

프리캐스트 모듈 바닥의 동하중 재하시험

An Application of Dynamic Loading Test of Precast Module Concrete Decks

Ikhyun Sung^{a,1}

¹ Department of Civil Engineering, Hanseo University/360 Daegok ri, Seosan, Chungnam 123-456, Republic of Korea

ABSTRACT

In this study, the panel joint behavior by the vehicle load moving on precast panel is analyzed. The frame was made for loading and the behavior was determined by using each measuring device. The static response of the panel was examined and compared with the theoretical value, and it was found that the characteristics were very reasonable. In addition, acceleration, velocity, and displacement were measured for dynamic impact evaluation, and the characteristics of moving load were analyzed in the test. The vibration frequency of the panel was measured for the dynamic response by the moving load, and the vibration characteristic was considered to be sensitive to the range of the load. As a result, it is considered that the dynamic response of the connection part should be careful in design because the characteristics are different according to the connection method.

KEYWORDS

vehicle load
precast
moving load
connection
dynamic response

이 논문에서는 프리캐스트 바닥판 위를 이동하는 차량하중에 의한 바닥판 접합거동 특성을 분석하였다. 하중 재하를 위하여 프레임을 제작하였고 각 측정 장치를 활용하여 거동을 파악하였다. 바닥판의 정적응답을 검토하여 이론값과 비교하였고 그 특성은 매우 합리적임을 알 수 있었다. 또한, 동적영향 평가를 위하여 가속도, 속도 및 변위를 측정하여 시험에서 이동하중의 특성을 분석하였다. 이동하중에 의한 동적응답을 위하여 바닥판 진동수를 측정 한 결과 하중 범위 변화에 따라 진동 특성도 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 결과적으로 연결부의 동적 응답은 연결방법에 따라 특성이 다르므로 설계에 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.

차량하중
프리캐스트
이동하중
연결방법
동적응답

© 2017 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-41-660-1050. Email. iksung@hanseo.ac.kr

ARTICLE HISTORY

Received Feb. 08, 2017
Revised Feb. 24, 2017
Accepted Mar. 20, 2017

1. 서론

본 연구에서 찾아보고자 하는 바는 교량의 거동이다. 그 중 품질의 안정성과 기후 등의 변수를 갖지 않아 설계 강도의 발현에 신뢰할 수 있는 사전 제작된 바닥판을 사용하여 두 가지 타입(F2F, LOOP)으로 연결된 교량 위를 이동하는 차량하중이 미치는 영향을 판단하여 연결부의 동적반응과 거동을 파악하고자 한다. 또한 근래에 들어 공기를 단축하고 품질관리의 용이성을 추구하며 시공공간을 최소화할 수 있는 모듈화 공법이 증가하는 추세에도 맞추어 교량의 설치방법이 다양화되는 것을 충분히 감안한다면 사용이 증가하는 프리캐스트 모듈에 대한 품질확인이 아니라 모듈간의 접합거동을 파악하여 성능발현에서 가질 수 있는 공학적 성능을 판단해 보고자 한다. 주행하는 차량의 크기도 증가하는 추세이고 구조물을 지나는 속도역시 빨라지는 현재에는 도로 상의 교량 바닥판이 지지해야 하는 것은 하중의 크기뿐만 아니라 진동과 여러 가지 동적인 영향 역시 매우 클 것으로 예측된다. 특히 도시화와 과밀화로 인하여 차량의 이동빈도도 높아져 구조물을 건설할 때에도 모듈시공, 급속시공이 잦고 간편화 되는 추세여서 앞으로 프리캐스트 방식으로 체결된 교량에 차륜하중이 미치는 영향에 대한 연구 결과는 구조물의 붕괴나 보수방법 선정에 적용될 수 있을 것이다.

일반적으로 시험방법에는 차량주행시험 및 상시 진동시험 등이 있다. 차량주행시험은 장소선정과 안전을 위한 교통통제의 제한 요인이 있으나 시험조건의 변동이 자유롭고 다양한 시험에 대한 요인을 고려할 수 있어 교량의 동적응답에 대한 영향을 비교적 정확히 파악할 수 있는 장점이 있다. 상시진동시험은 오히려 재하 하중의 명확한 산정이 어렵다. 그래서 본 연구에서는 교량과 차량 하중 간의 상호작용효과가 동적응답에 끼치는 영향을 분석하기 위해서 조립식 프리캐스트 콘크리트 패널 바닥판형식의 2주형 단순교에 차량과 교량의 상호작용 재현이 가능한 이동 질량형 차륜하중 시험기((주)대우건설 등,2005;김종현 등,2007)를 적용하여 왕복주행실험을 수행하였다. 최근에 사용실적이 증가하고 있는 조립식 프리캐스트 콘크리트 패널 형식 (Matsui, 1997; Issa, 1998; Fatmir, 2002)의 소수주형 교량은 현장작업의 단순화로 인한 시공성향상과 공기단축, 시공 후 미관의 우수성 등 많은 장점을 가지고 있다. 국내에서도 서해대교의 상판에 프리캐스트 형식의 바닥판이 시공된 바 있으며, 이에 대한 다양한 연구가 수행되고 있다(김윤철 등, 2003; 한국도로공사 등, 2005).

2. 시험장치 및 시험방법

2.1 시험장치의 규격

시험에서 차륜하중을 가하기 위해 제작된 시험 장치는 차륜 주행 뿐 아니라 노면조도, 가감속시 커플운동 등의 다양한 동적 가력조건을 형성하고 이를 응답으로 반영하기 위하여 구축되었다. 국부균열, 노면 spalling현상의 증가 등 초기결함 요인으로 작용할 수 있는 결함은 전체 구조물에 영향을 미치고 이로 인하여 수명저하는 물론 보수 보강비용이 증가하는 원인이 될 수 있다. 본 연구에서는 구조물에 대한 실동차량의 특성을 반영하여 구조물에 발생하는 동적 영향을 파악하고자 그림1과 표1과 같은 제원을 갖는 장치를 제작하여 시험하였다. 44.1kN의 총중량을 재하 한 차륜을 가진 가력장치를 왕복시켜 바닥판에 미치는 거동을 파악하였다. 본 시험은 시험기를 자체 제작하였으므로 먼저 시험기의 기본성능과 가능한 시험인자의 확인도 역시 필요하며 또한 시험의 결과에 대한 기초데이터로 사용해야 될 필요가 있으므로 본 연구에서 선행되어야 할 이동질량 시험에 대한 분석을 위하여 거동판단을 우선 수행한 후 이를 통하여 제작된 시험기의 특성을 향후 연구에 적용할 수 있을 것이다. 또한 시험기의 성능 확인을 위하여 반복주행 초기 횟수 300회와 각 5000회 반복시마다 시험에 대하여 정적재하시험을 수행 하였다. 또한 반복재하의 횟수는 현재 이동질량 반복주행실험에 대한 명확한 규정이 존재하지 않으므로 시험기 성능을 감안하여 경부고속국도 상, 하행 평일 및 주말 일일평균교통량인 25000회를 기준으로 하였다. (한국도로공사, 1997)

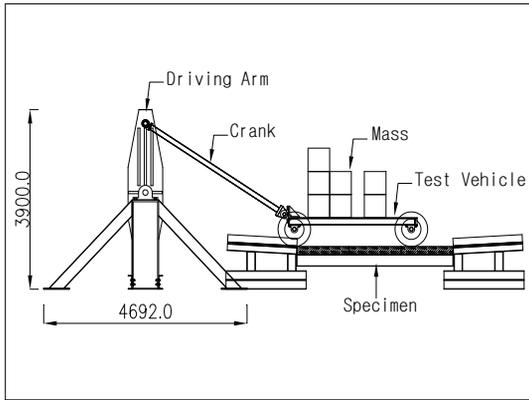


Fig. 1 testing machine configuration

Table 1. Specimen size and condition

항 목	사 양	실 험 조 건
차량주행 거리	3.4m (±1.7m)	3.4m (±1.7m)
구동ARM 회전속도	1.6 rpm ~ 31.2 rpm	7.8 rpm
시편크기 (가로x세로)	최대 5.0m x 10.0m	2.0m x 3.6m
하중범위	1.96kN - 245 kN	44.1kN
Tire 의 Rim 외경	최소 15 "	17 "

2.2. 시험시편의 내력 분석을 위한 시험방법

시험을 위한 시험장치의 구성은 시험하중의 방향전환을 위하여 좌·우로 추가의 가이드레일(5%구배)을 설치한 프리캐스트 단위바닥판 3개를 2가지 형태로 서로 부착하여 1개의 시험교량상판을 만들고 이를 44.1kN 중량을 가진 시험 차륜이 지속적으로 왕복하여 하중을 주는 형태로 구성하였다. 시험인자는 아래와 같이 요약할 수 있다.

1. 시험 패널로 연결된 교량의 길이는 402cm(LOOP연결)와 372cm(F2F연결)로 구성된다.
2. Guardrail은 270cm의 U모양의 강재로 이루어지고 시험차륜 이탈방지와 방향전환을 위해 구성하였다.
3. 차륜의 만 재하 길이는 각 차륜 당 폭 25.5cm가 된다. 즉, (214cm - 163cm) / 2 = 25.5cm (각 차륜 당)
4. 시험차량 전후 차륜 길이로 인하여 구동 휠에서 실 주행거리(실차량 주행거리)는 구동 휠의 stroke길이를 463.5cm로 측정되었다. 그러나 계산과정에서 LOOP절근으로 체결한 시험편과 F2F방식으로 체결한 시험편 모두에 대한 실제 차량의 이동거리는 모두 같다. 왜냐하면 양쪽 가이드레일을 확장 설치하여 크랭크의 이동거리인 실제차량 이동거리를 일치하도록 하였다.

3. 시험체 의 내력분석

시험 바닥판에 이동하는 가력장치의 영향을 파악하고자 동적반응을 확인하기 전에 쉽게 확인이 가능한 이론치와의 비교를 위하여 정적인 내력(반력, 전단력, 휨모멘트)을 먼저 확인하였다. 즉 반응발생 단계를 9개의 단계로 보아 소요시간을 측정하고 총 누적시간이 8.508초가 됨을 확인하였다. 연결된 3개의 단위패널의 각 중앙부 모멘트 변화와 전단력 및 반력을 확인하였다.

3.1 반력 특성

시험바닥의 반력특성을 보기위해 다음과 같은 절차를 나타낼 수 있다.

1. 시험하중의 왕복주기(1회 : 8.508초) 중 앞과 뒷바퀴 동시제하는 약 2초 동안만 유지됨 ⇨ 전 cycle 의 23.5%
2. 하중이 전진 후퇴를 왕복하므로 이동 중에 반력이 변한다.
3. 주행 차량이 프리캐스트 바닥판에 진입하는 순간과 진출하여 되돌아오는 순간에는 반력의 크기가 급변한다. (R1: 크랭크 내측, R2: 크랭크 외측) 주행 중 반력발생의 특성은 먼저, 내측과 외측으로 구분하여 정리하면 아래와 같다.

접속로 진입 직전 R1=0.703w, R2=0.297w ⇨ R1 max.

접속로 진입 직후 R1=0.131w, R2=0.269w ⇨ R1 max.의 18.6% (81% 감소)

접속로 진입 직전 R1=0.445w, R2=0.555w ⇨ R2 max.

접속로 진입 직후 R1=0.404w, R2=0.196w ⇨ R2 max.의 35.3% (64.7% 감소)

반력의 분포를 12개 지점을 통하여 시험기 왕복재하동안 계산하였다. 표2와 그림2는 각각 시험편인 바닥판의 중앙 위치에서 출발하여 크랭크 내측방향을 거쳐 종점방향인 크랭크 외측으로 방향을 바꾸어 진행 후 다시 중앙 위치로 돌아오는 1왕복 주기에 시험편이 받는 반력을 표시하였다.



Fig. 2. Reaction of Deck Panel

Table. 2. Loading and Reaction

하중변동 (측정분석) : 지점반력				
반력1	소요시간	누적시간	반력2	위치
0.57w	0 sec	0 sec	0.426w	Initial
0.703w	0.431 sec	0.431 sec	0.297w	시점 반력최대 지점
0.131w	0.230 sec	0.661 sec	0.269w	시점측 진입시점
0.293w	1.356 sec	2.017 sec	0.107w	시점측 최대점
0.131w	1.356 sec	3.373 sec	0.269w	패널 접근 시점
0.703w	0.230 sec	3.603 sec	0.297w	시편진입 R1 Max.
0.574w	0.431 sec	4.034 sec	0.426w	Initial
0.445w	0.431 sec	4.465 sec	0.555w	R2 Max.
0.404w	0.230 sec	4.695 sec	0.196w	종점 진입
0.121w	1.577 sec	6.272 sec	0.479w	종점 Max.
0.404w	1.577 sec	7.849 sec	0.196w	왕복 진입시점
0.445w	0.230 sec	8.079 sec	0.555w	R2 Max.
0.574w	0.431 sec	8.510 sec	0.426w	Initial

3.2 전단력 특성

시험바닥의 전단력 변화의 특성을 보기위해 다음과 같은 절차를 나타낼 수 있다.

1. 4sec이후 전단력 변화량은 4sec 이전 전단력 변화량보다 크다. (∵ 0.6w 재하구간)
2. 전 하중 재하시기 보다 0.6w 재하시점의 변화량이 크다.
3. 동적 최대 반응은 4초 이후 약 4초 동안 발생되고 총 재하 하중은 전 하중의 60% 이지만 변화량이 30% 가량 크다.

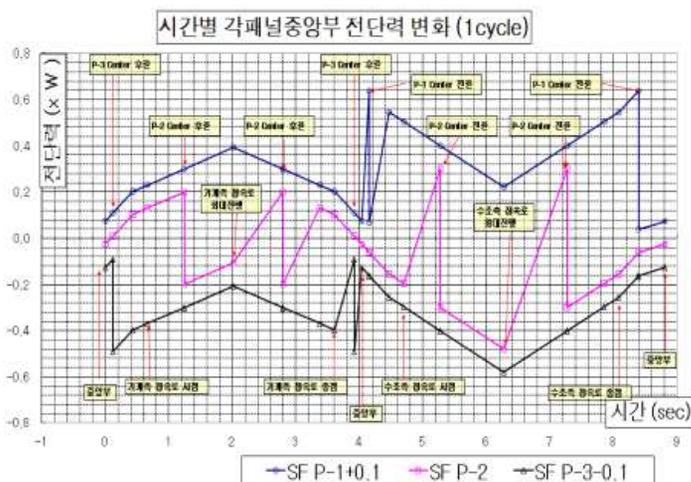


Fig. 3. shear diagram for the deck panel

table. 3. shear changes with time

시험차량의 왕복 운동 시 패널의 전단력변화		
패널1	패널2	패널3
		0.119 sec (R, Tw) 0.01w→-0.39w
	1.239 sec (R, 0.4w) 0.2w→-0.2w	
	2.795 sec (R, 0.4w) -0.2w→0.2w	
		3.915 sec (R, Tw) 0.01w→-0.39w
4.154 sec (F, Tw) 0.538w→-0.062w		
	5.273 sec (F, 0.6w) 0.3w→-0.3w	
	7.269 sec (F, 0.6w) 0.3w→-0.3w	
8.39 sec (F, Tw) 0.538w→-0.062w		

전단력을 검토하여 요약하면 다음과 같으며 전단력의 그래프는 그림 3과 같다. 반력특성에서 언급된바와 같이 그림에서 중간부분 근처의 0.6w의 재하구간에서 4sec이후 전단력 변화량은 4sec 이전 전단력 변화량보다 큰 값을 나타낸다.

3.3 모멘트 특성

패널 3개를 연결하여 바닥판을 구성하고 차륜이동 시간별 각 패널의 중앙부 모멘트 변화를 1왕복주기에 따라 표시하였다. 그림4와 표4에서 보는 바와 같이 최대모멘트 발생위치는 후륜부가 각각 중앙의 패널을 방향으로 전·후왕복시 2번 발생하는 것으로 나타났다. 단순보 중앙부에서 최대모멘트가 발생하는 것과 같으나 시험판 전후의 패널에서 발생하는 모멘트와의 합을 고려하면 모멘트 선도는 최대 점을 전후로 두 번 증가하는 것을 알 수 있다.

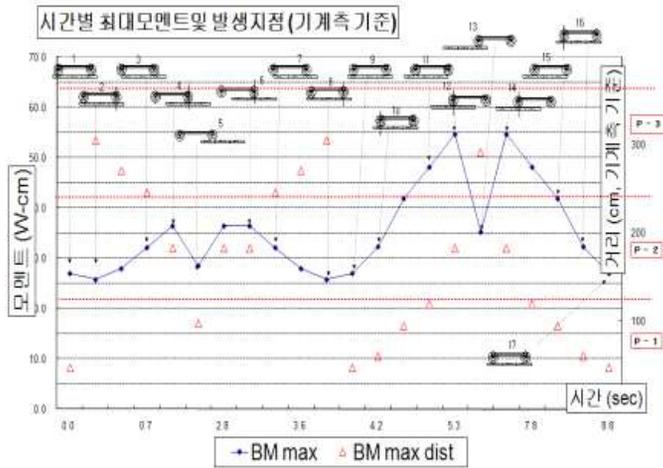


Fig. 4. moment diagram for deck panel

table. 4. max. moment location

휨모멘트 최대값 발생지점		
t(sec)	x (cm)	BM max. (w-cm)
0	47	26.978
0.119	304	25.74
0.431	270	27.918
0.661	245	32.095
1.239	182	36.4
2.017	97.25	28.49
2.795	18.2	36.4
3.373	245	32.095
3.603	270	27.918
3.915	304	25.74
4.034	47	26.978
4.154	60	32.28
4.465	94	41.83
4.695	119	48.076
5.273	182	54.6
6.272	290.75	35.181
7.269	182	54.6
7.849	119	48.076
8.079	94	41.83
8.39	60	32.28
8.51	47	26.978

4 시험체의 동적응답 특성

4.1. 시험체의 변위-가속도 특성

내력의 성분으로부터 시험판의 정적응답을 확인하면 이동 시험에서 하중이외의 진동 등으로 발생될 수 있는 동적응답이 구조물에 미치는 영향을 판단할 필요가 있다. 시험바닥판을 중앙으로부터 안쪽과 바깥쪽으로 왕복하는 시험 가력을 수행하면서 각 패널위치에서의 시간-변위그래프는 그림 5,6,7과 같다. 가속도를 구하고자 차륜의 이동방향으로 변위를 모두 측정하고 각 패널에 부착된 가속도계로 차량은 물론 패널 가속도를 모두 파악할 수 있도록 시험 하였다. 시험 가력장치인 44.1kN 총중량으로 구성된 시험가력장치의 방향 전환 때의 충격을 줄이고자 상향으로 5% 구배를 둔 가이드 판을 2개 바퀴가 진입하고 진출하게 되는 형태로 가력이 이루어지므로 초기 변위가 직선이 아닌 위로 올라갔다 내려오는 구배형태를 나타냄을 볼 수 있다. 그림 5와 그림 6 및 그림 7에서 볼 수 있는 바와 같이 바닥판이 수평임에도 구배의 차이가 나타나는 것은 시험차륜의 차륜이 탄성을 갖고 움직임에 따라 바닥판의 처짐을 동시에 발생되므로 하향 처짐에 상향 구배가 각각 보이는 것으로 판단된다.

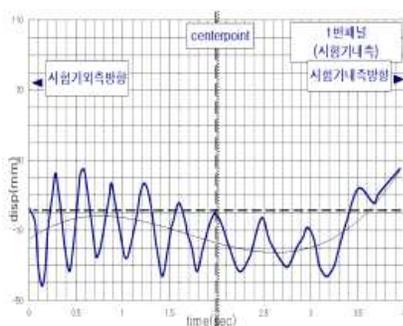


Fig. 5 inner panel displacement

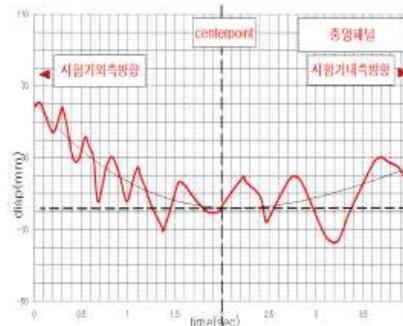


Fig. 6 center panel displacement

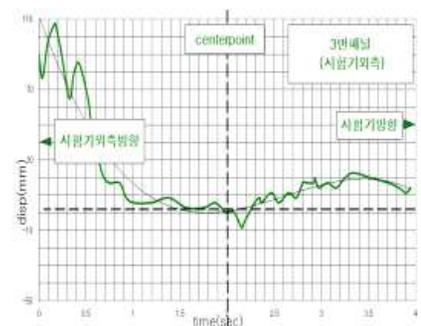


Fig. 7 outer panel displacement

시간-변위 그래프에서와 같이 시험편 표면의 노면조도 영향으로 변위의 상하진폭이 크며 특히 시험차량의 방향전환 시 충격에 의한 진동이 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 실제 교량상판에서 차량의 제동 및 주행 중에 발생하는 노면조도 영향에 의한 진동형태와 유사하며 본 연구에서는 보다 실험차량의 효과를 반영한 결과도출을 얻을 수 있음을 나타낸다. 한편, 그림에서 가는 실선은 바닥판의 처짐에 대한 시험차륜의 운동과정에 대한 평균궤적을 나타낸 것이다. 그림8과 그림9에서는 전륜과 후륜에 대한 차륜의 주행가속도를 나타낸다. 연직 하(下)방향을 (-)의 부호로 표현하였고 실험차량주행가속도는 추후에 범용해석프로그램을 이용하여 차량-교량 간 상호작용이 포함된 해석이 가능하도록 차량의 전륜 및 후륜의 연직 처짐을 측정하고 이를 각각의 재하차량의 전륜 및 후륜의 연직가속도로 변환한 것이다.

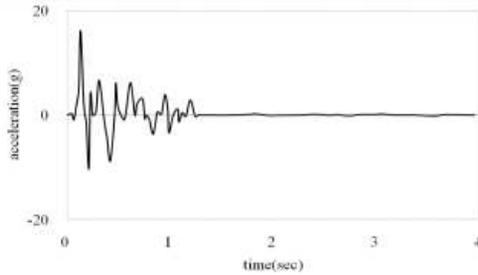


Fig. 8 front tire acceleration

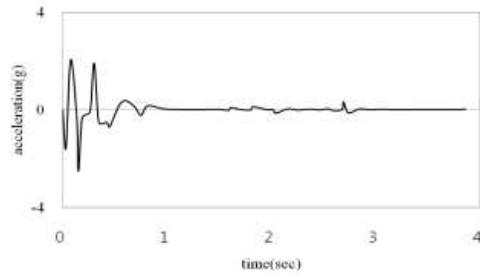


Fig. 9 rear tire acceleration

그림 5, 6, 7에서 연직 처짐 값은 전륜의 경우 가력하며 방향전환 후 1초까지는 최대 -28mm부터 +26mm의 범위이며 후륜의 경우는 최대 -28mm에서부터 +19mm의 범위이다. 1초 이후는 전륜의 경우 최대 -5mm에서 +6mm의 범위이며 후륜의 경우 최대 -3mm에서 +4mm범위이다. 재하차량의 정적 재하 량은 전륜에 전체재하 량의 65% 및 후륜에 35%가 재하 되었다. 연직 처짐의 경향과 같이 방향전환 후 1초까지 상하방향의 반복횟수가 1초 이후의 반복횟수보다 빠르며, 시간에 따라 점차 감소하는 경향을 보인다. 또한 가속도를 보면 전륜의 경우 방향전환 후 1초까지는 최대 -10.2g부터 +16.1g의 범위이며(그림 8) 후륜의 경우는 최대 -2.5g에서부터 +2.0g의 범위이다.(그림 9) 1초 이후는 전륜의 경우 최대 -0.06g에서 +0.2g의 범위이며 후륜의 경우 최대 -0.15g에서 +0.3g의 범위에 있음을 알 수 있다. 차량 변위와 가속도 모두 재하방향과 일치하는 연직하방향의 반응과 더불어서 차량-교량 상호작용에 의한 연직 상 방향 반응이 발생함을 알 수 있으며 특히 전륜 및 후륜의 가속도의 경우 방향 전환 후 1초까지의 범위에서는 전륜은 연직 하 방향에 비해 최대 156%, 후륜의 경우 최대 80% 로 나타났다. 차량-교량 상호작용이 발생하는 경우 재하하중인 실험차량에도 재하방향과 상이한 반응이 나타남을 알 수 있었고 따라서 시험에서도 재하방향과 상이한 방향의 반응도 예측이 가능했다.

4.2. 시험체의 주행가속도

시험 바닥판의 길이 402cm와 함께 가력방향 전환으로 추가된 가이드 진출입 거리 270cm를 포함하여 전체의 총 주행거리에 대한 패널전체가속도를 그림 10에 나타내었다. 그림에서 처음의 패널가속도는 가력의 방향 전환으로 인하여 타이어가 정지했다가 다시 후진하는 과정에서 타이어의 뒷부분이 강한 압력을 받고 되튀기는 현상이 발생되어 비교적 가속도의 범위가 커지는 현상을 볼 수 있다.

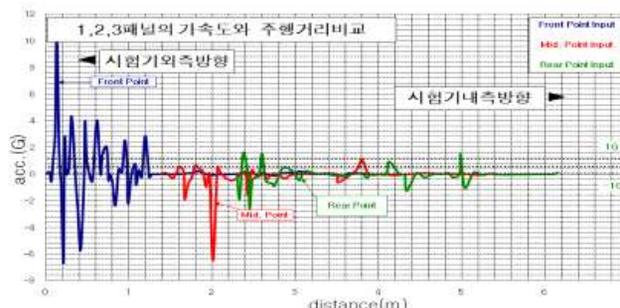


Fig. 10. deck acceleration vs. total distance

4.3 패널진동수 와 하중진동수 비교

각 패널의 진동수와 바닥판전체의 진동수를 같이 나타내었다. 이는 프리캐스트 바닥판을 구성하고 있는 각 패널의 진동에 대하여 전체가 함께 이어진 바닥판은 구조물진동의 최 저차 진동대역에서 차량의 진동과 유사 진동수를 가질 수 있음을 파악할 수 있었다. 이는 국부적인 하중의 증가를 가지고 올 수 있으므로 가급적 차량의 진동을 표준적으로 고려할 수 있는 연구가 더 진행될 필요가 있음을 알 수 있다. 시험가력장치인 타이어를 가진 시험가력 차량의 이동에 따라 시험차륜의 고유진동수를 파악하고 이를 시험 주행 바닥판 시험편의 진동수와 비교하여 그림 11에 나타내었다. 여기서 볼 때 약 3곳에서 3.7Hz 및 5Hz와 9Hz의 영역으로 유사한 진동수를 나타내고 있음을 알 수 있다. 중량차량이 이동할 때 타이어의 진동과 구조물 진동이 유사한 동적 증폭효과가 발생될 수 있으며 이로 인하여 때로는 구조물의 국부파단이 공명현상에 의해 일어날 수 있음을 볼 수 있다. 그리고 시험의 초기에는 시험가력 차량이 정지 상태에서 출발하면서 충격발생을 보이나 이후 시험 진행에서 왕복구간까지는 일정 진동수를 나타내는 경향을 볼 수 있어 현실적인 주행차량의 특성을 시험에서 잘 반영하는 것으로 판단된다. 그림 12에서는 처짐에 대한 패널들의 동적증폭계수(DAF)를 나타내었다.

4.4 시험체의 정적응답과 동적응답에 대한 시험결과

교량을 설계할 때에 일반적으로 교량 고유진동수에 대하여 차량의 진동을 함께 고려한다. 또한 이 상호진동이 교량의 바닥판에 영향을 줄 수 있어 동적인 응답을 파악하는 것은 향후 구조물 수명에도 많은 영향을 끼친다는 것을 알고 있다. 그러나 동적영향으로 설계단계에서부터 발생하는 구조물의 국부적인 결함에 대하여 고려하기에는 아직 많은 어려움이 있는 것이 사실이다. 그리고 교량의 건전성과 사용성은 국부 파손에서부터 점차 전체구조물에 미치는 영향을 장기적으로 볼 때 교량전체의 파괴나 붕괴를 고려하는 것과 마찬가지로 충분히 파악해야 될 의미가 있다. 이런 이유로 국부영향을 미치는 차륜하중의 인자를 파악하고자 하였고 대상을 트럭 중 가장 많이 사용되는 4.5톤 규모의 중간 차량을 시험차량 크기로 결정하고 차륜하중을 실제 고무 타이어로 제작하여 타이어의 탄성이 가력에 미치는 영향을 같이 포함하도록 구성 하였다. 이를 이용하여 교량 바닥판과 시험 주행차량 간의 상호 영향을 파악할 수 있도록 측정 장비를 구성하였다. 연구의 범위는 시험 장치와 바닥판 시험 체 간의 상호 관계를 파악할 수 있도록 하고자 축 중 측정과 가속도계를 활용하여 동적영향을 분석할 수 있도록 구성하고 각각의 가속도를 산정하여 탄성 타이어가 교량의 바닥을 지날 때 발생하는 동적인 효과를 찾아보았다. 제한하여 시험기와 바닥판시험체간에 대한 상호관계를 분석하고 시험체에 대한 가속도를 산정함으로써 추후 탄성 타이어가 교량 바닥판에 미치는 동적영향을 해석에 적용하기 위한 자료를 파악 하였다.

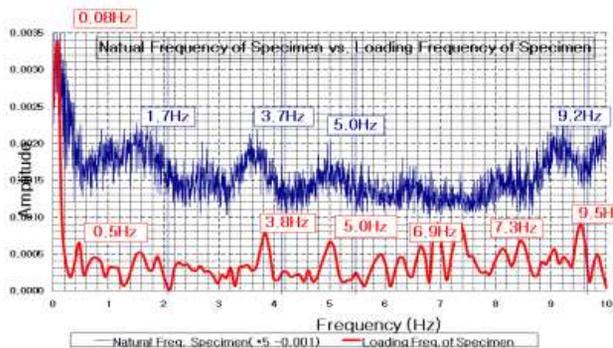


Fig. 11 deck frequency and Loading frequency

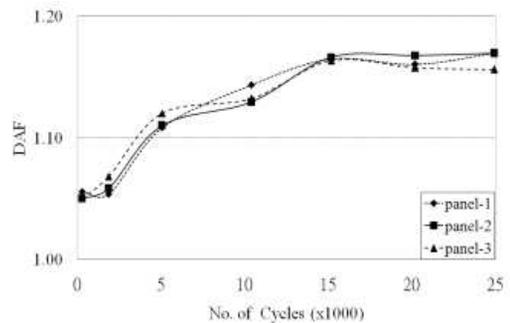


Fig. 12 DAF for each panel

4. 결론

이상에서와 같이 교량 위를 지나는 차량하중이 교량에 미치는 영향을 측정하고 분석하니 실제 차량이 이동하며 영향을 미치는 부분은 일반적으로 이동하중영향으로 파악하는 경향과는 달리 하향 방향으로 누르는 하중만이 아니라 차량의 진행에

다른 진동의 영향과 출렁이는 교량의 영향 등 매우 복잡하고 다양한 양상을 나타내고 있다는 점을 알 수 있었다. 또한 정적상태의 분석을 통하여 하중이동에 대한 가력위치에 대한 내력의 변화를 먼저 파악한 후 동적 분석을 통하여 동적변화량을 파악하고자 하였다. 이 과정을 거쳐 다음의 결론을 구할 수 있다.

1. 시험 차량의 움직임은 비록 데이터 량이 많아 처리에 어려움이 있지만 비교적 실제 차량이 교량 위를 지나는 효과를 교량-차량에 대한 상호작용 관점에서 잘 표현하고 있다. 또한 시험바닥판에서 가력하중과의 비슷한 주파수 대역이 발생되는 것을 볼 수 있고 이는 구조물에 결함을 발생시킬 수 있다.
2. 현재 차량의 발전과 대형차의 성능이 높아져서 운전속도의 증가와 함께 차량의 총중량 과 다축을 가진 중량 차량이 증가하는 추세이다. 이에 따라서 증가된 하중을 지지하는 타이어가 노면에 작용하는 현상을 단순히 중량증가 만으로 판단하는 것은 늘어나는 교통량이 구조물에 미치는 영향에 대한 분석에서는 미흡하다는 생각이다.
3. 3개의 패널을 연결한 시험교량에서 전단력은 전체 하중이 재하 될 때보다 60%하중의 재하 될 때에 변화량은 최대를 나타내었다. 시험차량이 방향을 바꾸는 때에 전단력의 급격한 변화가 나타나며 이런 급격한 변화는 프리캐스트 바닥판에 전단 연결 부분의 설계에 미치는 영향이 크다고 생각된다.
4. 시험을 통하여 시험 바닥판에서 가속도를 측정된 결과 바닥판의 재하 초기와 중간단계에 가속도의 증가치를 볼 수 있었다. 증가된 가속도는 교량 바닥판의 질량에 대하여 가속도의 크기가 곱해지면 하중으로 값이 커지게 된다. 이러한 현상은 지속시간의 문제이기도 하지만 때로는 바닥판의 국부파괴 발생에 영향이 있다고 판단되는 증거가 될 수 있음을 알 수 있었다.
5. 본 연구에 의하여 왕복 주행하는 차량가력시험을 프리캐스트 패널 연결로 이루어진 바닥판에 수행함에 있어 바닥판 시험편 및 가력 시험 장치에 대한 내력(반력, 전단력, 휨모멘트)을 분석하였는데 이 결과는 유사한 시험을 준비하는 연구자에게 시험장치 구축에 정적인 기본 데이터를 제공하여 필요한 연구를 수행하는데 도움이 되며 향후 연구에 필요한 진행을 위하여 기본 데이터를 답습하지 않아도 될 것이다.

References

- Culmo, P. M. (2000), Rapid Bridge Deck Replacement Using Full Depth Precast Concrete Slabs, Paper No., TRB00-1220.
- Talley, N., (1998), Design of Modern Highway Bridges, McGraw-Hill, New York.
- Willy, F. Grimmke, Kyle, M. Vanderwater, (2004), Design, Fabrication, and Erection of Precast Concrete Deck Panels, Washington County.
- AASHTO LRFD Bridge Design Specification (1998), Live Load Distribution Factor for a Three Span Continuous Precast Girder Bridge, 2nd Edition.
- Chang, P. S., Chang, S. S., (2001) Continuous Composite Bridges with Precast Decks, Steel Structures I ,pp. 123-132.
- Virginia Transportation Research Council (2004), Structural Load Testing and Flexure analysis of the Route 701 Bridge I Louisa county, virginia, VTRC 04-R12.