

경부고속철도 콘크리트궤도 토공 및 원지반 침하 (I)

Settlement of Embankment and Foundation for Concrete Track of Gyungbu High Speed Railroad

김대상[†] · 양신추* · 문재석** · 이현정*** · 강대웅****

Dae-Sang Kim · Shin-Chu Yang · Jae-Suk Moon · Hyun-Jung Lee · Dae-Woong Kang

Abstract

An application of concrete track is being actively processed for the construction of Korean railroad. The concrete track has an advantage to decrease the maintenance fee, but is very difficult system to maintain after earthwork settlement occurred. Therefore, the management and control of embankment and foundation settlement is very important for the successful concrete track construction. We expect that the main part of the settlement of the concrete track is the one of embankment and foundation supporting it. Settlements vulnerable to the concrete track among the causes of lots of settlements are primary consolidation and secondary compression settlement of foundation, creep settlement of embankment, settlement caused by train load, and unequal settlement resulting from the difference of embankment material and construction process. This paper investigated the settlement causes to make badly effects on the concrete track and also evaluated the settlement with field tests and numerical analysis.

Keywords : Concrete Track(콘크리트궤도), Settlement(침하), Embankment and Foundation(토공 및 원지반), High Speed Railroad(고속철도)

1. 서론

콘크리트궤도는 저렴한 유지관리 비용으로 철도 선진국인 독일과 일본에서는 이미 도입되어 상용화되어 있는 궤도구조이다. 현재 우리나라도 콘크리트궤도를 적극적으로 도입하려 하고 있으며, 경부고속철도 2단계 구간에서 처음으로 도입될 예정이다. 콘크리트궤도는 현재까지 사용되어온 자갈궤도와는 궤도구조 형식에서 큰 차이가 있다.

자갈궤도와 달리 콘크리트궤도는 궤도를 지지하는 TCL(Track Concrete Layer)층과 HSB(Hydraulic Stabilized Base)층이 강성 구조로, 이 층들을 지지하는 성토체와 원지반에서의 침하 발생을 기본적으로 허용하지 않는 궤도구조 형식이다.

그러나 성토체를 구성하는 흙 혹은 암과 원지반은 본질적으로 압축성을 갖고 있는 재료로 구성되어 시공 중이나 시공 후 어느 정도의 침하는 불가피하다. 따라서 콘크리트궤도 설계에서는 시공 중 혹은 시공 후의 성토 사면과 기초지반의 전단파괴에 대한 안정성보다 사용성이나 침하 발생 시 복구 측면에서 궤도 하부구조의 침하 관리가 더욱 중요하다.

개통 후 콘크리트궤도에서 예상되는 침하요인에는 원지반에서의 압밀침하, 자중에 의한 성토체의 압축침하, 열차의 동적 반복하중에 의한 소성침하, 사용재료 및 시공품질 편차로 인하여 발생할 수 있는 부등침하를 들 수 있다.

본 논문에서는 콘크리트궤도에서 예상되는 침하 발생 원인에 대하여 검토하고, 경부고속철도 2단계 구간에서의 시공 중 침하 계측 및 수치해석 결과를 정리하였다. 침하 계측을 수행한 목적은 최종침하량을 가급적 정확하게 예측함으로써 개통 후 잔류침하량을 유지보수 허용범위 이내에 두고자 함이다. 이와 같이 개통 후 발생할 잔류침하를 허용잔류침하량 이하가 되도록 관리함으로써 침하로 인하여 발생될 수 있는 유지보수 비용을 최소화 할 수 있을 것이다.

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 궤도토목연구본부 선임연구원
E-mail : kds@krii.re.kr

TEL : (031)460-5305 FAX : (031)460-5319

* 정회원, 한국철도기술연구원 궤도토목연구본부 책임연구원

** 정회원, 한국철도시설공단, KR기술연구소장

*** 정회원, 한국철도시설공단, 부장

**** 정회원, (주)한국철도기술공사, 차장

2. 콘크리트궤도 침하 요인

콘크리트궤도의 침하 요인에는 원지반 침하, 성토체 침하, 열차하중에 의한 침하로 나눌 수 있다.

일반적으로 원지반에서 고려하는 침하는 즉시침하, 압밀침하, 2차 압축침하가 있다. 즉시침하는 성토 하중 재하 시 짧은 시간 내에 발생하는 침하로 성토 중에 침하가 완료되므로 크게 문제되지 않으나, 압밀침하와 2차 압축침하는 주의가 필요하다. 압밀침하량과 압밀소요시간은 성토고와 성토하중 작용 범위 내에 속한 연약층의 두께 및 압밀특성에 좌우된다. 일본의 경우 연약지반 상에 건설된 성토에 대하여 성토 완료 후 25년 경과한 시점에서의 침하량을 측정한 결과 1~3m에 달하는 큰 침하가 발생하였음을 보고 한 바 있다.

성토체 장기침하는 성토고, 사용재료의 종류, 다짐 시공 및 품질관리방법에 따라 침하 발생 크기 및 기간이 좌우된다. 고속철도 2단계 공사구간에서는 6m 이상의 고성토가 다수 건설되고 있으며, 터널이나 사면에서 발생한 암버력을 성토 재료로 사용하고 있다.

외국 록필댐에 대한 침하 계측 결과에 의하면 초기의 급속 침하량은 시공 후 9~18개월 이내에 발생하며, 70개월간 발생한 침하량의 80%가 18개월 이내에 발생된다고 보고하였다.

열차운행으로 인한 반복하중에 의한 소성침하는 열차하중의 크기 및 시공 품질에 따라 상이할 것으로 예상되나, 독일의 시공 경험에 의하면 약 5mm 정도 발생하는 것으로 알려져 있다.

열차 개통 후 우려되는 침하 원인에는 상기의 침하이외에 지지강성 변화개소에서 부등침하가 있다. 부등침하는 구조물~토공접속부와 같은 구조적인 지지강성 변화개소, 절성경계부, 편절편성부와 같이 원지반의 지지강성이 변화하는 개소, 토공 재료의 품질 및 시공 편차가 발생한 곳에서 주로 발

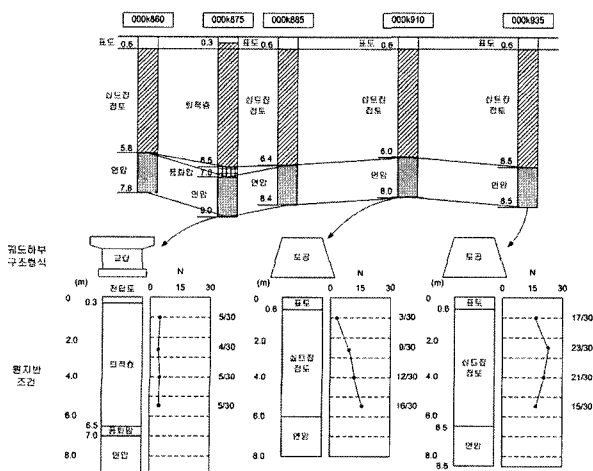


그림 1. 시추 주상도(000k860~000k935)

생될 것으로 예상된다.

이외에도 강우 및 지표수에 의한 토공 재료의 유실로 발생하는 성토체의 함몰 등과 같은 침하 등이 콘크리트궤도 침하 요인으로 분류될 수 있다.

3. 현장 조건 분석

원지반 및 성토체의 시공 중 즉시침하 및 장기침하를 평가하기 위하여 원지반 조건이 상대적으로 취약하고 성토고가 높다고 판단되는 000k930지점에서 원지반 및 성토체 침하를 측정하고, 추가적으로 원지반의 지지력 평가 시험, 표준관입 시험, 압밀시험, 들밀도 시험을 실시하였다.

3.1 원지반 조건

그림 1은 침하측정 주변개소 원지반에 대한 시추주상도이다. 장기침하가 우려되는 실토질 점토층이 전 구간에 걸쳐 약 5.2m~6.2m 두께로 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 서울 방향(000k860)으로 갈수록 표준관입시험에 의한 N값이 작고, 부산 방향(000k935)으로 갈수록 N값이 큰 것을 확인할 수 있다. 궤도하부 구조 형식은 이와 같은 원지반 조건을 고려하여 000k875지점까지는 교량 구조물을 건설하고 그 이후부터는 토공으로 설계한 것으로 판단된다.

원지반의 최종 침하량을 예측하기 위하여 000k910 지점에서 불교란 시료를 채취하여 기초 물성시험 및 압밀시험을 수행하였다. 표 1과 2는 지표면 하 4.5m 지점에서의 채취한 불

표 1. 물성시험 결과

비 중	2.717	소성 지수	22.0%	30% 입경	0.004mm
단위중량 (gf/cm ³)	1.9	포화도	99.8%	10번째통과량	100%
자연 함수비	33.4%	초기 간극비	0.908	40번째통과량	97%
액성 한계	41.2%	최대 입경	2mm	0.08mm 통과량	91.4%
소성 한계	19.2%	60% 입경	0.017mm	흙 종류	CL

표 2. 압밀시험 결과(4.5m)

압축지수(C _c)	0.216	팽창지수(C _r)	0.029		
유효 상재하중 (P ₀ ,kgf/cm ²)	0.405	선형 압밀하중 (P _c ,kgf/cm ²)	0.78		
압밀계수 (C _v ,cm ² /sec)	NC	5.25*10 ⁻⁴	투수계수 (k,cm/sec)	NC	7.29*10 ⁻⁹
	OC	1.19*10 ⁻³		OC	5.81*10 ⁻⁸

교란 시료에 대한 물성시험 및 압밀시험 결과이다.

시추조사 결과 표토를 제거한 지표에서 5.5m 까지는 N값이 15 이하인 하상 퇴적층이었다. 퇴적층 상층은 실트 및 점토질로, 하층은 모래 및 잔자갈이 혼재된 실트 및 점토질 층으로 구성되어 있었다. 지하수위는 지표면에 위치하는 것으로 파악되었다. 흙의 종류는 액성한계 41.2%의 저압축성 점토(CL)로 분류되었다. 함수비는 33.4%로 약간 낮은 편이었다. 지표하 4.5m에서 채취한 시료를 이용한 압밀 시험 결과 선형압밀하중(P_c)이 0.78kgf/cm^2 로, 상재하중이 $P_0=0.405\text{kgf/cm}^2$ 임을 고려할 때 과압밀비(OCR)가 1.93인 과압밀점토 지반으로 평가되었다. 따라서 성토고가 15m임을 고려할 때 성토 전 단계에서는 과압밀 지반으로 분류되나 성토 과정에서 정규압밀 거동을 보일 수 있는 개소로 판단되었다. 압축지수 C_c 는 0.216으로 압축성이 크지 않았고, 압밀계수(C_v)는 분산이 크지 않으면서, 정규압밀영역에서 $5.25 \times 10^{-4}\text{cm}^2/\text{sec}$, 과압밀영역에서 $1.19 \times 10^{-3}\text{cm}^2/\text{sec}$ 로 평가되었다. 투수계수가 작아 압밀침하가 발생할 수 있는 기초지반 특성을 나타내고 있다. 시료의 교란 정도는 체적변형률에 의한 방법과 간극비 변화량을 이용하여 평가한 결과 비교적 양호한 것으로 판단되었다.

예상되는 압밀침하량과 압밀소요시간을 산정하기 위하여 층 두께는 전체 층 두께의 절반인 1/2로, 양면배수조건을 가정하였다. 이는 원지반이 모래 및 자갈이 혼재된 점토층으로 불교란 시료의 채취가 가능한 층 두께는 전체 층 두께 5.5m 중 0.8m(4.2~5.0m)에 불과했기 때문이다. 성토체의 단위 중량은 성토체가 흙과 암의 혼합성토임을 고려하여 그림 2와 같이 습윤단위중량 2.2t/m^3 를 사용하였다. 예상되는 최종압밀침하량은 24.4cm로 계산되었다. 독일의 허용잔류침하기준 2cm를 만족시키기 위한 소요 압밀도는 92%로 압밀소요시간은 391일로 예상되었다.

원지반 표면의 지지강성을 평가하기 위하여 지반반력계수를 구하기 위한 도로평판재하시험, 변형률 계수를 구하기 위한 반복평판재하시험을 시험 개소에서 각각 실시하였다. 표 3은 각각에 대한 시험 결과이다. 000k910 지점의 경우 원지반 표면이 연약하여 변형률 계수는 확인할 수 없었고, 평판재

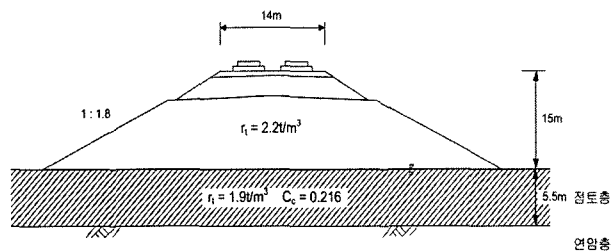


그림 2. 성토 완성도

하시험에 의한 지반반력계수는 타 개소에 비하여 작았다.

3.2 상·하부노반 성토 조건

경부고속철도 2단계 구간 토공의 상당 부분은 암성토, 정확히 말하면 흙과 암의 혼합 성토로 이루어지고 있다.

암성토의 침하에 대한 메카니즘 및 예측에 대하여 확립된 이론은 제시된 바 없다. 고속철도 설계기준에 의하면 흙쌓기 재료로 암 재료 사용 시 상·하부노반 전체에 암성토를 사용할 수 있도록 허용하고 있다. 또한 상부노반의 경우 사용재료에 대한 입도분포를 규정하고 있으나, 하부노반의 경우 최대입경 외에 특별히 입도분포를 규정하고 있지 않다.

암성토의 압축성은 재료의 입도 분포, 접촉점 강도, 다짐도, 응력 수준 등 여러 가지 원인에 따라 다양한 범위를 갖게 된다. 암버려 성토지반에서 발생하는 침하 특성에 대한 외국의 연구 결과를 살펴보면 아래와 같다.

사암의 성토 재료로 성토고가 24~48m인 2개의 계곡부에 성토한 후 장기 침하를 측정한 결과(Gordon, 1989) 초기의 급속 침하량은 시공 후 9개월에서 18개월 이내에 발생하며, 70개월 간 발생한 침하량의 60%에 해당하는 침하가 9개월 이내에, 80%에 해당하는 침하가 18개월 이내에 발생한 것으로 보고된 바 있다. 이 연구 결과는 9개월~18개월 동안의 방치기간이 허용된다면 전체 침하 중에서 잔류침하를 20~40% 범위까지 감소시킬 수 있음을 의미한다. 70개월 동안 발생한 전체 침하량은 암성토 높이의 0.1~0.15% 범위에 있음을 확인할 수 있었다. 또한 암성토 시공 시 세립분(No.4체 통과량) 함량이 중요하며, 세립분 함량에 따른 현장 밀도 시험 결과로부터 전체 중량에 대한 세립분 중량비가 20~30%보다 작으면

표 3. 원지반 지지강성

시험 위치	흙 분류	시험 결과			평판 재하시험 K_{30} , (MN/m ³)
		반복평판재하시험			
		E_{v1} (MPa)	E_{v2} (MPa)	E_{v2}/E_{v1}	
000k880 (하선)	CL	11.84	26.01	2.20	89.6
000k880 (센터)		11.97	18.29	1.53	100.8
000k880 (상선)		22.96	36.89	1.61	105.6
000k910 (하선)	CL	측정불가			38.4
000k910 (센터)		측정불가			44.8
000k910 (상선)		측정불가			35.2

세립분이 암 입자의 간극을 충분히 채우지 못하여 현장건조 밀도가 작아질 수 있다고 보고 하였다.

암성토의 경우 실험실 최대건조밀도를 평가하기 어려우므로 상대다짐도 평가는 쉽지 않다. 현재로서는 다짐 횟수 변화에 따른 침하량 평가를 시험 시공으로 결정하여 시공 방법에 의한 현장 밀도 관리를 할 수 있다. 경부고속철도 2단계 공사 구간에서의 암성토 시공은 덤프트럭을 이용하여 암버럭을 반입하여 양쪽 롤러를 이용하여 1차적으로 펴기, 고르기, 큰 입자 파쇄 및 제거, 다짐 작업을 수행하고 진동롤러를 이용하여 최종 다짐 작업을 수행한다. 다짐 횟수를 조절하여 암성토의 밀도 관리를 간접적으로 수행하고 있다. 이와 같은 방법은 다짐 장비와 사용 재료에 따라 공구별 시공 품질 편차가 발생할 수 있으므로 이에 대한 표준화 작업이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서도 000k930지점에서 하부노반 성토 완료 후 10일의 방치기간을 둔 개소에서 물 치환법에 의한 현장밀도시험과 입도분석을 실시하였다. 그림 3은 직경 120cm, 깊이 50cm 시험공의 부피를 측정하고 있는 모습이다. 시험 결과 습윤 단위중량은 $2.262t/m^3$, 함수량은 5.87%, 건조단위중량은 $2.137t/m^3$ 이었다. 그림 4는 채취된 시료의 입도분석 결과이다. 입도 분

석 결과를 상부노반 재료의 입도 분포 규정과 비교한 결과, 65mm 보다 큰 입경 재료는 작게 포함되어 있고, 4번체 통과량(4.74mm)이 대략 20%로 상부노반 입도 분포 범위에 포함됨을 알 수 있다.

3.3 현장 계측기 설치 현황

원지반 및 상·하부노반의 층 별 침하를 별도로 측정하기 위하여 그림 5 및 6과 같이 계측기를 설치하였다. 원지반 침하판(1개), 상·하부노반 경계에 침하판(1개), 지표침하판(5개)을 설치하였다. 지표침하판의 경우 000k930지점을 중심으로 열차진행 방향으로 양쪽에 2개를 설치하고, 횡방향에 대하여 5.0m간격으로 2개를 설치하였다. 토압계는 현재 7개 설치된 상태로 향후 2개를 추가로 설치하여 열차 운행 시 성토체에 발생하는 응력을 측정할 계획이다. 그림 7과 그림 8은 현장에 설치된 원지반 침하판과 지표침하판의 모습이다.

4. 침하측정 결과분석 및 해석

4.1 원지반 침하

현재 일부 지표침하판을 제외한 전 계측기가 설치 완료된 단계이다. 그림 9는 단계 성토에 따른 원지반 침하 측정 결과이다. 2006년 5월 26일 침하판을 설치한 이후 동 년 9월 11일



그림 3. 현장 들밀도 시험 전경

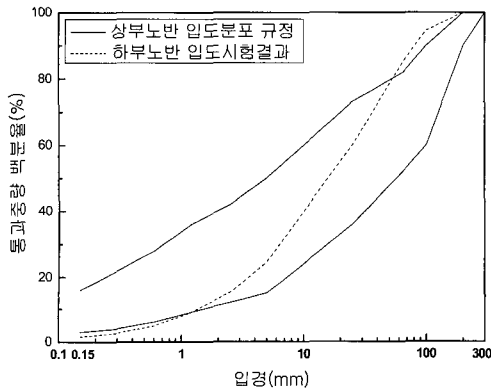


그림 4. 하부노반 입도분포

◎ 지표 침하판 설치 위치(000k930)

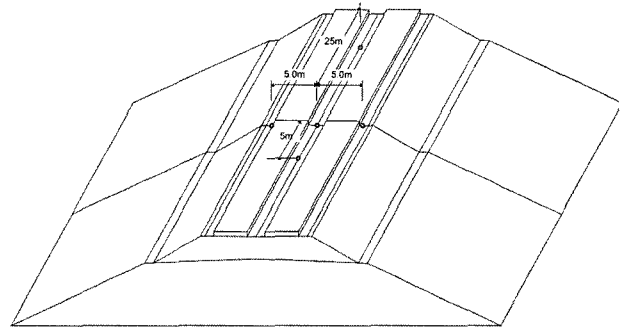


그림 5. 지표침하판 설치 위치 개념도

◎ 계측기 설치 단면(000k930)

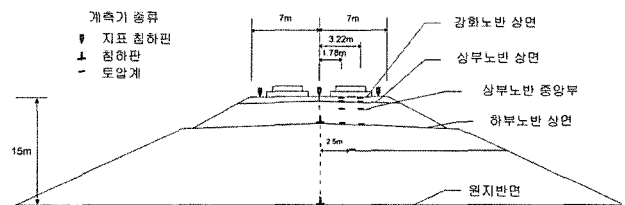


그림 6. 계측기 설치 위치 개념도(침하판, 토압계)

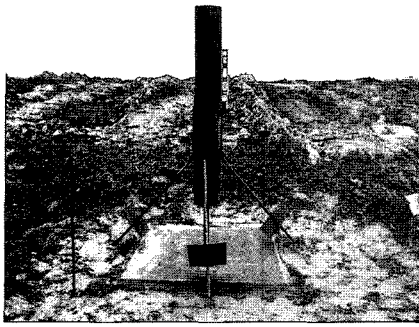


그림 7. 원지반 침하판

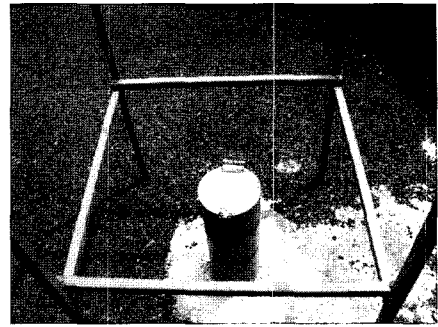


그림 8. 지표 침하판

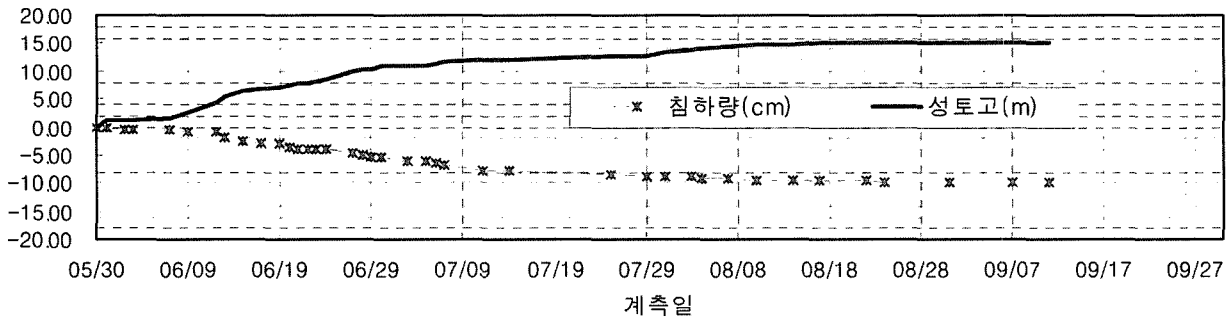


그림 9. 원지반 침하량(000k930)

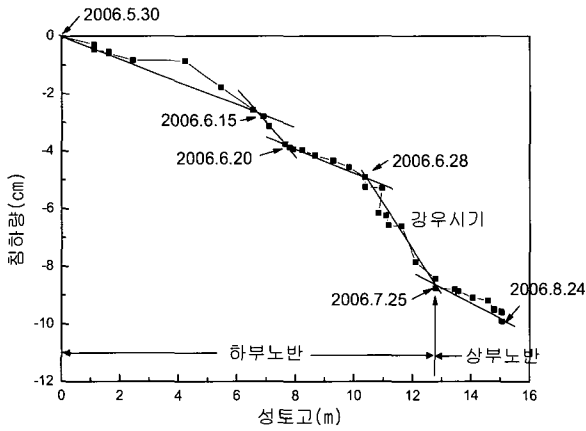


그림 10. 성토고에 따른 침하량 변화

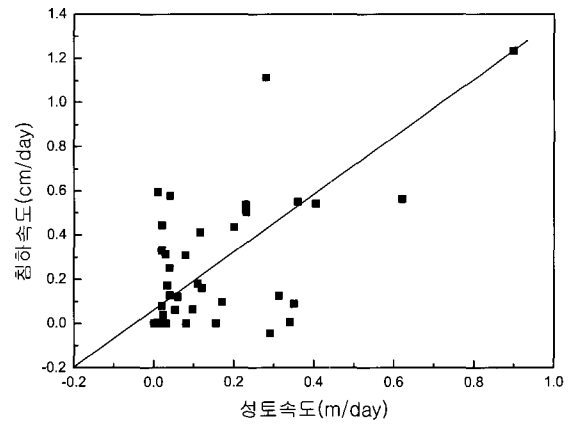


그림 11. 침하속도와 성토속도와의 관계

까지 108일간의 원지반 침하 발생량은 9.91cm 이었다. 성토 고의 증가에 따라 점진적으로 침하량이 증가하는 추세를 보이고 있다.

그림 10에서는 성토고에 따른 침하 발생량 변화를 함께 도시 하였다. 상하부노반 성토 시 성토고에 따른 침하량은 0.39cm/m 이었다. 강우 시의 성토고에 따른 침하량은 1.59cm/m로 건기 시 침하량의 4배 정도 발생하였다. 그림으로부터 성토고 약 7m 지점까지의 침하거동, 7.6~10.4m 구간의 침하거동, 12.8m 이후의 침하거동이 유사하였다. 또한 성토고 7.0~7.6m 및

10.4~12.8m 사이의 침하거동이 유사하다는 것을 알 수 있다. 이로부터 성토 중 강우가 원지반 침하 발생을 가속화 시킨 것으로 추정된다.

그림 11은 성토속도와 침하속도와의 관계도이다. 이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 성토속도와 침하속도는 일부 이산되어 있기는 하나, 개략적으로 선형 관계를 보이고 있다는 것을 알 수 있다. 이는 발생된 변위의 상당부분이 성토에 따른 지반의 즉시침하에 기인하는 것을 의미한다.

따라서 현재로서는 이 지점의 원지반 침하의 대부분은 즉

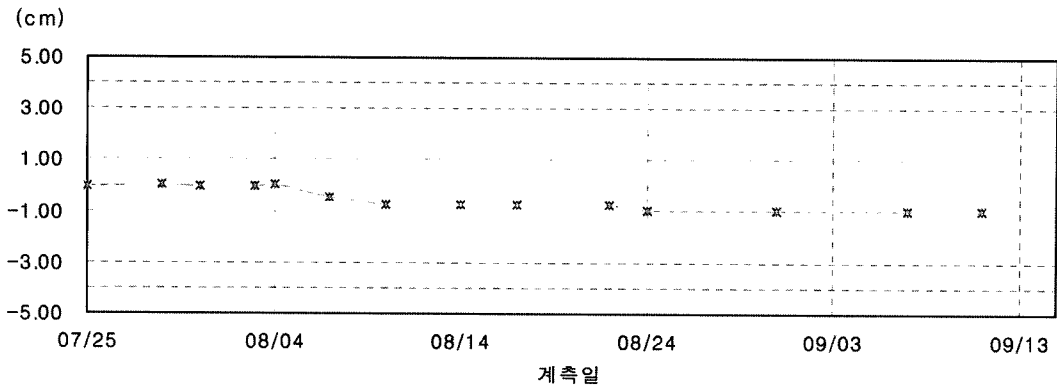


그림 12. 하부노반침하량(000k925)

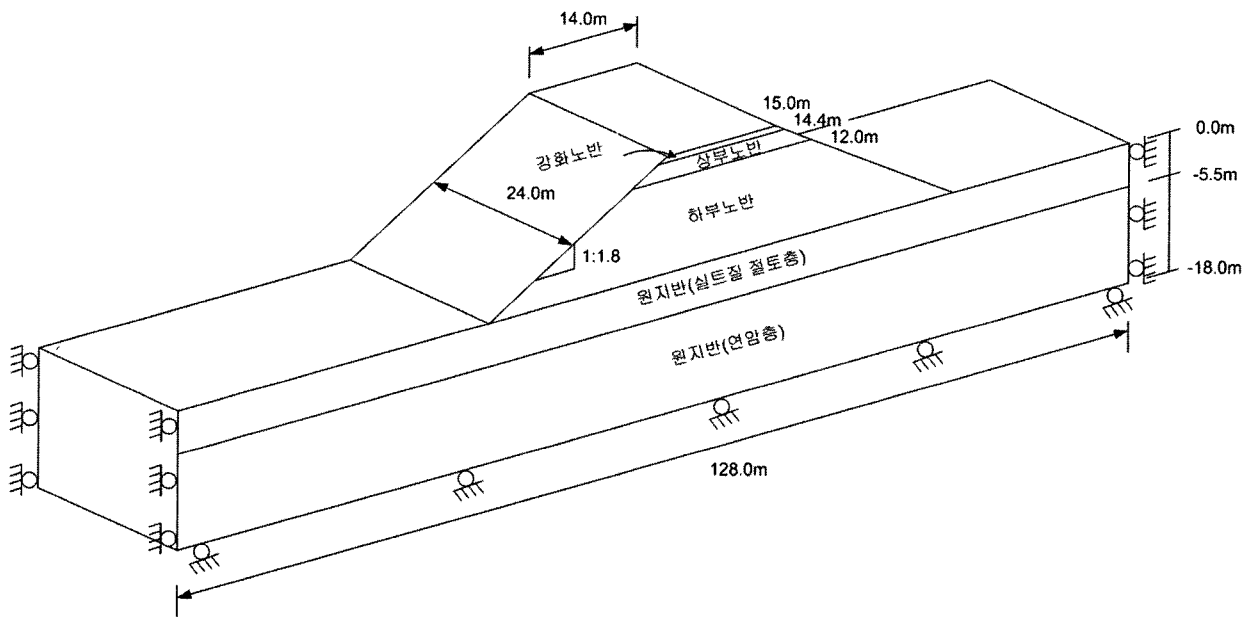


그림 13. 수치해석 모식도

시침하로, 압밀침하 경향은 뚜렷하게 보이지 않는 것으로 판단할 수 있다. 향후 정확한 압밀 침하량 결정을 위해서는 토공 작업 완료 후의 압밀침하 측정결과를 주의 깊게 관찰할 필요가 있다.

4.2 하부노반 침하

하부노반의 압축침하량을 평가하기 위하여 하부노반 토공 완료 후 상부노반 토공 시작 전에 침하판을 설치하였다. 설치 높이는 원지반면에서 12m 지점이었고, 설치 위치는 침하판의 크기와 토공 작업 시 작업 장비의 원활한 통행을 고려하여 000k925지점으로 결정하였다.

그림 12는 원지반 침하량을 제외한 하부노반만의 압축침하량으로 9월 11일까지 49일간 0.94cm 발생하였다.

4.3 유한차분해석

원지반 탄성계수 변화에 따른 단계 성토 시(1m)의 원지반 즉시침하량을 평가하기 위하여 수치해석을 실시하였다. 수치해석에는 Itasca Consulting Group, Inc.의 상용 유한차분해석 프로그램인 FLAC3D(fast Lagrangian Analysis of Continua 3D) Version 2.0을 사용하였다. 그림 13은 수치해석 모델의 모식도이다.

궤도하부의 강화노반, 상부노반, 하부노반, 실트질 점토층, 연암층을 모델링하였다. 연암층은 탄성으로 모델링하였다. 경계조건은 4개의 옆면을 수평방향으로, 바닥면을 수직방향으로 각각 구속하였다.

연암층을 제외한 각 층을 구성하는 지반재료는 Mohr-Coulomb 완전 탄소성 재료로 모델링하였다. 성토 각 층과

표 4. 노반 및 원지반 물성치

층	물성	탄성계수	포아송비	점착력	내부마찰각	두께
보조도상층		120MPa	0.2	1.0kPa	37°	0.3m
입도조정층		80MPa	0.2	1.0kPa	37°	0.3m
상부노반층		80MPa	0.2	3.0kPa	35°	2.4m
하부노반층		60MPa	0.2	5.0kPa	32°	12m
원지반 (실트질점토층)		10~45MPa	0.3	20kPa	20°	5.5m
원지반 (연암층)		1000MPa	0.27	-	-	12.5m

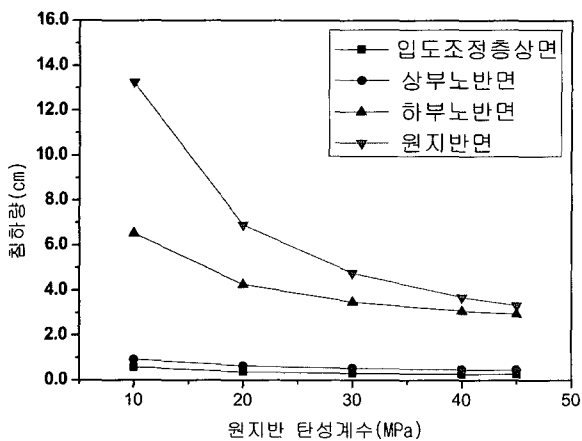


그림 14. 각 층 별 침하량

원지반 두께 및 탄성계수는 설계기준 및 현장 시추결과 확인된 값을 사용하였다. 내부마찰각, 점착력 등 강도 정수는 기존 문헌을 참조하여 각 층의 재료 및 다짐정도에 적합한 값을 선정하여 사용하였다. 표 4는 해석에 사용된 노반 및 원지반층의 두께, 탄성계수 및 강도를 나타낸다.

시험대상 원지반의 N값 및 지표에서 실시한 반복평판재하 시험으로 추정된 탄성계수 값은 20MPa 정도일 것으로 예상된다. 그림 14는 원지반 탄성계수의 변화에 대한 단계 성토 시의 층별 침하량 변화이다. 원지반 탄성계수가 10MPa에서 45MPa로 증가함에 따라 전체적으로 침하량이 감소하는 것으로 알 수 있다. 원지반 탄성계수 20MPa에 대한 원지반 즉시 침하량은 6.9cm로 평가되었다.

5. 결론

고속철도 개통 후 예상되는 콘크리트궤도의 침하 발생을 건설단계에서 최소화할 수 있는 필요한 모든 방안을 강구하는 것은 적은 비용으로 향후에 발생할 수 있는 유지보수 비용을 저감시킬 수 있다는 측면에서 현명한 선택일 것이다.

현재 경부고속철도 2단계 공사는 토공 작업이 진행 중이며, 전체 토공사가 완료되는 시점은 2008년도 상반기가 될 전망이다. 경부고속철도 현장에서 계속한 시험 결과와 수치해석 결과를 토대로 현 단계에서의 토공 및 원지반 침하에 대한 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 000k930지점에서 토공 시작 후 108일 동안 15m의 성토고에 대하여 발생한 원지반 침하는 9.91cm 이었다. 이는 층 두께를 가정하고 테르자기의 압밀침하이론으로 구한 최종압밀침하량 24.4cm보다 훨씬 작았다. 시험 지점의 원지반은 압축성이 크지 않은 과압밀된 실트질 점토(CL)지반으로 현 단계에서는 본격적인 연약지반으로서의 침하 거동은 보이지 않고 있다.
- (2) 하부노반에서의 압축침하량은 0.94cm 로 현 단계에서는 하부노반에서의 압축침하는 크게 우려할 수준은 아님을 알 수 있다. 그러나 현재의 계측은 건기에서 측정된 값으로 향후 우기 시 거동을 주의깊게 관찰할 필요가 있다.
- (3) 성토고에 따른 침하 발생량 변화를 분석한 결과, 건기시 성토고에 따른 침하량은 0.39cm/m이었고, 강우 시 성토고에 따른 침하량은 1.59cm/m이었다. 우기 시의 발생침하량은 건기 시 발생침하량의 4배에 달하였다.
- (4) 원지반 탄성계수 및 단계 성토를 고려하여 3차원 완전 탄소성 해석을 수행하였다. 원지반 지지강성 시험결과로 부터 가정된 시험지점의 원지반 탄성계수가 20MPa 일 때, 발생한 원지반 즉시침하량은 6.9cm이었다.
- (5) 수치해석에 의한 즉시침하량 추정 결과, 원지반 계측 결과, 침하속도와 성토속도와의 관계로 부터 현 단계에서의 침하 발생은 성토에 따른 원지반 즉시침하가 침하의 주요 부분으로 판단된다. 원지반의 압밀침하는 원지반의 투수계수를 고려할 때 부분적으로 발생하고 있을 것으로 판단된다.

유지보수 비용이 적게 드는 콘크리트궤도의 건설을 위해서는 우선적으로 원지반 침하가 작게 발생하고 조기에 침하가 완료될 것으로 예상되는 선로 선형을 결정하는 것이 중요하다. 성토체에서의 압축침하 및 열차 운행에 따른 침하 발생을 최소화하기 위해서는 양질의 토공 재료를 사용하고 다짐 품질관리를 철저히 하여야 할 것이다.

또한 혹시라도 발생할 수 있는 침하를 최소화하기 위해서는 최대침하량 뿐만 아니라 부등침하를 고려한 침하관리를 지속적으로 수행 할 필요가 있을 것이다.

감사의 글

현장 시험에 많은 도움과 협력을 주신 (주)두산 건설 관계자 여러분과 (주)태성 최민성 이사님, (주)다이크 우철용 이사님께 감사의 말씀을 올립니다.

참고 문헌

1. 철도설계기준(노반편), 한국철도시설공단 (2004).
2. 고속철도설계기준(노반편), 한국철도시설공단 (2005).
3. 고속철도공사 전문시방서(노반편), 한국고속철도건설공단 (2003).
4. Takayuki ITOH, 軟弱地盤上盛土の經時沈下, RTRI Report, Vol.4, No.12 (1990).
5. Gordon M. Matheson, William F. Parent, Construction and performance of two large rockfill embankments, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.115, No.12 (1989).
6. Gordon M. Matheson, Relationship between compacted rockfill density and gradation, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.112, No.12 (1986).
7. Nwabuokei, S.O. and Lovell, C.W., Compressibility and Settlement of Compacted Fills, Consolidation of Soils : Testing and Evaluation, ASTM (1986).
8. 정진호 등, 고성토의 압성토에 대한 흙의 함유율이 다짐에 미치는 효과에 관한 실험적 연구, 부경대학교 논문집 제4권.
9. 박한규 등, 콘크리트 표면 차수벽형 석괴댐의 축조 중 침하가동 특성-대곡댐을 중심으로-, 한국지반공학회지, Vo.21, No.7 (2005).
10. J.A.Charles and H.D.Skinner, Compressibility of foundation fills, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering 149 Issue 3 (2001).