

열차유형에 따른 판형교의 정적거동에 대한 연구

A Study on the Static Behaviors of Railway Plate Girder Bridges according to Types of Train

박문석* 오지택** 최진유***
Moonsuk, Park Ji-Taek, Oh Jin-You, Choi

ABSTRACT

Static behaviors of railway plate girder bridges designed by the L-22, a standard load type of the railway specification in Korea, are evaluated by widely eight load cases. The load cases are three real loads, which contain three locomotive types of Saemaul PMC, diesel, and Korea Train Express(KTX), and three design loads, L-22, L-18, and HL-25 loads, in railway specification. Plate girders for analysis have the length of spans of six types : 6m, 9m, 12m, 22m, 24m, and 30m. For analysis SAP2000n, a commercial FEM tool, is used. Dominant axial load types are taken from these results that are maximum deflections, reaction forces, and absolute maximum bending moment in girders.

1. 서 론

현재 기존선 교량의 약 34%는 판형교로 이루어져 있으며 선로등급에 따라 L-18 하중이나 L-22 하중으로 설계되어 있다. 설계하중인 L-18이나 L-22는 실제 통과하는 새마을 PMC, 디젤기관차(7100~7400호대), 그리고 고속전철인 KTX나 고속전철의 설계하중인 HL-25하중과는 축의 배치와 축중의 크기는 차이를 나타내고 있다. 본 연구에서는 기존의 판형교 중에서 L-22하중을 기준으로 설계된 6m, 9m, 12m, 15m, 22m, 24m, 그리고 30m 길이의 7개 단순지지 표준단면 교량을 상용해석프로그램인 SAP2000n을 사용하여 정적해석을 수행하였다. 이들 교량의 응답을 보기 위해 사용한 하중은 크게 설계하중과 실제하중 두 가지로 나누어 실시하였다. 먼저 설계하중으로는 L-18, L-22, 그리고 HL-25하중과 같은 3개 하중유형을 사용하였다. 이들 하중은 기존철도 및 고속철도 시방서에서 규정하는 하중이다. 실제하중으로는 새마을 PMC 8량 1편성, 16량 1편성, 디젤기관차(7100~7400호대) 1량 견인시, 2량 견인시, 그리고 KTX 20량 하중과 같은 5개 하중유형을 고려하였다.

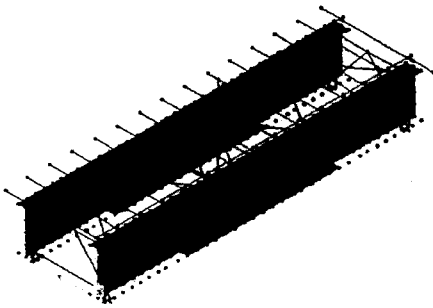
* 한국철도기술연구원 철도구조물연구팀 연구원, 정회원, 031-461-8531 (교287)

** 한국철도기술연구원 철도구조물연구팀 팀장, 공학박사, 정회원, 031-461-8531 (교281), jtoh@krri.re.kr

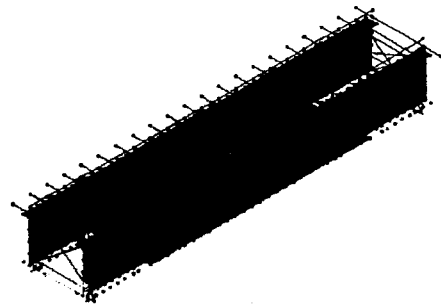
*** 한국철도기술연구원 철도구조물연구팀 선임연구원, 공학박사, 정회원, 031-461-8531 (교284), jychoi@krri.re.kr

2. 수치해석

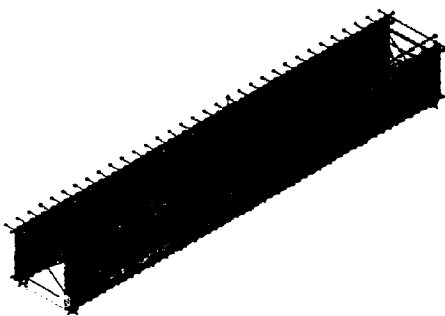
정적수치해석은 상용 유한요소프로그램인 SAP2000n을 사용하였고, L-22하중에 대한 철도교 표준 단면을 사용하여 6m, 9m, 12m, 22m, 24m 그리고 30m의 경간길이를 갖는 6개 판형교를 대상으로 모델링 하였다. 해석에 사용한 열차하중은 8개로서 L-22, L-18, 새마을 PMC 2종류(8량 1편성, 16량 1편성-장대편성), 디젤기관차 2종류(1량 견인시, 2량견인시), HL-25하중 그리고 고속전철인 KTX(20량 1편성)의 하중을 사용하였다. 영향선에 의한 정적 부재력과 처짐은 정적해석을 수행하여 산출하였다. 다음의 그림 1은 본 연구를 위해 여섯 가지의 교량을 삼차원유한요소 모델링을 한 것으로 복부판과 상하부 플랜지는 각각 Shell요소 모델링을 하였으며 레일, 침목, 그리고 수직 및 수평 브레이싱은 각각 Frame요소로 모델링 하였다.



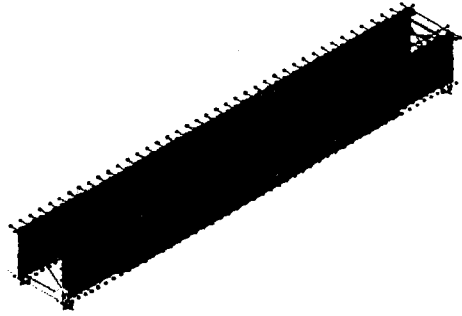
(a) 경간길이 6m FEM modeling



(b) 경간길이 9m FEM modeling

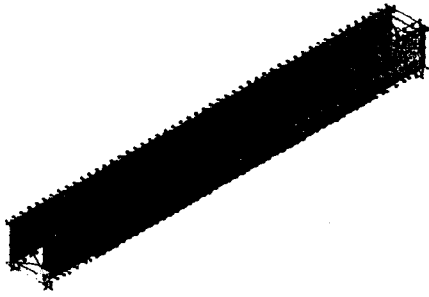


(c) 경간길이 12m FEM modeling

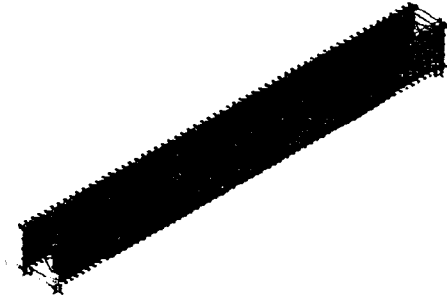


(d) 경간길이 15m FEM modeling

그림 1. FEM modeling



(e) 경간길이 22m FEM modeling



(f) 경간길이 24m FEM modeling



(g) 경간길이 30m FEM modeling

그림 1. FEM modeling(계속)

그림 2부터 그림 6은 그림 1의 유한요소 모델에 재하시킨 각각의 하중선도를 나타낸 것이다. 먼저 그림 2부터 그림 3은 철도교 및 고속철도 시방서에서 제시하고 있는 하중으로 그림 2는 L-18하중과 L-22 하중선도를 나타낸 것이다. 또한 그림 3은 고속전철하중을 모델로한 HL-25 하중선도를 나타낸 것이다. 그림 4부터 그림 6은 새마을 PMC, 디젤기관차, 그리고 고속전철에 대한 하중선도로 해석시 판형교에 재하시킨 하중선도들이다. 먼저 그림 4는 새마을 PMC의 하중선도를 나타낸 것이고, 그림 5는 디젤기관차에 대한 하중선도를, 그리고 그림 6은 고속전철 KTX에 대한 하중선도를 나타낸 것이다.

속 하 중	L 하 중																		속 하 중
	2.4	1.5	1.5	1.5	2.7	1.5	1.8	1.5	2.4	2.4	1.5	1.5	1.5	2.7	1.5	1.8	1.5	1.5	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	속 하 중
L-18	9	18	18	18	18	12	12	12	12	9	18	18	18	18	12	12	12	12	6ton/m
L-22	11	22	22	22	22	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	11	22	22	22	22	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{44}{3}$	$\frac{22}{3}$ ton/m

그림 2. L-18 및 L-22 하중선도

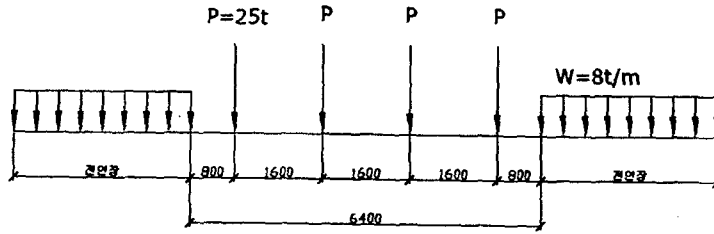


그림 3. HL-25 하중선도

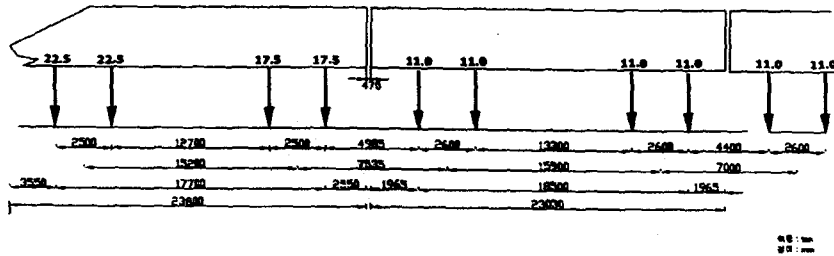


그림 4. PMC 새마을 열차 하중선도

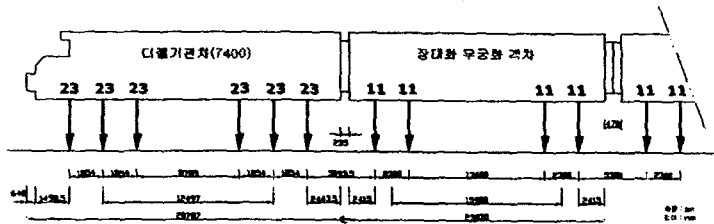


그림 5. 디젤 기관차(7400호대) 하중선도

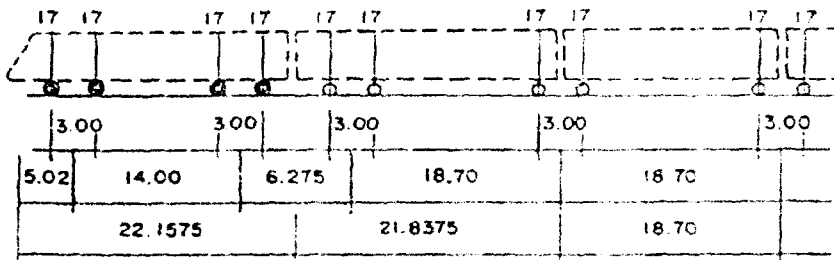


그림 6. KTX 하중선도

3. 결 과

수치해석 결과 각각의 하중에 대하여 구조물의 중앙부 최대 처짐은 그림 7과 같은 결과를 나타내었으며, 지점부에 발생하는 최대 반력은 그림 8과 같은 결과를 나타내었다.

중앙부의 최대 처짐은 그림 7과 같이 지간 6m부터 24m까지는 HL-25 하중에서 가장 크게 발생하였으나 지간길이 30m에서는 L-22하중이 약 3% 더 큰 처짐을 나타내었다. 새마을 PMC 16량 편성시 처짐은 12m 지간길이인 경우 외에는 모두 KTX하중에 의한 처짐보다 대부분 약 14% ~ 18% 더 큰 처짐을 발생하였으며, 지간길이 6m인 경우에는 45%까지 더 큰 처짐이 발생되었다. 또한 디젤기관차 2량 편성시 발생하는 처짐의 크기는 22m까지는 L18하중 크기에서 발생하는 처짐과 유사하며 2.5%이내의 범위 내에서 발생되었다. 디젤기관차의 경우 지간길이 12m까지는 기관차 1량에 발생한 처짐에 대한 2량에 의한 처짐 값의 차이가 약 5%이내이나 22m이후부터는 기관차가 2량인 경우 처짐 값의 차이가 증가하기 시작하였다. 새마을 PMC는 12m까지는 8량편성과 16량 편성에서 처짐의 크기가 같이 나왔으나 지간길이 22m이후에는 16량 편성시 8량 편성보다 16% ~ 44%정도 크게 발생되었다.

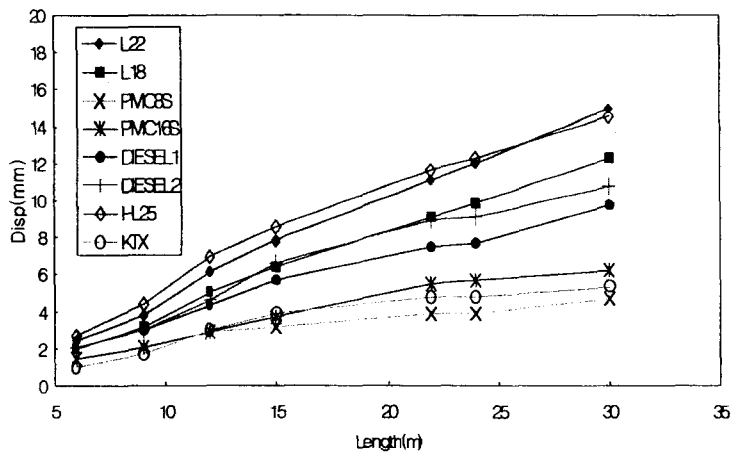


그림 7. 경간길이에 따른 중앙부 최대처짐

경간길이에 따른 최대 지점반력은 새마을 PMC 16량 편성시 지간길이 9m이내에서는 8량 편성과 비교하여 약 1.2% 이내의 범위로 거의 같은 크기를 나타내었으나 12m이후부터는 17% ~ 32%정도 더 큰 반력이 발생되었다. 디젤기관차의 경우는 지간길이 12m이내에서는 약 10%이내의 범위내에서 기관차 1량 편성과 2량 편성시 반력의 크기가 유사하게 나타내었으나 22m 이후부터는 약 12% ~ 15%정도 2량 편성시 더 크게 발생되었다. HL-25하중은 9m의 경우 L-22하중보다 약 13%정도 더 큰 반력을 나타내었으나 그 차이가 지간길이가 길어질수록 줄어들고 있다. KTX하중에 의한 반력은 지간길이 9m이내에서는 PMC 8량 편성시보다 반력이 작게 나타내었으나 12m 이후에는 최대 약 13%까지 더 크게 발생되었다. 디젤기관차 2량 편성시와 L18하중 작용시 결과를 비교하면 6m와 12m의 지간길이인 경우 4% ~ 5%정도 디젤기관차 편성시 반력이 더 크게 나왔으나, 그 밖의 경우에는 L-18하중 작용시 반력이 약 2% ~ 7% 더 크게 나왔다.

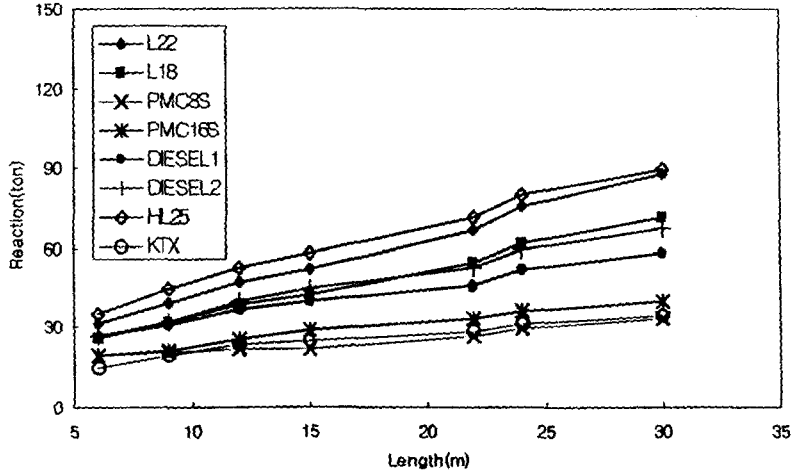


그림 8. 경간길이에 따른 최대 반력

4. 결 론

기존철도에서 L-22하중으로 설계된 표준판형교에 대하여 설계기준상의 3개 하중 경우, 실 주행열차하중 5개 경우에 대하여 정적해석한 결과로부터 처짐과 반력에 대한 결과와 결론을 다음과 같이 도출하였다.

지간길이 6m부터 24m까지는 HL-25하중재하에 의한 최대처짐이 L-22하중 재하보다 약 10%미만으로 크게 발생하였다. 또한 최대 지점 반력은 전반적으로 L-22하중 재하보다 HL-25하중에 의해 더 크게 발생함을 확인하였다. 새마을 PMC 16량 1편성으로 인한 처짐이 12m 경간을 제외하고는 KTX 하중재하시보다 14~18% 크게 발생하였다. 디젤기관차 2량전인(중련운행)시 반력과 처짐의 크기가 L-18하중과 거의 동등한 수준의 값을 나타내었다.

설계기준상의 하중과 실 운행열차하중에 대한 판형교의 정적거동에 대한 하중효과 비교결과로부터 하중효과를 순서대로 정리하면 HL-25, L-22, L-18, 디젤2량전인시, 디젤1량전인시, PMC 16량 1편성시, KTX 및 PMC 8량 1편성시 와 같음을 확인하였다. 이러한 정량적인 비교로부터 기존선 판형교의 정적구조안전성 평가시 PMC 및 KTX와 같은 여객전용편성하중에 비하여 약 40~50%큰 하중효과를 나타내는 디젤2량전인에 의한 하중효과가 지배적인 요소가 된다 할 수 있다. 그러나 정적안전성이외에도 KTX와 같이 150km/h 이상 주행이 가능한 열차에 대해서는 별도의 실 열차하중에 의한 동적안전성 검토가 되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 이종득(1993), 철도공학, 노해출판사
2. 철도청(1999), 철도설계기준(철도교편)
3. 한국철도기술연구원(2000), "기존선의 고속화를 위한 시스템에 관한 연구", KRRI 연구 00-43