_o = \frac{1}{2} \times 11.891 \times 1.5 \times \frac{1.5}{3} \times 1.2 = 5.351 \ ton \cdot m$$

- 근입깊이 2.0m 일 때

$$M_o = \frac{1}{2} \times 15.855 \times 2.0 \times \frac{2.0}{3} \times 1.2 = 12.648 \ ton \cdot m$$

- 근입깊이 2.5m 일 때

$$M_o = \frac{1}{2} \times 19.819 \times 2.5 \times \frac{2.5}{3} \times 1.2 = 24.773 \ ton \cdot m$$

- 근입깊이 3.0m 일 때

$$M_o = \frac{1}{2} \times 23.783 \times 3.0 \times \frac{3.0}{3} \times 1.2 = 42.809 \ ton \cdot m$$

◎ 안전율

근입깊이 (m)	전도모멘트 (t·m)	수동토압 (t/m^2)	저항모멘트 (t·m)	안전율 (F.S≥1.2)	비고
1.5	9.750	11.891	5.351	0.549	N.G
2	9.750	15.855	12.684	1.301	O.K
2.5	9.750	19.819	24.773	2.541	〃
3	9.750	23.783	42.809	4.390	〃

◎ 검토결과

암파쇄 방호시설을 8m로 설치할 경우 자립시에 풍하중에 대한 안정성 확보는 H-Pile을 2.0m 이상 근입시켰을 경우에 안정성이 확보된다. 따라서 추가로 실시하는 검토는 2.0m이상 근입된 경우에 한정하여 검토를 실시한다.

4. H-Pile 구조검토

부록 Ⅴ참조

5. 토류판 구조검토

◎ 강재토류판(각형; Steel Bar)

- 토류판에 발생하는 휨 모멘트

$$q_a = K_a \cdot (\gamma \cdot Z + q) = 1.498 \ tonf/m^2$$

; $K_a = 0.2456$, $\gamma = 2.0 \ tonf/m^3$, $q = 1.3 \ ton/m^2$, Z=2.4m(토류판의 허용응력과 비교하여 결정)

단순보에 q의 등분포 하중이 작용할 때 최대모멘트

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = 0.749 \ tonf \cdot m$$

- 응력검토

· 토류판 1개의 단면계수

$$Z = 8.09 \ cm^3$$

· 단위폭(1m)당 단면계수

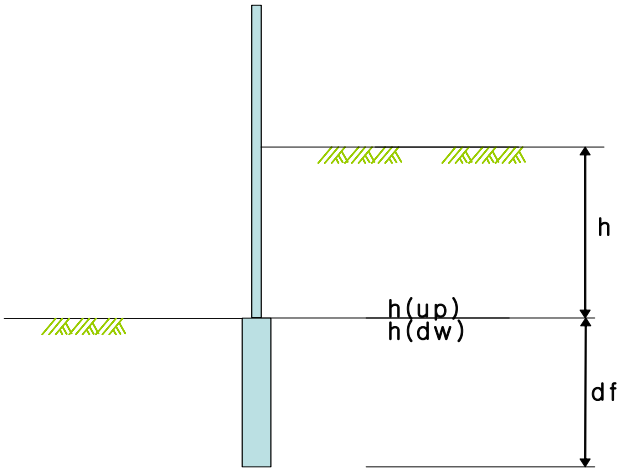
$$Z = 40.45 \ cm^3$$

· 응력검토

$$\sigma = M/Z = 1,851.87 \ kgf/cm^2 \ < \ 2,000 \ kg/cm^2 \quad \therefore \ O.K$$

6. 근입깊이에 따른 뒷채움 허용높이 검토

검토에 사용되는 Steer Bar(각형)토류판은 뒷채움 허용높이가 최대 2.4m까지 적용됨(재료의 허용응력 범위)



◎ 근입깊이 1.5m 일 때

근입깊이(df)	1.5m
성토높이(h)	1m
파일간격	2m
토압의 작용범위	플렌지폭의 1.2배

주동토압계수(Ka1)	0.245666408	
Ka2	0.196542797	
수동토압계수(Kp1)	7.927516708	
주동토압(tonf/m^2)	0m	0.245666408
	h(up)m	0.736999225
	h(dw)m	0.589628391
	df(m)	1.179256781
수동토압(tonf/m^2)	df(m)	23.78255012
	F.S/2	11.89127506
주동모멘트(tonf・m)	1	0.982665634
	2	0.900776831
	3	0.331649651
	4	0.464348676
	5	0.265332776
	ΣMo	3.319173091
수동모멘트(tonf・m)	Mr	5.351073778
	F.S(Mr/Mo)	1.817142695

위 계산과정과 같이 근입깊이와 뒷채움 높이를 변화시켜 기타 조건을 검토할 수 있음.

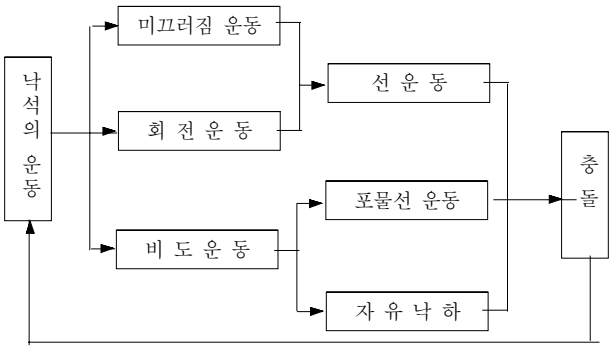
부록 Ⅲ. 낙석운동이론

부록 Ⅲ 낙석운동이론

1. 낙석운동

낙석 운동은 <그림 1-1>과 같이 분류된다.

낙석 운동은 미끄러짐 운동·회전 운동·비도 운동 등으로 분류되며, 그의 현상은 자유낙하·선운동·포물선운동으로 설명할 수 있기 때문에, 이들에 대한 기본식과 낙하 궤적에 대해서 부록Ⅲ에서 취급하고자 한다.



<그림 1-1> 낙석의 운동 분류

1.1 자유낙하운동

질량 m의 물체를 중력장에 있어서 낙하했을 때,

초속 없이 자유 낙하시킨 경우(g : 중력가속도)

낙하하는 속도 v는 $v = gt$

낙하하는 높이 h는 $h = \frac{1}{2} gt^2$

초속 v_0일 때, t 시간 후의 속도 v, 진행한 거리 s는

$v = v_0 + gt$

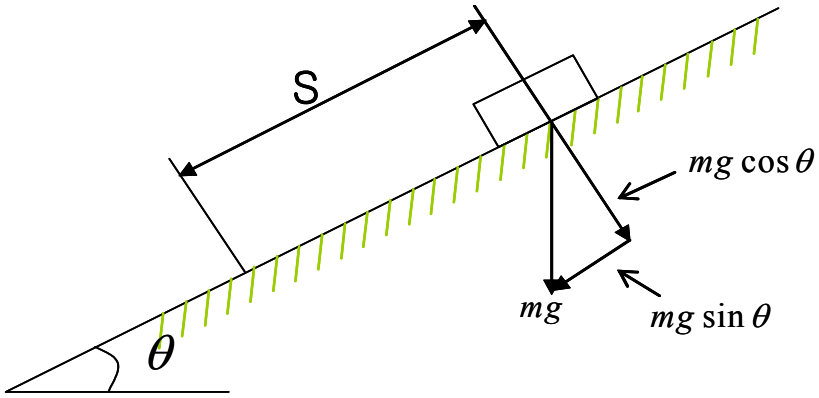
$s = v_0 t + \frac{1}{2} gt^2$

1.2 사면상의 미끄러짐 운동

θ : 사면 경사각

μ : 마찰 계수

s : 사거리



<그림 1-2>

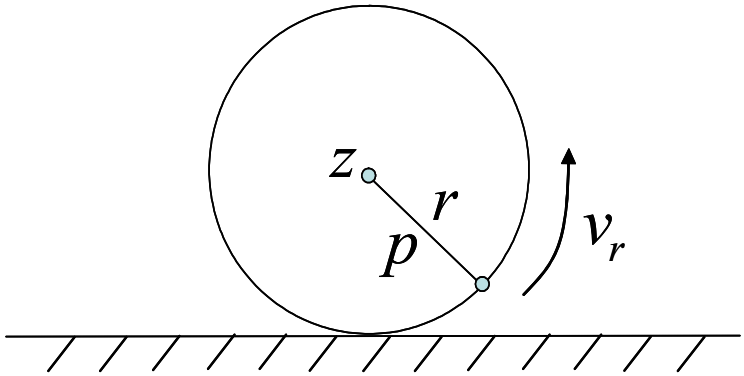
미끄러지기 시작하는 조건은 $\tan\theta > \mu$

사면을 따라 미끄러져 내리는 속도 $u = gt(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

사면을 따라 미끄러져 내리는 사거리 $s = -gt^2(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

1.3 회전 운동

고정축 Z를 가진 강체가 원운동을 할 경우, 강체의 1점 P에 m인 질량이 있다고 하면, P의 원운동의 반경이 r, 외주 속도 v는 $v = r\omega$(ω : 각속도), 운동량은 $mv = mr\omega$로 표현된다.



<그림 1-3>

직원통이 미끄러지지 않고 낙하할 경우

사면을 따라 미끄러져 내리는 속도 v_s는 $v_s = \frac{2}{3} gt\sin\theta$

사면을 따라 미끄러져 내리는 거리 s는 $s = \frac{1}{3} gt^2\sin\theta$

이때의 저항력 F는 $F = \frac{1}{3} mg\sin\theta$

다음으로 마찰력 F'가 $\frac{1}{3} mg\sin\theta$보다 작을 때는 이 물체는 미끄러짐을 동반한 회전을 하면서 낙하한다.

직원통이 미끄러지면서 낙하할 경우

사면을 따라 미끄러져 내리는 속도 v_s 는 $v_s = g\,t(\sin\theta - \mu\cos\theta)$

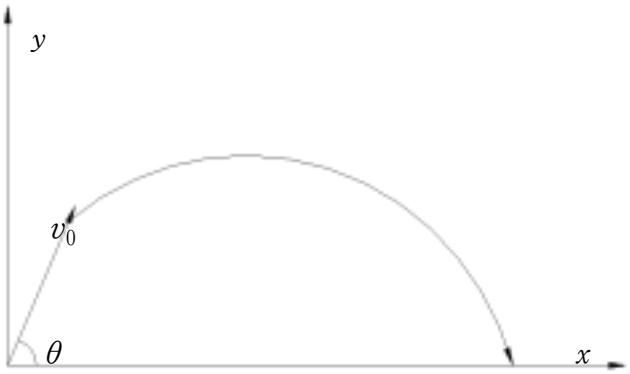
회전하는 속도 v_r은 $v_r = 2\,gt\mu\cos\theta$

사면과의 접점에서의 겉보기 속도 V는 $V = gt(\tan\theta - 3\mu)\cos\theta$

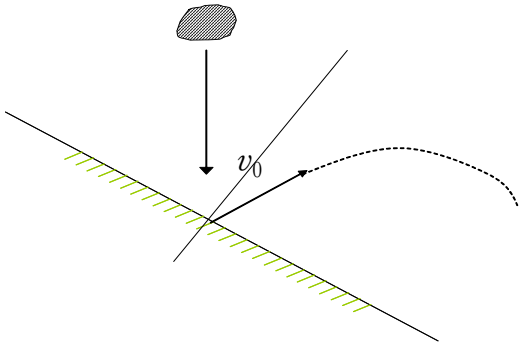
1.4 포물선 운동

초속 v_0로 θ인 각도로 쏘아올린 물체의 운동은 수평 방향에 x축, 연직 방향에

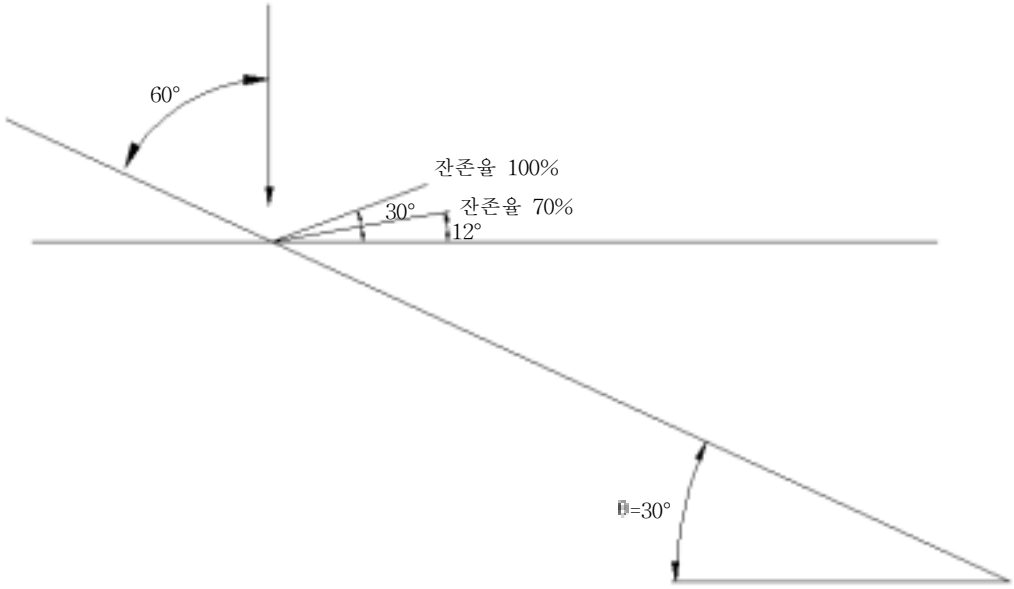
y 축으로 두면 지금, 어느 사면상에 돌이 약 10m의 높이로부터 낙하해서 $v_0 = 15\,\mathrm{m/s}$로 충돌하여 입사각에 대해서 100%, 70%의 반사각으로 튀어 나간 경우, 또한 입사 속도에 대해서 100%, 70%의 반사 속도로 튀어 나간 경우, 공기의 저항을 무시한 경우에서, 사면 경사각 30°일 때 낙석의 궤적을 앞의 식에 의해 계산하여 이것을 도시하면 <그림 1-6>과 같이 된다. 단, 속도 잔존 계수의 사면 및 낙석의 특성은 <그림 2-7>~<그림 2-8>에 있으며, 가정의 잔존률(70%)은 실태에 가까운 것을 알 수 있다.



<그림 1-4>



<그림 1-5>



<그림 1-6>

초속 v_0, 각도 θ로 쏘아올린 물체는

$\theta = \frac{\pi}{4}$ 일 때, 도달 거리가 최대로 되어 거리 l_{max}는 $\frac{v_o}{g}$

$\theta = \frac{\pi}{2}$ 일 때, 최고의 높이에 도달하고, 높이 h_{max}는 $\frac{v_0^2}{2g}$ 로 된다.

(5) 충돌 운동

Newton의 제3법칙으로부터 절점(節點)이 동일 직선상에 움직이고 있을 때, 충돌 전후에 대한 각 질점의 속도를 $v_1 \cdot v_2 : v_1' \cdot v_2'$로 하면 운동량은 불변이기 때문에

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \tag{1.1}$$

로 된다.

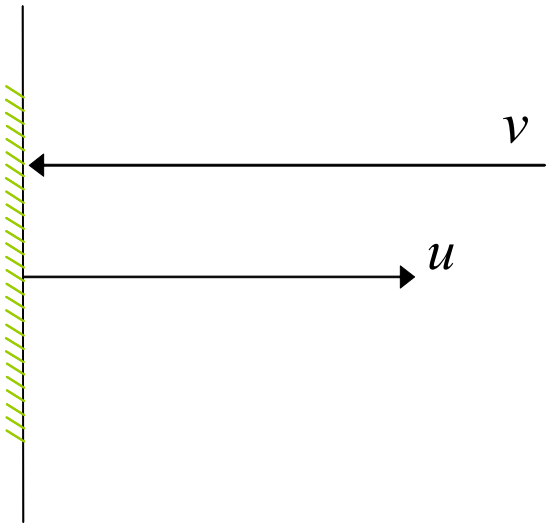
한편, 충돌 전후의 운동 에너지에 변화가 없는 것으로부터

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 (v_1')^2 + m_2 (v_2')^2 \tag{1.2}$$

로 되어 식(1.1), (1.2)로부터

$$v_2' - v_1' = v_1 - v_2 = -(v_2 - v_1) \tag{1.3}$$

을 얻는다.



<그림 1-7>

실제 충돌에서는 상대 속도가 변화하고 그의 비율 e는

$$e=\frac{v_2'-v_1'}{v_1-v_2} \tag{1.4}$$

로 된다. 이 e를 반발계수라고 하며,

$e = 1$ -------- 탄성 충돌

$0 \le e < 1$ ----- 비탄성 충돌

라고 한다. 식(1.4)로부터 $v_2'-v_1' = -e(v_2-v_1)$

$$\therefore \quad v_1'=v_1+\frac{m_2(1+e)}{m_1+m_2}(v_2-v_1)$$

$$v_2'=v_2-\frac{m_1(1+e)}{m_1+m_2}(v_2-v_1)$$

$$e=-\frac{u}{v} \qquad \begin{matrix}\rightarrow\infty\leftarrow \\ - \uparrow - \\ u \text{ 충돌 } u'\end{matrix} \qquad -\frac{u+u'}{v+v'}=e$$

또한 물체를 수직으로 평면에 떨어뜨렸을 때, 그의 튀어 오른 높이를 측정한 예를

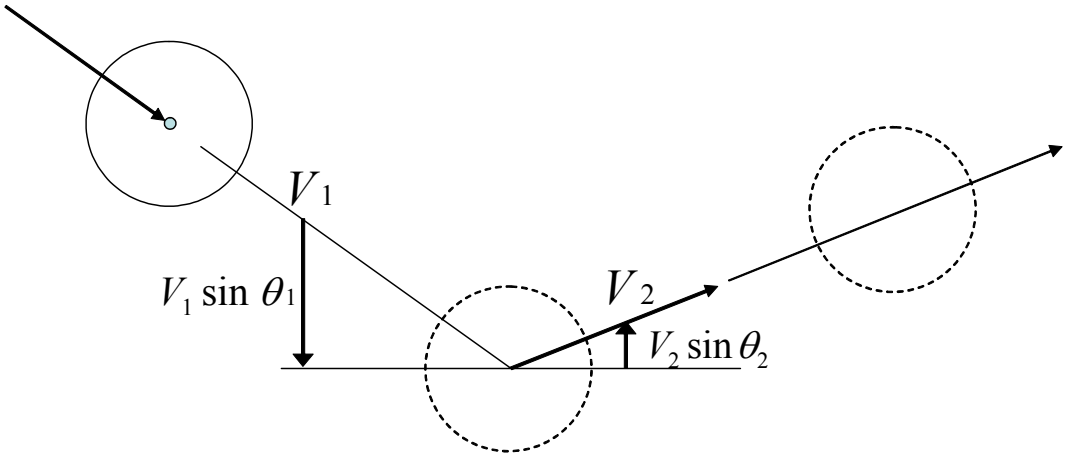
들어보면 <표 1-1>과 같다. 이 경우 낙하 높이는 1.0 m이다.

<표 1-1>

충돌면 / 낙하체	두께 0.10 m 콘크리트 판	두께 0.10 m 정도 자연석	비 고
강 구 (대)	18 cm	67 cm	직경 20mm, 중량 32.58g, 비중 7.778
강 구 (소)	23 cm	72 cm	직경 11mm, 중량 5.41g, 비중 7.773
나무 공	22 cm	23 cm	직경 20.3mm, 중량 2.68g, 비중 0.583
자연석 (화강암)	18 cm	53 cm	평균직경 17.63mm, 중량 7.37g, 비중 2.569
비 고	schmidt hammer에 의한 강도 60~180 kg/cm^2	schmidt hammer에 의한 강도 740 kg/cm^2 정도	

즉, 충돌 면의 강도가 반발 정도에 상당한 영향을 미친다. 통상, 자연 사면(암반)과 낙석과의 충돌을 생각할 경우, <표 1-1>의 낙하체가 돌, 충돌면이 자연석일 때 0.53이란 값이 실제 설계 값에 가까운 값으로 생각하여도 된다.

Ibara댐의 낙석 실험 현장 측정에서는 반발계수가 0.6 정도로 되어 있다.



<그림 1-8>

낙석이 비도 운동을 하고 사면과 충돌하여 다시 튀어 오른 경우에 있어서

입사 각도 : θ_1, 입사 속도 : V_1 으로 돌입하여, 반사 각도 : θ_2, 반사 속도 : V_2 였다고 하면, 이 때의 반발계수 e는

$$e=\frac{V_2\sin\theta_2}{V_1\sin\theta_1}$$

또한, 이때의 속도 에너지비율 γ는

$$\gamma=\frac{\frac{1}{2}mV_2^2}{\frac{1}{2}mV_1^2}=\frac{V_2^2}{V_1^2}$$

로 표시된다.

2. 낙석의 운동 에너지

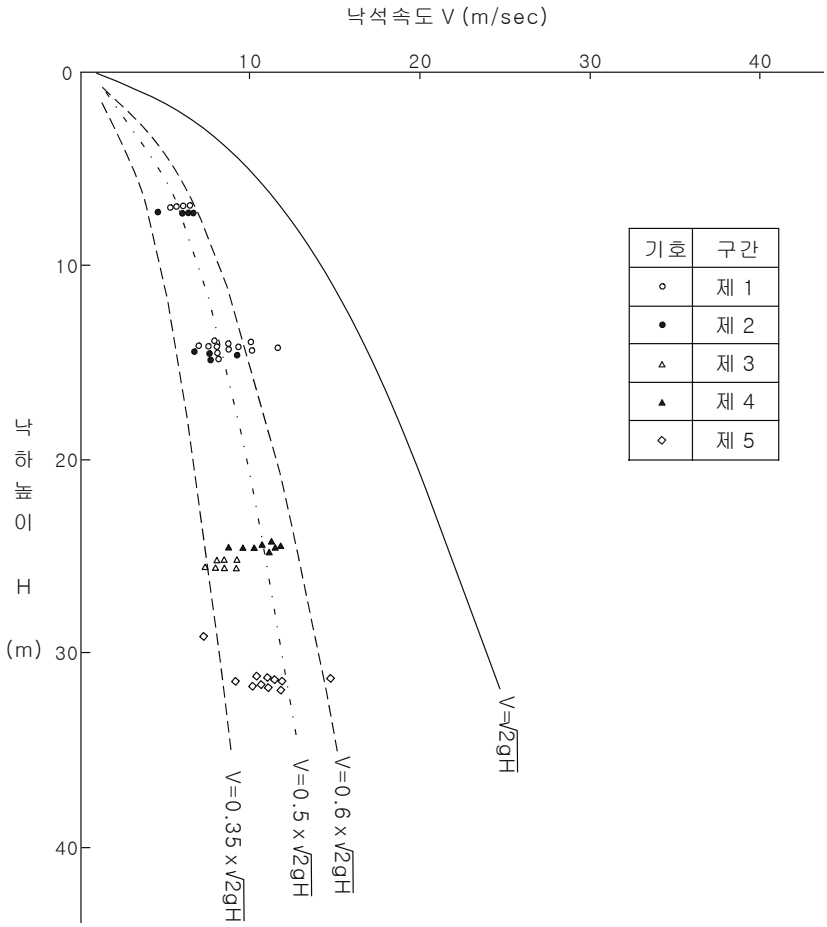
2.1 낙석 속도의 추정

과거 실시된 낙석 실험의 측정 결과를 정리하여 낙석 속도 추정을 한다. 이 실험 결과로부터 낙석 속도와 낙하고의 관계를 <그림 2-1>~<그림 2-6>에 제시하였다. 또한 각지의 사면 특성을 <표 1-2>에 제시하였다. 그림에 보인바와 같이 측정된 낙하 속도와 자유 낙하 속도와의 관계는 다음과 같다.

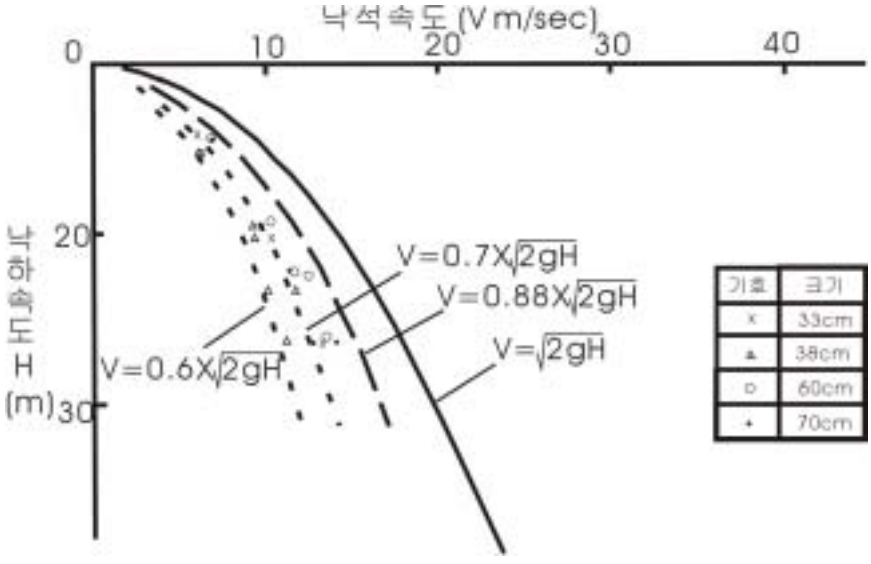
$$V=\alpha\sqrt{2gH} \qquad (2.1)$$

여기서, $\sqrt{2gH}$: 자유 낙석 속도(m/s), V : 측정된 낙석 속도(m/s)

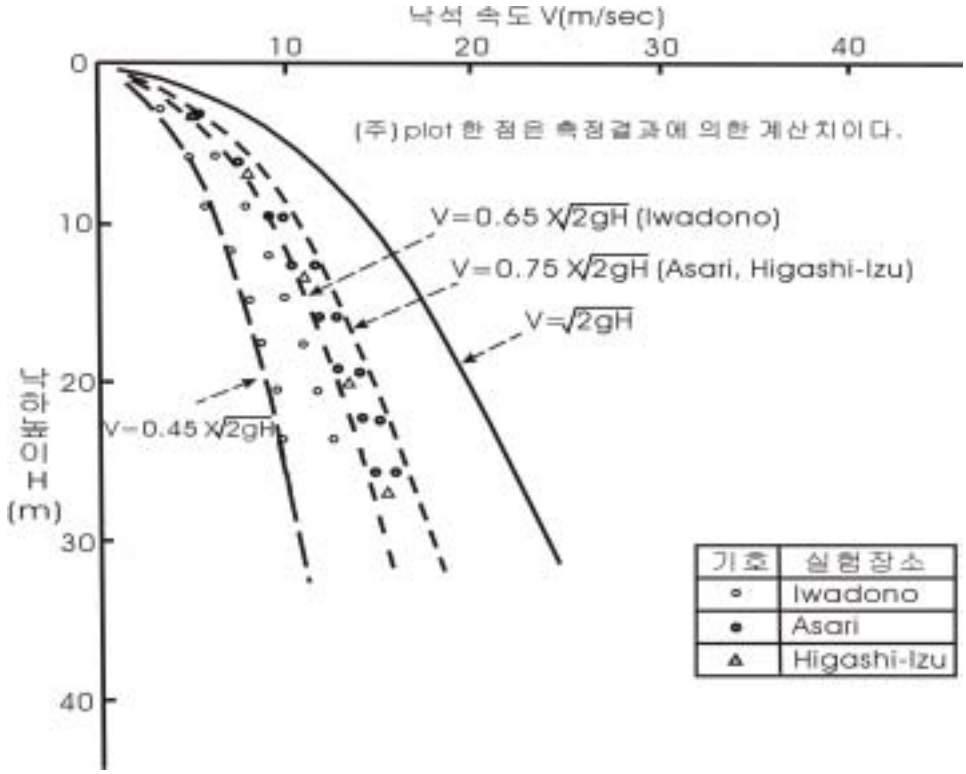
α : 잔존 계수, H : 낙하고(m)



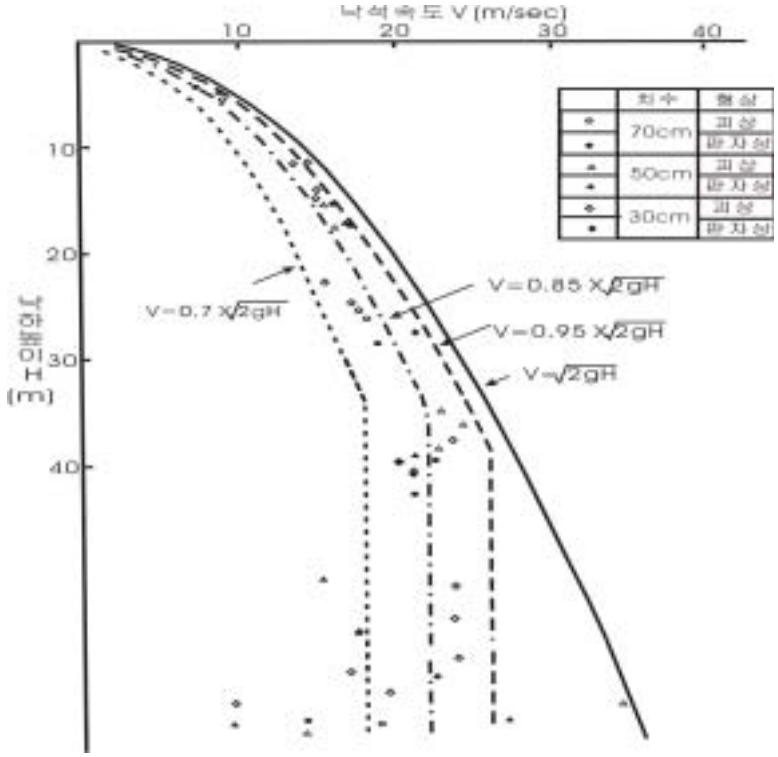
<그림 2-1> 속도 분포도(Raiden-Misaki)



<그림 2-2> 속도 분포도(Kobe)



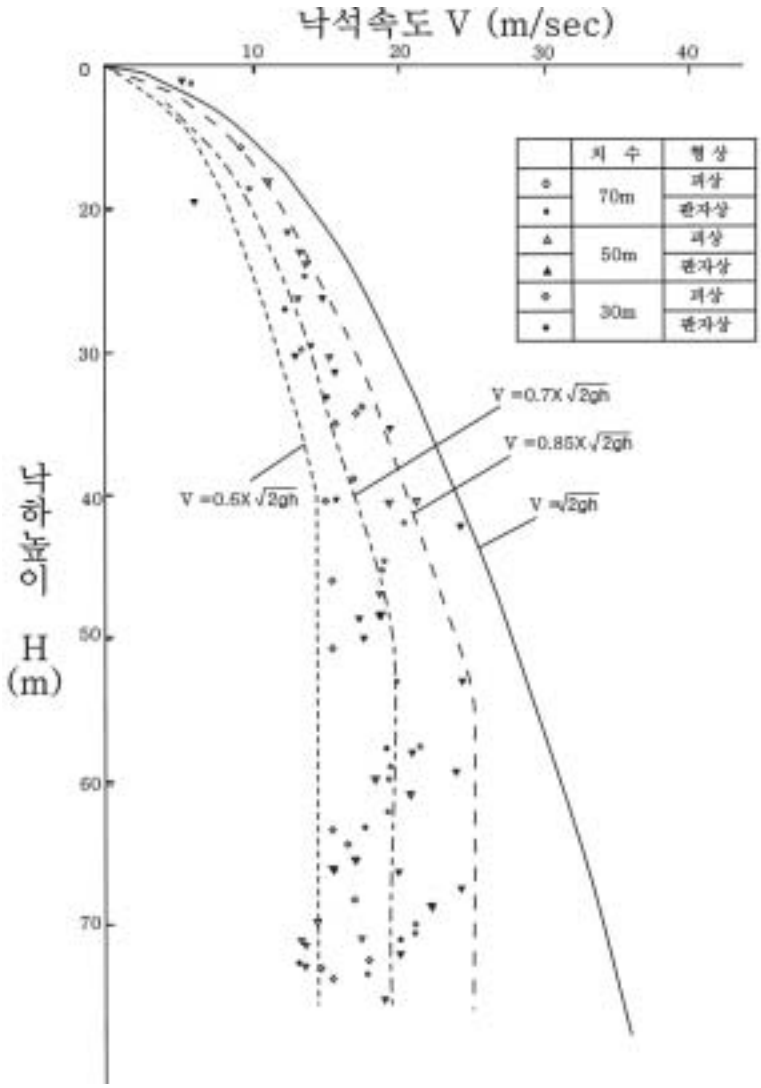
<그림 2-3> 속도 분포도(Iwadono, Asari, Higashi-Izu)



<그림 2-4> 속도 분포도(Ibara A 사면)

설계시의 α값은 측정치의 상한에 대해 구할 필요가 있으며, 이 값은 위의 그림에 기입하였다.

다음으로 이 잔존계수 α와 낙하 속도의 관계를 비교한 것이 <그림 2-7>이다.



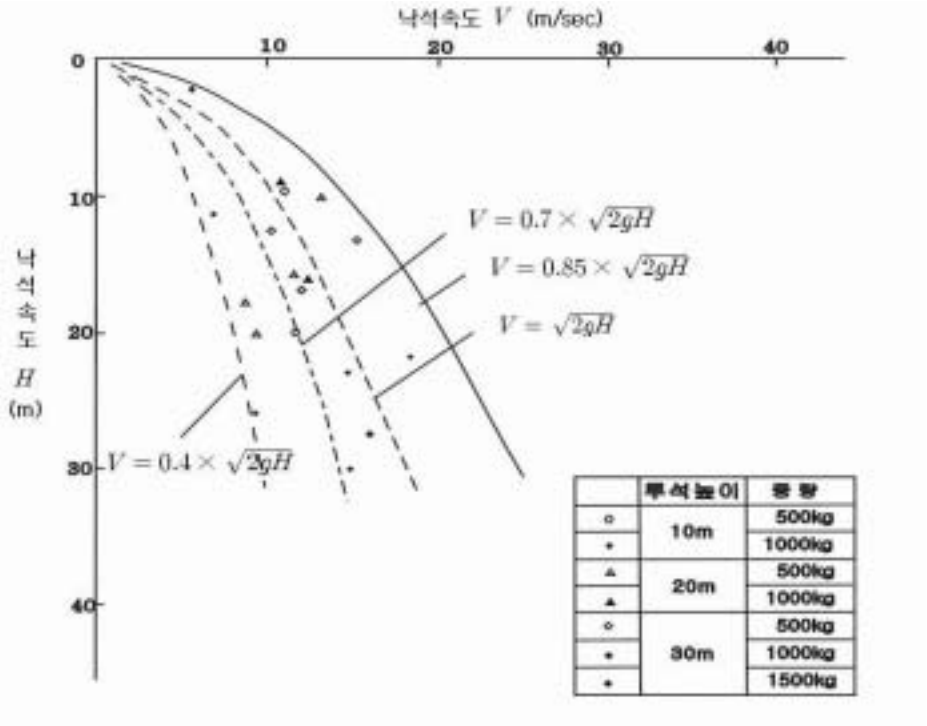
<그림 2-5> 속도 분포도(Ibara B 사면)

<표 2-2>에 α값을 정리하였다. 또한 <그림 2-8>은 사면의 경사 및 그 외 사면 특성의 대비이다. 이들의 도표에 의하면 α 값은 사면의 경사에 영향을 받는 경우는 적고 사면의 토질, 암질, 사면의 요철 및 낙석 형상에 영향을 받게 된다.

따라서 α를 경사(θ°)에 관계가 없는 값으로 변환할 필요가 있다. 이 값으로 낙석의

등가마찰계수(μ_1)를 구하고

$$m\frac{d^2s}{dt^2} = mg\sin\theta - \mu_1(mg\cos\theta) \tag{2.2}$$



<그림 2-6> 속도 분포도(Aigi)

$$V = \frac{ds}{dt} = g(\sin\theta - \mu_1\cos\theta)\,t \tag{2.3}$$

$t_1 = 0$, $V = 0$로 하면

$$s = \frac{1}{2}\,g(\sin\theta - \mu_1\cos\theta)\,t^2 \tag{2.4}$$

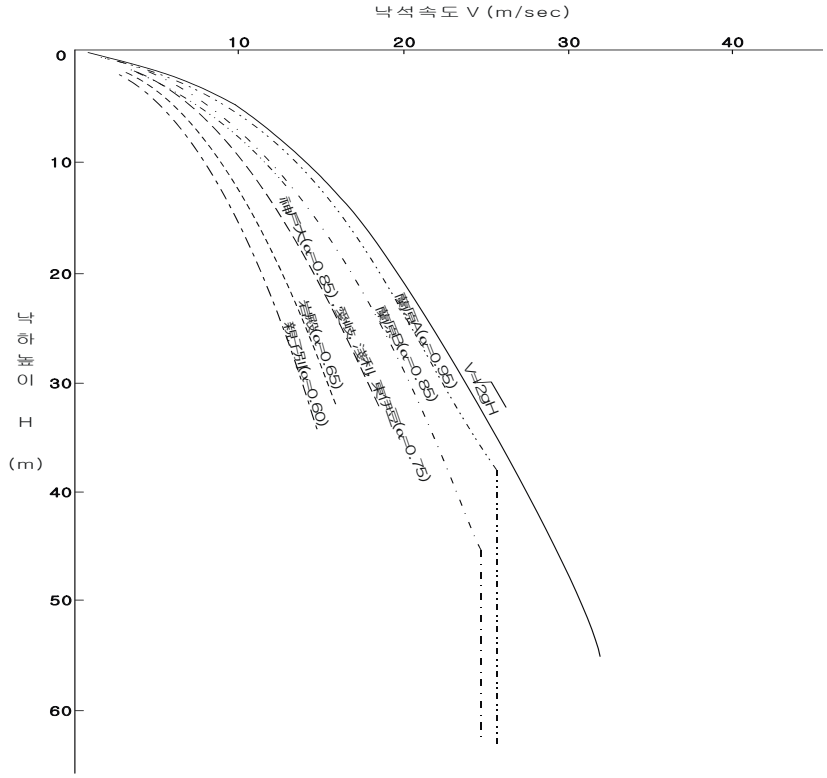
식(2.3) 및 (2.4)로부터 t를 소거하면

$$t = \frac{V}{g(\sin\theta - \mu_1 \cos\theta)}$$

$$s = \frac{1}{2} g(\sin\theta - \mu_1 \cos\theta) \times \frac{V^2}{\{g(\sin\theta - \mu_1 \cos\theta)\}^2}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V^2}{g(\sin\theta - \mu_1 \cos\theta)} \quad (2.5)$$

$$\therefore \quad \mu_1 = \tan\theta - \frac{V^2}{2gs\cos\theta} \quad (2.6)$$



<그림 2-7> 속도 분포의 상한치의 비교

식(2.6)에 식(2.1)를 대입하면

$$\mu_1 = \tan\theta - \frac{\alpha^2 2gH}{2gs\cos\theta} \qquad \frac{H}{s} = \sin\theta \text{ 이므로}$$

$$= \tan\theta - \frac{\alpha^2 \sin\theta}{\cos\theta} = \tan\theta(1-\alpha^2) \quad (2.7)$$

단, m : 낙석의 질량

g : 중력 가속도(9.8m/sec^2)

θ : 사면 경사(°)

t : 낙하후의 시간(sec)

V : 낙석 속도(m/s)

s : 낙석 출발후의 사면 방향 거리(m)

H : 낙석 낙차(m)----($H = s \cdot \sin\theta$)

μ_1 : 낙석의 등가마찰계수

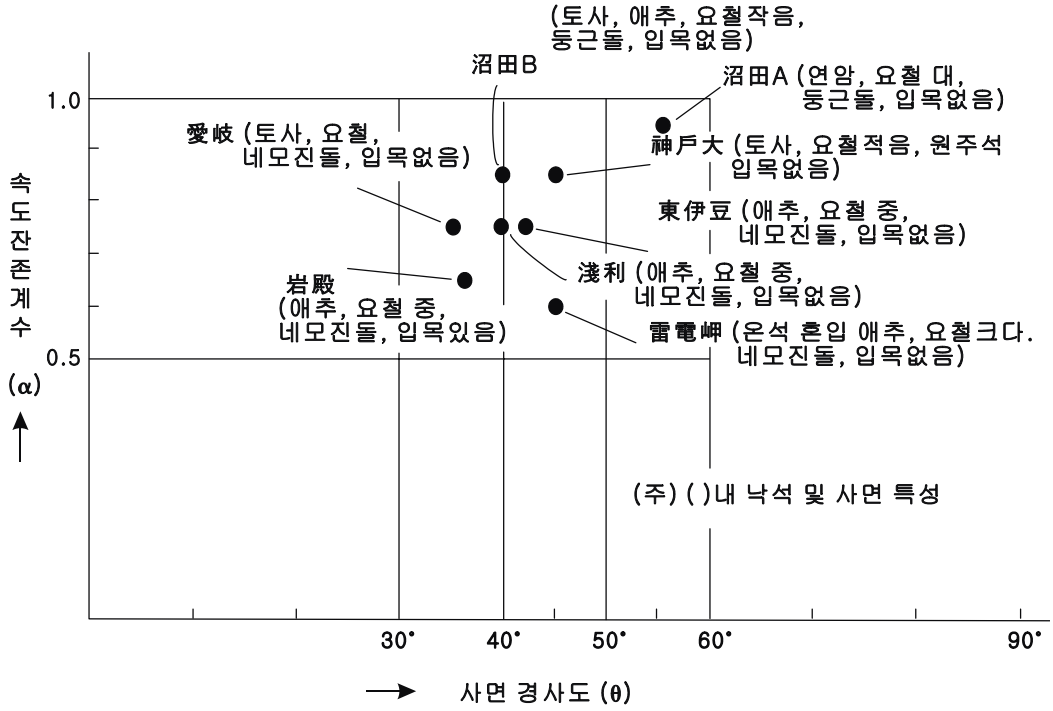
α : 낙석의 속도잔존계수

<표 2.1> 낙석 현상 측정결과 일람

지 명	사 면 특 질					낙석 특성		운동 특성치				비고
	암질 토질	입 목	경 도	요 철	(Ⅱ) 경사면	형 상	석 질	1) μ_{max}	2) α_{max}	3) e	4) r	
雷電岬	전석 혼입 폐석	무	-	대	38~47° (43)	네모진 모양	자연석	0.60	0.60	-	-	1) μ_1 : 등가 마찰계수 2) α : 속도잔존계슈 3) e : 반발계수 4) r : 속도에너지 비율 $= \frac{V_2^2}{V_1^2}$ V_1: 충돌전 속도 V_2 : 충돌후 속도 1) (주) $\mu = (1-\alpha^2)\tan\theta$
神戶		무	-	소	45°	원 주	인공석	0.28	0.85	0.4~0.6 (0.5)	-	
岩殿		유	-	중	36°	(네모진 모양)	자연석	0.42	0.65	-	-	
淺利橋		무	-	중	40°	〃	〃	0.37	0.75	-	-	
東伊豆		유	-	중	42°	〃	〃	0.39	0.75	-	0.2~0.7 (0.45)	
薗原 A		무 (벌 채)	schmidt hammer 450±90 (kg/cm^2)	대	55°	둥근 모양	하상석	0.15	0.95	0.48±0.26	0.53±0.22	
薗原 B		동 상	Yamanaka식 4±2 (mm)	소	40°	〃	〃	0.23	0.85	0.52±0.31	0.53±0.21	
愛岐		동 상	Yamanaka식 12±3 (mm)	중	27~35° (32)	네모진 모양	자연석	0.27	0.75	0.25~0.80 (0.50)	0.20~0.70 (0.45)	

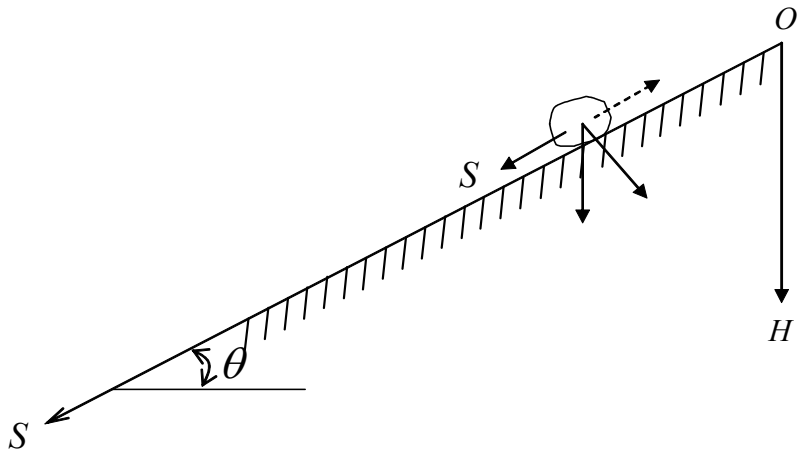
<표 2-2> 낙석 현상 측정결과 일람

지 명	사면 특질					낙석 특성		운동 특성치				비고
	암질 토질	입 목	경 도	요 철	(甲) 경사면	형 상	석 질	1) μ_{max}	2) α_{max}	3) e	4) r	
雷電岬	전석 혼입 폐석	무	-	대	38~47° (43)	네모진 모양	자연석	0.60	0.60	-	-	1) μ_1 : 등가 마찰계수 2) α : 속도잔존계슈 3) e : 반발계수 4) r : 속도에너지 비율 $=\frac{V_2^2}{V_1^2}$ V_1: 충돌전 속도 V_2 : 충돌후 속도 1) (주) $\mu=(1-\alpha^2)\tan\theta$
神戶		무	-	소	45°	원 주	인공석	0.28	0.85	0.4~0.6 (0.5)	-	
岩殿		유	-	중	36°	(네모진 모양)	자연석	0.42	0.65	-	-	
淺利橋		무	-	중	40°	〃	〃	0.37	0.75	-	-	
東伊豆		유	-	중	42°	〃	〃	0.39	0.75	-	0.2~0.7 (0.45)	
蘭原 A		무 (벌 채)	schmidt hammer 450±90 (kg/cm^2)	대	55°	둥근 모양	하상석	0.15	0.95	0.48±0.26	0.53±0.22	
蘭原 B		동 상	Yamanaka식 4±2 (mm)	소	40°	〃	〃	0.23	0.85	0.52±0.31	0.53±0.21	
愛岐		동 상	Yamanaka식 12±3 (mm)	중	27~35° (32)	네모진 모양	자연석	0.27	0.75	0.25~0.80 (0.50)	0.20~0.70 (0.45)	



<그림 2-8> 속도 잔존계수(α)의 사면 및 낙석의 특성

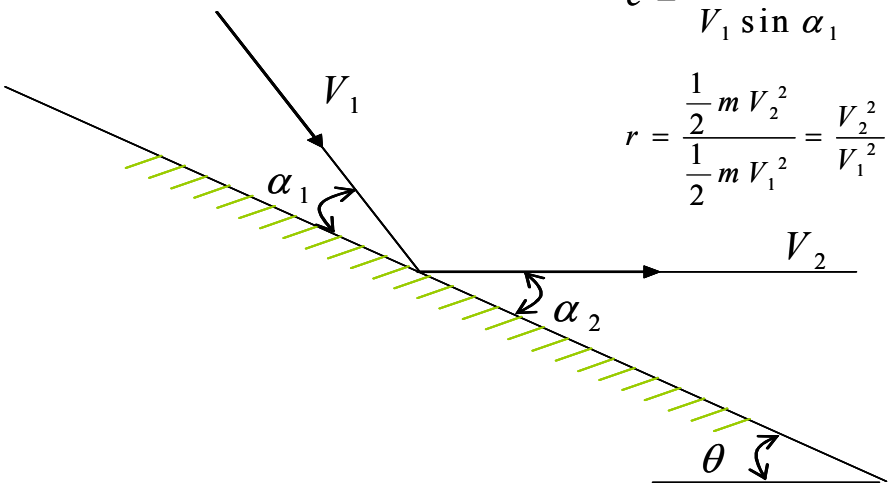
식(2.7)에 의해 α, θ를 사용한 μ_1의 값을 <표 2-2>에 제시한다. 단, 낙석의 사면 충돌에 의한 반발계수(e) 및 속도 에너지 비(γ)에 대해서는 1장에 의한 실험에서 구한 값도 같이 <표 2.2>에 기입했다.



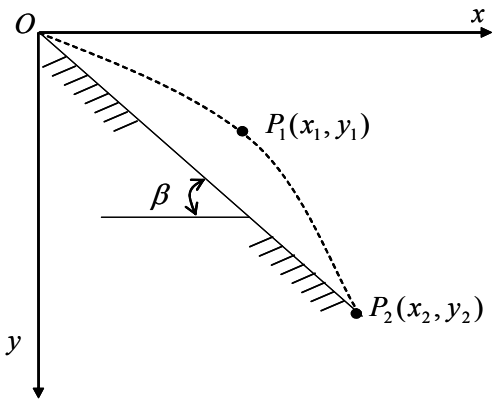
<그림 2-9>

$$e = \frac{V_2 \sin \alpha_2}{V_1 \sin \alpha_1}$$

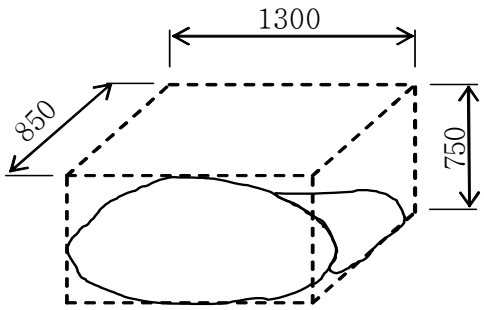
$$r = \frac{\frac{1}{2} m V_2^2}{\frac{1}{2} m V_1^2} = \frac{V_2^2}{V_1^2}$$



<그림 2-10>



<그림 2-11>



<그림 2-12>

다음으로 이 관계를 하나의 실시 예로부터 설명하도록 한다(낙석 형상도 <그림 2-12>, 사면 상황도 <그림 2-13>, 낙석 흔적도 <그림 2-13>).

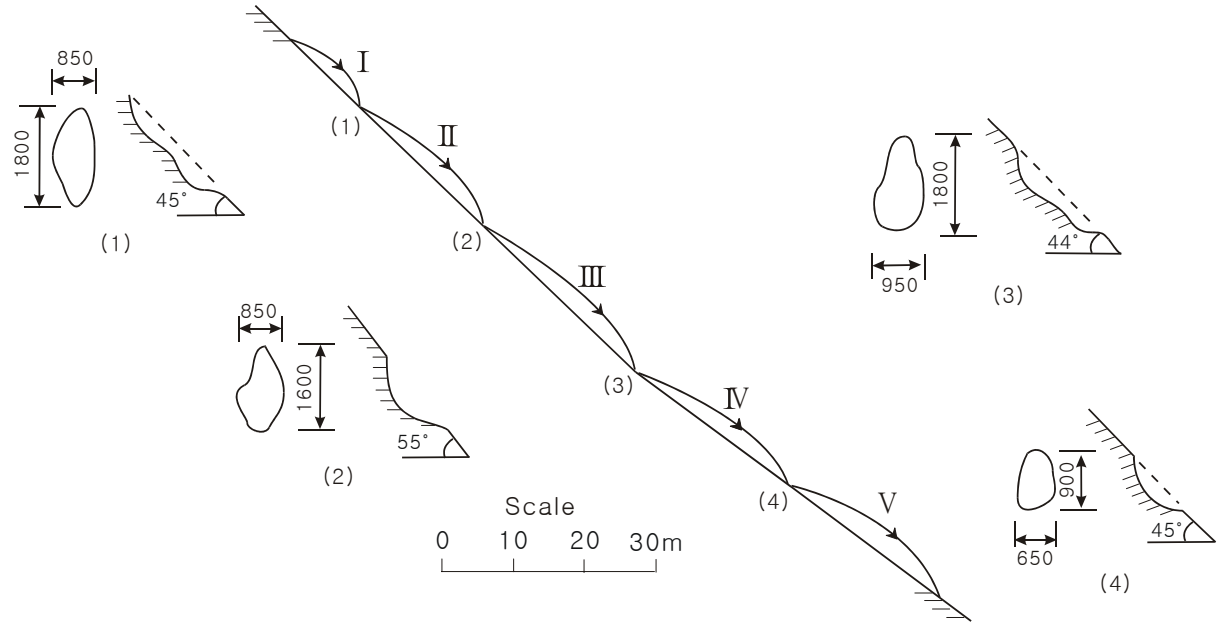
<그림 2-10>에 있어서 0점에서 공기 중에 튀어 오른 돌이 점선의 경로로 날아가고 P_1점을 거쳐 P_2점에서 다시 지상에 낙하한다. 돌의 중심의 위치 x, y는 공기저항을 무시하면 앞에서도 언급한 바와 같이

$$x = u_0 t \tag{2.8}$$

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \tag{2.9}$$

여기서 u_0, v_0는 <그림 2-13>에서의 각각 x, y 방향의 속도이다.

식(2.8), (2.9)으로부터



<그림 2-13> 낙석의 비행경로와 흔적 (흔적의 단위 mm)

$$y = \frac{v_0}{u_0} x + \frac{g}{2u_0^2} x^2 \tag{2.10}$$

$(x = x_1,\ y = y_1)$, $(x = x_2,\ y = y_2)$를 넣고 정리하면

$$u_0 = \sqrt{\frac{g x_1 x_2 (x_2 - x_1)}{2(x_1 y_2 - x_2 y_1)}} \tag{2.11}$$

$$v_0 = \frac{y_1 x_2^2 - y_2 x_1^2}{x_1 x_2 (x_2 - x_1)}\ u_0 \tag{2.12}$$

(x^1, y^1)은 수목에 나타난 흔적, $(x^2,\ y^2)$는 지면에 나타난 흔적으로부터 그 위치가 구해진다. 실측 결과는 <표 2-3>이며, 이것으로부터 계산한 결과가 <표 2-13>이다.

또한 이것을 그림으로 나타낸 것이 <그림 2-14>이다.

<표 2-3> 실측 결과(그림 2-11, 2-13 참조)

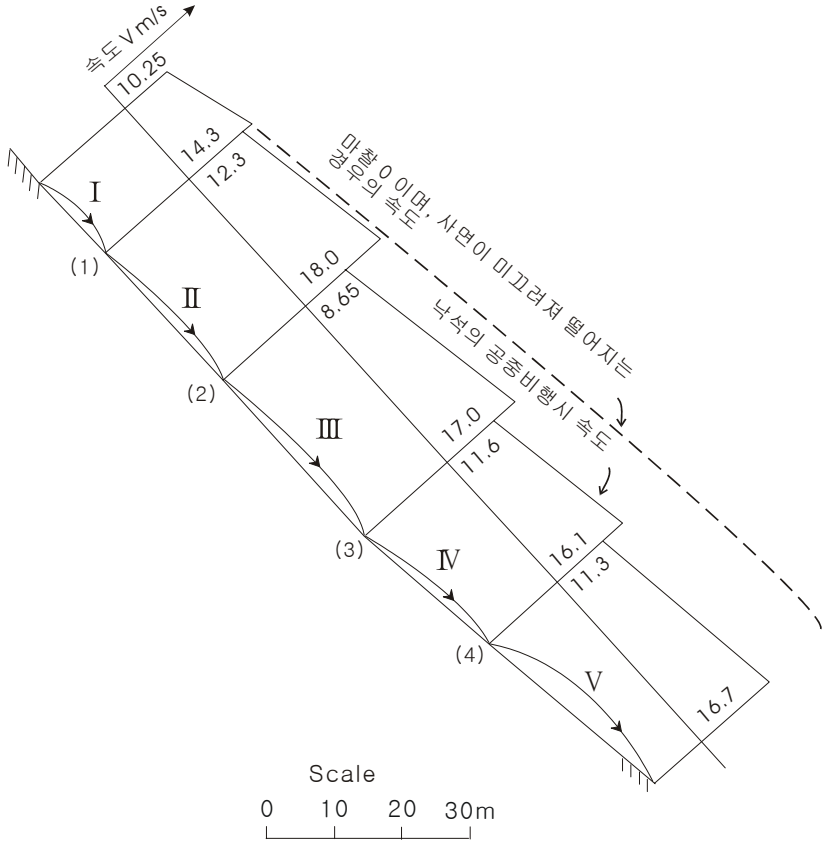
	x_1	y_1	x_2	y_2	*흔적이 없으므로 $\mu_0 = 1.5\, v_0$ 로 계산
Ⅰ*			5.5	5.5	
Ⅱ	4.6	3.8	8.5	8.5	
Ⅲ	8.2	6.6	11.0	11.0	
Ⅳ	2.0	0.8	9.6	7.0	
Ⅴ	10.0	7.5	12.0	10.0	단위 : mm

<표 2-4>의 V_0^2,V_2^2는 에너지의 크기에 비례하는 양이다. 낙하 흔적의 어느 점에서 일어나는 에너지의 유지되는 비율은 V_0^2/V_2^2로 나타낼 수가 있다. <표 2-5>, <그림-2.15>는 이들 관계를 도시한 것이다.

<표 2-4> 계산 결과(초속 u_0, v_0, V_0, 낙하시 속도 u_2, v_2, V_2)

	u_0	v_0	V_0	V_0^2	u_2	v_2	V_2	V_2^2
Ⅰ	8.56	5.71	10.25	105.7	8.56	11.43	14.3	204
Ⅱ	10.56	6.40	12.30	151.0	10.50	14.60	18.0	323
Ⅲ	8.40	2.05	8.65	74.7	8.40	14.75	17.0	287.5
Ⅳ	10.65	3.32	11.10	124.0	10.65	12.13	16.1	260
Ⅴ	10.85	3.62	11.30	128.0	10.85	12.65	16.7	278

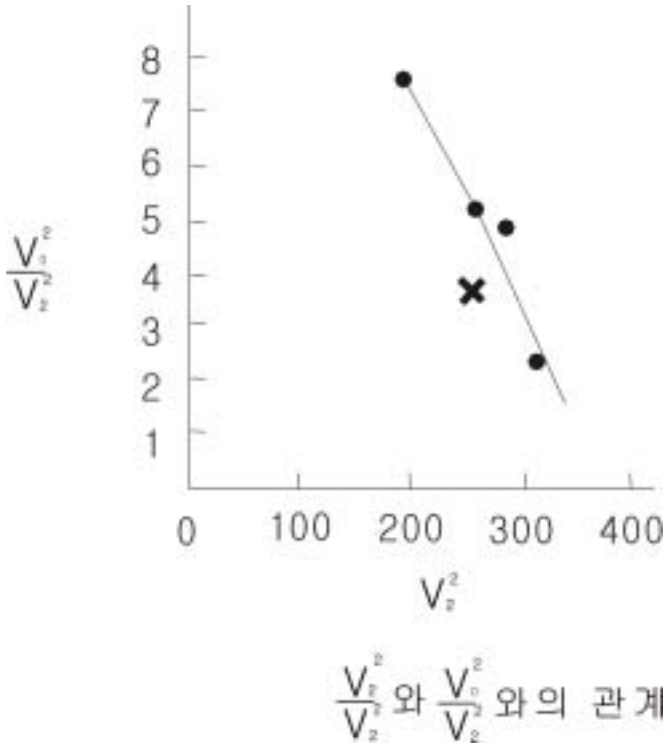
(주) 속도의 단위(m/sec)



<그림 2-14> 낙석의 속도

<표 2-5>

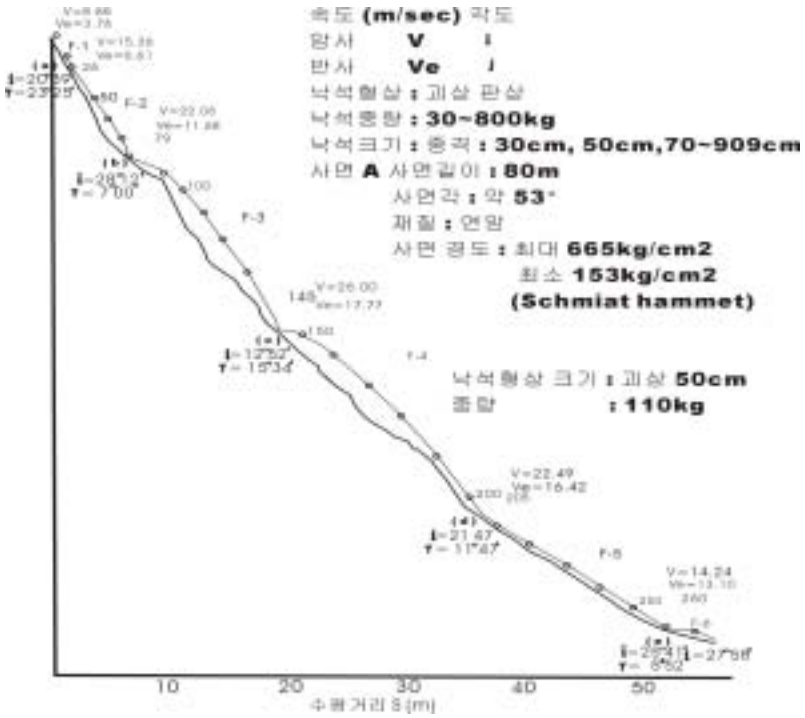
흔 적	착지 전 V_2^2	착지 후 발진 시 V_0^2	V_0^2/V_2^2
1	204	151	0.74
2	323	75	0.232
3	288	124	0.43
4	260	128	0.49



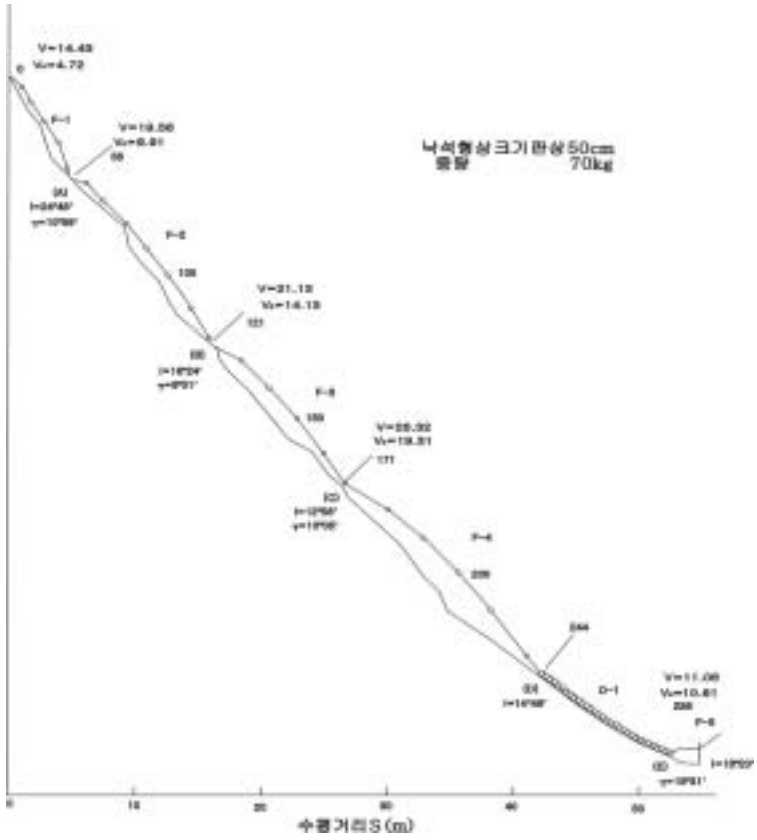
<그림 2-15>

<그림 2-15>로부터 V_2^2가 크면 에너지 손실도 크게 된다. 충돌시의 에너지는 $1/2 \cdot mV_2^2$이 되지만, 이 크기에 따라 흙에 패인 구멍 크기가 변화하고, 그것이 에너지 손실에 연결된다고 생각된다. 착지점에서 지표면과 돌의 비행 방향과 이루는 각도는 흔적 2에서 10°, 3에서 20°, 4에서 15°가 된다.

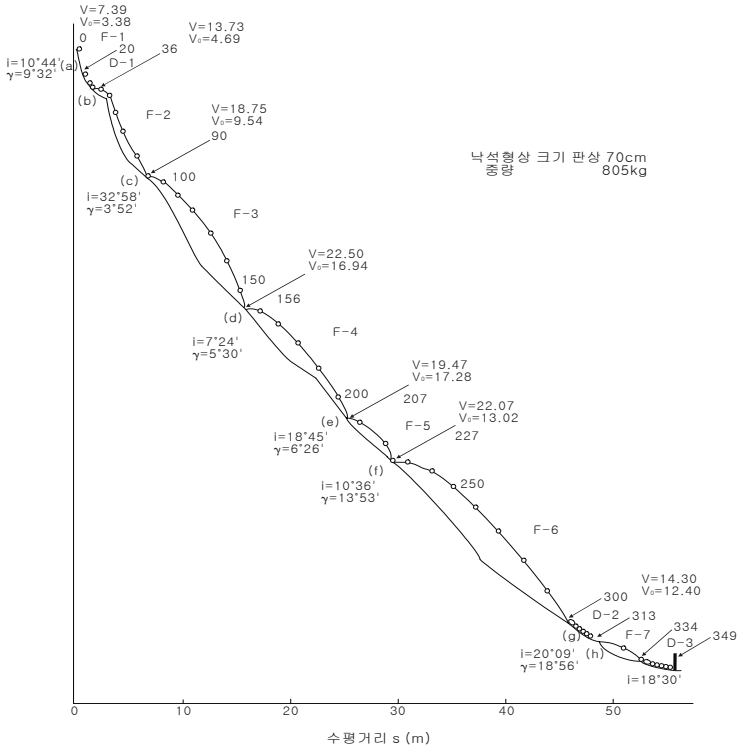
Gunma-ken Ibara 지구에서 일본도로공단이 실시한 낙석 실험의 A사면(연암), B사면(토사 및 애추)의 낙석 실험 결과 일부를 참고로 <그림 2-16>~<그림 2-23>에 제시하였다.



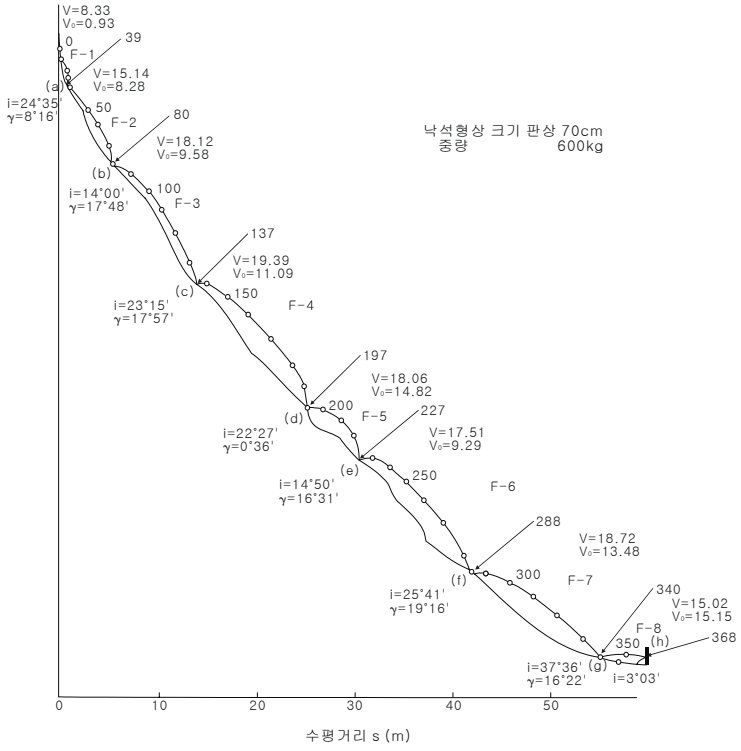
<그림 2-16> 낙석실험 궤적단면도 (A-6)



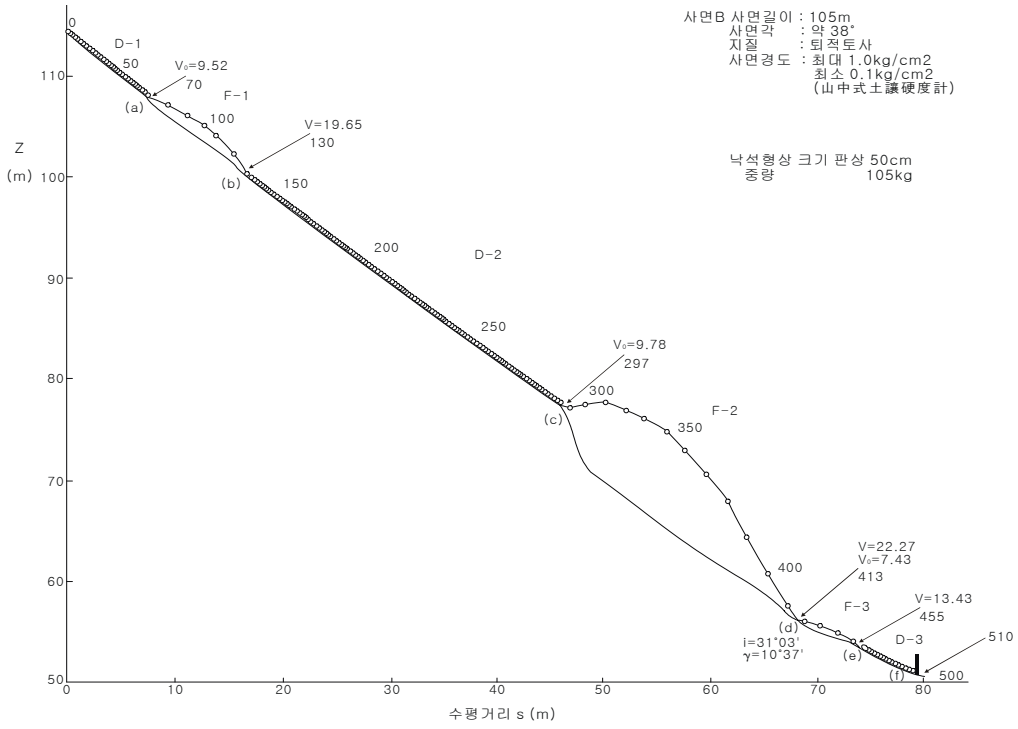
<그림 2-17> 낙석실험 궤적단면도 (A-8)



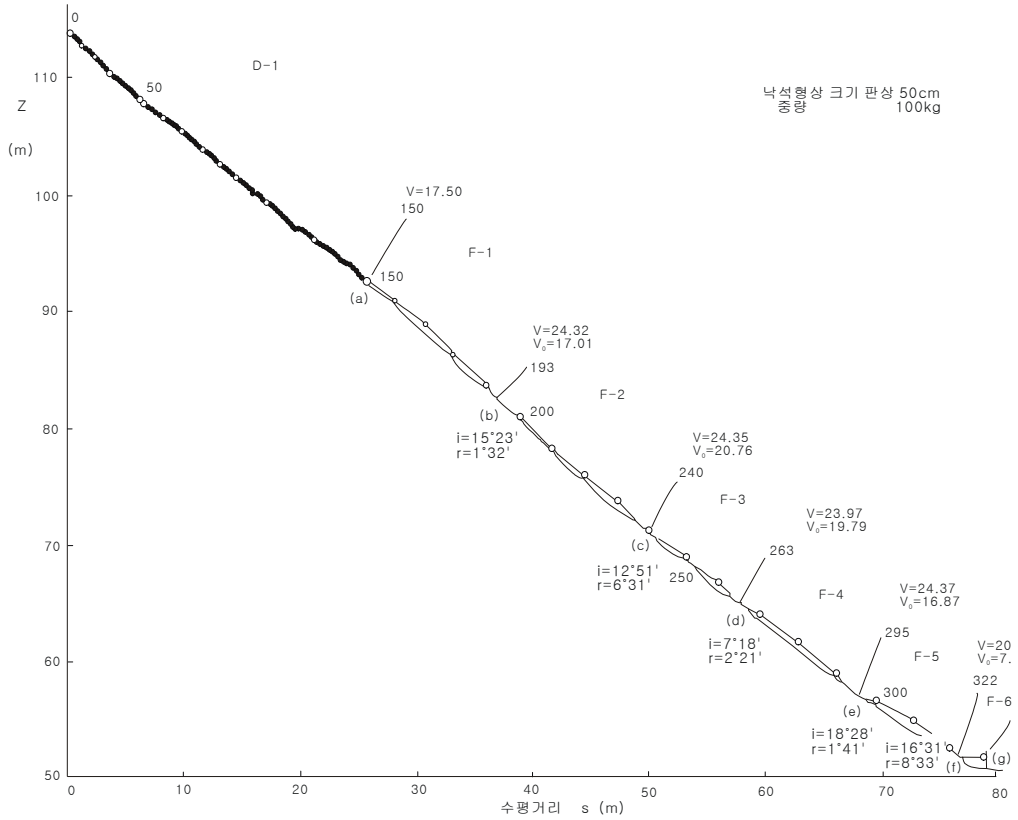
<그림 2-18> 낙석실험 궤적단면도 (A-10)



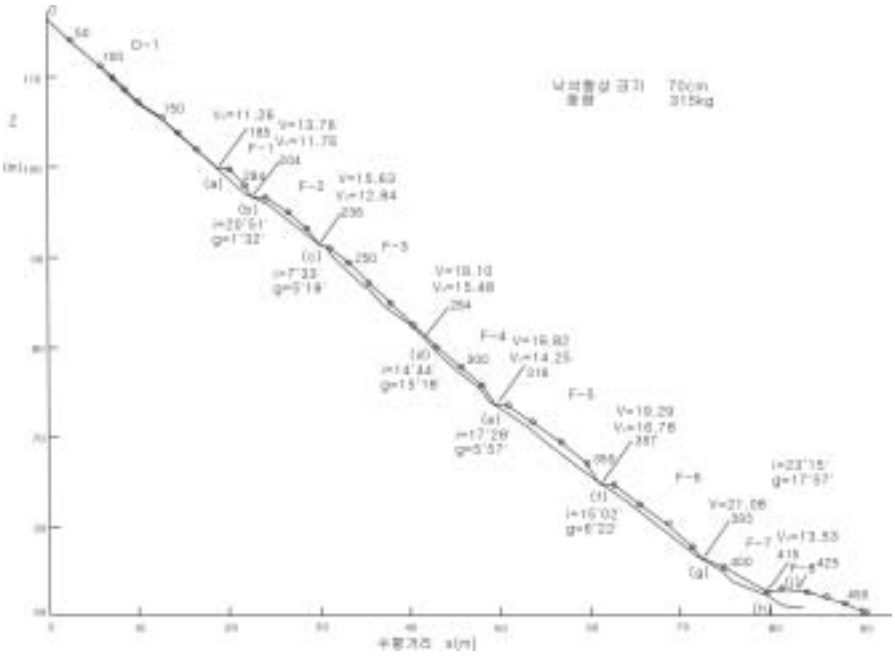
<그림 2-19> 낙석실험 궤적단면도 (A-23)



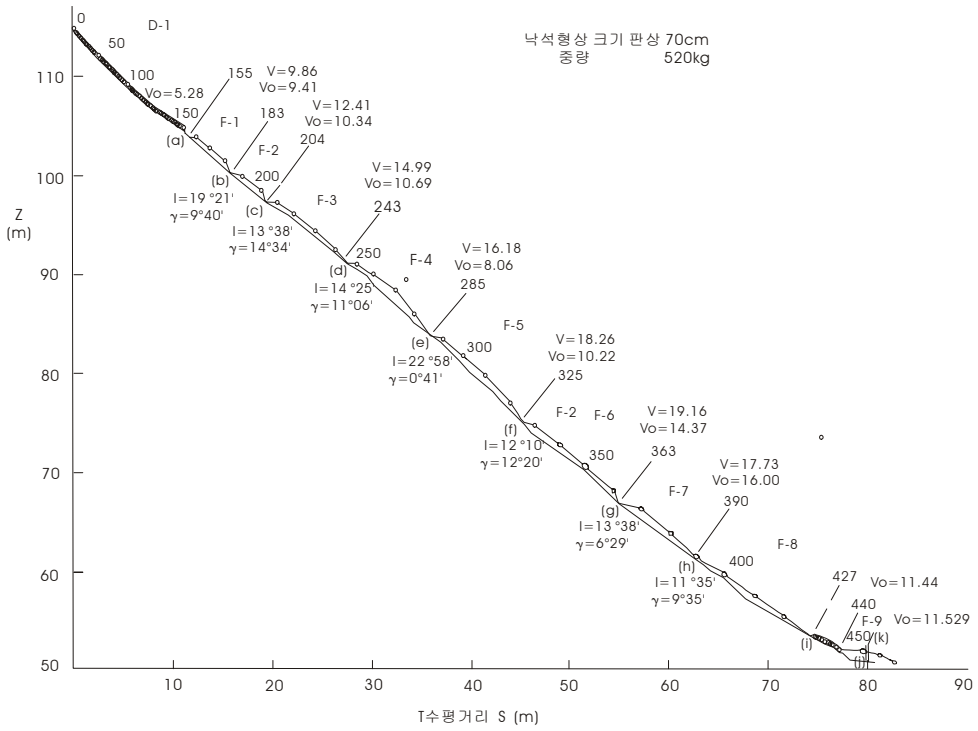
<그림 2-20> 낙석실험 궤적단면도 (B-5)



<그림 2-21> 낙석실험 궤적단면도 (B-20)



<그림 2-22> 낙석실험 궤적단면도 (B-23)

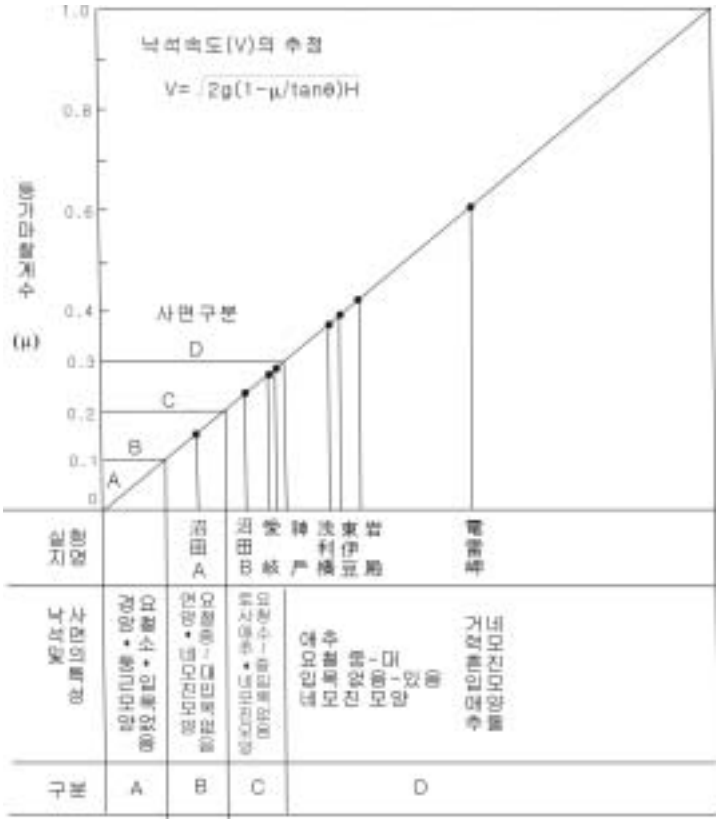


<그림 2-23> 낙석실험 궤적단면도 (B-24)

2.2 사면 분류에 의한 낙석 속도의 추정

낙석 속도를 추정하기 위한 등가마찰계수(μ_1)를 각지의 사면 및 낙석 특성과 대비하면 <그림 2-24>가 얻어진다. 이 그림과 같이 μ_1의 값은 사면의 토질, 암질, 요철의 대소, 및 낙석 형상에 따라 구분된다.

<그림 2-24>로부터 얻어진 μ_1의 값과 설계에 사용되어야 할 μ_1의 값을 <표 2-6>에 제시하였다.



<그림 2-24> 사면의 분류와 낙석 속도의 추정

<표 2-6> 사변의 분류와 μ_1[2]

구분	μ_1	사용된 μ_1
A	0~0.1	0.05
B	0.11~0.2	0.15
C	0.21~0.3	0.25
D	0.31~(0.6)	0.31~(0.4)

낙석 속도는 2.1절에서 제시한 바와 같이 식(2.1), (2.7)로부터 얻어진다.

$$V=\alpha\sqrt{2gH}$$

$$\alpha=\sqrt{1-\frac{\mu_1}{\tan\theta}} \qquad [\mu_1=(1-\alpha^2)\tan\theta]$$

$$\therefore\ V=\sqrt{2g(\frac{1-\mu_1}{\tan\theta})H} \tag{2.13}$$

단, $\sqrt{1-\frac{\mu_1}{\sin\theta}} <= 1$

2.2.1 낙하 속도 계산 예

가. 낙하 속도의 계산 공식과 가정

낙하의 운동 형태 별로 그의 속도 계산 공식과 가정에 대해서 언급한다.

1) 자유 낙하의 경우

① $V=\sqrt{2gH}$

여기서, V=낙하속도(m/s)

g=중력가속도(9.8m/sec^2)

H=낙하고(m)

② 낙하에 의한 속도 에너지의 비

운동 에너지 비 γ는

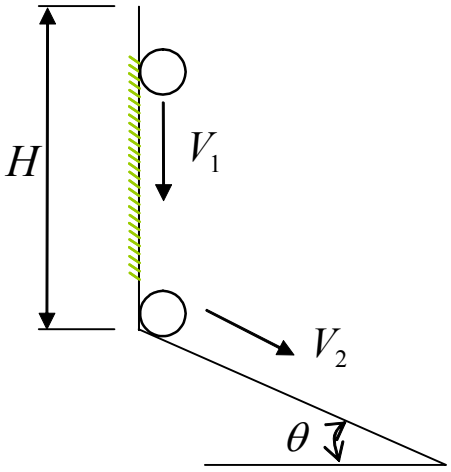
$$\gamma=\frac{V_2^2}{V_1^2}$$

$$\therefore\ V_2=\sqrt{V_1^2\times\gamma}$$

V_1=충돌전 속도

V_2=충돌후 속도

γ의 값은 사면 지반의 강도, 경사θ에 의해 다르지만, 여기서는 θ값에 대해서 θ=0~35°일 때, γ=0.2~0.5로 하였다(고속도로조사회, 낙석방호시설의 설치에 관한 조사연구보고서에서의 낙석현상 측정결과).



<그림 2-25>

2) 사면을 따라 굴러 떨어질 경우

θ=사면 경사

μ=사면의 등가마찰계수=0.2~0.6의 범위

① tanθ>μ의 경우

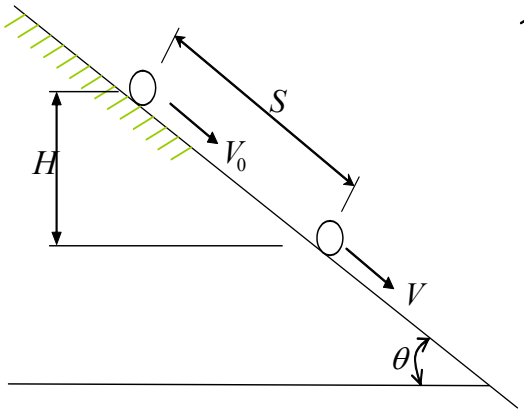
$$V = V_0 + \sqrt{2gH(1-\mu/\tan\theta)}$$

$$S = V_0 t + 1/2 \cdot gt^2(\sin\theta - \mu\cos\theta)$$

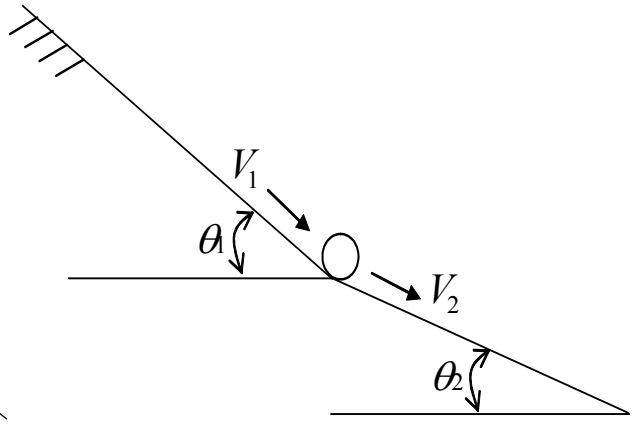
여기서, V_0=초속(m/s)

S=사면거리(m)

t=Sm 미끄러짐에 요하는 시간(초)



<그림 2-26>



<그림 2-27>

② tanθ<μ의 경우

$$V = V_0 + gt(\sin\theta - \mu\cos\theta)$$

$$\left[\begin{array}{c} m\frac{d^2s}{d^2t} = mg\sin\theta - \mu(mg\cos\theta) \\ V = \frac{ds}{dt} = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)t \end{array}\right]$$

③ 경사의 변화점에서의 속도 에너지의 비율을 다음과 같이 가정한다.

$\theta_1 > \theta_2$ 의 경우, θ_1=90°~ 30°의 경우,

γ= 0.1~0.5의 범위

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 \times \gamma}$$

$\theta_1 < \theta_2$의 경우

γ=1.0

3) 튕겨 낙하할 경우

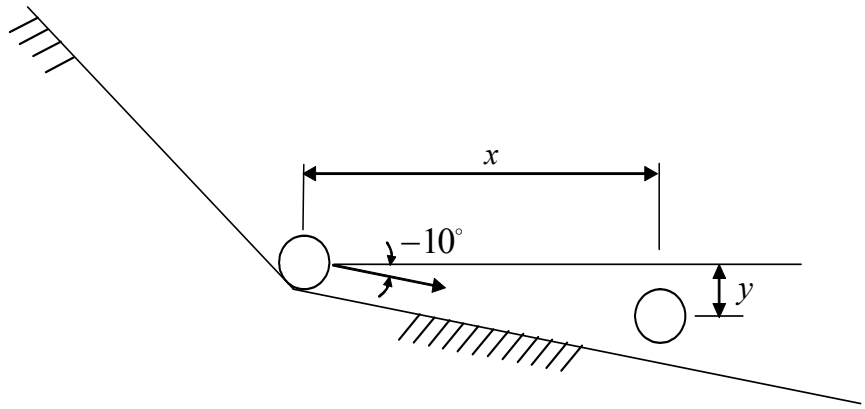
① 낙하 궤적의 공식

낙하 방향, 수평선에 대해서 아래쪽 10°로 가정

t초 후의 낙석 위치는

$$x = V\cos 10° \times t$$

$$y = V\sin 10° \times t + \frac{1}{2} gt^2$$



<그림 2-28>

② 속도 V

t초 시간 후의 낙하속도

V = 합속도

V_h = 수평 속도 = $V_0 \cos 10°$

V_v = 연직 속도 = $V_0 \sin 10° + gt$

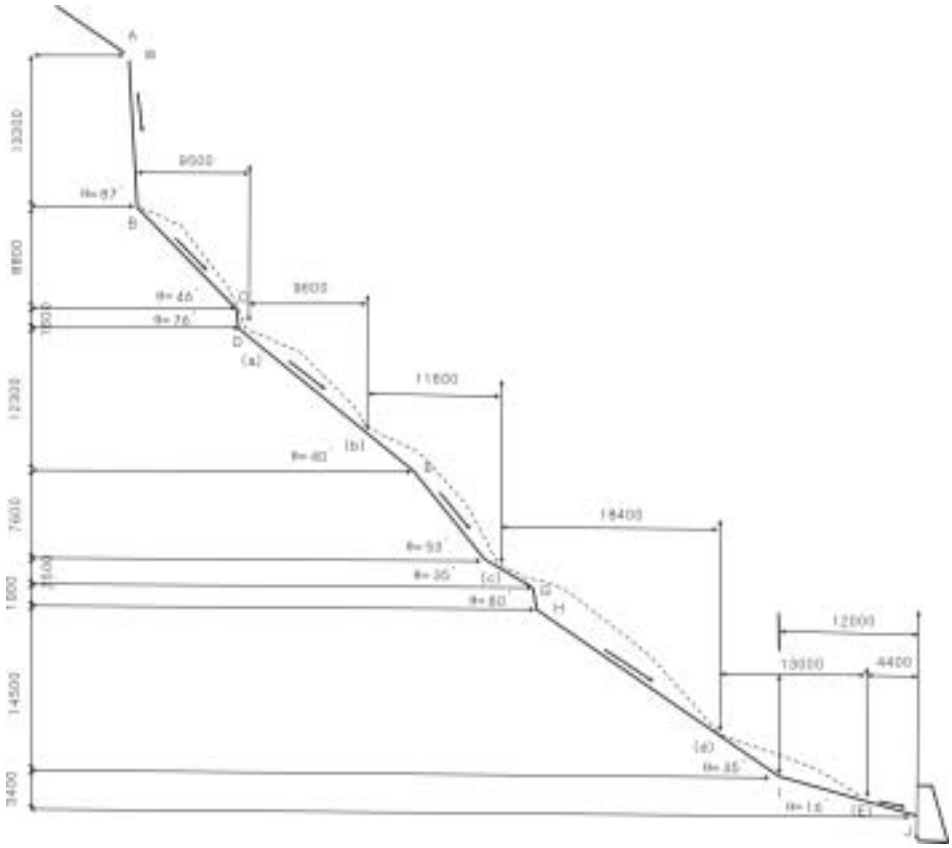
∴ 합속도 $V = \sqrt{V_h^2 + V_v^2}$

여기서, V_0=튀어 나가는 속도

이상의 공식 및 가정에 의해 어느 횡단 지형을 낙하하는 속도를 계산한 예를 제시한다.

나. 계산 조건

1) 횡단 형상, <그림 2-29>의 단면으로 한다.



<그림 2-29> 횡단면도

2) 낙석 발생 형태

현장 조사의 결과, 박락형에서 발생원은 A점으로 하고, 낙석 크기는 10t로 추정한다.

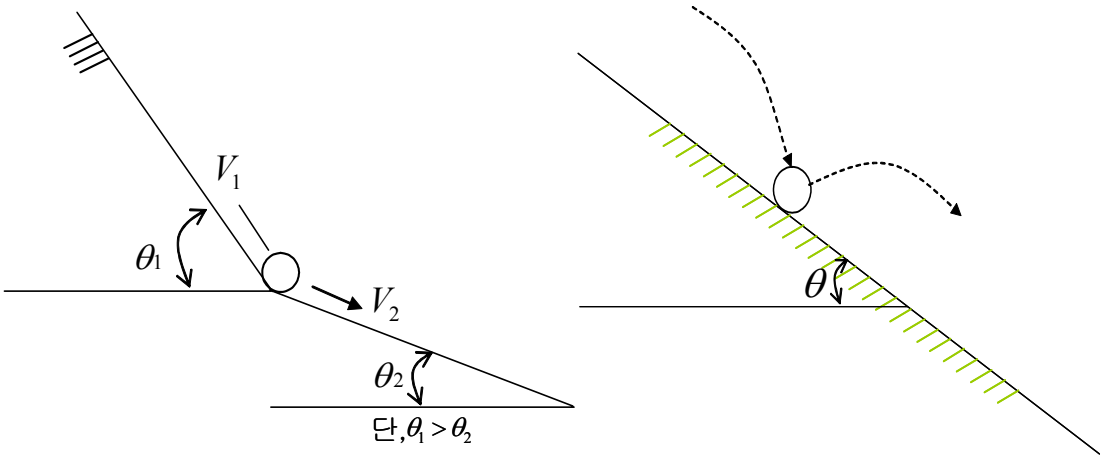
3) 사면의 등가마찰계수 μ의 값

A~B사면, 암반 노출, 나무 없음,μ=0.2로 한다.

다른 사면, 나무 있음, 낙석 형상, 뾰족한 모양, μ=0.5로 한다.

4) 충돌의 경우의 속도 에너지의 비를 다음과 같이 가정

① 사면에 따라 튕겨 떨어지는 경우, 경사 변화점에서의 속도 에너지의 비 γ의 값은 <그림-2.30(a)>, <표 2-7>과 같다.



<a> <b>

<그림 2-30>

<표 2-7> 경사 변화점에서의 속도 에너지 비율

(a)의 경우		(b)의 경우	
θ_1	γ	θ_2	γ
30°~ 40°	0.5	0°~ 10°	0.2
40°~ 50°	0.4	10°~ 20°	0.3
50°~ 70°	0.3	20°~ 30°	0.4
70°~ 90°	0.2	30°~ 35°	0.5
90°이상	0.1~0	35°이상	〃

② 사면에 충돌한 경우의 γ값은 <그림 2-30(b)>, <표 2-7>로 한다.

이상의 설계 조건으로부터 그림 2.46의 A점부터 낙하한 돌이 J점에 있는 옹벽에

도달할 때까지의 속도 V_j를 다음 2 case의 경우에 계산한 것이 <표 2-8>, <표 2-9>이다.

<표 2-8> Case-1 미끄러져 떨어진 경우

위치	높 이	경 사	등가 마찰계수	충돌속도	속도 에너지 비	미끄러지기 시작하는 속도	비 고
	H	θ	μ	V_1	γ	V_2	
	m	°		m/s		m/s	
A	0						
B	13.30	87	0.2	16.1	0.2	7.2	
C	8.80	46	0.5	16.6	1.0	16.6	
D	1.60	76	0.5	21.8	0.2	9.7	
E	12.30	40	0.5	19.6	1.0	19.6	
F	7.60	53	0.5	29.2	0.3	16.0	
G	2.50	35	0.5	19.7	1.0	19.7	
H	1.90	80	0.5	25.5	0.2	11.4	
I	14.50	35	0.5	20.4	0.5	14.4	옹벽위치
J	3.40	16	0.5	13.6			$\mu > \tan\theta$

<표 2-9> Case-2 비도 낙하의 경우

위치	착지거리	착지속도 (합속)	속도 에너지 비율	튀어오른 속도	튀어오른 속도 수 평	튀어오른 속도 연 직	비 고
	x	V_1	γ	V_2	V_{2h}	V_{2V}	
	m	m/s		m/s	m/s	m/s	
A							
87°B	0	16.1	0.2	7.2	7.1	1.3	
40°a	9.50	15.7	0.3	8.6	8.5	1.5	
40°b	9.60	15.0	0.3	8.2	8.1	1.4	
35°c	11.60	17.7	0.5	12.5	12.3	2.2	
35°d	18.40	21.8	0.5	15.4	15.2	2.7	e점에서 회전을 시작하고 μ=0.5로 가정
16°e	13.00	18.9	0.3	10.4			
J	4.40	9.4					

5) Case-1

A점에서 J점까지 사면에 따라 미끄러져 떨어진 경우의 J점에서의 속도

6) Case-2

A점에서 B점에 낙하해서 B점에서 튕기면서 낙하한 경우의 낙석의 궤적과 J점에서의 속도

이상의 계산으로부터 J점에 있는 옹벽에 낙석이 충돌할 속도는 Case-1의 경우는 V_j=13.6m/s, Case-2의 경우는 V_j=9.4m/s가 된다. 따라서 설계에는 Case-1의 경우에 안전을 고려해서 V_j=15m/s로 한다. 또한 튕겨 나가는 궤적도로부터 J점의 위치에 있는 옹벽은 본 계산에서는 충분한 높이이며, 어느 쪽 Case에 있어서도 낙석의 충돌 위치는 지표면을 따라 충돌하는 결과가 된다.

이 궤적도로부터 옹벽의 신설 위치와 높이를 결정할 수 있다. 실험 결과에 의하면 낙석의 충돌 높이는 지표에서 약 2m 정도의 높이로 집약된다는 결과가 나오고 있지만, 이 계산에 의하면, 낙석의 궤적도에 의한 높이는 그 이상으로 될 경우도 있다. 낙석의 속도와 옹벽의 높이가 결정되면 옹벽의 단면을 가정하고 충돌하는 낙석의 중량이 판명되면 충돌에 의한 옹벽의 변위량을 산출하고 그 변위량으로부터 옹벽의 저면에 작용하는 모멘트 및 수평력이 계산된다.

Case-1

B. $V = V_0 + \sqrt{2\times 9.8\times 13.30\left(1-\frac{0.2}{19.08}\right)} = 0 + 16.06 = 16.1\,\mathrm{m/sec}$

$V_2 = \sqrt{16.2^2\times 0.2} = 7.2\,\mathrm{m/sec}$

C. $V = 7.2 + \sqrt{2\times 9.8\times 8.8\times\left(1-\frac{0.5}{1.04}\right)} = 7.2 + 9.47 \fallingdotseq 16.6\,\mathrm{m/sec}$

$V_2 = \sqrt{16.6^2\times 1} = 16.6\,\mathrm{m/sec}$

D. $V = 16.6 + \sqrt{2\times 9.8\times 1.6\times\left(1-\frac{0.5}{4.01}\right)} = 16.6 + 5.2 = 21.8\,\mathrm{m/sec}$

이하에 마찬가지로 계산한다.

Case-2

B. $V_1 = 16.1\,\mathrm{m}$

$V_2 = 7.2\,\mathrm{m}$

a. $9.5 = 1.3 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

$9.5 - 1.3 = 4.9t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{8.2}{4.9}} = 1.29\,\mathrm{sec}$

$V_h = 7.1\,\mathrm{m/sec}$

$V_v = 1.3 + 9.8 \times 1.29 = 13.94\,\mathrm{m/sec}$

$V = \sqrt{7.1^2 + 13.94^2} = 15.64\,\mathrm{m/sec}$

$V_2 = \sqrt{15.64^2 \times 0.3} = 8.6\,\mathrm{m/sec}$

$V_{2h} = 8.5\,\mathrm{m/sec}$

$V_{2v} = 1.5\,\mathrm{m/sec}$

b. $9.6 = 1.5 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

$9.6 - 1.5 = 4.9t^2 \rightarrow t = 1.29\,\mathrm{sec}$

$V_h = 8.5\,\mathrm{m/sec}$

$V_v = 1.5 + 9.8 \times 1.29 = 14.14\,\mathrm{m/sec}$

$V = \sqrt{8.5^2 \times 14.4} = 16.5\,\mathrm{m/sec}$

b. $11.6 = 1.4 + \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$

$11.6-1.4=4.9t^2 \rightarrow t=1.44\,\mathrm{sec}$

$V_h=8.1\,\mathrm{m/sec}$

$V_v=1.4+9.8\times1.44=15.5\,\mathrm{m/sec}$

$V=\sqrt{8.1^2+15.5}=17.5\,\mathrm{m/sec}$

$V_2=\sqrt{17.5\times0.5}=12.4\,\mathrm{m/sec}$

이하 마찬가지로 계산한다.

2.3. 낙석 에너지의 추정

낙석 에너지는 선 속도 에너지와 회전 에너지의 합으로 나타낸다.

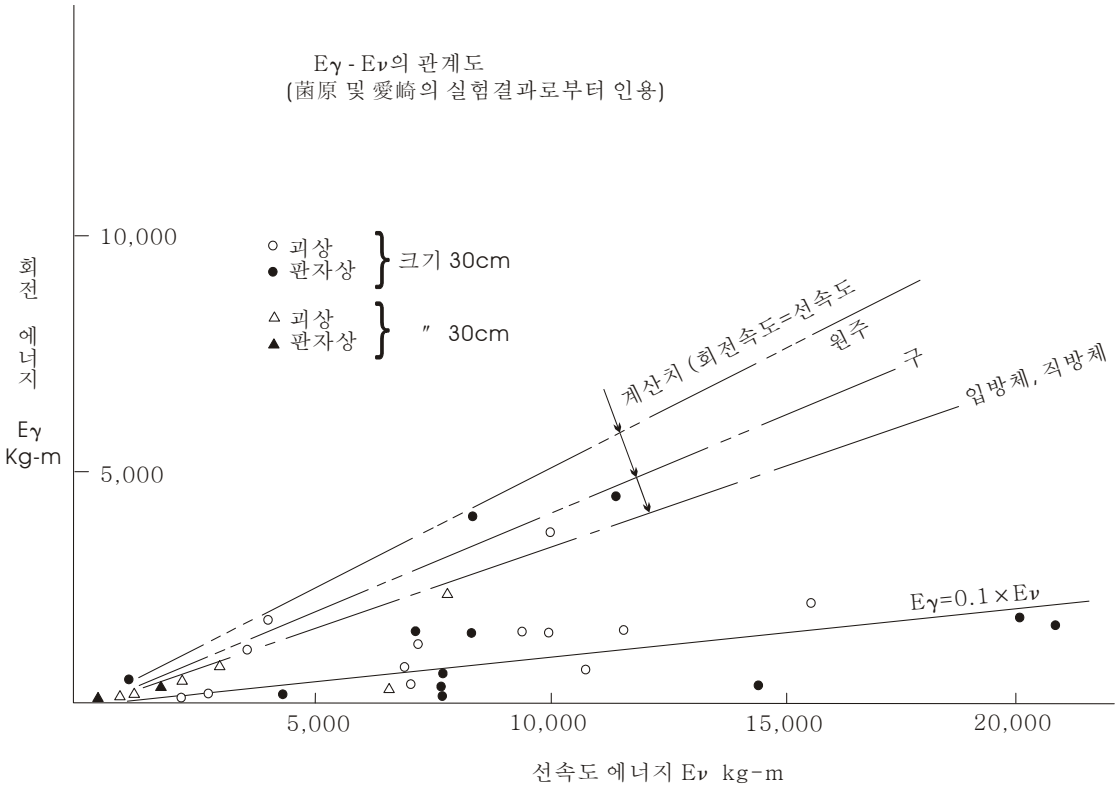
$$E_T=E_V+E_r \qquad (2.14)$$

E_T : 낙석 에너지

E_v : 선속도에너지$(=\frac{1}{2}mV^2)$

E_r : 회전에너지$(=\frac{1}{2}I\omega^2)$

E_v는 식(2.1)에 따라 V 및 돌의 질량에 의해 구할 수 있다. E_v와 E_r의 실험결과를 대비한 것이 <그림 2-31>이다.



<그림 2-31> 회전 에너지(E_r)와 속도 에너지(E_v)의 관계

이 그림으로부터 E_v와 E_r 사이에

$$E_r = \beta E_V \fallingdotseq 0.1 E_V \tag{2.15}$$

의 관계가 있다고 추정된다.

<그림 2-31>에 있어서 점 및 쇄선으로 표시한 것은 낙석이 미끄러지지 않고 회전해서 낙하하는 것으로 생각해서 모델화한 형상들의 값이다. 이 선상의 β의 값은 0.33(입방, 직방), 0.4(구), 0.5(원주)이다. 이 값과 실험치와의 차이는 낙하에 의한 에너지 손실로 생각된다. 또한 식(2.15)을 식(2.16)에 대입하면

$$E_T = E_V(1+\beta) = \frac{1}{2}\frac{W}{g}V^2(1+\beta) \tag{2.16}$$

단, W는 낙석 중량(t)

이 식에 식(2.8)을 대입하면 다음 식을 얻는다.

$$\therefore \quad E_T = \left(1 - \frac{\mu_1}{\tan\theta}\right)(1+\beta) \cdot WH$$

$$\text{단,} \quad \left(1 - \frac{\mu_1}{\tan\theta}\right)(1+\beta) < = 1 \qquad (2.17)$$

3. 낙석 궤적의 추정

3.1 평면적 낙석 경로

낙석의 중심이 회전에 의한 접지면의 반력과 동일 면에 있으면 낙석은 지형 등고선에 대해서 직각 방향으로 낙하한다. 단, 접지 반력과 중력면이 동일 면이 아니면 평면 경로는 등고선에 대해서 직각 방향이 되지 않다.

낙하 속도가 충분히 크게 되면, 낙석의 회전은 최대 관성 모멘트를 주는 축에 정하여 진다는 것이 관측되었다.

실험결과에 의한 경향은 직경 30cm 정도의 낙석의 분산각은 40°정도이며, 돌의 크기가 커짐에 따라 지형의 등고선에 대해서 거의 직각 방향으로 낙하하게 된다 (Ibara A, B).

3.2 횡단 방향 낙석 궤적

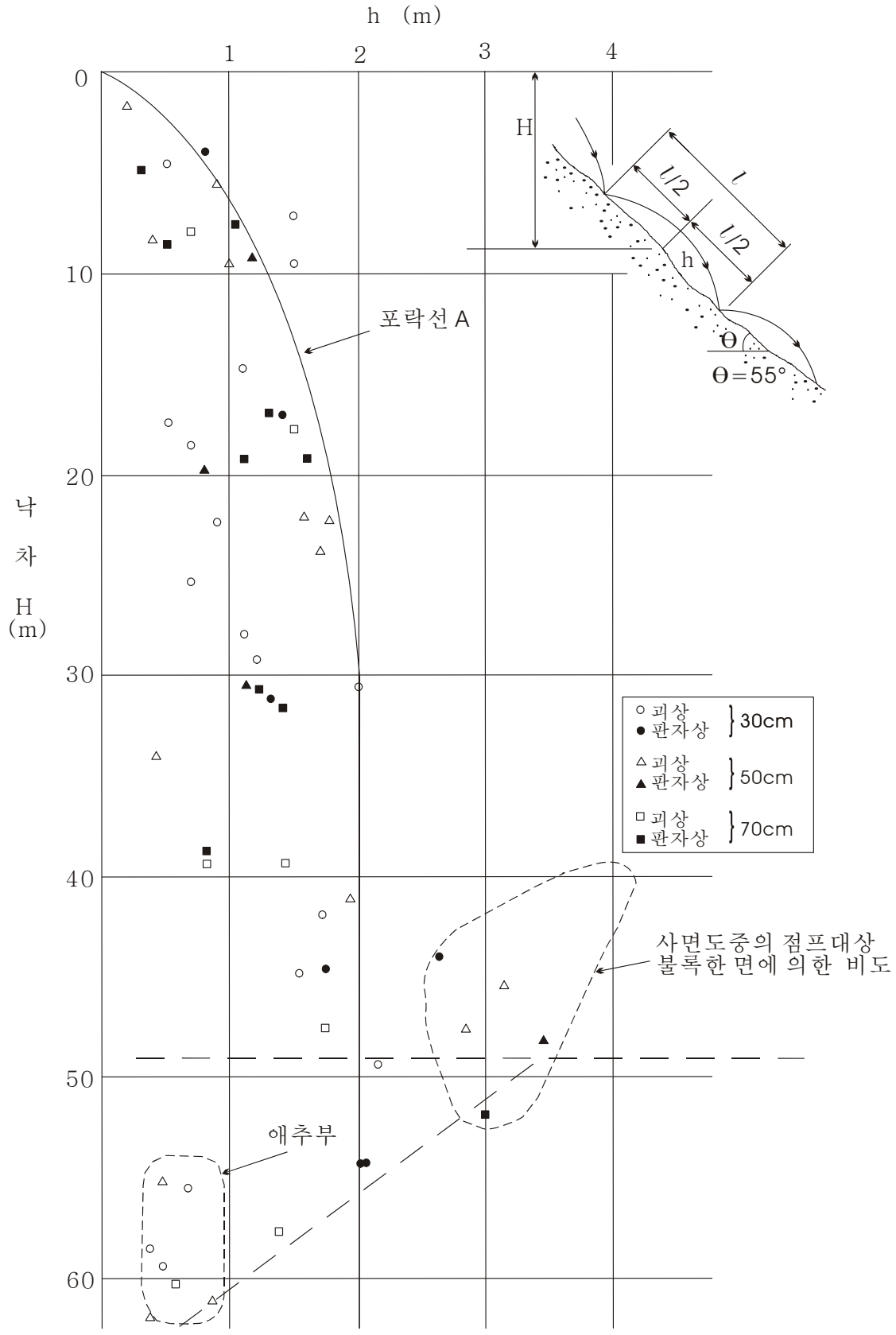
<그림 2-32> 및 <그림 2-33>은 Ibara 실험의 A, B사면에 있어서 사면 위에서의 낙석의 최대 bound 높이와 낙차의 관계를 제시한 것이다. 양 지점은 2.2절의 사면 분류에서 B 및 C이지만, 최대 비도 높이의 포물선은 거의 같다.

이들 그림으로부터 다음 사항을 알 수 있었다.

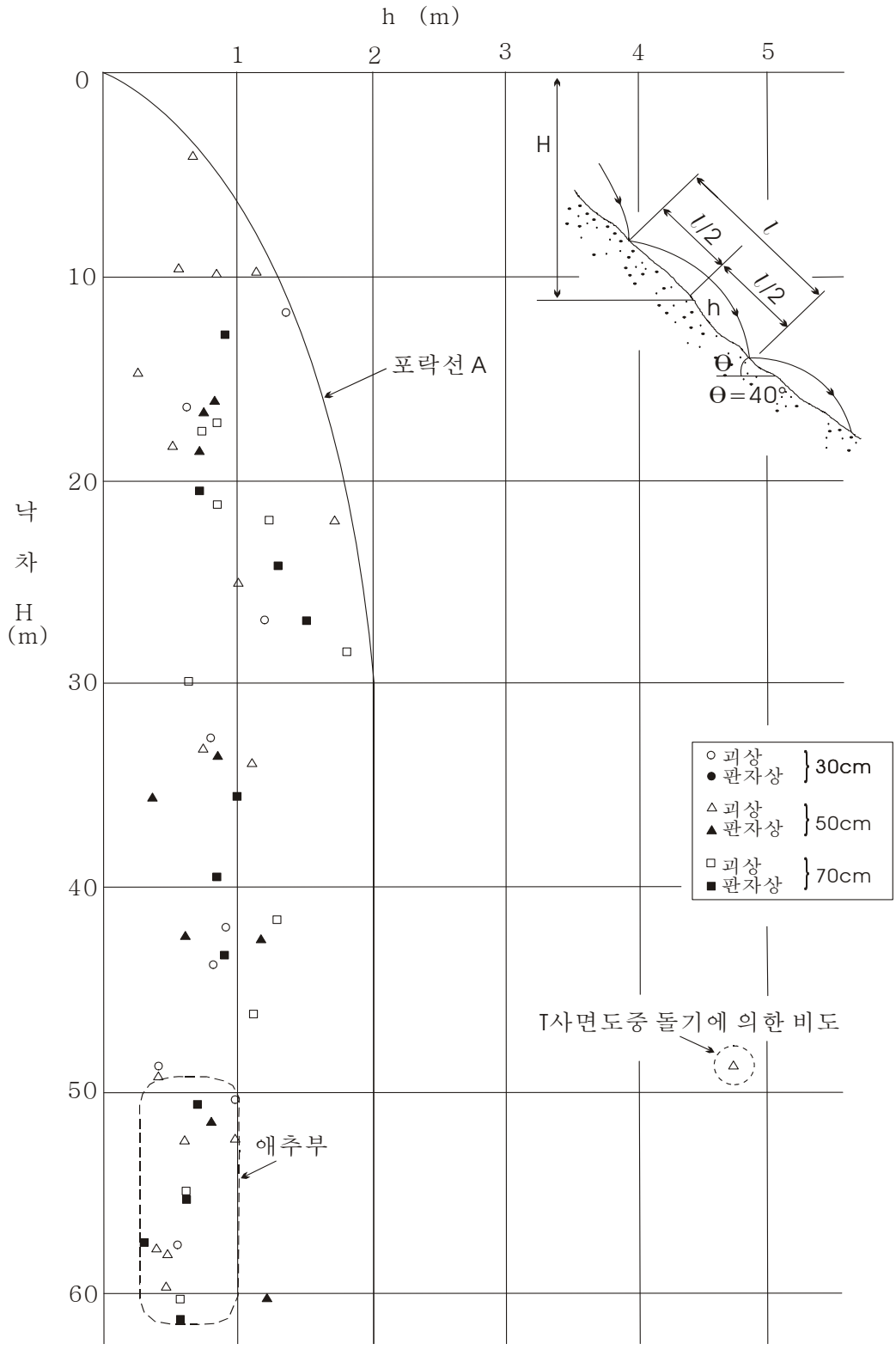
① 낙차 30m까지는 2차 곡선으로 증대한다.

② 최대 bound 높이는 약 2m에 수렴한다.

③ 사면의 요철이 큰 경우에 최대 bound 높이는 2m를 넘는 경우가 있다.



<그림 2.32> 낙석의 종단 방향의 궤적[4](Ibara A)



<그림 2-33> 낙석의 종단 방향의 궤적[4](Ibara B)

「사면안정처리(낙석방지)」 반석기술, 윤지선 외 1인-인용

부록 Ⅳ. 암파쇄 방호시설 결함사진 및 일상점검표

부록 Ⅳ-1 암파쇄 방호시설 결함사진

<사진 1> 국부적인 전도

<사진 2> 뒷채움 과다 적재로 인한 변형

<사진 3> 낙석 및 뒷채움에 의한 토류판 파손

<사진 4> 토류판 망실

<사진 5> 토류판 망실

<사진 6> 변 형

<사진 7> 파 손

<사진 8> 파 손

<사진 9> 근입부 채움불량(Ⅰ)

<사진 10> 근입부 채움불량(Ⅱ)

부록 Ⅳ-2 암파쇄 방호시설 일상점검표

공사명: 점검일: . ( )

점 검 항 목	점 검 결 과		조 치 계 획
	○,X	내용(위치, 상태)	
▪ 절토부			
· 급격한 지하수 용출여부			
· 지속적인 낙석발생 여부			
▪ 도로			
· 균열의 발생 여부			
· 침하의 발생 여부			
· 도로 융기 또는 세굴 발생 여부			
· 도로부 낙석 존재 여부			
▪ 암파쇄 방호시설			
· 뒷채움 허용높이 초과 여부			
· 배수상태 및 지하수 유입여부			
· 토류판 파손 및 망실 여부			
· H-Pile 직립도			
· 낙석 또는 충격에 의한 변형			
▪ 긴급상황대비			
· 수방자재 가용 여부			
· 우회도로 확보 여부			
▪ 기타 특이사항			

소속 및 직위 : 점 검 자 :

소속 및 직위 : 확 인 자 :

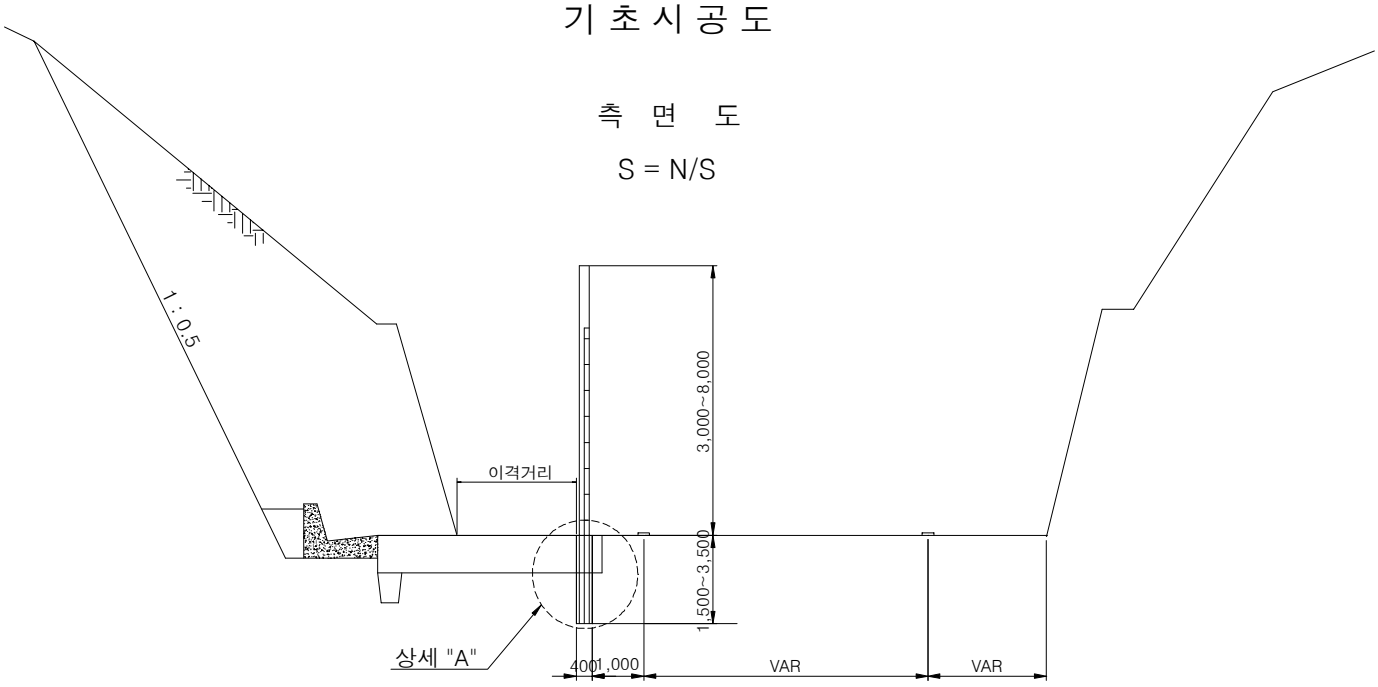
부록 Ⅴ. 암파쇄 방호시설도

암파쇄방호시설도(1-1)

기 초 시 공 도

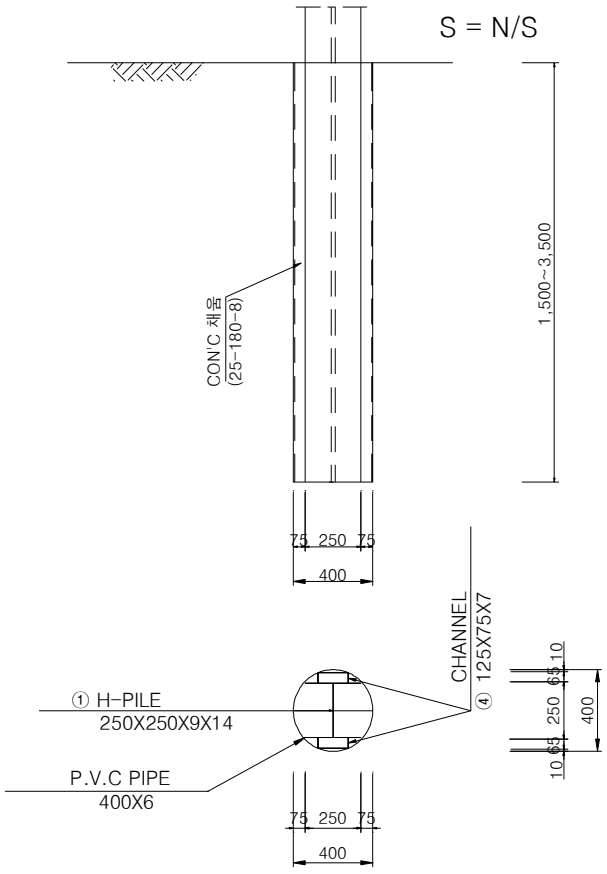
측 면 도

S = N/S



상 세 "A"

S = N/S



※ NOTE

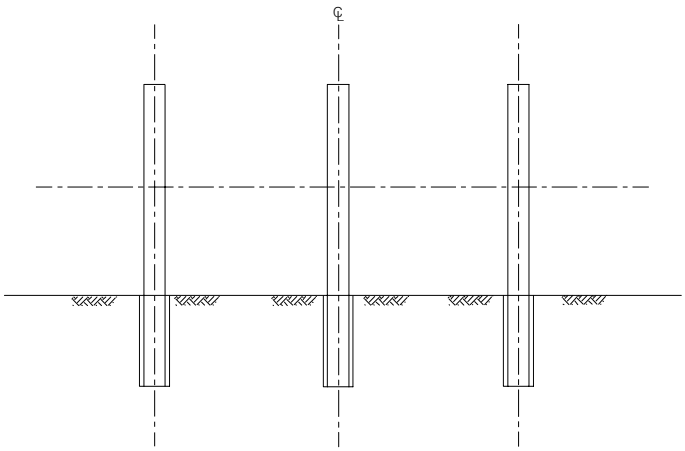
1. H-PILE설치시 수직도와 간격이 정확히 유지될 수 있도록 근입부를 Con'c채움을 실시한다.
2. 암파쇄 방호시설 철거시 근입부의 H-Beam은 절단하도록 한다.
3. H-Pile의 초기변위를 최소화하기 위하여 Con'c가 충분히 양생된 후 시공을 실시하도록 한다.
4. P.V.C Pipe는 필요시 설치하도록 하며 시공시 원지반과 공극이 발생되지 않도록 주의하여 시공한다.

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (1-1)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

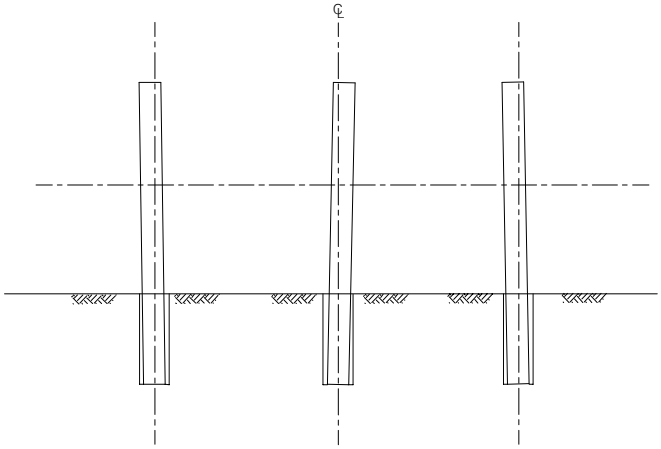
암파쇄방호시설도(1-2)

기 초 시 공 도

정 면 도

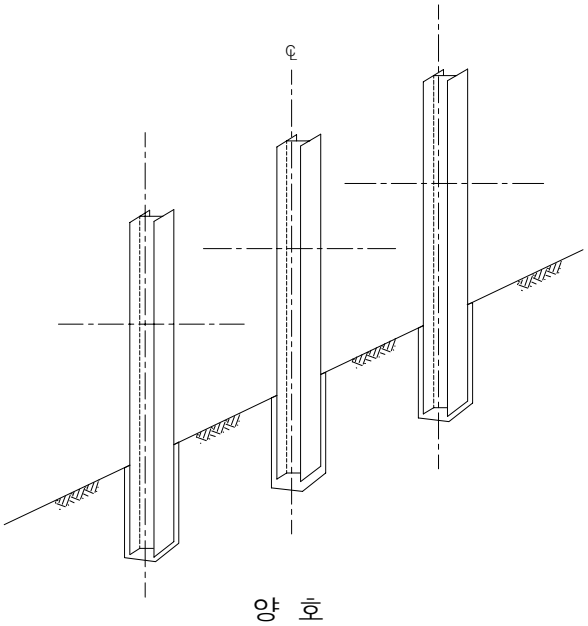


양 호

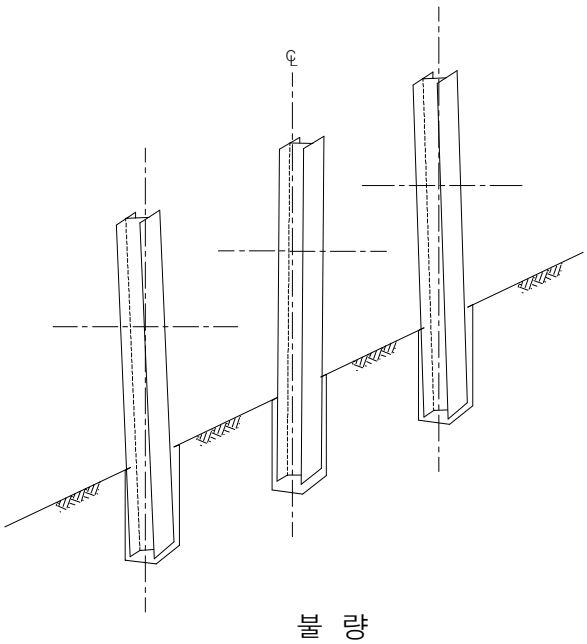


불 량

측 면 도



양 호



불 량

※ NOTE

1. 초기변위 억제를 위해 상기 그림과 같이 H-Beam을 유지하도록 주의하여 시공한다.

2. 기초 근입부 Con'c 양생 후 H-Beam의 직립을 확인한 후 토류벽 공사를 진행한다.

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (1-2)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

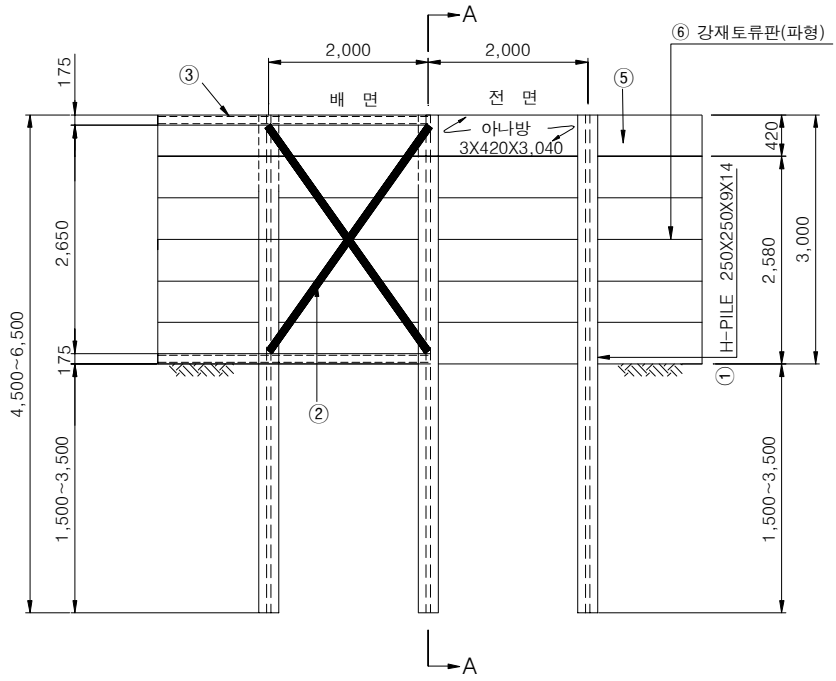
암파쇄방호시설도(2-1)

강재토류판(파형) H = 3.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

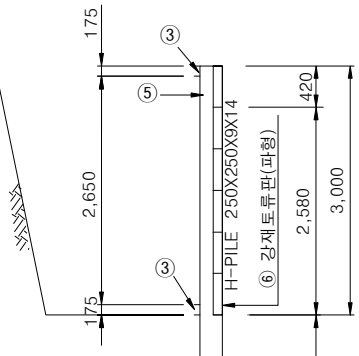
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 취득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	325.800	362.000	398.200	434.400	470.600	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X3,320	KG	211.152	211.152	211.152	211.152	211.152	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	127.200	127.200	127.200	127.200	127.200	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	8	8	8	8	8	
⑥	토 류 판		M^2	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	8	8	8	8	8	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (2-1)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

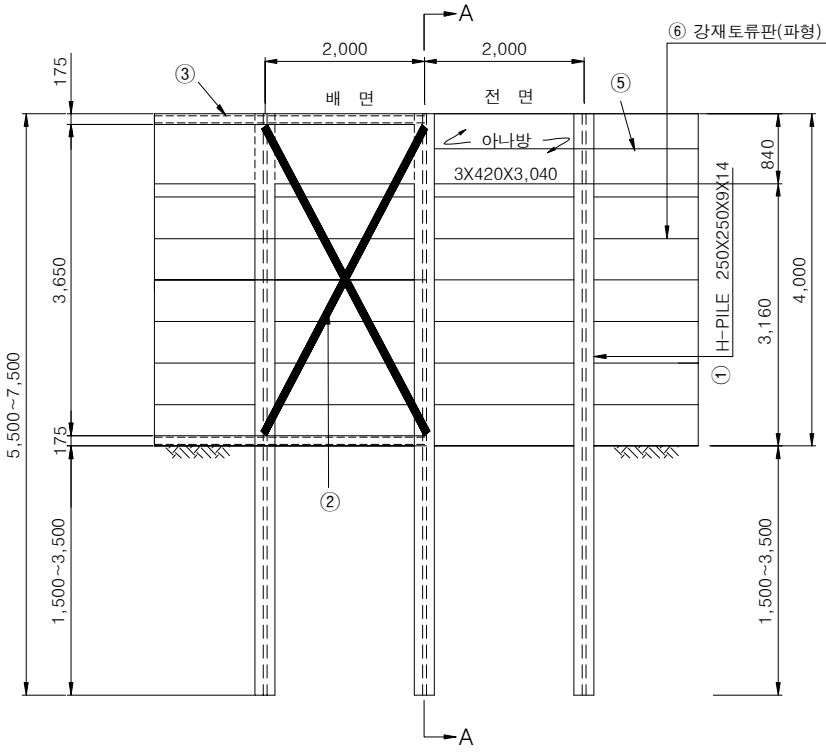
암파쇄방호시설도(2-2)

강재토류판(파형) H = 4.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

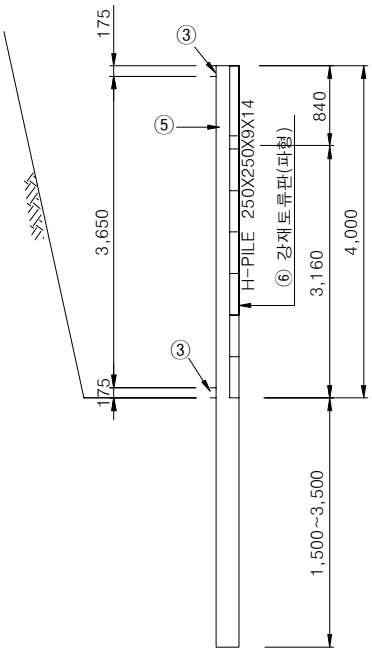
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 취득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	398.200	434.300	470.600	506.800	543.000	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X4,162	KG	264.700	264.700	264.700	264.700	264.700	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	127.200	127.200	127.200	127.200	127.200	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	1.316	1.316	1.316	1.316	1.316	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	8	8	8	8	8	
⑥	토 류 판		M^2	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	8	8	8	8	8	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (2-2)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

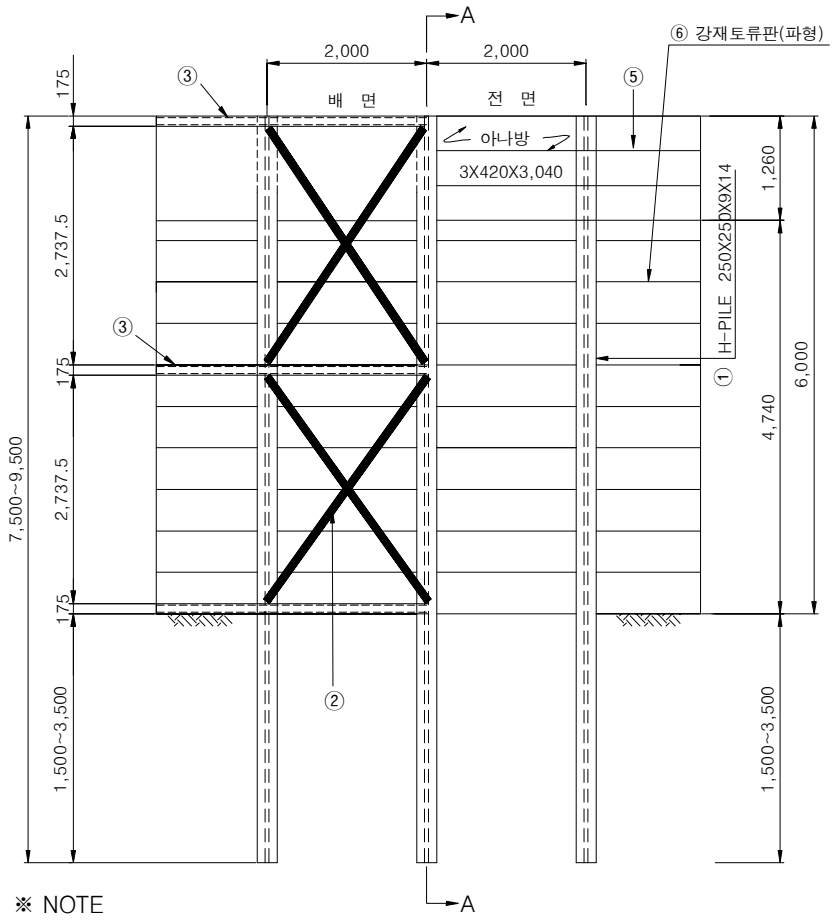
암파쇄방호시설도(2-3)

강재토류판(파형) H = 6.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

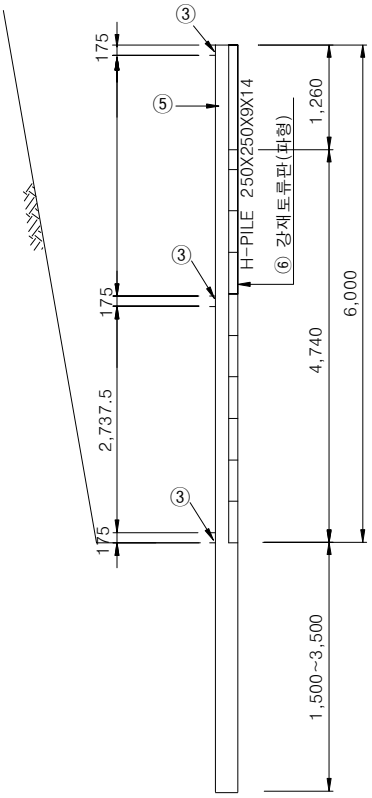
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 취득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	543.000	579.200	615.400	651.600	687.800	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X3,390	KG	431.210	431.210	431.200	431.200	431.200	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	190.800	190.800	190.800	190.800	190.800	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	1.974	1.974	1.974	1.974	1.974	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	14	14	14	14	14	
⑥	토 류 판		M^2	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	14	14	14	14	14	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (2-3)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

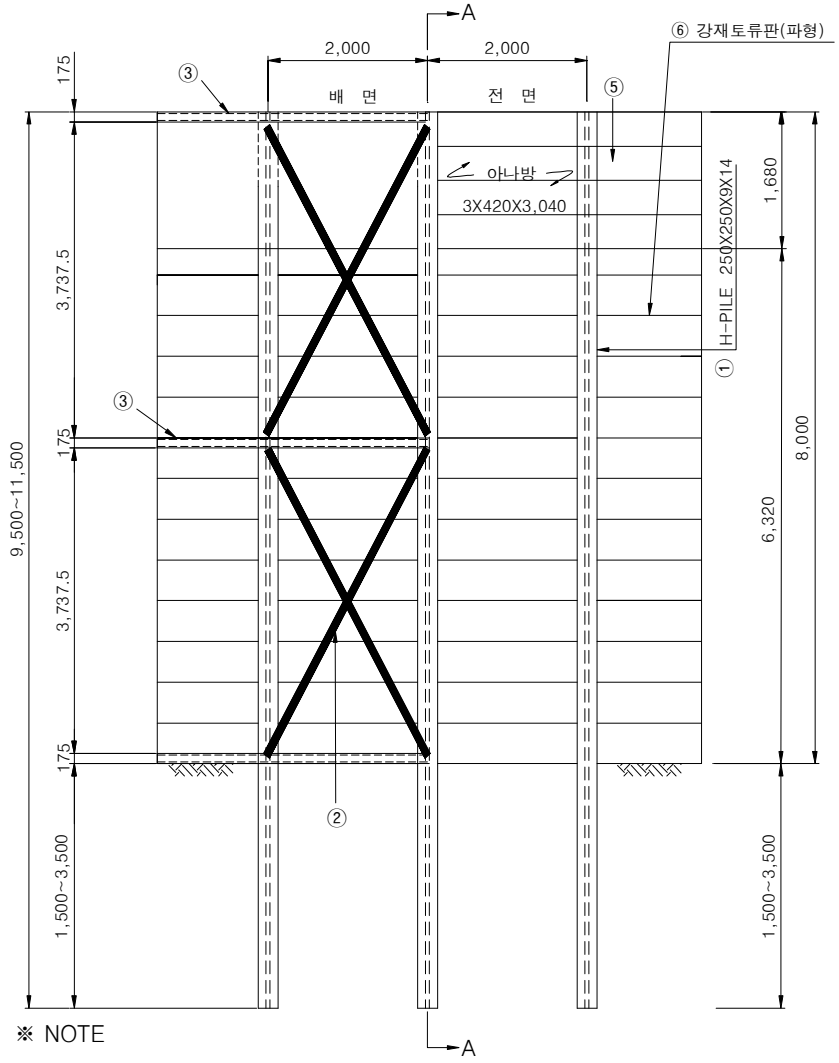
암파쇄방호시설도(2-4)

강재토류판(파형) H = 8.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

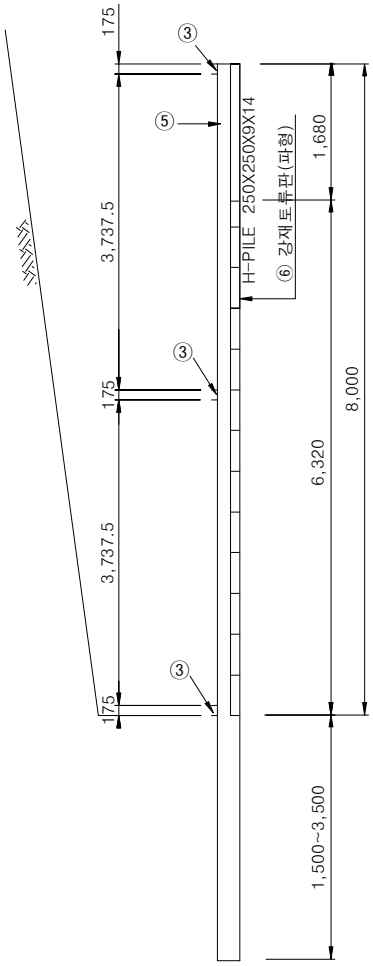
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	687.800	724.000	760.200	796.400	832.600	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X4,239	KG	539.200	539.200	539.200	539.200	539.200	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	190.800	190.800	190.800	190.800	190.800	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	2.631	2.631	2.631	2.631	2.631	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	14	14	14	14	14	
⑥	토 류 판		M^2	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	14	14	14	14	14	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (2-4)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

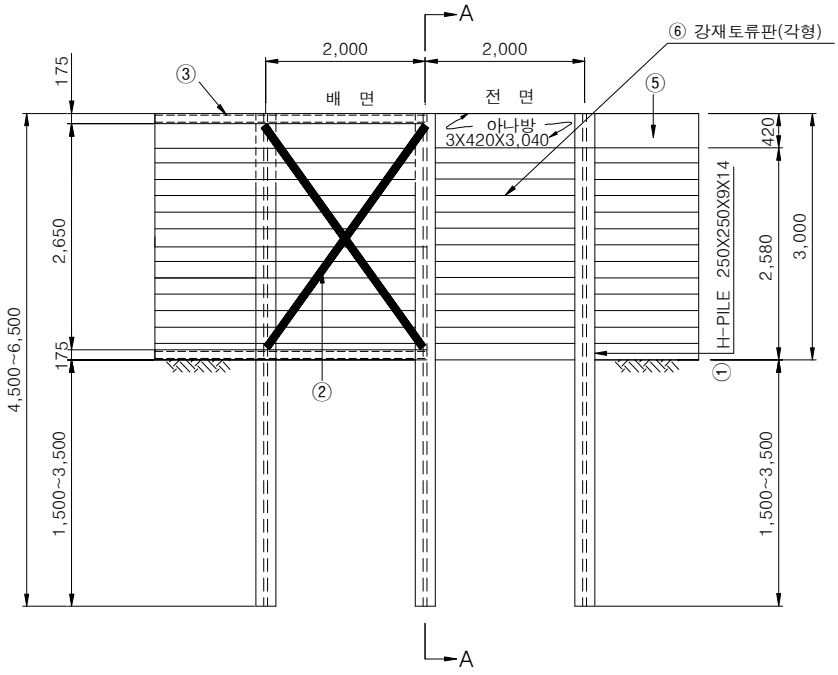
암파쇄방호시설도(3-1)

강재토류판(각형) H = 3.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

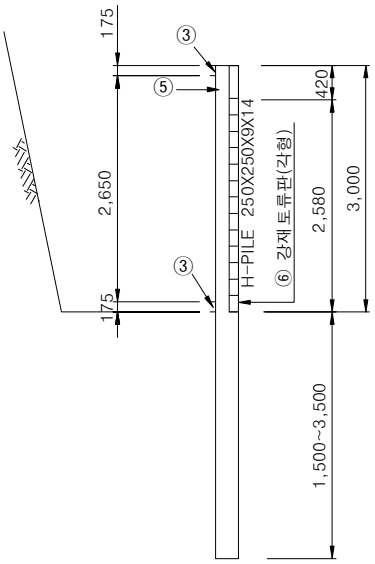
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 취득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	325.800	362.000	398.200	434.400	470.600	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X3,320	KG	211.152	211.152	211.152	211.152	211.152	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	127.200	127.200	127.200	127.200	127.200	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	8	8	8	8	8	
⑥	토 류 판		M^2	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	8	8	8	8	8	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (3-1)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

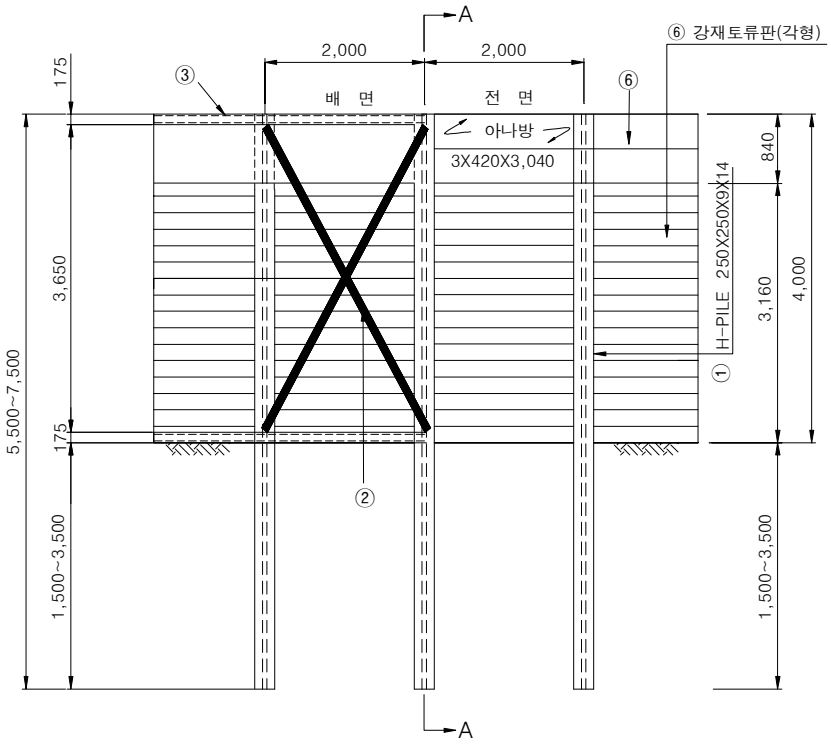
암파쇄방호시설도(3-2)

강재토류판(각형) H = 4.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

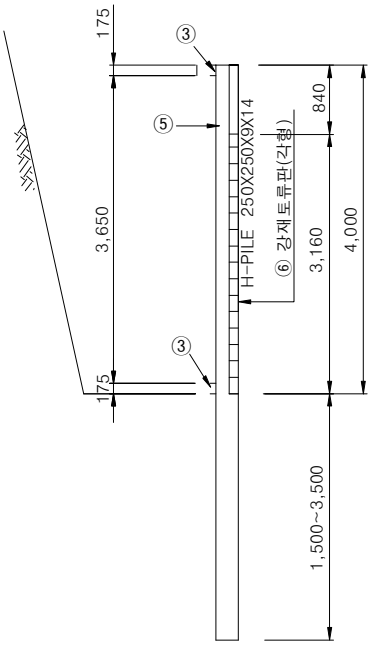
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 취득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	398.200	434.300	470.600	506.800	543.000	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X4,162	KG	264.700	264.700	264.700	264.700	264.700	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	127.200	127.200	127.200	127.200	127.200	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	1.316	1.316	1.316	1.316	1.316	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	8	8	8	8	8	
⑥	토 류 판		M^2	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구멍 뚫기 Φ 23	T=14	EA	8	8	8	8	8	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (3-2)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

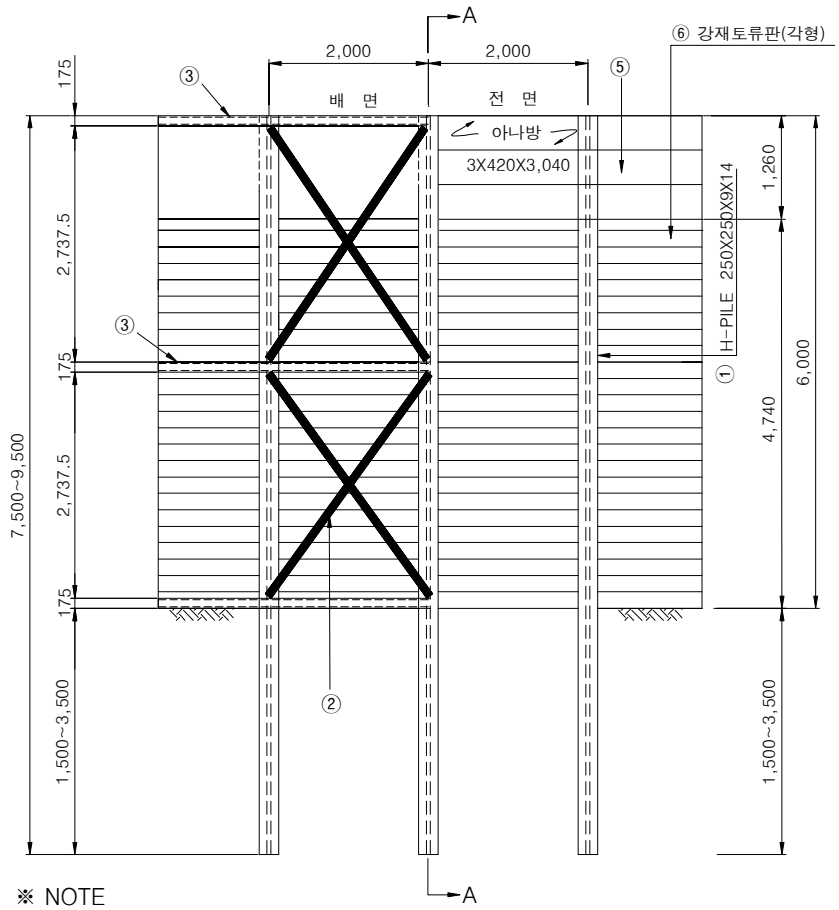
암파쇄방호시설도(3-3)

강재토류판(각형) H = 6.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

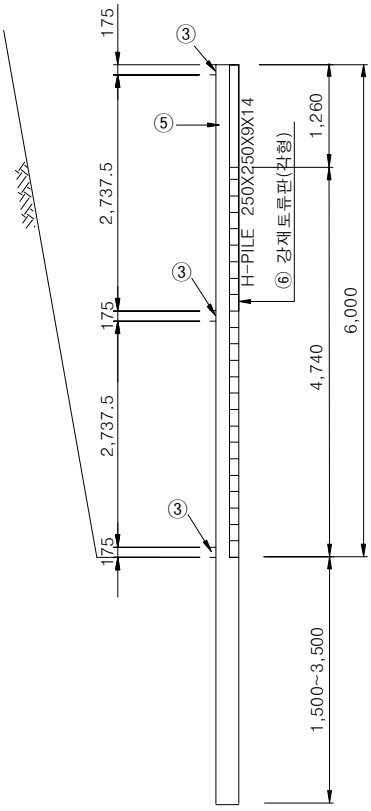
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 취득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	543.000	579.200	615.400	651.600	687.800	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X3,390	KG	431.210	431.210	431.200	431.200	431.200	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	190.800	190.800	190.800	190.800	190.800	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	1.974	1.974	1.974	1.974	1.974	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	14	14	14	14	14	
⑥	토 류 판		M^2	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	14	14	14	14	14	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (3-3)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

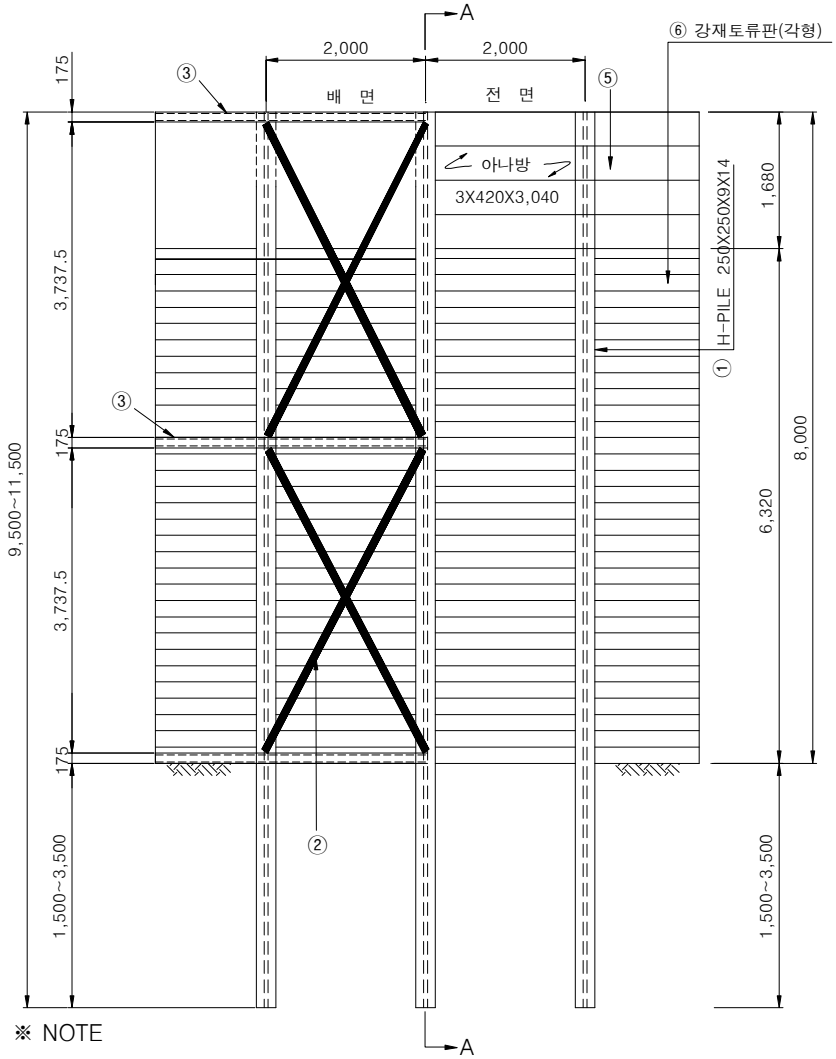
암파쇄방호시설도(3-4)

강재토류판(각형) H = 8.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

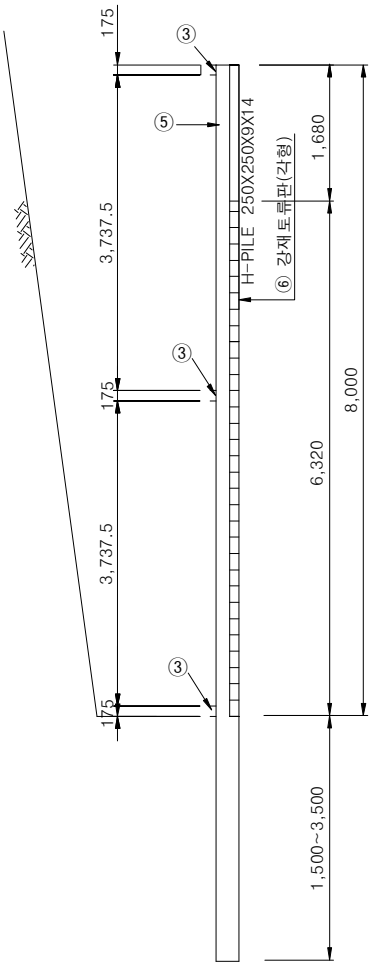
전 개 도

S = N/S



단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	687.800	724.000	760.200	796.400	832.600	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X4,239	KG	539.200	539.200	539.200	539.200	539.200	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	190.800	190.800	190.800	190.800	190.800	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	2.631	2.631	2.631	2.631	2.631	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	14	14	14	14	14	
⑥	토 류 판		M^2	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구멍 뚫기 Φ 23	T=14	EA	14	14	14	14	14	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 강재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (3-4)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

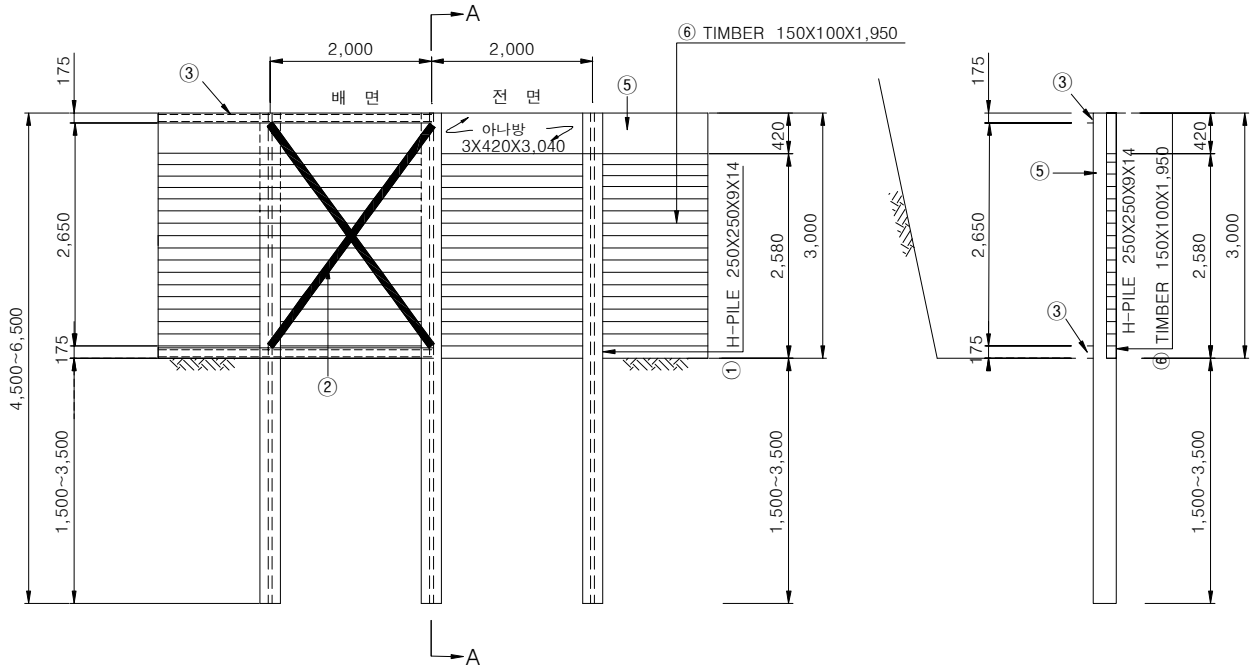
암파쇄방호시설도(4-1)

목재토류판 H = 3.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

전 개 도
S = N/S

단 면 A-A
S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	325.800	362.000	398.200	434.400	470.600	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X3,320	KG	211.152	211.152	211.152	211.152	211.152	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	127.200	127.200	127.200	127.200	127.200	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	0.658	0.658	0.658	0.658	0.658	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	8	8	8	8	8	
⑥	토 류 판	150X100X1,950	M^2	5.16	5.16	5.16	5.16	5.16	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	8	8	8	8	8	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 목재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (4-1)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

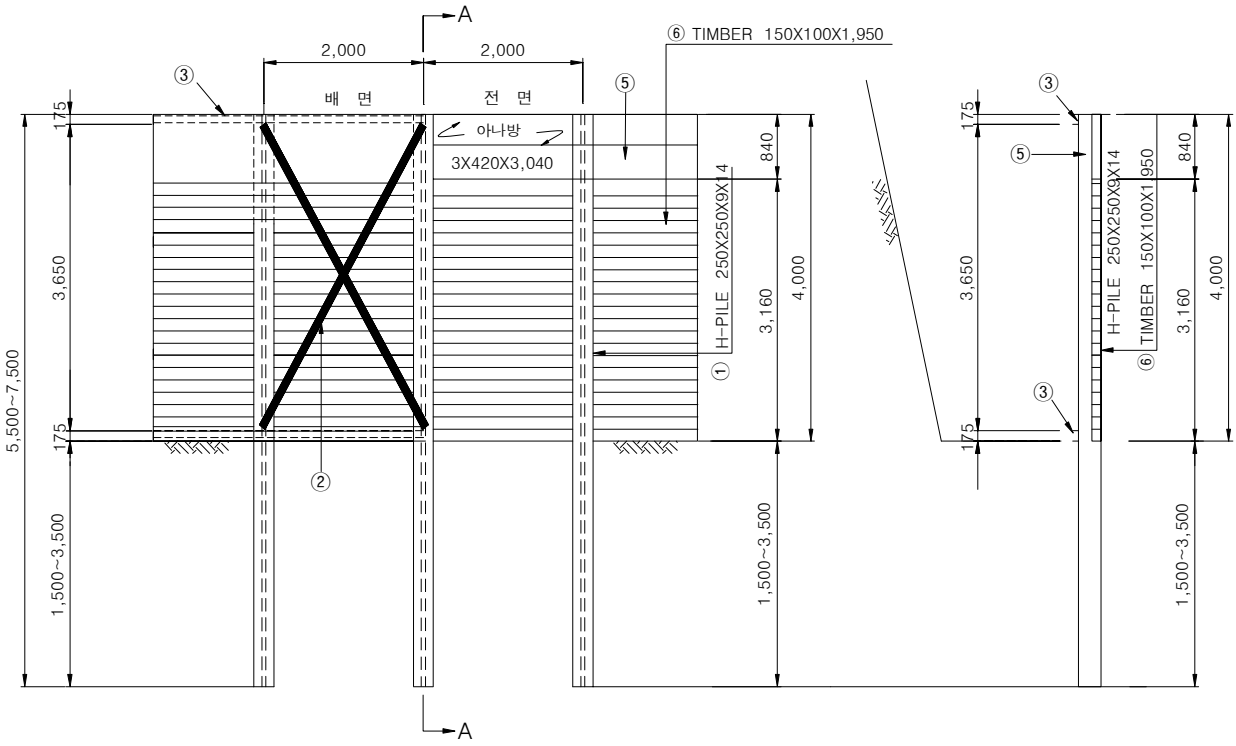
암파쇄방호시설도(4-2)

목재토류판 H = 4.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

전 개 도
S = N/S

단 면 A-A
S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	398.200	434.300	470.600	506.800	543.000	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X4,162	KG	264.700	264.700	264.700	264.700	264.700	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	127.200	127.200	127.200	127.200	127.200	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	1.316	1.316	1.316	1.316	1.316	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	8	8	8	8	8	
⑥	토 류 판	150X100X1,950	M^2	6.32	6.32	6.32	6.32	6.32	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	8	8	8	8	8	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 목재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (4-2)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

암파쇄방호시설도(4-3)

목재토류판 H = 6.0m

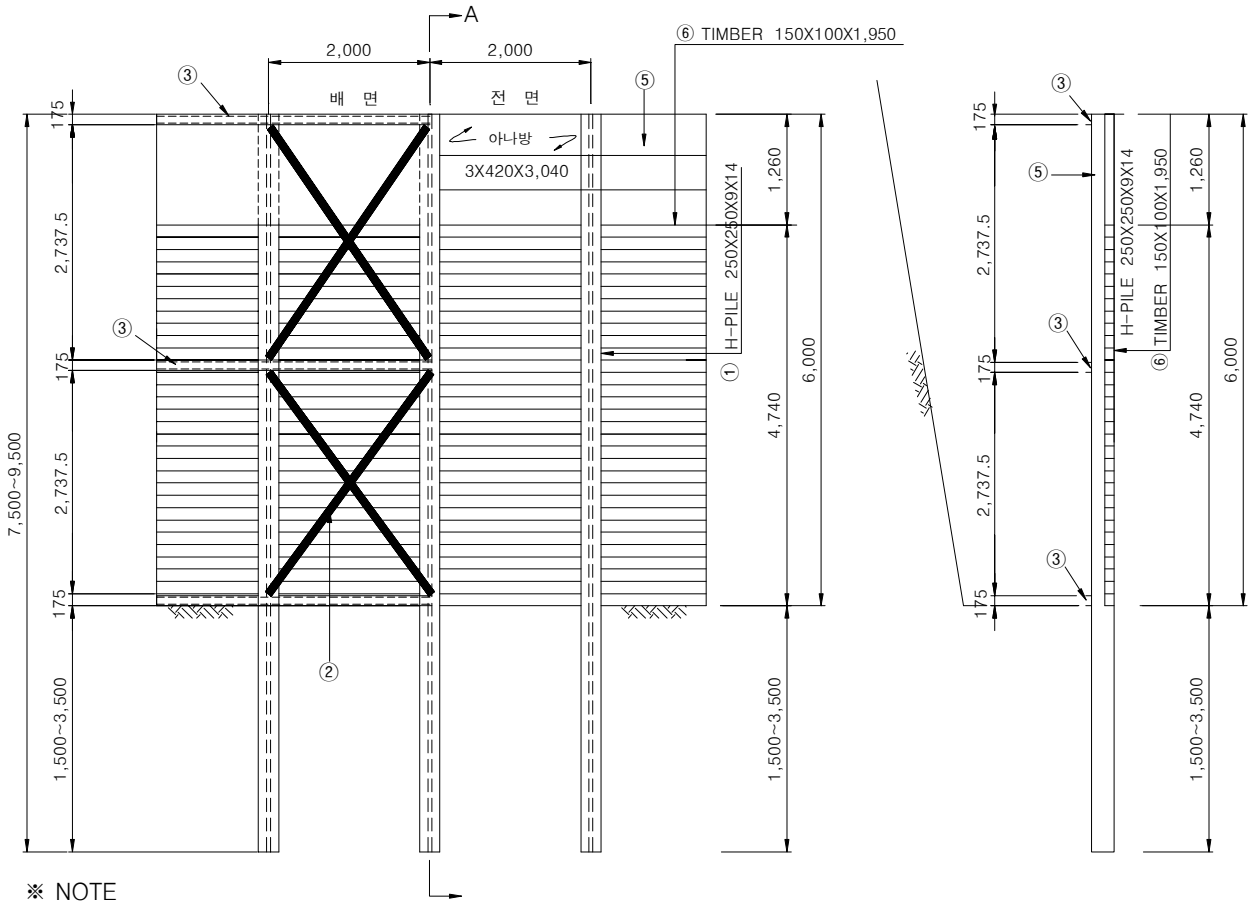
본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

전 개 도

S = N/S

단 면 A-A

S = N/S



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	543.000	579.200	615.400	651.600	687.800	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X3,390	KG	431.210	431.210	431.200	431.200	431.200	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	190.800	190.800	190.800	190.800	190.800	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	1.974	1.974	1.974	1.974	1.974	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	14	14	14	14	14	
⑥	토 류 판	150X100X1,950	M^2	9.48	9.48	9.48	9.48	9.48	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	14	14	14	14	14	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 목재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

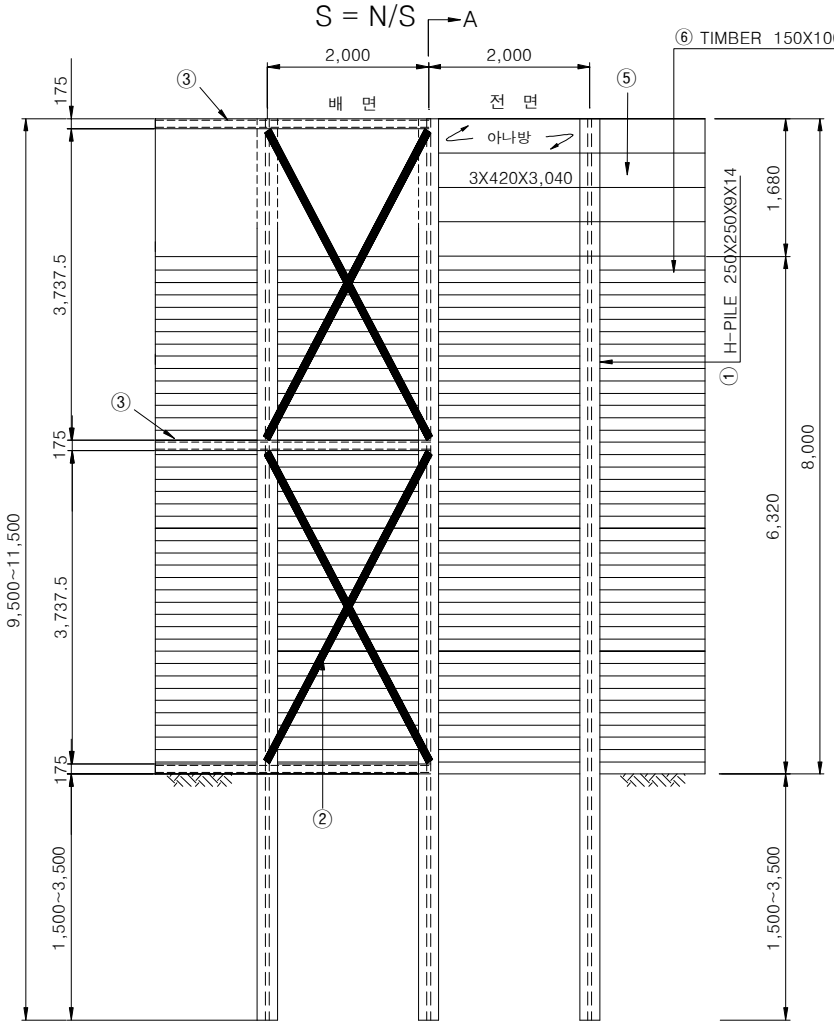
건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (4-3)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

암파쇄방호시설도(4-4)

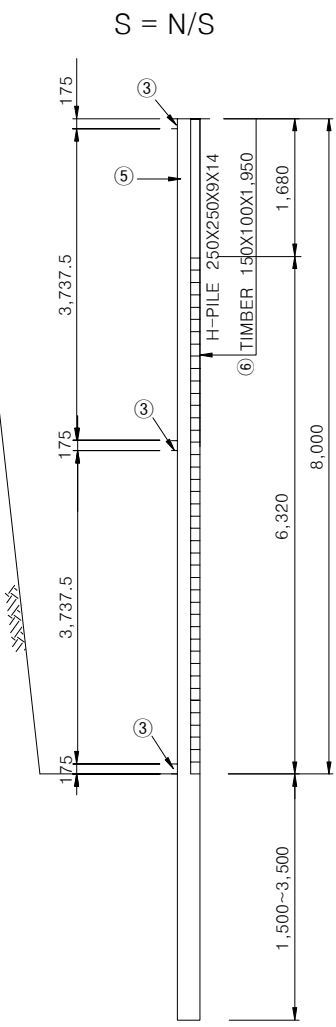
목재토류판 H = 8.0m

본 표준도에 제시된 제품(공법)은 실시설계 당시 공사비 기초금액 산출을 위해 잠정 게시된 도면이므로 시공전 실시설계 당시의 검토자료 등과 상호비교 * 검토하여 발주청(감리원)과 사전협의 후 재질, 규격, 성능 등이 동등 이상의 제품(공법)으로 변경하여 적용할 수 있음

전 개 도



단 면 A-A



※ NOTE

1. 절취 및 암파쇄시 암괴가 토류판이나 H-BEAM에 직접 맞아 충격을 주지 않도록 작업시 유의하여 시공하여야 한다.

2. 뒷채움토의 허용높이는 근입깊이에 따라 허용높이가 상이하며 적용지반별, 근입깊이에 따라 허용높이를 초과하지 않도록 관리하여야 한다. (암파쇄 방호시설 설치지침 참고)

3. 토류판과 유공철판은 H-PILE에 견고히 고정시켜 외력에 충분히 견딜 수 있도록 시공하여야 한다.

4. 토류판은 1m 폭당 68,200kg.cm의 모멘트에 견딜 수 있는 제품을 사용하며, 강도기준을 만족시키는 제품에 대하여 감독원의 승인을 득한 후 현장에서 선정 사용. (본 표준도에 표기된 것을 설치모양의 한 예를 표시한 것임)

재 료 표

(PER 2.0M)

No.	공 종	적 용	단 위	근입깊이별 수량					비 고
				1.5m	2.0m	2.5m	3.0m	3.5m	
①	H-PILE	250X250X9X14	KG	687.800	724.000	760.200	796.400	832.600	72.4 kgf/m
②	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X4,239	KG	539.200	539.200	539.200	539.200	539.200	31.8 kgf/m
③	EQUAL ANGLE	175X75X12X12X2,000	KG	190.800	190.800	190.800	190.800	190.800	31.8 kgf/m
④	CHANNEL	125X75X7	KG	32.1	42.8	53.5	64.2	74.9	10.7 kgf/m
⑤	아 나 방	3X420X3,040	EA	2.631	2.631	2.631	2.631	2.631	
	BOLT NUT	ϕ20X60	EA	14	14	14	14	14	
⑥	토 류 판	150X100X1,950	M^2	12.64	12.64	12.64	12.64	12.64	
	P.V.C PIPE	ϕ400X6	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	구 멍 뚫 기 Φ 23	T=14	EA	14	14	14	14	14	
	천 공 Φ 400	암	M	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
	콘크리트 채움	25-180-8	M^3	0.188	0.251	0.314	0.377	0.440	

※ 목재토류판의 규격은 대표적으로 한 예를 나타낸 것으로, NOTE 4의 강도기준을 만족시키는 설계적용 제품의 규격으로 적용

건설교통부 MINISTRY OF CONSTRUCTION & TRANSPORTATION		도면명	암파쇄 방호시설도 (4-4)	설계자		작성일		도면번호
				확인자		축척		

참 여 진

⊙ 건설교통부

도로국장	강 영 일	(02)504-9070
도로관리과장	유 인 상	(02)504-9075~6
사무관	손 종 철	(02)504-9075~6
담 당	박 선 규	(02)504-9075~6

⊙ 연구진/한국시설안전기술공단

○ 총괄연구

연구책임자/장	범 수	(031)910-4154
연구원 /신	창 건	(031)910-4131
	김 용 수	(031)910-4257
	이 종 영	(031)910-4254

⊙ 자문위원

박 재 구	강릉국도건설유지사무소(건설교통부)
이 승 호	교수(상지대학교)
김 두 준	교수(인덕대학)
김 재 권	상무(삼성물산)
문 상 조	상무(유신코퍼레이션)
김 인 호	상무(코오롱건설)
김 일	대표이사(삼본엔지니어링)

암파쇄 방호시설 설치지침

2004년 11월 30일 인쇄
2004년 12월 31일 발행

발 행 : 대한민국 건설교통부 도로국(02-504-9075~6)
인 쇄 : 유성인쇄공사(02-2265-5540)

(비매품)