

# 혼합형 저발열시멘트의 특성과 적용사례

강 석 화 (동양시멘트(주) 중앙연구소 건설재료팀장)

## 1. 기술개발 배경

최근 국가적인 사회간접자본(SOC)에 대한 투자 요구가 증대되어 건설분야에서 계획 및 실시되고 있는 토목 및 건축물은 콘크리트 구조물의 대형화, 특수화 추세가 가속화됨에 따라 거대 해양구조물, 장대교량의 교각·교대 등의 하부구조물, LNG 저장탱크 및 원자력 발전소 등 부재 크기가 큰 매스 콘크리트 구조물로 활발히 건설되고 있으며, 시공방법 등도 다양해지고 있다. 이와 같이 콘크리트 부재 단면의 크기가 커지면 콘크리트 경화시 시멘트의 수화반응에 의한 수화열이 발산하지 못해 부재 내부의 온도가 80~90℃ 이상 상승하게 된다. 이 내부온도에 대해 외부온도가 낮은 경우와, 내부온도가 내려갈 때 구조물의 구속에 의해 콘크리트 부재 내부에 큰 인장응력이 발생해서 콘크리트에 균열을 발생시키는 주요 원인이 되고 있다.

이와 같은 콘크리트 온도 균열의 발생은 콘크리트의 시공성, 안정성, 내구성 등의 요구 품질에 중대한 영향을 미치는 중요한 요소이며, 사회적으로 문제가 되는 경우가 많다. 따라서, 콘크리트의 수화열에 의한 균열 제어방안에 대하여 많은 관심을 기울이고 있으며, 사회적으로도 정밀시공과 합리적이고 과학적인 시공관리가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

콘크리트의 온도균열 제어방법으로는 재료의 선정, 배합설계, 시공상의 대책 등이 있다. 특히 국내에서 사용되고 있는 콘크리트 수화열 저감공법은 일반적으로 얼음물이나 사용골재를 냉각시키는 Pre-cooling공법과 파이프관에 냉각수를 유입시키는 Pipe-cooling공법 등과 함께 1회 타설 높이, 블록 크기를 제한하는 등의 콘크리트 타설전이나 타설후에 콘크리트의 온도를 적절히 저감시키는 시공방안을 채택하여 왔으나, 콘크리트의 수화 발열량을 저감하는 직접적이고 경제성 등을 고려한 새로운 수화열 저감대책이 요구되어 왔다. 이와 같은 방법은 기능적이고 특수한 시멘트를 사용하는 것으로 종래에는 수화열이 작은 시멘트로서 중용열 포틀랜드시멘트나 플라이애쉬시멘트 혹은 고로슬래그시멘트 등의 혼합시멘트를 사용하였지만 구조물의 대형화나 시공방법의 다양화에 의해 기존보다도 더 수화열이 완만하게 발생되고 또한 총 수화발열량이 적은 저발열시멘트가 강하게 요망되고 있다.

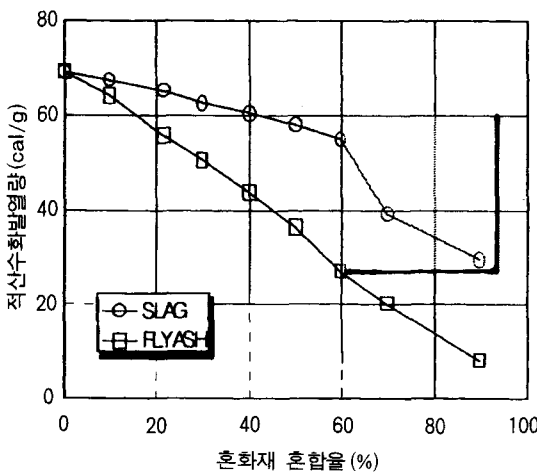
이와 같이 매스 콘크리트의 수화열에 의한 균열을 저감시킬 수 있는 혼합형 저발열시멘트의 제조 및 시공법에 대하여 오랫동안 연구와 시험시공 경험을 통해 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬를 이용하여 가장 수화열 저감효과가 큰 혼합형 저발열시멘트의 개발을 시도한 결과, 1종 보통 포틀랜드

드시멘트의 수화열보다 2/3 이상 저감시켜 콘크리트의 수화열에 의한 균열 저감효과에 탁월하고 구조물의 품질 향상과 함께 공기단축 등에 의한 시공비 절감효과가 우수한 혼합형 저발열시멘트(이하 저발열시멘트로 함)를 개발하게 되었다. 이에 본 연구에서는 저발열시멘트의 기초특성 및 '97년 이후 저발열시멘트의 적용 사례에 대해서 요약하였다.

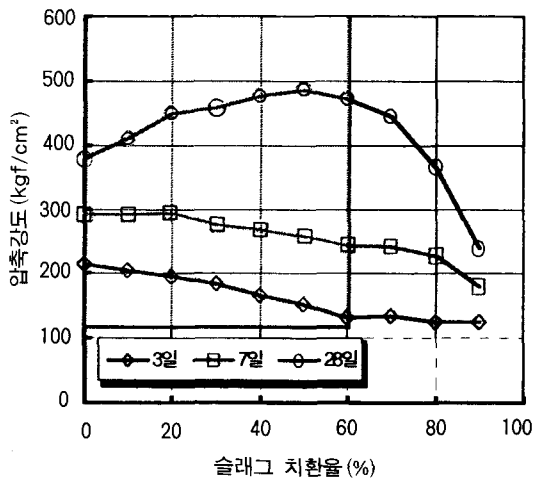
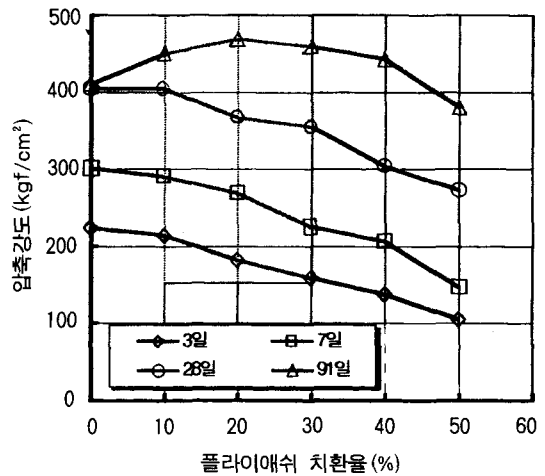
## 2. 저발열시멘트의 제조원리

석회석과 점토 등으로 조합된 원료 분말을 1450°C 부근의 고온에서 소성하여 생성된 크렁카(clinker)를 석고와 함께 분쇄하여 시멘트가 얻어진다. 활성상태인 시멘트 화합물은 물과 접촉하면 수화반응을 일으켜 보다 낮은 에너지 상태인 수화물로 변화되어 안정화되는데 이 과정에서 양자의 에너지 상태의 차에 상대하는 열량이 수화열로 나타난다.

포졸란 물질을 포틀랜드시멘트에 혼합하면 수화열의 저감이 가능하다. 각종 혼화재의 열역학 특성의 대응으로 산(酸)에 용해시킨 경우, 반응열(용해열)



〈그림-1〉 혼화재 치환율에 따른 시멘트의 적산 수화발열량(23°C, 72시간)



〈그림-2〉 각 혼화재의 치환율에 따른 몰탈 압축강도

은 보통 포틀랜드시멘트의 603cal/g에 비해 고로슬래그는 582cal/g, 플라이애쉬가 220cal/g으로 작을 것이다. 시멘트의 수화열은 수화후의 용해열의 차로 얻어지므로 수화물의 용해열이 크게 변하지 않는다면 포틀랜드시멘트와 혼화재와의 용해열 차이를 각 혼화재의 수화열 저감능력의 척도로 볼 수 있다. 〈그림-1, 2〉에서와 같이 플라이애쉬는 보통 시멘트량의 반 이하의 용해열을 나타내 수화열 저감효과가 크지만 수화속도가 작기 때문에 혼합량을 증가시키

면 초기 및 중기의 강도발현이 저하한다. 따라서, 사용한계가 생기며, 15~30%의 혼합량이 적절하다.

고로슬래그 미분말의 용해열은 플라이애쉬에는 미치지 못하지만 1종 포틀랜드시멘트보다 작아 수화열 저감효과가 있다. 그러나, 슬래그시멘트의 24시간 수화열은 27°C에서 1종 보통 포틀랜드시멘트와 비교하여 약 70%이지만 60°C 조건하에서는 수화반응이 가속되어 오히려 120~130%로 커지게 된다.

이와 같은 고로슬래그의 온도 의존성으로 인하여 고로슬래그 미분말 치환율이 70% 정도 이하에서는 슬래그시멘트를 사용한 경우가 재령 3~4일에서 일반 포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트의 온도상승보다 크고 최종 온도도 더 높은 경우가 있으므로 1종 시멘트에 고로슬래그 미분말의 70% 이상의 치환으로 저발열화가 가능하다.

위와 같이 포졸란 물질이나 고로슬래그 미분말과 같은 잠재수경성 혼화재들은 수화열이 낮고 수화반응의 속도가 느리므로 수화열 저감효과가 크나 혼합

량을 증가시키면 초기의 강도발현이 저하되므로 사용에 한계가 생긴다. 초기강도 발현을 높이기 위하여 경우에 따라서는 혼화재의 분말도를 높여 사용하는 경우도 있다. 결국, 저발열시멘트는 사용하는 포틀랜드시멘트 및 혼화재의 종류와 양 또는 분말도에 따라 목표로 하는 수준(수화열 및 강도)에 맞는 최적의 혼합에 의해 소요의 성능을 갖도록 설계가 가능하다.

### 3. 저발열 시멘트의 특성

#### 가. 물리·화학 특성

저발열시멘트의 화학성분은 포졸란계 혼화재 첨가의 영향으로 실리카(SiO<sub>2</sub>)와 알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)의 함량이 높은 반면에 석회(CaO) 성분이 포틀랜드시멘트에 비해 상대적으로 적다.

또한, 비중은 작고 블레인은 크며, 1종 시멘트와

〈표-1〉 시멘트의 물리·화학특성 일례

시멘트 종 류	화 학 조 성 (%)							C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	lg. loss				
1 종	20.4	5.1	3.0	61.6	4.7	2.4	1.4	50	21	8.4	9.1
2 종	22.5	3.5	4.7	62.3	2.6	1.9	1.2	47	29	1.3	14.3
슬래그	25.0	8.3	2.0	53.8	5.0	3.1	0.7	—	—	—	—
저발열	35.3	12.2	3.3	39.3	4.4	2.3	1.1	—	—	—	—

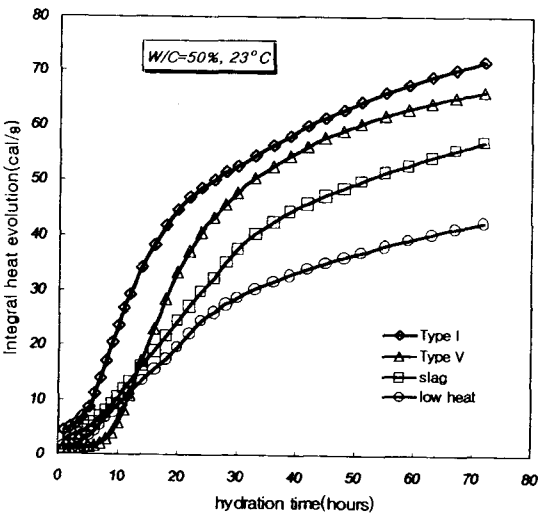
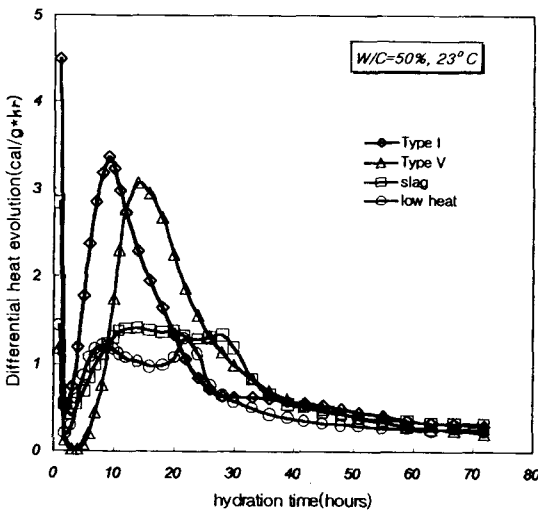
시멘트 종 류	비 중	블레인 비표면적 (cm <sup>2</sup> /g)	주 도 (%)	응 결 (hr : min)		압 축 강 도 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
				초 결	종 결	3 일	7 일	28 일	91 일
1 종	3.15	3,438	24.5	03 : 08	05 : 18	242	343	401	444
2 종	3.21	3,492	23.5	03 : 48	08 : 13	230	309	397	506
슬래그	3.01	3,928	25.0	03 : 40	07 : 30	167	264	399	535
저발열	2.77	4,020	27.0	03 : 27	07 : 37	93	168	339	479

비교시 응결이 다소 늦다. 각 시멘트의 압축강도 발현 특성을 비교할 경우 초기 재령에서는 1종>5종>슬래그>저발열의 순서로 강도발현율이 크지만 91일 장기재령에서는 이와는 정반대의 순서로 강도발현율이 크다. 즉, 슬래그 및 저발열시멘트는 잠재수경성 혹은 포졸란의 혼화재에 의해 장기에 걸쳐 수화반응을 일으키기 때문에 28일 이후의 장기재령에서 강도

발현율이 매우 큰 것이 특징이다. (<표-1>)

### 나. 수화발열 특성

저발열시멘트의 수화발열 특성은 1종과 5종의 수화발열 형태가 매우 날카로운 피크형태의 곡선형태를 나타내는 반면에 완만한 언덕형태(대략 2지점에 피크점이 있는)를 나타내 포틀랜드시멘트계와 뚜렷이 구분됨을 알 수 있다. 또한, 수화발열속도를 72시간까지 적산시킨 총 수화발열량을 비교해 보면 1종>5종>슬래그>저발열의 순서로 나타났으며, 특히 저발열시멘트의 적산 수화발열량은 1종에 비해 약 60% 정도의 발열량만을 나타낸다. (<그림-3>)



<그림-3> 각 시멘트의 수화발열 특성 비교

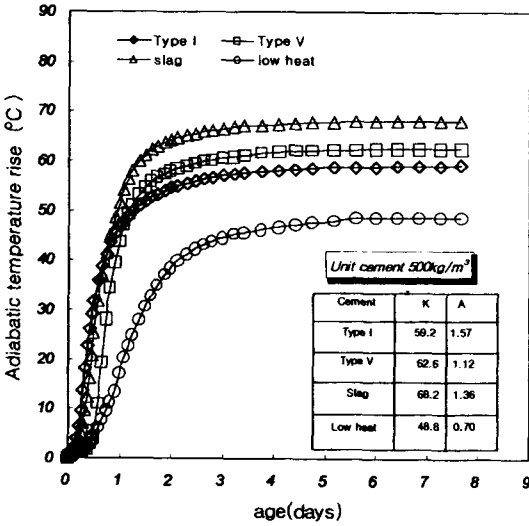
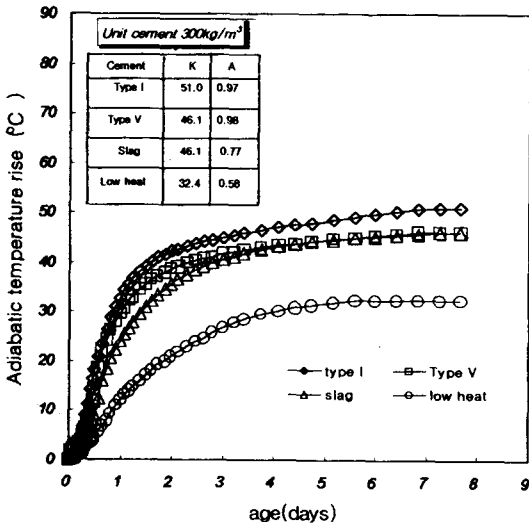
## 4. 저발열 콘크리트의 물성

### 가. 단열 온도상승

콘크리트의 초기온도  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 로 고정시킨 상태에서 시멘트 종류에 따른 콘크리트의 단열 온도상승 결과는 <그림-4>와 같다. 저발열시멘트가 단위시멘트량  $500 \text{ kg/m}^3$ 에서 1종 보통 포틀랜드시멘트의 단위시멘트량  $300 \text{ kg/m}^3$ 의 경우와 같은 수준의 수화열 특성을 나타내어 1종 시멘트와 비교하여 수화열 저감 효과가 매우 큰 것으로 나타났다. 즉, 저발열콘크리트는 1종 보통 포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트에 비해 단열 온도상승 모델식의 최종적인 온도상승값(K)은 20% 이상 감소하고, 온도상승 기울기( $\alpha$ )는  $1/3 \sim 1/2$  이하로 작게 나타나 수화열 저감효과가 매우 크다는 것을 알 수 있다.

### 나. 강도

저발열콘크리트의 압축강도 발현율은 수중양생 재령 28일을 100%로 했을 때 초기재령 3,7일에서 각각 25~30%, 45~50%이지만 91일 발현율은 135~



〈그림-4〉 콘크리트의 단열 온도상승량 비교

140%로 혼화재의 잠재 수경성에 의한 장기 강도발현율이 다른 시멘트에 비하여 상대적으로 상당히 높다. (〈그림-5〉)

다. 건조수축 길이 변화

콘크리트 건조수축 길이변화 특성은 초기재령에서 저발열시멘트가 다소 큰 것으로 나타나지만 재

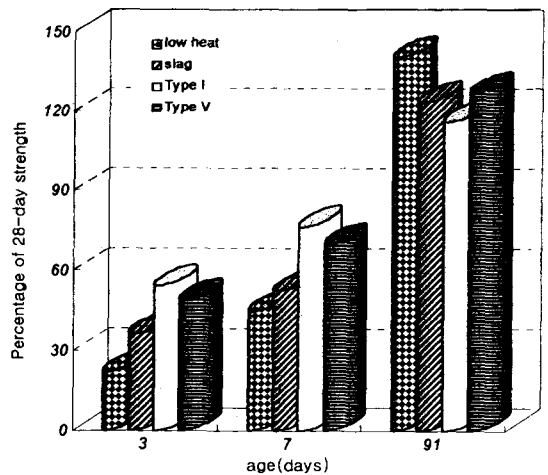
령 6개월 정도가 경과해서는 시멘트 종류에 상관없이 약  $4.5 \sim 5.2 \times 10^{-4}$ 로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. (〈그림-6〉)

라. 동결융해 저항성

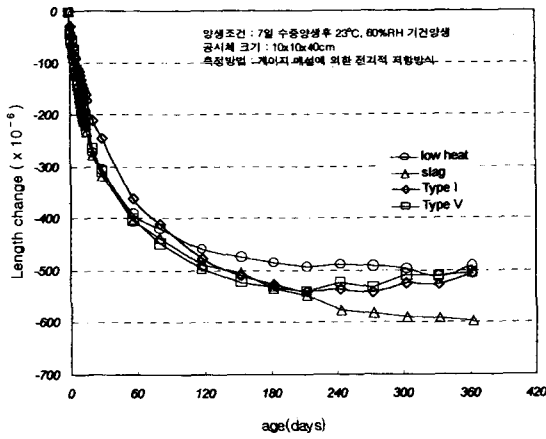
콘크리트의 동결융해 저항성은 전체적으로 동결융해 사이클이 진행됨에 따라 수분의 침투로 인한 조직의 이완으로 콘크리트 표면이 열화되면서 중량 및 상대동탄성계수가 감소하는 경향을 나타내고 있다. 특히 저발열시멘트의 경우는 혼화재의 포졸란 반응에 의한 수화조직의 치밀화로 1종 및 5종 포틀랜드시멘트의 경우보다 열화가 덜 진행되고 있다. (〈그림-7〉)

마. 염소이온 침투저항성

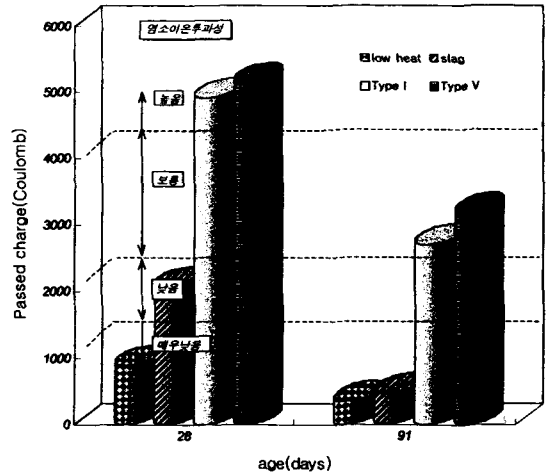
콘크리트 염소이온 침투시험결과 저발열 > 슬래그 > 1종 및 5종 순으로 염소이온 투과에 대한 저항성이 높게 나타나고 있다. (〈그림-8〉) 저발열콘크리트는 혼화재의 잠재수경성 및 포졸란 반응에 의하여 기공에 C-S-H와 같은 수화물을 형성시키면서 골재와 시멘트 수화물 사이의 연속공극을 채우게 된다. 위와 같은 수화물의 생성에 의하여 저발열콘크리



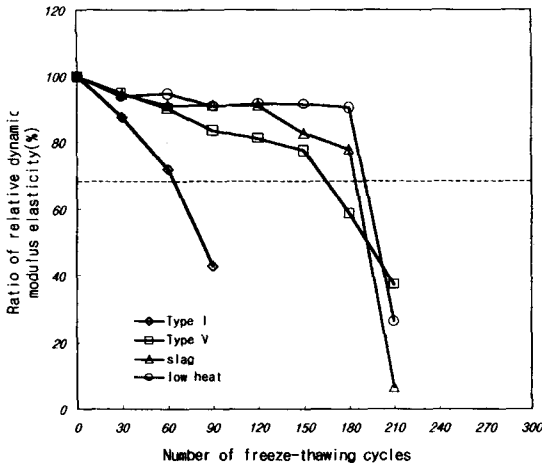
〈그림-5〉 28일 기준 압축강도 발현율 비교



〈그림-6〉 콘크리트의 건조수축 길이변화



〈그림-8〉 콘크리트의 염소이온 침투저항성



〈그림-7〉 콘크리트의 동결융해 저항성

트는 포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트보다 경화체 내부의 기공크기 분포가 작고 불연속성의 구조를 가지게 됨에 따라 염소이온의 투과전하량은 포틀랜드 시멘트계에 비하여 약 1/5 정도로 감소하는 경향을 나타낸 것으로 판단된다.

따라서, 저발열콘크리트는 콘크리트의 내해수성을 크게 증가시켜 철근부식에 대한 저항성이 향상되므로 해안구조물용 콘크리트 공사에 매우 유리하다.

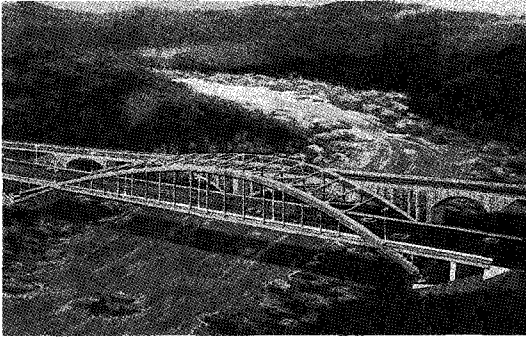
## 5. 적용 사례

### 가. 한탄대교 아치 기초

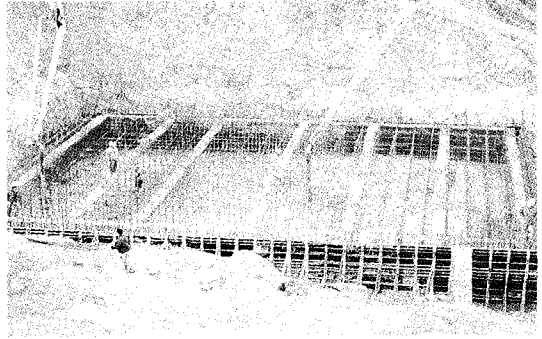
한탄대교 아치 기초 콘크리트는 〈사진-1, 2〉과 같이 가로 20.2m, 세로 17m, 높이 10m인 매스콘크리트 구조물로 수화열에 의한 온도균열 저감대책으로

〈표-2〉 공사 개요

공사명	한탄대교 교량 개축공사
발주처	강원도 국토관리청
감리	기산엔지니어링
시공사	현대산업개발(주)
공사개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 시공장소 : 강원도 철원군</li> <li>● 시공년월 : '97. 10~'97. 12</li> <li>● 규모 : 연장 167m, 폭 12.3m</li> <li>● 교량형식 : Tied-Arch</li> <li>● 교량구조 : Steel-Arch교</li> <li>● 아치 기초콘크리트(가로 20.2m, 세로 17m, 높이 10m)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 25-240-12</li> <li>- 1회 타설고 2m</li> </ul> </li> <li>● 물성 시험항목                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 경화전 콘크리트 : 슬럼프 및 공기량, 응결</li> <li>- 경화후 콘크리트 : 압축·인장강도, 탄성계수</li> <li>- 콘크리트 수화열</li> </ul> </li> </ul>



〈사진-1〉 한탄대교 조감도



〈사진-2〉 콘크리트 타설장면

〈표-3〉 콘크리트 배합 및 온도측정 위치

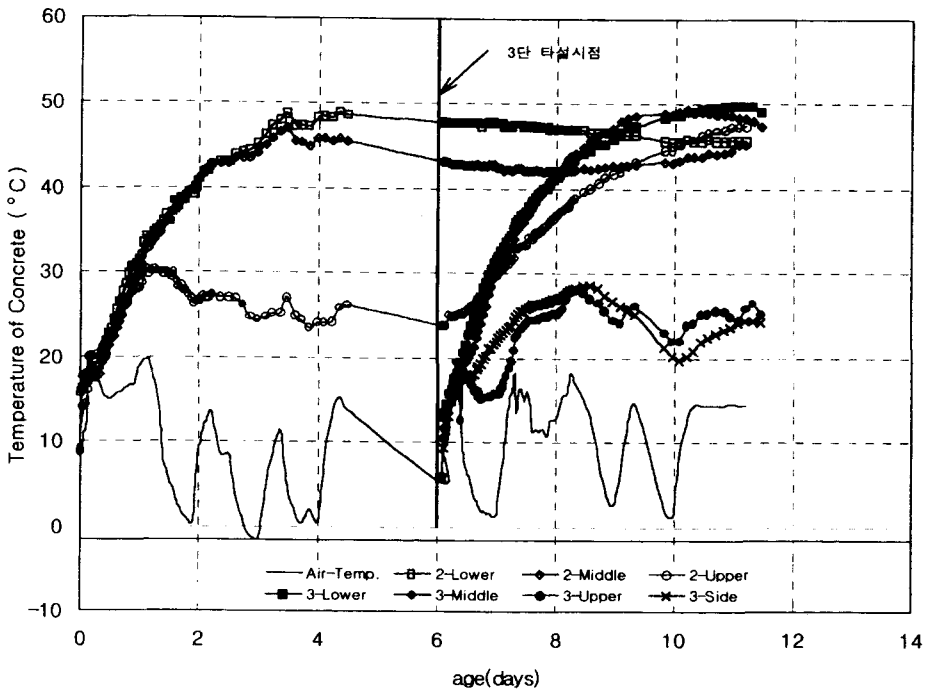
굵은 골재 최대 치수	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)	S/A (%)	단 위 량 (kg/m <sup>3</sup> )				
						시멘트	굵은골재	잔골재 I	잔골재 II	고성능AE감수제
25mm	12	4.5	165	48.1	48.4	343	947	615	263	2.4
단종류	위치	상 부(Upper)		중 앙 부(Middle)		하 부(Lower)		측 벽 (Side)		비 고
기초-1 : 2단		2단 콘크리트 타설 높이에서 20cm 아래		2단 콘크리트 타설 높이에서 중앙		2단 콘크리트 타설 높이에서 1.7m 아래		X		- 파이프 쿨링 2m 간격 실시
기초-1 : 3단		○		○		○		2단 콘크리트 타설높이 중앙 거푸집에서 20cm 안쪽		- 파이프 쿨링 생략

〈표-4〉 콘크리트의 온도측정 결과

측정위치		온도(°C)	콘크리트 타설온도(°C)	외기온 변화(°C)	최고온도(°C)	최고온도 도달 시간	내외부 온도차(°C)	수화열에 의한 온도상승량(°C)
2 단	하 부 (20cm)		16~18 (평균 17)	-1.4~19.8	49.0	106	18.6	32.0
	중 앙 부				47.1	82	16.7	30.1
	상 부 (20cm)				30.4	-	0.0	13.4
3 단	하 부 (20cm)		15~17 (평균 16)	0.9~18.3	49.9	110	21.9	33.9
	중 앙 부				49.4	80	21.4	28.0
	상 부 (20cm)				28.0	-	0.0	12.0
	측 벽 (20cm)				28.7	-	0.7	12.7

저발열시멘트를 사용하고 파이프 쿨링을 실시하도록 설계되어 있다. 본 시공결과는 한탄대교 아치 기초 콘크리트에 저발열시멘트를 1회 2m 높이로 타설시

파이프 쿨링 실시여부에 따른 수화열 저감효과를 확인하고, 수화열에 의한 균열 발생여부를 점검한 결과이다. (〈표-2, 3, 4〉)



〈그림-9〉 콘크리트의 온도상승 변화

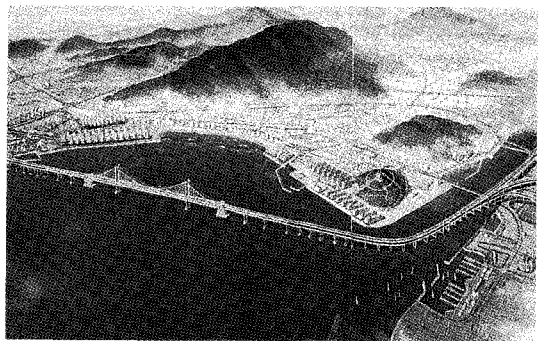
저발열시멘트를 실제 구조물에 첫 적용한 경우로서 수화열에 의한 균열은 발생하지 않았다. 당초 파이프 쿨링을 실시하도록 되어 있었으나, 파이프 쿨링을 실시하지 않아도 온도균열은 발생하지 않음으로써 수화 저감효과에 따른 균열발생 가능성을 대폭적으로 줄일 수 있음을 확인하였다. (〈그림-9〉)

따라서, 타설고 2m의 경우에도 저발열시멘트를 사용한 콘크리트는 파이프 쿨링을 생략 혹은 축소 가능하므로 공기단축 및 공사비 절감이 가능한 것으로 판단되었다.

#### 나. 광안대교 앵커리지

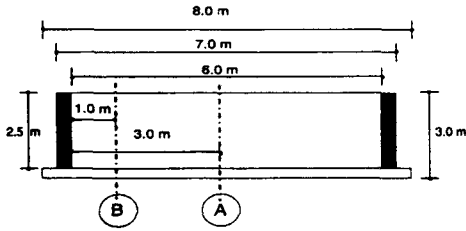
광안대교 앵커블록 하부기초 구조물(〈사진-3〉)은 규모(가로 34m, 세로 44m, 높이 31m)가 매우 큰 매스 콘크리트 구조물로 수화열 발생에 따른 균열이 예상되기 때문에 가능한 수화발열량이 적은 시멘트

의 사용이 불가피하고 해수에 직접 접촉되는 해안구조물이기 때문에 해수에 대한 저항성이 큰 콘크리트의 제조가 필요하다. 그러나, 당초 설계상에는 5종 시멘트를 사용하도록 되어 있어 위와 같은 문제점의 발생이 예상되기 때문에 사용 시멘트에 대한 충분한 검토가 요구되고 있다.



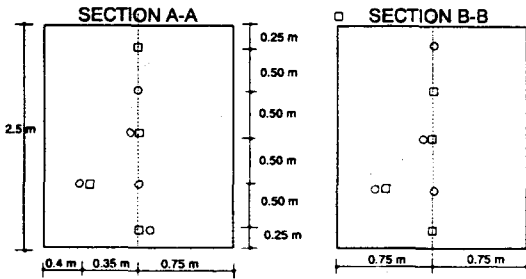
〈사진-3〉 광안대교 조감도 사진





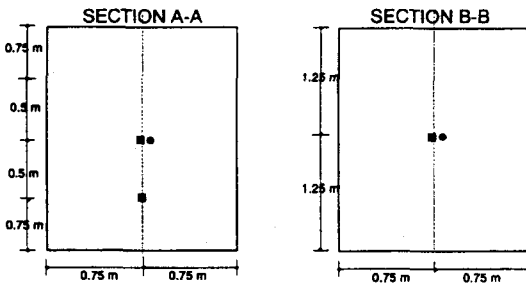
(1) strain gauge 와 thermocouple

○ strain gauge  
□ thermocouple



(2) effective stress gauge 와 non-stress gauge

■ non-stress gauge    ● effective stress gauge



<사진-4> 부재크기 및 센서 매립도

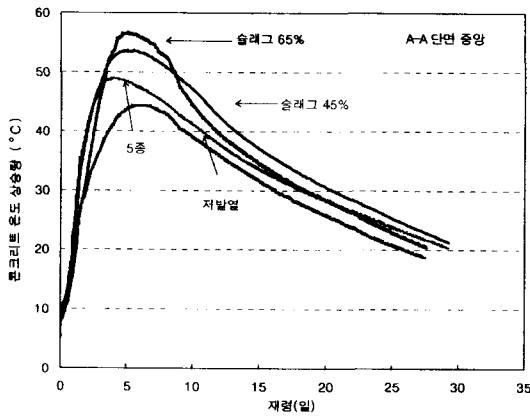
<표-5> 공사 개요

공사명	부산 광안대로 건설공사
발주처	부산광역시
설계 및 감리	유신코퍼레이션 및 長大(일본)
시공사	동아건설산업(주)
시험개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 시공장소 : 광안대교 현수교 앵커리지</li> <li>● 시공년월 : '97. 12</li> <li>● 시험규모 : 가로 2.5m, 세로 6.0m, 높이 1.5m</li> <li>● 사용시멘트 : 5종 시멘트, 슬래그 45% 및 65% 함유 시멘트, 혼합형 저발열시멘트</li> <li>● 콘크리트             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 25-240-15 보통콘크리트</li> </ul> </li> <li>● 물성 비교항목             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시멘트 물리·화학 특성</li> <li>- 경화전후 콘크리트의 내구성 일반</li> <li>- 콘크리트 타설후 온도상승</li> </ul> </li> </ul>

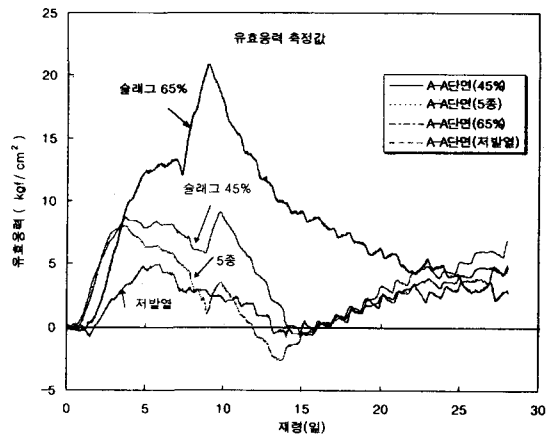
본 시험(<표-5>)은 광안대교 앵커블록 하부기초에 적합한 시멘트의 종류를 선정하기 위해서 기존 설계상의 5종 시멘트와 함께 비교용으로 슬래그 함유량이 각각 45, 65%인 슬래그시멘트, 저발열시멘트에 대하여 콘크리트의 수화열 및 온도응력 측정을 실시하고(<그림-10, 11>), 시멘트의 물리·화학분석, 콘크리트의 압축강도, 단일 온도상승, 염소이온 침투저항성, 축진중성화 시험 등을 비교 실시한 결과이다.

<표-6> 콘크리트 배합표

시멘트 종류	굵은골재 최대크기 (mm)	W/C (%)	S/A (%)	단위수량 (kg/m³)	단위재료량 (kg/m³)				
					시멘트	잔골재	굵은골재	고성능감수제 (C×%)	공기연행제 (C×%)
저발열	25	47.5	46	166	349	791	947	0.70	0.095
5종		47.6	48.5	162	340	858	929	0.75	0.060
슬래그 45%		47.5	49	160	337	866	918	0.70	0.080
슬래그 65%		47.5	45	174	366	765	953	0.80	0.090



〈그림-10〉 콘크리트 중심부 온도변화



〈그림-11〉 콘크리트 중심부 온도용력

콘크리트 부재 중심의 수화열 발생은 슬래그 65%가 가장 높고 저발열시멘트는 가장 낮은 수화열을 나타냈다. 중앙부와 표면부의 온도차를 보아도 저발열시멘트와 5종 시멘트의 차이는 8°C, 그리고 슬래그시멘트와는 (8~12)°C의 차이를 보이고 있어 저발열시멘트를 사용하게 되면 온도균열의 발생을 대폭 줄일 수 있을 것으로 판단되었다. 또한, 인장응력의 절대치를 볼 때 슬래그 65% 경우가 가장 높고 그 다음이 슬래그 45%, 5종시멘트, 저발열시멘트 순으로 높게 나타났다. (〈표-6〉)

저발열시멘트는 수화발열 속도가 다른 시멘트보다 느리기 때문에 온도응력이 최고점에 도달하는 시점도 늦은 것으로 나타나, 다른 시멘트보다는 수화열에 의한 균열발생 가능성이 훨씬 낮은 것으로 판단되었다.

시험결과 및 종합검토에 의해 최종적으로 5종 시멘트 대신 3성분계 저발열시멘트가 채택되어 현재 광안대교 앵커블록 기초에 타설중(〈사진-5〉)이며, 기존 5종시멘트로 설계되어 있는 매스 해양구조물에서도 재검토를 진행중이거나 설계변경을 추진하게 되는 파급적인 효과를 가져온 계기가 되었다.

## 6. 향후 전망

한탄대교 아치기초에 혼합형 저발열시멘트가 적용된 이래 해양 매스 콘크리트 구조물의 경우 수화열에 의한 온도균열 발생을 저감시키기 위해 혼합형 저발열시멘트의 사용이 증가하고 있다.

현재 광안대로 현수교의 경우 혼합형 저발열시멘트가 2000년 8월까지 50,000톤 이상 사용 예정이며, 경부고속전철의 지하박스 라멘의 구조 또한 매



〈사진-5〉 광안대로 현수교의 앵커블록 저판 콘크리트 타설장면

〈표-7〉 저발열시멘트를 사용한 콘크리트의 적용사례

공사명/사용부위	시공년도	설계강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	단위시멘트량 (kg/m <sup>3</sup> )	W/C (%)	슬립프 (cm)	시공물량(m <sup>3</sup> ) (특기사항)
서해대교 사장교/주탑기초	97. 12	240	400	52	SF : 60±5	140(초유동)
한탄대교/아치기초	97. 10	240	348	48	12	7, 200(저발열)
광안대교 앵커리지/저판	98~99	240 <sup>1)</sup>	349	47. 1	15	120, 000(저발열)
광안대교 앵커리지/구체	2000. 1	240 <sup>1)</sup>	364	42. 5	14	55, 000(초저발열)
경부고속전철/지하박스라멘 구조물	99. 11	240	354	48. 3	15	60, 000(저발열)

※ 주) 1) 90일 설계기준 강도.

스 콘크리트 구조물로써 시험배합이 완료되어 혼합형 저발열시멘트의 적용을 적극 검토중에 있다. (〈표-7〉)

또한, 혼합형 저발열시멘트의 시공에 따른 수화열 저감효과와 해수 저항성이 입증되어 각종 특수구조물 및 특수성능을 부여하기 위한 공사에 혼합형 저발열시멘트의 적용이 크게 증대할 것임에 틀림없다.

따라서 '98년 이후 국내 저발열시멘트의 수요량은 연간 150, 000톤 정도이지만 향후 LNG 인수기지 및 신항만 건설, 장대교량의 증축이 예상되어 있어 그 수요량은 크게 증대할 것으로 예측된다.

광안대교의 앵커블록 구체는 기존의 혼합형 저발열시멘트보다 수화열이 낮고 높은 초기강도를 요구하고 있듯이 혼합형 저발열시멘트는 향후 각각의 현장조건과 콘크리트의 요구성능에 맞추어 설계되고 사용되어질 것이며, 이를 위하여 혼합형 저발열시멘트의 제조기술은 계속적으로 개선될 것으로 보인다.

이외에도 혼합형 저발열시멘트는 60% 이상의 산업부산물을 사용하기 때문에 에너지 절약, 환경보호 차원의 사회적 요구에도 적극 부응한 시멘트로서 향후 그 활용도는 매우 경쟁적으로 증가될 것으로 사료된다. **△**

## ✽ 시사 용어 해설 ✽

### ▶ 채무조정

법정관리·화의·워크아웃 기업 등의 채무를 적정수준으로 낮춰주는 것을 말한다. 이의 방법으로 는 이자탕감·원금탕감·상환기일 연장 등이 일반적이다. 대우 처리에 있어서는 채권자의 여신을 주 식으로 전환해 주거나 전환사채를 발행해 제공하는 방법이 거론되고 있다.

### ▶ 소프트노믹스

지식과 정보의 가치가 높아지고 경제·사회의 소프트화가 진행되고 있기 때문에 경제운영 방식도 이에 맞춰 바뀌어야 한다는 주장에서 나온 새로운 용어. 소프트와 이코노믹스의 합성어다. 간단히 설명 하면 '소프트화 사회의 존재방식'으로 표현할 수 있다.