

# 가교량의 온도응력 평가

## Assessment of Thermal Stress in Temporary Bridge

박영훈<sup>1)</sup> · 이승용<sup>2)</sup> · 변윤주<sup>3)</sup> · 장동일<sup>4)</sup>  
Park, Young Hoon Lee, Seung Yong Byun, Yun Joo Chang, Dong Il

요약 : 교량의 신설 또는 보수를 위한 작업차량의 진출입로나 기존 통행차량의 우회를 목적으로 한시적으로 사용되는 가교량은 일반적으로 상부구조로 H-Beam, 하부구조로 H-Pile을 사용하여, 이를 각 부재를 고장력볼트로 연결한 강구조 형식을 채택하고 있다. 그러나 이러한 교량은 상부구조에 신축이음부를 두지 않고 있어 일일기온차에 의해 발생하는 온도응력이 전체 구조거동에 미치는 영향이 클 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구에서는 상부구조인 H-Beam에 온도와 변형률의 상시계측을 위한 모니터링 시스템을 도입하여 측정된 온도 및 변형률 데이터로부터 발생온도와 온도응력의 관계를 조사하였으며, 구조해석을 통한 이론치와의 비교를 실시하여 각 부재에서 발생하는 온도응력이 전체 구조거동에 미치는 영향을 평가하였다. 그 결과, 본 구조물에서 발생하는 응력의 변화는 부재의 온도변화에 의한 온도응력이 주원인인 것으로 나타났으며, 하부구조인 H-Pile의 충분한 교축방향 변위로 인하여 상부구조인 H-Beam의 온도변형 구속은 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 한편, 상부구조인 H-Beam간의 연결 강성이 충분하지 않아 전체 구조계보다는 부분 구조계에 대한 해석으로부터 얻어진 변형량이 측정 온도 및 응력으로부터 계산된 변형량과 잘 일치하는 것으로 나타났다.

ABSTRACT : The temporary steel bridges which are constructed for detour and constructional expediency are consisted of H-beams(as superstructure) and H-piles(as substructure). Because these members are fastened by high-tension bolts, there are no expansion joints in these bridges. So, these kinds of bridges have no system which can relieve the excessive thermal stress. In this investigation, monitoring system was set up at temporary steel bridge and stress and temperature changes of H-beam are monitored. From these measured data, it is analyzed that the relationship between ambient and

- 
- 1) 학생회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정
  - 2) 학생회원, 한양대학교 토목공학과 박사수료
  - 3) 정회원, (주)신성엔지니어링 기술연구소 소장
  - 4) 정회원, 한양대학교 공과대학 지구환경건설공학부 교수

---

본 논문에 대한 토의를 1998년 9월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

main-girder temperature change, between temperature and stress change. With these analyses, it is resulted that the thermal stress take main part of stress variation in this bridge and the restrain of thermal longitudinal displacement of H-pile. In addition, because the connection part of H-beam to H-beam is weak in the continuous spans, the sub-modelling is well apt to reflect the effect of thermal stress.

핵심용어 : 가교량, 모니터링 시스템, 온도하중, 온도응력, 구조해석

KEYWORDS : temporary bridge, monitoring system, thermal load, thermal stress, structural analysis

## 1. 서 론

교량의 설계에서 고려되는 온도하중은 구조물 전체의 온도변화에 의한 것과 구조부재간의 국부적인 온도차에 의한 것으로 나눌 수 있으며, 온도변화는 단기적으로는 일일 기온차와 장기적으로는 계절적인 온도변화에 의한 것으로 나누어 진다. 일반적으로 강교와 콘크리트교는 온도하중이 구조물에 미치는 영향이 비교적 크기 때문에 설계시 구조형식, 부재치수, 기온 등의 환경조건을 고려한 적절한 하중의 평가가 이루어져야 한다.<sup>1,2)</sup>

예를 들면, 교량의 신설 또는 보수를 위한 작업차량의 진출입로나 기존 통행차량의 우회를 목적으로 한시적으로 사용되는 가교량(假橋梁)은 일반적으로 상부구조로 H-Beam, 하부구조로 H-Pile을 사용하여, 이들 각 부재를 고장력 볼트로 연결한 강구조 형식을 채택하고 있다. 그러나 이러한 교량의 상부구조에는 신축이음부를 두지 않고 있어 일일기온차에 의해 발생하는 온도응력을 완화시킬 수 있는 구조적인 장치가 없어 부재에서 발생하는 온도응력이 전체 구조거동에 미치는 영향이 클 것으로 예상된다.

따라서, 본 연구에서는 공용 중에 있는 가교량을 대상으로 상부구조의 주형에 온도와 변형률의 상시계측을 위한 모니터링 시스템을 도입하여 일정 기간 동안 일정 간격으로 온도 및 변형률 데이터를 획득하여, 이를 토대로 대기온도와 주형 하

부 플랜지의 발생온도의 관계 및 발생온도와 온도응력의 관계를 조사하였다. 또한, 전체 구조계 및 부분 구조계에 대한 구조해석을 통하여 이론치와의 비교를 실시하였으며, 각 부재에서 발생하는 온도응력이 전체 구조거동에 미치는 영향과 온도응력에 영향을 미치는 제 인자를 평가하였다.

## 2. 대상 구조물의 개요

본 연구의 대상 구조물은 그림 1과 같이 교량 건설시 교각 시공을 위한 작업차량의 진출입을 위하여 가설된 총연장 457.5m의 가교량이다. 경간장은 양 시점부 2경간은 3.75m, 나머지 경간은 각 5m로 총 92경간으로 구성되어 있다. 하부구조는 그림 2와 같이 교축직각 방향 2m 간격으로 5개의 H-Pile(H-350×350×12×29mm)이 종형(L-90×90×10mm), 횡형(└-300×90×9×13mm) 및 사재로 연결되어 하나의 교각을 형성하고 있다. 상부구조는 H-Pile 상단에 H-Beam(H-612×202×13×13mm)이 교축방향으로 설치되어 있고, 차량통행을 위하여 H-Beam 위에 복공판이 설치되어 있다. 한편, 주형과 교각은 고장력볼트(M22, F10T)로 연결되어 있으며, 사재와 횡형은 용접연결되어 있다.

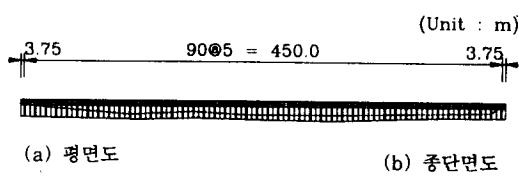


그림 1. 평면도 및 종단면도

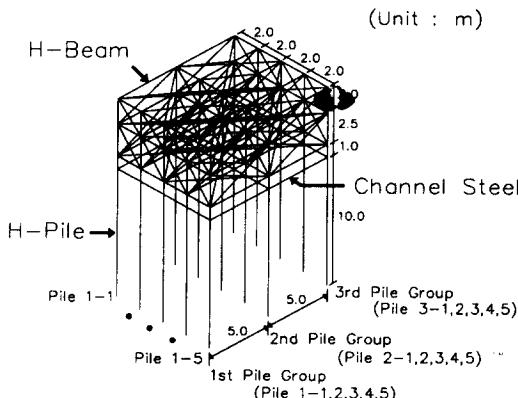


그림 2. 교량 부분구조 상세도

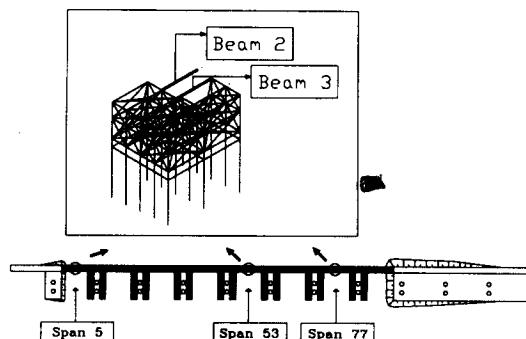


그림 3. 계측기기 설치 위치

### 3. 모니터링 시스템의 구성

모니터링 시스템의 구성은 그림 3과 같이 총 5개소의 H-Beam 하부 플랜지에 온도계와 변형률 게이지를 1set로 구성하여 설치하였다(사진 1 참조). 데이터 수집장치는 교량에서 약 1.5km 떨어

진 현장사무실에 설치하였다. 데이터 수집장치까지의 전송은 케이블을 사용하였으며, 데이터의 손실을 막기 위해 중간에 정적 신호 증폭기를 설치하였다.



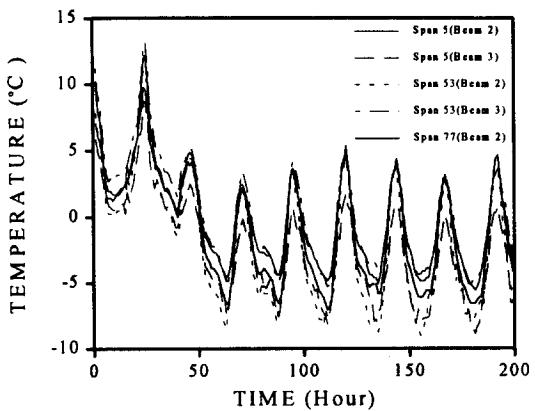
사진 1. 계측기기 부착현황

한편, 측정 시스템은 형상관리 개념을 적용하였으며, 활하중의 영향을 배제하고 순수 온도하중의 영향만을 측정하기 위하여 정적모드를 채택하여 1시간 간격으로 데이터를 획득하였다. 본 연구에서는 1996년 2월 13일 18시부터 2월 22일 01시까지 200시간 동안의 측정 데이터를 이용하여 분석을 실시하였다.

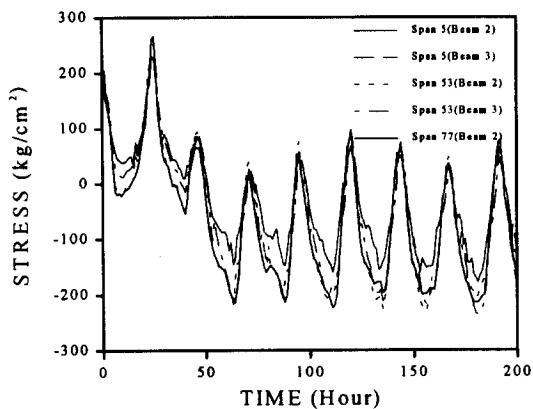
### 4. 측정 결과

H-Beam 하부 플랜지에 부착된 온도계 및 변형률 게이지로부터 측정된 온도 및 응력 데이터는 그림 4와 같다. 한편, 측정응력은 측정된 변형률과 설계계산에 사용되는 강재의 탄성계수인  $2.1 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$ 을 이용하여 계산하였다.

그림 4에 나타낸 H-Beam 하부 플랜지의 온도 및 응력 데이터를 살펴보면, 온도의 변화는 약  $-9 \sim 13^\circ\text{C}$  사이에서 주기적으로 변화하는 양상을 나타냄을 알 수 있으며, 응력의 변화는  $-220 \sim 270 \text{kg/cm}^2$  사이로 온도와 유사한 변화 양상을 나타냄을 알 수 있다.



(a) 온도 데이터



(b) 응력 데이터

그림 4. 온도 및 응력 데이터

한편, 측정기간 동안의 대기온도의 변화와 측정온도의 최대, 최소치의 변화를 비교하면 그림 5와 같다.

그림 5로부터 측정온도는 측정위치에 따라 최대 약 5°C 정도의 차이는 있으나, 거의 일치하는 경향을 나타냄을 알 수 있다. 또한, 이들의 평균치와 대기온도를 비교하면 유사한 변화 양상을 나타내어, 주형의 온도변화는 대기온도의 변화와 일치함을 알 수 있다.

한편, 부재의 온도변화와 발생응력의 관계의 일례를 나타내면 그림 6과 같다.

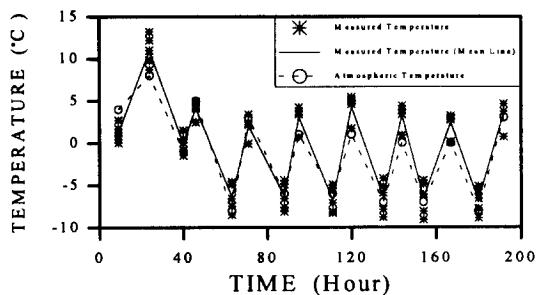
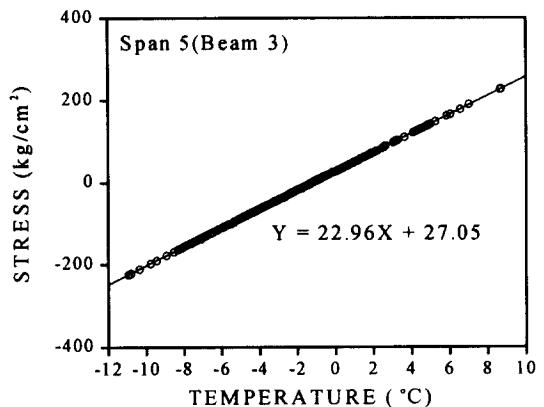
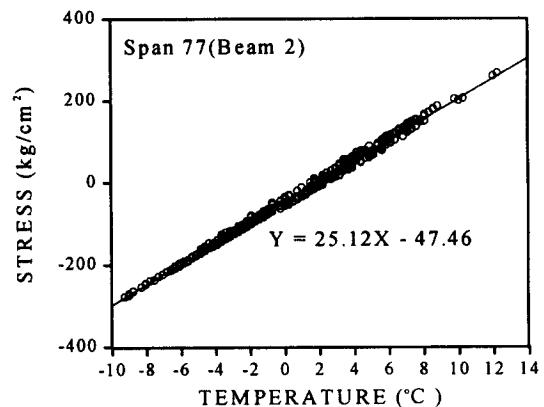


그림 5. 측정온도와 대기온도



(a) 측정경간 5(Beam 3)



(b) 측정경간 77(Beam 2)

그림 6. 측정온도와 발생응력의 관계

그림 6으로부터 측정온도와 발생옹력의 관계는 거의 직선적인 관계를 나타내고 있어 부재에 발생하는 응력은 주로 온도하중에 의한 것임을 알 수 있다.

측정된 응력 및 온도의 변화량을 토대로 강재의 이론적인 탄성계수 및 온도팽창계수(3)를 고려하여 식 (1) 및 (2)와 같이 예상 변형량을 구하였으며, 그 결과를 표 1에 나타내었다.

$$\text{응력에 의한 변형량} = \frac{\Delta\sigma \times L}{E} \quad (\text{cm}) \quad (1)$$

$$\text{온도에 의한 변형량} = \alpha \times \Delta T \times L \quad (\text{cm}) \quad (2)$$

여기서,  $\Delta\sigma$ 는 응력의 변화량, L은 지간(H-Beam)의 길이, E는 강재의 탄성계수( $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ),  $\alpha$ 는 강재의 온도팽창계수( $12 \times 10^{-6}$ ),  $\Delta T$ 는 온도의 변화폭이다.

로서 이들의 각각의 평균치를 식 (1)과 식 (2)에 대입하여 구한 예상 변형량이  $0.119\text{cm}$ 로 서로 동일하게 나타남을 알 수 있다. 따라서, 상부구조인 H-Beam과 하부구조인 H-Pile이 고장력 볼트로 강결되어 있어도 온도변화에 의해 자유로운 변형이 발생함을 알 수 있다.

한편, 그림 6의 온도와 응력의 관계를 회귀분석한 결과와 강재의 열팽창계수, 탄성계수를 고려한 이론적인 계산옹력을 표 2에 나타내었다. 여기서, Y는 온도응력( $\text{kg/cm}^2$ ), X는 온도변화량( $^\circ\text{C}$ )을 나타낸다.

표 2를 살펴보면, 실제 측정된 응력의 회귀분석 결과와 온도에 따른 응력변화의 기울기의 평균은 23.34, 이론적인 계산식에 의해서는 25.2로 이를 비교하면 약 7%의 오차를 보이고 있어 H-Beam의 측정 온도응력은 이론치와 대체로 잘 일

표 1. 응력 및 온도의 변화에 의한 예상 변형량

ID.	측정응력의 변화폭, $\Delta\sigma$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	측정온도의 변화폭, $\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	식(1)에 의한 예상 변형량 (cm)	식(2)에 의한 예상 변형량 (cm)
측정경간 5(Beam2)	450	15.2	0.107	0.091
측정경간 5(Beam3)	500	21.0	0.119	0.126
측정경간 53(Beam2)	505	21.7	0.120	0.130
측정경간 53(Beam3)	540	21.2	0.129	0.127
측정경간 77(Beam2)	495	20.5	0.118	0.123
평균	498	19.9	0.119	0.119

표 2. 온도와 발생옹력 변화의 회귀분석 결과

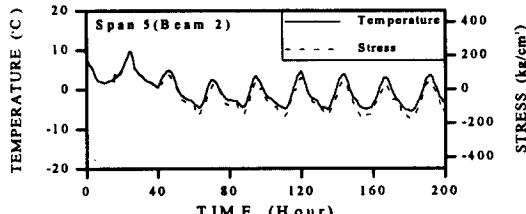
ID.	회귀 분석식	표준편차	온도변화에 따른 계산옹력 ( $\text{kg/cm}^2$ )
측정경간 5(Beam2)	$Y = 17.86X - 27.33$	0.71	$Y = 25.2X$
측정경간 5(Beam3)	$Y = 22.96X + 27.05$	0.99	
측정경간 53(Beam2)	$Y = 23.91X - 14.43$	0.99	
측정경간 53(Beam3)	$Y = 26.86X - 58.65$	0.99	
측정경간 77(Beam2)	$Y = 25.12X - 47.46$	0.99	

표 1을 살펴보면 각 위치별로 응력의 변화폭은  $450\sim 540\text{kg/cm}^2$ , 온도의 변화폭은  $15.2\sim 21.7^\circ\text{C}$

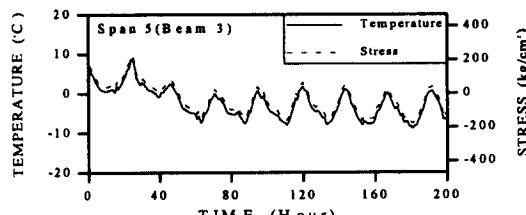
치함을 알 수 있다.

한편, 주형 하부 플랜지에 부착된 변형률 계이

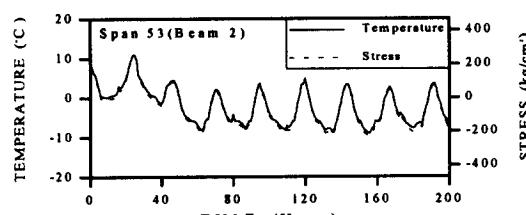
지 및 온도계로부터 측정된 응력 및 온도 데이터를 각 측정위치별로 나타내면 그림 7(a)~(e)와 같다.



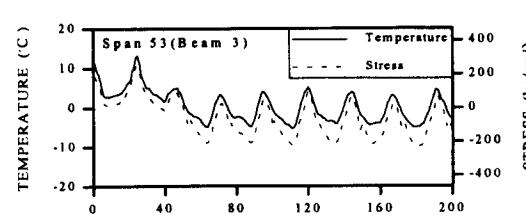
(a) 측정위치 5(Beam 2)



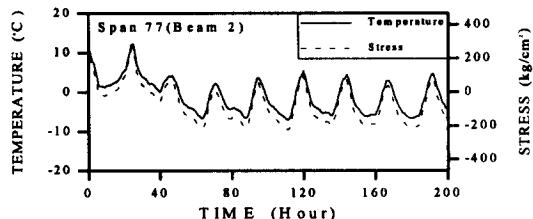
(b) 측정위치 5(Beam 3)



(c) 측정위치 53(Beam 2)



(d) 측정위치 53(Beam 3)



(e) 측정위치 77(Beam 2)

그림 7. 측정위치별 온도 및 응력 데이터

그림 7을 살펴보면 측정위치별로 응력과 온도는 거의 동일한 변화 양상을 나타내고 있어 본 구조물에서 발생하는 온도변화에 따른 응력의 변화는 각 부재의 온도변화에 의한 온도응력이 주원인인 것으로 판단된다.

## 5. 구조해석

### 5.1 전체 구조계에 대한 구조해석

실제 온도변화가 구조거동에 미치는 영향을 해석적으로 평가하기 위하여 그림 8과 같이 전체 구조계에 대해 각 부재를 3차원 빔요소로 모델링하여 구조해석을 실시하였다. 구조해석 시 팩키지는 SAP 90을 사용하였으며, 온도 하중은 측정된 온도 변화폭의 평균치인 19.9°C의 온도변화를 전

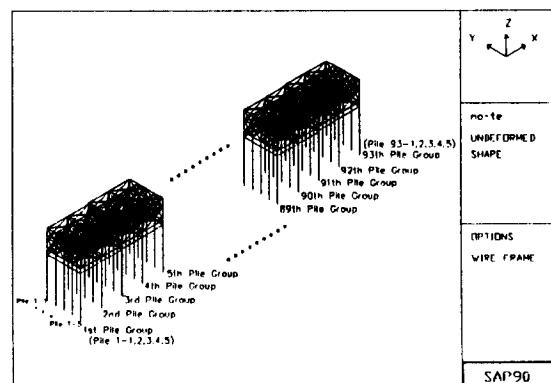


그림 8. 전체 모델링

부재에 주었다. 여기서, 온도변화 기울기는 일정한 것으로 가정하였다.

전체 구조계에 대한 해석 결과, 상부구조인 H-Beam의 온도변형의 누적에 의해 교량 시점(1st H-Pile Group) 및 종점(93th H-Pile Group)의 H-Pile에서 가장 큰 교축방향의 변위가 발생하였으며, 그 값은 표 3과 같다.

표 3. 전체 구조계에 대한 해석시 H-Beam의 교축방향 변형량 및 H-Pile의 변위

항 목	H-Beam의 교축방향 변형량 및 H-Pile의 변위 (cm)
구조해석에 의한 변형량	4.83
측정용력(식(1))에 의한 변형량	5.45
측정온도(식(2))에 의한 변형량	5.45

표 3의 결과를 살펴보면, 구조해석시 측정된 온도변화폭( $19.9^{\circ}\text{C}$ )과 동일한 온도하중으로 주었으나 오히려 해석에 의한 변형량이 측정용력 및 측정온도를 근거로 산출한 변형량 보다 약 13% 정도 작게 발생하였다. 이는 실제 교량에 있어 H-Beam과 H-Pile의 연결이 고장력볼트 연결로 이루어져 있어 필연적으로 수반되는 구멍 틈새(clearance)의 영향, 무도장에 따른 급속한 부분 척 부식 등에 의하여 완전강절이 이루어지지 않지만, 450m의 연속빔으로 처리된 H-Beam과 교각인 H-Pile의 연결부가 교각수와 마찬가지로 5m 간격으로 93곳이며, 이를질 유입에 따른 연결부의 일체화를 고려할 때, H-Beam과 H-Pile의 연결부를 완전강절로 처리한 구조해석시의 가정의 오차를 어느 정도 고려한다고 하여도, 실제 교량에서는 해석 결과 보다 더 자유로운 온도변형이 발생함을 알 수 있다.

## 5.2 부분 구조계에 대한 구조해석

전체 구조계에 대한 구조해석 결과를 토대로 보다 실제 거동에 가까운 해석을 위하여 그림 9

와 같이 부분 구조계에 대한 구조해석을 실시하였다. 부분 모델링은 여러 가지 경간 형태에 있어 상대적으로 가장 큰 온도의 영향을 받을 것으로 예상되는 형태를 선택하였으며, 온도하중은 전체 모델링과 동일한  $19.9^{\circ}\text{C}$ 를 주었다. 구조해석 결과 변위 형상은 그림 10과 같다.

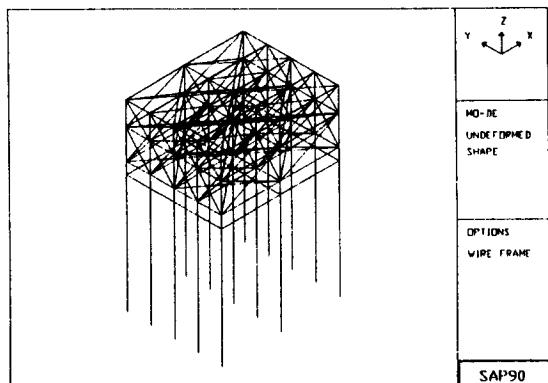


그림 9. 부분 모델링

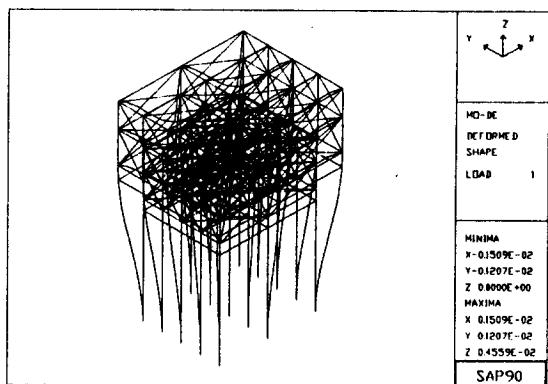


그림 10. 변위 형상

그림 10을 살펴보면, 부분 모델링에 의한 해석 결과는 전체 모델링에 의한 해석 결과와 동일한 변위 형상이 발생하였으며, 상부구조인 H-Beam에서는 온도변형은 발생하였으나 온도용력은 발생하지 않았다. 부분 구조계에 대한 구조해석 결과

H-Beam의 교축방향 변형량 및 H-Pile의 변위를 측정用力 및 측정온도에 의한 변형량과 비교하면 표 4와 같다.

표 4. 부분 구조계에 대한 해석시 H-Beam의 교축방향 변형량 및 H-Pile의 변위

항 목	H-Beam의 교축방향 변형량 및 H-Pile의 변위 (mm)
구조해석에 의한 변형량	0.120
측정用力(식(1))에 의한 변형량	0.119
측정온도(식(2))에 의한 변형량	0.119

표 4로부터 구조해석에 의한 변위량은 측정用力 및 측정온도에 의한 변위량과 거의 일치하고 있어, 온도用力의 평가는 전체 구조계 보다는 부분 구조계에 대한 해석이 더 효율적임을 알 수 있다. 이는 상부구조인 H-Beam간의 연결시 이음판을 사용하여 고장력 볼트로 체결하나, 실제 사용된 이음판의 크기가 H-Beam의 복부판 높이의 60% 정도에 지나지 않고 체결된 볼트수도 제한되어, 연결부에서는 연속교로서의 충분한 강성을 가지지 못하는 이유인 것으로 판단된다. 따라서, 이러한 원인으로 하부구조인 H-Pile에 자유로운 교축방향 변위가 발생하여 상부구조인 H-Beam의 온도변형에 따른 온도用力의 발생을 방지하는 것으로 판단된다.

## 6. 온도用力의 발생에 영향을 미치는 여러 인자의 평가

가교랑에서 발생하는 온도用力을 측정 및 해석을 통하여 평가한 결과, 하부구조인 H-Pile이 온도하중에 가장 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다. 따라서, H-Pile의 온도用力 발생에 미치는 여러 인자들의 영향을 평가하기 위하여 분석을 실시하였으며, 이때 해석 모델링은 그림 9에 나타낸 부분 구조 모델링을 이용하였고, 25°C의 온도변화를 온도하중으로 고려하였다.

### 6.1 H-Pile의 높이 변화에 따른 영향

가교랑의 실제 시공에서 가장 큰 변수가 될 수 있는 H-Pile의 높이의 변화에 따른 온도用力을 분석하기 위하여 그림 2에 나타낸 1st H-Pile Group의 하단에서 첫번째 L-형강까지의 높이를 10, 15 및 20m로 변화한 경우에 대해 구조해석을 실시하였으며, 그 결과를 표 5와 그림 11에 나타내었다.

표 5. H-Pile의 높이 변화에 따른 응력변화

H-Pile의 높이	파일 번호	온도 응력 (kg/cm <sup>2</sup> )
10m	H-Pile 1-1	75.16
	H-Pile 1-2	41.64
	H-Pile 1-3	8.24
15m	H-Pile 1-1	35.14
	H-Pile 1-2	19.30
	H-Pile 1-3	3.90
20m	H-Pile 1-1	20.61
	H-Pile 1-2	11.17
	H-Pile 1-3	2.17

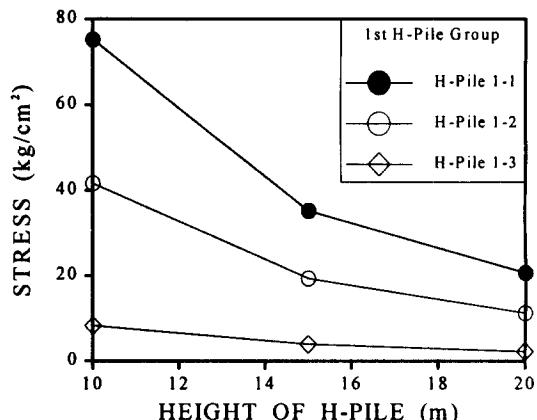


그림 11. H-Pile의 높이 변화에 따른 응력변화

표 5와 그림 11로부터 H-Pile의 높이가 커질수록 온도用力이 작게 발생함을 알 수 있으며, 이러한 관계를 회귀분석하여 보면 다음 식 (3)과

같은 선형적인 관계가 얻어진다.

$$\sigma_{thermal} = \left[ \left( \left( \frac{y_s}{I_s} \right) \times (17.39 \times h^{-1.89}) \right) + \left( \left( \frac{y_p}{I_p} \right) \times (38.48 \times h^{-1.87}) \right) \right] \times \frac{\Delta T}{25} \quad (3)$$

여기서,  $I_s$ 는 H-Pile의 교축 직각방향에 대한 이차모멘트,  $I_p$ 는 H-Pile의 교축방향에 대한 이차모멘트,  $y_s$ 는 H-Pile의 교축 직각방향의 중립축 거리,  $y_p$ 는 H-Pile의 교축방향의 중립축 거리,  $\Delta T$ 는 예상되는 강재의 온도 변화량,  $h$ 는 H-Pile의 높이이다.

## 6.2 연속 경간수의 변화에 따른 영향

본 구조물은 길이 11m의 H-Beam을 사용하여 경간장을 5m로 시공하였기 때문에 최대 2경간 연속으로 이루어져 있으나, 상황에 따라서는 H-Beam의 길이의 변화에 의해 연속 경간수는 증가될 수 있다. 따라서, 연속 경간수의 변화에 따른 H-Beam의 변형량 및 H-Pile의 온도응력의 영향을 표 6과 그림 12에 나타내었다.

표 6. 연속 경간수의 증가에 따른 변형량 및 온도응력

분석경우	파일 번호	H-Beam의 변형량(mm)	H-Pile의 온도응력(kg/cm <sup>2</sup> )
2경간 연속	H-Pile 1-1	1.50	75.14
3경간 연속	H-Pile 1-1	2.25	79.48
4경간 연속	H-Pile 1-1	3.30	83.83

표 6과 그림 12를 살펴보면 연속 경간수의 증가에 의해 H-Beam의 변형량 및 H-Pile의 온도응력이 증가함을 알 수 있다. 따라서, 온도변形에 의한 H-Beam의 추가적인 응력발생을 억제하기 위해서는 H-Pile의 교축방향의 변위에 대한 구속이 이루어지지 않아야 한다. 만일 이러한 변위가 완전히 구속될 경우에는 H-Beam에 사하중 및

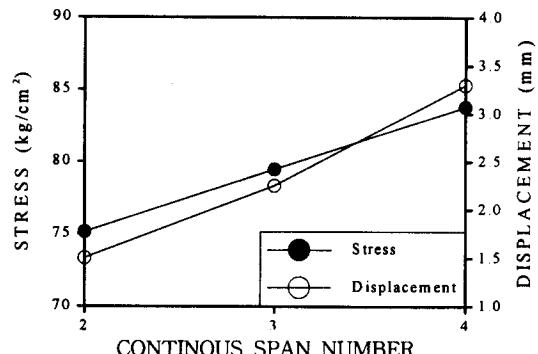


그림 12. 연속 경간수의 변화에 따른 변형량 및 온도응력

활하중외에 추가적으로 상당한 크기의 온도하중이 작용할 것으로 판단되며, 이는 H-Beam의 단면적과 길이, 온도변화에 의존한다. 예를 들면, 본 해석에서 H-Pile의 변위가 완전히 구속될 경우에는 약 104.8tonf의 축력이 작용하여 약 624.0kg/cm<sup>2</sup>의 온도응력이 발생함을 예상할 수 있다. 따라서 본 구조물과 같이 상부구조와 하부구조가 고장력볼트로 강결된 구조에서는 과다한 온도응력의 발생을 억제하기 위해서 연속 경간 사이에 최소한의 시공간격이 필요하며, 그 간격은 해석 결과로부터 다음 식 (4)와 같이 경간의 길이, 예상되는 온도변화 및 연속 경간수를 고려하여 결정되어야 할 것이다.

$$D(\text{mm}) = 2 \times L \times \Delta T \times \alpha \times (0.44X + 0.233) \quad (4)$$

여기서,  $L$ 은 상부구조 경간장,  $\Delta T$ 는 예상되는 온도변화량,  $\alpha$ 는 강재의 열팽창계수,  $X$ 는 연속 경간수이다.

## 6.3 활하중 및 온도변화폭에 따른 영향

본 연구에 있어서 사용된 측정 데이터는 비교적 일교차와 절대온도가 낮은 2월중에 측정된 데이터로서, 실제 일교차가 큰 봄철과 일조량이 많은 여름에는 보다 더 높은 온도응력이 예상된다.

표 7. 최대 활하중 응력

파일 번호	작용 압축력 (tonf)	최대 활하중 응력 (kg/cm <sup>2</sup> )
H-Pile 1-1	16.31	75.60
H-Pile 1-2	13.09	55.67
H-Pile 1-3	7.27	21.30

표 8. 온도 변화폭의 증가에 따른 온도응력

파일 번호	온도하중의 변화에 따른 온도응력 (kg/cm <sup>2</sup> )		
	$\Delta T = 25^\circ\text{C}$	$\Delta T = 30^\circ\text{C}$	$\Delta T = 35^\circ\text{C}$
H-Pile 1-1	75.2	90.2	105.2

따라서, 실제 공용하는 일반 차량에 의해 발생 가능한 최대 활하중 응력과 온도 변화폭에 따른 온도응력의 관계를 해석적으로 비교하기 위하여 총 중량 30tonf인 덤프트럭을 대상으로 구조해석을 실시하였다. 그 결과, 하부구조인 H-Pile의 최대 활하중 응력과 온도 변화폭의 증가에 따른 온도응력을 각각 표 7 및 표 8에 나타내었다.

표 8을 살펴보면 온도하중의 변화폭의 증가에 따라 H-Pile에서 발생하는 온도응력은 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있으며, 이를 표 7에 나타낸 최대 활하중 응력인 75.6kg/cm<sup>2</sup>와 비교하면, 온도하중의 변화폭이 30°C 이상인 경우에는 H-Pile의 온도응력이 최대 활하중 응력 보다 커짐을 알 수 있다.

## 7. 결 론

(1) 모니터링 시스템을 이용하여 상부구조인 H-Beam의 발생온도 및 응력을 측정한 결과, H-Beam의 발생온도는 대기온도의 변화와 유사한 변화양상을 나타내었다. 한편, 측정위치별로 온도와 응력은 거의 동일한 변화 양상을 나타내고

있어 본 구조물에서 발생하는 응력의 변화는 부재의 온도변화에 의한 온도응력이 주원인인 것으로 판단된다.

(2) 본 구조물은 상부구조인 H-Beam과 하부구조인 H-Pile이 고장력볼트로 연결되어 있으나, H-Pile의 충분한 교축방향 변위로 인하여 H-Beam의 온도변형 구속은 이루어지지 않는 것으로 나타났다.

(3) 전체 구조계 및 부분 구조계에 대한 구조해석 결과, 상부구조인 H-Beam간의 연결 강성이 충분하지 않아 부분 구조계에 대한 해석으로부터 얻어진 변형량이 측정 온도 및 응력으로부터 계산된 변형량과 잘 일치하는 것으로 나타났다.

(4) 가교량의 시공에 있어 상부구조가 장경간이나 다경간 연속으로 이루어질 경우에는 H-Beam의 과다한 온도응력의 발생을 피하기 위해서 H-Pile의 자유로운 교축방향의 변위가 이루어질 수 있도록 상부구조에 어느 정도의 시공간격을 두는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- (1) 北尺正彦, 久保雅邦, 川北司郎, 石田良三, 中島裕之, “鋼製橋脚における構造物溫度の實測と溫度荷重の検討”, 橋梁と基礎, 1986. 11, pp.23~27.
- (2) Joseph C. Reynolds and Jack H. Emmanuel, "Thermal stresses and movement in bridges", Journal of the Structural Division, Proceedings of the ASCE, Vol. 100, No. ST1, Jan., 1974, pp.63~78.
- (3) 건설교통부, “도로교 표준시방서 - 설계/시공 및 유지관리편 -”, 1996, pp.65~67.

(접수일자 : 1998. 1. 3)