교대 뒤채움 재질 변경시 지반거동에 관한 실내모형실험
A Model test on the behavior of Backfill Materials improvement at Abutment

전남수[1], Nam-Soo Jeon, 신재홍[2], Jae-Hong Shin, 조민혁[3], Min-Hyuk Cho, 최명진[4], Myong-Jin Choe

[1] (주) 네스지오 부장, General Manager, Nesgeo
[2] (주) 네스지오 차장, Deputy Manager, Nesgeo
[3] (주) 네스지오 사원, Staff, Nesgeo
[4] (주) 네스지오 대표이사, CEO, Nesgeo Myong-Jin Choe

SYNOPSIS : 뒷채움재료의 선정기준으로 구조물과 연이은 토공부 사이의 부등침하를 최소화하기 위해 맞물림(Interlocking)효과 및 다짐성이 우수하고 배수가 원활히 될 수 있는 입상재료인 선택층 재료를 사용하는 것으로 규정 및 설계하고 있다. 일률적으로 정해진 현재의 뒤채움재료 선정기준은 건설초기에 손쉽게 구할 수 있었던 선택층 재료인 SB-1의 공급이 어려워져 적절하게 현장여건을 고려하기 곤란하다. 공학적 측면에서 지나치게 안전측으로 선택 및 설계되는 경우가 있어 공사비의 상승 등 시공성과 경제성 측면에서 많은 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 실내 모형토조를 이용하여 뒤채움 완료 후 뒤채움부 상단에서 교통하중에 의한 장기 동적토압을 모사해 뒤채움부의 장기 침하량과 수직, 수평토압을 측정 비교해 교대 뒤채움부 재질 변경을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

Keywords : Backfill Materials, SB-1, Model Test, Abutment, Crushed Rock

1. 서 론

고속도로 건설시 교대의 뒤채움 부위는 자체침하가 발생하지 않는 콘크리트 구조물과 연이은 토공부의 장기침하로 인하여 부등침하가 발생할 가능성이 높다. 또한 시공적인 관점에서 보면 협소한 장소에서 시공을 해야 하는 경우에는 대형장비의 진입이 곤란하거나 대형장비로 다지는 것이 부적절할 때가 있다. 또한 대형다짐장비로 시공시 구조물의 손상을 유발할 수 있으므로, 고속도로 건설공사에서는 구조물 뒤채움부를 취약공정으로 분류하여 관리하고 있다.

뒷채움재료의 선정기준으로 구조물과 연이은 토공부 사이의 부등침하를 최소화하기 위해 맞물림(Interlocking)효과 및 다짐성이 우수하고 배수가 원활히 될 수 있는 입상재료인 선택층 재료를 사용하는 것으로 규정 및 설계하고 있다. 일률적으로 정해진 현재의 뒤채움재료 선정기준은 건설초기에 손쉽게 구할 수 있었던 선택층 재료인 SB-1의 공급이 어려워져 적절하게 현장여건을 고려하기 곤란하다. 공학적 측면에서 지나치게 안전측으로 선택 및 설계되는 경우가 있어 공사비의 상승 등 시공성과 경제성 측면에서 많은 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 실내 모형토조를 이용하여 뒤채움 완료 후 뒤채움부 상단에서 교통하중에 의한 장기 동적토압을 모사해 뒤채움부의 장기 침하량과 수직, 수평토압을 측정 비교해 교대 뒤채움부 재질 변경을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 구조물 뒤채움 기준

구조물 뒤채움에 사용되는 재료는 보조기층 재료의 품질기준에 적합한 것을 사용하여야 한다. 단, 현

지재료의 활용과 경제성 등을 고려하여 설계도면에 명시되어 있을 경우에는 아래 표와 같은 재료를 사용할 수 있다.

뒤채움 재료는 압축성이 적고 물의 침입으로 강도가 저하되지 않아야 하며, 다지기 쉽고 동상의 영향을 받지 않는 재료를 사용해야 한다. 뒤채움 시공에 사용되는 재료는 아래 표의 품질기준을 만족해야 한다.

표 1. 뒤채움 재료

구 분	기 준
최대치수 (㎜)	100 이하
5 ㎜ 통 과 량 (%)	25 ~ 100
0.08 ㎜ 통과량 (%)	15 이하
소성지수 (PI)	10 이하
시방다짐을 실시한 흙의 수정 CBR (%)	10 이상

표 2. 뒤채움용 재료의 품질기준

구 분	선택층 재료	양질의 토사	비 고
	피토고 (3.5 m 미만)	피토고 (3.5 m 이상)	
최대치수 (㎜)	보조기층재료 (SB-1)	100 이하	
5 ㎜ 통 과 량		25 ~ 100	
0.08 ㎜통과량 (%)		15 이하	노상기준 : 25 % 이하
소성지수 (PI)		10 이하	
수정 CBR (%)		10 이상	

주) 피토고 산정기준은 암거 중심선 상단에서 노견부를 제외한 도로 유효폭원까지의 최소높이를 말한다.

3. 축소모형 실험 및 결과

3.1 실내모형실험

본 실험에서는 뒤채움 재료의 물리·역학적 실험을 실시하여 뒤채움 재료의 변경에 의한 거동 특성을 파악하기 위하여 모형토조에 상사율 1/10을 적용하였다. 모형조성은 뒤채움 시공순서와 동일하게 실시하였으며, 뒤채움 재료는 현행 SB-1급 재료와 노상토급 및 암버력 시료를 상사입경에 적용하여 사용하였다. 진동하중은 뒤채움부 상단에서 교통하중에 의한 장기 동적토압을 모사하였고, 동적 토압계와 변위계 가속도계를 설치하여 재료의 변경에 따른 토압 및 변위를 측정하였다. 장기 진동하중 시험은 DB 24하중에 등가차축하중계수를 적용하여 0.62 kg/cm^2, 50만회작용 하중을 5배하여 3.2kgf/cm^2, 5Hz의 재하속도로 9000회 작용시켜 실험을 실시하였다.

표 3. 재료별 실험조건

시료	CASE	접속슬래브 (4cm)	충격 완화재		강성층 (3cm)
			벽체	슬래브 밑	
SB-1	CASE 01	O	X	X	X
양질토	CASE 04	O	O	X	X
	CASE 05	O	O	X	O
	CASE 06	O(3cm)	O	X	O(4cm)
암성토	CASE 07	O	O	X	X
	CASE 08	O	O	X	O

그림 1. 실험 단면과 계측기 설치 단면도

3.2 실험 결과 및 분석

3.2.1 실험조건별 동적토압 응답

접속슬래브 상단에서 3.2kgf/cm^2, 5Hz의 재하속도로 9000회로 진동하중에 의한 뒤채움 재료에 따른 통적 수직토압과 수평토압의 계측결과, 강성층 바닥면에서 발생하는 동적수직토압은 선택층재료인 SB-1을 사용시 0.15kgf/cm^2, 양질의 토사에서는 각각 0.71kgf/cm^2 0.36kgf/cm^2 1.83kgf/cm^2, 암재료를 사용한 경우에는 0.51kgf/cm^2, 0.11kgf/cm^{2}로 측정되었다. 강성층 바닥면에 위치한 선택층 재료의 동적수평토압 0.04kgf/cm^2, 양질의 토사는 각각 0.02kgf/cm^2, 0.03kgf/cm^2, 0.03kgf/cm^2, 암재료 사용시 0.25kgf/cm^2, 0.07kgf/cm^{2}로 측정되었다. 재료별 뒤채움부에 발생하는 수직응력은 작용하중은 양질의 토사를 사용한 경우에서 57.2%로 가장 크게 측정되었으며, 수평응력은 암재료를 사용한 경우에서 7.8%로 가장 크게 측정되었다.

수직응력의 경우 조립질의 큰 입상재료보다는 미세립자 함유율이 큰 토사가 마찰강도는 작고, 간극비가 상대적으로 크기 때문에 침하와 포아송비가 상대적으로 큰 값을 나타내므로 응력이 가장 크게 발생한 것으로 보이며, 수평응력의 경우 입자의 맞물림(Interlocking)효과에 의존하는 암재료에서 접촉응력으로 가장 크게 발생하는 것으로 보인다.

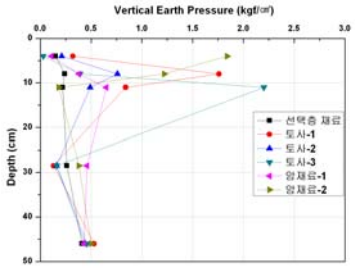

그림 2. 재료별 동적 수직토압 비교

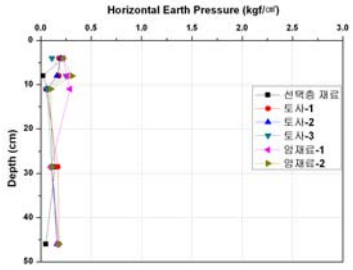

그림 3. 재료별 동적 수평토압 비교

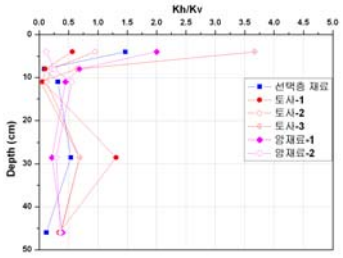

그림 4. 깊이에 따른 토압계수 비교

3.2.2 실험조건별 변위 응답

실험 조건별 각 계측기의 위치가 현실적으로 같은 위치에 위치하는 것은 불가능하므로 측정된 변위를 같은 위치로 환산하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 접속슬래브에서 측정된 변위량은 SB-1 시료인 경우 2.35mm, 양질토 시료인 경우 각각 3.47mm, 3.32mm, 3.45mm의 변위를 보였고, 암버력 시료인 경우 각각 0.56mm, 0.84mm의 변위를 보였다. 또한 강성보강판에서 측정된 변위량은 양질의 토사를 사용한 경우 각각 1.94mm, 2.89mm의 변위를 보였고, 암재료를 사용한 경우 0.39mm의 변위를 보였다.

진동에 의해 발생하는 파형은 P파, S파, R파의 복합체이다. P파는 지반의 간극수압 증가 및 입자간 변위를 유발시키는 작용을 하며, S파는 입자에 전단력을 작용시켜 입자를 조밀한 상태로 재배열 시킨다. 따라서, 진동은 토립자간의 상대변위를 유발시켜 간극비를 감소시키는 작용을 하게 된다. 진동다짐에 의한 선택층 재료(SB-1)과 양질의 토사는 조밀한 상태에서 장기진동하중이 발생할 경우 입자간의 약한 접촉부분이 파괴되어 강한 접촉부분만 남게 된다. 이러한 이유로 암재료 보다는 선택층 재료와 양질의 토사에서 침하량이 크게 나타난 것으로 보인다.

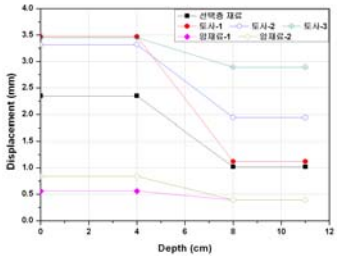

그림 5. 재료별 침하특성 비교

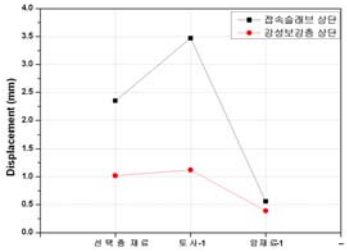

그림 6. 접속슬래브 변위 비교

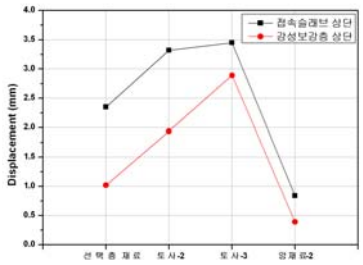

그림 7. 강성보강층 변위 비교

4. 결 론

교대 뒤채움 재료에 따른 특성을 파악하기 위하여 뒤채움부 상단에서 교통하중에 의한 장기 동적토압을 모사해 뒤채움부의 장기 침하량과 수직, 수평토압을 측정 비교해 교대 뒤채움부 재질 변경을 위한 기초자료로 활용하기 위한 실내 모형실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 접속슬래브 상단에서 3.2kgf/cm^2, 5Hz의 재하속도로 9000회 작용하여 측정된 강성층 바닥에 위치한 수직토압은 SB-1 시료인 경우 작용하중의 4.7%인 0.15kgf/cm^2, 양질토를 사용한 경우 각각 작용하중의 22.2% , 11.3%, 57.2%로 0.71kgf/cm^2, 0.36kgf/cm^2, 1.83kgf/cm^2, 암버력을 뒤채움재로 사용한 경우 작용하중의 15.9%, 3.4%로 0.51kgf/cm^2, 0.11kgf/cm^{2}의 수직토압이 측정되었다.

2. 강성층 바닥에 위치한 수평토압의 경우 SB-1 시료에서 작용하중의 1.3%인 0.04kgf/cm^2, 양질토를 사용한 경우에는 각각 작용하중의 0.6%, 0.9%, 0.9% 의 하중인 0.02kgf/cm^2, 0.03kgf/cm^2, 0.03kgf/cm^{2}의 수평토압이 측정되었다. 또 암버력을 뒤채움재로 사용한 경우 작용하중의 7.8%, 2.2%의 하중인 0.25kgfcm^2, 0.07kgf/cm^{2}의 수평토압이 측정되었다.

3. 변위계에서 측정된 변위를 같은 위치로 환산하였을 때 다음과 같은 결과를 얻었다. 접속슬래브에서 측정된 변위량은 SB-1 시료인 경우 2.35mm, 양질토 시료인 각각 3.47mm, 3.32mm, 3.45mm의 변위를 보였고, 암버력 시료는 각각 0.56mm, 0.84mm의 변위를 보였다. 또 강성보강판에서 측정된 변위량은 SB-1 시료에서는 1.02mm, 양질토 시료는 각각 1.12mm, 1.94mm, 2.89mm와 암버력 시료는 각각 0.39mm의 변위를 보였다.

참고문헌

1. George E. Lazebnik, "Monitoring of Soil-Structure Interaction", International Thomson Publishing, 1998.
2. 노한성 외 2. (2002) 토공의 다짐두께 개선 및 토질별 실내다짐 적정기준 연구, 한국도로공사 도로교통기술원.