

KR C-04020

Rev.2, 19. June 2015

쌍 기

2015. 6. 19



한국철도시설공단

경 과 조 치

이 “철도설계지침 및 편람” 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 “철도설계지침 및 편람”을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 코드별로 변경하였습니다.
또한, 코드에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람”에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(이전 편람) 부분은 설계용역 업무수행의 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 제목 부분의 편람은 각 코드에서의 해설을 총칭한 것입니다.



목 차

1. 용어의 정의	1
2. 쌓기일반	1
2.1 쌓기 두께	1
2.2 쌓기 재료	2
2.3 쌓기 재료의 군분류	3
2.4 쌓기 구분	4
2.5 쌓기 비탈면 및 비탈면 안정	4
2.6 다짐	6
2.7 쌓기 층두께 관리재	7
2.8 쌓기와 구조물 접속부	7
2.9 경사지 쌓기	7
2.10 연약지반위에 쌓기	8
2.11 흙쌓아 넓히기	8
2.12 암석 쌓기	8
2.13 방치기간	9
3. 접속부 지반처리	9
3.1 깎기와 쌓기의 접속부	9
3.2 한쪽 깎기 및 한쪽 쌓기	10
4. 강화노반	10
4.1 기능 및 설계요구 조건	10
4.2 구조	10
4.3 강화노반 폭	10
4.4 강화노반 두께	10
4.5 재료	11
4.6 형상	13
4.7 품질관리	13
5. 쌓기 구간의 원지반	14
6. 비탈면 보호공법	15
해설 1. 쌓기일반	17
1. 쌓기 안정처리공법	17

2. 쌓기 비탈면 및 비탈면안정	17
3. 쌓기 층두께 관리재	19
4. 쌓기와 구조물 접속부	21
5. 경사지 쌓기	21
6. 쌓아 넓히기	21
7. 암석 쌓기	21
해설 2. 접속부 지반 처리	24
1. 깎기와 쌓기의 접속부	24
2. 한쪽 깎기 및 한쪽 쌓기	24
해설 3. 구조물 접속부	26
1. 일반철도	26
2. 고속철도 자갈궤도	28
3. 콘크리트궤도용 구조물 접속부	34
해설 4. 강화노반	41
1. 강화노반 두께	41
2. 형상	41
3. 시공시기	42
해설 5. 쌓기 구간의 원지반	43
 해설참고 1. DIN 18134 (Load Bearing Test) 시험규정	 44
 RECORD HISTORY	 46

1. 용어의 정의

- (1) 강화노반 : 상부노반의 일부를 입도 조정 부순 골재, 슬래그 등의 재료로 조성한 것.
- (2) 노반(路盤 : Road Bed) : 궤도를 부설하기 위한 흙구조물 및 토목구조물.
- (3) 다지기 : 흙쌓기 재료를 소정의 두께로 편 후에 정적압축, 진동 또는 이 두 가지의 혼합 방식으로 소요 다짐도를 얻을 때까지 흙을 다지는 작업.
- (4) 보호공 : 흙쌓기 비탈면과 땅깁기 비탈면을 안정되게 조성하고, 보전하기 위한 각종 보호공법 또는 보수보강공법.
- (5) 본바닥 : 쌓기 및 깎기를 하지 않고 원지반이 그대로 상부노반이 되는 상태.
- (6) 비탈끝 : 비탈면의 아래 쪽 끝부분.
- (7) 비탈면 : 지반의 경사진 면을 말하며 형성 기원에 따라 쌓기 또는 깎기로 만들어진 인공비탈면과 원래 지형이 경사진 자연비탈면으로 구분.
- (8) 비탈어깨 : 비탈면의 최상부.
- (9) 사토 : 깎기 작업에서 발생한 지반 재료 중 쌓기에 부적합한 재료이거나 유용하고 남은 재료.
- (10) 상부노반 : 시공기면으로부터 일정한 깊이(고속철도 3.0m, 일반철도 1.5m)까지.
- (11) 선로중심 : 임의의 위치에서 철도노선의 중심위치이며 시공기면폭의 중심위치.
- (12) 소단 : 비탈면의 점검 및 유지관리를 위하여 비탈면 가운데 일정한 높이 간격으로 설치하는 수평단.
- (13) 시공기면 : 철도노반 마무리면상 철도중심선의 연직방향 위치로, 일반적으로 설계도면에서 높이 기준면.
- (14) 원지반 : 원래의 흐트러지지 않은 자연지반.
- (15) 원지반면 : 원지반의 표면.
- (16) 유용표토 : 설계에 명시된 깊이로 표토를 제거한 표토를 말하며 그 재료가 공사에 유용될 때까지 임시쌓기로 유지하는 것을 포함.
- (17) 유용 흙쌓기 : 땅깁기, 측구파기, 구조물 터파기, 터널 굴착 등에서 발생한 재료를 쌓는 작업.
- (18) 토사 비탈면 : 비탈면이 흙으로 이루어진 것으로, 통상 흙쌓기 비탈면과 땅깁기 비탈면으로 나뉨.
- (19) 팽윤 : 흙이 물을 흡인하여 그 체적이 증가하는 현상.
- (20) 하부노반 : 시공기면으로부터 상부노반을 제외한 아래 부분.

2. 쌓기일반

2.1 쌓기 두께

- (1) 쌓기 시 한 층의 마무리 두께는 다짐규정을 만족하는 두께로 0.3m를 넘지 않도록 한다.



- (2) 소요 다짐도를 만족하기 위한 적당한 한층 두께는 쌓기 재료, 다짐기계, 다짐회수 등에 따라 다르므로 실제 시공 전에 시험다짐시공에 의해 반드시 확인할 필요가 있다.
- (3) 쌓기 높이의 적용한계는 지지지반, 지형 및 지반지질, 지반모양, 쌓기 재료, 주변 환경조건, 건설비 및 보수비 등을 고려해서 설계해야 한다.

2.2 쌓기 재료

- (1) 쌓기, 되메우기 및 뒤채우기에 사용할 재료는 압축성이 작고 활성도가 작은 무기질 흙이어야 하며 다짐이 쉽고 외력에 안정성을 확보해야 한다. 또한 유해한 변형이 발생하지않는 재료를 사용한다.
- (2) 일반철도와 고속철도 쌓기 재료는 <표 1>, <표 2>, <표 3>에 적합해야 한다.

표 1. 일반철도, 고속철도 쌓기 재료의 구분

구분	쌓기 재료로 사용가능한 재료			쌓기 재료로 사용할 수 없는 재료
	자갈궤도		콘크리트궤도	
	일반철도	고속철도		
상부 노반	[A군], [B군], 안정처리된[C군]	[A군], 안정처리된[B군], 안정처리된[C군]	[A군], 안정처리된 [B군]	[D2군] 및 주1)의 흙
하부 노반	[A군], [B군], [C군], 안정처리된 [D1군]	[A군], [B군], [C군]	[A군] 안정처리된 [B군]	

- 주1): a) 벤토나이트, 산성백토, 온천여토 등의 팽창성 흙, 암
 b) 사문암, 이암 등으로서 흡수 팽창에 의해 풍화가 현저한 암
 c) 고유기질토 등의 압축성이 높은 흙
 d) 동토

표 2. 쌓기 재료의 강도정수 기준값

흙의 종류 (통일 분류법)	재료의 상태	건조단위체적중량 (kN/m ³)	내부 마찰각 (도)	점착력 (kN/m ²)
GW, GP	다진 것	20	40	0
SW, SP	입도분포가 좋은 것	20	35	0
	입도분포가 나쁜 것	19	30	0
SM, SC	다진 것	19	25	30 이하
ML, MH, CL, CH	다진 것	18	15	50 이하

표 3. 쌓기 재료의 군분류

군기호	토질 및 암질
[A군]	GW, GP, GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, GM, SW, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC, 경암버력(박리성이 높은 것은 제외)
[B군]	GC, SP, SM, SC, 경암버력(박리성이 높은 것), 연암버력, 취약암버력([D2]군에 포함한 것은 제외)
[C군]	ML, CL, 유기질, 세립토를 함유한 조립토
[D1군]	MH, CH, 취약암버력(점토화하고 있는 것, 시공 후 풍화가 진행하고 또는 전압에 의해 이토화한 것)
[D2군]	OL, OH, Pt

주) 암석버력 및 암석질 재료의 최대입경은 300mm로 한다.

- (3) 쌓기와 구조물의 접속부 재료는 구조물 접속부에 규정된 재료의 기준을 만족해야 한다.
- (4) 쌓기 재료로서 고로슬래그, 탄광 또는 선광 작업 후 잔류분, 석탄회 및 기타 산업부산물 등이 사용될 수 있다. 이때 쌓기 재료로서의 적합성과 환경에 미치는 영향 등에 대한 검토가 반드시 이루어져야 한다.
- (5) 암석 쌓기를 위한 쌓기 시험시 재료에 대한 일반사항은 다음과 같다.
 - ① 재료원: 본선암 유용
 - ② 암질 : 연암 및 경암 사용
 - ③ 최대입경: 300mm 이하(시험시공 후 시공성 및 경제성을 고려하여 최종적으로 결정해야 한다)

2.3 쌓기 재료의 군분류

- (1) 쌓기의 재료는 <표 3>과 같이 분류한다.
- (2) 자갈궤도와 콘크리트궤도에 대한 흙쌓기 상부노반과 하부노반의 재료 요건은 <표 4>와 같다.
- (3) 세립분의 함량은 시험시공을 통하여 조정할 수 있으며, 쌓기에는 다음과 같은 재료를 사용해서는 안 된다.
 - ① 벤토나이트, 온천여토, 산성백토, 유기질토 등 흡수성이 크며 압축성이 큰 흙
 - ② 빙토, 빙설, 초목, 나무등걸 및 다량의 부식물을 함유한 흙
 - ③ 소요의 다짐도로 다져질 수 없을 만큼 너무 젖어 있고, 공사에 사용하기 전에 원위치에서 건조시킬 수 없는 재료
 - ④ 액성한계 50% 이상 되는 재료, 건조단위체적중량 15kN/m^3 이하인 재료, 간극률이 42% 이상, 소성한계가 25% 이상인 흙



⑤ 기타 사용에 부적합한 재료

표 4. 흙쌓기 재료 요건

구분	자갈케도		콘크리트케도	
	상부노반	하부노반	상부노반	하부노반
최대입경	100mm 이하	300mm 이하	100mm 이하	300mm 이하
수정CBR	10 이상	2.5 이상	10 이상	2.5 이상
5mm체(4번체) 통과율	25~100%	-	25~100%	25~100%
0.08mm체(200번체) 통과율	0~25%	-	0~25%	0~25%
소성지수	10 이하	-	10 이하	10 이하

2.4 쌓기 구분

(1) 쌓기 형상은 <그림 1>과 같으며 상부노반과 하부노반으로 구분된다.

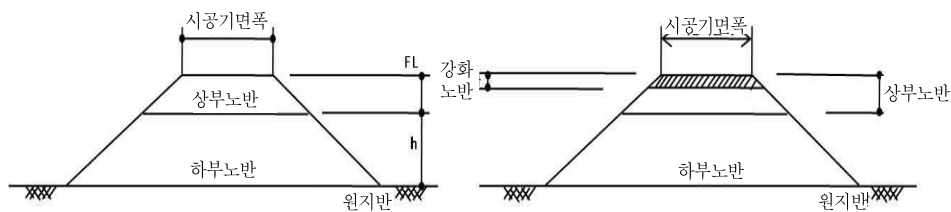


그림 1. 쌓기 형상

(2) 쌓기의 상부노반은 시공기면으로부터 고속철도는 3.0m, 일반철도는 1.5m로 한다.

(3) 하부노반은 상부노반 아래 부분부터 원지반까지의 쌓기 노반이다.

2.5 쌓기 비탈면 및 비탈면안정

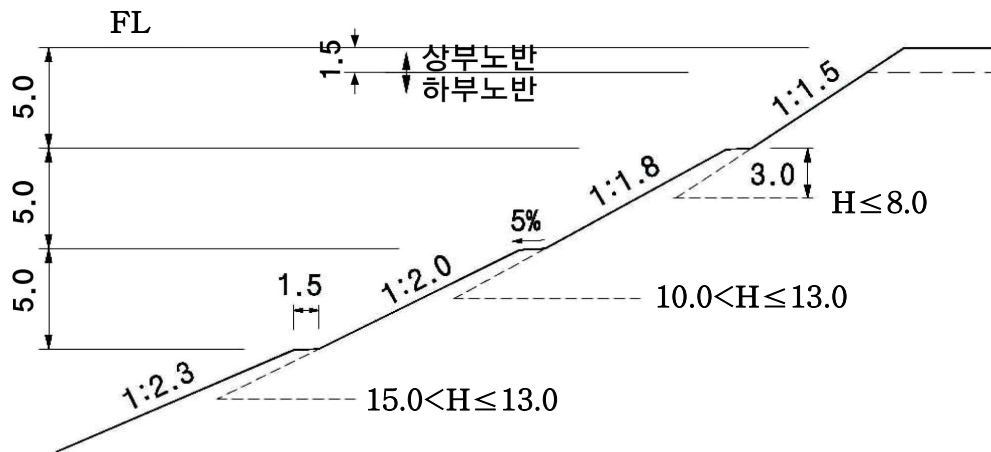
(1) 쌓기 비탈면의 기울기는 <표 5>의 값을 표준으로 설계해야 한다.

표 5. 쌓기 비탈면의 표준기울기

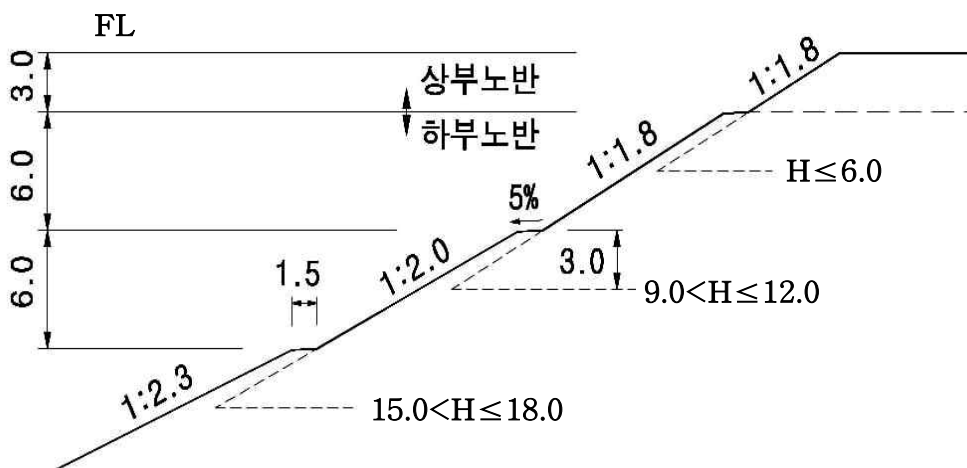
시공기면까지의 높이(H)		일반철도	고속철도
일반철도	고속철도		
$H < 5.0\text{m}$	$H < 3.0\text{m}$	1 : 1.5	1 : 1.8
$5.0\text{m} \leq H < 10.0\text{m}$	$3.0\text{m} \leq H < 9.0\text{m}$	1 : 1.8	1 : 1.8
$10.0\text{m} \leq H < 15.0\text{m}$	$9.0\text{m} \leq H < 15.0\text{m}$	1 : 2.0	1 : 2.0
$H \geq 15.0\text{m}$	$H \geq 15.0\text{m}$	1 : 2.3	1 : 2.3

(2) 쌓기 비탈면의 최종 기울기는 쌓기 지지지반의 형상 및 강도 등을 고려한 비탈면안정을 해석하여 결정해야 하며 실제 시공시 변경된 사항이 있을 경우에는 반드시 재설계를 해야 한다.

- (3) 소단은 일반철도의 경우 시공기면에서 매 5m마다 설치하고, 고속철도는 상부노반 쌓기와 하부노반 쌓기의 경계에 설치하고 다음 6.0m 높이마다 설치한다. 이때 일반철도와 고속철도의 소단 폭은 1.5m로 하고 외측으로 향하는 5%의 횡단기울기를 둔다. 소단의 위치가 <그림 2>와 같이 쌓기 지지 지반면에서 3.0m 이하인 경우에는 그 소단을 생략한다.



(a) 일반철도



(b) 고속철도

그림 2. 쌓기 비탈면의 표준기울기

- (4) 쌓기 비탈면 붕괴 시 복구가 어렵거나 시간이 많이 소요되는 대규모 쌓기 비탈면의 경우에는 내진안정해석을 해야 한다.
- (5) 쌓기 비탈면에 대한 기준안전율은 「건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부, 2011)」에 따르며 <표 6>과 같이 적용해야 한다.



표 6. 쌓기 비탈면 안전율 기준

구분		기준안전율	참조
장기	건기	FS>1.5	· 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS>1.3	· 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건을 적용 한쪽 쌓기 한쪽 깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 · 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시
	지진시	FS>1.1	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용 · 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단기		FS>1.1	· 기간 1년 미만의 단기간의 안정성(시공중 포함) · 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용
· 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토			

* 연약지반 쌓기 비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율은 「건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부, 2011)」의 <표 4.3> 을 따른다.

2.6 다짐

2.6.1 일반사항

- (1) 상부노반 및 하부노반 다짐은 각각 규정된 다짐 재료 및 다짐 요구조건에 만족하도록 설계해야 한다.
- (2) 원지반이거나 깎기한 시공기면은 최소 150mm 깊이로 표면을 긁고 상부노반의 다짐 기준으로 설계한다.
- (3) 쌓기 다짐은 시공기면과 쌓기 비탈면을 고르게 다짐이 되도록 설계해야 한다.
- (4) 종방향 및 횡방향의 깎기와 쌓기 접속부 등도 고르게 다짐하도록 설계해야 한다.
- (5) 건조단위체적중량을 기준으로 상대다짐도를 규정할 경우에는 반드시 현장 및 실내 다짐시험을 시행하도록 설계하고 사용재료와 다짐도는 쌓기 조건에 따라 적합하게 해야 한다.
- (6) 현장에서 적절한 쌓기 시공에 필요한 작업기준을 결정하기 위해서는 시공에 앞서 시험다짐 시공을 수행하도록 설계해야 한다.

2.6.2 다짐도 품질기준 및 시험빈도

- (1) 상·하부노반의 다짐은 <표 7>에 적합해야 한다.

표 7. 상·하부노반의 다짐도 품질기준

시험항목	시험방법	자갈·콘크리트궤도	
		상부노반	하부노반
반복평판재하	DIN 18134	$E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$	$E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.7$
다짐	KS F 2312의 D방법	최대건조밀도의 95% 이상	최대건조밀도의 90% 이상

(2) 다짐 시 한 층의 마무리 두께는 300mm이며 시험시공을 통해 조정할 수 있다.

(3) 상·하부노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도는 <표 8>과 같다.

표 8. 상·하부노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도

시험항목	자갈·콘크리트궤도	
	시험방법	시험빈도
반복평판재하	DIN 18134	· 다짐 3층당, 궤도중심의 종단 50m마다
현장밀도	KS F 2311	· 다짐 1층당, 궤도중심의 종단 50m마다
다짐	KS F 2312의 D 방법	· 토질변화 시 마다
두께 측정		· 1일 1회 이상

2.7 쌓기 층두께 관리재

- (1) 쌓기 층마다 마무리 면에 층두께 관리재를 부설할 수 있다. 그러나 쌓기 재료가 경암벼력 또는 자갈인 경우에는 부설하지 않는다.
- (2) 층두께 관리재는 요구되는 재질, 강도, 인장 변형율, 내후성 등을 만족하는지 반드시 확인하여 설계해야 한다.

2.8 쌓기와 구조물 접속부

- (1) 쌓기가 교대나 터널, 횡단구조물에 접하는 경우에는 반드시 접속부를 설치하도록 설계해야 한다.
- (2) 접속부는 강화노반 재료와 동등한 재료를 사용하여 설계해야 한다.
- (3) 쌓기와 구조물이 접하는 부분에 분기기 설치시는 접속부를 분기기까지 연장하고 사각구조물에서는 좌우 궤도강성의 균일성을 유지하도록 설계해야 한다.

2.9 경사지 쌓기

- (1) 원지반의 기울기가 1:4보다 급한 기울기를 가진 지반 위에 쌓기를 하는 경우에는 쌓기 지반과 원지반면이 밀착되도록 시공하고 지반변형과 활동을 방지하기 위하여 원



지반면을 층파기 해야 한다.

- (2) 층파기의 표준치수는, 기초지반이 토사인 경우에는 최소높이 0.6m 이상, 최소폭 1.0m(기계 토공사 시에는 3.0m 이상)으로 하고, 암반인 경우에는 층파기 깊이를 암 표면으로부터 연직으로 최소 0.4m로 해야 한다.
- (3) 기초지반에 침출수가 있는 경우에는 원지반에 접한 쌓기 부분에 투수성 재료를 사용하거나 배수층을 설치하고 비탈끝에는 쌓기가 붕괴되지 않도록 돌쌓기 등으로 설계해야 한다.

2.10 연약지반 위에 쌓기

- (1) 쌓기 시 지지지반이 쌓기 지지지반으로서의 조건을 만족시키지 못하는 경우에는 원지반 조건이 만족하는 깊이까지 치환하거나 연약지반 처리대책으로 설계해야 한다.
- (2) 연약지반 처리대책으로 설계할 때에는 지반특성, 시공조건, 노선 특성 등을 고려해야 한다.
- (3) 연약지반 처리대책으로 설계할 때에는 지반개량 목적, 공법의 특성, 지반 조건 등을 고려하여 가장 합리적이고 경제적인 방법으로 해야 한다.
- (4) 연약지반 위에 쌓기는 파괴에 대한 안정성과 과도한 침하 또는 변형으로 파괴요인이 구분되며, 이를 고려하고 주변 지반에 미치는 영향에도 유의하여 설계해야 한다. 또한, 연약지반 처리에 따른 허용잔류 침하량의 크기는 일반적으로 100mm를 기준으로 하며 해당구조물의 중요도 유지보수 비용 등을 감안하여 적용해야 한다.
- (5) 연약지반 위에 쌓기의 설계 당시에는 주어진 지반조건 및 배수조건과 관련된 설계정수들을 정확히 추정하는 것이 어려우므로 실제 시공 시 반드시 침하 및 안정성을 확인하도록 계측기 설치 및 관리 방안을 강구해야 한다.

2.11 흙쌓아넓히기

- (1) 기존 쌓기 노반을 쌓기로 넓히는 경우 신설할 궤도의 넓이(또는 폭) 범위는 시공기면부터 최소 1.0m 이상을 상부 노반재료로 치환해야 한다.
- (2) 가설 토류벽을 이용하여 치환부를 깎기하는 경우에는 토압이나 열차하중을 고려하여 안정검토를 해야 한다.
- (3) 기존 쌓기 비탈면을 깎기가 어려운 경우는 기존선 열차운행에 안전한 방토설비를 해야 한다.
- (4) 기존 쌓기면은 신설 쌓기 마무리 두께의 2배(0.6m) 높이로 층파기를 해야 한다.

2.12 암석 쌓기

- (1) 암석 쌓기를 위한 재료는 연암 또는 경암이어야 하며 상부노반과 하부노반에 암반의 간극이 충분히 메워질 수 있도록 입도를 조정하여 설계해야 한다.
- (2) 암석 쌓기를 위한 재료 및 다짐방법은 반드시 시험시공을 한 후 시공성 및 경제성을 고려하여 최종 결정해야 한다.

- (3) 시공기면에서 0.6m 깊이까지는 암버력으로 하여서는 안 된다.
- (4) 암석 쌓기 위에 상부노반을 세립재료로 쌓는 경우에는 필터의 역할을 충분히 할 수 있는 입상재료를 사용하여 암석쌓기 재료의 입도를 조정하여 성능을 확보할 수 있도록 설계해야 한다.

2.13 방치기간

강화노반이나 궤도가 쌓기 침하에 의하여 받는 영향을 줄이기 위하여 <표 9>에 표시한 방치기간을 설정해야 한다.(<그림 3> 참조) 또한, 침하계측 자료로부터 예측된침하량이 허용값을 만족하지 못할 경우 대책 공법을 실시해야 한다.

표 9. 쌓기의 방치기간

쌓기 재료 쌓기 지반	상, 하부 쌓기에서 [A군]재료의 경우	기타의 경우
세 립 토	3개월 이상	6개월 이상
상기 이외의 지반	1개월 이상	3개월 이상

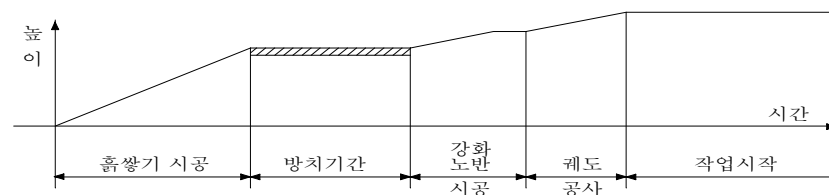


그림 3. 방치기간

3. 접속부 지반 처리

3.1 깎기와 쌓기의 접속부

- (1) 노반과 궤도를 지지하는 조건이 급격하게 변화는 것을 피할 수 있게 깎기와 쌓기 접속부, 교량과 토공노반 및 터널과 토공노반 접속구간은 완충구간을 설치하도록 설계해야 한다.
- (2) 원지반면의 종단방향 경사가 1:1.5보다 완만하도록 원지반을 깎기해야 하며 깎기한 원지반면은 층따기를 해야 한다.
- (3) 현장여건상 깎기가 곤란한 경우는 쌓기부에 어프로치 블록(Approach block)을 설치하도록 설계해야 한다.
- (4) 깎기와 쌓기의 접속부에는 필요시 배수공을 설치해야 한다.
- (5) 특히 종단 기울기가 변화하는 변곡점부에는 노반의 연약화를 방지하기 위한 횡단배수 유도관을 설치하여 배수처리를 해야 한다.



3.2 한쪽 깎기 및 한쪽 쌓기

- (1) 시공기면이 깎기와 쌓기에 모두 해당되는 경우에는 궤도 아래의 침목 끝 양측에 도상 두께를 더한 범위가 쌓기와 깎기의 양쪽에 모두 걸친 경우는 그 범위에 대하여 시공기면으로부터 최소 1.0m의 깊이까지 원지반을 깎기하여 쌓기 재료로 치환해야 한다.
- (2) 쌓기 지반이 경사져 있는 부분에는 0.6m 높이로 층따기를 한다.
- (3) 상황에 따라 필요시 배수공을 설치해야 한다.

4. 강화노반

4.1 기능 및 설계요구 조건

- (1) 강화노반은 궤도를 충분히 견고하게 지지하는 것과 함께 궤도에 대하여 적당한 탄성을 부여하고, 강화노반 하부의 노반 연약화를 방지하도록 설계해야 한다.
- (2) 강화노반은 상부노반이 견딜 수 있는 정도로 하중을 분산시킴과 함께 상부노반에 대한 우수의 침입을 방지하기 위해 차수의 기능을 갖도록 해야 한다.
- (3) 강화노반이 충분히 다짐되어 도상자갈의 관입이 발생하지 않도록 설계해야 한다.
- (4) 우수가 강화노반에 침투하여도 간극수압의 상승을 일으키지 않아야 한다.

4.2 구조

- (1) 강화노반은 노반의 지지력을 확보하기 위해 상부노반내의 윗부분에 설치된다.
- (2) 강화노반은 궤도를 직접 지지하는 층으로 노반의 지지력을 확보하며 배수가 원활히 되도록 설치해야 하며, 동상방지의 목적으로 지역별 동결심도를 고려하여 동상영향을 평가하여 적절한 두께가 되도록 설계해야 한다.
- (3) 강화노반은 평지 및 깎기 구간에 필요에 따라서 강화노반 하부에 배수층을 설치한다.

4.3 강화노반 폭

- (1) 강화노반 폭은 강화노반 표면에 배수경사를 설치한 상태에서 궤도중심으로부터 시공기면 끝단까지 설계해야 한다.
- (2) 곡선구간은 캔트에 의해 도상하단이 넓어지므로 이를 고려하여 설계해야 한다.
- (3) 측구, 방음벽, 안전울타리 등은 강화노반에 접하여 설치하도록 설계해야 한다.
- (4) 기본사항 이외의 폭과 결붙이기에 대한 사항은 별도의 안정성을 검토하여 설계해야 한다.

4.4 강화노반 두께

- (1) 강화노반 두께는 궤도구조, 열차속도, 상부노반 또는 원지반의 지반 특성 및 동결심도에 대해 안정하도록 설계해야 한다.

- (2) 강화노반 두께는 <표 10>과 같이 열차설계속도, 도상조건 등을 고려하여 설계해야 한다.

표 10. 열차속도에 따른 강화노반 두께(mm)

노반형상 노반조건	자갈 · 콘크리트 노반 (상부노반상 $E_{v2} \geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$)		
	$V \leq 200\text{km/h}$	$200\text{km/h} < V \leq 300\text{km/h}$	$300\text{km/h} < V \leq 400\text{km/h}$
쌓기/깔기/평지/암반구간 (보통암 및 경암)	200	300	400
쌓기 및 깔기 구간에서의 배수층	5.2.3 쌓기부 및 깔기부 배수시설을 따름		

- (3) 암반상의 강화노반은 깔기 구간 중 암반이 100m 이상 나타날 경우 강화노반은 원칙적으로 설치하지 않는 것으로 하되, 균열 상태, 풍화 및 암반의 특성에 따라 <표 10>를 적용할 수 있다. 또한, <그림 4>와 같이 변화구간을 두어 강성차이에 따른 침하량을 최소화해야 한다.

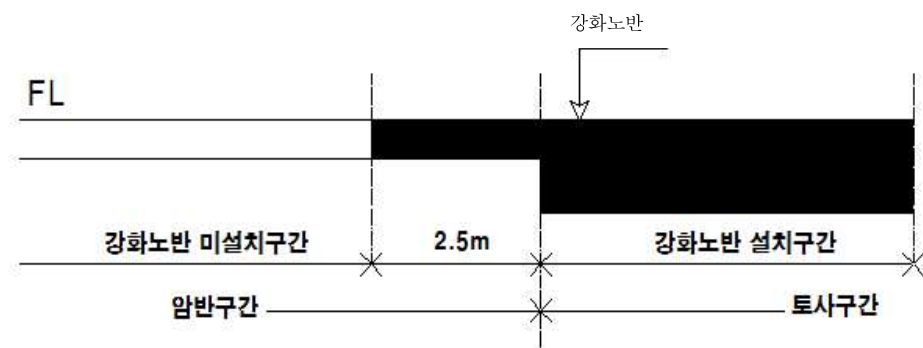


그림 4. 변화구간

- (4) 특수한 노반조건인 경우는 역학적 및 경험적 설계를 통해 별도의 두께로 설계해야 한다.
(5) 강화노반 두께가 변화하는 개소에는 열차의 인접 대차 사이의 거리만큼의 완화구간을 설정하여 두께를 변화시켜 설계해야 한다.

4.5 재료

- (1) 강화노반 재료는 압축성이 작고 입도 분포가 양호한 재료를 사용하며, 견고하고 내구성을 가진 재료 및 공사 감독자(감독자/감리원)가 승인한 규정에 적합한 재료로 한다.
- (2) 위의 재료와 다른 종류의 재료를 이용하는 경우는 지지력, 내구성 등을 검토하여 상기의 노반재료와 동등 이상의 성능을 가지는 것으로 해야 한다.
- (3) 혈암, 점판암, 이암, 사암 등과 같은 강도가 현저히 낮거나 박리현상이 뚜렷한 암은 사용해서는 안 된다.



(4) 강화노반층 재료

- ① 강화노반층은 KS F 2525(도로용 부순 골재)의 입도 조정 부순 골재(M-40, M-30, M-25)의 규정에 적합한 재료로 한다.
- ② 비중, 흡수량 및 마모감량은 KS F 2503(굵은 골재의 비중 및 흡수율 시험방법), KS F 2508(로스엔젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험 방법), KS F 2340(사질 토의 모래 당량 시험방법), KS F 2575(굵은 골재 중 편장석 함유량 시험방법)에 의해서 시험하고 <표 11>에 적합한 것으로 한다.

표 11. 강화노반층 재료의 품질

비중	흡수량(%)	마모감량(%)	모래당량(%)	편평 세장편 함유량(%)
2.45 이상	3.0 이하	35 이하	25 이상	25 이하

단, 고로슬래그 잔골재의 흡수율은 3.5% 이하의 값을 표준으로 한다.

- ③ 소성지수는 KS F 2303(흙의 액성한계, 소성한계 시험)에 의해서 시험하고 비소성(NP: Non Plastic)이어야 한다.
- ④ 함수량은 다짐할 때에 소요 밀도가 확실히 얻어지는 범위의 것이어야 한다.
- ⑤ 입도는 KS F 2502(골재의 체가름 시험), KS F 2511(골재에 포함된 잔 입자 시험)에 의해 시험하고, <표 12>에 적합한 것으로 한다.

표 12. 강화노반층 재료의 입도

구분			체를 통과하는 물질의 질량 백분율(%)									
종류	호칭명	입도 범위 (mm)	표준망체(mm)									
			53	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	4.74	2.36	0.425	0.075
입도 조정 부순 골재	M-40	40~0	100	95~10	-	-	60~90	-	30~65	20~50	10~30	2~10
	M-30	30~0		0	95~10	-	60~90	-	30~65	20~50	10~30	2~10
	M-25	25~0		100	0	95~100	-	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10
				-	100	-	-	-	-	-	-	

- ⑥ 열차속도 200km/h 이하인 강화노반층 재료로 사용되는 철강 슬래그는 KS F 2535(도로용 철강 슬래그)에 의한 수경성 입도 조정 고로 슬래그(Hydraulically and Mechanically Stabilized Slag-25: HMS-25)와 입도 조정 철강 슬래그(Mechanically Stabilized Slag-25: MS-25, MS-40)를 사용하고 품질 및 입도분포는 <표 13>, <표 14>와 같다.

표 13. 강화노반층용 고로 슬래그의 품질

종류	수정 CBR* ¹ (%)	일축압축강도* ² (kN/m ²)	단위체적중량* ³ (kN/m ³)	마모감량	흡수율 (%)
수경성 입도 조정 고로 슬래그(HMS-25)	80 이상	2주 강도에서 1,200 이상	15 이상	35% 이하	-
입도 조정 철강 슬래그 (MS-40, MS-25)	80 이상	-	15 이상	35% 이하	3.5 이하

주) 입도는 KS F 2502 「골재의 체가름 분석 시험」에 의한다.

*1 수정 CBR 시험은 KS F 2320에 의한다.

*2 일축 압축 강도 시험은 KS F 2535의 부속서 B에 의한다.

*3 단위체적중량 시험은 KS F 2505에 의한다.

표 14. 고로 슬래그 강화노반층 재료의 입도규정

종류	호칭	입도 범위 (mm)	체를 통과하는 물질의 질량 백분율(%)									
			입도(mm)									
			50	40	30	25	20	13	5	2.5	0.4	0.08
수경성 입도 조정 고로 슬래그	HMS-25	25~0	-	-	100	95~100	-	60~80	35~60	25~45	10~25	3~10
입도 조정 철강 슬래그	MS-40	40~0	100	95~100	-	-	60~90	-	30~65	20~50	10~30	2~10
	MS-25	25~0	-	-	100	95~100	-	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10

4.6 형상

- (1) 시공기면 및 상부노반면에는 선로횡단방향에 3%의 배수기울기를 설치해야 한다.
- (2) 시공기면 내의 보수통로 부분에는 필요에 따라서 간이 포장 또는 RC판 포장을 할 수 있다.

4.7 품질관리

4.7.1 일반사항

- (1) 강화노반의 평탄성 및 두께검사는 노반 연장 약 50m마다 시험단면을 설치하되 단선의 경우 궤도중심 및 궤도중심으로부터 양측으로 2.0m 떨어진 위치에서 시행한다. 복선 이상이 되는 경우에는 선로중심, 각 궤도중심 및 가장 외측 궤도중심으로부터 양 외측으로 2.0m 떨어진 위치에서 시행한다.
- (2) 강화노반의 다짐도 시험은 노반 연장 약 50m마다 시험단면을 설정하여 단선의 경우 침목 양 끝, 복선 이상의 경우에는 선로중심 및 자갈궤도의 외측 침목 단부 또는 각 슬래브의 외측단부에서 실시해야 한다.



- (3) 또한, 노반에 구조물 등이 50m 이내에 있는 경우에는 그 구간에 1개소의 시험 단면을 설정하도록 한다. 현장 품질관리시험 종료 시 생긴 측정공은 즉시 동일한 재료를 사용하여 충분히 다짐하여 복원한다.

4.7.2 다짐관리기준 및 시험빈도

- (1) 강화노반 재료의 품질관리 방법은 <표 15>를 따른다.
- (2) 강화노반의 다짐관리 기준은 <표 16>을 적용하여 관리해야 한다.
- (3) 강화노반의 포설은 1층 다짐 완료 후 두께는 200mm 이하가 되도록 균일하게 포설한다.
- (4) 강화노반에 대한 현장 다짐관리 방법은 <표 17>을 따른다.

표 15. 강화노반 재료의 품질관리 방법

구분	시험방법	시험빈도
입도	KS F 2302	궤도중심의 종단 50m마다
마모율	KS F 2508	
편평 세장편 함유량	KS F 2575	
모래당량	KS F 2340	

표 16. 강화노반 다짐관리 기준

시험 항목	시험 방법	자갈 · 콘크리트궤도	
		$V < 200\text{km/h}$	$200\text{km/h} \leq V < 400\text{km/h}$
반복평판재하	DIN 18134	$Ev2 \geq 80\text{MN/m}^2$, $Ev2/Ev1 < 2.3$	$Ev2 \geq 120\text{MN/m}^2$, $Ev2/Ev1 < 2.2$
다짐	KS F 2311	최대건조밀도의 95% 이상	최대건조밀도의 100% 이상

표 17. 강화노반 현장 품질관리 항목 및 시험빈도

시험 종목	시험방법	시험빈도
반복평판재하	DIN 18134	· 최상부층 궤도중심의 종단 50m마다
현장밀도	KS F 2311	· 다짐 1층당, 궤도중심의 종단 50m마다
두께 측정		· 1일 1회 이상

5. 쌓기 구간의 원지반

- (1) 쌓기 구간의 원지반은 쌓기를 안전하게 지지하며 침하가 되지 않도록 해야 한다.
- (2) 쌓기 구간의 원지반의 지표에서 쌓기 폭의 약 2배(25m한도)의 깊이까지 지진 시 액상화 위험이 없도록 설계한다.

(3) 원지반은 상부노반 및 하부노반의 설계기준을 만족해야 한다.

(4) 콘크리트궤도에서의 쌓기 층 허용잔류침하량

① 콘크리트궤도에서의 허용잔류침하량은 30mm 이하로 한다.

가. 허용잔류침하량 30mm는 노반 인수인계 후 예상되는 원지반 침하량과 성토체 침하량 및 궤도구조에서의 침하량(총합 25mm), 그리고 열차하중에 의한 침하량(5mm로 가정)을 모두 포함한다.

나. <그림 5>와 같이 분지모양으로 잔류침하가 발생할 경우 큰 종곡선 반경으로 보정되는 것이 허용될 수 있으므로 경사부를 ra (보정된 종곡선 반경(m))가 $0.35 \times V^2$ (V 는 설계속도, km/h)보다 클 경우, 추가검토를 통해 잔류침하량을 60mm까지 허용할 수 있다.

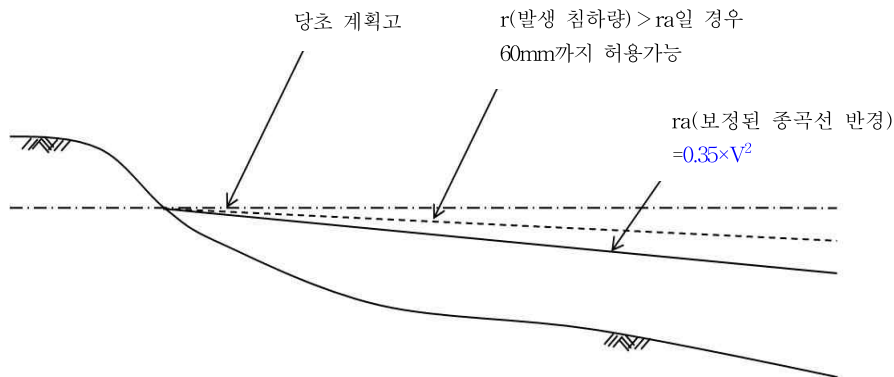


그림 5. 분지모양 잔류침하

6. 비탈면 보호공법

(1) 일반내용

① 쌓기 비탈면에는 표면의 침식 방지와 표토 강화를 위해 비탈면 보호공법을 설치해야 한다.

② 비탈면 보호공법의 선정은 쌓기 재료, 비탈의 규모, 기타의 조건을 고려하여 최적의 공법을 선정해야 한다.

(2) 식생공법

① 식생공법은 비탈면의 침식방지과 표면붕괴 방지를 위해 설치하며 생육기반의 안정을 확보하는 것으로 선정해야 한다.

② 식생공법은 쌓기 재료, 기상조건, 시공시기, 식생종류 등을 고려하여 선정해야 한다.

③ 식생공법은 씨앗뿌어붙이기공법, 식생매트공법, 폐불임공법, 식생대공법 등이 있다.

(3) 돌붙여깔기공법에 사용하는 암은 경암으로 한다.

(4) 블록붙임공법, 돌붙임공법

① 돌붙여깔기공법 및 식생공법이 적당하지 않은 쌓기 재료를 사용한 비탈면에는 블록



불임공법 또는 돌불임공법으로 설계한다.

- ② 높이가 3.0m 이상인 경우 프리캐스트 격자틀공법과 돌불임공법을 조합하는 등의 공법을 설계한다.

- ③ 신설 쌓기면에 이용하는 돌불임공법은 메불임으로 설계한다.

(5) 프리캐스트 격자틀공법 및 기타

- ① 쌓기 비탈면에 사용하는 격자틀공법은 일반적으로 프리캐스트 격자틀공법으로 설계한다.

- ② 격자틀공법은 비탈면에 유수 및 간극수압의 영향이 있을 경우에 설계한다.

- ③ 비탈표면의 침식 방지를 위해서는 식생공법, 돌불임공법, 막돌공법 등과의 조합을 검토하고 가장 유효한 공법을 사용해야 한다.

- ④ 기타의 비탈면 보호공법은 돌망태공법, 편책공법 등으로 설계할 수 있다.

(6) 전철주 기초 주변의 비탈보호

- ① 쌓기 비탈면 부근에 호우 시 전주 등을 따라 우수가 비탈면에 집중되어 흘러내릴 우려가 있는 경우에는 침식 및 붕괴 등을 방지하기 위해 비탈면 방호를 설계해야 한다.

가. 전주가 시공기면에 설치될 경우에는 우수가 배수로로 흐르게 하고 필요한 포장 및 테두리 콘크리트 등을 설치하여 한다.

나. 전주가 쌓기 비탈면에 설치된 경우는 전주 주변을 시공기면과 같은 높이 쌓기를 하고, 우수가 배수로로 흐르게 하거나 전주 주변에 돌불임공 등 쌓기 비탈이 훼손되지 않게 비탈면 보호공을 설치해야 한다.

해설 1. 쌓기일반

1. 쌓기 안정처리공법

안정처리공법은 시멘트, 역청제, 석회 등과 같은 첨가제를 사용하는 방법과 강열건조정적다짐, 다른 흙과 혼합, 호층 쌓기하는 첨가제를 사용하지 않는 방법이 있다. 일반적인 안정처리 공법의 종류별 내용은 <표 18>과 같다.

표 18. 일반적인 안정처리 공법

안정공법	안정처리 개요	적용성
시멘트 혼 합	포틀랜드 시멘트, 고로시멘트를 첨가하여 토립자를 결합시키고 컨시스턴시를 개량하여야 한다.	범용성이 있고, 적용사례 많고 신뢰도가 크다
석회혼합	생석회, 소석회 또는 플라이애쉬를 혼합한 것을 첨가하고, 화학반응에 따라, 함수비 저하와 컨시스턴시 개선으로 시공성을 향상	범용성이 있고 고함수비 흙에 적용사례가 많다.
생석회 말 뚝	토취장에 미리 타설하여, 지반의 함수비를 저하시켜 토취하고, 시공성을 향상시킨다. 깎기 흙의 유용에는 효과적	혼합설비가 필요 없고 공기 단축이 가능하다.
역청제 혼 합	아스팔트 유제를 단독 또는 시멘트를 병용하여 혼합하여야 한다. 설비시공관리가 필요, 토립자의 점착력을 증가시킴과 함께 내수성을 향상시킨다.	저함수비 흙에 적용
고분자 제혼합	고분자등, 화학성 재료를 혼합하여 재료의 성질을 개선하여야 한다.	비용이 고가
혼 합	양질의 흙을 혼합하여 부적합한 흙을 개선하여야 한다.	혼합설비를 필요로 하고 충분한 시공관리가 필요
샌드위치	불량토와 양질토를 번갈아 흙쌓기하고, 안정과 강도증가를 꾀하여야 한다. 고함수비 흙과 모래층의 호층(互層)실시 예가 많다.	시공이 복잡하며 충분한 시공관리가 필요하다.

2. 쌓기 비탈면 및 비탈면안정

(1) 쌓기 비탈면의 최종 기울기는 쌓기 지지지반의 형상 및 강도 등을 고려한 비탈면안정을 해석하여 결정해야 하며 실제 시공 시 변경된 사항이 있을 경우에는 반드시 재설계를 해야 한다.

- ① 비탈면 기울기의 결정요소는 흙의 종류, 토층의 구성형태, 지반의 강도, 투수성, 용수상황, 함수비의 증가에 따른 강도저하, 우수 및 표면수의 침식에 대한 안정여부 등이 있는데, 상기의 결정요소를 자세히 조사하여도 반드시 충분히 파악할 수 있는 것은 아니다.



따라서 비탈면 기울기의 결정요소에 충분한 확신을 가질 수 없는 경우는 국부적으로 굴착하여 원지반 상태를 확인하고 이에 따라 당초의 설계를 변경하거나, 비탈면 굴착 시공 중 원지반의 상태에 이상이 있을 경우는 그에 따라서 비탈면의 기울기를 변경해야 한다.

(2) 고속철도 쌓기 비탈면 표준기울기는 <그림 6>과 같다. 그림에서와 같이 시공기면으로부터의 기울기는 높이 9m까지 1:1.8, 9~15m까지는 1:2.0, 15m을 넘는 부분은 1:2.3을 표준으로 한다.

① 하부노반과 상부노반의 경계면에는 외측으로 향하여 5%의 횡단기울기를 두어 원활한 배수가 되도록 한다.

② 고속철도의 소단은 상부노반 쌓기와 하부노반 쌓기의 경계에 설치하고 다음 6.0m 높이마다 설치한다. 이때 고속철도의 소단 폭은 1.5m로 하고 외측으로 향하는 5%의 횡단기울기를 두고 비탈면 배수공을 설치할 경우 <그림 7>과 같이 3% 이상의 종단기울기를 둔다. 그러나 소단의 위치가 쌓기 지지 지반면에서 3.0m 이하인 경우에는 그소단을 생략해도 좋다.

(3) 일반철도 쌓기 비탈면 표준기울기는 <그림 7>과 같다. 그림에서와 같이 시공기면으로부터의 기울기는 높이 5m 미만은 1:1.5, 5m~10m까지는 1:1.8, 10m~15m 미만은 1:2.0, 15m을 넘는 부분은 1:2.3을 표준으로 한다. 소단은 시공기면에서 매 5m 높이마다 설치한다. 이때 소단 폭은 1.5m를 표준으로 하고 외측으로 향하는 5%의 횡단기울기 및 3%이상의 종단 기울기를 둔다.

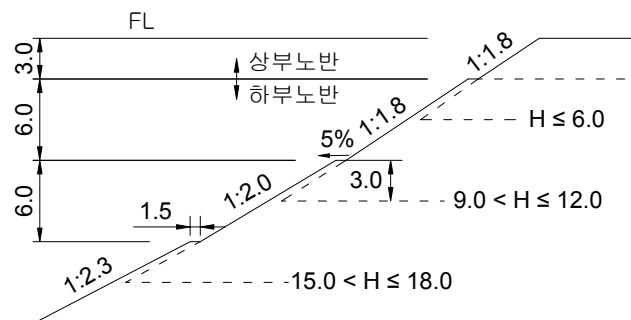


그림 6. 고속철도 비탈면 표준기울기

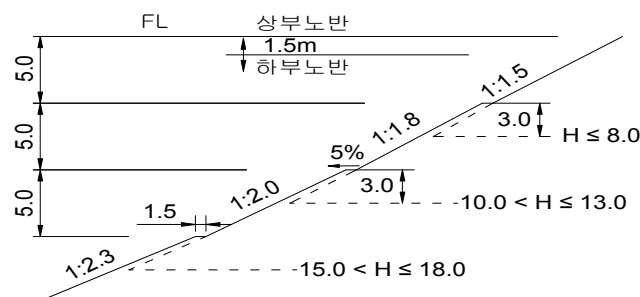


그림 7. 일반철도 비탈면 표준기울기

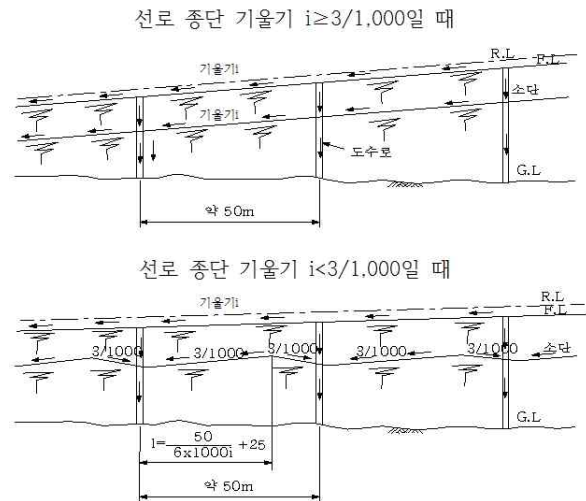


그림 8. 비탈면 배수공을 설치하는 경우 소단의 종단기울기

(4) 쌓기 비탈면 안정검토

- ① 계획단면에 대해 원지반 토질, 두께, 물성치를 고려하여 안정검토 단면을 선택해야 한다. 특히, 경사진 경우에 대한 안정검토를 포함해야 한다.
 - ② 단계 쌓기 공법을 적용하는 경우 증가된 점착력 산정 시 지중응력의 영향과 평균압밀도가 아닌 위치별 압밀도를 적용해야 한다.
 - ③ 쌓기 하중 외에도 궤도, 열차하중을 고려해야 한다.
 - ④ 검토 시기는 쌓기의 경우 시공직후가 안전율이 최소가 되므로 시공직후에 대해 원지반의 비배수조건의 전응력 해석을 해야 한다.
- (5) 쌓기 비탈면 붕괴 시 복구가 어렵거나 시간이 많이 소요되는 대규모 쌓기 비탈면의 경우에는 내진안정해석을 해야 한다.
- ① 지진력 산정은 내진설계 기준에 따라 적용하고 등가정적해석법에 의하여야 한다.
 - ② 지형 또는 지반조건이 복잡하거나 정교한 해를 필요로 하는 경우에는 동적해석을 할 수 있다.
 - ③ 하중은 고정하중+지진하중을 기본으로 하고 궤도중량을 시공기면 전폭에 적용시키고 열차중량은 고려하지 않는다.
 - ④ 지진력 산정 시 발생하는 변위를 허용하고 설계수평지진계수의 50%를 고려해야 한다.

3. 쌓기 층두께 관리재

- (1) 쌓기 층마다 마무리 면에 층두께 관리재를 부설할 수 있다. 그러나 쌓기 재료가 경암 버력 또는 자갈인 경우에는 부설하지 않는다.
- ① 경암 버력인 경우 마감면의 두께나 평탄성을 확보하는 것이 곤란하며, 층두께 관리재를 부설함에 따라 재료간의 맞물림 효과를 저해하는 역 효과가 날 수도 있기 때문에 생략하여도 된다. A군재료의 경우 마찬가지로 이유에서 생략해도 좋다.



- (2) 층두께 관리재는 1층마다의 마감층 두께의 관리와 수평 깔기 등의 시공 상황의 확보를 용이하게 함과 동시에 불도저, 타이어 로러 등의 시공기계의 비탈어깨 부근 주행을 가능하게 하여 쌓기 전체를 균질하고 충분한 다짐이 가능하게 된다.
- (3) 층두께 관리재는 일반 쌓기 보강재에 비해 인장강도가 작고 신도가 크기 때문에 적극적인 보강효과는 얻어지지 않으나, 비탈표면의 균열을 방지하고 지진 시에 비탈어깨 등에 가속도의 증폭을 저감하여 소규모 붕괴를 억제하는 효과가 있다.
- (4) 층두께 관리재는 <표 19>에서 요구되는 재질, 강도, 인장 변형률, 내후성 등을 만족하는지 반드시 확인하여 설계해야 한다.

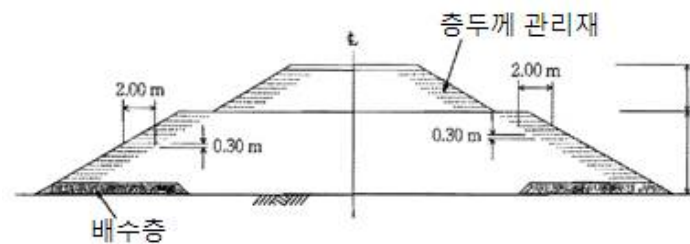


그림 9. 층두께 관리재 설치 예

표 19. 층두께 관리재의 재료물성

항목	네트·그리드계		부직포계	
	필요물성치	비고	필요물성치	비고
재질	합성고분자재		합성고분자재	
항복점 강도	2kN/m 이상	측정온도 21℃±2℃	5kN/m 이상	
신율	8% 이상		15% 이상	구속압 49kN/m ² 일 때
투수계수 (cm/sec)	-		면내 5×10 ⁻¹ 이상 수직 1×10 ⁻² 이상	구속압 49kN/m ² 일 때
최대 강도	2kN/m 이상		5kN/m 이상	측정온도 21℃±2℃
두께 유지율	-		50% 이상	구속압 49kN/m ² 일 때
두께	-		1.5mm 이상	JIS L 1085에 준함
망눈	중·형 15~30mm		-	
연화점	100℃ 이상		100℃ 이상	
취화(脆火)온도	-20℃ 이하		-20℃ 이하	

- (5) 층두께 관리재는 전압 보조재 혹은 시공관리재로서의 사용이 주목적이므로 장기 내구성은 반드시 기대하고 있지 않으나 강우 등에 대한 비탈면 강화의 관점으로부터는 장기 내구성이 있는 재료인 것이 바람직하다.

4. 쌓기와 구조물 접속부

(1) 공통사항

접속구간에서 차량의 주행안전성을 보장하고 궤도의 급격한 파손을 막기 위하여 궤도가 일정한 성능을 유지할 수 있도록 관리기준을 정하는 것이 필요하다. 차량의 주행안전성 확보 및 궤도파괴를 방지하기 위한 설계 및 관리기준은 <표 20>과 같다.

표 20. 접속부의 설계 및 관리기준

항목	차체상하진동 가속도	윤증변동율	레일응력	레일압상력
기준값	1.3m/s^2	0.13	90MPa	체결력의 70%

5. 경사지 쌓기

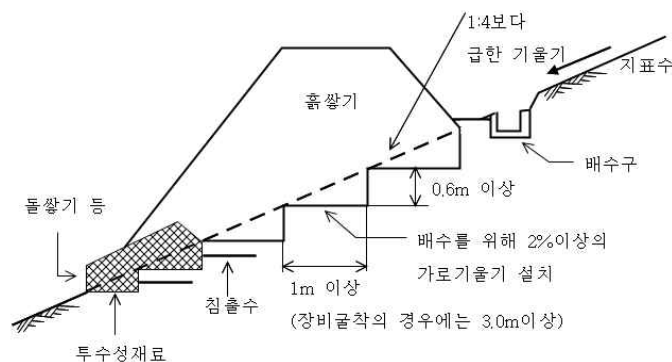


그림 10. 경사지 쌓기의 경우 실시되는 층따기

6. 쌓아 넓히기

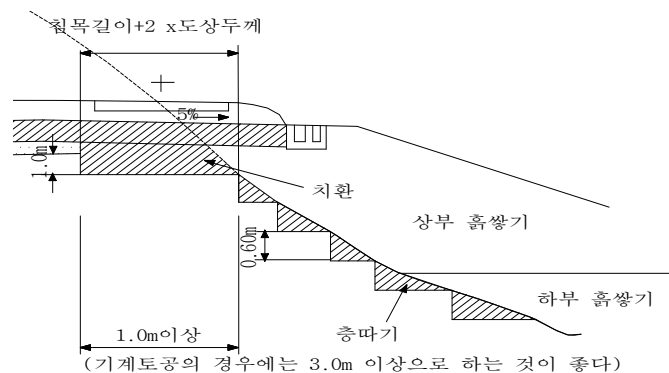


그림 11. 쌓아 넓히기

7. 암석 쌓기

자갈궤도와 콘크리트궤도에 사용되는 암석쌓기의 재료요건은 <표 21>, <표 22>과 같다.



표 21. 자갈궤도용 암쌓기 재료 요건

구 분	상부노반			하부노반
최대입경	200mm			300mm
입 도	200mm	100	시험시공 후 조정가능	입도배합이 양호한 재료
	125mm	-		
	106mm	-		
	101.6mm	90~60		
	63.5mm	82~52		
	25.4mm	73~36		
	9.52mm	59~22		
	5mm	50~15		
	2.5mm	42~12		
	1.2mm	36~9		
	0.6mm	28~6		
	0.3mm	22~4		
	0.15mm	16~3		

주) 암쌓기시 상·하부노반의 경계면에 설치하는 차단재는 다음요건에 적합하여야 한다.

- ① 재질 및 두께 : 부직포 「KS K 2630」, 3mm 이상
- ② 무게 : 5N/m²
- ③ 인장강도 : 1.02N 이상

표 22. 콘크리트궤도용 암쌓기 재료 요건

구 분	상부노반			하부노반		
최대 입경	125mm			300mm		
입 도	125mm	100	시험시공 후 조정가능*	300mm	100	시험시공 후 조정가능*
	63.5mm	82-54		125mm	-	
	25.4mm	73-39		106mm	-	
	9.52mm	59-26		101.6m	90-60	
	5mm	50-20		63.5mm	82-52	
	2.5mm	42-14		25.4mm	73-36	
	1.2mm	36-10		9.52mm	59-22	
	0.6mm	28-7		5mm	50-15	
	0.3mm	22-4		2.5mm	42-12	
	0.15mm	16-3		1.2mm	36-9	
				0.6mm	28-6	
				0.3mm	22-4	
				0.15mm	16-3	

주1) 암쌓기시 상·하부노반의 경계면에 설치하는 차단재는 다음요건에 적합하여야 한다.

- ① 재질 및 두께 : 부직포 「KS K 2630」, 3mm 이상
- ② 무게 : 5N/m²
- ③ 인장강도 : 1.02kN 이상

주2) 암쌓기시 사용되는 재료는 다음 요건을 만족하여야 한다.

- ① 암쌓기는 강화노반 하부 쌓기에만 허용될 수 있으며, 시험시공을 한 후 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
 - ② 암쌓기 재료로서 이암, 세일, 실트스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성에 의해 쉽게 부서지거나, 수침 반복시 연약해지는 재료는 공사감독자의 승인을 받은후 사용하여야 한다. 콘크리트 궤도의 경우 상부노반 재료로 박리성 암쌓기재료나 수침 반복시 연약해지는 재료의 사용을 금지한다.
 - ③ 암쌓기 시 간극이 충분히 메워질 수 있는 재료를 선정하여 깔기 후 다짐을 하여야 하며, 다른 재료로 시공된 부분 위에 암쌓기를 하고자 할 경우에는 기 시공된표면의 중심에서 외측으로 1:1.2 정도의 기울기를 형성하여 배수가 원활히 되도록하여야 한다.
 - ④ 암쌓기시 비탈면 처리는 석축 쌓는 부분을 제외하고 비탈면에 암버력이 노출되지 않도록 양질의 토사로 덮어 식생이 가능하도록 하며, 비탈면 다짐을 실시하여야 한다.
 - ⑤ 암쌓기의 포설은 1층 다짐완료후의 두께가 상부노반 300mm 이하, 하부노반 500mm이하로 균일하게 포설하여야 한다.
- * 상기의 암쌓기 입도요건은 현장 시험시공 등을 거쳐 소요 지지강성 및 안정성 검증을 만족할 경우 별도의 입도요건을 적용할 수 있다.



해설 2. 접속부 지반 처리

1. 깎기와 쌓기의 접속부

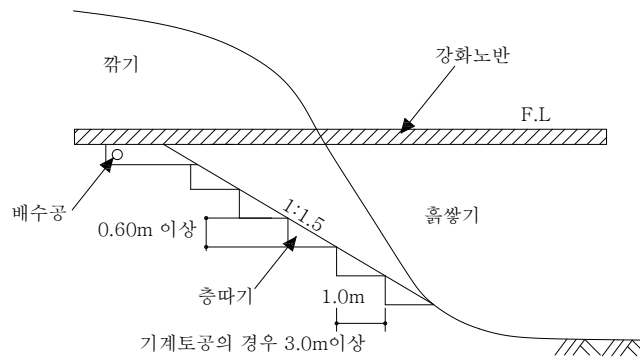


그림 12. 원지반 깎기시 접속부 처리

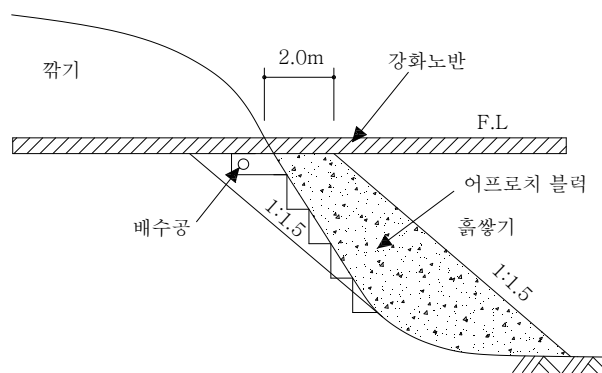


그림 13. 어프로치 블록 설치시 접속부 처리

2. 한쪽 깎기 및 한쪽 쌓기

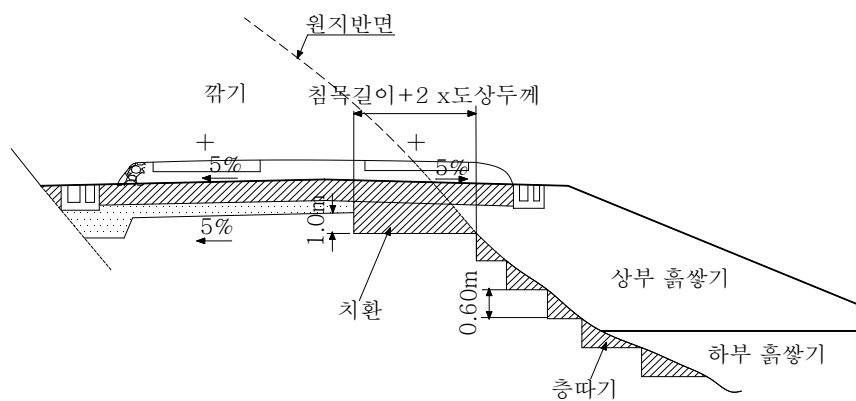
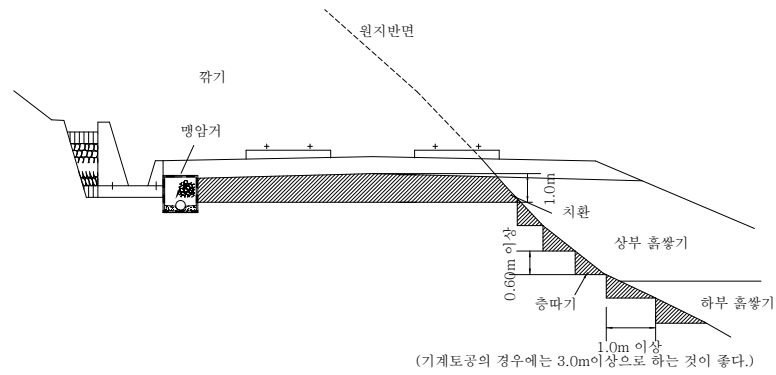
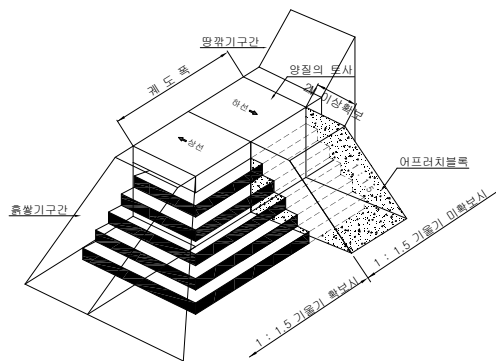


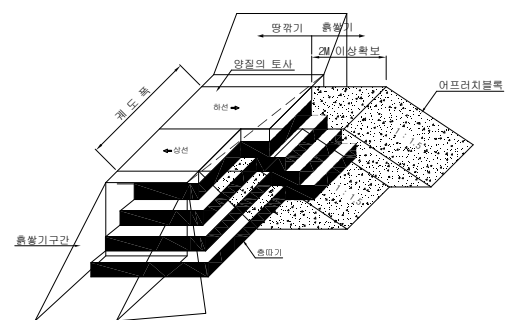
그림 14. 한쪽깎기, 한쪽 쌓기의 처리(자갈케도)



(a) 개념도



(b) 직선구간 단면도



(c) 사구간 단면도

그림 15. 한쪽 깎기, 한쪽 쌓기의 처리(콘크리트궤도)



해설 3. 구조물 접속부

1. 일반철도

- (1) 쌓기가 선로횡단 지하구조물 또는 교대에 접하는 곳에는 접속부를 설치해야 한다.
- (2) 쌓기와 구조물의 접속부는 횡단면으로 보아 도상폭과 같은 넓이로 하고 기울기는 1:0.8로 하며, 측면으로 보아서는 기울기를 1:1.5로 해야 한다.
- (3) 교대와 토공사 접속부에 설치되는 구조물 접속부에 대한 표준 단면은 <그림 16>과 같다.
- (4) 깎기 한 후 구조물과의 접속부를 다지는 경우에 대한 표준단면은 <그림 17>과 같다. 이때 땅깍기 기울기는 땅깍기 비탈면 기울기에 규정된 사항을 준수하여 설계한다.
- (5) 암거와 토공사 접속부에 설치되는 구조물 접속부의 쌓기 표준 단면은 <그림 18>과 같다. 설계 시 고려된 시공순서가 실제 시공 시 다른 경우에는 반드시 실제 시공순서를 고려한 설계조건으로 설계를 변경한 후 시공해야 한다.
- (6) 구조물 접속부는 k_{30} 값이 $15 \times 10^4 \text{kN/m}^3$ 이상이 되도록 다져야 한다.

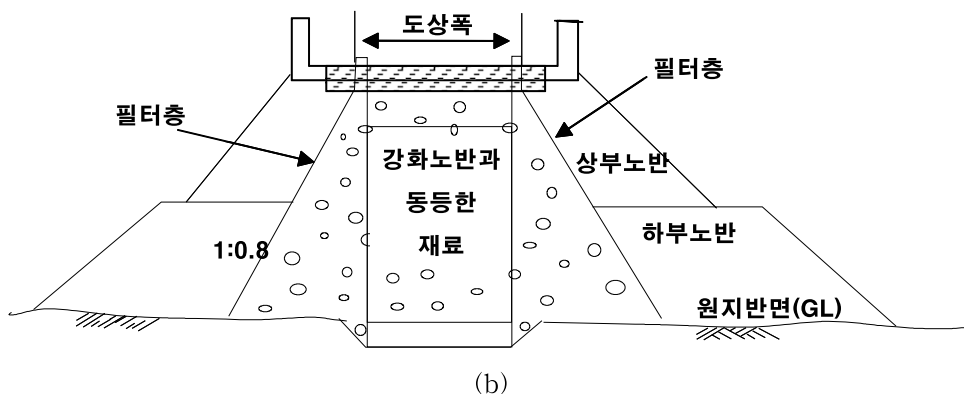
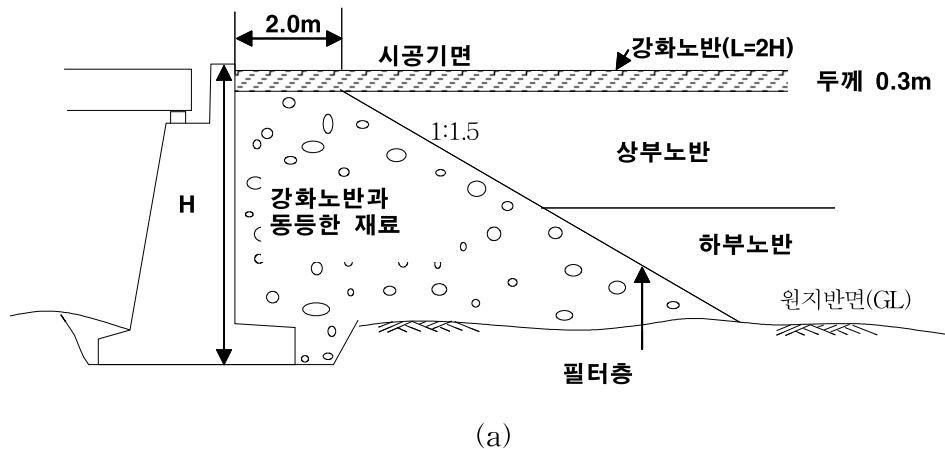


그림 16. 구조물 접속부의 쌓기 표준 단면

(7) 재료 선정 기준

- ① 구조물 접속부의 쌓기 재료는 압축성이 작고 입도분포가 좋은 보조도상 또는 이와 동등한 일 반자갈 등을 사용하여야 하며 각 층별로 입도규정 및 다지기 정도 규정에 부합하도록 해야 한다.
- ② 보조도상은 상부노반이 견딜 수 있도록 하중을 분산시키며, 상부노반에 대한 우수의 침입을 방지하기 위한 차수의 기능을 갖는다. 이러한 보조도상 재료는 견고하고 내구 성을가진 부순돌, 자갈, 모래 및 기타 승인을 얻은 재료 또는 이들의 혼합물로서 점토 덩어리, 유기물, 먼지 등 기타의 유해물을 함유해서는 안 된다.
- ③ 보조도상 재료의 선정기준은 <표 23>와 같다.

표 23. 보조도상 재료의 선정 기준

구 분	시 공 방 법	규 격
마모감량(%)	KS F 2508	60 이하 (35%이하로 설계기준에 규정)
모래당량	KS F 2340	40 이상

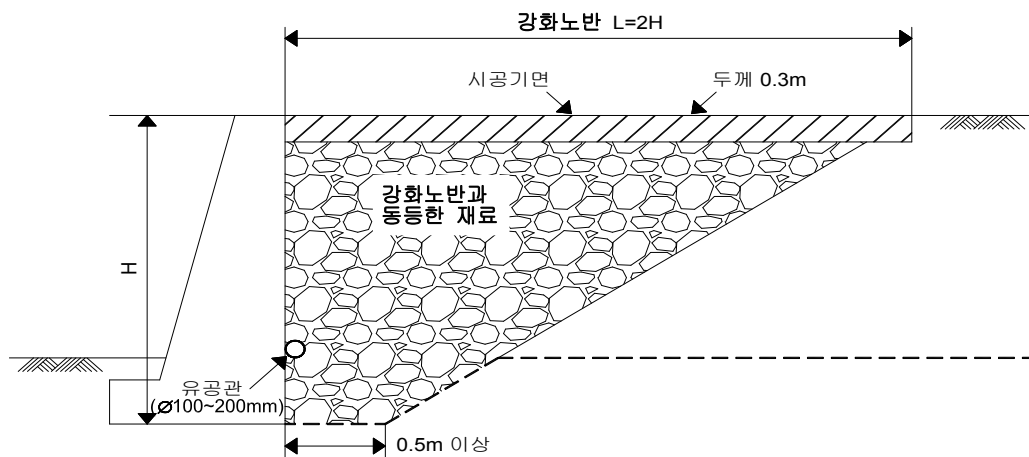


그림 17. 깔기 후 접속부를 다지는 경우(표준단면)



구조물 접속부를 먼저 시공하고
토공을 후에 시공하는 경우

토공을 먼저 시공하고 구조물
접속부를 후에 시공하는 경우

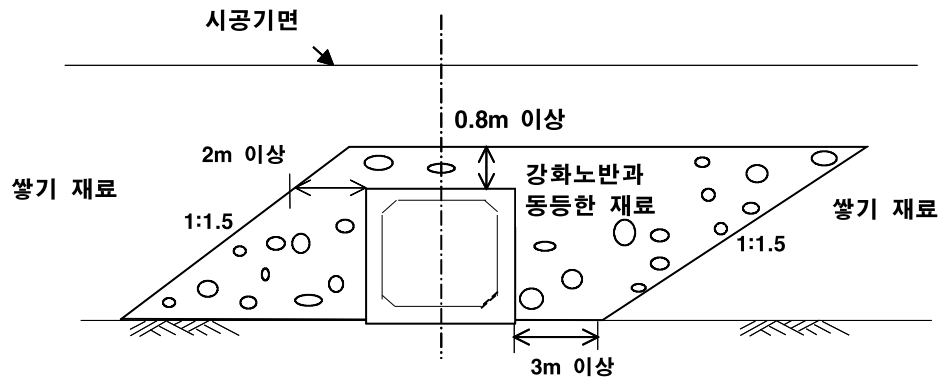
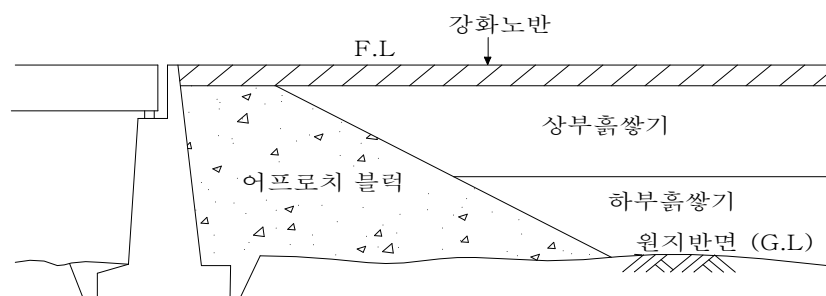


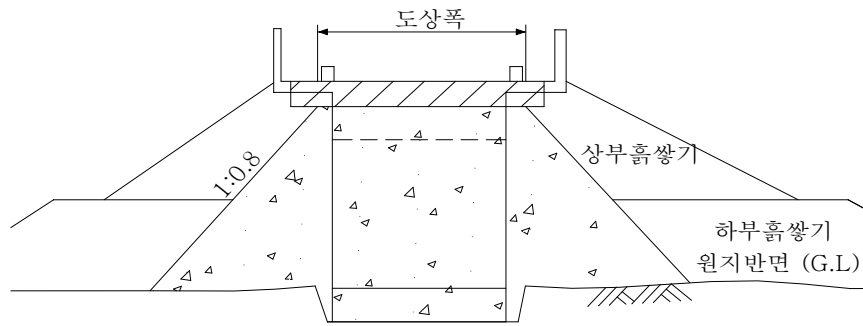
그림 18. 암거와 토공사 접속부(표준단면)

2. 고속철도 자갈궤도

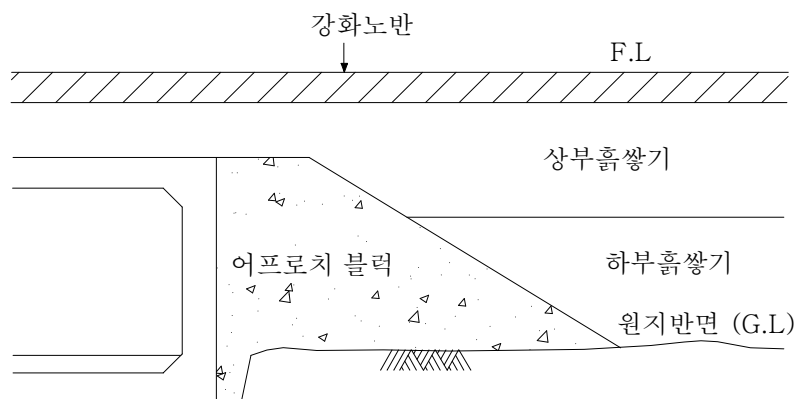
(1) 쌓기 접속부

- ① 구조 - 쌓기가 교대 등의 구조물에 접속하는 위치에서는 쌓기와 구조물침하의 차에 의하여 시공기면에 단차(段差)가 발생하거나 또 동적특성의 급변에 의하여 열차주행 시궤도틀림의 진행, 승차감의 악화 등을 일으키기 쉽다. 주행 장애를 감소시키기 위하여 쌓기로부터 구조물로 향하여 압축성이 작은 재료를 사용하는 완화구간을 설치하는 것으로 해야한다. 특히, 고성토나 연약지반 등과 같이 향후 침하발생 등의 우려가 예상되는 경우 접속슬래브 보강에 대한 대책을 검토해야 한다.

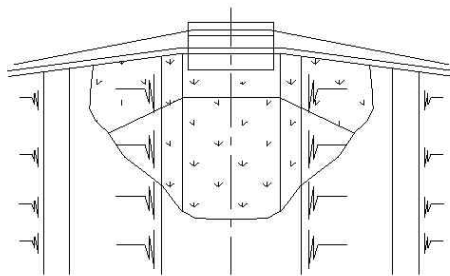




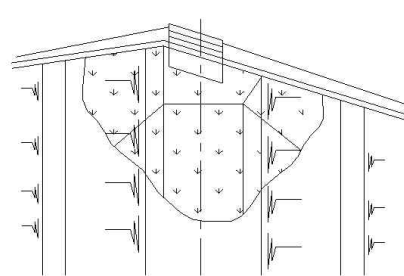
a) 교대에 접하는 경우



b) 횡단 구조물에 접하는 경우



c) 교대나 횡단구조물이 직각인
경우의 평면도



d) 교대나 횡단구조물이 사각인
경우의 평면도

그림 19. 어프로치 블록의 형상

- ② 사용재료 - 압축성이 작고 입도분포가 좋은 재료로 충분히 다짐이 가능한 재료로 <표 24>과 <표 25>의 요건을 만족하는 재료로 해야 한다.



표 24. 구조물 접속부 뒤펀 채움 재료 입도 및 혼화재

구분		시멘트처리된 보조도상		시멘트처리된 자갈		일반자갈		비고
최대입경		31.5mm 이하		63mm 이하		63mm 이하		
입 도	D	40mm	100	75mm	100	75mm	100	
		31.5mm	95~85	63mm	99~85	63mm	99~85	
	D/2	16mm	82~56	31.5mm	84~55	31.5mm	84~55	
				9.5mm	56~27	9.5mm	56~27	
	D/5	5mm	53~27	5mm	46~21	5mm	46~21	
	D/10	2.5mm	43~21	2.5mm	37~15	2.5mm	37~15	
	D/20	1.2mm	35~16	1.2mm	28~10	1.2mm	28~10	
	D/50	0.6mm	25~10	0.6mm	21~8	0.6mm	21~8	
	D/100	0.3mm	18~8	0.3mm	15~6	0.3mm	15~6	
	D/200	0.15mm	12~5	0.15mm	10~4	0.15mm	10~4	
	D/500	-	-	-	-	-	-	
	D/1000	-	-	-	-	-	-	
	<0.080mm	0.08mm	8~4					
혼화재		시멘트 3% (중량기준)		시멘트 3% (중량기준)				B/P에서 120초간 혼합생산

표 25. 구조물 접속부 뒤펀 채움 재료 품질기준

구분	시멘트처리된 보조도상	시멘트처리된 자갈	일반자갈	비고
경도 및 내구성	40 이하	80 이하	80 이하	
편 평 도	30 이하	30 이하	30 이하	
모래당량	ES > 40	ES > 30	ES > 30	

③ 구조물 접속부 뒤펀 채움 현장 품질관리와 다짐기준은 <표 26> 및 <표 27>과 같다.

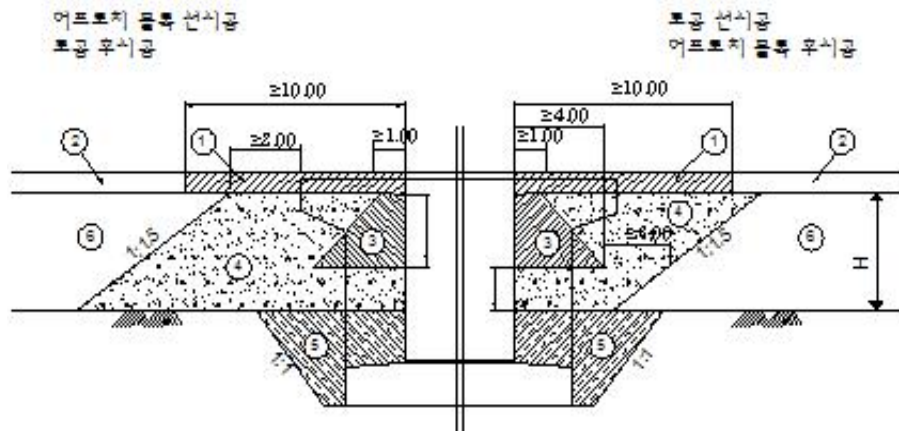
표 26. 구조물 접속부 뒤펀 채움 현장품질관리 요건

종별	시험종목	시험방법	시험빈도	비고
뒤펀 채움	평판재하	DIN 18134	3층마다	0.3m 재하판 사용
	현장밀도	KS F 2311	1층마다	

표 27. 구조물 접속부 뒤펀 채움 다짐관리기준

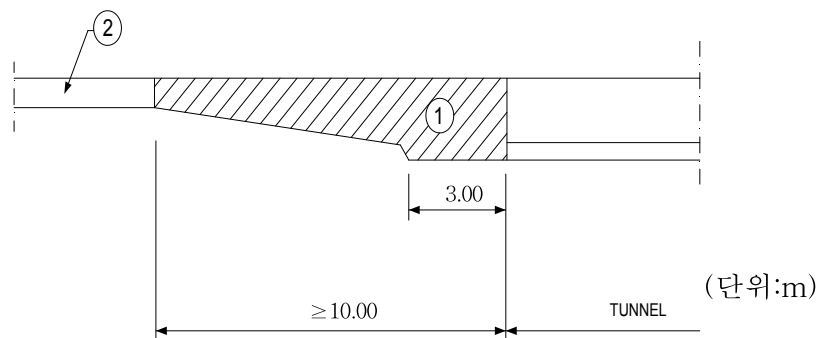
구분		시멘트처리된 보조도상	시멘트처리된 자갈	일반자갈	비 고
평판 재하	Ev ₂	120MN/m ² 이상	120MN/m ² 이상	80MN/m ² 이상	
	Ev ₂ /Ev ₁	2.2 미만	2.2 미만	2.3 미만	
현장밀도		100% 이상	-	-	

(교량-토공 접속부)



기호	명 칭	재질 및 다짐도
$H \leq 3.0\text{m} : h_1 = 3.0\text{m}$ $3.0\text{m} < H < 4.0\text{m} : h_1 = H$ $H \geq 4.0\text{m} : h_1 = 3.0\text{m}$ $H < 4.0\text{m} : h_2 = 0\text{m}$	① 시멘트 처리된 강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3%시멘트, $\geq 100\%$ OPM
	② 강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), $\geq 100\%$ OPM
	③ 시멘트 처리된 자갈	D(max) = 63mm, 3%시멘트, $\geq 100\%$ OPM
	④ 일반자갈	D(max) = 63mm, $\geq 95\%$ OPM
	⑤ 일반자갈	D(max) = 63mm, $\geq 90\%$ OPM or 95% OPM
	⑥ 토공표준쌓기	

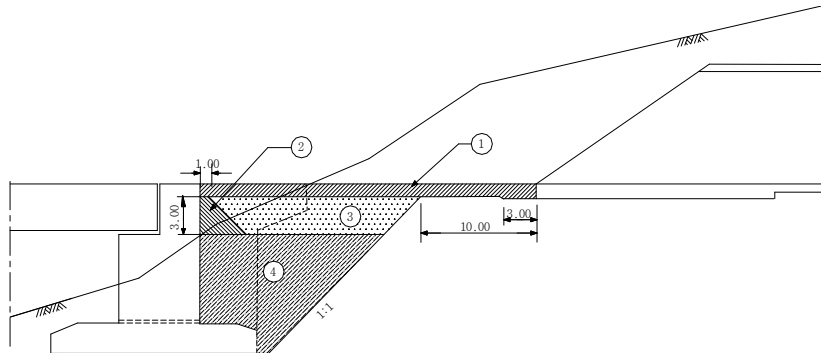
(터널-토공 접속부)



기호	명 칭	재질 및 다짐도
①	시멘트 처리된 강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3%시멘트, $\geq 100\%$ OPM
②	강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), $\geq 100\%$ OPM



(교량-터널 근접 접속부)

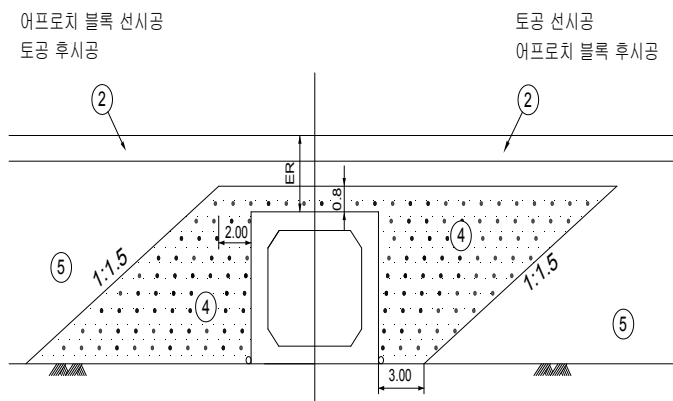


(단위:m)

기호	명 칭	재질 및 다짐도
①	시멘트 처리된 강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3%시멘트, $\geq 100\%$ OPM
②	시멘트 처리된 자갈	D(max) = 63mm, 3%시멘트, $\geq 120\text{MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$
③	일반자갈	D(max) = 63mm, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$
④	일반자갈	D(max) = 63mm, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$

(암거-토공 접속부)

$$ER \geq 2.0\text{m}$$

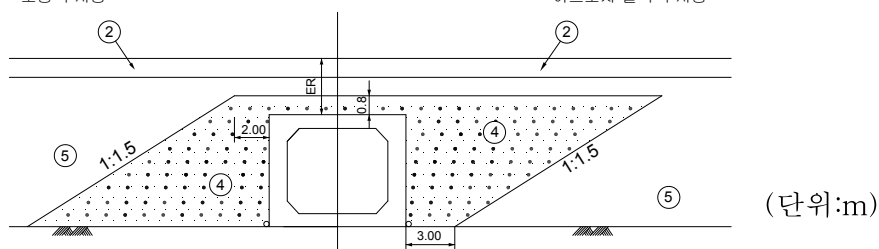


(단위:m)

기호	명 칭	재질 및 다짐도
①	시멘트 처리된 강화노반	D(max)=37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3%시멘트, $\geq 100\%$ OPM
②	강화노반	D(max)=37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), $\geq 100\%$ OPM, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$
③	시멘트 처리된 자갈	D(max)=63mm, 3%시멘트, $\geq 120\text{MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$
④	일반자갈	D(max)=63mm, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$
⑤	토공 표준쌓기	

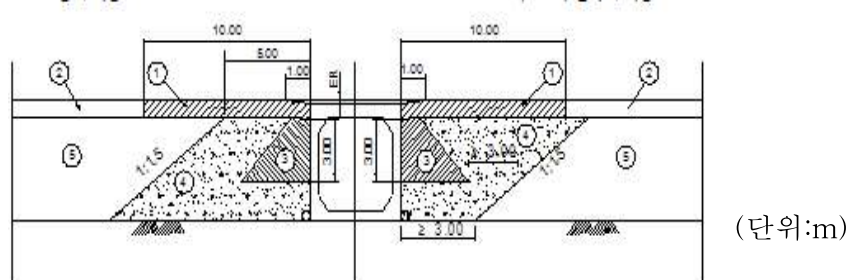
어프로치 블록 전시공
토공 후시공

토공 선시공
어프로치 블록 후시공



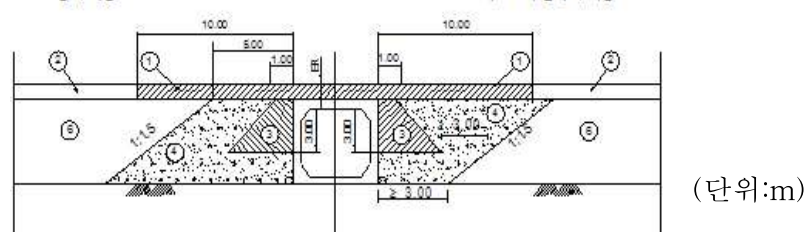
어프로치 플랫폼 연구실
본문 후속 연구

토공 전시기공
어프로치 물목 후시기공



어프루치 | 풀을 | 낚시 | 낚
물 | 낚시 | 낚

「お」は「お」の音で、
「お」は「お」の音で、





(흙관 횡단부)

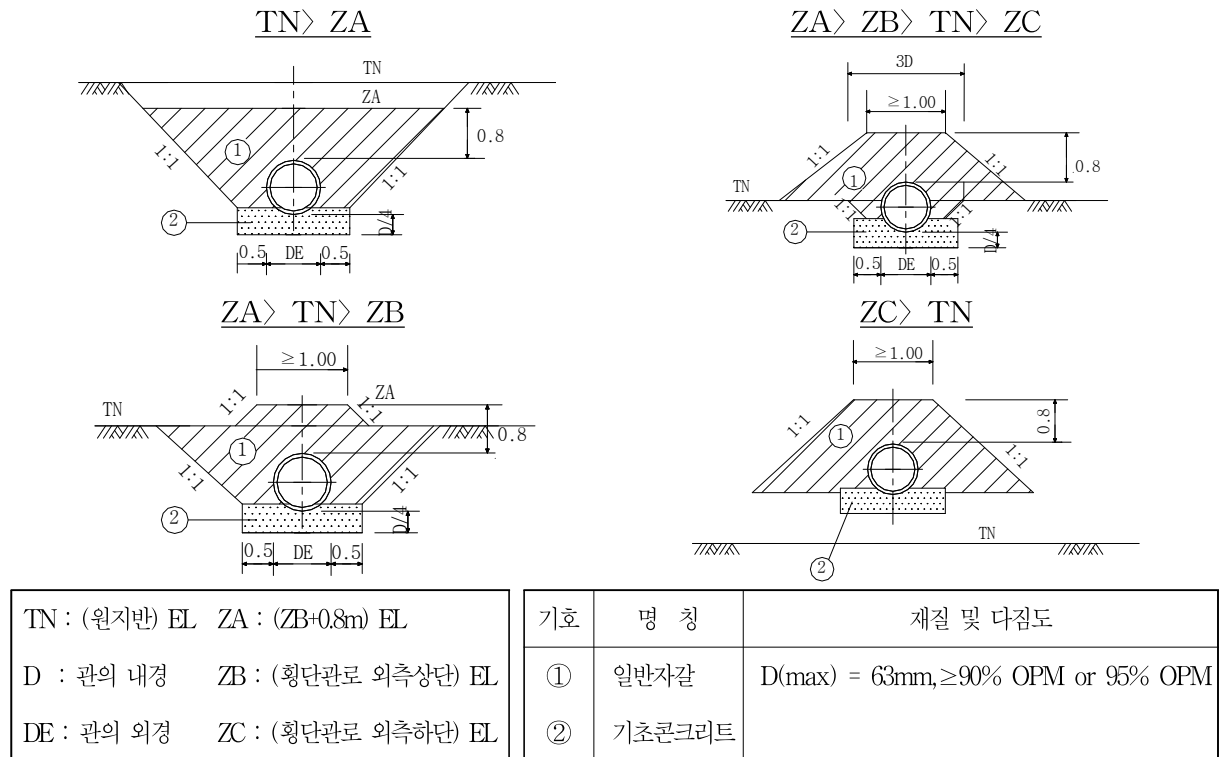


그림 20. 어프로치 블록(Approach Block) 상세

3. 콘크리트궤도용 구조물 접속부

- (1) 구조 - 쌓기가 교대 등의 구조물에 접속하는 위치에서는 쌓기와 구조물침하의 차에 의하여 시공기면에 단차(段差)가 발생하거나 또 동적특성의 급변에 의하여 열차 주행시 궤도 틀림의 진행, 승차감의 악화 등을 일으키기 쉽다. 이동 장애를 감소시키기 위하여 쌓기로부터 구조물로 향하여 압축성이 작은 재료를 사용하는 완화구간을 설치하는 것으로 한다. 특히, 높은 쌓기나 연약지반 등과 같이 향후 침하발생 등의 우려가 예상되는 경우 접속슬래브 보강에 대한 대책을 검토해야 한다. 또한, 교대배면에서 배수에 문제가 발생하지 않도록 배수시설을 설치한다.
- (2) 어프로치슬래브
 - ① 노반의 침하를 방지하도록 시멘트 처리된 자갈을 사용하여야 하며, <표 28>의 재료를 사용해야 한다.
 - ② 토공구간과 접하는 슬래브의 단부가 침하가 예상되는 개소에서는 단부에 파일기초 또는 <그림 21>과 같은 정착단부보(Endsporn)로 보강한다.
 - ③ 이때 예상 또는 계산된 슬래브단부 침하가 허용잔류침하량 이하가 되도록 슬래브길이를 조정 하여야 한다.

- ④ 어프로치 슬래브 폭은 교량 상판의 폭과 동일하게하고, 슬래브 두께는 일반적으로 200~300mm 정도로 설계하나 부등침하 및 공극발생이 예상되는 개소에서는 상부에 작용하는 열차하중을 고려하여 충분한 강도를 갖도록 설계해야 한다.
- (3) 콘크리트케도 토공/터널 접속부
- ① 상부의 케도구조 처리는 토공/교량의 접속부와 유사하게 설계한다.
- ② 토공노반은 쌓기 구간인 경우 교량 접속부에서와 마찬가지로의 특수 뒤채움 공법을 적용하지만, 깎기 구간인 경우는 노반의 강도가 특별히 약하지 않는 한 특별한 조치를 취하지 않을 수 있다.
- (4) 콘크리트케도 토공/암거 접속구간
- ① 암거구조물과 콘크리트케도가 직접 접하는 경우에는 지지층 사이에 적절한 탄소성 재료를 사용하여 연결 토공노반에서 예상되는 침하를 어느 정도까지 상쇄할 수 있도록 한다.
- ② 암거가 흙으로 덮인 경우에는 토공에서와 마찬가지로 안정화기층(HBL)을 사용한 콘크리트케도를 부설한다.
- ③ 쌓기 구간의 암거측부의 경우, 다짐은 교대배면과 동등한 조건으로 설계 및 시공한다.
- ④ 상기 제시된 방안 외에도 접속부 구간의 부등침하를 최소화할 수 있는 방안을 적용할 수 있다.
- (5) 사용재료 - 압축성이 작고 입도분포가 좋은 재료로 충분히 다짐이 가능하도록 <표 28>, <표 29>의 요건을 만족해야 한다.

표 28. 구조물 접속부 뒤채움 재료 입도 및 혼화재

구분		시멘트 처리된 보조도상		시멘트 처리된 자갈		일반자갈		비고
최대입경		31.5mm 이하		63mm 이하		63mm 이하		
입 도	D	40mm	100	75mm	100	75mm	100	
		31.5mm	95~85	63mm	99~85	63mm	99~85	
	D/2	16mm	82~56	31.5mm	84~55	31.5mm	84~55	
				9.5mm	56~27	9.5mm	56~27	
	D/5	5mm	53~27	5mm	46~21	5mm	46~21	
	D/10	2.5mm	43~21	2.5mm	37~15	2.5mm	37~15	
	D/20	1.2mm	35~16	1.2mm	28~10	1.2mm	28~10	
	D/50	0.6mm	25~10	0.6mm	21~8	0.6mm	21~8	
	D/100	0.3mm	18~8	0.3mm	15~6	0.3mm	15~6	
	D/200	0.15mm	12~5	0.15mm	10~4	0.15mm	10~4	
	D/500	-	-	-	-	-	-	
	D/1000	-	-	-	-	-	-	
	<0.080mm	0.08mm	8~4					
혼화재		시멘트 3% (중량기준)		시멘트 3% (중량기준)				B/P에서 120초간 혼합생산

주) 시멘트 제품을 사용하여 어프로치블록을 부설하는 경우 최소강도는 일축강도가 20MPa이상이 되도록 하며, 다짐 후 두께가 150mm, 다짐밀도가 95% 이상으로 시행되어야 한다.



표 29. 구조물 접속부 뒤펀 채움 재료 품질기준

구분	시멘트 처리된 보조도상	시멘트 처리된 자갈	일반자갈	비고
경도 및 내구성	40 이하	80 이하	80 이하	
편 평 도	30 이하	30 이하	30 이하	
모래당량	ES > 40	ES > 30	ES > 30	

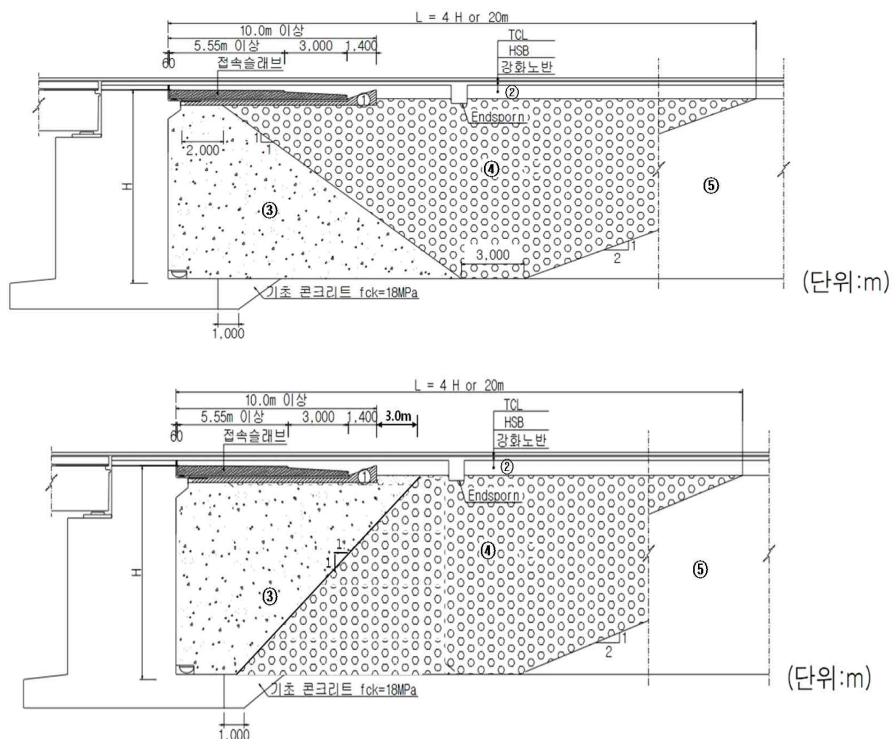
① 다짐도 - 현장 품질관리요건과 다짐기준은 <표 30>, <표 31>과 같다.

표 30. 구조물 접속부 뒤펀 채움 현장품질관리 요건

종별	시험 종목	시험방법	시험빈도	비고
뒤펀 채움	평판재하	DIN 18134	3층마다	0.3m 재하판 사용
	현장밀도	KS F 2311	1층마다	-

표 31. 구조물 접속부 뒤펀 채움 다짐관리기준

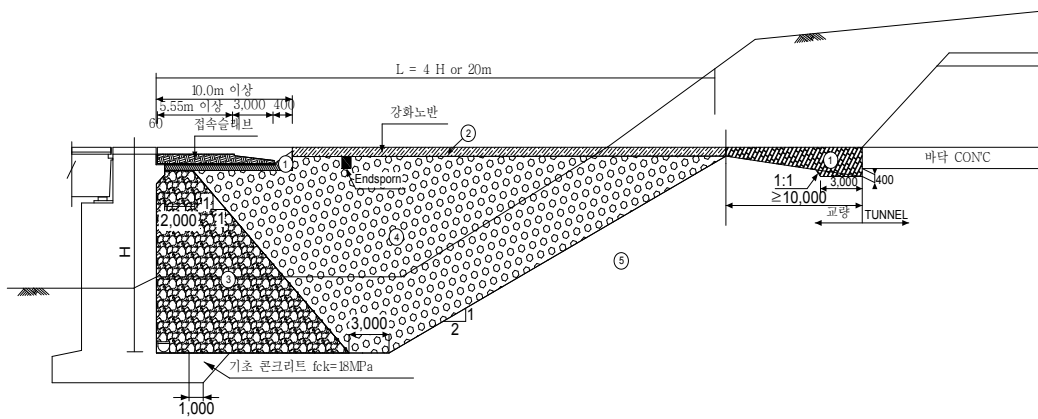
구분		시멘트 처리된 보조도상	시멘트 처리된 자갈	일반자갈	비고
평판재하	E_{v2}	120MN/m ² 이상	120MN/m ² 이상	80MN/m ² 이상	
	E_{v2}/E_{v1}	2.2미만	2.2 미만	2.3 미만	
현장밀도		100% 이상	-	-	



※ 시공순서, 지지강성, 지반조건 등의 현장여건을 종합적으로 고려하여 단면형식 선정

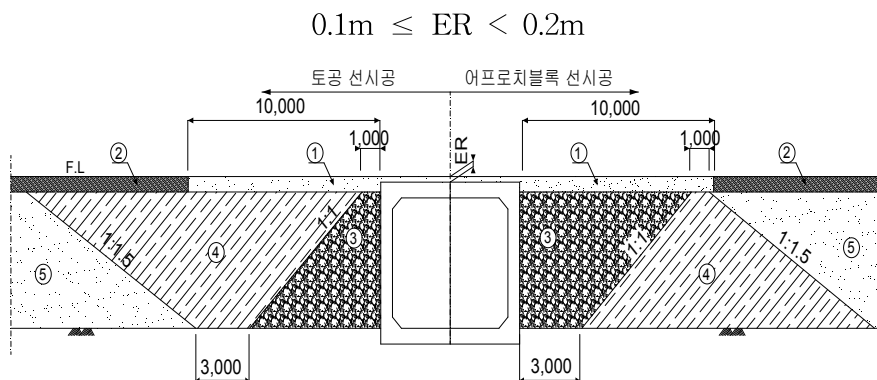
기호	명칭	재질 및 다짐도
①	시멘트 처리된 강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3%시멘트, $\geq 100\%$ OPM
②	강화노반	D(max)=37.5, 31.5, 26.5mm(M-40,M-30, M-25), $\geq 100\%$ OPM, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.3$
③	시멘트 처리된 자갈	D(max)=63mm, 3%시멘트, $\geq 120\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.2$
④	일반자갈	D(max)=63mm, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.3$
⑤	토공표준쌓기	

그림 21. 교량-토공 접속부 어프로치 슬래브(Approach Slab) 상세



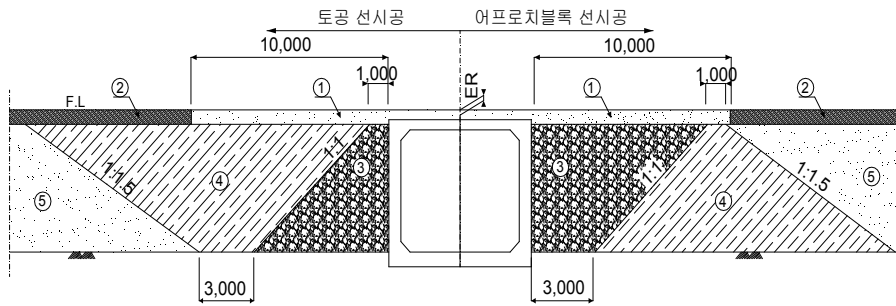
기호	명칭	재질 및 다짐도
①	시멘트 처리된 강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3% 시멘트, $\geq 100\%$ OPM
②	강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40,M-30, M-25), $\geq 100\%$ OPM, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.3$
③	시멘트 처리된 자갈	D(max) = 63mm, 3%시멘트, $\geq 120\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.2$
④	일반자갈	D(max) = 63mm, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.3$
⑤	토공표준쌓기	

그림 22. 교량-터널 접속부 어프로치 슬래브(Approach Slab) 상세

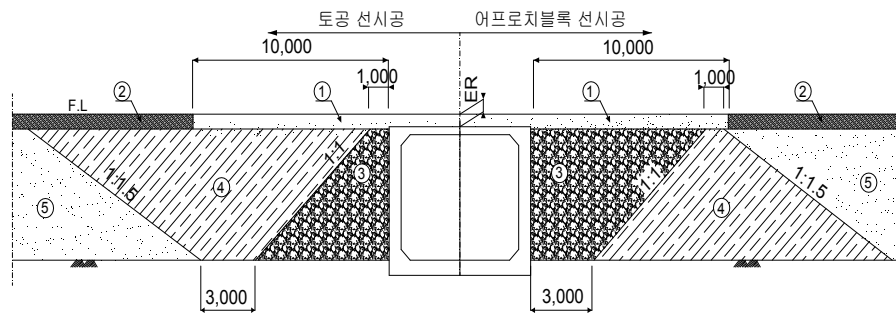




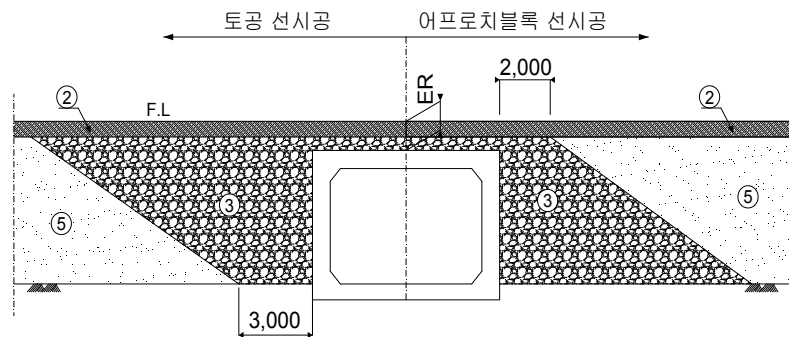
$0.2\text{m} \leq \text{ER} < 0.5\text{m}$



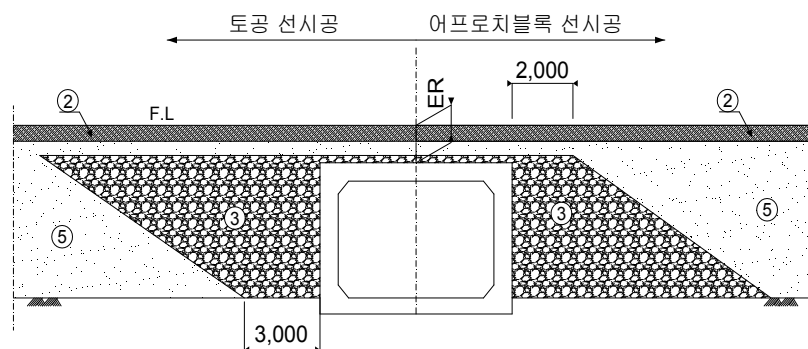
$0.5\text{m} \leq \text{ER} < 1.3\text{m}$



$1.3\text{m} \leq \text{ER} < 2.0\text{m}$



$\text{ER} \geq 2.0\text{m}$



기호	명 칭	재질 및 다짐도
①	시멘트 처리된 강화노반	D(max)=37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3%시멘트, $\geq 120\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.2$
②	강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), $\geq 100\%$ OPM, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.3$
③	시멘트 처리된 자갈	D(max)=63mm 3%시멘트, $\geq 120\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.2$
④	일반자갈	D(max)=63mm, $\geq 80\text{MN/m}^2$, $E_{V2}/E_{V1} < 2.3$
⑤	토공표준쌓기	

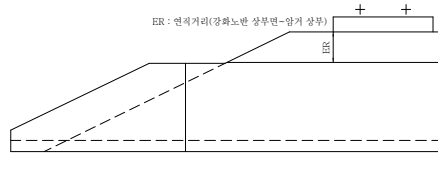


그림 23. 암거-토공 접속부 어프로치 블록(Approach Block) 단면 상세

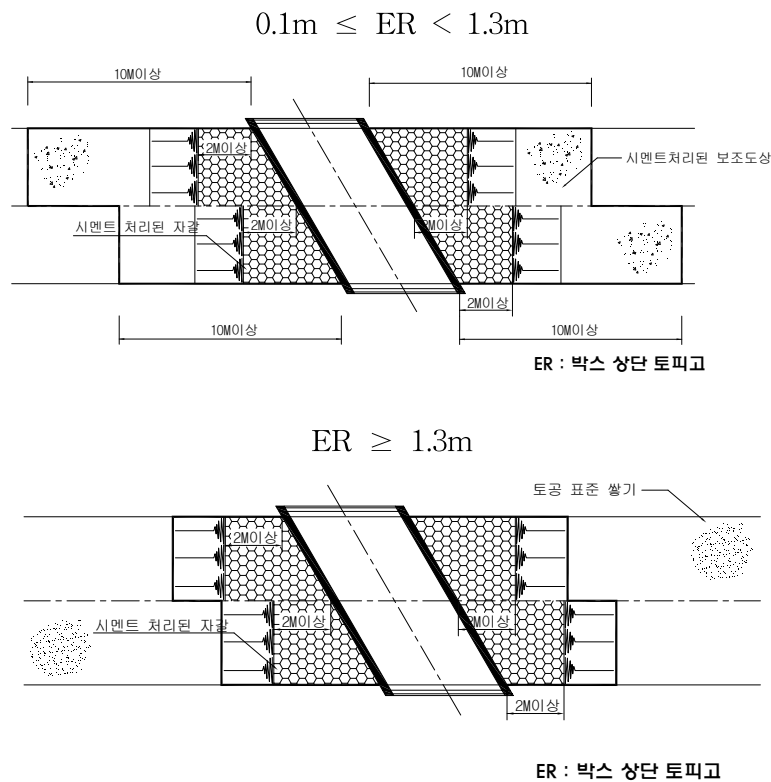
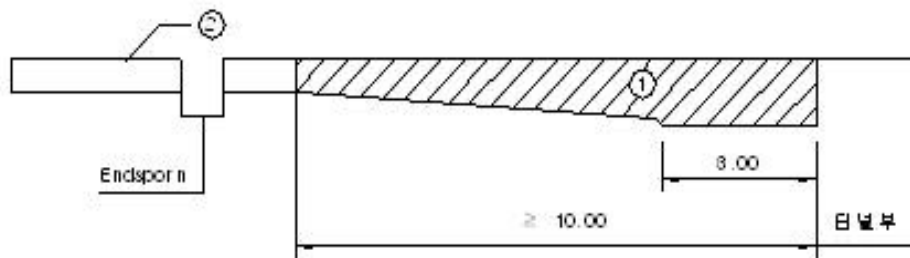


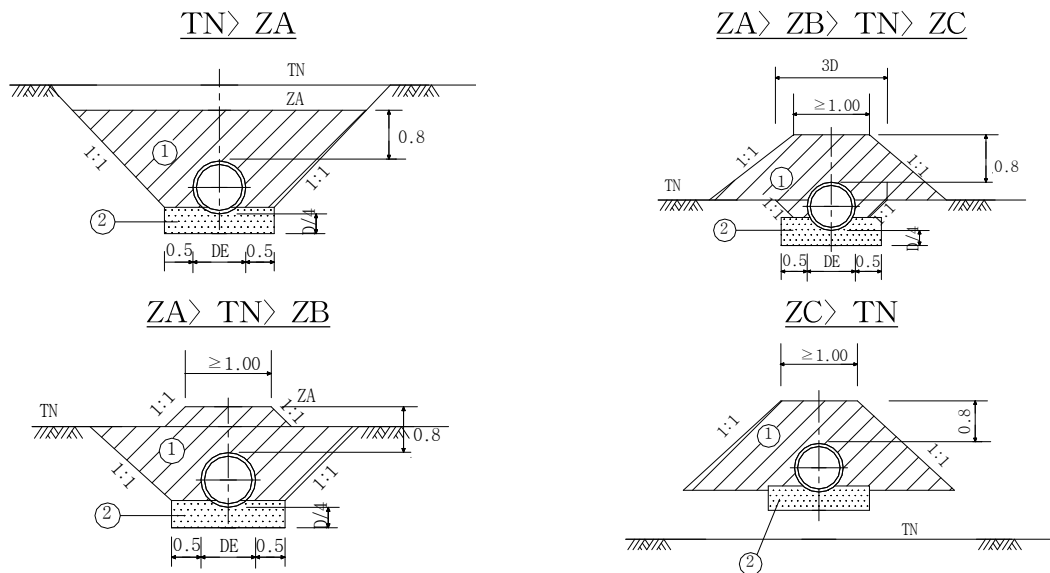
그림 24. 암거-토공 사각(Skew) 접속부 어프로치 블록(Approach Block) 평면 상세





기호	명 칭	재질 및 다짐도
①	시멘트 처리된 강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), 3%시멘트, ≥100% OPM
②	강화노반	D(max) = 37.5, 31.5, 26.5mm(M-40, M-30, M-25), ≥100% OPM

그림 25. 터널-토공 접속부 어프로치 블록(Approach Block) 상세(단위:m)



TN : (원지반) EL	ZA : (ZB+0.8m) EL
D : 관의 내경	ZB : (횡단관로 외측상단) EL
DE : 관의 외경	ZC : (횡단관로 외측하단) EL

기호	명 칭	재질 및 다짐도
①	일반자갈	D(max) = 63mm, ≥90% OPM or 95% OPM
②	기초콘크리트	

그림 26. 홈관 횡단 어프로치 블록(Approach Block) 상세(단위:m)

해설 4. 강화노반

1. 강화노반 두께

- (1) 특수한 노반조건인 경우는 역학적 및 경험적 설계를 통해 별도의 두께로 설계해야 한다.

역학적-경험적 강화노반 설계방법은 하중특성, 연간통과톤수, 노반재료의 역학적 설계정수 등을 반영하여 사용자가 설계기준 이하가 되는 강화노반 두께를 결정하는 방법이다.

- (2) 강화노반의 최소두께는 재료 분리를 방지하기 위하여 최대입경의 3배 이상으로 한다.

2. 형상

측구 및 케이블 덕트 등의 연속하는 부대설비류는 충분한 강도를 갖는 덮개를 설치하고, 강화노반면과 거의 동일 평면에 매입하여 강화노반에 접한 위치에 설치한다.

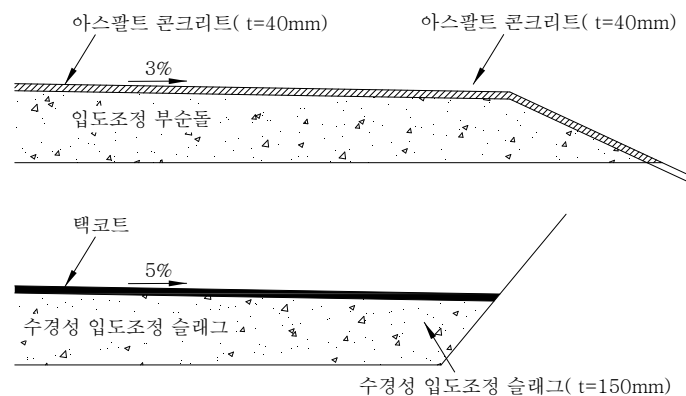


그림 27. 보수통로 간이 포장의 예

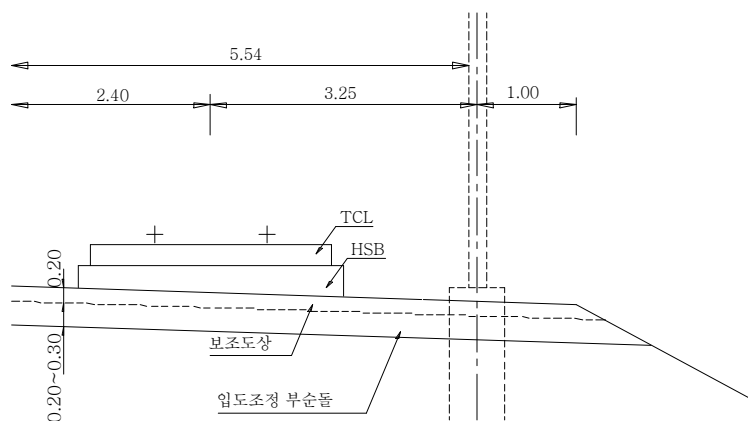


그림 28. 강화노반 표준단면 (쌓기 $E_{v2} > 60\text{MN/m}^2$, 단위:m)

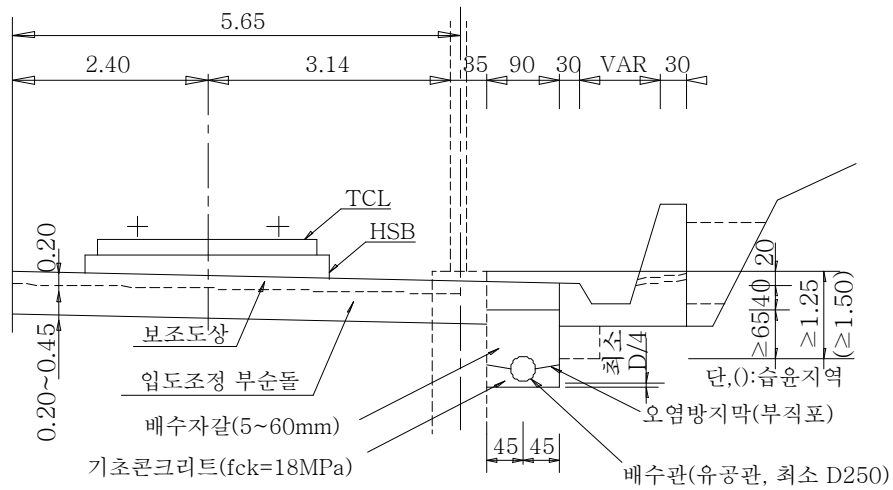


그림 29. 강화노반 표준단면

(본바닥 및 깔기 $E_{v2} > 80 \text{ MN/m}^2$, 비습윤지역, 단위:m)

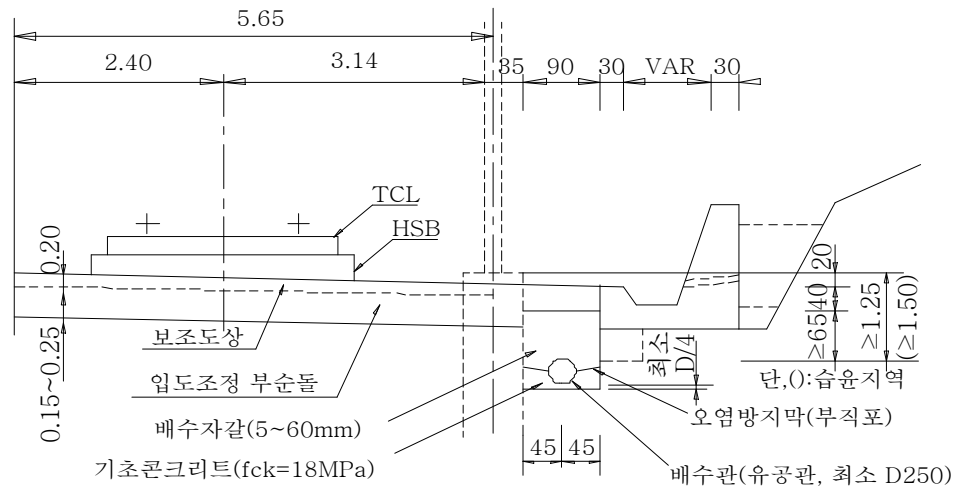


그림 30. 강화노반 표준단면 (암반, 비습윤지역, 단위:m)

3. 시공시기

- (1) 강화노반의 시공은 상부노반 또는 깔기 원지반 이하의 토공이 완성된 후에 시공 하는 것으로 하여야 한다. 즉, 강화노반은 상부노반 또는 깔기 원지반의 강도에 의해서 강화노반 두께가 결정되기 때문에, 강화노반의 시공에 있어서는 상부노반 또는 깔기 원지반까지의 토공이 완성되어 지지강성(E_{v2} 값)을 확인한 다음 강화노반공의 작업을 개시해야만 한다.
- (2) 상부노반 위에 강화노반을 설치할 때 일정한 방치기간 후에 강화노반을 시공하는 것으로 해야 한다.
- (3) 토공관계의 작업과 병행하면서 조금씩 강화노반의 시공을 하면, 양질의 강화노반을 건설하는 것이 곤란하므로, 토공의 완성 후에 강화노반의 공사를 종합하여 시행할 필요가 있다.

해설 5. 쌓기 구간의 원지반

쌓기 지지지반으로서 필요한 조건은 <표 32>과 같다.

표 32. 쌓기 지지지반 조건

구 분	세구분	쌓기 지지지반으로서 필요한 조건
암 반		조건 없음
토층	자갈층	조건 없음
	모래층	N값이 10 이하인 경우에는 지진 시 액상화될 위험이 있는 층이 아닐 것
	세립토층	N>4 조건 없음 $4 \leq N \leq 2$ 인 경우에는 층두께 3.0m 이하 일 것 $2 > N$ 인 경우에는 층두께 2.0m 이하로서 안정성을 확인할 것



해설참고 1. DIN 18134 (Load Bearing Test) 시험규정

(1) 시험기구

- ① Bearing Plate - 지름 0.30m, 두께 22mm이상 강재
- ② Dial Gauge - 1/100m/m 3개
- ③ Gauge 지시용 Beam
- ④ Jack - 재하능력 30톤
- ⑤ 재하장치 - 7톤이상의 하중을 재하할 수 있는 것

(2) 시험방법

- ① 시험할 위치를 평탄하게 고르고 고운 모래를 얇게 깔아 수평을 맞춘다.
- ② 초기 접지압 (10kPa)으로 30초 동안 예비 재하시킨다.
- ③ 최대수직응력 0.5MPa까지 시험하며, 하중단계는 6단계(0, 0.08MPa, 0.16MPa, 0.25MPa, 0.33MPa, 0.42MPa, 0.5MPa)하중을 재하시키고 다시 단계별로 하중을 0.25MPa, 0.125MPa, 0으로 제거한다. 그리고, 다시 초기 하중단계와 마찬가지로 최대수직응력 0.5MPa 까지 재하시켜 지지력을 평가하는 것이다.

(3) 시험결과 계산

- ① 변형률계수 E_{v1} 과 E_{v2} 값을 구하여야 한다. E_{v1} 과 E_{v2} 를 구하는 방법은 2가지 방법이 있다. 첫 번째 방법은 반복평판재하시험으로부터 얻은 평균수직응력과 변위 관계 곡선으로부터 2차 함수의 회귀곡선으로 각 계수를 <식 (1)>과 같이 구하여 변형률계수를 산정하는 방법이 있으며, 두 번째 방법은 최대수직응력(σ_{0max})의 0.3배($0.3\sigma_{0max}$)와 0.7배($0.7\sigma_{0max}$)사이의 할선구배(Gradient of Secant)로 변형률계수를 구하는 방법이다.

- ② 첫 번째 방법은 하중 단계를 모두 고려하여 2차 함수 곡선으로 회귀 분석하여 각 계수를 추정하는 방법이 있다.

$$s = a_0 + a_1 \cdot \sigma_0 + a_2 \cdot \sigma_0^2 \quad (1)$$

여기서, σ_0 : 평판아래에서의 평균수직응력(MPa), a_0, a_1, a_2 는 회귀곡선에서 구한 계수($\text{mm}/\text{MN}^2/\text{m}^4$)이다.

- ③ 변형률계수 산정은 Vesic(1961)이 제안한 식으로부터 포아송비(ν)를 0.5로 가정하여 <식 (2), (3)>과 같이 구할 수 있다.

$$k_s = \frac{\sigma}{s} = \frac{E_s}{B(1-\nu^2)} \quad (2)$$

$$\frac{\sigma_0}{s} = \frac{E_s}{0.75B} \quad (3)$$

$$E_s = 0.75B \times \frac{\sigma_0}{s} \quad (4)$$

여기서, B는 평판의 직경(mm)이다.

<식 (4)>의 변형률계수를 <식 (3)>을 대입하면 <식 (5)>과 같이 표현되며 이를 간략히 표현하면 <식 (6)>과 같이 정리할 수 있다.

$$E_s = 1.5 \times r \times \frac{\sigma_0}{a_0 + a_1 \sigma_0 + a_2 \sigma_0^2} \quad (5)$$

$$E_v = \frac{1.5r}{a_1 + a_2 \cdot \sigma_{0\max}} \quad (6)$$

여기서, r : 재하판의 반경(mm), $\sigma_{0\max}$: 최대평균수직응력(MPa)이다.

- ④ 두 번째 변형률계수 산정방법은 <식 (3)>을 <식 (7)>과 같이 변형시켜 구할 수 있다. <식 (7)>을 다시 변형시켜 <식 (8)>과 같이 변형률계수를 산정하고 있다. 따라서 철도의 경우 철도하중이 경험하는 수직응력범위를 고려하여 최대평균 수직응력의 $0.3\sigma_{\max}$ 와 $0.7\sigma_{\max}$ 의 할선기울기로 구하는 것이다.

$$E_{v1,2} = 0.75 \times D \times \frac{\sigma_0}{s} \quad (7)$$

$$E_{v1,2} = 0.75 \times D \times \frac{\Delta \sigma_0}{\Delta s} \quad (8)$$

여기서, E_{v1} : 1차 재하시에 산정된 변형계수(MPa), E_{v2} : 2차 재하시에 산정된 변형계수(MPa), D는 평판재하 직경, $\Delta \sigma$ 은 최대수직응력($\sigma_{0\max}$)의 0.3배($0.3\sigma_{0\max}$)와 0.7배($0.7\sigma_{0\max}$)에서 구한 응력의 차이이며, Δs 는 하중단계에서 발생된 변위이다.

D는 평판재하 직경, $\Delta \sigma$ 은 최대수직응력($\sigma_{0\max}$)의 0.3배($0.3\sigma_{0\max}$)와 0.7배($0.7\sigma_{0\max}$)에서 구한 응력의 차이이며, Δs 는 하중단계에서 발생된 변위이다.



RECORD HISTORY

- Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.
- Rev.1('14.1.10) 철도설계기준(국토교통부고시제2013-757호, '13.12.5) 및 철도건설공사 전문시방서(국토교통부고시제2013-758호, '13.12.5)가 개정 고시됨에 따라 개정내용을 반영
- Rev.2('15.6.19) “철도의 건설기준에 관한 규정” 제11조(종곡선)의 최소 종곡선 반경 ($0.35 \times V^2$) 일치