

지반침하를 고려한 교량 접속판의 차량하중에 의한 휨모멘트 평가

백성용¹, 김정강¹, 조백순^{1*}
¹인제대학교 토목도시공학부 건설기술연구소

Evaluation on Bending Moment of Bridge Approach Slabs under Vehicle Load Considering Soil Settlement

Sung-Yong Back¹, Jung-Gang Kim¹ and Baik-Soon Cho^{1*}

¹School of Civill and Urban Engineering, CTRC, Inje University

요 약 교량과 도로 포장사이의 주행성 향상을 제공하는 교량 접속판(BAS)은 여러 가지 요인으로 제 기능을 발휘하지 못하고 있다. 현행 도로설계요령은 접속판 길이의 70%를 지간으로 한 단순보로 계산하고 있으며 슬래브 아래의 침하와 공극을 고려하지 못한다. BAS의 휨모멘트에 대한 지반침하 영향을 조사하기 위해 탄성지반 보(BAS-ES)를 본 연구에서 사용했다. 사용된 매개변수는 경간장, 유실길이, 유실위치, 지반 반력계수이다. 중앙지간에 가까운 유실이 접속판에 최대모멘트가 발생하는 것을 매개변수 연구를 통해 알 수 있었다. BAS 아래의 공극은 일반적으로 교대 주위에서 발생되므로 사용모델은 침하와 공극을 형상화하기 위해 교대로부터 스프링을 제거하여 유실위치를 고려했다. 탄성지지 보 모델을 사용해 AASHTO LRFD 교량설계기준에 근거한 설계모멘트와 국내 도로교설계기준의 설계모멘트를 비교하였다. 유실을 고려한 탄성지반 접속판의 설계모멘트가 현행 접속판 설계와 비교해 여전히 작게 나타나 비용절감 효과를 꾀할 수 있다.

Abstract The bridge approach slabs (BAS) to provide a transitional roadway between a roadway pavement and a bridge structure have not performed adequately due to various factors. The current Korean Roadway Design Guidelines treat the BAS as a simply supported beam with 70% of the span length and do not consider settlement and void development underneath the slab. To investigate the effect of soil settlements on the bending moment of BAS, a beam on elastic support (BAS-ES) was used in the present study. The parameters used in this study were span length, washout length, washout location, and soil modulus. It was shown from the parametric study that washout regions closer to the midspan exhibit maximum moment in the slab. Since voids under the BAS have typically been observed to be closer to bridge abutments, the springs from the abutment were removed to simulate settlement and void development in the model. The design moments based on AASHTO LRFD Bridge Design Specifications were compared to those of Korean Standard Specifications for Highway Bridge and Design Trucks for Highway Bridges. Even if the design moment from BAS-ES was used to incorporate the effect of the potential washout, significant savings could still be achieved compared to the current BAS design.

Key Words : Bending moment, Bridge approach slabs(BAS), Soil settlement, Vehicle load, Washout length

1. 서론

교량과 접속부 포장 사이의 과도한 침하는 교량 단부에 단차(bump)를 형성하게 된다. 이 단차는 교량과 도로

포장에 큰 충격하중과 함께 불쾌한 운전조건, 증대되는 자동차 마모, 예민한 수송상품의 마모, 교통흐름을 방해하는 반복적인 유지관리를 유발시킨다. 교량교대와 뒤체움 사이의 부등침하 영향을 최소화하고 교량접속포장과

*Corresponding Author : Cho Baik-Soon(Inje. Univ.)

Tel: +82-55-320-3555 email: civcho@inje.ac.kr

Received October 1, 2013

Revised October 31, 2013

Accepted November 7, 2013

교량사이의 원활한 완화구간을 제공하기 위해 교량상판과 인접포장 토공을 연결하는 철근콘크리트 접속판이 종종 사용되어지고 있다. 그러나 접속판은 여러 가지 원인으로 지반으로부터 접촉점을 잃고 있다고 현장관측으로부터 알려져 있다. 교량접속부 문제를 보수하기 위한 유지비용은 심각하다. 따라서 설계와 시공단계에서 부등침하의 원인을 최소화하거나 제거하는 노력이 필요하다.

교량 접속판의 다양한 문제점이 발생하고 있음에도 불구하고 침하를 고려한 설계에 대한 연구는 아주 제한적으로 수행되어왔다. 접속판 침하에 대한 최근의 NCHRP 보고서(Briaud 등[1])은 채움재의 규준과 시공검사에 대해 보다 엄격한 필요성을 제안했다. 지반, 구조, 포장, 시공, 유지관리 기술자간에 충분한 협력이 과다한 접속침하를 줄일 수 있다고 결론지었다. White 등[2]은 교량접속부 문제를 조사하고 설계, 시공, 유지관리를 위한 새로운 개념을 개발하기 위해 아이오와주에 있는 교량에 대해 현장조사 결과 74개의 교량 중 25%가 심각한 공극으로 인해 교량접속부 침하가 발생하고 접속판 시공 후 1년 사이에 공극이 발생하는 경향이 있다는 것을 발견했다. 불충분한 뒤채움 성질, 배수, 시공경험 등으로 인해 접속포장 시스템이 나쁘게 작동되어진다고 결론지었다. Khodair와 Nassif[3]은 지반-구조물 상호작용을 모델링하기 위해 유한요소법을 사용해 콘크리트 압축강도, 철근 항복응력, 철근량, 슬래브 두께의 매개변수를 사용해 균열거동을 분석하고 균열을 감소시키기 위한 설계대안을 제시하기도 했다. Cai 등[4]은 접속판의 성능에 대한 성토침하의 영향을 조사하고 지반-구조물 상호작용을 고려하기 위해 3차원 유한요소해석을 수행했다. 계산된 휨모멘트는 다양한 정도의 성토침하를 고려한 접속판 설계의 기준을 제공하고 있다. Thiagarajan과 Gopalaratnam[5]은 접속판에 대해 수치해석을 수행하여 지반유실의 영향을 분석하였으며 접속판의 교체로 프리캐스트 프리텐션 슬래브를 제안하기도 했다.

교량 접속판의 광범위한 사용에도 불구하고 합리적인 설계절차가 없는 상태이다. 현행 도로교설계기준과 도로설계요령에서는 접속판 길이의 70%를 지간으로 한 단순보로 간주하여 설계하고 있다. AASHTO Standard 기준[6]은 접속판 설계에 대한 어떤 지침도 제공하고 있지 않다. AASHTO 하중-저항계수 교량설계기준(AASHTO LRFD[7])에서는 종방향 지간이 4.6m 이상으로 설계되는 단순지지 슬래브교량에 대한 설계기준을 제공하고 있다. 이 방법은 접속판은 슬래브교량으로 간주되고 접속판 아래의 성토지반은 유실되어진다고 가정한다. 하지만 단순지지 조건을 고려한 접속판(BAS) 설계는 과다설계가 될 것으로 판단된다. 또한, 대부분의 기준 연구에서는 보요

소가 아닌 3차원 유한요소해석에 제한되어 실무 기술자들에게는 어려움이 많았다. 따라서 접속판 아래의 지반침하를 고려할 수 있는 효율적인 해석모델이 필요하다.

본 연구에서는 접속판 아래의 지반유실을 고려하기 위해 유실길이가 다른 탄성 보(BAS-ES)를 사용해 수치해석을 수행하였다. 사용된 매개변수로는 유실길이, 유실위치, 지반반력계수 등이고 지점침하도 고려하였다. 다양한 유실길이를 고려한 탄성 보의 최대모멘트를 AASHTO LRFD와 국내 도로교설계기준과 비교·분석하고 도로교설계기준의 문제점과 함께 설계모멘트를 모사할 수 있는 탄성보 모델을 조사하였다.

2. 현행 설계규정

교량 접속판의 국내설계규정인 도로교설계기준[8]과 도로설계요령[9]의 기준과 AASHTO LRFD 기준에 대해 검토하고자 한다.

2.1 도로교설계기준과 도로설계요령

도로교설계기준에 따라 활하중은 다음 식으로 산출한다.

$$P = \frac{2n(96)(1+i)}{E'} \text{ (kN)} \quad (1)$$

여기서, n = 차선 수

i = 충격계수 = 0.3

$E' = 1.8n + 1.2(n-1) + E$ 이며,

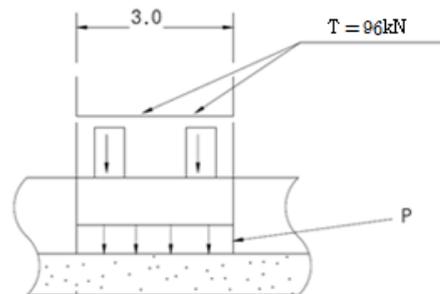
$E = 1.2 + 0.06L \leq 2.1$ m

L = 바닥판의 지간(m)

도로설계요령 3.8.2에 따라 활하중은 아래 식과 같이 DB-24하중을 재하하며 재하방법은 Fig. 1와 같다:

$$P = \frac{2(96)(1+i)}{3(0.2+2D)} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (2)$$

여기서, D = 포장층 두께(m).



[Fig. 1] Transverse position of live load

2.2 AASHTO LRFD

트럭하중은 3개의 축과 325kN의 총 중량을 가지며 차로하중과 함께 고려되어진다. 또한, 한 쌍의 110kN하중과 간격 4m로 구성된 탠덤하중도 차로하중과 함께 고려된다. 차로하중은 접속판 지간을 따라 9.3 kN/m의 등분포하중이다. 또한, 충격계수는 33%로 규정하고 있다.

트럭하중에 대한 등가 폭은 AASHTO LRFD 4.6.2.3에 따라 아래와 같이 결정된다:

다차로 교량의 경우,

$$E = (2100 + 0.12 \sqrt{L_1 W_1}) \leq \frac{W}{N_L} \quad (3)$$

여기서,

- E = 등가 폭(mm)
- L_1 = 수정 지간길이; 실제 지간과 18000 중 적은 값(mm)
- W_1 = 수정 교량 폭; 실제 교량 폭과 다차로 하중의 경우 18000 또는 1차로 하중의 경우 9000 중 적은 값(mm)
- W = 실제 교량 폭 (mm)
- N_L = 설계차로 수

2.3 하중조합과 강도감소계수

도로교설계기준과 도로설계요령의 하중조합과 휨모멘트와 전단력에 대한 강도감소계수는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} U &= 1.3D + 2.15(L + I) \\ U &= 1.3D + 1.3(L + I) + 1.3G \\ \phi_f &= 0.85, \phi_v = 0.80 \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, D, L, G 는 각각 사하중, 활하중, 부등침하에 따른 단면력이며 충격계수 $I = 15 / (40 + L) \leq 0.30$ 이다.

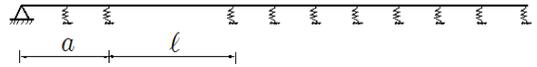
AASHTO LRFD의 하중조합과 휨모멘트와 전단력에 대한 강도감소계수는 아래와 같으며 충격계수는 0.33이다.

$$\begin{aligned} U &= 1.25D + 1.75(1.0 + I) \times \text{탠덤하중} + 1.75 \times \text{차로하중} \\ U &= 1.25D + 1.75(1.0 + I) \times \text{트럭하중} + 1.75 \times \text{차로하중} \\ U &= 1.3D + 1.3(L + I) + 1.3G \\ \phi_f &= 0.90, \phi_v = 0.80 \end{aligned} \quad (5)$$

3. 매개변수

불량배수나 다른 지반문제로 인해 접속판 아래의 잠재

적 지반침하를 고려하기위해 본 연구에서 사용한 탄성지반 보 모델은 Fig. 2과 같다.



[Fig. 2] BAS-ES model considering washout length

여기서, l 과 a 는 유실길이와 유실위치를 각각 나타낸다.

상용 유한요소해석 프로그램인 MIDAS/CIVIL[10]을 사용해 구조해석을 수행했으며 슬래브아래 공극형성의 잠재적 유실은 특정위치에 탄성스프링을 선택적으로 제거하여 모델링했다. AASHTO LRFD 표준하중은 슬래브 자중, 차로하중, 탠덤하중, 트럭하중이다. 탄성 보는 여러 개의 요소로 분할하였으며 각 요소는 x-축을 따라 길이는 0.5m이다. 지점의 경계조건은 각각 힌지와 스프링을 적용하였다. 접속판 아래의 지반은 “스프링 1”요소를 사용하여 모델링하였다. 접속판의 폭과 두께는 각각 1m와 40cm을 가정했다. 본 모델의 지반은 느슨한 사질토, 중간 사질토, 조밀한 사질토이며 각 지반반력계수 k 값은 8,000 kN/m³, 25,000 kN/m³, 125,000 kN/m³을 가정했다(Bowels[11]). 사용된 매개변수는 경간장, 유실길이, 유실위치, 지반반력계수이다.

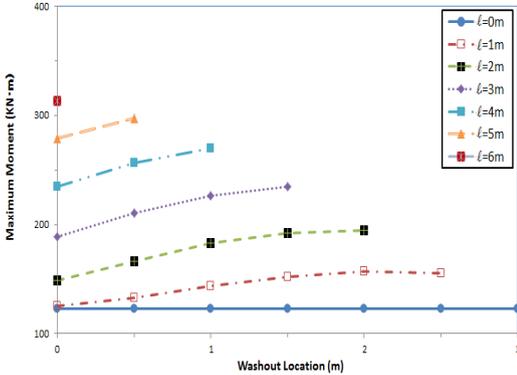
3.1 유실길이와 유실위치

Fig. 3~4은 지간 6m와 8m에 대해 유실길이 (l)를 1m씩 증가시키면서 유실위치의 변화에 따른 식 (5)의 하중조합에 대한 접속판의 최대모멘트를 각각 나타내고 있다. 각 그래프는 유실위치가 교대 끝단인 0m에서 시작해서 대칭특성을 고려해 매개변수의 완전한 변화를 반영하는 $(L-l)/2$ 의 값에서 끝난다. 본 모델의 지반은 느슨한 사질토를 가정했다. 유실길이가 $l = 0m$ 인 경우, 소요모멘트는 예상대로 유실위치에 독립적이며 BAS-ES 설계모멘트와 동일하다. 반면에, $l = Lm$ 인 경우 최대모멘트는 지반 지지되지 않는 단순지지 슬래브에 대한 최대모멘트와 동일하다. 유실길이가 커질수록 최대모멘트는 단순지지 슬래브의 최대모멘트에 근접함을 알 수 있다.

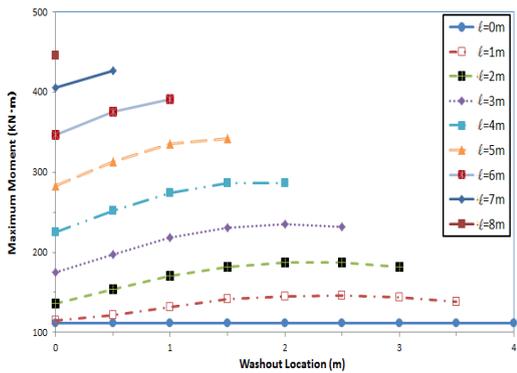
Fig. 3에서 유실길이가 지간의 1/6인 $l = 1m$ 인 경우 최대모멘트는 단순지지 슬래브 최대모멘트의 50%을 나타내고 있다. 이는 BAS아래에 다소 심각한 공극형성이 발생되는 경우에도 단순지지 보의 모멘트와 비교해 상당히 감소된다는 것을 알 수 있다.

또한, 유실길이가 같은 경우 중앙지간에 근접할수록 최대모멘트가 발생된다는 것을 나타내고 있다. 접속판 아

래의 잠재적 유실은 설계모멘트에 미치는 영향은 상당히 크다는 것과 유실위치의 영향도 중요하다는 것을 나타내고 있다.



[Fig. 3] Effect on washout location for various washout lengths ($L=6m$)



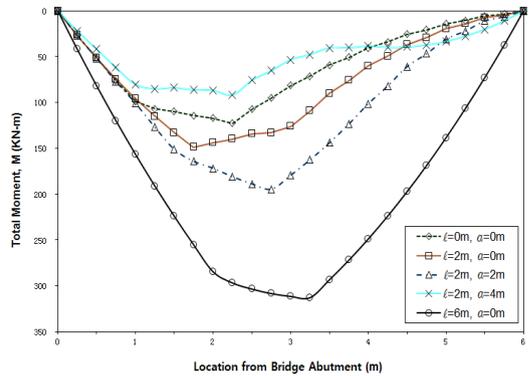
[Fig. 4] Effect on washout location for various washout lengths ($L=8m$)

3.2 유실위치와 총모멘트

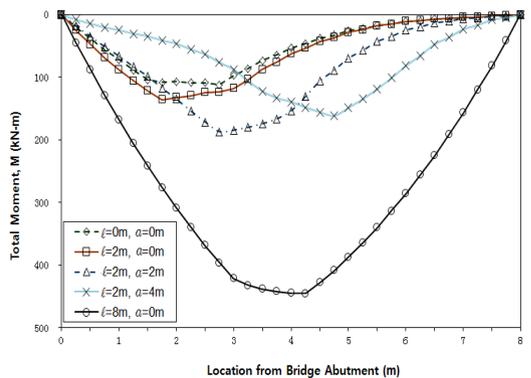
유실위치에 대한 영향을 조사하기 위해 지간을 따라 총모멘트를 조사했다. Fig. 5와 6은 6m와 8m의 경간장의 경우 유실길이 $\ell=2m$ 의 유실위치 변화에 대해 모든 교량하중의 위험한 조합 총모멘트를 각각 보여주고 있다. 유실이 없는 탄성지반($\ell=0m, a=0m$) 경우와 완전유실($\ell=6m, a=0m$)의 두 가지 극한경우와 함께 세 가지의 유실위치($\ell=2m$ 에 대해 $a=0m, 2m, 4m$)에 대해 총모멘트를 나타내고 있다.

교대에 가까운 유실과 비교해 유실지역이 중앙지간에 근접할수록 슬래브에 최대모멘트가 발생한다는 것을 알 수 있다. 또한, 탄성지반을 고려한 BAS-ES설계에서 다소 큰 유실길이가 발생되더라도 단순지지 BAS의 최대모멘

트와 비교해 상당한 감소가 일어난다는 것을 보여주고 있다. Fig. 6으로부터 지간이 길어질수록 이러한 모멘트 차이는 더욱 크게 나타내고 있다. BAS의 중앙지간에 가까운 공극보다는 불량배수와 부등이동으로 인해 교량교대 근처에서 공극이 일반적으로 발생한다는 것이 현장관찰을 통해 알려져 있다. 따라서 탄성지반 BAS-ES설계가 사용될 때 잠재적 유실의 영향이 상대적으로 감소된다는 것을 알 수 있다.



[Fig. 5] Moment diagrams of different location for 2m washout length ($L=6m$)

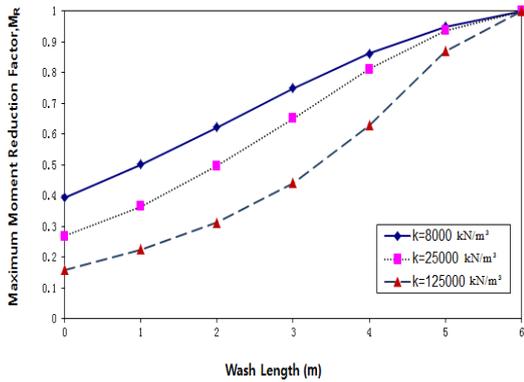


[Fig. 6] Moment diagrams of different location for 2m washout length ($L=8m$)

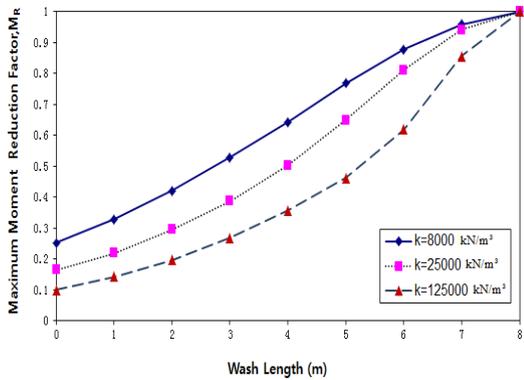
3.3 유실길이와 지반반력계수

접속판 아래의 지반은 느슨한 사질토, 중간 사질토, 조밀한 사질토의 지반을 사용했다. Fig. 7~8은 경간장이 6m와 8m의 경우 각 지반반력계수 k 에 대해 유실길이 ℓ 와 최대모멘트 감소계수 M_R 의 도식화를 각각 보여준다. 여기서, M_R 은 지반지지가 없는 단순지지 BAS의 최대모멘트에 대한 부분유실이 있는 탄성지반 BAS-ES의 최대모멘트 비를 나타내는 무차원 모멘트이고 1보다 작

은 M_R 은 소요설계모멘트의 감소를 나타낸다[5]. 그림으로부터 느슨한 사질토의 경우 유실이 없는 BAS-ES 모멘트는 단순지 BAS 모멘트의 39%로 설계모멘트를 감소시킬 수 있다. 슬래브 길이를 따라 1m의 유실이 발생하더라도 모멘트 감소는 50%로 여전히 크다. 반면에, 조밀한 사질토인 경우에는 유실이 없는 BAS-ES 모멘트는 단순지 BAS 모멘트의 14%로 설계모멘트를 대단히 감소시킬 수 있다. 슬래브 길이를 따라 1m와 2m의 유실길이를 가정하더라도 모멘트 감소는 각각 23%와 31%로 여전히 크다. 이는 지반반력계수가 증가할수록 최대모멘트 감소가 상당히 크게 나타나며 상당한 유실길이가 발생하더라도 최대모멘트 감소는 여전히 크다는 것을 알 수 있다.



[Fig. 7] Effect on washout length for various soil moduli ($L=6m$)



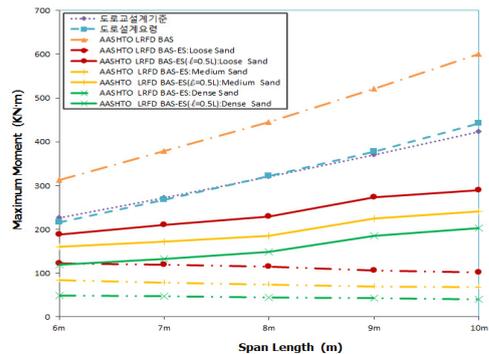
[Fig. 8] Effect on washout length for various soil moduli ($L=8m$)

4. 설계모멘트 비교 및 분석

4.1 현행규정에 대한 설계모멘트

현행 설계규정에 대한 설계모멘트를 비교하기 위해 국내설계규정인 도로교설계기준과 도로설계요령을 적용한 두 가지 경우와 AASHTO LRFD 설계규정을 적용한 단순보, 탄성보($l=0m$), 탄성보($l=0.5L$)인 세 가지 경우에 대해 조사하였다. 여기서 탄성보($l=0.5L$)는 유실 길이가 50%인 탄성보를 지칭한다. 도로교설계기준과 도로설계요령은 시간의 70%를 사용한 단순보에 DB-24하중을 재하하여 식 (4)의 하중조합을 적용했으며 AASHTO LRFD의 세 가지 경우는 트럭, 텐덤, 차로하중을 재하하여 식 (5)의 하중조합을 적용했다.

Fig. 9에서는 세 가지 사질토지반에 대해 현행 설계규정과 AASHTO LRFD에 대한 최대모멘트를 도식화했다. 도로교설계기준과 도로설계요령은 비슷한 최대모멘트를 보여주었으나 AASHTO LRFD 단순보(BAS)와 탄성보(BAS-ES)와는 상당한 차이를 나타내고 있다. 시간이 증가함에 따라 탄성보와의 차이는 더욱 크게 나타났다.



[Fig. 9] Comparisons of maximum moments for current specifications

또한, 도로교설계기준의 최대모멘트는 50% 유실을 고려한 AASHTO LRFD 탄성보와 비교해 차이를 나타내고 있다. 이러한 현상은 지반반력계수가 클수록 더욱 심각하게 나타났다. 6m와 10m 경간장에 대해 느슨한 사질토의 경우 각각 120%와 156%의 차이를 나타내며 조밀한 사질토의 경우 각각 189%와 208%의 차이를 보여주고 있다. 따라서 국내 설계규정은 설계모멘트를 과다하게 산정하고 있음을 알 수 있다.

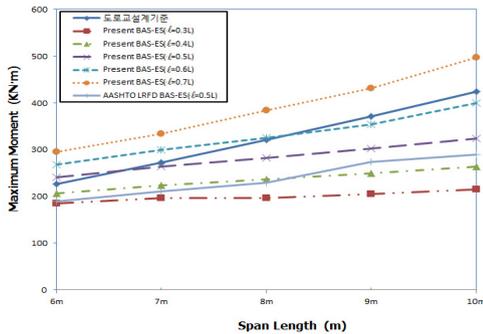
4.2 BAS-ES 설계모멘트 분석

도로교설계기준의 단순보와 50%의 유실을 고려한 AASHTO LRFD 탄성보와 함께 본 연구에서 사용한 탄성 보인 BAS-ES의 설계모멘트를 비교·분석했다. 또한, 지점침하의 영향을 조사하기 위해 침목판(sleeper slab)의

유무에 대한 영향을 조사했다.

4.2.1 지점침하를 고려한 경우

Fig. 10은 느슨한 사질토 지반으로 지지되어 있는 경간장이 6m에서 10m까지에 대해 도로교설계기준과 50%의 유실을 고려한 AASHTO LRFD와 함께 유실깊이가 다른 제안모델의 설계모멘트를 보여준다.



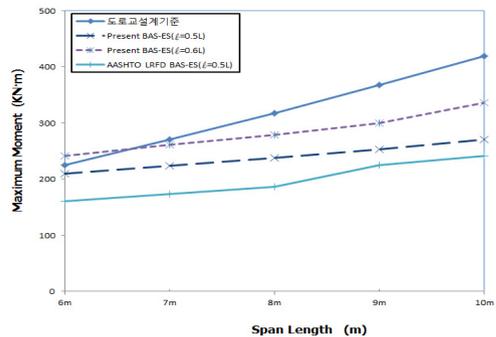
[Fig. 10] Comparisons of proposed vs. current specification (loose sand)

도로교설계기준과 50%의 유실을 고려한 AASHTO LRFD의 설계모멘트는 상당한 차이가 있으며 경간이 증가할수록 차이가 증가하고 있다(최대 147%). AASHTO LRFD와 비교해 30% 유실의 전 경간장과 40%유실의 경우 8m 이상의 경간장에 대한 설계모멘트는 작게 나타났으나 70% 유실의 경우 도로교설계기준보다 더 크게 나타났다. 반면에 유실이 50%와 60%인 경우는 AASHTO LRFD 설계모멘트보다 크나 도로교설계기준 모멘트의 최대 76%와 94%로 나타났으며 60%의 유실을 고려한 제안모델이 도로교설계기준을 잘 모사하는 것을 알 수 있다.

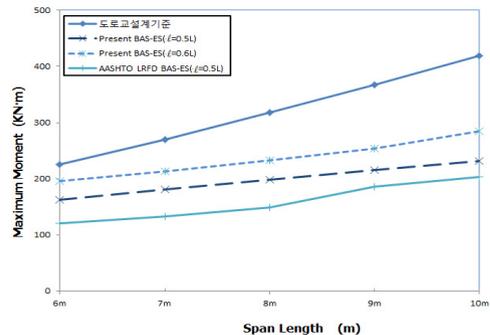
Fig. 11 ~ 12은 도로교설계기준과 중간 사질토와 조밀한 사질토 지반에 대해 50%의 유실을 고려한 AASHTO LRFD와 함께 50%와 60%의 유실을 고려한 BAS-ES의 설계모멘트를 보여준다. 지반반력계수가 증가할수록 도로교설계기준과 AASHTO LRFD의 설계모멘트 차이는 증가하는 것으로 나타났다. 중간 사질토의 경우 도로교설계기준과 50%의 유실을 고려한 AASHTO LRFD의 설계모멘트 차이는 최대 175%이며 유실이 50%와 60%인 BAS-ES는 각각 도로교설계기준 설계모멘트의 57%와 79%로 나타났다. 조밀한 사질토의 경우 도로교설계기준과 50%의 유실을 고려한 AASHTO LRFD의 설계모멘트의 차이는 최대 208%이며 유실이 50%와 60%인 BAS-ES는 도로교설계기준 설계모멘트의 55%와 67%로 각각 나

타났다.

조사한 모델 중에서 60%의 유실을 고려한 BAS-ES가 도로교설계기준을 잘 모사하며 AASHTO LRFD와 일률적인 변화를 보여주고 있으나 지반반력계수가 증가할수록 도로교설계기준과의 차이가 다소 증가함을 나타내고 있다. 그러나 지반반력계수가 증가할 경우 유실이 증가하지 않는다는 것을 감안하면 도로교설계기준과의 차이는 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.



[Fig. 11] Comparisons of proposed vs. current specification (medium sand)



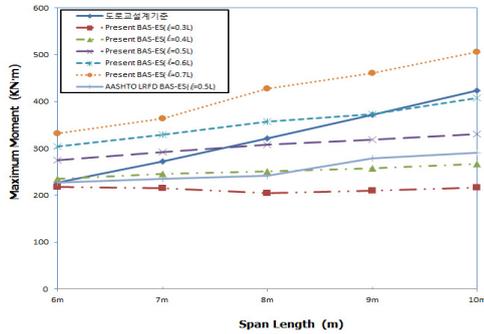
[Fig. 12] Comparisons of proposed vs. current specification (dense sand)

4.2.2 지점침하를 고려하지 않은 경우

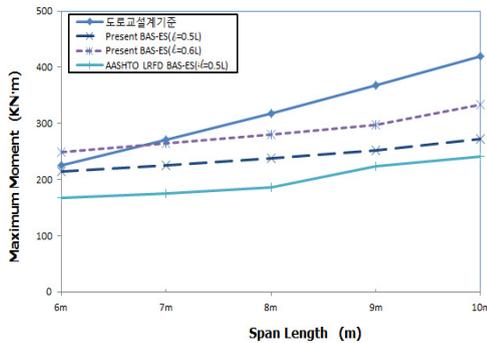
Fig. 13 ~ 15에서는 Fig. 10 ~ 12과는 달리 교대 반대편의 단부가 침목판으로 지지되어 있는 경우에 대한 설계모멘트의 비교를 보여준다. 전반적인 양상은 지점침하를 고려한 Fig. 10 ~ 12와 비슷하나 최대모멘트가 다소 차이를 나타내고 있다. 지점침하를 고려한 경우에 비해 경간장이 짧은 경우는 설계모멘트가 크게 나타나지만 경간장이 길어질수록 설계모멘트의 차이는 감소하여 10m의 경간장에서는 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

적용한 모든 사질토 지반에 대해 유실이 50%와 60%

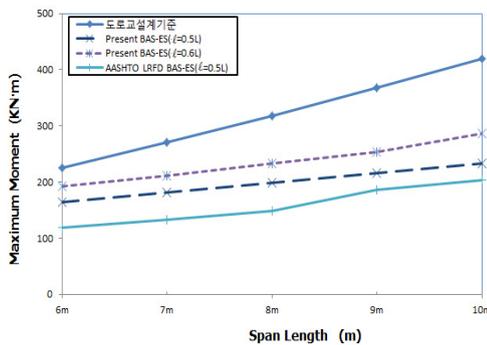
인 경우는 AASHTO LRFD 설계모멘트보다 크며, 지점침하를 고려한 경우와 같이 60%의 유실을 고려한 BAS-ES 모델이 도로교설계기준을 잘 모사하는 것으로 나타났다.



[Fig. 13] Comparisons of proposed vs. current specification (sleeper slab, loose sand)



[Fig. 14] Comparisons of proposed vs. current specification (sleeper slab, medium sand)



[Fig. 15] Comparisons of proposed vs. current specification (sleeper slab, dense sand)

4.2.3 분석

AASHTO LRFD의 설계모멘트는 지반반력계수가 작

은 느슨한 사질토의 경우 텐덤하중이 지배되었으나 지반 반력계수가 큰 중간 및 조밀한 사질토의 경우 트럭하중이 지배되었다. 반면에, 도로교설계기준의 경우 DB하중이 설계모멘트를 지배하는 것으로 나타났다. 이는 도로교설계기준의 DB하중이 AASHTO LRFD의 트럭하중보다 상대적으로 크기 때문인 것으로 분석되었다.

단순히 접속판 길이의 70%를 지간으로 한 단순보로 취급하는 도로교설계기준은 접속판 아래의 유실을 고려할 수 없을 뿐만 아니라 비경제적인 것으로 나타났다. 반면에, 접속판 아래의 뒤채움재와 교대부근의 다짐 난이도 등을 고려해 60%의 유실을 고려한 탄성보 모델은 도로교설계기준의 설계모멘트를 잘 모사하였으나 실제 접속판의 성능은 다양한 인자에 의해 영향을 받으므로 추후 다양한 조건에서 수치해석과 현장시험을 통해 교량 접속판에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

5. 결론

교량접속부의 단차문제는 지속적으로 존재하고 있지만 성토부나 채움재 침하를 고려한 접속판 설계규정이 없는 상태이다. 본 연구에서는 성토침하와 접속판사이의 상호작용을 고려할 수 있는 탄성 보 모델을 사용하였으며 매개변수해석을 통해 얻은 결론을 종합하면 다음과 같다:

- (1) 유효 경간장을 접속판 길이의 70%를 지간으로 한 단순보로 설계하는 국내 설계규정은 유실길이가 50%인 AASHTO LRFD 탄성보의 최대모멘트와 비교하여 과다하게 나타났으며 지간이 10m인 경우 최대모멘트의 156%을 나타내었다.
- (2) 접속판 중앙 아래의 지반 침하량이 증가할수록 최대모멘트가 증가하였다. 반면에, 빈약한 배수와 부등침하로 발생하는 일반적인 교대부근의 유실은 중앙스팬에 근접한 유실과 비교하여 최대모멘트가 작게 나타났다.
- (3) 단순지지 BAS와 비교하여 지반반력계수가 클수록 최대모멘트 감소도 크게 나타났으며 상당한 유실 길이가 발생하더라도 최대모멘트 감소가 여전히 크다는 것을 알 수 있다.
- (4) 느슨한, 중간, 조밀한 사질토의 경우 단순히 접속판 길이의 70%를 지간으로 한 단순보로 계산하는 도로교설계기준보다는 접속판 아래의 뒤채움재와 교대부근의 다짐 난이도 등을 고려해 60%의 유실을 고려한 탄성보 모델이 도로교설계기준의 설계모멘트를 잘 모사하는 것으로 나타났다.

침하영향을 고려한 탄성보는 실무설계에서 유한요소 해석을 사용하지 않고 지반침하를 고려한 교량 접속판을 편리하게 설계하는데 도움이 될 수 있으리라 판단된다.

References

- [1] J.L. Briaud, R.W. James, and S.B. Hoffman, Settlement of Bridge Approaches, Transportation Research Board, 1997.
- [2] D.J. White, S. Sritharan, M. Suleiman, M. Mekki, and S. Chetlur, Identification of the Best Practices for Design, Construction, and Repair of Bridge Approaches, Report No. CTRE Project 02-118, 2005.
- [3] Y. Khodair, and H. Nassif, Finite Element Analysis of Bridge Approach Slabs Considering Soil-Structure Interaction, Bridge Structures, Vol. 1, No. 3, pp.245-256, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15732480500257065>
- [4] C.S. Cai, X.M. Shi, G. Voyiadjis, and Z. Zhang, Structural Performance of Bridge Approach Slabs under Given Embankment Settlement, Journal of Bridge Engineering, Vol. 10, pp.482-489, 2005.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0702\(2005\)10:4\(482\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0702(2005)10:4(482))
- [5] G. Thiagarajan, and V. Gopalaratnam, Bridge Approach Slabs for Missouri DOT: Looking at Alternative and Cost Efficient Approaches, MoDOT, 2010.
- [6] American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for Highway Bridges, Washington, D.C., 2002.
- [7] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Washington, D.C., 2012.
- [8] Korea Road and Transportation Association, Korean Highway Bridge Design Specifications, 2010.
- [9] Korea Expressway Corporation, Korean Roadway Design Guidelines, 2009.
- [10] MIDAS/CIVIL Analysis Reference, MIDAS Information Technology Co., Ltd. 2012.
- [11] J. Bowels, Foundation Analysis and Design, 5th edn., McGraw-Hill, pp.505, 1996.

백 성 용(Sung-Yong Back)

[정회원]



- 1985년 12월 : (미)조지아공대 토목공학과 (공학석사)
- 1992년 12월 : (미)조지아공대 토목공학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 인제대학교 토목도시공학부 교수

<관심분야>

강구조, 합성구조, 복합재료

김 정 강(Jung-Gang Kim)

[정회원]



- 1996년 2월 : 밀양산업대학교 토목공학과 (공학사)
- 1998년 8월 : 경남대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1979년 9월 ~ 현재 : 경남도청 정책기획관실 근무(현)

<관심분야>

강구조, 합성구조, 콘크리트구조

조 백 순(Baik-Soon Cho)

[정회원]



- 1991년 5월 : (미)University of Missouri 토목공학과 (공학석사)
- 1998년 9월 : (미)조지아공대 토목공학과 (공학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 인제대학교 토목도시공학부 교수

<관심분야>

콘크리트구조, 복합재료, 구조재료