

실내 모형 시험을 통한 교대 뒤택움부의 침하 개선 방안 연구 Study for minimizing the settlement of abutment-backfill-system by lab model test

김성환¹⁾, Seong-Hwan Kim, 김정섭²⁾, Jeong-Seop Kim, 최영철³⁾, Young-Chul Choi, 한진태⁴⁾, Jin-Tae Han, 고영현⁵⁾, Young-Hun Kho, 김명모⁶⁾, Myoung-Mo Kim

- 1) 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정, Graduate Student, School of Civil, Urban & Geosystem Engineering, Seoul National Univ.
- 2) 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정, Graduate Student, School of Civil, Urban & Geosystem Engineering, Seoul National Univ.
- 3) 한국 도로 공사 도로교통기술원 책임연구원, Chief Researcher, Korea Expressway Corporation
- 4) 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사 후 연구원, Graduate Student, School of Civil, Urban & Geosystem Engineering, Seoul National Univ.
- 5) (주)네스지오 연구소장, Director of Research Institute, NesGeo Co., Ltd.
- 6) 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수, Professor, School of Civil, Urban & Geosystem Engineering, Seoul National Univ.

SYNOPSIS : Backfill-system in abutment generally consists of abutment, embankment and backfill. The settlement or bump is main issue of this system. Configuration of abutment is concave at the side of backfill to reduce concrete volume and cost. The approach of compaction machines to concave area is restricted. So compaction in the concave area is poor. The SB-1 has been used as backfill material, but supply of this material becomes harder. Therefore, in this study change of abutment configuration that is to straighten concave line and the use of sand and gravel, which are acceptable near construction field are suggested to be alternative. Also, the reinforcement layer is embedded to reduce the settlement. Laboratory model test is carried out to evaluate the effect of configuration change and the reinforcement layer. Also, the feasibility of other backfill materials such as sand and gravel is evaluated through laboratory model test. As a result of test, the feasibility of alternative backfill materials is verified and the reinforcement layer is effective. When the configuration changes, the settlement increases. However, the improvement of compaction from configuration change couldn't be reflected in this test. Further study including this effect needs.

Keywords : Backfill, Settlement, Approach slab, SB-1

1. 서론

교대의 뒤택움부는 콘크리트 구조물인 교대와 뒤택움 및 성토부로 이루어지며, 교대 자체는 침하가 매우 작은 반면 뒤택움재와 성토부에서는 장기침하가 발생하므로 부등침하가 일어난다. 교대는 재료의 절약을 위해 뒤택움 쪽 면을 일정량 절삭한다. 절삭된 공간의 뒤택움은 협소한 공간으로 인해 다짐 장비의 접근이 어려우므로 충분한 다짐 시공이 불가능하다. 또한 뒤택움은 도로성토에 비해 급속 다짐을 실시하게 되므로, 공용 중 자연다짐으로 뒤택움부의 추가 침하가 발생하여 상부에 위치하는 교량 접속

슬래브의 침하가 유발된다. 이는 단차로 인한 차체 충격, 승객의 불편 및 접속슬래브 보수를 위한 유지관리와 같은 많은 문제점을 유발시킨다. 또한 뒤채움재료로 쓰이는 SB-1의 사용은 한계가 있다. 선택층 재료인 SB-1의 공급이 어려워지면서 현장 여건을 적절히 고려할 수 없어 실제 현장에 적용하기가 점점 어려워지는 실정이다. 위의 문제점들을 해결하기 위해 교대 뒷면의 형상을 직선화하여 불량 다짐 시공의 가능성을 줄이고, SB-1을 대체할 수 있는 뒤채움 재료를 개발하여 경제성을 향상시키고자 한다.

본 연구에서는 교대 뒤채움부 침하의 거동을 파악하여 개선된 모델의 성능을 검증하였다. 이를 위하여 10년의 장기 등가 교통하중을 적용하여 교대 및 뒤채움 성토부에 대한 실내 모형 시험을 수행하였다. 교대의 형상, 뒤채움 재료의 종류, 강성 보강층의 설치 여부 등에 따른 교대 뒤채움부의 침하 양상을 분석하였다.

2. 교대 뒤채움부 침하의 정의 및 원인

2.1 교대 뒤채움부 침하의 정의

교대 뒤채움부의 부등 침하는 교량과 뒤채움부의 단차로 인해 도로의 쾌적성에 큰 영향을 끼치며 유지보수가 매우 어렵다. 그러므로 뒤채움부의 부등침하 기준은 유지보수 단계에서의 부등침하량과 노선의 경사를 기준으로 한다.

6.35 cm이상의 수직 부등침하는 승차감을 저하시킨다. Bozozuk(1978)에 의하면 수직 허용 침하는 10 cm이며 수평 허용 침하는 5 cm이다. Long 외(1988)와 Wahls(1990)는 구배 1/200이 보수 기준으로 제안했다. Das 외(1999)는 침하나 구배 대신에 국제 조도 지수(IRI) 측정치를 사용하여 교대 뒤채움의 승차감을 확인했다. IRI가 10 이상인 경우 승차감이 저하된다.

2.2 교대 뒤채움부 침하의 원인

뒤채움부의 침하를 형성하는 원인들은 시공상의 문제(다짐 불량과 뒤채움재의 불량, 이음 불량, 배수 불량), 계절적 온도차, 침식에 의한 성토의 유실, 기초 지반의 침하, 과도한 교통하중으로 나눌 수 있다. 또한 교량의 횡운동과 제방의 침하에 의해서도 뒤채움부의 침하가 발생한다(Schaefer and Koch 1992; Laguros 1990; Wahls 1990).

3. 실내 모형 실험

3.1 실험 개요와 실험 단면

실내 모형토조를 이용하여 뒤채움 완료 후 뒤채움부 상단에서 교통하중에 의한 장기 동토압을 모사해 뒤채움부의 장기 침하량을 측정 비교하였다. 현재 국내에 시공 중인 교대에 상사비 1/20을 적용한 교대 모형을 현장의 시공 순서와 방법에 맞추어 시공하였다. DB 24 하중에 등가 차축하중 계수를 적용하여 3.5 t/cm^2 의 하중을 3 Hz, 총 10800회 작용하여 실험을 실시하였다. 모형 교대와 하중기 및 토조 형상은 그림 1과 같다. 실험용 토조는 너비 1 m, 폭 1 m, 높이 1 m로 모형을 상사비에 맞추어 모형 진동 실험을 수행하였다.

현재 교대는 재료의 절감을 위해 그림 2에서 볼 수 있듯이 뒤채움부 면이 안쪽으로 파여진 형태이다. 본 연구에서는 다짐 등의 시공성을 높이기 위해 교대 뒷면의 형상을 직선화한 모형을 사용하여, 현행 교대 단면에서의 침하 결과와 비교 분석하였다(그림 1).



(a) 모형 교대 (직선화)

(b) 모형 교대 (원형)

(c) 토조

그림 1. 모형 교대 및 토조

실험 단면 및 계측기 설치는 그림 2와 같다. 수평 위치에 따른 침하량을 파악하기 위해 계측기를 교대로부터의 수평 거리를 5 cm, 15 cm, 30 cm, 45 cm 로 하였다.

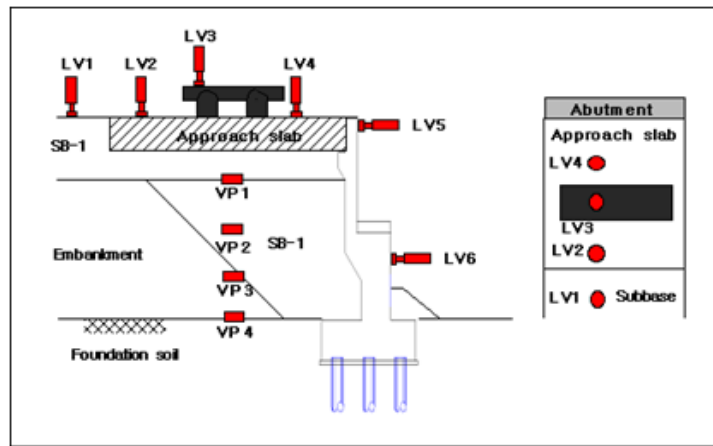


그림 2. 실험 단면 및 계측기

3.2 실험 조건과 뒤채움 재료

뒤채움 재료, 교대 형상, 강성 보강층 설치 유무에 따른 실험을 수행하였으며 실험 조건은 표 1과 같다.

표 1. 실험 조건

CASE	뒤채움재료	교대 형상	강성 보강층
I	SB-1	직선화	미설치
II	양질토	직선화	미설치
III	암버럭	직선화	미설치
IV	SB-1	원형	미설치
V	양질토	원형	미설치
VI	암버럭	원형	미설치
VII	SB-1	직선화	설치
VIII	양질토	직선화	설치
IX	암버럭	직선화	설치

뒤채움 재료는 최대 입경을 상사비로 맞춘 후 입도 분포는 실제와 동일하게 성형하였다. 현장 시공 상태와 동일하게 하기 위해 다짐 장비를 이용해서 다짐을 수행하였다(표 2).

표 2. 뒤채움재료 조건

뒤채움재	분류(USCS)	상대 다짐도(%)
SB-1	SM	90
양질토	GP	98
암버럭	GP	93

4. 실험 결과

뒤채움부에서의 최대 침하량의 시간 이력은 그림 3과 같다. 모든 실험에서 침하는 초기에 선형적으로 급격히 증가한 후 임계점 이후 거의 변동 없이 최종 침하값으로 수렴하는 거동을 보인다. CASE I에서 초기 탄성 침하 이후의 침하량이 가장 크지만 그 크기는 전체 침하량의 5%로 작다.

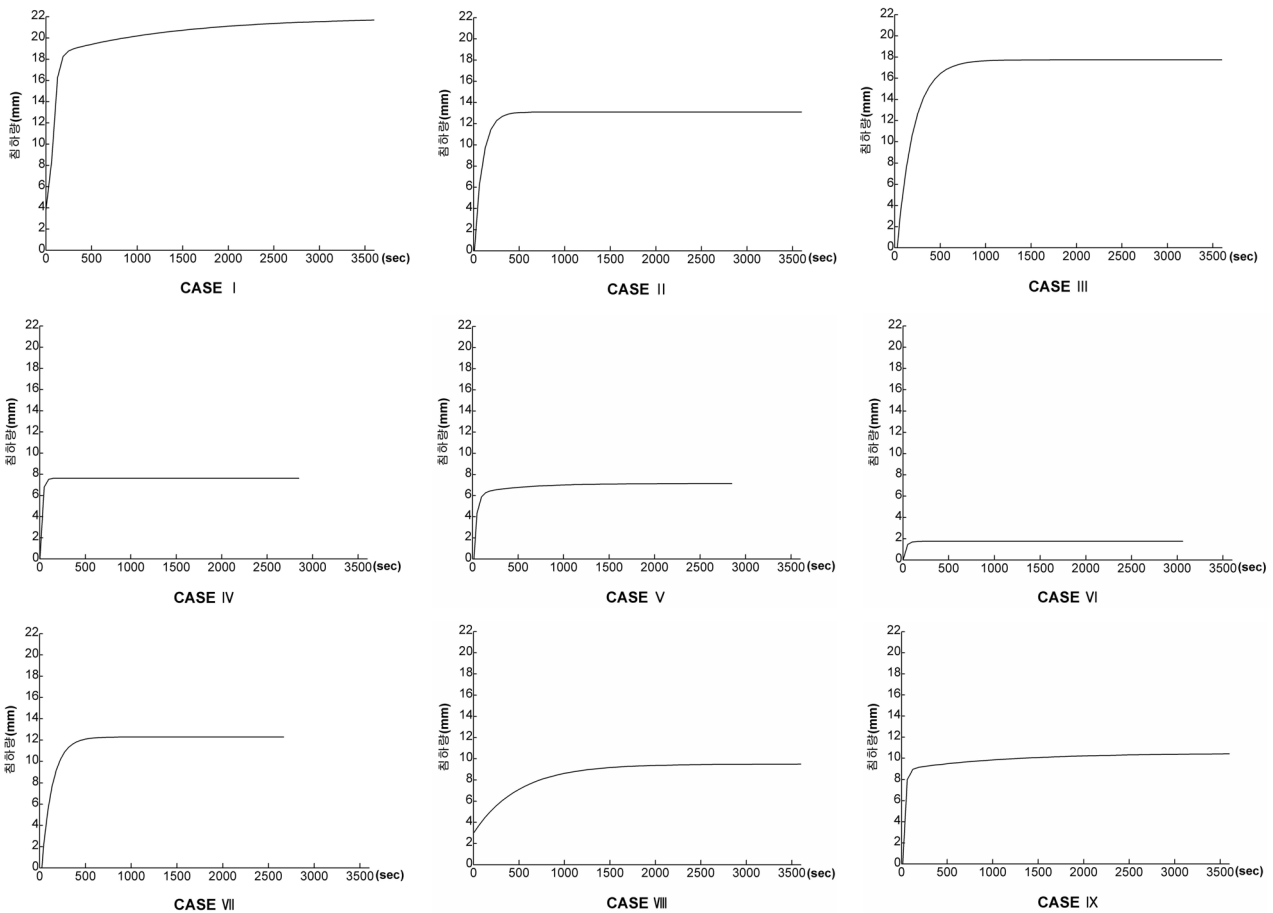


그림 3. 최종 침하량 - 시간 이력 곡선

교대 뒷면의 직선화, 뒤채움 재료, 강성 보강층의 설치에 최대 침하량을 분석하였다.

4.1 교대의 직선화 및 뒤채움재료

그림 4는 강성 보강층이 설치되지 않는 상태에서 교대 단면과 뒤채움 재료별 최대 침하량의 변화를 나타낸다.

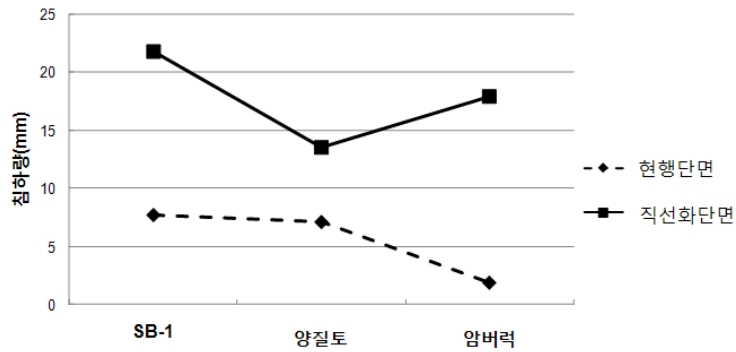


그림 4. 교대 단면과 뒤채움재료에 따른 침하량

단면이 직선화됨에 따라 SB-1의 경우 183 %, 양질토의 경우 90 %, 암버력의 경우 842 % 정도 침하량이 증가하였고, 평균 218 % 증가하였다. 이 결과는 다른 조건이 같은 경우 단면의 직선화는 침하량을 증가시킴을 보여준다. 직선화 단면 중 SB-1의 경우 침하량은 다른 재료에서의 원형 단면에 대한 침하량 증가량에 비해 크다. 이는 실내 모형 시험 과정에서 다짐비를 동일하게 맞출 수 없는 한계로 인해 발생한 것으로 판단된다.

뒤채움 재료에 따른 침하량을 보면, 원형 단면의 경우는 암버력의 침하량이 가장 작고 직선화 단면의 경우는 양질토의 침하량이 가장 작다. 본 결과로부터 양질토와 암버력이 침하량 기준 성능이 SB-1에 비해 감소하지 않은 것으로 나타났다.

4.2 강성 보강층

그림 5는 강성 보강층 설치에 따른 침하량의 증감을 보여준다. 강성 보강층을 설치하였을 경우, 평균 38 %의 침하 감소 효과가 나타났다(SB-1 : 44 %, 양질토 : 27 %, 암버력 : 43 %).

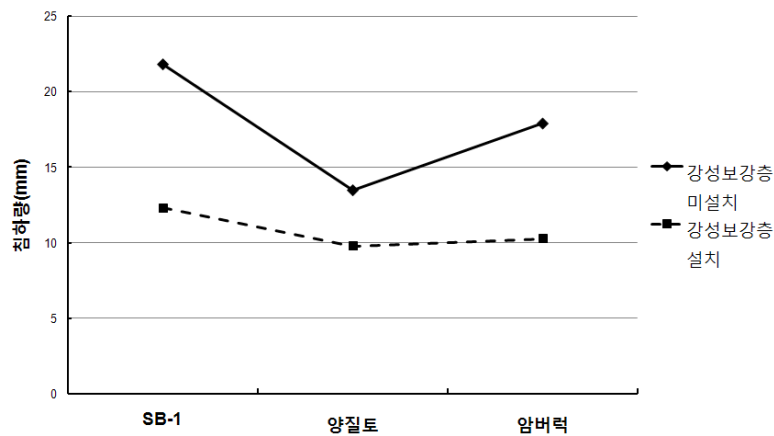


그림 5. 강성보강층 설치에 따른 침하량

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 교통 하중에 의한 교대 뒤채움부 침하 문제를 개선하기 위해 뒤채움을 한 교대에 대한 실내 모형 시험을 수행하였다. 교대의 형상, 뒤채움 재료의 종류, 강성 보강층의 설치 여부 등에 따른 교대 뒤채움부의 침하 양상을 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 교대 뒷면을 직선으로 단순화한 경우 교대 뒷면에 요철이 있는 경우보다 최대 침하량은 평균 218 % 증가하였다. 그러나, 교대 뒷면을 직선화함으로써 실제 현장에서는 다짐과 시공성의 향상이 이루어질 것으로 기대되기 때문에 실내 모형 실험 결과만으로 교대 뒷면의 직선화가 침하량의 관점에서 불리하다고 판단할 수는 없다고 생각된다. 시공성과 다짐 향상 효과는 실내 모형 시험으로 평가하는 데 무리가 있으므로 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.
2. 교대 뒤채움 재료로 쓰이는 SB-1을 양질토(SM)와 암버럭(GP)으로 대체해서 실험을 한 결과, 교대 뒷면의 형상에 관계없이 대체 재료를 사용했을 경우의 침하량이 SB-1을 사용했을 경우의 침하량보다 양질토의 경우 5 %, 암버럭의 경우 25 % 감소하였다. 강성 보강층을 설치한 경우에는 평균 38 %의 침하 감소가 일어났다.

감사의 글

본 연구는 한국도로공사 및 서울대학교 SIR BK21 (안전하고 지속가능한 사회기반건설)사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김태수, 최영철, 김대일, 김명환, 최훈석 (2005), 교대 뒤채움부 재질개선 및 교대설계단면 최적화 연구, 한국도로공사 도로교통기술원
2. Schaefer, V. R. and J. C. Koch (November 1992), "Void Development under Bridge Approaches," Report No. SD90-03, South Dakota Department of Transportation, Pierre, p. 147.
3. Wahls, H. E. (July 1990), "NCHRP Synthesis of Highway Practice 159: Design and Construction of Bridge Approachs," Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.