

인천대교 기초 매스콘크리트의 수화열 제어 사례

The Control of Hydration Heat in the Foundation Mass Concrete in Incheon Bridge



최고일*
Ko-Il Choi



송필용**
Pil-Yang Song



안상섭***
Sang-Seop Ahn

1. 개요

인천대교의(그림 1) 기초는 현장타설 말뚝위에 기초가 시공되는 사장교와 접속교, 그리고 일부 구간은 파일벤프로 이루어진 고가교로 구성되어 있다. 특히 기초가 되는 파일캡은 <표 1>과 같이 콘크리트 거푸집인 PC House에 기초 본체가 타설되는 다양한 크기의 매스콘크리트로 구성되어 있다.

이러한 매스콘크리트는 경화중에 축적된 시멘트 수화열로 콘크리트 내부 온도가 상승할 때 발생하는 콘크리트 표면과 내부와의 온도차나 부재 전체의 온도가 강하할 때 발생하는 수축변형 구속 등에 의해 응력이 생겨 균열이 발생하기 쉽다. 매스콘크리트에서는 구조물의 시공과정에서 발생하는 응력, 균열발생 여부 및 발생한 균열 폭과 위치를 억제하고 구조물에 작용하는 하중에 대한 저항성 및 환경조건에 대한 내구성 등 필요한 기능을 확보할 수 있도록 적절한 조치를 강구해야한다. 이와 더불어 온도균열을 제어하기 위해 적절한 콘크리트 품질 및 시공방

법 선정, 균열제어 철근 배치 등의 조치 또한 강구되어야 한다.

인천대교가 해상에 위치하고 장기간에 걸친 시공에 의한 콘크리트 타설시 내·외부온도의 차이 등 지리적, 환경적 여건을 고려할 때 기초 콘크리트의 설계 내구성을 보장하기 위해서는 시멘트, 혼화재료, 골재등을 포함한 재료 및 배합의 적절한 선정, 블록분할과 이음위치, 콘크리트 치기의 시간간격 선정, 거푸집 재료와 구조, 콘크리트의 냉각 및 양생방법 선정 등 시공 전반에 걸친 검토가 필수적이다.

이를 위하여 본 현장에서는 국내 시방기준과 시험을 통한 재료 특성 결과를 이용하여 수화열에 대한 유한요소해석을 실시하여 기초 크기 및 부위에 따른 양생방법, 양생기간 및 균열 발생 가능성을 검토하였다. 균열발생 가능성에 대한 검토는 온도균열 지수에 의해 실시하였다. 또한 실제 콘크리트 타설중 수화열을 계측하여 해석과 비교 검증하고 양생후 나타나는 균열을 계측하여 발생한 균열을 최소화하는 방안을 마련하였다.

2. 수화열 해석

파일캡 구조물은 매스콘크리트에 해당하므로 콘크리트 타설 전 몇가지 타설 및 양생방법을 상정하고 이에 대해 수화열 해석을 수행하여 최적의 품질이 확보될 수 있도록 균열제어 계획을 마련하였다.

2.1 수화열 해석 조건

교량 기초 및 부위별 수화열 해석을 위한 재료 특성이 <표 2>에 정리되어 있다. <표 2>에서 모든 콘크리트의 설계강도는 35 MPa이며 단열온도 특성치는 시멘트 회사의 시험결과에 따른 것이다. 또한 열적 상수는 콘크리트 표준시방서에 의해 산정되었다. <표 3>에는 수화열 해석 조건이 되는 각 교량 기초의 시공조건이 정리되어 있다. 특히 주탑 기초 페데스탈과 접속교의



그림 1. 인천대교 조감도

* 정회원, 한국도로공사 민자도로처장
koil@freeway.co.kr

** 한국도로공사 민자도로처 민자계획팀장

*** 한국도로공사 인천대교건설사업소 책임연구원

표 1. 교량별 기초의 크기

구분	기초 평면도	크기(m)	PC House
주탑		69 × 24 × 3.8 (페데스탈 : H = 5)	벽체 : 50 cm 바닥 : 60 cm
중간 및 단부 교각		33 × 17 × 3.8	벽체 : 50 cm 바닥 : 70 cm
접속 교		27.2 × 12 × 4.4	벽체 : 50 cm 바닥 : 60 cm
고가 교		10 × 10 × 3.4	벽체 : 50 cm 바닥 : 60 cm

case 1인 한중 타설시는 파이프 쿨링을 적용하였다. 두 개소 모두 쿨링파이프 직경은 2.54 cm 주름관, 유수대류계수는 328 kcal / m² · hr · °C, 냉각수의 유입유량은 1.09 m³ · hr, 유속은 60 cm/sec, 유입온도는 15°C 그리고 통수시간은 7일이다. 파이프의 배치 간격은 두 개소의 타설면적이 다르므로 서로 다르게 하였는데 주탑 기초 페데스탈은 80 cm(좌우) × 80 cm(상하), 입출구간 거리 150 ~ 200 m 그리고 표면으로부터 40 cm위치에 파이프 배치하였으며, 접속교 기초는 65 cm(좌우) × 60 cm(상하)로 배치하였다. 양생 조건에 따른 열 전달율은 무양생인 경우 14 W/m² °C, 발포스티로폼 + 양생포인 경우 2 W/m² °C 그리고 담수양생인 경우 8 W/m² 을 사용하였다. 콘크리트의 재령별 물성치는 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{압축강도: } f_{ce}(t) = \frac{t}{a + bt} d(i) f_{ck}$$

$$(a = 16.2, b = 0.82, d(28) = 1.4, f_{ck} = 35 \text{ MPa})$$

$$\text{인장강도: } f_{sp}(t) = c \sqrt{f_{ce}(t)} \quad (c = 0.44)$$

$$\text{탄성계수: } E_c(t) = \phi(t) \times 4700 \times \sqrt{f'_c(t)}$$

($\phi(t)$ = 2일 미만에서 1/2, 5일 이상에서 2/3, 그 사이는 보간법으로 계산)

2.2 수화열 해석 결과

각 부위에 대한 수화열 해석 모델과 검토위치가 <그림 2>에

표 2. 교량별 수화열 해석을 위한 재료특성

항목	사장교			접속교, 고가교		
	3성분계	2성분계	3성분계	3성분계	2성분계	3성분계
배합 조건	시멘트 종류	3성분계	2성분계	3성분계	3성분계	3성분계
	단위시멘트량(kg/m ³)	432		432		
	물-시멘트비(%)	38		38		
단열 온도 특성	극한단열온도상승량 Q _∞ (°C)	46.9	55.0	46.9		
	온도상승속도에 관한 상수 γ	0.49	0.507	0.49		
열적 상수 (콘크리트)	열 전도율(W/m °C)	2.7		2.7		
	비열(KJ/kg °C)	1.15		1.15		

나타나있다. 접속교와 고가교는 1/4 모델이며, 사장교 주탑 모델은 1/4로 해석을 수행하였으나 <그림 2>에서는 1/8모델이 그려져 있다.

각 부위별 수화열 해석 결과는 <표 4>에 정리되어 있다. 균열지수는 콘크리트의 허용인장강도에 대한 발생최대인장응력의 비로 나타낸 값이다. 표에서는 각 교량의 주요검토 위치 중에서 최소 균열지수를 나타낸 부위만 정리하였다.

접속교의 case 1인 파이프 쿨링의 경우, 여러 가지 파이프 쿨링 간격을 미리 검토하여 시공성과 효율성을 만족하는 최적 파이프 간격을 선정하였다. 해석결과에 의하면, 냉각수의 입구 및 출구 위치에 따라 부재 내부에 부등온도분포가 발생하

고, 최대 온도는 냉각수의 출구 위치에서 나타남을 알 수 있다. 이러한 현상은 파이프 길이가 길어짐에 따라 더욱 확연히 나타나게 되며, 이에 따라 국부적인 표면응력의 증가가 나타날 수 있다. 따라서 파이프 쿨링 적용시 파이프 1세트의 길이는 200 m 이내로 적용하는 것이 타당할 것으로 보인다.

또한 온도와 응력의 추이를 살펴보면, 상대적으로 큰 인장응력이 발생하는 부위는 크게 PC House와 타설콘크리트 경계면, 교각부의 보온양생 조기제거부, 그리고 국부적인 온도상승부 표면으로 나타났다. 해석결과에 의하면 파이프 길이 200 m 이내인 경우 이러한 국부적인 온도상승부의 인장응력이 다른 두 부위에 비해 상대적으로 약간 작은 값으로 나타났다. 또한 전체적으로 발생된 인장응력은 부재의 표면에 국한되므로 부재 내부의 균열발생 보다는 표면균열에 영향을 미칠 것으로 보인다.

3. 시공 결과 검토

콘크리트 타설전 수화열 해석을 통해 각 구조물마다 적절한 타설 방법을 마련하여 시행하였다. 하지만 실제로 해석조건과 현장의 타설조건이 정확히 일치하기가 어려우며 이로 인해 예상치 못한 거동이나 균열이 나타날 수 있다. 특히 겨울철 타설 조건인 경우 해석상으로 현장의 조건을 완벽하게 모사하기는 힘든 면이 있다.

이러한 상황은 고가교 파일캡 타설후 계측 및 관찰한 결과에

표 3. 교량별 시공조건

교량 구분	case	온도조건(°C)		시공 및 양생조건	비고	
		외기	타설			
사장교	파일캡 주탑	1	5	12	· 1단 : 타설 2일 + 레이턴스제거 1일 + 담수양생 5일 (5cm) + 면정리 1일 = 9일 · 2단 : 타설 2일 + 레이턴스제거 1일 + 담수양생 7일 (5cm) + 면정리 1일 = 11일 · 강재거푸집 + 발포스티로폼 50mm + 양생포 · 담수양생 7일/거푸집 제거시기 10일 · 파이프 쿨링 7일 실시 · 발포스티로폼 50mm + 양생포 30일간 양생 · 일괄타설	분할타설 : 2.7m(1단) + 2.1m(2단) = 4.8m
		1	10	18	· 발포스티로폼 50mm + 양생포 30일간 양생 · 일괄타설	파일캡 2단 타설 완료 30일 후에 타설
	중간 및 단부	1	15	17	· 발포스티로폼 50mm + 양생포 30일간 양생 · 일괄타설	봄, 가을
		2	24	28	· 발포스티로폼 50mm + 양생포 30일간 양생 · 일괄타설	여름
접속교	1	-2	12	· 발포스티로폼 50mm + 양생포 2장 · 초기양생 2일 7일후 후속작업 · 2성분계 + 파이프쿨링	한중 타설	
		2	10	12	· 발포스티로폼 50mm + 양생포 2장 30일간 양생 · 3성분계 시멘트 · 일괄타설	한중 타설
	3	15	17	· 발포스티로폼 50mm + 양생포 2장 30일간 양생 · 3성분계 시멘트 · 일괄타설	봄, 가을	
		4	24	28	· 발포스티로폼 50mm + 양생포 2장 30일간 양생 · 3성분계 시멘트 · 일괄타설	여름
고가교	1	10	12	· 비닐 + 양생포 + 발포스티로폼 50mm · 초기양생 7일 후 후속작업 · 3성분계 시멘트사용	한중 타설	

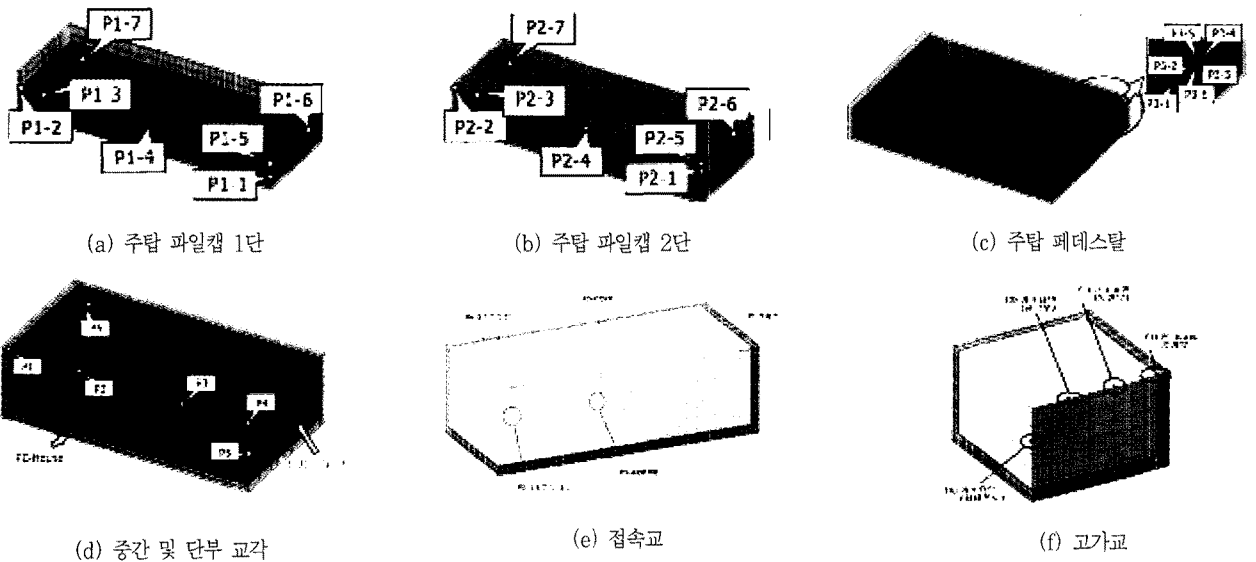


그림 2. 수화열해석 모델 및 검토위치

서 발생하였다. 고가교의 파일캡의 콘크리트 타설은 11월 24일 W12-2에 대해서 실시하였다. 타설전 수화열 해석을 통해서 파일캡 구조물에 대한 균열제어계획서를 작성하고 시공전에 온도와 변형을 센서를 설치하여 타설 후 지속적으로 계측을 실시하였다. 이후 11월 30일에 PC House 벽체에 수개의 균열이 발생된 것을 확인하였으며 이때 최대 균열폭은 0.35mm 정도인 것으로 파악되었다(그림 3). 따라서 발생한 균열의 원인을 계측결과와 재해석결과를 통해서 추정하고 적절한 보수 방법에 대해서 검토하였다.

3.1 PC House 균열 원인 추정

3.1.1 계측결과 분석 및 재해석

언급한 바와 같이 W12-2 파일캡의 경우 타설 직후부터 각

위치별로 온도와 변형을 계측하였다. 기존의 균열제어계획서 상에서는 겨울철 시공조건으로 평균외기온도 10℃, 타설온도 12℃로 가정하였으나 실제 타설시 조건은 이와 다르게 시공이 실시되었다. 다음의 <표 5>는 기존 해석결과와 계측된 결과와의 비교이다.

해석결과와 비교할 때 최고온도차는 약 9.4℃ 높고, 최고온도 도달일은 1.5일 정도 빨리 발생하였다. 최고온도의 경우 <표 5>에서 알 수 있는 바와 같이 타설 온도와 평균외기온도가 해석시 사용한 가정치와 다르기 때문에 발생한 것으로 판단된다. 타설 4일 후에는 돌풍이 불면서 기온이 급격히 낮아지게 되어 양생조건이 달라졌을 가능성이 크며 균열에는 좋지 않은 영향을 끼쳤을 것으로 예상된다. 실제로 타설온도가 내부의 최고온도에 가장 큰 영향을 주게 되는데 6℃의 차이가 있는 것을 가정하면 실제 해석결과와의 차이는 3℃ ~ 4℃ 정도로서 해석

표 4. 해석 결과

교량구분	case	검토 위치	최대온도(℃)	최대인장응력(kgf/cm ²)	균열지수	
사장교	주탑 파일캡 1단	1	P1-1 중심하면	45.1	17.9	1.31
	주탑 파일캡 2단	1	P2-5 중심상면	26.0	15.4	1.31
	페데스탈	1	P3-5 외측상면	41.4	22.6	1.30
중간 및 단부 교각	1	P6 기초표면(최대주인장)		59.5	20.3	1.13
		P6 기초표면(최대주인장)		70.5	20.7	1.10
	2	P4 기초중심상단		43.2(61 hr, 최대)	21.7	1.21
		P2 기초표면(최대주인장)		53.4	18.3	1.27
접속교	3	P2 기초표면(최대주인장)		59.9	20.3	1.15
		P2 기초표면(최대주인장)		72.0	24.2	1.03
		P2 기초표면(최대주인장)		55.2(156 hr, 최대)	22.3	1.19
고가교	1	P1 PCH 경계면	55.2(156 hr, 최대)	22.3	1.19	

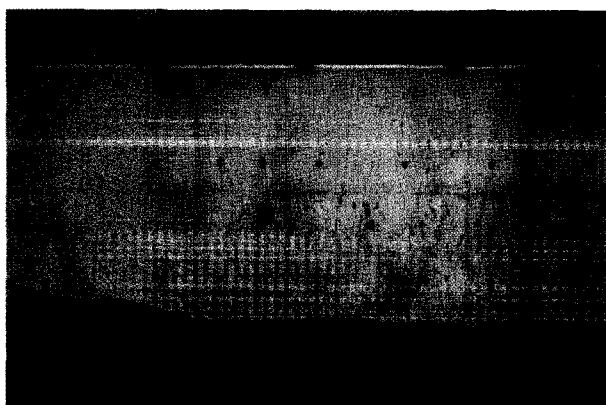


그림 3. 균열 발생 상황

상의 여러 가정사항 들을 고려할 때 허용할 수 있는 결과라고 판단된다. 최고온도 도달일의 경우, 해석시 사용한 단열온도상승시험 결과는 초기온도 20℃의 결과를 사용하였는데 이것이 실제상황과 차이가 있어서 계측과 다른 결과를 준 것으로 판단된다. 해석시에는 주변온도에 따른 발열량의 변화를 고려할 수 없는데, 실제의 경우 구조물 내부의 온도가 계속 높아짐에 따라서 내부의 수화반응속도가 빨라지고 이에 따라서 열이 더 빨리 발산되어서 최고온도 발현이 빨라진 것으로 판단된다.

변형률의 경우 초기에 인장변형이 발생하나 2일 정도를 최고점으로 하여 대부분 곧 압축으로 변하게 된다. 따라서 내부에 균열이 발생할 가능성은 없는 것으로 판단된다. 단 이것은 국부적인 변형률의 변화를 의미하며 전체적인 부피 팽창이나 감소를 의미하는 것은 아니다. 파일캡 상부의 PC House와 접하는 부분의 경우에는 지속적으로 인장변형이 발생하다가 타설후 12일이 넘어가면서 인장변형이 계속 줄어드는 양상을 보였으며 발생된 응력도 인장강도 미만으로 계측되었다. 계측센서가 파일캡 표면 아래 10cm정도에 설치된 것을 고려할 때 표면부에는 약간의 균열발생이 가능할 것으로 예상되나 발생 후 더 이상의 진전은 없을 것으로 판단되며 내부까지 균열이 진전되지 않는 표면균열의 형태일 것으로 예상된다.

이러한 계측결과를 이용하여 PC House의 장기 거동을 검토하기 위해 실제 타설조건과 유사하게 파일캡의 수화열에 대한 재해석을 실시하였다. 재해석시 PC House 모델은 <그림 4>에 그려져 있다.

해석결과를 보면 시간의 경과에 따라 초기에 급격히 인장응력이 증가하여 4일경에서 최대응력이 발생하며 이후 인장응력은 감소하여 40일에서 60일 정도 경과하면 압축상태로 바뀌게 된다. 실제 상황에서는 이미 발생한 균열이 없어지는 것은 있을 수 없지만 어느 정도 PC House 벽체와 파일캡 본체가 일체로 거동하는 것을 고려할 때 60일 정도 경과한 후에는 PC House의 균열폭이 초기보다 줄어들 것으로 예상된다(그림 5).

표 5. 해석결과와 계측결과와의 비교(2005년 12월 21일)

	해석 결과	계측 결과
평균외기온도	10℃	2℃
타설온도	12℃	18℃
중심부최고온도	62.8℃	72.2℃
최고온도 도달일수	6.0일	4.5일

3.1.2 발생 균열폭 검토

이 결과를 이용하여 예상균열폭을 검토하였다. 균열폭은 콘크리트가 균열을 일으킨 시점에서 철근에 응력이 전달되는 것으로 가정하여 계산한다. PC House 벽두께는 500mm이며, 배력 철근은 D19@125로 배근되었다. 균열시 철근이 부담하는 응력 σ_s 는 다음과 같다.

$$\sigma_s = T/A_s = A_c \sigma_t / A_s$$

여기서 A_c : 철근 1본이 부담하는 콘크리트 단면적

$$= (50 / 2) \times 12.5 = 312.5 \text{ cm}^2$$

σ_t : 허용 인장강도

$$= 0.44\sqrt{f_{ck}} = 0.44\sqrt{35} = 2.6 \text{ MPa} = 25.5 \text{ kgf/cm}^2$$

T : 철근 1본이 부담하는 인장력

$$= (25.5)(312.5) = 7968.8 \text{ kgf}$$

$$\sigma_s = 7968.8 / 2.865 = 2781 \text{ kgf/cm}^2 \quad (A_s = D19: 286.5 \text{ cm}^2)$$

피복은 외측이 주철근 중심에서 14cm이므로 배력철근까지는 약 15cm(순피복)이며 철근의 강도는 SD40, 탄성계수는 $E_s = 2.04 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 을 사용한다. 이때 균열폭 w 는 다음과 같다.

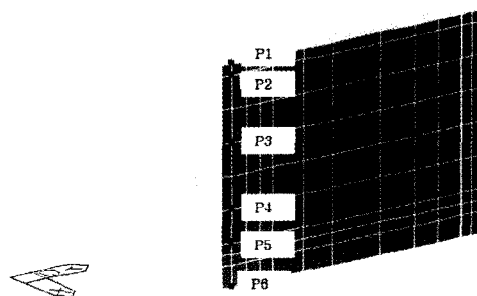


그림 4. PC House 검토 위치

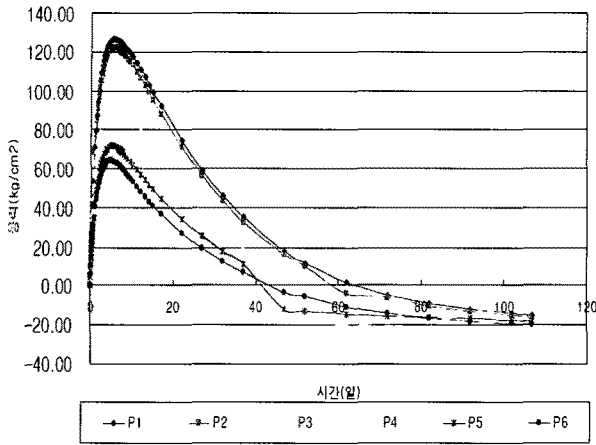


그림 5. 시간에 따른 응력의 변화

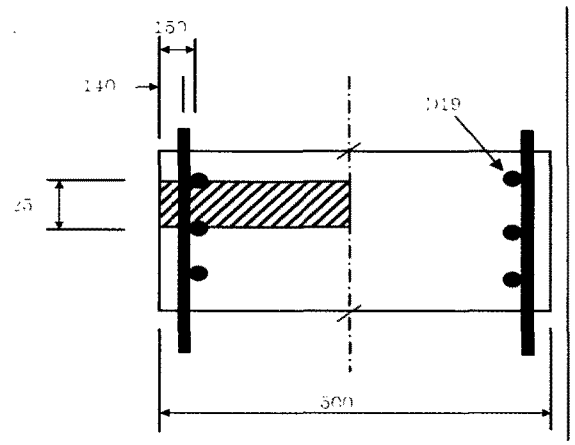


그림 6. 균열폭 산정 개념도

$$\begin{aligned}
 w &= k[4C + 0.7(C_s - \phi)](\sigma_s / E_s) \\
 &= 1.0[4 \times 15 + 0.7(12.5 - 1.0)] \times (2781 / 2.04 \times 10^4) \\
 &= 0.092 \text{ cm} = 0.92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

여기서 w : 균열폭(cm)

k : 강재의 부착성상 영향을 나타내는 상수 1.0

C : 피복 15 cm

C_s : 간격 12.5 cm

ϕ : 철근직경 1.9 cm

σ_s : 철근의 발생응력 2781 kgf/cm²

계산결과 약 0.9 mm의 균열이 발생한다. 계산상 균열은 0.9 mm 정도 발생하지만, 이 균열은 초기재령에서 발생하는 일시적인 열응력으로 인한 것으로서 해석결과 50일 정도 경과하면 응력의 방향이 압축으로 바뀌기 때문에 균열폭은 줄어들게 될 것으로 예상된다. 또한 이 해석은 PC House와 콘크리트가 일체로 거동하는 것으로 가정된 결과이기 때문에 초기재령에서 파일캡의 콘크리트가 아직 경화되지 않은 시기에 완전히 부착이 이루어지지 않는 것을 고려하면 실제 거동과 차이가 있을 것으로 예상된다. 콘크리트의 인장강도의 경우에도 설계강도(35 MPa)로 계산하였지만 실제 압축강도는 이보다 크며 인장강도 산정식이 보수적인 결과를 주는 것으로 판단할 때 해석결과는 실제보다 과대하게 응력을 평가한 것으로 판단된다. 실제로 관찰된 최대균열폭은 0.35 mm 정도이므로 해석결과는 안전측의 결과로 판단된다(그림 6).

3.2 균열보수방안

현재 인천대교 현장의 허용균열폭은 결합보수 작업절차서에

<표 6>과 같이 정하고 있다. 여기서 허용균열폭 미만의 균열은 표면처리를 실시하고 이상에 대해서는 보수를 실시하는 것으로 하였다.

파일캡 본체의 경우에는 구조물 자체의 시공성과 균열방지 및 제어의 관점에서 재료 및 타설, 양생방법 등을 결정하게 되므로 현재 결정된 방법으로 파일캡 콘크리트를 시공한 이후에 발생하는 PC House의 균열제어 대책 수립은 어려운 실정이다. 따라서 PC House에 균열이 발생한 후에 실시하는 보수방법에 대한 검토가 필요하다.

해석을 통한 검토결과 PC House 벽체의 균열은 최대응력 발생시(재령 약 4일)에 최대 약 0.9 mm로 예상된다. 이후 파일캡 콘크리트는 수축하기 때문에 균열 폭도 감소할 것으로 예상되지만 균열은 잔류할 것으로 예상된다. 실제 관찰 결과 최대폭 0.35 mm 정도의 균열이 발생한 것을 고려할 때, 현 시점에서 잔류 균열 폭을 예상하는 것은 어렵지만 균열 폭의 절반 정도가 닫히게 될 것으로 감안하더라도 약 0.2 mm의 균열이 잔류하게 된다. 일본의 '콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침(2003)'에서는 내구성 측면에서 볼 때 균열 폭은 0.4 mm 이상인 경우 보수를 실시하도록 규정하고 있다.

PC House는 파일캡 시공을 위한 거푸집 대응의 가설구조물이지만 영구적으로 존치되는 구조물이며, 시공중 발생한 균열에 대한 보수는 것을 고려하여 건전한 부재의 성능과 동일 정도로 회복시키는 보수(영구적인 보수)를 목적으로 보수방법을 선정할 필요가 있다. 일본의 '콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침(2003)'에 제시되어 있는 균열 보수공법중 PC House의 설치환경, 균열 발생요인, 상정균열폭 등을 고려하여 0.2 mm 이하는 균열피복공법(표면처리공법)을, 0.2 mm 이상에서는 주입공법이 적합할 것으로 판단된다.

보수공법에 적용되는 보수재료는 주입공법에 대해서는 크게 유기계 재료, 폴리머 시멘트계 재료, 시멘트계 재료의 세 종류의

표 6. 구조물별 허용균열폭(결함보수 작업절차서)

구분	피복두께(외측/내측)		환경조건(외측/내측)		인천대교현장 허용균열폭	
	최소피복두께	적용두께	부식성(0.004 tc)	고부식성(0.0035 tc)		
사장교	PC House	100	110		0.35	0.20
	Pile Cap	100	115		0.35	0.13
	Tower	80/40	80/40	0.32/0.16		0.13
	Pier	100/40	110/40		0.35/0.14	0.13
접속교	PC House	100	110		0.35	0.20
	Pile Cap	100	115		0.35	0.13
	Pier	100/40	110/40		0.35/0.14	0.13
	Girder	50/35	50/35	0.20/0.14		0.13
고가교	PC House	100	110		0.35	0.20
	Pile Cap	100	115		0.35	0.13
	Pier Cap	75	75		0.26	0.13
	Girder	50/35	50/35	0.20/0.14		0.13

보수재료가 대표적이다. 유기계 재료는 탄성계수, 강도, 접착성, 흡수율 등에서 다른 재료에 비해 우수한 성능을 보이는 반면 자외선으로 인해 열화되는 단점도 있다. 본 교량이 해상교량으로 빈번한 유지관리·보수가 용이하지 못하다는 점을 고려하면, 유기계 재료를 선택할 경우에는 자외선에 대한 내구성에 주의할 필요가 있다. 폴리머 시멘트계 재료는 유기계 재료와 시멘트계 재료의 중간적인 성능을 갖는다. 따라서 인천대교 고가교 PC House의 균열 보수재료는 해상교량이라는 특수환경을 고려하여 기본 성능이 우수한 폴리머 시멘트계 재료를 선정하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

4. 결 론

인천대교는 해상에 위치한 교량으로 염해에 대한 높은 수준의 내구성을 요구한다. 또한 장대교량으로 기초부에 매스콘크리트의 타설이 많다는 특징을 가지고 있다. 이에 따라 인천대교 현장에서는 수화열에 의한 균열제어를 위하여 매스콘크리트의 타설 전에 엄밀한 검토를 수행하였다.

인천대교 콘크리트 구조물에 대한 매스콘크리트 타설방법에 따른 수화열 해석을 수행한 결과, 사장교의 단부교각과 주탑부 및 접속교에서 1.0 이상의 온도균열지수를 확보할 수 있었다.

다만 당초 수화열 해석조건과 실제 콘크리트 타설시 조건이 다른 경우가 발생하여 예상치 못한 미세한 균열이 발생하였다. 하지만 발생한 균열은 콘크리트 거푸집인 PC House에 국한되었으며 파일캡 본체에는 미세한 표면균열만 관찰되었다. 이는 인천대교 콘크리트 구조물의 내구성에는 전혀 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 그러나 고 내구성을 요구하는 교량이라는 점을 감안하여 이러한 경우 계측치와 실제 타설조건을 이용하여 재해석을 실시하여 원인분석을 수행하였으며, 균열폭에 따른 적절한 보수방법을 선정하였다. □

참고문헌

1. 도로교설계기준, 2005, pp. 298 ~ 299.
2. 도로교표준시방서, 2005, pp. 151 ~ 155.
3. 콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침, 일본, 2003, 61 pp., 71 pp., pp. 86 ~ 88, 95 pp.