□ 안전성평가

▷ 일반사항

기존 도로 및 철도 교량의 내하력평가는 교량을 구성하는 상부구조, 하부구조, 기초등 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다.

ㅇ 상부구조의 고려사항

상부구조의 내하력 평가시 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

-콘크리트 및 강재등 재료의 실제강도
-균열, 박리, 박락, 층분리
-강재, 철근, 프리스트레싱 텐던의 부식
-구조부재의 실제단면적과 철근의 위치
-처짐
-볼트, 리벳, 용접등 연결부위의 상태
-신축 이음부와 받침부의 구속력

교량에 대한 실제적인 내하력 평가를 위하여 재하시험을 수행한 경우에는 재하시험 결과를 이용하여 이론에 의한 내하력을 보정한다.
교량의 내하력은 교량 구성부재에 대하여 각각 산정된 내하력의 최소값에 의해 결정된다.
교량의 잔존수명 예측에는 평가된 주요 부재의 내하력을 토대로 구성재료의 내구성능, 반복하중에 의한 응력부식과 피로손상, 크리프에 의한 강성저하 및 교통량 증가추이 등을 종합적으로 고려한다.
강교의 경우, 교량에 발생하는 결함 및 손상의 대부분이 고강도 강재의 사용과 볼트, 리벳 접합부 등의 불연속면에 작용하는 응력집중에 의한 국부적인 누가손상 및 피로파손에 기인하므로 잔존수명 예측시 반드시 피로응력에 대한 분석 및 평가를 수행한다.
특히 철도교는 도로교와 달리 설계하중에 가까운 큰 하중이 통과하는 회수가 많은것이 특징으로 실동응력 범위가 대단히 커짐으로 인해 피로에 대한 고려가 필수요건이 된다.
콘크리트교의 경우, 반복하중에 의한 피로손상 이외에 주변환경에 의한 구성재료의 내구성 저하 속도, 철근부식속도, 염화물 축적량 등이 잔존수명에 미치는 영향을 평가하며, 프리스트레스트 콘크리트교의 경우에는 장기처짐, 단부거동, 유효긴장력의 변화가 교량 거동에 미치는 영향을 반드시 평가한다.

ㅇ 하부구조의 고려사항

교량의 내하력에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며 교량 하부구조 상태의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다.
하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 점검 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다.

교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 내하력 확보 유무가 점검되어야 하며, 우물통과 교각기초사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동등을 고려한다.

○ **여유도가 없는 구조물 (Nonredundant Structure)**

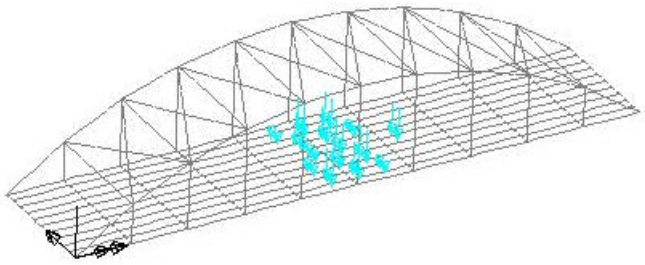
구조물에는 부분적인 부재의 파괴가 교량 전체의 붕괴를 야기시킬 것으로 예상되는 주요 구조부재가 존재한다.

이러한 구조물의 내하력평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

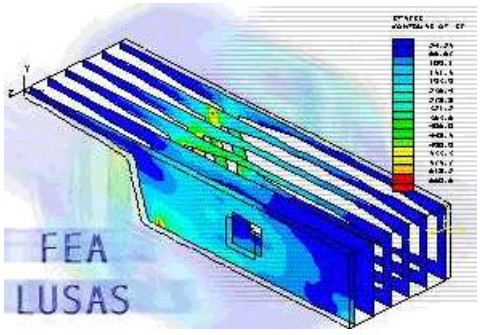
○ **복잡한 구조물에 대한 내하력**

현수교, 사장교, 곡선 거더교, 아치, 연속트러스 및 변단면 거더교량과 같이 복잡한 구조물의 내하력 계산에는 특별한 해석법 및 절차를 필요로 하며, 사교의 경우에는 부반력도 검토한다.

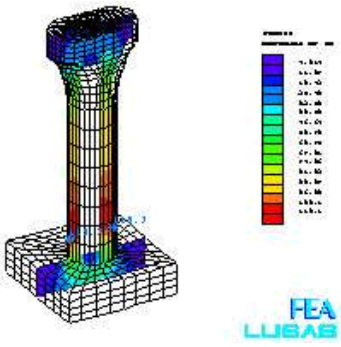
▷ 구조해석



<타이드 아치교 모델링>



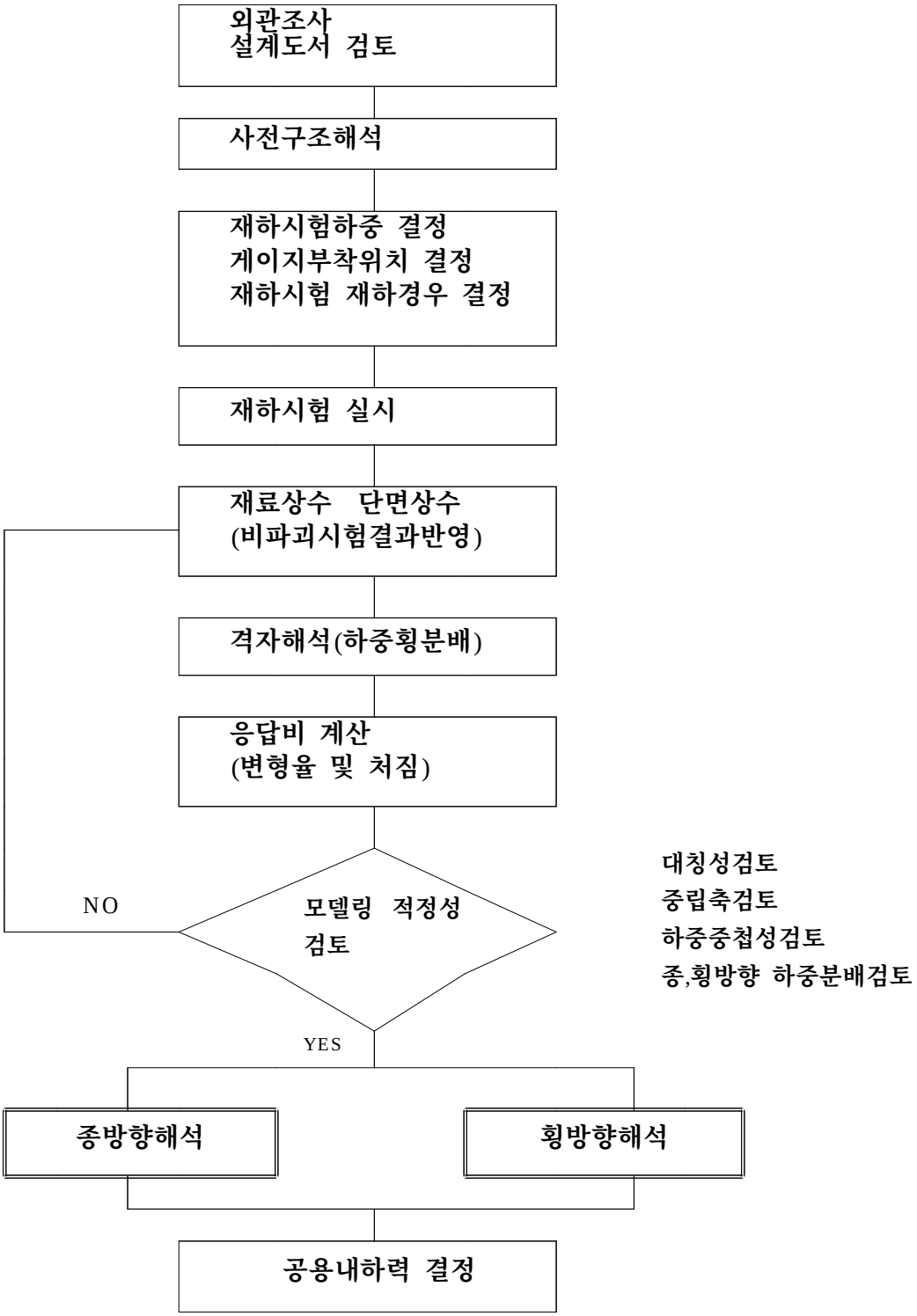
<콘크리트 상자형교 해석결과>



<교각 해석결과>

o **구조해석절차**

재하시험을 실시하는 경우의 구조해석 절차는 다음과 같다.



▷ 내하력 산정방법

현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교의 경우 강도설계법으로 설계되고 있다.
기존 교량의 내하력 산정에 있어서 신설 교량의 설계개념과 일관성을 기해야 한다.
최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 내하력 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

o 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

-내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i) 를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0 이된다.
사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.
고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 중성화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중을 사용한다.
허용응력법에 의한 내하율은 강부재의 내하력 산정시 사용한다.
허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{◦ 내하율(RF)} = \frac{\sigma_a - \sigma_d}{\sigma_l\ (1 + i)}$$

여기서, σ_a = 실측 허용응력
σ_d = 실측 고정하중에 의한 응력
σ_l = 설계 활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)에 의한 응력
i = 충격계수는 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용 한다.

-공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

• 공용내하력(P) = $K_s \times RF \times P_r$

여기서, K_s = 응력 보정계수 = $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1 + i_{계산}}{1 + i_{실측}}$ 또는

처짐 보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1 + i_{계산}}{1 + i_{실측}}$ 또는

$i_{계산}$ =도로교의 경우 도로교표준시방서, 철도교의경우 철도건설공사 표준시방서에 의한 충격계수

$i_{실측}$ =동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

$\varepsilon_{계산}$($\varepsilon_{실측}$) = 이론적인 변형률 (실측 변형률)

$\delta_{계산}$($\delta_{실측}$) = 이론적인 처짐량 (실측 처짐량)

o 강도설계법에 의한 공용내하력 평가

-내하율의 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정시 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15 가된다.

단면강도는 단면의 현재상태, 즉 재료강도와 단면손실등을 고려하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 및 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중(LS하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하율은 콘크리트 부재의 내하력 산정시 사용하는 것이 바람직하다.

• 내하율(RF) = $\frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1 + i)}$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트(강구조물 ϕ=1, RC•PC구조물의 휨부재 ϕ=0.85)

M_d = 실측 고정하중모멘트

중)에 의한 모멘트

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 충격계수로서 재하시험으로부터 실측한 최대충격계수를 사용함이 원칙이나 동적재하시험을 실시하지 않은 경우 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

-공용내하력의 산정

강도설계법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

- 공용내하력(P) = $K_s \times RF \times P_r$

여기서, Ks = 처짐보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

또는 응력보정계수 = $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

Pr = 설계활하중(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

▷ 내하력 산정사례

○ 구조해석

-개 요

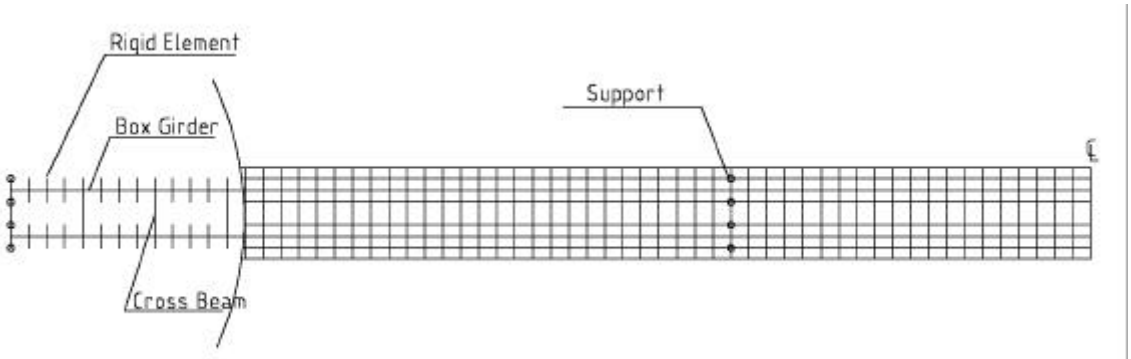
구조물이 보유하고 있는 내하력을 평가하기 위한 자료를 얻기 위하여 대상교량에 대해서 범용 구조해석 프로그램을 이용하여 구조해석을 수행하였다. 구조해석은 사하중, 재하차량에 의한 활하중 및 설계활하중으로 각각 구분하여 해석하였고 고유진동수를 구하기 위하여 동적해석을 수행하였다.
강상형교의 경우 비합성구조로 설계되어 있으나 재하시험결과 합성거동을 하는 것으로 판명되었다. 따라서 현재의 거동상태인 합성거동을 근거로 하여 내하력을 평가하였다.

-해석 모델

· 강상판형교(3@80m) 전체모델

강상판형교는 강상자형의 상부플레이트가 윤하중을 직접 지지하는 구조이다. 전체적인 거동은 일반적인 강상자형 교량과 같지만 윤하중을 지접 지지하는 강바닥판의 거동은 매우 복잡하여 엄밀한 해석을 할 필요가 있다. 그래서 동호대교 강상판형구간의 구조해석은 전체거동 해석과 바닥판거동 해석의 두 단계로 나누어서 해석하였다.

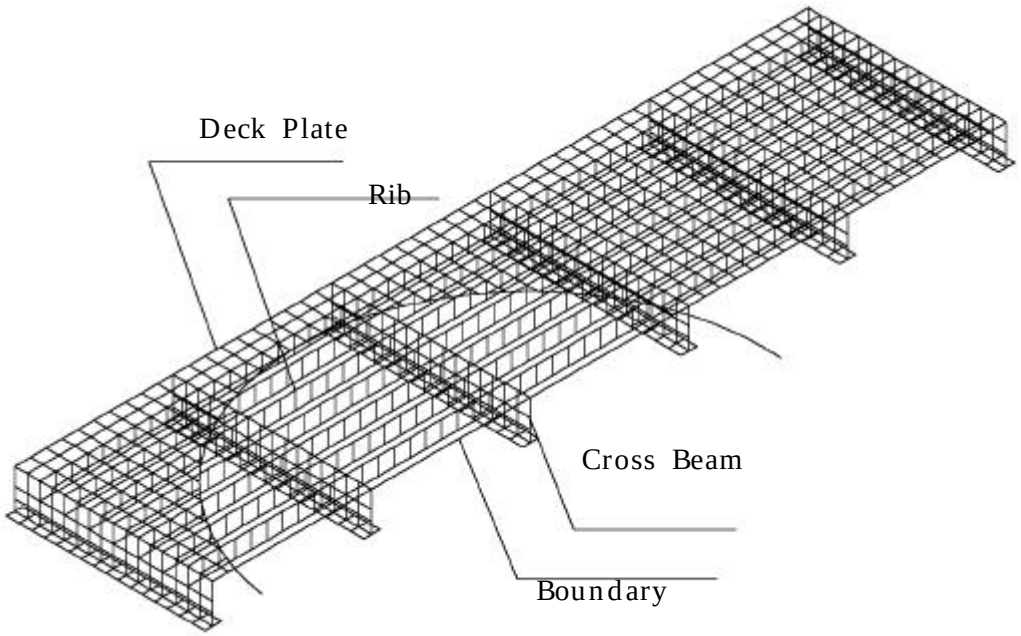
강상판형교의 모델로는 각 강상자형 전체를 보로 모델링하고 강상자형 폭 만큼의 강체요소(Rigid Element)를 도입한 Fish Spine Model을 사용하였다(그림 1.1).



<그림 1.1> 대상교량 전체모델

· 강상판형교(3@80m) 바닥판 모델

윤하중을 직접 지지하는 바닥판은 윤하중에 의한 직접적인 응력 뿐 만 아니라 횡형의 처짐에 의한 2차 응력이 발생된다. 이를 엄밀하게 해석하기 위하여 플레이트&쉘 요소를 사용하여 바닥판의 일부구간을 실제 형상과 가깝게 모델링하였다(그림 1.2).



<그림 1.2> OO대교 바닥판 모델

표 1.1은 Pellikan-Eslinger 방법과 그림 B.1.2의 유한요소 해석모델로 구한 결과치를 상호비교한 결과이다. FEM 해석결과가 Pellikan-Eslinger 결과보다 다소 낮은 값을 보이며 이는 윤하중의 횡분배차이에 기인하는 것으로 판단된다.

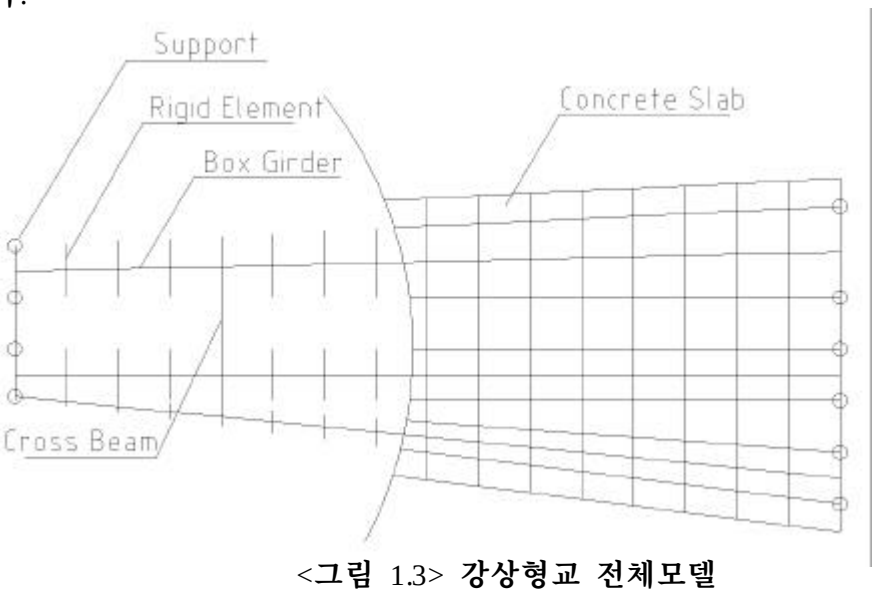
<표 1.1> Pellikan-Eslinger 방법의 결과와 FEM 결과의 비교

구 분		Pellikan-Eslinger		FEM	
		리브상단	리브하단	리브상단	리브하단
리브중앙	사하중	-3	9	-3	8
	활하중	-332	937	-205	759
리브지점	사하중	6	-17	6	-12
	활하중	169	-487	109	-316

· 강상형교(경간장 40m) 전체모델

합성형 강상자형교는 크게 콘크리트 바닥판 슬래브와 강재로 구분된다. 엄밀한 유한 요소를 수행하면 좋겠지만 강상자형 주형은 많은 2차 부재 즉, 종리브, 횡리브 등을 포함하고 있으므로 모델이 복잡해져 유한요소 해석 모델 구성에는 오류(Human Oriented Error)가 내재될 우려가 많다. 그리고 그릴리지 해석법을 채택할 경우 본 교량과 같이 합성형으로 구성된 교량에서 실제 거동을 반영하는 바닥판의 유효폭 반영 및 강성계산 또한 매우 번거로우며 오류 발생 소지가 있다. 따라서 본 과업에서는 바닥판 슬래브를 플레이트&쉘 요소를 사용하여 모델링 하였고, 강상자형은 빔요소를 사용하여 모델링 하였다. 그리고 강상자형 폭 만큼의 강체요소(Rigid Element)를 도입하여 이 강체요소를 바닥판 슬래브와 연결하는 방법으로 실제 바닥판 슬래브와 강재의 합성전 특성을 반영하였고, 강재주형을 주형의 도심만큼 편심시켜서 합성으로 인하여 발생되는 중립축 이동을 모델링 하였다(그림 1.3).

P_{17}의 신축이음부는 슬래브가 일체로 타설되어 있어서 단부구속효과가 발생된다. 그러나 본 구간의 해석모델에서는 안전측의 결과를 얻도록 단부구속효과를 제외하고 모델링하였다.



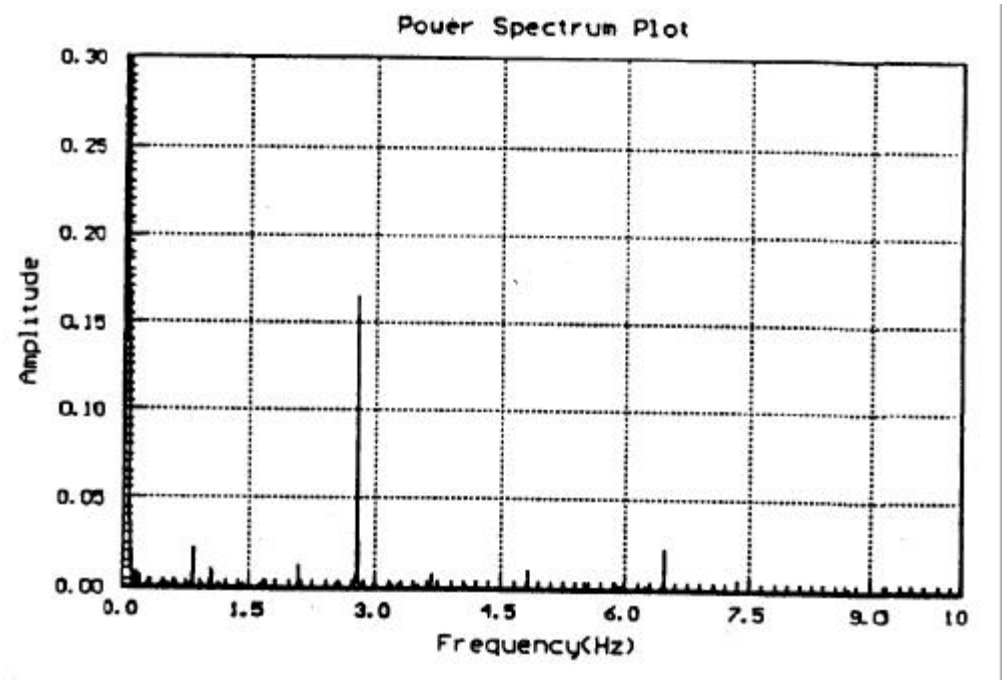
<그림 1.3> 강상형교 전체모델

o 재하시험

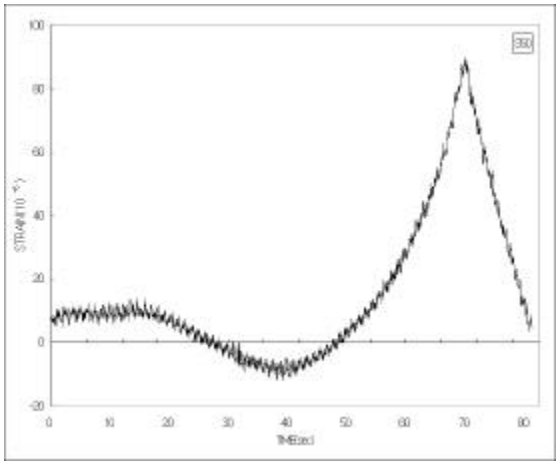
-개요

정적 재하시험을 통하여 교량의 실제거동에 대한 계측데이타를 얻고자 할 경우는 차량의 통행을 전면통제하여야 하는 제약이 있다. 재하시험 교량 예는 서울 도심에 위치하고 있어 주간은 물론, 심야에도 통행차량의 전면통제가 거의 불가능한 상황이다.

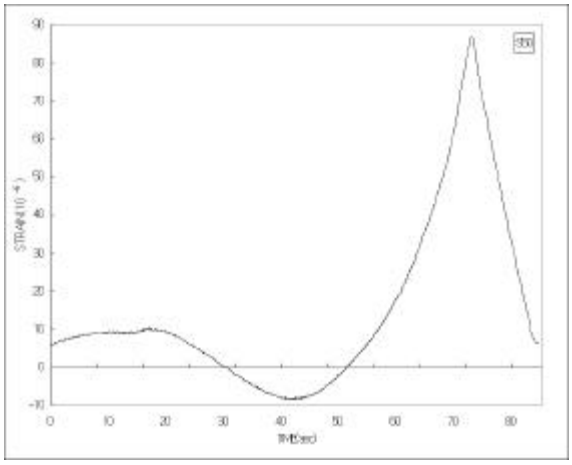
이와같이 차량통제가 거의 불가능한 상황하에서 정적재하시험 계측치를 획득하기 위하여 약 10km/ hr이하의 의사정적시험을 수행하며 일반차량은 통과시키는 방법을 채택하였다. 재하차량의 주행속도와 일반통행차량의 주행속도의 차이로 인하여 주파수 영역에서는 계측파형(그림 2.2(a))은 저주파영역에서는 재하차량의 영향, 고주파영역에서는 일반통행차량의 영향이 서로 분리된다. 따라서 고주파영역의 일반통행차량의 영향을 제거하기 위하여 0.5Hz 이상의 주파수를 필터링(Filtering)하면 정적재하시험의 결과를 얻을 수 있게 된다(그림 2.2(b)).



<그림 2.1> 의사정적 시험결과의 주파수 영역



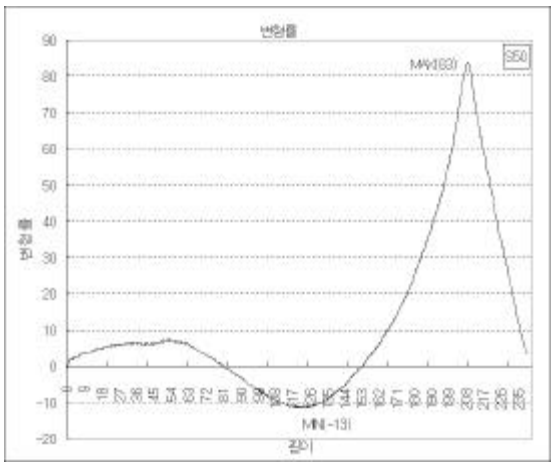
(a) 계측파형



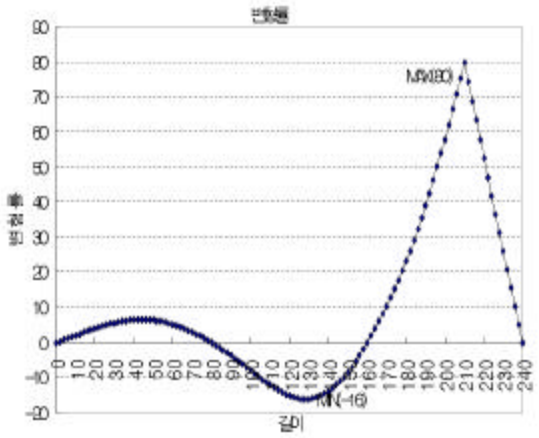
(b) 필터링 후 파형

<그림 2.2> 계측파형의 처리

의사정적시험을 통해 얻어지는 파형은 해당 지점의 변형률에 대한 영향선이다. 본 시험을 통해서 원하는 위치의 영향선을 얻을 수 있으며 그 지점에 작용하는 최대, 최소 응력과 응력의 변동률을 구할 수 있다. <그림 2.3>은 강상판형교인 50번 게이지에 대한 해석적으로 구한 영향선과 실측파형을 비교 도시한 결과이다.



(a) 실측치



(b) 계산 영향선

<그림 2.3> 계측파형의 비교

본 시험을 통해서

강상판교에서는

① 상자형 주형의 Shear Lag 효과
② 강바닥판의 거동
③ 두 개 주형의 횡분배 특성
④ 복부판 균열로 인한 거동특성
⑤ 충격계수 및 고유진동수를 계측하고,

강상형교에서는

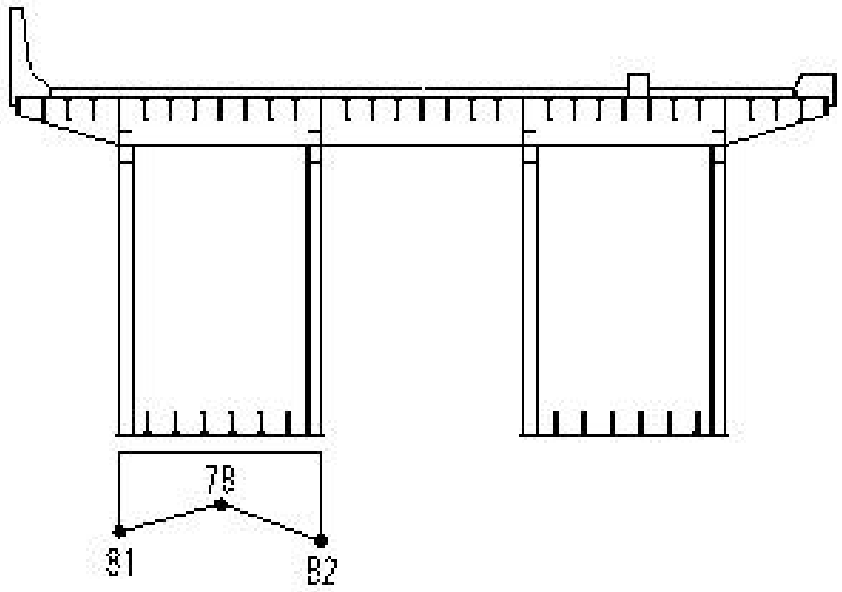
① 상자형 주형의 Shear Lag 효과
② 강상자형교의 합성거동
③ 다주형 거더의 횡분배 특성
④ 충격계수 및 고유진동수를 계측한다.

-시험결과

· 강상판교

1) 전단뒤짐

구조해석시나 단면 검토시 단면의 유효폭이 필요하게 되는데 전단뒤짐으로 인한 단면의 변형률 분포를 계측하면 유효폭에 대한 실측분석자료를 얻을 수 있다. 강상판교의 상부플랜지는 윤하중에 의한 영향 때문에 분석이 어려우므로 하부플랜지에 부착한 게이지의 계측치를 이용하였다. 지점부는 단면의 급변화와 지점집중하중의 영향 때문에 경간 중앙부의 값을 이용하여 <그림 2.3>과 같이 전단뒤짐현상을 도시하였다. 그 결과 단면 중앙에서 4%의 차이가 발생되었으며 시방서 계산상의 전폭유효가 타당하다고 판단된다.



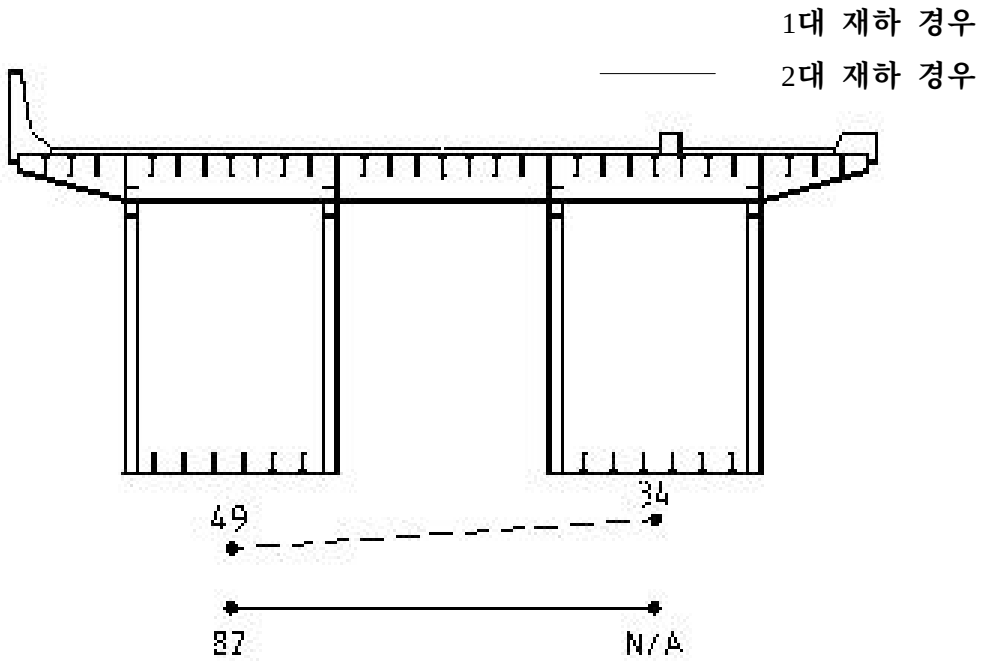
<그림 2.3> 강상판형교 정모멘트부의 전단뒤짐

2) 중립축

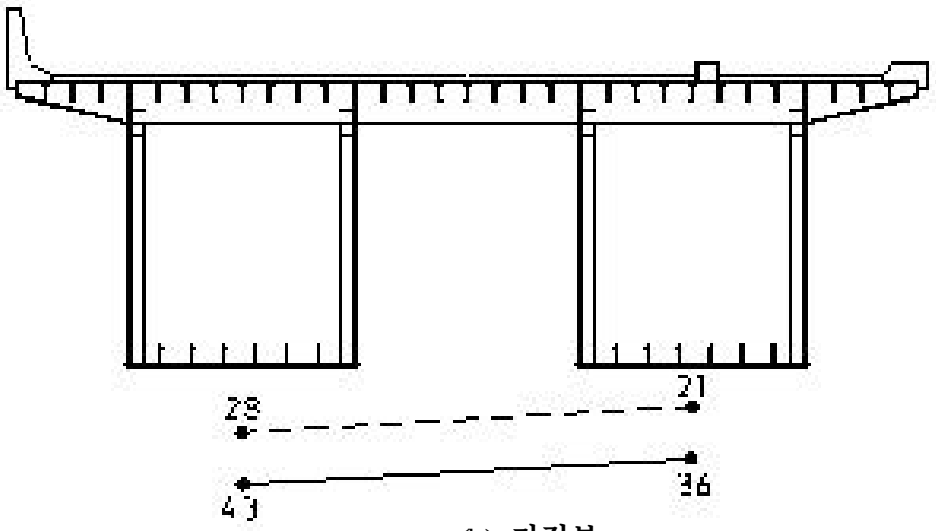
설계도서를 통해서 얻은 단면의 특성과 실제 단면의 특성이 일치하는지 판단하기 위하여 중립축의 위치를 계측하였다. 강상판형교는 윤하중으로 인하여 상부에 부착한 게이지의 계측값이 국부적으로 크게 영향을 받는다. 강바닥판에 작용하는 윤하중의 영향을 최대한 배제하기 위하여 1대 재하한 재하경우의 차량이 재하된 반대편 주형의 계측치를 읽어서 중립축을 계산하였다. 중앙경간에서는 해석치 152cm와 5%, 측경간에서는 해석치 144.5cm와 9%, 지점부에서는 해석치 287.6cm와 11%의 차이를 보이고 있다.

3) 횡분배 특성

좌우측 주형의 횡분배 특성을 파악하기 위하여 1대 재하한 경우인 재하 경우 1과 2대 재하한 경우인 재하 경우 6을 동시에 비교 도시하였다(그림 2.4). 2대 재하한 경우는 5:5에서 6:4, 1대 재하한 경우도 6:4의 양호한 횡분배 특성을 보이고 있다.



(a) 측 경간



(b) 지점부

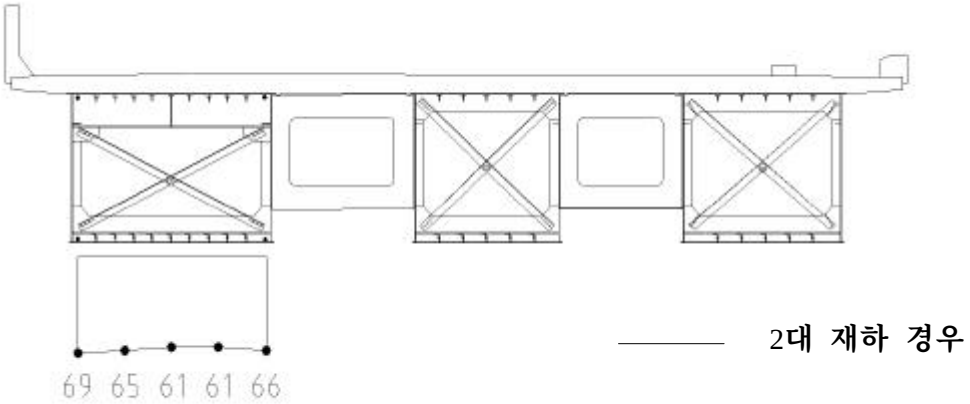
<그림 2.4> 강상판형교 부모멘트부의 횡분배 특성

· 강상형교

1) 전단뒤짐

본 교량은 P_{16}에서는 폭 10.2m, P_{17}에서는 17.1m로 확폭되는 교량이다. 처음에는 2개이던 강상자형이 3개로 늘어나면서 확폭이 이루어지게 된다. G_1의 경우 초기에는 2.5m에서 4.4m로 강상자형의 폭이 확폭된다. 경간중앙부에서 G_1의 폭은 3.45m이다.

이렇게 확폭된 강상자형의 전단뒤짐 현상을 계측하기 위하여 게이지를 하부플랜지에 일정간격으로 부착하였다. 상자형 주형의 하부플랜지에 대한 전단뒤짐을 도시한 결과 양단의 평균치를 기준으로 9.6%의 변화가 발생되었다.



<그림 2.5> 강상형교의 전단뒤짐

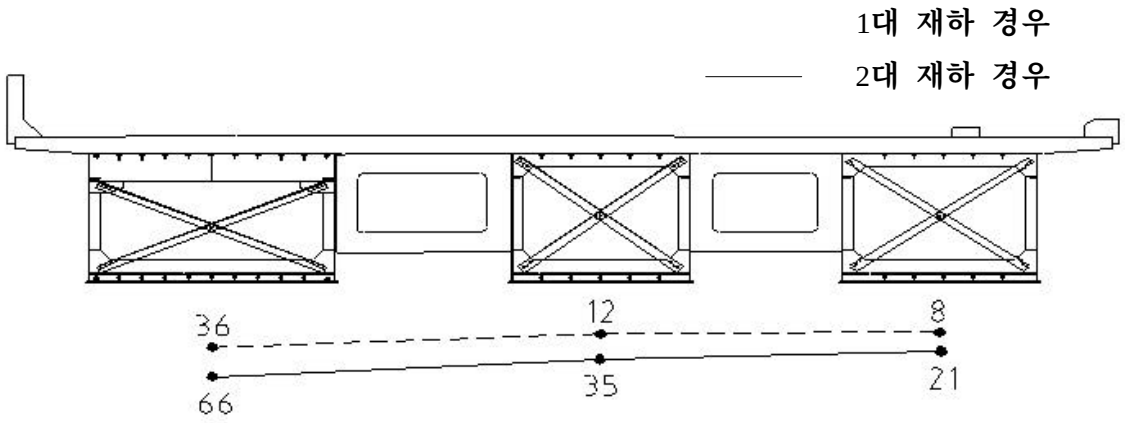
2) 중립축

본 교량은 비합성으로 설계되었으나 강상형과 바닥판 슬래브사이에 합성작용이 있으면 내하력이 증진되는 효과가 있으므로 합성거동 유무를 계측하였다.

본 시험에서는 의사정적시험을 통하여 획득한 시간연속적인 데이터를 이용하여 중립축을 산정하므로써 교량의 합성거동 여부를 평가하였다. 평가 결과 중립축 계산결과 콘크리트 바닥판 슬래브와 주형은 합성거동하고 있는 것으로 판단된다. 그러므로 차량재하에 대한 비교는 물론 내하력평가도 합성거동을 고려하여 이루어져야 할 것으로 판단된다.

3) 횡분배 특성

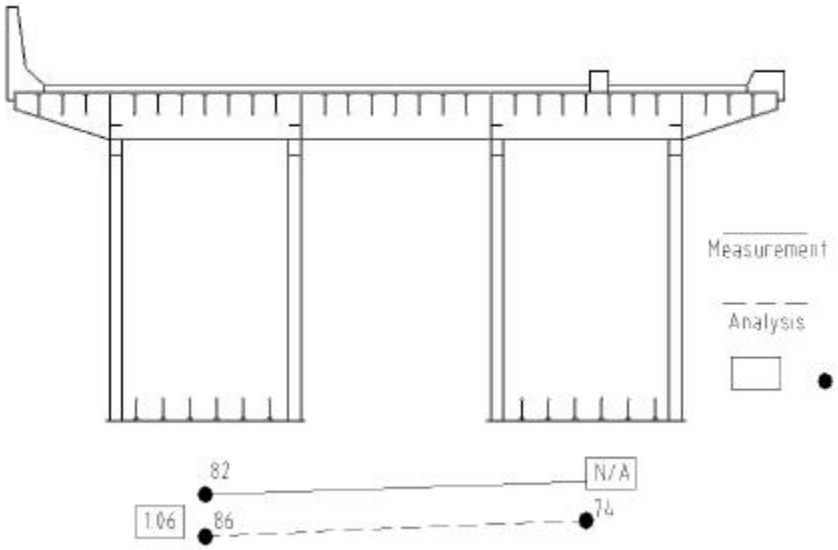
다주형거더의 횡분배특성을 파악하기 위하여 경간중앙에 부착한 게이지중 복부판 바로 아래에 부착된 게이지의 값을 평균하여 재하경우 1, 6번의 계측치를비교하였다. 본 교량의 횡분배는 1대 재하한 경우는 약 7:2:1, 2대 재하한 경우는 5:3:2의 비율로 이루어졌다(그림2.6).



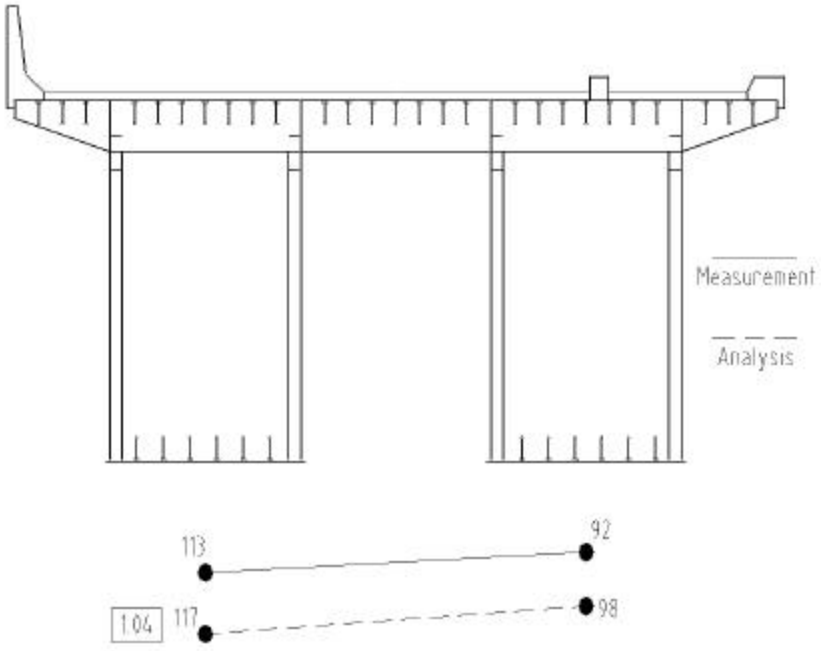
<그림 2.6> 강상형교의 횡분배 특성

o **계산치 대 실측치 비교**

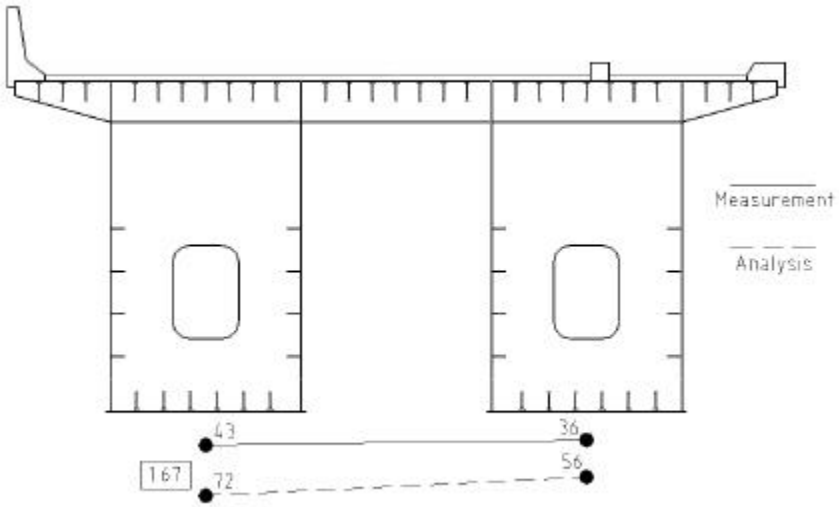
-강상판형교(3@80m)



<그림 3.1> 측경간의 계산/ 실측 비교



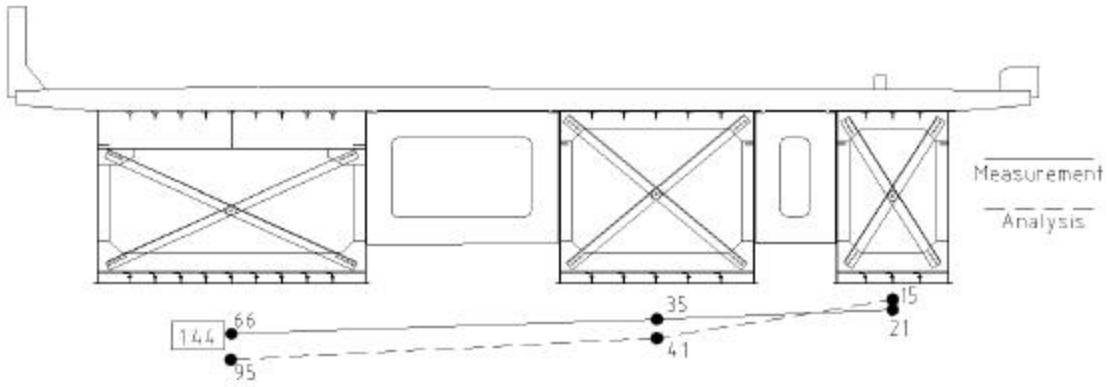
<그림 3.2> 중앙경간의 계산/ 실측 비교



<그림 3.3> 지점부의 계산/ 실측 비교

변형률의 계산/ 실측비는 측경간 1.06, 중앙경간 1.04, 지점부 1.67 등 계측을 실시한 모든 단면에서 실측치는 계산치보다 더 작으며, 실측 고유진동수 또한 계산치보다 더 크므로 의사정적 시험결과와 동특성 시험결과가 일관성을 보이고 있다.

-강상형교(40m 단순교)



<그림 3.4> 경간중앙의 계산/ 실측 비교

강상형교 또한 변형률의 계산/ 실측비는 경간 중앙에서 1.44 로서 실측치는 계산치보다 더 작으며, 실측 고유진동수 또한 계산치보다 더 크므로 의사정적 시험결과와 동특성 시험결과가 일관성을 보이고 있다.

o 내하력평가

본 교량을 구성하고 있는 교량들에 대한 구조검토를 실시한 결과 본 교량은 충분한 내하력을 보유하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 장에서는 재하시험이 실시된 구간에 대한 내하력평가를 수행하였다. 강상판형교는 측경간과 지점부를 평가대상으로 하였고, 강상형교는 중앙단면을 대상으로 하였다.

내하력평가 방법으로는 강재는 허용응력 평가법, 바닥판 콘크리트는 하중계수법으로 평가하였다. 계산/ 실측비는 구조해석편의 결과를 이용하였고, 충격계수비는 재하시험을 실시하여 얻은 결과이다. 양측 주형을 연결하는 횡형은 단순지간으로 가정하여 DB24하중을 재하시켜 얻은 모멘트보다 주형간 상대처짐에 의한 양단모멘트 값이 더 크므로 이에 대해 내하력평가를 수행하였다.

-응력보정계수

강상판형교의 주형은 전체거동과 윤하중으로 인한 강바닥판의 국부거동을 모두 고려하여야 한다. 전체거동에 대해서는 측경간, 중앙경간, 지점부의 값을 윤하중의 영향이 적은 상자형 하단에 부착한 게이지의 계산/ 실측으로부터 응력보정계수를 구하였다. 강바닥판의 국부거동에 대해서는 윤하중에 의한 바닥판의 거동을 계측한 중앙경간의 값으로부터 응력보정계수를 구하였다. 횡형의 내하력평가는 상자형 주형간의 상대처짐으로 인하여 발생되는 단면력에 대한 내하력평가를 수행하는데 안전측의 응력보정계수 1.00을 사용하였다.

<표 4.1> 강상판형교의 응력보정계수

구 분			재하시험 계산치(재하경우 6)		재하시험 실측치(재하경우 6)	K_s
			변형률	(1+i)	변형률	
거더	측경간	하단	86	1.125	82	1.06
	중앙경간	하단	117	1.125	113	1.04
	지점부	하단	-72	1.125	-43	1.618

강상형교 경간중앙단면의 계측치로부터 응력보정계수를 구하였다. 횡형의 응력보정계수는 안전측으로 1.00으로 하였다.

<표 4.2> **강상형교의 응력보정계수**

구 분	재하시험 계산치(재하경우 6)		재하시험 실측치(재하경우 6)	K_s
	변형률	(1+i)	변형률	
거 더	95	1.188	66	1.44

-공용내하력

· 강상판형교

<표 4.3> **강상판형교의 공용내하력**

구 분			허용응력	사하중응력	활하중응력		RF	K_s	P
					응력	(1+i)계산			
거 더	측경간	하단	1900	891	405	1.125	2.22	1.06	DL24이상
	중앙경간	하단	1900	111	462	1.125	3.44	1.04	DL24이상
	지점부	하단	1900	-906	-408	1.125	2.17	1.67	DL24이상
횡형	양호	하단	1900	71	200	1.3	7.04	1.0	DB24이상

· 강상형교

강상형교는 콘크리트 바닥판과 합성형으로 이루어져 있으므로 강재 주형과 콘크리트 바닥판의 내하력을 평가하였다. 강재의 허용응력은 1,900kg/ cm^2**이다.**

<표 4.4> **강상형교의 주형의 공용내하력**

구 분			허용 응력	사하중응력	활하중응력		RF	K_s	P
					응력	(1+i)계 산			
거더	G1	하단	1900	995	329	1.188	2.32	1.44	DB24**이상**
횡형		하단	1900	106	162	1.3	8.52	1	DB24**이상**

콘크리트 비파괴 시험결과 바닥판의 강도가 설계강도를 모두 상회하는 것으로 나타났으므로 설계강도 240kg/ cm^2**을 사용하였으며 철근량은 설계도면과 철근탐사결과가 일치하므로** A_s= 16cm^2/ m**를 사용하였다.**

<표 4.5> **콘크리트 바닥판의 내하력평가(단위** : tm/ m)

구 분	설계 휨 강도	사하중 모멘트	활하중 모멘트	충격계수 (1+i)	RF	Ks	공용내하력
주형사이	10.071	0.375	2.480	1.3	1.16	1.0	DB24**이상**
캔틸레버부	15.919	1.154	3.429	1.3	1.26	1.0	DB24**이상**