



개선된 뒷채움재를 갖는 접속슬래브의 거동 특성

Behavior Characteristics of Approach Slabs with Advanced Backfill Materials

남영국* 이흥수** 손영태***
Nam, Young Kug Lee, Heung Su Shon, Young Tae

1. 서론

교량 접속슬래브는 하부포장 재료의 층다짐 불량, 강성부족, 우수침투 및 과중한 교통하중 등으로 인해 단차와 균열이 빈번히 발생하는 취약지역이다. 교량 뒷채움부위에서 현재 사용되고 있는 교량 접속슬래브는 뒷채움재의 영향을 고려하지 않고 단순히 구조적 측면에서 개발된 것으로서 도로교의 슬래브 설계기준에 준하여 일방향 슬래브로 설계되고 있으며, 여러 개의 접속슬래브가 동시에 설치된 경우에는 공동상에 존재하는 접속슬래브를 분석하는데 어려움이 있는 실정이다.

본 연구는 교대 뒷면에 접하여 설치되는 접속슬래브의 거동을 뒷채움재의 특성을 고려하여 분석함으로써 뒷채움재와 접속슬래브의 성능향상을 위한 기초자료로서 활용하고자 하는 것으로, 뒷채움재의 강성에 따른 지점조건 변화와 활하중 작용위치를 변수로 하여 접속슬래브의 거동을 해석적으로 분석하였다.

2. 접속슬래브의 현황

교량에 연이어 설치되는 접속슬래브는 도로설계요령(2001)과 도로부대시설(1998)에 따르면 교대와 뒷채움부간의 부등침하 효과를 감소시켜 교량과 교량접속 포장사이의 단차를 방지하고 이에 따른 포장체의 파손 및 주행성 저하 방지에 목적을 두고 있으며, 접속슬래브 종방향 길이의 70%를 지간으로 한 단순보로 계산하도록 하고 있다. 교대와 접속슬래브의 접합부는 <그림 1>과 같이 20mm 두께의 스티로폼을 삽입하고 다웰바를 400mm 간격으로 설치하여 힌지구조를 구현하도록 하고 있다.



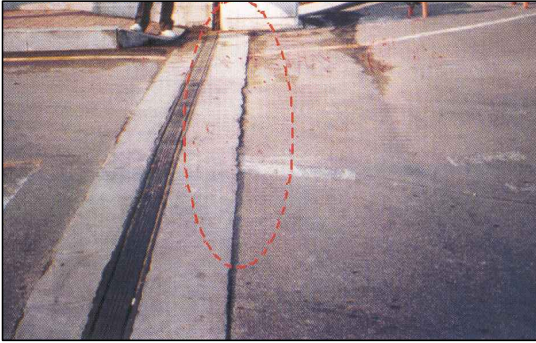
<그림 1> 교대와 접속슬래브의 접합부 시공현황

2.1 접속슬래브의 문제점

접속슬래브는 교대와 포장을 연결하는 부분에 위치하여 도로의 평탄성을 확보하는데 기여하는 구조물이나 교대 뒷채움재의 다짐이 불량하거나 강성이 부족하면, <그림 2>와 같이 교대 접합부에 단차가 발생하고 뒷채움재 영역에 처짐이 과다하게 발생하여 도로의 평탄성이 크게 저하된다. 우수침투나 계속되는 차량 진동에 따라 <그림 3>과 같이

* 정회원 · (주)한맥기술 연구원장 · 공학박사·02-2141-7102 (E-mail : yknam@incheon.ac.kr)
** 정회원 · (주)한맥기술 연구실장 · 공학박사·02-2141-7217 (E-mail : hslee@hanmaceng.co.kr)-발표자
*** 정회원 · (주)한맥기술 부장 · 02-2141-7220 (E-mail : lhlove2004@hanmaceng.co.kr)

뒷채움재 영역에 공동구가 발생할 수 있으며 이것은 접속슬래브의 구조적 안전성은 물론 포장의 사용성에도 불리하게 작용하고 있는 실정이다.



〈그림 2〉 단차 발생 현황



〈그림 3〉 공동구 발생 현황

2.2 접속슬래브의 개발 동향

국내에서는 접속슬래브에 대한 연구가 상당히 미비한 실정이나, 독일 아우토반의 경우에는 교량 뒤 접속부에 접속슬래브 대신 시멘트안정처리기층을 설치하고 그 위에 아스팔트 포장을 시공하는 형태로 관리하고 있다. 이는 단차를 허용하되 기준치 이상 발생할 경우 아스팔트 덧씌우기를 통하여 단차를 보정하는 개념이다.

미국에서는 대부분의 접속슬래브의 길이는 6~12m를 권장하고 있으나 일리노이주 같은 경우에는 CRCP 개념으로 30m 정도의 길이를 갖기도 하며, 접속슬래브와 침목슬래브를 조합한 형태를 사용하는 경우도 있고, 최근에는 균열과 단차발생을 억제하기 위하여 프리캐스트 프리스트레스 콘크리트 접속슬래브를 채용하기 시작했다.

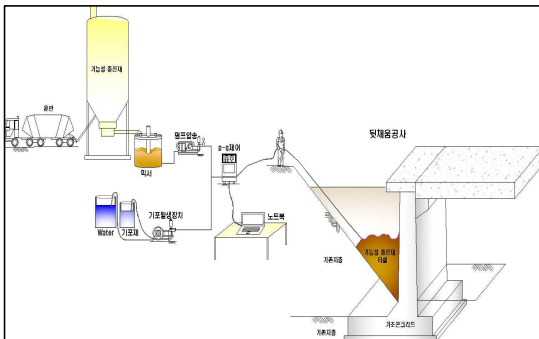
3. 접속슬래브의 해석적 검토

본 연구에서는 위에서와 같은 문제점을 해결할 수 있는 뒷채움재와 접속슬래브의 시공법을 연구하여 도로의 평탄성을 향상시키고자 하는 것으로, 뒷채움부에 고기능성 뒷채움 재료를 타설함으로써 뒷채움부의 강성을 향상시켜 접속슬래브를 보완할 수 있는 방법을 검토하였다.

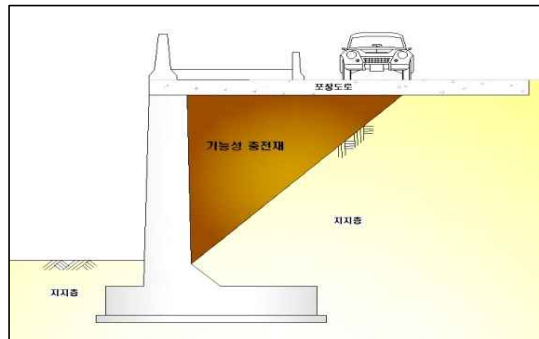
3.1 뒷채움재의 성능 향상 방안

교대 뒷채움부는 뒷채움재의 불투수층 재료 사용 및 강성 부족, 층파기 또는 층다짐이 불량하면 우수 침투에 따라 지반강도가 약화되고 배수처리가 불량하여 접속슬래브가 파괴될 수 있으며 〈그림 2〉와 〈그림 3〉에서 보여지는 바와 같이 단차가 발생할 수 있다. 따라서, 올바른 뒷채움재를 선정하는 것은 접속슬래브의 안전성과 사용성 확보 측면에서 상당히 중요한 의미를 갖는다.

뒷채움재가 일정 정도 이상의 강성을 확보한다면 우수침투나 차량통행에 따라 뒷채움부가 약화되는 것을 막을 수 있으며, 접속슬래브를 보호함에 따라 동일단면으로 접속슬래브의 길이를 더욱 길게하여 평탄성이 향상될 것으로 판단되어 〈그림 4〉 및 〈그림 5〉와 같이 기능성 충전재를 사용하여 뒷채움부를 구성하는 것을 구상하였다.



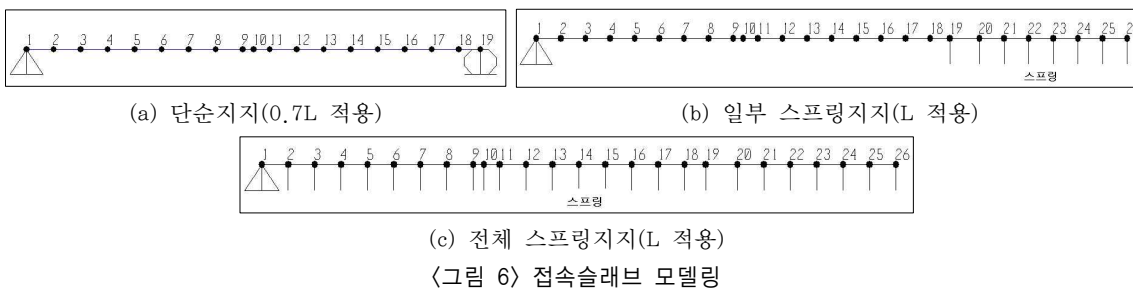
〈그림 4〉 기능성 충전재 타설(고결)



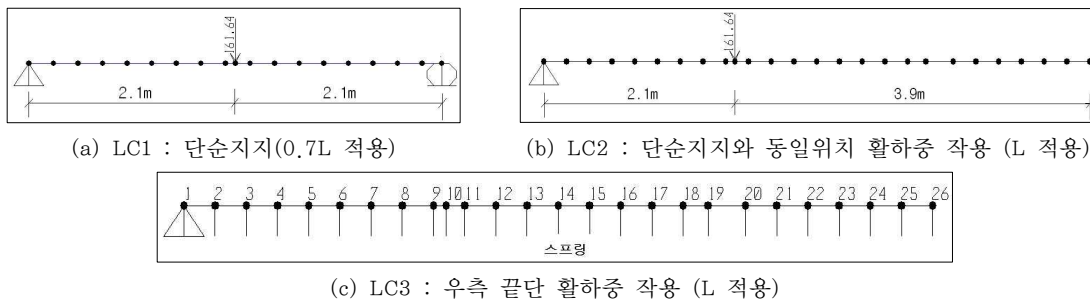
〈그림 5〉 기능성 충전재 타설 후 확폭구간 가상도

3.2 지점조건에 따른 접속슬래브 검토

뒷채움재와 보조기층 강성에 따른 접속슬래브의 거동을 분석하고 적절한 뒷채움재의 강성에 대해 검토하였다. 길이 L=6.0m되는 접속슬래브를 도로부대시설(1998)에서 제시된 설계방법대로 4.2m되는 단순보로 가정해 계산함으로써 기준값으로 했으며〈그림 6〉-(a), 〈그림 6〉-(b)와 같이 4.2~6.0m 구간에만 스프링을 설치해 4.2m까지 공동구가 발생한 것으로 가정하고 거동을 살폈으며, 〈그림 6〉-(c)와 같이 전체 구간에 스프링을 설치하되 0.0~4.2m와 4.2~6.0의 두 구간으로 분리하고 뒷채움재와 보조기층의 강성을 반영해 구간에 따른 지지력계수를 달리하면 접속슬래브의 거동을 관찰했다. 〈그림 6〉은 단위폭을 갖는 접속슬래브를 보요소로 모델링한 것이다.



〈그림 6〉 접속슬래브 모델링



〈그림 7〉 활하중 작용 방법

단순지지로 가정된 접속슬래브는 도로부대시설(1998) 기준에 따라 〈그림 7〉-(a)와 같이 중앙에 활하중을 작용시켰으며, 전체길이를 경간으로 하되 도로부대시설의 계산방법과 직접 비교하기 위하여 〈그림 7〉-(b)와 같이 좌측에서 2.1m에 재하한 경우를 검토하였으며, 추가적으로 활하중의 편측작용에 따른 영향을 보기 위하여 〈그림 7〉-(c)와 같이



우측 끝단에 활하중을 재하하여 활하중 위치에 따른 접속슬래브의 부재력을 검토하였다. 활하중은 DB24하중을 재하하며, 충격계수 $I=0.3$, 윤하중분포폭 $E=1.660m$, 윤하중 $PL=2.15 \times 9.6 \times (1+0.3)/E= 16,164tonf= 161,64kN$ 을 사용하였다. 해석시 $L=6.0m$, $0.7L=4.2m$ 를 나타낸다.

보조기층의 지지력계수는 시멘트 포장에서 보조기층의 K_{30} 인 $20 kgf/cm^3$ 을 적용하고 단위폭을 갖는 요소의 단면적을 사용하여 보조기층에 접하는 지지력계수는 일률적으로 $50,000kN/m$ 를 사용하였다. 뒷채움재의 지지력계수는 뒷채움재의 강성이 보조기층의 강성과 같은 경우인 $50,000kN/m$ 와 2배인 $100,000kN/m$ 및 4배인 $200,000kN/m$ 의 값을 사용하여 뒷채움재에 대한 지지력계수를 변화시켜 가며 뒷채움재의 강성에 따른 접속슬래브의 거동을 해석적으로 비교검토하였다.

〈표 1〉에 지점조건에 따른 해석결과를 나타내었으며, 지점 모델링 형상과 활하중 작용방법은 〈그림 6〉과 〈그림 7〉에 도시된 그림을 참조하여 표시하였다.

구조해석을 통해 계산된 부재력에 따라 접속슬래브 단면을 검토하였다. 이때 콘크리트의 강도는 $24MPa$, 철근의 항복강도는 $300MPa$ 을 갖는 재료를 사용하였다. 도로교설계기준(2005)에 따르면 흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구하중에 묻혀 있는 경우에는 피복두께를 $80mm$ 이상으로 하도록 함에 따라 접속슬래브의 피복두께를 $100mm$ 로 균일하게 적용하여 단면설계를 수행하였다.

〈표 1〉 지점조건과 활하중 위치에 따른 접속슬래브의 부재력

	지점 모델링 형상	활하중 작용방법
〈지점조건〉		
◎단순지지	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) 230.03
	설계사항 : 슬래브 두께 400mm 철근직경 D25	
	지점 모델링 형상	활하중 작용방법
〈지점조건〉		
◎0~4.2m : Void	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) 260.01
◎4.2~6.0m :스프링계수 50,000kN/m	지점 모델링 형상	활하중 작용방법
	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) -70.88
	설계사항 : 슬래브 두께 400mm 철근직경 D25	



<지점조건> ◎0.0~6.0m :스프링계수 50,000kN/m	지점 모델링 형상 	활하중 작용방법
	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) 94.05
	지점 모델링 형상 	활하중 작용방법
	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) -81.26
설계사항 : 슬래브 두께 250mm 철근직경 D22		

<지점조건> ◎0~4.2m :스프링계수 100,000kN/m ◎4.2~6.0m :스프링계수 50,000kN/m	지점 모델링 형상 	활하중 작용방법
	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) 66.06
	지점 모델링 형상 	활하중 작용방법
	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) -87.38
설계사항 : 슬래브 두께 250mm 철근직경 D22		

<지점조건> ◎0~4.2m :스프링계수 200,000kN/m ◎4.2~6.0m :스프링계수 50,000kN/m	지점 모델링 형상 	활하중 작용방법
	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) 47.71
	지점 모델링 형상 	활하중 작용방법
	휨모멘트도 	최대 휨모멘트(kN-m) -98.96
설계사항 : 슬래브 두께 250mm 철근직경 D25		



도로부대시설에서 제시된 접속슬래브 설계법은 보조기층의 지지력을 스프링으로 고려하여 계산한 경우와 유사한 값을 나타내 접속슬래브의 근사계산법으로 적절한 것으로 나타났다.

활하중 위치에 따른 해석결과에 의하면, 활하중이 접속슬래브 내부(LC2)에 작용하면 정의 휨모멘트가 발생하나 뒷채움재가 강해질수록 부의 휨모멘트가 증가하는 것으로 나타났고, 활하중이 접속슬래브 우측 끝단(LC3)에 작용하면 오히려 뒷채움재가 강해질수록 발생 휨모멘트가 증가하는 것으로 나타나 뒷채움재의 강성은 포장층 지반과의 관계를 고려하여 적절하게 결정하여야 하는 것으로 사료된다. 따라서 기능성 충전재의 강성을 무조건 크게 하는 것은 피해야 할 것이며, 기능성 충전재 부근에 있는 포장층 지반의 성질을 파악하고 연관성을 살펴 기능성 충전재를 적용하여야 할 것이다.

해석결과, 뒷채움재의 지지력계수가 보조기층의 값과 같은 경우와 보조기층의 값보다 2배 정도 큰 경우가 휨모멘트가 적게 발생하여 접속슬래브 두께와 철근 직경을 최소로 적용할 수 있는 것으로 나타났다.

4. 소결

본 연구에서는 접속슬래브의 단차나 국부적인 처짐을 감소시킬 수 있는 방안을 연구하고자 뒷채움재를 고려한 지점조 건을 변수로 하여 해석적으로 접속슬래브를 검토하고 뒷채움재로 기능성 충전재를 사용한 경우에 대한 적용 방안에 대하여 고찰하였다.

분석결과, 뒷채움재의 강성이 증가할수록 접속슬래브에 부의 휨모멘트가 증가하는 것으로 나타났으며, 뒷채움재의 강성이 보조기층의 강성 대비 1~2배 정도 큰 값을 갖는 것이 접속슬래브 거동에 유리한 것으로 나타났다. 뒷채움재로 기능성 충전재를 사용하여 우수 침투에 따른 문제를 제거하고, 요구되는 지지력을 확보한다면 접속슬래브의 성능을 대폭 향상시켜 도로의 평탄성 확보에 크게 기여할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 한국건설교통기술평가원의 『스마트하이웨이 도로기반시설 핵심기술개발 : 도로구조의 내구성 확보 기술 개발』의 수행결과의 일부로써 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부(1998), “도로부대시설(교량부대시설, 철근가공조립, 기타시설편)”
2. 건설교통부(2003), “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구”, 1단계 2차년도 최종보고서
4. 박성완, 임유진, 박건수(2007), “포장 하부구조 다짐시공 기법 및 관리기준”, 한국도로학회 도로 제9권 제1호, pp.12~17
5. 한국도로공사(2001), “도로설계요령 : 교량”
6. 한국도로공사 도로연구소(2000), “박스암거상부 콘크리트 포장체의 보강방안 개선 연구”
7. 한국도로교통협회(2005), “도로교설계기준”
8. Mark J. Dunn, et al.(2007), "Precast Prestressed Concrete Pavement for Rapid Bridge Approach Slab Reconstruction", 2007 International Conference on Optimizing Paving Concrete Mixtures and Accelerated Concrete Pavement Construction and Rehabilitation, Atlanta, Georgia