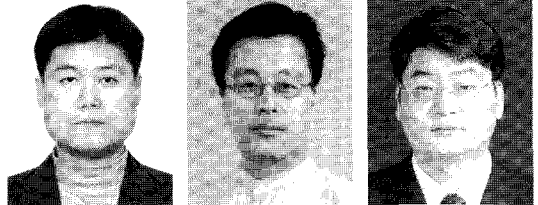


# 철도 하부 지반 설계 및 품질관리 개요



이 성 진 | 정회원 · 한국철도기술연구원 선임연구원  
 이 진 옥 | 한국철도기술연구원 책임연구원  
 최 찬 용 | 한국철도기술연구원 선임연구원

## 1. 철도 노반 개요

그림 1과 2는 현재 국내 설계기준에서 사용되고 있는 일반적인 철도 단면도를 나타내고 있다. 철도 노반의 표준도는 크게 궤도부, 상부노반, 하부노반으로 구분되어 있으며, 상부노반에는 강화노반이 포함되어 있다. 일반철도의 경우 상부노반의 높이를 시공기면에서 -1.5m, 고속철도의 경우 -3.0m로 서

로 다르게 구분되어 있다. 일반철도와 고속철도의 상부노반 두께가 다른 이유는 고속주행 등 안전적인 측면에서 고속철도가 상부노반의 역할이 중요시되기 때문에 노반의 두께를 다르게 관리하고 있다. 즉, 상부노반이 하부노반보다 상대적으로 다짐관리기준 및 품질관리기준이 엄격하게 적용되고 있다.

철도 하부 지반구조물에서 사용되고 있는 용어를 정리하면 다음과 같다.

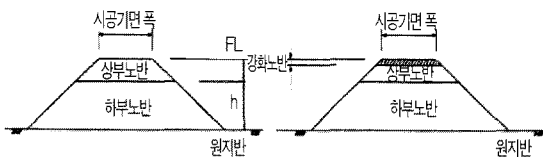


그림 1. 일반철도 노반 단면도(철도설계기준(노반편), 2004)

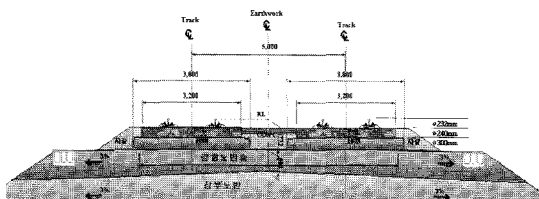


그림 2. 콘크리트케도 표준 단면도

- 강화노반 : 상부노반의 일부를 입도 조정 부순 골재, 슬래그 등의 재료로 조성한 것을 말한다.
- 상부노반 : 시공기면으로부터 일정한 깊이(고속철도 3.0m, 일반철도 1.5m)까지 쌓기한 부분을 말한다.
- 하부노반 : 상부노반의 아래 부분으로 원지반까지의 쌓기 부분을 말한다.
- 낮은 쌓기 : 쌓기 중 시공기면에서 원지반면까지의 높이가 3.0m 이하(고속철도) 또는 1.5m 이하(일반철도)인 쌓기를 말한다.
- 본바닥 : 쌓기 및 깎기를 하지 않고 원지반이 그대로 상부노반이 되는 상태를 말한다.

- 시공기면 : 철도노반 마무리면으로 철도중심선의 높이를 의미하며 일반적으로 설계도면에서 나타낸 시공의 기준이 되는 높이를 말한다.
- 원지반 : 원래의 흐트러지지 않은 자연지반을 말한다.

철도 하부 지반의 경우, 이상과 같은 표준단면과 같이 강화노반, 상부/하부노반층이 대상이다. 따라서 철도 하부 지반에 대한 이해를 위해, 이번 기사에서는 강화노반/상부/하부노반에 대해 철도설계기준(2004)을 중심으로 그 특징을 소개하고자 한다.

## 2. 강화노반

강화노반은 상부노반에서 가장 중요한 층으로 열차하중을 직접 받으며 하중을 분산시키는 역할을 한다. 일반철도와 고속철도의 강화노반에 대한 구조와 용어는 다르며 일반철도의 경우 강성이 큰 재료로 이루어진 단일 층을 강화노반으로 하며, 고속철도의 경우 입도조정층(최대입경(125mm)과 보조도상(38mm)을 강화노반으로 정의하고 있다. 사용재료의 최대 입경으로 볼 때 보조도상은 일반철도의 강화노반 층과 같은 기능이며, 입도조정층은 동상방지층의 기능을 수행하는 것으로 볼 수 있다. 강화노반 층에 사용되는 재료는 충분한 강성과 양호한 입도를 가진 것으로 토공 건설비의 중요한 비중을 차지하므로, 구조적 안정성 및 승차감과 궤도의 유지보수용을 고려한 최적의 강화노반 두께를 결정할 필요가 있다.

국내 강화노반은 설계시점에서 예상되는 교통하중, 사용재료의 응력-변형특성, 궤도형식 등을 고려하지 않고 시공관리를 통해 두께를 결정하고 있다. 즉, 사양중심의 설계 방법으로 시공기준에 언급된

재료 및 공법을 정해진 절차에 의해 시공하는 방식이다. 이에 대한 평가 방법으로 강화노반층이나 상부노반에서와 같은 입자가 큰 경우 지지력 평가를 실시하고 있다. 철도에서 실시하는 품질관리 방법은 평판재하시험(PBT)에서 구한 지지력계수  $k_{30}$ 과 반복평판재하시험(CPBT)으로 구한 첫 번째 재하단계 하중에서의 변형률계수  $E_{v1}$ 과 2번째 재하단계에서의 변형률계수  $E_{v2}$ , 그리고 변형률계수  $E_{v1}$ 에 대한 두 번째 재하 시의 변형률계수  $E_{v2}$ 의 비인  $E_{v2}/E_{v1}$ 을 품질관리기준으로 사용하고 있다. 현재 토공노반의 다짐 품질관리기준은 일반철도와 고속철도를 다르게 적용하고 있다. 일반철도의 경우  $k_{30}$ 값을, 고속철도의 경우  $E_{v2}$ 값을 기준으로 하고 있다.

그러나 국내 철도는 외국의 설계기준을 참고하여 만들어지면서 국내 실정 하에서 강화노반의 두께의 적정성을 평가할 수 있는 방법이 전무한 실정이다. 향후에는 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

### 2.1 일반철도 강화노반 설계기준

일반철도에서의 강화노반 두께 산정 설계방법은 일본 철도 설계기준 방식을 토대로 국내 철도 여건을 고려하였다. 일본에서 강화노반의 도입은 고속철도가 등장함에 따라 노반의 생력화가 필요하여 흙재료보다 강성이 큰 재료를 포설하여 노반의 분니등을 억제하고자 도입되었고 현재 많은 실험적 연구와 현장실험 결과를 바탕으로 강화노반 두께를 최적화하여 경제적인 강화노반 설계법을 개발하여 강화노반 상부층을 아스팔트 콘크리트층으로 포설하여 강화노반 두께를 최적화시키는 동시에 효과를 극대화시키는 방법을 채택하고 있다. 이와 달리 국내에서는 아스팔트 콘크리트층을 배제하여 강화노반 두께를 결정하고 있어 이론적으로 검토할 경우 이에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

국내 일반철도의 강화노반 두께선정 기준은 표 1과 같다. 일반철도의 경우 상부노반의 지지력과 레일의 이음 유무에 따라 강화노반 두께를 결정하고

1) 최근 철도설계기준의 개정작업이 이루어지고 있으므로, 본 기사에서 인용되고 있는 2004년 설계기준의 정량적 기준값들이 일부 개정될 수 있다.

표 1. 국내 일반철도 설계기준의 강화노반 두께

( )는 이음레일

노반 조건		재료	입도조정 쇄석 또는 고로슬래그 쇄석(mm)	배수층	수경성입도 조정 고로슬래그 쇄석(mm)	배수층
일반철도 (자갈레도)	쌓기 및 돌기	$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$	200(350)	0	150(250)	0
		$110\text{MN/m}^3 > k_{30} \geq 70\text{MN/m}^3$	350(650)	0	250(500)	0
	각기 및 평지	$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$	200(350)	150(150)	150(250)	150(150)
		$110\text{MN/m}^3 > k_{30} \geq 70\text{MN/m}^3$	350(650)	150(150)	250(500)	150(150)
	암반구간			200	-	-
다짐관리 기준		$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$ , 최대건조밀도 95%이상 (D다짐)				

있다. 노반에 발생하는 하중의 크기는 이음레일과 장대레일이 다르기 때문에 이를 고려하여 강화노반 두께를 다르게 적용한 것으로 판단된다. 강화노반의 재료로는 일본의 경우 쇄석, 아스팔트 콘크리트와 고로슬래그가 사용되고 있으나, 국내에서는 현재 입도 조정된 쇄석만을 사용하고 있다. 쌓기 및 돌기 부분에서는 배수층을 고려하지 않으며, 각기 및 평지에서의 배수층은 장대레일과 이음레일 모두 같은 두께를 적용하고 있다. 일반철도에서의 다짐관리기준은 노반 마무리면에서의 강성 즉, 상부노반의 평판재하시험값  $k_{30}$ 과 레일의 연장여부에 따라 설계두께가 결정됨을 알 수 있다.

자갈도상궤도는 축조된 노반구조물위에 레일과 침목을 결합시킨 구조체로 도상자갈은 완전한 탄성체가 아닌 탄성체의 결합으로서 탄소성적인 성질이 있으므로 반복하중이 가해지면 잔류변형이 축적되고 이로 인해 변위가 발생된다. 고속과 고밀도로 운행되는 고속철도를 건설함에 있어 자갈궤도는 잦은 유지보수가 수반되는 문제 때문에 점차 그 적용추세가 줄어들고 있는 상황이다.

아래 표 2는 경부고속철도 1단계 공사 구간의 자갈도상궤도의 설계 및 시공 기준이다. 고속철도의

표 2. 국내 고속철도(자갈도상궤도) 설계 기준에서 제시하고 있는 강화노반 두께

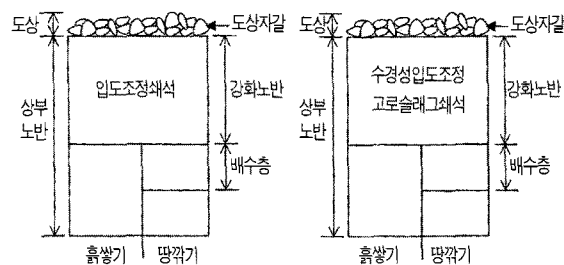


그림 3. 노반의 단면구성에 따른 강화노반의 구성

## 2.2 고속철도 강화노반 설계 기준

### (1) 자갈도상궤도의 강화노반 두께 산정 방법

노반 조건		재료	보조도상 (mm)	입도조정층 (mm)
경부 고속 철도 (자갈 레도)	쌓기 및 돌기	$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$	200	300
		$110\text{MN/m}^3 > k_{30} \geq 70\text{MN/m}^3$	200	600
	각기 및 평지	$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$	200	450
		$110\text{MN/m}^3 > k_{30} \geq 70\text{MN/m}^3$	200	750
	암반구간			200
다짐 관리 기준	DIN 18 134		$E_{v2} > 120\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$	$E_{v2} > 80\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$
	KS F 2311 (KS F 2312의 D)		최대건조밀도 의 100% 이상	

경우 국철(일반철도)와 달리 고로슬래그 쇄석이나 수경성고로슬래그 쇄석에 대한 구체적 사용규정이 없으며 보조도상으로 쇄석을 사용하도록 하는 것을 알 수 있다. 다만, 고속철도의 경우 지반반력계수( $k_{30}$ )과 변형계수(탄성계수) 규정을 동시 적용하도록 하였다. 이는 경부고속철도 건설 당시 궤도하부 구조의 설계기준은 일본의 것을 차용한 것으로 판단되며 감리규정상 독일의 노반 품질관리 규정을 차용한 것으로 사료된다.

(2) 콘크리트궤도의 강화노반 두께 산정 방법

콘크리트 궤도를 적용한 고속철도에서의 강화노반 두께와 다짐관리기준은 표 3에 정리하였다. 경부고속철도와 호남고속철도의 경우 궤도를 충분히 지지하고 상부노반의 강도저하와 분니발생을 방지하기 위하여 입도조정 쇄석 또는 수경성 입도조정 고로슬래그 등을 사용하여 지지력을 증가시킨 강화노반을 설치하였으며, 경부고속철도에서는 쌓기, 깔기, 암반구간에 적용하였으나, 호남고속철도에서는 암반구간의 적용을 생략하여 경제성, 시공성을 향상시켰다.

표 3. 국내 고속철도(콘크리트 궤도) 설계 기준에서 제시하고 있는 강화노반 두께

노반 조건		재료	보조도상 (mm)	입도조정층 (mm)
고속 철도 (콘크리트 궤도용)	호남 고속 철도	쌓기 및 돌기	200	200~300
		깔기 및 평지	200	200~450
	다짐 관리 기준	DIN 18 134	$E_{v2} \geq 120\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$	$E_{v2} \geq 80\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$
		KS F 2311, KSF 2312	최대건조밀도의 100% 이상	-
	경부 고속 철도2 단계	쌓기 및 돌기	300	300
		깔기 및 평지	300	300
다짐 관리 기준		DIN 18 134	$E_{v2} \geq 120\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$	$E_{v2} \geq 80\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$
		KS F 2311, KSF 2312	최대건조밀도의 100% 이상	-

도공부 침하시 도상자갈을 보충하는 등 침하에 대하여 어느 정도 유연한 대처가 가능한 자갈도상궤도와는 달리 콘크리트궤도의 경우 침하량이 일정 한도를 초과하면 콘크리트궤도의 철거 등 대규모 보수가 필요하기 때문에 엄격한 시공기준을 적용하였다. 또한, 하부구조의 토노반 구조물의 성능에 의해 궤도 구조물의 성능이 영향을 받는 점을 충분히 고려하였다. 여기서, 다짐관리기준은 반복평판재하시험의 값인  $E_{v2}$ 값을 적용하였으며, 최대건조밀도의 100% 이상을 기준으로 한다.

3. 성토다짐 관리 설계 기준

철도 노반의 다짐품질관리는 향후 열차운행 시 발생할 수 있는 침하를 사전에 평가하여 안정성을 확보하는 매우 중요한 항목이다. 본 절에서는 국내 철도 토공노반에 대한 품질관리 기준을 일반철도와 고속철도를 비교하였다.

3.1 일반철도

일반철도의 경우 철도설계기준(2004)를 바탕으로 정리하였으며, 일반철도 흙쌓기에서 상부노반과 하부노반의 각 다짐 품질기준을 표 4에 정리하였다. 표 4와 같이 일반철도의 경우 상부노반의 기준이 하부노반의 기준보다 엄격한 품질관리를 하고 있으며 현장 상대다짐도(R)를 통한 밀도관리와 평판재하시험의 비반복 실험방법으로부터 지지력 계수( $k_{30}$ )로 구하여 관리되고 있는 것을 볼 수 있다.

흙쌓기 재료의 적정성 판단을 위해 비중, 액·소성 한계, 소성지수, 200번체 통과율(%), 단위중량, 최대입경과 같은 물리적 판단기준과 수정 CBR, 일축 압축강도, 흡수율, 마모감량 등의 역학적 판단기준을 통하여 관리하고 있다. 이를 통하여 사용재료가 공학적으로 사용가능anz를 판단하고 있다.

암석쌓기와 암성토 재료의 품질관리 기준과 사용

재료의 판단기준은 표 5에 정리하였다. 현재 설계기준에서 제시하고 있는 기준으로는 최대입경과 연암과 경암 이상의 강도를 가진 재료를 사용하도록 되어있다. 특히 암벼력의 경우 입경이 너무 크면 공극

이 많이 발생하여 잔류침하 발생이 우려되므로 최대입경을 300mm로 제한하고 있으며, 시공기면으로부터 600mm 이내에는 암벼력을 사용하지 못하도록 하고 있다.

표 4. 상부노반과 하부노반의 품질기준(일반철도)

구 분	단위	실험방법	상부노반			하부노반
			강화노반		흙노반	
			입도조정 쇄석	고로슬래그 쇄석		
최대입경	mm	KS F 2302	40mm 이하	25mm 이하	25 이하	-
200번체 통과율	%				35% 이하	50 이하*
소성지수	%	KS F 2303			10 이하	30 이하*
액성한계	%	KS F 2303			35% 이하*	
수정 CBR	%	KS F 2320	80 이상	80 이상		
일축압축강도	kN/m <sup>2</sup>	KS F 2535		1,200 이상		
단위중량	kN/m <sup>2</sup>	KS F 2535	15 이상	15이상		
비중		KS F 2503	2.45 이하			
흡수량	%	KS F 2503	3.0 이하			
마모감량		KS F 2508	30 이하			
다짐도		KS F 2312	95% 이상 (E 다짐)	95% 이상 (E 다짐)	95% 이상 (D 다짐)	90% 이상(A다짐) (D다짐)*
현장품질관리 방법			k <sub>30</sub> >70MN/m <sup>3</sup> k <sub>30</sub> >110MN/m <sup>3</sup> 조건에 따라 분류		k <sub>30</sub> >110MN/m <sup>3</sup>	k <sub>30</sub> >70MN/m <sup>3</sup>
흙쌓기 지지지반 조건		1) 흙쌓기 지지지반은 지표에서 흙쌓기 폭의 약 2배(25m를 한도)의 깊이까지 지진시 액상화 위험이 없는 조건의 지반일것 2) 흙쌓기 지지지반 조건 암반: 조건 없음 풍화층: 자갈층(조건없음), 모래층(N값이 10이하인 경우에는 액상화될 위험이 없는 충일것), 세립토층(N>4 경우 조건없음, 4>N>2 인 경우 층 두께 3.0m 이하로 할 것, 2>N 인 경우 층두께를 2.0m 이하로서 안정성을 확인할 것)				

표 5. 암석쌓기 기준(철도설계기준, 2004 p. 83)

■ 암석쌓기

- 1) 암석쌓기를 위한 재료는 연암 또는 경암이어야 하며 최대입경은 300mm 이하로 한다.
- 2) 암석쌓기를 위한 재료 및 다짐방법은 반드시 시험시공을 한 후 시공성 및 경계성을 고려하여 최종 결정하여야 한다.
- 3) 시공기면으로부터 밑으로 600mm부분은 암벼력을 하여서는 안된다.
- 4) 암석쌓기 부분 위에 상부노반 등의 세립재료를 쌓는 경우에는 필터의 역할을 충분히 하는 입상재료로 입도조정층으로 설계하여야 한다.

### 3.2 고속철도

고속철도의 다짐품질관리 기준은 고속철도공사 전문시방서(2004)를 바탕으로 정리하였다. 표 6을 통하여 고속철도 다짐품질관리 기준을 확인 할 수 있으며, 일반철도기준과 거의 유사하거나 다소 엄격하게 관리되고 있는 것을 알 수 있다. 고속철도의 경우 강화노반층의 입도에 따라 보조도상층과 입도조정층으로 구분하여 관리하고 있다. 고속철도의 상부노반의 최대입경이 100mm로 일반철도 25mm보다 4배 이상의 값을 두고 있으며, 일반철도에서는 제한을 두고 있지 않는 하부노반에 대해서도 최대입경을 제한하여 엄격한 관리를 하고 있는 특징이 있다. 세립분 함유량(200번체 통과율)에 대한 기준도 일반철도의 경우 35%의 기준을 두고 있는 것에 비해 고속철도의 경우 25%이내의 규정을 두고 있는 것을 확인할 수 있다. 다만 일반철도의 강화노반 재료의 마

모감량을 30 이상으로 두고 있으나 고속철도 보조도상의 경우 40% 이상으로 일반철도 기준이 더 엄격한 것을 볼 수 있다. 고속철도와 일반철도의 품질관리에서 가장 큰 차이는 지지력을 관리하는 방법으로 일반철도에서는 평판재하시험으로 구한 지지력계수( $k_{30}$ )로 평가하고 있지만 고속철도에서는 반복평판재하시험으로 구한 변형계수( $E_{v1}$ ,  $E_{v2}$ ,  $E_{v2}/E_{v1}$ )로 품질을 관리하고 있는 것이다.

고속철도 암성토 재료요건은 표 7과 같으며, 상부노반의 암성토 최대입경기준이 200mm로 일반철도의 300mm에 비해 작은 것을 확인할 수 있다. 또한 일반철도에 없는 다양한 재료 기준이 포함되어 있는 것을 확인할 수 있다.

표 8에서는 일반철도와 고속철도의 다짐시험 판정 기준을 나타내었으며, 일반철도와 고속철도 모두 상·하부 노반에 따라 다짐정도를 관리하고 있는 것을 확인할 수 있다. 다짐정도는 노반에 따라 최소 90%

표 6. 상부노반과 하부노반의 품질기준(고속철도)

구 분	단위	실험방법	상부노반			하부노반
			강화노반		상부노반	
			보조도상층	입도조정층		
최대입경	mm	KS F 2302	31.5 이하	125 이하	100 이하	300 이하
수정 CBR	%	KS F 2320			10 이상	2.5 이상
5mm체 통과율	%				25~100%	-
0.08mm체 통과율	%	KS F 2511			0~25%	-
소성지수		KS F 2303			10 이하	-
경도 및 내구성	%	KS F 2508	40 이하	60 이하		
편평도	%	KS F 2575	30 이하	30 이하		
모래당량		KS F 2340	$E_s > 40$	$E_s > 40$		
다짐후 1층 두께			20cm 이하	30cm 이하		
다짐도	%	KS F 2312 D	100%이상	-	95% 이상	90% 이상
		DIN 18 134	$E_{v2} \geq 120\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$	$E_{v2} \geq 80\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$	$E_{v2} \geq 80\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$	$E_{v2} \geq 60\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} > 2.7$
노반재료의 일반기준	■사용 불가능한 흙 (1) 액성한계 50% 이상 되는 재료, 건조밀도 1.5tf/m <sup>3</sup> 이하의 재료, 간극률이 42% 이상, 소성한계가 25% 이상인 흙은 사용금지 (2) 벤토나이트, 온천여토, 산성백토, 유기질토 등 흡수성이 크며 압축성이 큰 흙 (3) 빙토, 빙설, 초목, 나무 등 다량의 부식물을 함유한 흙					

표 7. 암성토 재료요건

구 분	상부노반			하부노반
최대입경(mm)	200mm			300mm
입도	200mm	100	시험시공 후 조정가능	입도배합이 양호한 재료
	125mm	-		
	106mm	-		
	101.6mm	90-60		
	63.5mm	80-52		
	25.4mm	73-36		
	9.52mm	59-22		
	5.0mm	50-15		
	2.5mm	42-12		
	1.2mm	36-9		
	0.6mm	28-6		
	0.3mm	22-4		
0.15mm	16-3			

1) 암성토는 강화노반 하부 흠쌓기에만 허용될 수 있으며, 시험시공을 한 후 공사감독자의 승인을 받아야 한다.  
 2) 암성토 재료로서 이암, 세일, 실트스톤, 천매암, 편암 등 암석의 역학적 특성에 의해 쉽게 부서지거나, 수침 반복 시 연약해지는 재료는 공사감독자의 승인을 받은 후 사용하여야 한다.  
 3) 암성토시 간극이 충분히 메워질 수 있는 재료를 선정하여 깔기 후 다짐을 하여야 하며, 다른 재료로 시공된 부분 위에 암성토를 하고자 할 경우에는 기 시공된 표면의 중심에서 외측으로 1:12정도의 기울기를 형성하여 배수가 원활히 되도록 하여야 한다.  
 4) 암성토 시 비탈면 처리는 석축 쌓는 부분을 제외하고 비탈면에 암벼력이 노출되지 않도록 양질의 토사로 덮어 식생이 가능하도록 하며, 비탈면 다짐을 실시하여야 한다.  
 5) 암성토의 포설은 1층 다짐완료 후의 두께가 상부노반 30cm 이하, 하부노반 50cm 이하로 균일하게 포설하여야 한다.

표 8. 다짐 시험에 대한 판정기준

적용	구 분	상부노반		하부노반	비 고	
		강화노반	흠노반			
일반 철도	1층 다짐 완료후의 두께(cm)	15 이하		30 이하	-	
	다짐도 (%)	95		95 이상	90 이상	
	다짐방법	D		D	A, D*	
	평판 재하	침하량 (cm)	0.125		0.125	0.125
		지지력계수 ( $k_{30}$ : MN/m <sup>3</sup> )	70 이상 110 이상		110 이상	70 이상
고속 철도	1층 다짐 완료후의 두께(cm)	보조도상	20 이하	30 이하	50이하	
		입도조정층	30 이하			
	다짐도 (%)	보조도상	100 이상	95 이상	90 이상	
		입도조정층	-			
	다 짐 방 법	보조도상	D	D	D	
		입도조정층	-			
평판재하	보조 도상	$E_{v2} \geq 120\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$	$E_{v2} \geq 80\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$	$E_{v2} \geq 60\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.7$		
입도 조정층	$E_{v2} \geq 80\text{MPa}$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$					

표 9. 고속철도 흙쌓기 재료의 품질관리 요건

종 별	실험종목	실험 방법	실험빈도		비 고
			상부노반	하부노반	
흙쌓기 재료 (상/하부노반)	입도	KS F 2302	1,000m <sup>3</sup> 마다	2,000m <sup>3</sup> 마다	현장밀도는 평판재하 불가능시 실시
	평판재하	DIN 18 134	- 상부노반: 총별 500m <sup>3</sup> 마다 - 하부노반: 총별 1,000m <sup>3</sup> 마다		
	현장밀도	KS F 2311			
	두께측정	KS F 2312	- 1일 1회 이상		
	액성, 소성한계	KS F 2303			
	함수량	KS F 2306	- 재료원 마다 - 재질변화시 마다		
	비중	KS F 2308			
	흙의 씻기 실험	KS F 2309			
	다짐(D방법)	KS F 2312			
	실내 CBR	KS F 2320			

(1) 실험시공은 20,000m<sup>3</sup>당 1회 이상 실시하여야 한다.  
 (2) 흙쌓기시 총적다짐으로 정확한 함수비-밀도곡선과 최대건조밀도를 구할 수 없거나, 점성이 없고 배수가 잘 되는 흙의 밀도를 결정하기 위해서는 「KS F 2345」에 따르며, 이때에도 공사감독자의 확인을 받아야 한다.  
 (3) 다짐도 실험에 필요한 함수량 실험방법은 「KS F 2306」에 따르며, 급속함수량실험, 적외선 수분계 또는 방사성 동위원소를 사용한 측정장비(RI)를 사용할 경우에는 각 실험방법에 따른 보정값에 대하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

에서 100% 이상으로 나뉘며, 평판재하시험의 반복법(E<sub>v2</sub>)과 비반복법(k<sub>30</sub>)에 의해 품질관리를 하고 있는 것을 알 수 있다.

표 9에서는 고속철도 흙쌓기 재료의 시험빈도를 나타내고 있다. 표 8과 같이 상·하부 노반을 분리하여 관리하고 있으며, 재료의 변화 및 재료원에 따라서 실험을 실시하고 있다.

참고 문헌

1. 한국철도시설공단(2004), 철도설계기준
2. 한국철도기술연구원(2005), “철도노반 관리기준 정립 및 개선방안”
3. 한국철도기술연구원(2008), “토공노반 최적두께산정을 위한 설계표준 기술 연구”

회비 납입 안내

회원 여러분께서 납부하시는 회비는 학회 운영의 소중한 재원으로 쓰이고 있습니다. 회원 제위께서는 체납된 회비를 납부하시어 원활한 학회운영에 협조하여 주시기 바랍니다.

- 회비납부는 한국씨티은행 : 102-53510-243  
(예금주(사)/한국도로학회)
- 지로번호 : 6970529

<학회사무국>