

일체식교대 PSC빔 교량의 거동에 관한 매개변수 해석

A Parametric Study on the Behavior of Integral Abutment PSC Beam Bridge

홍정희* 정재호** 유성근*** 박종면**** 윤순중*****
Hong, Jung-Hee Jung, Jae-Ho You, Sung-Kun Park, Jong-Myen Yoon, Soon-Jong

ABSTRACT

This paper presents a parametric study on the behavior of integral abutment PSC beam bridge. An integral abutment bridge is a simple span or multiple span continuous deck type bridge having the deck integral with the abutment wall. The rational structural model and design load combinations accounting for each construction stage are proposed. It can be used for defining the effect of earth pressure and temperature change in the design process including for determining maximum flexural responses. The bending moment at each response location due to the design load combination is investigated according to the change of flexural rigidity of piles and abutment height. The flexural responses of proposed model are computed for the cases of applying the Rankine passive earth pressure and the earth pressure based on the soil-structure interaction respectively, and the results are discussed.

1. 서론

교량의 유지관리 측면에서 일반적으로 가장 문제가 되고 있는 부분은 상판 신축이음부의 파손이다. 이 부분은 온도, 습도 등의 외부환경 변화에 의한 상부구조의 신축을 처리하기 위하여 꼭 필요한 구성요소이지만 일단 손상이 발생하면 바로 아래에 위치하는 교좌장치의 작동을 방해하여 교량의 전체 구조계에 변화를 일으키게 된다. 또한 이 물질 유입으로 인한 부식으로 교량의 내구성이 저하되며 일단 신축이음부가 손상되면 주행중인 차량의 충격하중을 증가시켜 파손이 가속화되고 결국 이의 보수를 위해 차량의 통행을 제한해야 한다.⁽¹⁾ 이러한 문제점을 해결하기 위하여 신축이음장치 자체의 성능 개선에 대한 노력과 더불어 신축이음부를 제거한 교량에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 장대교량의 경우는 어려움이 있으나 중소형 교량의 경우에는 신축이음부를 제거하는 것이 기술적으로 가능하며, 미국, 캐나다 등 외국에서는 신축이음부를 두지 않는 일체식교대 교량(integral abutment bridge)의 시공사례가 증가하고 있다. 일체식교대 교량은 상부구조와 교대를 일체화하여 교량 전체에 신축이음부를 제거한 교량으로서 외부환경 변화에 의한 상부구조의 신축을 교대매면 지반과 유연한 파일기초가 흡수하도록 설계한 것이다.

일체식교대 교량은 경험에 의해 실용성이 인정되어 발전해온 공법으로 거동에 관한 구체적인 연구는 80년대에 들어 시작되었으나 연구실적은 미비한 실정이다. 또한 시험시공을 통해 경험적으로 발전해온 결과 미국의 경우, 교량의 종류와 기후조건에 따라 각 주별로 일체식교대 교량의 적용기준을 달리하고 있다.⁽²⁾ 국내의 경우, 최근 일체식교대 교량의 거동에 대한 연구가 진행되어 대전-통영간 고속도로 구간에서 실용화 시험시공을 마친 바 있으나 구조적 거동특성에 대한 이해와 실험적 연구가 아직은 미흡하여 정형화된 설계 및 시공 기준이 확립되어 있지 않은 상태이다.^(3,4)

따라서 본 연구에서는 PSC빔을 사용한 일체식교대 교량에 대해, 일반 조인트 교량과는 달리 설계하중으로 작용하는 온도변화 및 토압의 영향을 포함한 하중조건에 대한 상부구조의 휨거동에 대해 조사하였다. 또한 상부구조와 교대가 일체가 됨으로써 프레임 거동을 하는 일체식교대 교량의 특성을 고려하여 하부구조의 휨강성 변화 및 교대높이의 변화에 따른 상부구조의 휨거동을 조사하였다.

* 홍익대학교 토목공학과 석사과정
** 홍익대학교 토목공학과 박사과정
*** 정희원, BBM KOREA Co., Ltd. 기술담당 부사장, 공학박사
**** BBM KOREA Co., Ltd. 토목연구실장
***** 정희원, 홍익대학교 토목공학과 부교수

2. 표준 PSC빔을 사용한 일체식교대 교량의 시공단계 및 설계방법

표준 PSC빔을 사용한 일체식교대 교량의 시공단계는 크게 2단계로 구분된다.^(4,5,6) 1단계는 교대 성토부의 완성, 파일의 일렬 향타 및 교대벽체의 1차 시공이 끝난 후, 상부거더가 교대 위에 단순거치된 상태이며 상부거더는 거더자중과 경화되지 않은 상태의 콘크리트 슬래브, 다이어프램 및 교대의 자중을 지지하게 된다. 2단계는 교대와 슬래브 콘크리트가 완전히 경화되어 교량의 상하부구조가 일체가 된 상태이다. 교대배면의 뒤채움이 끝난 후, 구조물은 보도나 연석 및 아스팔트 포장 등에 의한 합성후 고정하중과 활하중을 받게 되며 또한 시간의 경과에 따라 온도변화와 토압의 영향을 받게 된다. 일체식교대 PSC빔 교량의 시공단계와 각 시공단계에서 구조물의 상태 및 작용하는 하중은 표 1과 같다.

표 1. 시공단계 및 시공단계별 하중

시공단계	구조물의 상태	시공단계별 하중	
1	단순보	1	거더 자중
		2	프리스트레싱
		3	경화되지 않은 상태의 슬래브, 교대, 다이어프램 콘크리트 자중
2	프레임 구조	4	합성후 고정하중
		5	프리스트레스의 장기손실
		6	활하중 (트럭하중(DB) 또는 차선하중(DL))
		7	온도증가에 따른 상부구조의 신장
		8	온도감소에 따른 상부구조의 수축
		9	수동토압
		10	주동토압
		11	정지토압

이러한 일체식교대 교량에 대해 적용하고 있는 설계방법은 교량 총 연장길이와 사각 등 몇 가지 사용제한 조건을 만족하는 경우, 일반 교량과 특별한 차별없이 일체식교대 교량을 사용하고 있는 북미지역에서조차 정형화되어 있지 않다. 일체식교대 교량에 대해 일반적으로 사용되고 있는 설계방법은 실제 구조물에서의 교대와 상부구조의 연속성을 무시하고 일반 연속보에 대한 합성바닥판 설계 모델링을 사용하는 방법으로 상부구조의 설계하중으로는 일반 교량과 동일하게 슬래브 자중, PSC빔 자중 및 추가 고정하중과 활하중을 고려한다. 즉, 상부구조를 설계할 때 토압과 온도변화의 영향을 고려하지 않으며 상부구조와 교대의 접합부를 설계할 때에만 Rankine 수동토압을 사용하고 있다.^(1,4,5,6) 그러나 앞서 시공단계에서 언급하였듯이 교량의 상하부구조가 독립적인 거동을 하는 일반 조인트 교량과 달리 일체식교대 교량은 시공 2단계에서 작용하는 하중들에 대해 프레임 거동을 한다. 즉, 온도변화에 따른 상부구조 신축으로 발생하는 배면토압은 교량의 하부구조뿐만 아니라 상부구조에도 영향을 미치게 된다.

따라서 일체식교대 교량은 시공단계별로 구조물의 상태와 작용하는 하중조건을 고려하여 해석할 필요가 있으며 온도변화와 토압의 영향을 설계하중으로 고려할 필요가 있다.

3. 일체식교대 PSC빔 교량의 거동에 영향을 미치는 인자

3.1 온도변화와 토압

일체식교대 교량은 온도변화에 의한 상부구조의 신축으로 교대변위가 발생한다. 따라서 온도감소로 인해 상부구조가 줄어들 때 교대배면에 주동토압이 발생하며, 온도증가로 상부구조가 늘어날 때 교대배면에 수동토압이 발생한다.^(4,5,6) 이 때 발생하는 수동토압의 크기와 분포는 교대변위의 함수로서 일체식교대 교량에서 실제 교대배면에 발생하는 토압의 크기는 정지토압과 수동토압 사이에 존재하게 된다.⁽⁷⁾ 일체식교대 교량에서 벽체가 배면방향으로 이동할 때 발생하는 토압을 계산하기 위해 토압과 변위의 관계를 근사적으로 선형비례관계로 가정하고 상부구조와 토압의 평형조건으로부터 유도된 수정토압계수가 정의된 바 있다.⁽⁶⁾

본 연구에서는 온도가 증가할 때 발생하는 토압을 Rankine 수동토압과 수정토압계수에 의해 계산된 토압을 사용하여 구하였으며, 온도가 감소할 때 주동토압계수를 사용하여 토압의 크기를 계산하고 이를 하중조합에 고려하였다.

3.2 교대높이 및 상하부구조의 휨강성비

교대높이는 배면에 발생하는 토압의 크기에 큰 영향을 미치므로 실제로 일체식교대 교량의 교대높이에 대해서는 토압의 크기를 줄이기 위하여 높이가 낮은 난쟁이 교대를 권장하고 있다. 본 연구에서는 교대높이를 2m, 4m로 변화시켜 가며 교대높이에 따른 상부구조의 휨거동 변화를 조사하였다.

교대와 파일 및 상부구조 사이의 휨강성비는 프레임구조의 하중분배에 영향을 미친다. 본 연구에서는 상부구조와 파일의 휨강성비(β)를 실제 적용범위인 100~900으로 변화시켜가며 상부구조의 휨거동을 조사하였다. 실제 적용되고 있는 파일의 종류와 배치 방법, 상부구조를 표준 PSC빔으로 사용할 경우에 대한 상부구조와 파일의 휨강성비를 구하여 표 2에 나타내었다. 상부구조와 파일을 프레임요소로 모델링 하였으나 근사적으로 휨거동만을 고려하였다.

표 2. 파일종류와 배치방법에 따른 상부구조와 파일의 휨강성비

파일종류 및 배치방법	H350×350 강축배열	H300×305 강축배열	H350×350 약축배열	H300×305 약축배열
상부구조와 파일의 휨강성비(β)	137.5	257.6	407.3	780.2

4. 일체식교대 PSC빔 교량의 거동에 관한 매개변수 해석

4.1 단면가정

상부구조의 단면은 PSC빔과 콘크리트 슬래브 합성단면으로 가정하였으며, 한국도로공사 표준단면 제원을 가진 30m PSC빔으로 구성된 교량 전장 30m, 60m, 90m인 각 교량의 구조거동을 분석하였다. 해석에 사용된 PSC빔과 콘크리트 슬래브 합성단면은 그림 1에 나타내었으며 유효폭에 대한 내측거더와 교대의 단면성질 및 탄성계수는 표 3과 같다.

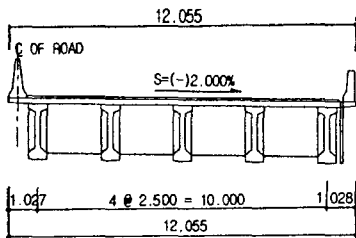


표 3. 단면성질 및 탄성계수

구분	탄성계수 (kgf/cm ²)	단면2차모멘트 (cm ⁴)	단면적 (cm ²)
내측거더	280,000	79,134,179	12,637
교대	246,475	9,140,625	19,500

그림 1. 해석에 사용된 PSC빔 교량의 횡단면

4.2 시공단계별 하중 및 하중조합

본 연구에서 고려한 하중조합은 표 4에 나타내었으며 상부구조가 늘어날 때 교량 상하부 구조의 프레임 거동으로 인한 영향과 수동토압의 영향을 하중조합 1에서, 상부구조가 줄어들 때 프레임 거동으로 인한 영향과 주동토압의 영향을 하중조합 2에서 고려하였다. 하중조합 1-1에서는 Rankine 수동토압 대신 수정토압을 사용하여 온도증가에 따른 토압을 고려하였다. 상부구조의 휨에 대한 탄성거동만을 조사하였으므로 프리스트레싱과 손실의 영향은 하중조합에서 제외하였다.

표 4. 하중조합

하중조합	하중	비고
1	1+3+4+6+7+9	Rankine 수동토압
2	1+3+4+6+8+10	주동토압
1-1	1+3+4+6+7+9	수정토압

표 5. 고정하중

합성전 고정하중(tonf/m)	PSC빔	2.06
	슬래브	1.56
합성후 고정하중(tonf/m)	포장	0.46
전체 고정하중(tonf/m)		4.08

해석에 사용된 뒤채움재는 한국도로공사 뒤채움 규정의 SB2이며 단위중량이 2.0 tonf/m³, 내부마찰각은 35° 이

다. 온도변화량은 일반 조인트교량의 신축량 계산에 적용되고 있는 것과 동일하게 $\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 를 적용하였다. 합성전 고정하중으로 고려되는 PSC빔과 슬래브의 자중 및 합성후 고정하중으로 고려되는 포장의 하중을 표 5에 나타내었으며 활하중은 DB-24 하중을 적용하였다.

4.3 해석모델

시공단계에 따른 구조물의 상태를 고려하여 그림 2, 3과 같은 해석모델을 사용하였다. 2, 3경간 연속 일체식교대 PSC빔 교량에 대해 시공 1단계에서 고려한 해석모델을 그림 2에 나타내었으며, 시공 2단계에서 고려한 해석모델을 그림 3에 나타내었다.



그림 2. 2경간 연속 및 3경간 연속 일체식교대 PSC빔 교량의 시공 1단계의 해석모델

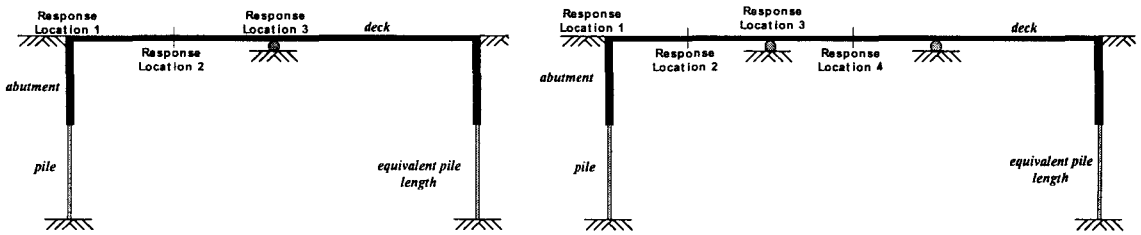


그림 3. 2경간 연속 및 3경간 연속 일체식교대 PSC빔 교량의 시공 2단계의 해석모델

해석모델의 파일부는 등가캔틸레버⁽⁸⁾를 사용하여 모델링하였다. 따라서 등가캔틸레버길이 이상의 깊이에서 파일의 수평변위는 무시할 수 있으며 파일부재는 부재 끝단에서 고정지워진 것으로 단순화할 수 있다.

4.4 매개변수 해석 결과

본 연구에서는 하중조합에 따른 거동해석과 교대높이에 따른 거동해석, 파일의 휨강성에 따른 거동해석을 수행하였으며 결과는 다음과 같다.

4.4.1 하중조합에 따른 상부구조의 거동해석

하중조합에 따른 해석결과 각 설계위치에 대한 설계하중조합은 표 6과 같다. 상부구조와 교대의 접합부는 Response location 1로 표기하였으며, 1경간의 중앙점과 교각 지점부 및 2경간의 중앙점은 각각 Response location 2, 3, 4로 표기하였다.

표 6. 휨에 대한 설계하중조합

설계 위치 (Response Location)	고정하중	활하중	온도변화		토압	
			온도증가	온도감소	수동토압	주동토압
1	최대 부모멘트	M	M		M	
	최대 정모멘트	M			M	M
2	최대 정모멘트	M			(M)	(M)
	최대 부모멘트	M	M		(M)	(M)
3	최대 정모멘트	M	(M)	M		M
	최대 부모멘트	M	M	M		M

(1) 하중조합 1

온도증가와 수동토압의 영향을 포함하는 하중조합 1은 온도증가에 따라 크게 증가하는 수동토압의 영향으로 일체식교대 교량의 거동에 가장 큰 영향을 미치는 하중조합이다. Rankine 수동토압은 극한상태에서 발생하는 토압이며

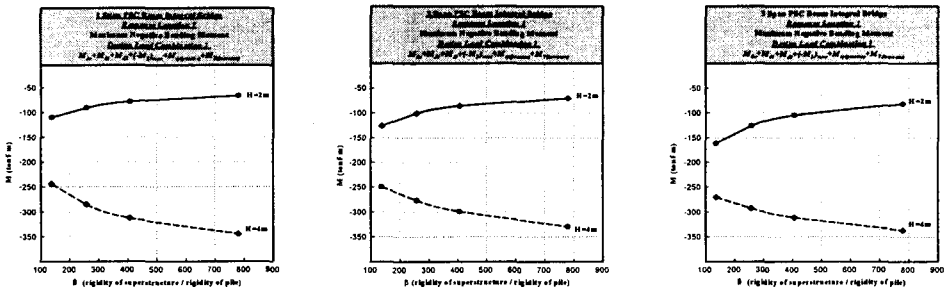
실제 발생하는 토압은 수동토압과 정지토압 사이에 존재한다. 따라서 하중조합 1의 결과는 실제 거동과는 다른 거동이라 예측되며 정확한 거동을 파악하기 위해서는 실제 발생하는 토압을 고려하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

상부구조와 교대의 접합부(response location 1)에 발생하는 부모멘트와 2, 3경간 연속 일체식교대 교량의 교각 지점부(response location 3)에 발생하는 정모멘트 및 3경간 연속 일체식교대 교량의 2경간 중앙부(response location 4)에서 발생하는 정모멘트는 하중조합 1에 의해 최대가 발생한다.

그림 4 (a), (b), (c)는 하중조합 1에 의해 상부구조와 교대의 접합부에 발생하는 부모멘트를 상부구조와 파일의 휨강성비(β) 변화에 따라 나타낸 것이며 $-60 \sim -350 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 의 부모멘트가 발생하였다.

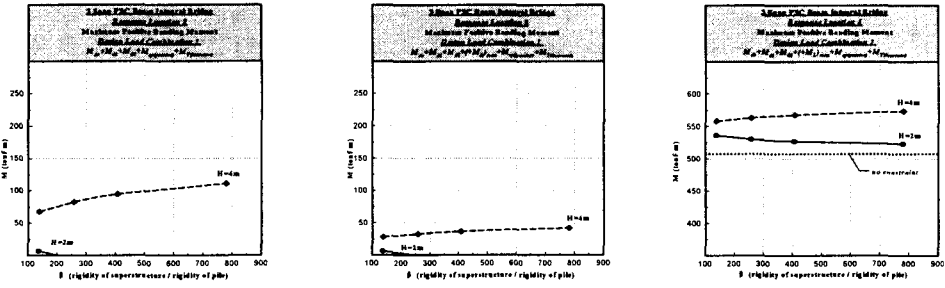
그림 5 (a), (b)는 하중조합 1에 의해 교각 지점부에 발생하는 정모멘트를 나타낸 것이며 2경간 연속 일체식교대 교량의 경우 $0 \sim 110 \text{ tonf} \cdot \text{m}$, 3경간 연속 일체식교대 교량의 경우 $30 \sim 45 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 의 정모멘트가 발생하였다.

그림 6은 3경간 연속 일체식교대 교량의 2경간 중앙부에서 발생하는 정모멘트를 나타낸 것이며 $520 \sim 575 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 의 정모멘트가 발생하였다. 이는 상부구조와 교대의 연속성을 무시하고 일반 연속보에 대한 해석과 동일하게 해석을 수행한 결과인 $507 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 에 비해 $10 \sim 70 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 증가한 것이나 표준 PSC빔의 지간중앙에 대한 설계하중⁽¹⁾보다 작다.



(a) 1경간 일체식교대 교량 (b) 2경간 일체식교대 교량 (c) 3경간 일체식교대 교량

그림 4. 상부구조와 교대의 접합부(하중조합 1)



(a) 2경간 일체식교대 교량 (b) 3경간 일체식교대 교량 3경간 일체식교대 교량

그림 5. 교각 지점부(하중조합 1) 그림 6. 2경간 중앙부(하중조합 1)

(2) 하중조합 2

온도감소와 주동토압의 영향은 상부구조의 휨거동에 미치는 영향이 반대이며 서로 상쇄되고, 또한 주동토압의 크기가 작으므로 온도감소와 주동토압을 포함한 하중조합 2는 일체식교대 교량의 거동에 미치는 영향이 작다.

상부구조와 교대의 접합부에 발생하는 정모멘트와 1경간의 중앙부(response location 2)에 발생하는 정모멘트 및 교각 지점부에 발생하는 부모멘트는 하중조합 2에 의해 최대가 발생한다.

그림 7 (a), (b), (c)에 나타낸 바와 같이 하중조합 2에 의해 상부구조와 교대의 접합부에 발생하는 정모멘트는 $0 \sim 110 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 이며 β 가 400 이상이 되면 1, 2, 3경간 교량 모두 발생하는 정모멘트가 $50 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 미만이다. 그림 8 (a), (b), (c)에 나타낸 바와 같이 1경간 중앙부에 발생하는 정모멘트는 $550 \sim 600 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 이며 교각 지점부에 발생하는 부모멘트는 그림 9 (a), (b)에 나타낸 바와 같이 $-110 \sim -145 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 이었다. 하중조합 2에 의한 결과는 모

두 상부구조와 교대의 연속성을 무시하고 일반 연속보와 동일하게 해석을 수행한 결과와의 차이가 40 tonf · m 이내이므로 온도감소와 주동토압이 일체식교대 교량의 상부구조에 미치는 영향이 작다고 판단된다.

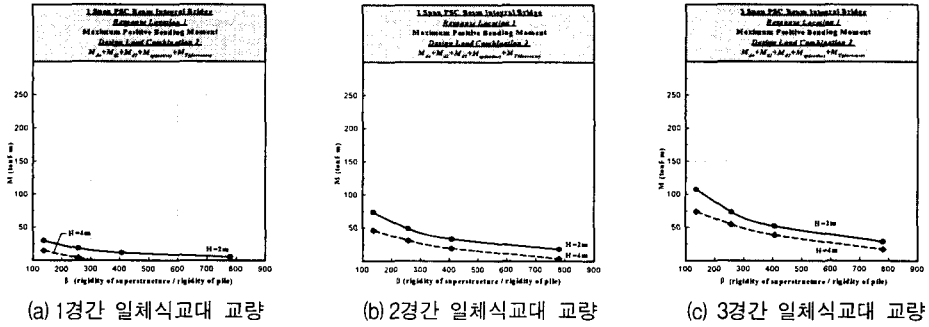


그림 7. 상부구조와 교대의 접합부(하중조합 2)

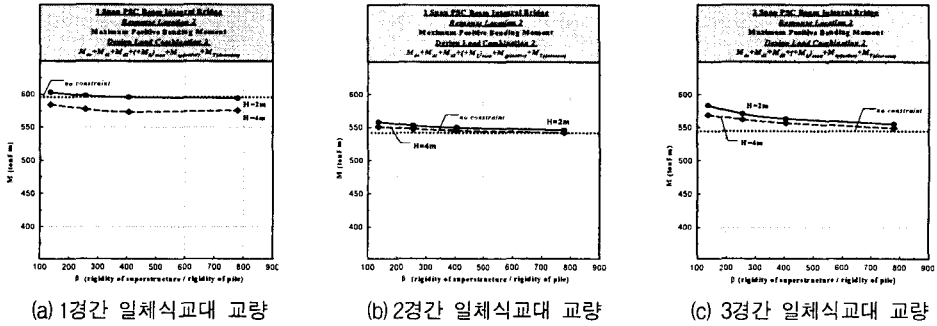


그림 8. 1경간 중앙부(하중조합 2)

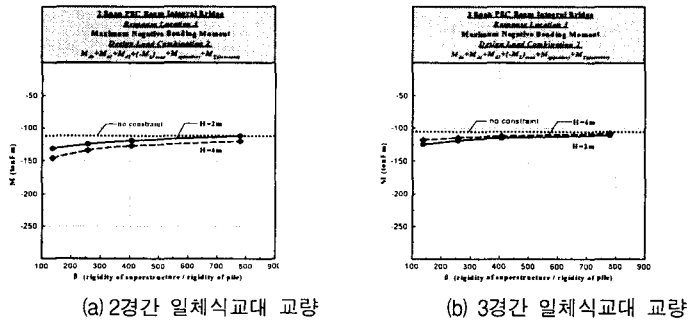


그림 9. 교각 지점부(하중조합 2)

4.4.2 교대높이와 상부구조와 파일의 휨강성비에 따른 상부구조의 거동해석

교대높이에 따라 크게 증가하는 수동토압의 영향으로 하중조합 1의 영향을 받는 상부구조와 교대의 접합부 부모멘트, 교각 지점부 정모멘트, 2경간 중앙부 정모멘트는 교대높이의 증가에 따라 거동의 차이가 크게 나타났다.

상부구조와 교대의 접합부 부모멘트는 교대높이가 2m인 경우, 상부구조와 파일의 휨강성비(β)가 증가함에 따라 감소하였으며 β 가 400 이상이 되면 부모멘트의 크기는 110 tonf · m 이내로 발생하였다. 교대높이가 4m인 경우, β 가 증가함에 따라 상부구조와 교대의 접합부 부모멘트는 증가하였다. 이러한 거동은 Rankine 수동토압이 포함된 거동으로 실제 발생하는 토압의 크기와는 차이가 있으므로 정확한 거동파악이 필요하다.

교각 지점부 정모멘트는 교대높이가 2m인 경우, H350×350 파일을 강축배열한 경우를 제외하면 교각 지점부에

서 정모멘트가 발생하지 않으나 교대높이가 4m인 경우 β 가 증가함에 따라 정모멘트가 25~110 tonf·m 증가하였다. 3경간 연속 일체식교대 교량의 2경간 중앙부에서 발생하는 정모멘트는 교대높이가 2m인 경우 β 가 증가함에 따라 감소하여 β 가 400이상이 되면 수동토압과 온도증가의 영향은 20 tonf·m 이내가 되었으며, 교대높이가 4m인 경우 β 가 증가함에 따라 정모멘트가 증가하였으나 표준 PSC빔의 지간중앙에 대한 설계하중보다 작았다.

상부구조와 교대의 접합부 정모멘트, 1경간 중앙부에 발생하는 정모멘트, 교각 지점부 부모멘트는 교대높이 증가에 따른 감소량이 30 tonf·m 이내로 교대높이에 따른 영향이 작았으며 β 가 증가함에 따라 온도감소와 주동토압의 영향이 감소하여 β 가 400이상이 되면 온도감소와 주동토압의 영향은 모든 경우에 50 tonf·m 이내로 감소하였다.

4.5 교대변위와 토압의 상관관계를 고려한 상부구조의 거동해석

온도증가에 따른 교대변위와 토압의 상관관계를 고려한 수정토압계수를 구하여 표 7에 나타내었으며 사용된 뒤채움재는 각각 한국도로공사 뒤채움 규정의 SB2와 Granular soil type B⁽⁹⁾이다.

표 7. 20°C 온도증가에 따른 토압계수

뒤채움재 종류 교대높이 지간길이	SB2 ($\phi=35^\circ$, $*\psi=162\text{ m}^{-1}$, $K_p=3.69$)		Granular soil type B ($\phi=30^\circ$, $*\psi=24\text{ m}^{-1}$, $K_p=3.00$)	
	2 m	4 m	2 m	4 m
30m	0.90	0.88	0.5714	0.5697
60m	1.37	1.32	0.6427	0.6388
90m	1.83	1.73	0.7138	0.7074

* ψ : 교대의 상대변위(교대상단의 변위와 교대높이의 비)에 따른 토압계수의 증가율⁽⁹⁾

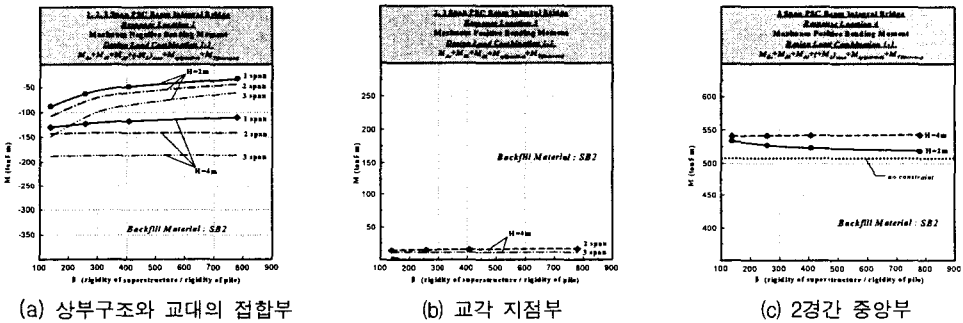


그림 10. 하중조합 1-1(뒤채움재 : SB2)

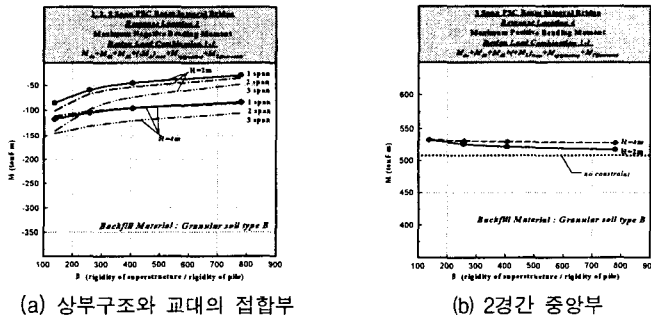


그림 11. 하중조합 1-1(뒤채움재 : Granular soil type B)

표 7의 SB2에 대한 수정토압계수를 적용한 결과는 그림 10에 나타내었으며 상부구조와 교대의 접합부에 발생하는 부모멘트는 Rankine 수동토압을 적용한 결과에 비해 감소하였으며 교대높이가 2m이고 β 가 400이상인 경우 발생하는 부모멘트는 80 tonf·m 이내로 감소하였다. 교각지점부에 발생하는 정모멘트는 20 tonf·m 이내로

감소하였으며, 3경간 연속 일체식교대 교량의 2경간 중앙부에 발생하는 정모멘트는 일반 연속보와 동일하게 해석을 수행한 결과에 비해 증가량이 40 tonf · m 이내로 감소하였다.

교대배면의 뒤채움재로 사용되고 있는 Granular soil type B는 SB2에 비해 다짐도가 낮은 뒤채움재로서 이에 대한 수정토압계수를 적용한 결과 그림 11에 나타난 바와 같이 교대높이가 2m이고 β 가 400이상인 경우 발생하는 부모멘트는 50 tonf · m 이내로 감소하였다. 이 경우 교각 지점부에는 정모멘트가 발생하지 않았으며, 3경간 연속 일체식교대 교량의 2경간 중앙부에 발생하는 정모멘트는 일반 연속보와 동일하게 해석을 수행한 결과에 비해 증가량이 30 tonf · m 이내로 감소하였다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 향후 공법의 표준화와 실용화 시험시공을 완료한 교량의 계측을 통한 검증작업 등을 감안하여 표준 PSC빔을 상부구조로 사용한 일체식교대 교량에 대해 온도변화 및 토압의 영향을 포함한 하중조건에 의한 상부구조의 휨거동을 교대높이와 파일의 휨강성을 변화시켜 가며 조사하였으며 본 연구로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 시공단계별 구조물의 상태와 작용하는 하중조건을 고려한 해석으로부터 상부구조를 설계하기 위한 설계하중조합을 제시하였다.

(2) 온도변화에 따른 토압의 영향과 교대벽체의 제원, 상부구조와 파일의 휨강성비는 일체식교대 교량의 구조 거동에 크게 영향을 미치는 요인이다.

(3) 온도감소에 따른 주동토압의 영향이 상부구조의 휨거동에 미치는 영향은 크지 않았다.

(4) 온도증가에 따라 발생하는 토압을 정확히 예측하기는 어려우며, Rankine 수동토압을 적용한 결과 상부구조의 휨거동은 실제 거동과는 거리가 있을 것으로 생각된다.

(5) 온도증가에 따른 교대변위와 토압의 상관관계를 고려한 수정토압을 적용한 결과, 일체식교대 교량 상부구조와 일반 연속보의 휨거동의 차이가 감소하였으며, 다짐도가 낮은 느슨한 뒤채움재를 사용하는 경우 온도증가와 토압의 영향은 더욱 감소하였다.

(6) 뒤채움재의 특성과 온도증가량에 따른 배면토압을 합리적으로 구조적 거동에 반영할 수 있는 방법에 관한 연구가 시험시공 교량의 계측 데이터를 바탕으로 한 검증작업⁽¹⁰⁾과 함께 수행된다면 향후 합리적인 설계법과 시방기준을 확립하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 홍정희, 정재호, 박종면, 유성근, 윤순중, "단경간 일체식교대 교량의 거동에 대한 해석적 연구", 2002년도 봄 학술발표회 논문집, 한국전산구조공학회, 제1권, 2002, pp.99~106.
2. Soltani, A.A., Kukreti, A.R., "Performance Evaluation of Integral Abutment Bridges", Transportation Research Record, No.1371, Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, 1992, pp.17~25.
3. 이재혁, 박종면, 유성근, "PC Beam을 이용한 일체식 교대 교량의 실용화 연구", 1997년 가을 학술발표회, 한국콘크리트학회, 제9권, 2호, 1997, pp.769~776.
4. 유성근, 박종면, "PC Beam을 이용한 일체식 교대 교량의 설계 및 시공", 콘크리트학회지, 10권, 3호, 1998, pp.53~61.
5. 유성근, 박종면, "무조인트 교량 실용화 연구보고서 (I)(II)(III)", 동아건설기술연구원, 1997~2000.
6. Dicleli, M., "A Rational Design Approach for Prestressed Concrete Girder Integral Bridges", Engineering Structures, Vol.22, 2000, pp.230~245.
7. Fang, Y.S., Chen, T.J., and Wu, B.F., "Passive Earth Pressures with Various Wall Movements", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.120, No.8, 1994, pp.1307~1323.
8. Abendroth, R.E., Greimann, L.F., and Ebner, P.B., "Abutment Pile Design for Jointless Bridges", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.115, No.11, 1989, pp.2914~2929.
9. Ontario Highway Bridge Design Code, 3rd ed. Downsview: Ontario, Canada: Ministry of Transportation, Quality and Standards Division, 1991.
10. 박영호, "계측에 의한 무조인트 교량 실용화 연구보고서 (I)", 한국도로공사, 2001.