

PSC보 교량의 가로보가 구조거동에 미치는 영향

김상현 · 정재훈 · 임성순

(코오롱 건설·서울시립대학교 토목공학과·서울시립대학교 토목공학과 부교수)

Effects of Structural Behaviors Subjected to Cross Beams in PSC Beam Bridges

Kim, Sang Hyun, Chung Jae Hoon, Yhim Sung Soon

ABSTRACT

This study focuses on the optimization of cross beam arrangements in PSC beam bridges, the most common bridge type used in Korea Urban Area. The results of a loading test on a real PSC bridge with a span of 30m, width of 10m on an inter-state were put through a finite element analysis modeling. Using the modeling of a 5m interval cross beam as a parameter, the modeling of 6.0m, 7.5m, 10m, 15m, and 30m(no cross beams in between) intervals were each submitted to the same live load. The comparative analysis of the models showed that the static behavior was similar in the 5.0m, 6.0m, 7.5m, 10m, and 15m intervals, and that the load of the cross beam itself could have a reverse effect resulting in a decreased lateral rigidity. Moment showed a 23% decrease when the interval was of 15m and a 25% decrease when it was 10m as compared to that of the 5m interval.

Key words: prestressed concrete, PSC beam, cross beam, loading test, displacement, stress, shell element, frame element

I. 서론

1.1 개요

최근의 국내 건설시장은 급격히 침체되었으며 타 산업에 비하여 원가대비 이윤의 감소와 낮은 생산성으로 더욱 더 어려운 실정이다. 이러한 시장 경쟁 환경에서 생존하기 위하여 생산성, 품질 및 안전성을 향상시켜야 하는 과제에 당면하고 있다. 우리들이 설계, 시공하는 구조물들은 안전하고 경제적으로 그 목적에 적합하도록 설계, 시공되어야 한다. 사회간접자본중 도로의 주요 시설물인 교량은 '98년 3월 건설교통부에서 발간된 "교량현황조사서"에 의하면 전국의 교량은 고속국도 1,755개소, 일반국도 3,166개소, 특별시도 1,078개소, 지방도 3,075개소, 시도 1,530개소, 군도 3,632개소 및 국가 지원 지방도 703개소로 분류되어 교량의 총계는 14,939개소이다. 조사된 전국의 교량을 상부 구조 형식별로 교량 수를 기준으로 분류하면 RC슬래브교가 8,658개소, 라멘교가 1,886개소, PSC보교가 1,514개소와 기타 형식의 교량으로 전체 교량 개소중 세 번째 많은 것으로 나타나며, 교량연장을 기준으로 분류하면 RC슬래브교가 321,880m, PSC보 교량이 216,563m, 강박스거더교가 99,029m로 나타나 전체 교량 연장 중 PSC보 교량이 두 번째로 많은 것으로 나타났다. 이러한 조사결과 전체교량의 상부구조형식 중 PSC보 교량이 차지하는 비율은 교량수로는 약 10%, 교량연장으로는 약 20% 정도를 차지하고 있으며 특히 도심지 내에 존재하는 교량 중 많은 곳이 PSC보 형식으로 건설되어 있다.

본 연구는 교량 형식 중 비교적 많은 부분을 차지하는 PSC보 교량을 대상으로 교량의 차량재하 시험 계측 결과치를 활용하여 대상교량의 해석 모델링 방법에 대한 연구와 대상교량의 거동과 근접한 모델링 구현을 통하여 가로보 설치간격 변화에 따른 구조해석과 분석을 수행함으

로서 가로보 설치간격 최적화 방안에 대한 검토를 수행하였다.

1.2 연구의 배경 및 목적

프리스트레스트 콘크리트는 철근콘크리트에 비하여 도입 역사는 짧으나 철근콘크리트가 지니는 균열발생문제, 균열발생에 따른 철근의 부식, 누수 등 내구성에 미치는 약점을 보완할 뿐만 아니라 전단면을 유효하게 이용할 수 있고 곡선 배치한 긴장재의 인장력으로 인한 전단력의 경감에 의하여 복부폭을 얇게 할 수 있기 때문에 자중을 경감할 수 있다.

국내의 PSC보 교량은 주로 포스트텐션 방식에 의한 지간 길이가 30m 이내이며 교량의 주부재인 PSC보는 현장 부근의 제작장에서 I형태로 제작되어 가설되며, PSC보가 설치된 후 교량의 가로보와 바닥판은 현장 타설 콘크리트로 시공된다. 따라서 양질의 품질관리가 이루어진 PSC보에 비하여 PSC보를 서로 연결하는 가로보는 시공시 작업조건의 영향을 많이 받기 때문에 여러 가지 시공 불량 현상이 많이 나타나 양질의 품질을 확보하기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 PSC보 교량을 대상으로 시공성 향상과 원가절감의 방안으로 대상교량의 가로보 설치간격 변화에 따라 주부재인 PSC보에 발생하는 모멘트와 처짐등의 거동특성을 분석하여 가로보 설치간격 최적화 방안을 연구하는 것을 목적으로 하였다.

1.3 연구의 범위 및 방법

본 연구는 PSC보 교량에서 PSC보를 서로 연결하는 가로보의 설치간격을 최적화하는 방안이 연구의 목적이며 이를 위하여 일반적인 교량의 해석방법보다는 실제 교량과 근접한 거동을 나타내는 모델링을 구현하여 설계하중의 적용과 가로보 설치간격 변화에 따라 PSC보에 미치는

영향을 파악하였다. 연구 대상 교량은 국도상에 공용중인 경간장 30m, 폭 10m의 왕복 2차선 교량으로 경간마다 신축이음으로 분리된 단순지간 교량이다. 최근 PSC보 교량은 2경간, 3경간 연속화 처리된 교량이 대부분이나 본 연구에서는 대상교량의 안전진단시 측정된 차량 재하시험 측정자료를 이용하고, 비교적 쉽고 정확한 결과치를 얻기 위하여 단순지간 교량을 채택하였다.

설계시 적용되는 하중조건을 해석모델에 똑같이 적용하여 가로보 설치간격 변화에 따라 주부재인 PSC보에 발생하는 모멘트와 처짐 등의 거동특성을 분석하여 가로보 설치간격 최적화 방안에 대한 연구를 수행하였다.

II. 대상 교량의 재하시험

2.1 대상 교량의 개요

대상 교량의 교폭은 10m, 1경간 길이는 30m로 총 11경간으로 구성되어 교량의 총 연장은 330m이다. 교량의 상부구조는 단순지지 형식으로 PSC보의 길이는 29.94m이며 횡방향으로 2m 간격의 PSC보가 5개 설치되어 있으며, 1경간당 설치된 가로보는 양단 지점부의 단부 가로보와 중심간격 5m의 중간 가로보가 5개 설치되어 있다. 교량의 하부구조는 교대와 역T형 교각 10개로 구성되어 있다. 대상교량의 횡단면도는 그림 1과 같다.

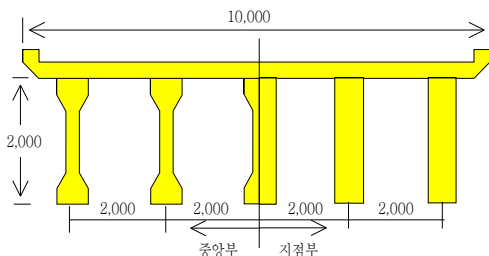


그림 1. 대상교량의 횡단면도

2.2 재하시험

(1) 측정시스템

대상 교량에 대한 차량 재하 시험은 정적거동 특성을 파악하기 위하여 교통이 통제된 상태에서 휨 모멘트에 의한 변형 및 처짐이 최대가 되는 부위에 재하 차량을 재하시켜 정적 변형률과 처짐을 측정하였고 측정된 변형률을 이용해서 응력을 산출하였다. 동적 주행시험은 구조물의 고유특성중의 하나인 고유진동수를 측정하고 이와 더불어 동적 특성을 파악하기 위하여 교통이 통제된 상태에서 속도별로 재하 차량을 주행시키면서 동적 변형률과 처짐 및 가속도를 측정하였다.

(2) 재하차량 제원

재하시험에 사용된 시험차량은 15톤 덤프트럭으로 만재된 상태에서 차륜하중을 계량소에서 측정하였다. 표 1은 재하차량의 제원이다.

표 1. 재하차량의 제원

구분	전륜	중륜	후륜
중량	6.45ton	12.89ton	12.89ton
횡간격	2.07m	1.86m	1.86m
종간격	전륜 ~ 중륜 : 3.2m 중륜 ~ 후륜 : 1.3m		
비고	총 중량 32.23ton		

(3) 측정 게이지 부착위치 및 일람표

대상 교량의 재하 시험은 모든 경간이 신축이음으로 분리된 단순지지 경간으로 재하 시험시 계측이 쉬운 경간을 선택하여 대표값으로 하였다. 게이지의 부착위치와 종류는 표 2와 같다.

표 2 게이지 부착위치와 종류

Gauge No.	측 정 값	위 치	Gauge 종류
S1 ~ S4	Strain	중간부 (Girder 1)	Con'c Gauge
S5 ~ S7	Strain	중간부 (Slab)	Con'c Gauge
S8 ~ S11	Strain	중간부 (Girder 2)	Con'c Gauge
S12	Strain	중간부 (Slab)	Con'c Gauge
S13	Strain	중간부 (Girder 3)	Con'c Gauge
S14 ~ S15	Strain	가로보	Con'c Gauge
S16 ~ S18	Strain	지점부 (Girder 1)	Rosette Gauge
S19 ~ S21	Strain	지점부 (Girder 2)	Rosette Gauge
D1	Displacement	중간부 (Girder 1)	Displacement Transducer
D2	Displacement	중간부 (Girder 2)	Displacement Transducer
D3	Displacement	중간부 (Girder 3)	Displacement Transducer



그림 2c Load Case 3

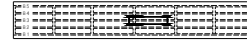


그림 2d Load Case 4



그림 2e Load Case 5

(4) 정적하중 재하 위치

대상교량에 대한 하중 재하 위치는 그림 2과 같다. 휨모멘트 최대 발생 위치와 전단력 최대 발생위치를 고려하여 7가지 경우에 대해서 시험을 실시하였다.

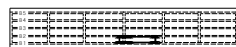


그림 2a Load Case 1



그림 2b Load Case 2

2.3 측정결과 분석

(1) 정적 재하시험 측정결과

PSC보의 부착된 콘크리트 게이지에 의한 변형률, 처짐의 측정결과와 응력 산출은 표 3, 표 4, 표 5와 같다.

표 3. 변형률 측정결과

Gauge No.	Load Case 1	Load Case 2	Load Case 3	Load Case 4	Load Case 5	비고
S1	34μ	30μ	19μ	16μ	7μ	BEAM #1
S2	48μ	38μ	23μ	19μ	9μ	BEAM #1
S3	12μ	7μ	5μ	3μ	3μ	BEAM #1
S4	-17μ	-15μ	-10μ	-9μ	-3μ	BEAM #1
S5	-15μ	-6μ	-11μ	-8μ	-3μ	SLAB(B#1 ~ B#2)
S6	1μ	4μ	2μ	3μ	0μ	SLAB(B#1 ~ B#2)
S7	-20μ	-19μ	-10μ	-10μ	-4μ	SLAB(B#1 ~ B#2)
S8	-14μ	-14μ	-8μ	-9μ	-1μ	BEAM #2
S9	4μ	4μ	4μ	1μ	2μ	BEAM #2
S10	24μ	24μ	24μ	25μ	7μ	BEAM #2
S11	30μ	30μ	24μ	22μ	6μ	BEAM #2
S12	1μ	23μ	0μ	28μ	1μ	SLAB(B#2 ~ B#3)
S13	14μ	17μ	19μ	23μ	4μ	BEAM #3
S14	0μ	8μ	3μ	1μ	0μ	CROSS BEAM #1
S15	-3μ	11	15μ	18μ	0μ	CROSS BEAM #2
S16	-2μ	-1μ	1μ	2μ	0μ	BEAM#1 X축
S17	0μ	0μ	0μ	1μ	-6μ	BEAM#1 Y축
S18	2μ	0μ	0μ	0μ	0μ	BEAM#1 X ₁ 축
S19	3μ	1μ	0μ	1μ	3μ	BEAM#2 X축
S20	0μ	0μ	0μ	-1μ	-2μ	BEAM#2 Y축
S21	9μ	5μ	4μ	1μ	4μ	BEAM#2 X ₁ 축

PSC보 교량의 가로보가 구조거동에 미치는 영향 199

표 4. 처짐 측정 결과

Gauge No.	Load Case 1	Load Case 2	Load Case 3	Load Case 4	Load Case 5	비고
D1	3.01mm	2.44mm	1.82mm	1.21mm	1.28mm	BEAM #1
D2	2.30mm	2.01mm	1.71mm	1.34mm	0.88mm	BEAM #2
D3	1.01mm	1.07mm	1.12mm	1.25mm	0.35mm	BEAM #3

표 5. 응력 산출 결과표

Gauge No.	Load Case 1	Load Case 2	Load Case 3	Load Case 4	Load Case 5	비고 (단위 kgf/cm ²)
S1	9.25	8.16	5.17	4.35	1.90	BEAM #1
S2	13.10	10.30	6.26	5.17	2.45	BEAM #1
S3	3.26	1.90	1.36	0.82	0.82	BEAM #1
S4	-4.62	-4.08	-2.72	-2.45	-0.82	BEAM #1
S5	-3.92	-1.57	-2.87	-2.09	-0.78	SLAB(B#1 ~ B#2)
S6	0.26	1.04	0.52	0.78	0.00	SLAB(B#1 ~ B#2)
S7	-5.22	-4.96	-2.61	-2.61	-1.04	SLAB(B#1 ~ B#2)
S8	-3.81	-3.81	-2.18	-2.45	-0.27	BEAM #2
S9	1.09	1.09	1.09	0.27	0.54	BEAM #2
S10	6.53	6.53	6.53	6.80	1.90	BEAM #2
S11	8.16	8.16	6.53	5.98	1.63	BEAM #2
S12	0.26	6.00	0.00	7.31	0.26	SLAB(B#2 ~ B#3)
S13	3.81	4.62	5.17	6.26	1.09	BEAM #3
S14	0.00	2.09	0.78	0.26	0.00	CROSS BEAM #1
S15	-0.78	2.87	3.92	4.70	0.00	CROSS BEAM #2
S16	-0.54	-0.27	0.27	0.54	0.00	BEAM#1 X축
S17	0.00	0.00	0.00	0.27	-1.63	BEAM#1 Y축
S18	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	BEAM#1 X ₁ 축
S19	0.82	0.27	0.00	0.27	0.82	BEAM#2 X축
S20	0.00	0.00	0.00	-0.27	-0.54	BEAM#2 Y축
S21	2.45	1.36	1.09	0.27	1.09	BEAM#2 X ₁ 축

(2) 동적 주행시험 측정결과

동적 주행 시험시 계측한 변형률과 환산한 응력, 속도별 동적 처짐량과 고유진동수는 표 6, 표 7과 같다.

표 6. 동적변형률과 응력산출

구 분		변형률(μ)			응력(kgf/cm ²)		
		BEAM #1	BEAM #2	BEAM #3	BEAM #1	BEAM #2	BEAM #3
5Km	안동→영천	33.44	33.70	23.17	9.09	9.17	6.30
	영천→안동	33.49	34.45	25.84	9.11	9.37	7.03
10Km	안동→영천	31.99	32.49	21.92	8.70	8.84	5.96
	영천→안동	30.71	31.62	21.51	8.35	9.60	5.85
20Km	안동→영천	32.53	32.53	20.79	8.85	8.85	5.65
	영천→안동	34.32	33.41	22.92	9.33	9.09	6.23
30Km	안동→영천	30.46	30.46	21.85	8.28	8.28	5.94
	영천→안동	31.58	33.49	22.97	8.59	9.11	6.25
40Km	안동→영천	39.23	36.36	21.05	10.67	9.89	5.72
	영천→안동	32.49	30.58	20.05	8.84	8.32	5.45
50Km 최고 속도	안동→영천	34.61	33.65	21.21	9.41	9.15	5.77
	영천→안동	36.45	35.49	23.47	9.91	9.65	6.38

표 7. 동적 처짐과 고유진동수

구 분		처짐량(mm)			고유진동수(Hz)	
		BEAM #1	BEAM #2	BEAM #3	가속도 #1	가속도 #2
5Km	안동→영천	2.499	2.135	1.419	2.83	2.88
	영천→안동	2.340	2.053	1.271	2.75	2.92
10Km	안동→영천	2.436	2.074	1.374	2.82	2.88
	영천→안동	2.358	2.039	1.396	2.75	2.92
20Km	안동→영천	2.584	2.188	1.404	4.88	4.88
	영천→안동	2.641	2.280	1.515	2.73	2.88
30Km	안동→영천	2.439	2.096	1.298	2.83	2.83
	영천→안동	2.390	2.071	1.320	4.88	4.88
40Km	안동→영천	2.087	2.446	1.250	2.83	2.83
	영천→안동	2.570	2.131	1.360	2.73	2.73
50Km 최고 속도	안동→영천	2.800	2.287	1.390	2.68	2.68
	영천→안동	2.853	2.411	1.487	2.73	2.73

Ⅲ. 대상 교량의 모델링

3.1 개 요

PSC보 교량은 현장타설 철근콘크리트 바닥판과 여러 개의 프리캐스트 PSC보로 구성되어 있어 직교 이방성 판이론과 격자이론 및 유한요소법에 의해서 해석되거나 설계된다. 그러나 직교 이방성 판이론이나 격자이론의 방법은 슬래브에 작용하는 하중에 대한 하중분배 등의 가정들이 요구되는 단점이 존재한다. 유한요소법은 다른 해석법에서 요구되는 많은 가정의 소거가 가능하고 좀 더 실제 구조물에 가까운 해석을 할 수 있으며 복잡한 구조해석에 쉽고 효과적인 수단을 제공하여 구조물의 거동을 비교적 정확하게 해석 할 수 있다. 그러나 유한요소 모델의 선택시 잘못된 모델링은 격자모델이나 단순한 형상 모델에 의한 해석치 보다도 부정확 할 수 있기 때문에 유한요소법을 구조물 해석에 사용하기 위해서는 실제 구조물에 거동에 대한 충분한 사전지식을 가지고 적용해야 한다.

본 연구에서는 구조해석에 쉽고 효과적인 수단을 제공하는 유한요소법을 이용하여 여러 형태의 유한요소 모델을 선정하여 현장 재하시험결과와 비교 검증을 통하여 보다 실 구조물의 거동과 일치하는 유한요소모델을 찾아내어 분석하는 것으로 하였다.

3.2 유한요소 해석 모델

교량구조물에 대한 유한요소 모델링 시 바닥 판은 쉘요소를 선택하였고, PSC보는 프레임(뼈대)요소를 선택하였다.

본 연구에서 해석모델의 재료 역학적 특성인 탄성계수와 단면 2차 모멘트 등은 차량 재하시험의 계측 결과치를 이용하여 최대한 실제 구조물의 거동과 유사한 모델요소를 결정하였다. 그리고 결정된 해석 모델링은 PSC보 교량의 해석 과정 중 일관성 있게 적용됨으로써 가로보 설치 간격 변화에 따른 영향을 분석하는 것으로 하였다. 해석 모델링시 사용된 기본가정은 다음과 같다.

가. 모든 부재는 탄성영역에 존재한다.

나. 보의 단면은 변형후에도 평면을 유지하며, 보에 발생하는 전단변형은 무시한다.

다. 단면 계 계수 산정시 경간 중앙부 단면의 계계수를 전체적으로 적용하므로 지점부의 단면과 중앙부의 단면이 같은 것으로 한다.

마. 바닥판과 보는 일체거동한다.

바. 보의 철근배근에 대한 영향은 무시한다.

사. PS 긴장재와 콘크리트는 일체로 거동한다.

아. PS 긴장재의 긴장력은 유효 프리스트레스로 한다.

3.2 해석결과

대상 구조물에 대한 유한 요소 모델링 후 해석한 구조물의 처짐과 응력은 표 8, 표9와 같다. 각 하중케이스는 재하 시험에서 측정한 값과 비교하기 위해 유사한 측정점을 유한요소 격자를 구성한 후 하중을 가하는 방식으로 실시하였다. 재하시험에서 실시한 측정값과 유한요소해석으로 해석된 결과 값이 유사함을 볼 수 있다.

표 8. 각 하중 케이스별 처짐

구 분		LOAD CASE 1	LOAD CASE 2	LOAD CASE 3	LOAD CASE 4	LOAD CASE 5	비 고 (단위:mm)
계측치	D1	3.01	2.44	1.82	1.21	1.28	탄성계수 271,971 kgf/cm ²
	D2	2.30	2.01	1.71	1.34	0.88	
	D3	1.01	1.07	1.12	1.25	0.35	
CASE 1	D1	8.741	6.946	5.186	3.471	2.389	탄성계수 298,103 kgf/cm ²
	D2	6.149	5.350	4.518	3.656	1.686	
	D3	3.555	3.650	3.718	3.742	0.985	
CASE 2	D1	8.468	6.726	5.018	3.356	2.315	
	D2	5.954	5.181	4.375	3.539	1.633	
	D3	3.439	3.533	3.601	3.624	0.953	
CASE 4	D1	2.795	2.220	1.652	1.096	0.765	
	D2	1.855	1.691	1.419	1.140	0.537	
	D3	1.116	1.139	1.155	1.160	0.309	
CASE 5	D1	2.651	2.104	1.565	1.038	0.725	
	D2	1.854	1.604	1.346	1.081	0.509	
	D3	1.057	1.080	1.096	1.101	0.293	
CASE 7	D1	9.548	7.597	5.682	3.814	2.610	
	D2	6.724	5.849	4.941	4.002	1.844	
	D3	3.899	3.996	4.065	4.089	1.080	
CASE 8	D1	9.250	7.357	5.499	3.687	2.529	탄성계수 271,971 kgf/cm ²
	D2	6.512	5.665	4.785	3.874	1.786	
	D3	3.772	3.868	3.937	3.961	1.045	
CASE 10	D1	3.060	2.432	1.812	1.204	0.837	
	D2	2.142	1.852	1.554	1.249	0.588	
	D3	1.224	1.247	1.264	1.269	0.339	
CASE 11	D1	2.902	2.305	1.717	1.140	0.794	
	D2	2.301	1.756	1.473	1.184	0.557	
	D3	1.160	1.182	1.199	1.204	0.321	

표 9. PSC보의 하면응력

구 분		LOAD CASE 1	LOAD CASE 2	LOAD CASE 3	LOAD CASE 4	LOAD CASE 5	비 고
계측치	S1	9.25	8.16	5.17	4.35	1.90	탄성계수 271,971 kgf/cm ²
	S11	8.16	8.16	6.53	5.98	1.63	
	S13	3.81	4.62	5.17	6.26	1.09	
CASE 1	S1	31.59	24.59	17.67	11.35	6.09	탄성계수 298,103 kgf/cm ²
	S11	21.77	19.83	16.62	13.73	4.42	
	S13	12.50	13.65	14.06	14.73	2.68	
CASE 2	S1	29.97	23.30	16.73	10.73	5.78	
	S11	20.64	18.82	15.77	13.02	4.20	
	S13	11.84	12.94	13.34	13.99	2.54	
CASE 4	S1	10.07	7.88	5.68	3.63	1.96	
	S11	6.90	6.21	5.17	4.27	1.41	
	S13	3.95	4.25	4.32	4.51	0.83	
CASE 5	S1	9.55	7.46	5.37	3.43	1.86	
	S11	6.54	5.89	4.91	4.05	1.34	
	S13	3.74	4.03	4.11	4.29	0.79	
CASE 7	S1	31.50	24.58	17.71	11.41	6.07	
	S11	21.71	19.74	16.55	13.71	4.41	
	S13	12.53	13.62	13.99	14.64	2.67	
CASE 8	S1	29.87	23.29	16.77	10.79	5.76	탄성계수 271,971 kgf/cm ²
	S11	20.59	18.73	15.70	12.99	4.18	
	S13	11.86	12.91	13.28	13.90	2.53	
CASE 10	S1	10.06	7.89	5.70	3.65	1.96	
	S11	6.89	6.19	5.15	4.26	1.41	
	S13	3.96	4.24	4.30	4.49	0.83	
CASE 11	S1	9.54	7.47	5.39	3.45	1.86	
	S11	6.53	5.88	4.89	4.05	1.34	
	S13	3.75	4.02	4.09	4.27	0.97	

IV. 수치해석 및 결과분석

4.1 개요

PSC보 교량에서 가로보 설치간격 변화에 따른 PSC보의 거동특성을 검토하기 위하여 교량의 모델링 시 바닥판과 PSC보의 구성요소는 같은 요소를 적용하였다. 가로보의 간격만을 변경시킨 각각의 모델링을 구현한 후 구현된 모델에 대해서 적용하중을 똑같이 적용하였다.

현재 대상교량의 가로보는 주형의 단부에 단부 가로보가 설치되어 있고 중앙부에 5m 간격으로 모두 5개의 중간 가로보가 설치되어 있다. 따라서 본 연구에서는 가로보의 간격을 6m, 7.5m, 10m, 15m 및 중간 가로보가 없는 30m에 대한 모델에 대해서 해석과정을 수행하였다. 구현된 해석 모델링에 대해서 설계하중인 DB-24 하중을 모두 7가지의 경우별로 1차선에서부터 최대 3차선까지 하중을 적용하였고, 3차선 적용 하중에 대해선 도로교 표준시방서에서 제시한 최대 단면력의 90% 값을 취하였다. 또한 작용 하중을 위치별로 이동시켜가면서 내·외측주형에 대한 부재력을 검토하는 것으로 하였고 설계 하중인 DL-24하중에 대한 검토는 제외하는 것으로 하였다. 수치 해석시 사용된 하중케이스는 그림 3과 같다.

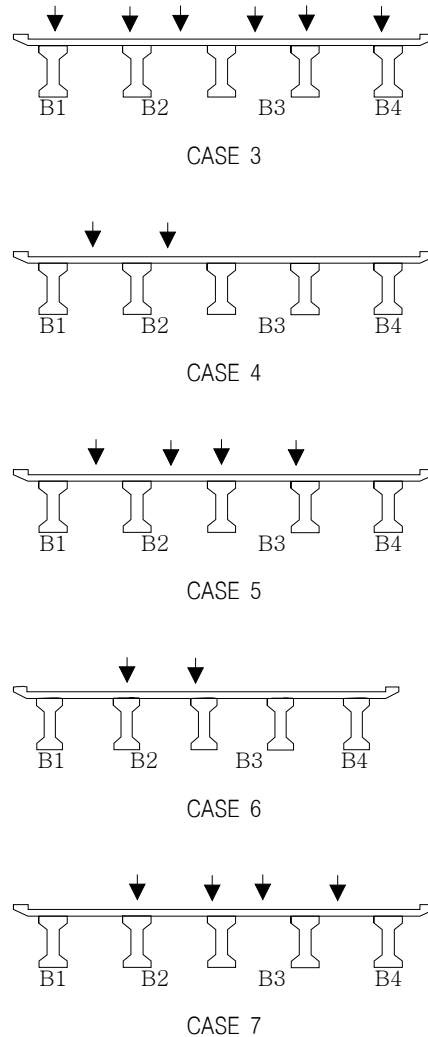
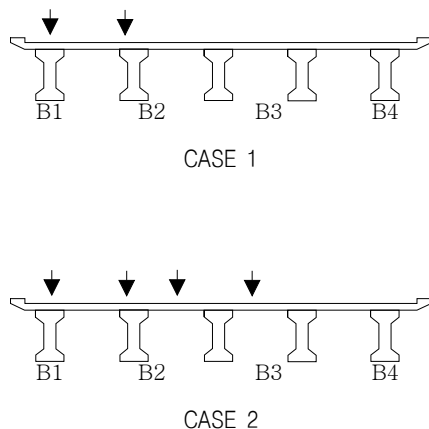


그림 3. 각 하중케이스



4.2 수치해석결과

각각의 하중 CASE에 대한 처짐에 대한 결과와 모멘트의 결과는 그림 4, 그림 5와 같고, 가로보 설치간격 변화에 따른 경간 중간 위치에서 인접보와의 모멘트차이를 비교한 결과는 그림 6과 같다.

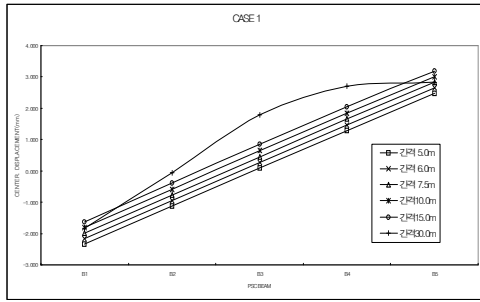


그림 4a CASE 1의 경우 처짐 비교 그래프

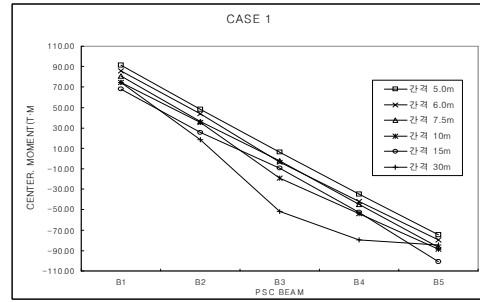


그림 5a CASE 1의 경우 모멘트 비교 그래프

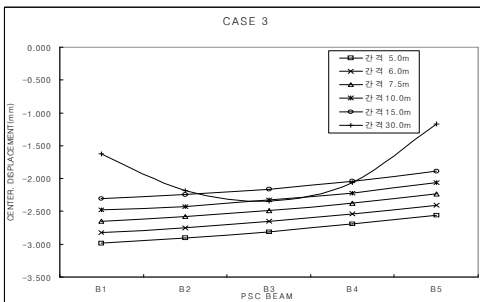


그림 4b CASE 3의 경우 처짐 비교 그래프

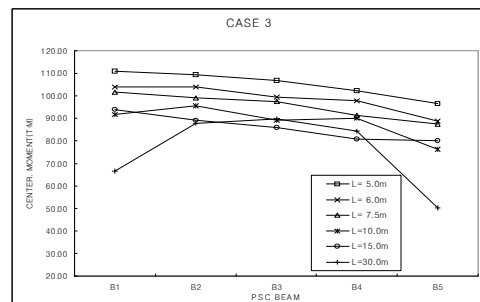


그림 5b CASE 3의 경우 모멘트 비교 그래프

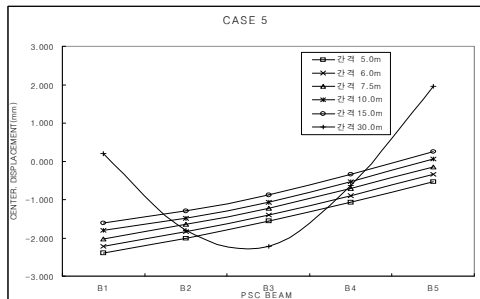


그림 4c CASE 5의 경우 처짐 비교 그래프

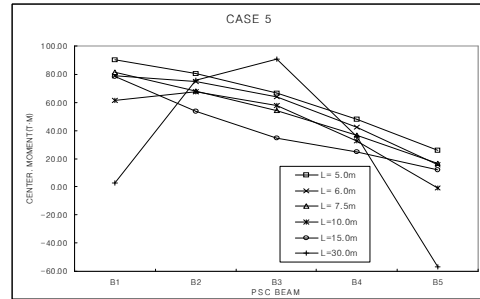


그림 5c CASE 5의 경우 모멘트 비교 그래프

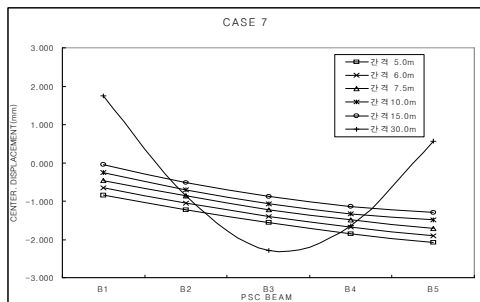


그림 4d CASE 7의 경우 처짐 비교 그래프

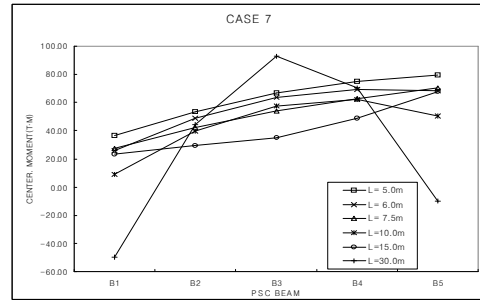


그림 5d CASE 7의 경우 모멘트 비교 그래프

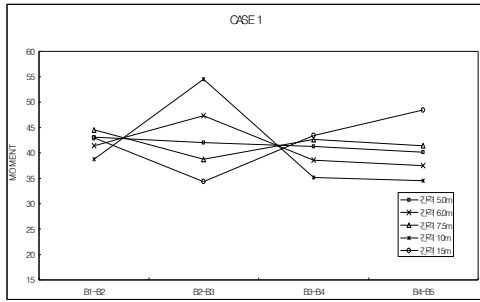


그림 6a CASE 1의 경우 인접보와의 모멘트차이

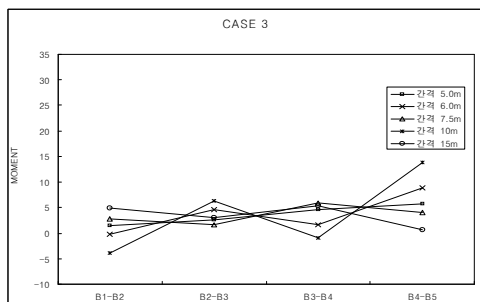


그림 6b CASE 3의 경우 인접보와의 모멘트차이

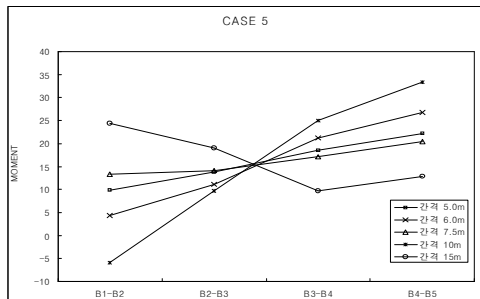


그림 6c CASE 5의 경우 인접보와의 모멘트차이

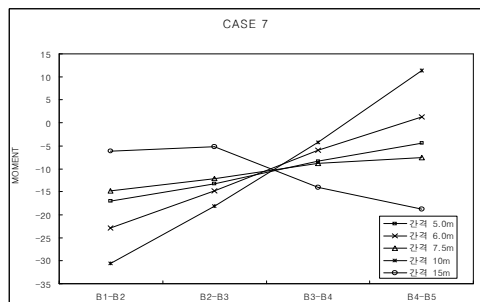


그림 6d CASE 7의 경우 인접보와의 모멘트차이

IV. 결론

해석교량에 대해서 가로보 설치간격이 5m일 때를 기준으로 가로보 설치간격을 6.0m, 7.5m, 10m, 15m 및 중간가로보가 없는 30m로 구분한 각각의 모델링에 설계하중을 적용하여 모델링상에 나타난 교량의 거동을 비교 분석한 결과 네 가지 정도의 거동특성이 나타났다.

첫째, 중간에 가로보가 없는, 가로보 설치간격이 30m인 경우 처짐과 모멘트는 하중의 재하위치에 따라 각 PSC보의 거동이 개별적인 적으로 나타나는데 가로보가 없어 횡단면 강성이 약하기 때문이며, 바닥판의 횡단면 강성만으로는 외적하중에 대해서 횡분배 효과등의 횡방향으로의 저항력이 부족한 것으로 판단된다.

둘째, 가로보 설치간격이 5m, 6m, 7.5m, 10m, 15m일 때 모두 PSC보의 처짐 모양이 횡방향으로 선형적인 형태의 유사한 거동이 나타났다. 따라서 가로보의 설치간격이 5m일 때와 15m일 때의 처짐 거동은 차이가 없으며 오히려 가로보의 설치간격이 늘어날수록 대상교량의 처짐량보다 외측보는 0.71mm이상 내측보는 0.65mm이상 줄어드는 것으로 나타났다.

셋째, 가로보의 설치간격이 늘어날수록 주부재인 PSC보에 발생하는 모멘트는 줄어드는 경향이 나타났다. 즉, 하중 재하위치에 따라 다소 차이는 있지만 현재의 가로보 설치간격이 5m일 때 보다 외측보는 가로보의 설치간격이 10m일 때 25%정도, 내측보는 가로보 설치간격이 15m일 때 23%정도 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 가로보의 설치 개수에 따른 가로보의 자중이 PSC보에 불리하게 작용하는 것으로 판단된다.

넷째, 가로보의 설치간격이 늘어날수록 인접 PSC보와의 모멘트차이 변화가 크게 나타났다. 즉, 대상교량의 가로보 설치간격이 5m일 때는 인접보와의 모멘트차이가 일정한 비율로 변화하는 반면, 가로보의 설치간격이 늘어날수록 인접

보와의 모멘트차이가 일정비율이 아닌 하중 재하 위치에 따라 편차가 크게 나타난다. 이러한 차이는 가로보 설치간격 변화에 따른 횡방향 강성의 저하로 인한 것으로 판단된다.

PSC보 교량의 가로보 설치간격이 현재의 5m로 하였을 경우와 6m, 7.5m, 10m, 15m로 하였을 경우의 정적 거동은 유사하다는 것을 알 수 있었으며, 간격변화에 따라 횡방향 강성 저하로 인한 현상이 나타나지만 가로보의 자중이 PSC보에 불리하게 작용할 수도 있다는 것을 알 수 있었다. 현재의 가로보 설치간격이 5m일 때 보다 외측보는 10m일 때 25%정도, 내측보는 15m일 때 23%정도의 모멘트 감소가 나타남을 알 수 있다. 따라서 현재 일률적으로 5m 간격으로 가로보가 시공되어 있는 것은 다소 과다설계라고 판단되어지며 본 연구에서 나타난 바와 같이 10m나 혹은 15m 간격으로 가로보를 설치하는 것이 구조적인 측면에서나 시공비 절감 측면에서 좋을 것이라 판단되며 이에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것이다.

<참 고 문 헌>

1. “도로교 표준시방서” 건설교통부, pp. 332 ~ 334, pp. 420, 1996
2. “콘크리트구조설계기준” 건설교통부, pp.43-44, pp. 54 ~ 55, 1999
3. “콘크리트 장경간보 개발에 대한 연구” 한국도로공사, pp. 85 ~ 94, 1998
4. 김광수, 박선규, 김형열 “PSC보 교량의 단면산정방법 비교와 해석기법에 관한 연구,” 대한토목학회 논문집 제19권 제1-3호, pp. 360, 1999
5. 정철현, “횡단면 강성이 교량의 충격계수에 미치는 영향,” 대한토목학회 논문집 제18권 제1-3호, pp. 357-367
6. 장일영, 송재호, 남태원, “유한요소법을 이용한 I-형교의 하중분배계수에 관한 연구” 대

- 한토목학회 논문집 제19권 제1-3호, pp. 265-274
7. “도로설계실무편람 구조물공” 한국도로공사, 1996.
8. “프리캐스트 PS 콘크리트 교량의 설계에 관한 연구” 한국건설기술연구소, 1992
9. “강구조편람 제4권” 한국강구조학회, pp. 95 ~ 108, 1995
10. 정철현, 김영진 “교량구조물의 하중분배에 관한 연구,” 대한토목학회 논문집 제16권 제1-4호, pp. 445 ~ 461
11. Hambly, E. C., Bridge deck behaviour, 2nd Ed., E & FN SPON, 1991
12. Lightfoot, E. and Swako, F., “Structural frame analysis by electronic computer : grid frameworks resolved by generalised slope deflection,” Engineering, 18-20, 1995
13. “Building Code Requirement for Reinforcement Concrete” ACI Committee 318, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, 1996