

# 개구부가 있는 슬래브교의 휨 거동 사례 연구

은충기 · 채원규 · 한석주\* · 김광일 · 홍성욱\*\* · 원일석

신구대학 토목과 · \*다호건설턴트(주) · \*\*한림정보대학 토목과

## 1. 서론

철도교에서 철도역사의 경우 도로교와 달리 승객의 이동시 필요한 승강장이 존재하기 때문에 승강장의 통로를 위해 개구부가 존재할 수 밖에 없다. 따라서 철도교의 철도역사에 대한 구조해석 시 슬래브에 위치한 개구부에 대한 고려가 필수적이다. 그러나 최근까지의 철도교의 철도역사에 대한 구조해석은 2차원 평면 해석에 의존하는 경우가 많아서 개구부에 대한 고려가 없거나 소홀했던 것이 사실이다.

이에 본 연구에서는 개구부가 슬래브교에 미치는 영향을 평가하기 위하여 개구부가 있는 슬래브교와 개구부가 없는 슬래브교 및 횡방향거더가 보강된 개구부가 있는 슬래브교에 대한 구조해석을 3차원 입체구조로 모델링하여 철도교 하중이 작용할 시에 대한 구조해석을 각각 수행하였으며, 각각의 구조해석 결과를 비교, 분석함으로써 개구부가 있는 슬래브교의 휨거동에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 연구방법 및 연구범위

본 연구에서는 기존의 개구부가 설치된 슬래브교 형식을 갖는 철도교와 개구부가 없을 경우의 구조물을 각각 대상 구조물로 선정하여, 철도교에 작용되는 여러 가지 하중을 산정함과 동시에 철도교 하중 작용 시 개구부가 슬래브에 미치는 영향을 고려하여 슬래브교의 휨 거동을 비교, 분석하였다.

대상 구조물에 대한 구조해석 시, 슬래브교를 뼈대 요소 및 판 요소로 모델링하였으며, 슬래브교에 고정하중, 활하중, 충격하중, 보도하중, 제동 및 시동하중, 장대레일하중, 횡하중, 풍하중, 온도하중, 건조수축하중 등을 재하 하였다. 각 슬래브교에 대한 구조해석 결과에 의해, 개구부 주위의 각 부재에 발생하는 종방향 휨모멘트와 횡방향 휨모멘트를 하중별로 비교, 분석하여 개구부 유무에 따른 단면력을 비교 분석하였다.

본 연구의 대상 구조물의 연장은 35.950m, 폭은 27.100m 이며, 개구부의 크기는 11.52m×3.3m 이다.

## 3. 슬래브교에 대한 구조해석

본 연구에서는 개구부가 슬래브교에 미치는 영향을 평가하기 위하여 개구부가 있는 슬래브교와 개구부가 없는 슬래브교에 대한 구조해석을 수행하였다. 구조해석 시 대상

구조물을 3차원으로 입체모델하였으며, 범용 구조해석 프로그램인 SAP 2000 프로그램을 사용하였다.

### 3. 1. 대상구조물

본 연구에서는 개구부의 유무에 따른 슬래브교의 휨거동을 알아보기 위하여, 구조해석 시 구조해석의 대상구조물을 개구부가 없는 슬래브교, 개구부가 있는 슬래브교, 개구부에 횡방향 거더를 보강한 슬래브교의 3가지로 나누어 각각 구조해석을 수행하였다. 본 연구의 구조해석 대상구조물은 표 1과 같다.

Table 1. Models.

Model name	Span [m]	Width [m]	Opening [m] (length × width)	Horizontal girder
Model-A	35.950	27.1		
Model-B	35.950	27.1	11.520 × 3.300	
Model-C	35.950	27.1		2.8m, 2EA

### 3. 2. 슬래브교의 모델링

슬래브교에 대한 구조해석 시 총 396개의 절점과 262개의 부재 및 324개의 판요소로 모델링 하였으며, 슬래브교의 지점들은 현장 여건에 맞게 고정지점으로 지점조건을 형상화하였다. 슬래브교에 대한 구조해석 시 사용한 모델 중 Model-B는 Fig. 1 과 같다.

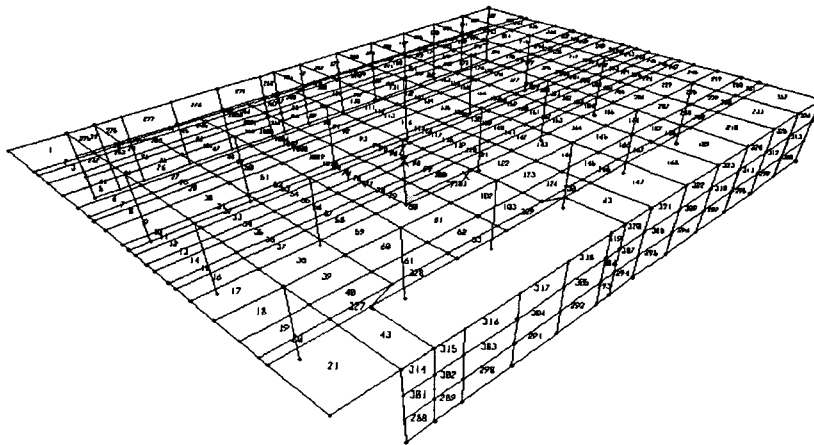


Fig. 1. Modeling of the slab bridge.(Model-B)

### 3. 3. 슬래브교의 단면특성

본 연구에서 구조해석 시 사용한 슬래브교의 단면특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Material property of slab bridge.

Member type	slab	rectangular column	circle column	girder(1)	girder(2)
d [m]	0.4	1.0	$\phi$ 1.0	1.0	1.0
b [m]	1.0	1.0		1.2	0.875
A [m <sup>2</sup> ]	0.4	1.0	0.7854	1.2	0.875
J [m <sup>2</sup> ]	0.016	0.1408	0.0982	0.1984	0.1062
I <sub>33</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.005333	0.0833	0.0491	0.1	0.0729
I <sub>22</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.0333	0.0833	0.0491	0.144	0.0558
S <sub>2</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.3333	0.8333	0.7068	1.0	0.7292
S <sub>3</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.3333	0.833	0.7068	1.0	0.7292

[Note:d=depth, b=width, A=Cross-section area, J=torsional constant,  
 I<sub>33</sub>=moment of inertia about 3 axis, I<sub>22</sub>=moment of inertia about 2 axis,  
 S<sub>2</sub>=shear area in 2 direction, S<sub>3</sub>=shear area in 3 direction]

### 3. 4. 슬래브교의 하중조건

본 연구에서는 슬래브교의 구조해석시 슬래브교의 자중과 슬래브교에 작용될 수 있는 열차하중, 풍하중 등을 하중으로 재하하였으며, 이들 하중이 조합되어 작용될 때의 슬래브교의 부재에 발생하는 단면력을 산출하였다.

본 연구에서 슬래브교의 구조해석 시 사용한 하중은 Table 3과 같다.

Table 3. Load of slab bridge.

Load Case	Load	Load number	Remark
L.C 1	D (고정하중)	DEAD 1	자 중
L.C 2		DEAD 2	도상 및 궤도하중
L.C 3		DEAD 3	상부슬래브 현치하중
L.C 4		DEAD 4	상부거더 현치하중
L.C 5		DEAD 5	승강장 및 건축마감하중
L.C 6		DEAD 6	SUNROOF 고정하중
L.C 7		DEAD 7	전차선전주하중
L.C 8	L (활하중)	LIVE 1	승강장 보도하중
L.C 9		LIVE 2	SUNROOF 활하중
L.C 10		LIVE 3	열차하중
L.C 11		LIVE 4	차량횡하중
L.C 12	SB (제동 및 시동하중)		제동 및 시동하중
L.C 13	LR (장대 레일하중)		장대레일하중
L.C 14	W <sub>1</sub> (열차가 없을 때 풍하중)		열차가 없을 때 풍하중
L.C 15	W <sub>2</sub> (열차가 있을 때 풍하중)		열차가 있을 때 풍하중
L.C 16	W <sub>L1</sub> (열차풍하중)		열차 풍하중 (×)
L.C 17	W <sub>L2</sub> (SUNROOF풍하중)		SUNROOF풍하중
L.C 18	T <sub>1</sub> (온도하중)		온도하중(+)
L.C 19	T <sub>2</sub> (온도하중)		온도하중(-)
L.C 20	S <sub>H</sub> (건조수축)		건조수축하중

### 3. 5. 슬래브교의 구조해석 결과

본 연구에서는 개구부가 슬래브교에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 하중경우에 대하여 구조해석을 수행하였다. 하중조합에 의한 각 슬래브의 휨모멘트도는 Figs 1~6에 나타내었으며, 각 하중경우에 대한 개구부 인접 슬래브의 최대 휨모멘트는 Table 4와 같다.

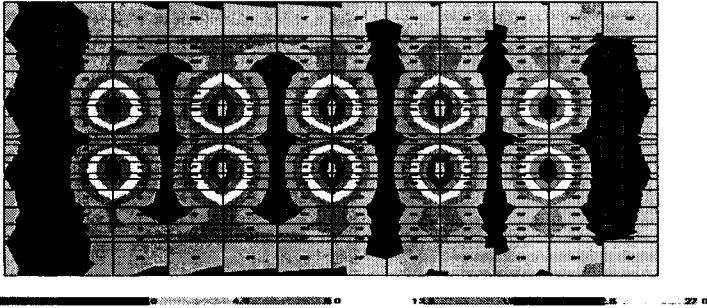


Fig. 1. Longitudinal bending moment(Model-A)

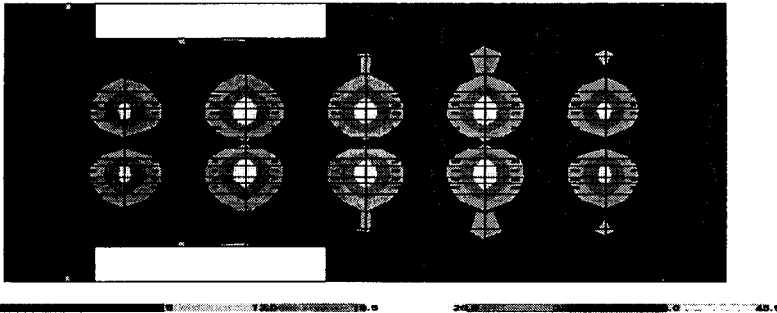


Fig. 2. Longitudinal bending moment(Model-B)

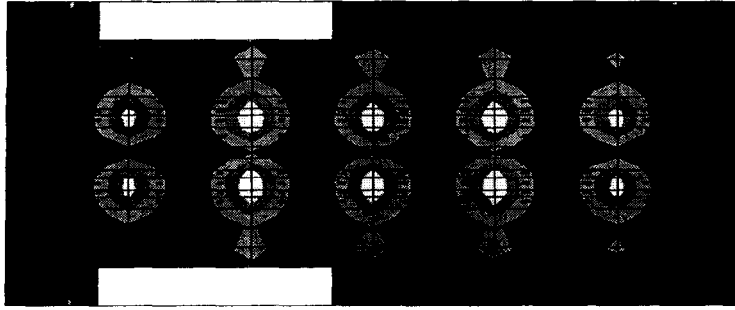


Fig.3. Longitudinal bending moment(Model-C)

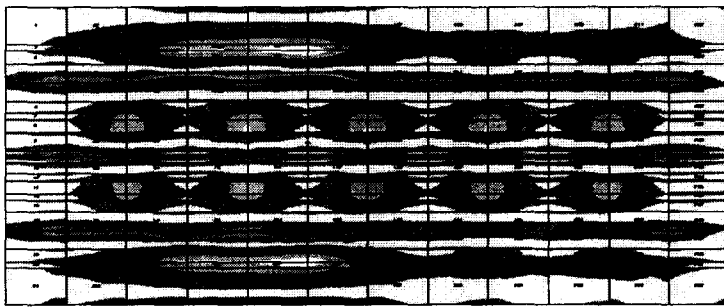


Fig. 4. Horizontal bending moment(Model-A)

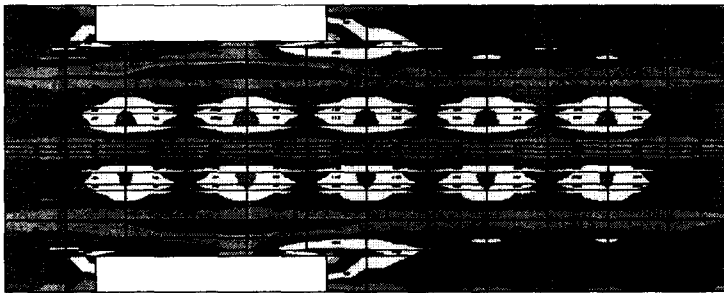


Fig. 5. Horizontal bending moment(Model-B)

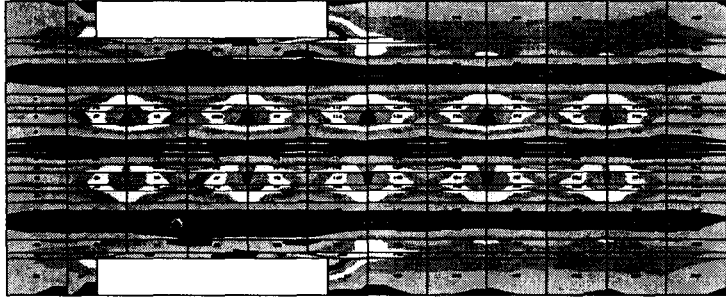


Fig. 6. Horizontal bending moment(Model-C)

Table 4. Bending moment of slab bridges.

Load case	Longitudinal bending moment[T · m]			Horizontal bending moment[T · m]		
	Model-A	Model-B	Model-C	Model-A	Model-B	Model-C
1	1.43	1.70	1.59	6.24	-9.832E-01	-8.813E-01
2	5.123E-02	1.401E-01	7.057E-02	1.418E-01	-5.409E-02	-6.404E-02
3	8.288E-03	1.122E-02	1.151E-02	1.807E-02	3.748E-03	2.838E-03
4	5.422E-05	-4.030E-04	-3.003E-04	-3.585E-03	7.582E-05	3.748E-04
5	7.476E-01	1.69	1.66	3.31	-5.504E-01	-4.207E-01
6	-9.521E-02	3.216E-02	3.739E-02	-4.296E-01	3.043E-02	1.551E-02
7	-1.529E-04	-5.023E-04	-6.402E-04	1.307E-04	-9.364E-05	2.158E-05
8	2.697E-01	6.085E-01	6.036E-01	1.22	-1.945E-01	-1.508E-01
9	-8.205E-02	2.792E-02	3.219E-02	-3.711E-01	2.607E-02	1.322E-02
10	3.335E-01	9.120E-01	4.593E-01	9.229E-01	-3.521E-01	-4.169E-01
11	2.310E-03	-3.357E-02	-2.741E-02	1.547E-02	-3.961E-03	1.753E-02
12	2.737E-02	-1.417E-03	2.274E-02	1.146E-02	1.726E-03	7.722E-03
13	9.374E-03	-4.853E-04	7.789E-03	3.924E-03	5.910E-04	2.645E-03
14	2.035E-02	-5.235E-02	-4.572E-02	1.177E-01	-9.379E-03	1.491E-02
15	1.017E-02	-2.619E-02	-2.287E-02	5.887E-02	-4.691E-03	7.459E-03

Figs 1~6과 Table 4의 결과에서, 개구부가 있는 Model-B의 경우, 하중 경우 5, 8에서 종방향 휨모멘트가 크게 일어남을 알 수 있다. 이는 승강장 및 보도하중에 관한 것으로 개구부가 있는 슬래브교의 경우 승강장 및 보도하중에 대한 고려가 필요함을 의미한다. 또한, 하중 경우 11~15인 열차하중의 경우, 부모멘트가 발생되었는데 이는 개구부에 의해 개구부의 인접부위의 부재가 캔틸레버 형태로 거동하기 때문으로 사료되며, 따라서 개구부의 인접부위에는 부모멘트에 대한 고려가 필요하다. 한편, 개구부가 있는 슬래브교에 횡방향거더를 보강한 Model-C의 경우, 열차하중에 대한 부모멘트의 감소효과는 나타났으나, 승강장 및 보도하중에 대한 휨모멘트의 감소효과는 미비하였다.

## 5. 결론

본 연구에서는 개구부가 슬래브교에 미치는 영향을 평가하기 위하여 개구부가 있는 슬래브교와 개구부가 없는 슬래브교에 대한 구조해석을 3차원 입체구조로 모델링하여 철도교 하중이 작용할 시에 대한 구조해석을 각각 수행하였다.

구조해석 결과, 개구부가 있는 슬래브교의 경우, 승강장 및 보도하중에 의한 종방향 휨모멘트가 크게 일어남을 알 수 있었으며, 슬래브교의 개구부에 대해서는 승강장 및 보도하중에 대한 보강이 필요함을 알 수 있었다. 또한, 열차하중이 작용하는 경우, 개구부가 있는 슬래브교의 경우 개구부의 인접부에서 부모멘트가 발생되어 개구부에 대한 설계시 부모멘트에 대한 고려가 필요함을 알 수 있었다. 한편, 개구부가 있는 슬래브교에 횡방향거더를 보강한 슬래브교의 경우, 열차하중에 대한 부모멘트의 감소효과는 나타났으나, 승강장 및 보도하중에 대한 휨모멘트의 감소효과는 미비하여 종방향 거더 보강 등의 다른 보강방법이 요구됨을 알 수 있었다.

## 6. 참고문헌

1. "철도설계기준(철도교편)", 1999.
2. "콘크리트 구조설계기준", 1999.
3. "도로교 표준시방서", 1996.