

## 고강도-초유동 콘크리트 충전 합성강관 구조물의 시공 및 품질관리

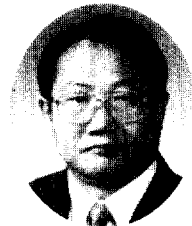
### QA/QC for High-Strength & High-flowable Concrete Filled Steel Tube Structure



김 성 환\*



박 원 구\*\*



최 응 규\*\*\*

#### 1. 서 론

도시의 사무실 및 상업용 건물은 지가 상승 및 용지난으로 인해 한정된 부지를 효율적으로 사용하기 위해서 고층화되는 경향이 있으며, 초고층 건축물에서는 용도의 다양화, 복합화, 경량화 등으로부터 종래의 구조적 제약조건을 극복하고 장스팬가구 및 공간의 효율적 이용을 가능하게 하는 구조형식이 개발되고 있다. 이같은 상황에서 최근 각광을 받고 있는 구조형식이 콘크리트 충전강관 (Concrete Filled Steel Tube) 즉, 합성강관구조이다.

합성강관기둥은 강관의 구속효과(Confinement Effect)에 의해 충전콘크리트의 내력상승과 충전콘크리트에 의한 강관의 국부좌굴 보강효과에 의해

부재내력이 상승하고 뛰어난 변형성능을 발휘한다. 이에 따라 종래의 초고층건물에 비해 기둥간격을 크게 할 수 있으며 유효공간을 넓게 할 수 있고, 일반구조체에 비해서 기둥의 강성이 높고 태풍 및 지진시의 진동변형에 대한 사용성의 개선도 가능하다. 또한, 시공시 강관은 거푸집 역할을 하므로 기둥부재의 철근 거푸집공사가 배제되어 인건비의 절감 및 시공공정 측면에서도 공기단축이 가능하리라 판단된다.

그러나 강관내에 채워지는 콘크리트의 품질관리는 매우 어려운 문제로서 기둥 상부로부터 콘크리트를 타설할 경우, 보 겹합부 및 기둥내부에서의 공극발생 및 콘크리트의 충전성 등이 의문시되어 왔다. 따라서 이러한 문제점 해결을 위해서 초유동성

\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술안전총괄 부서장  
\*\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기공 기술연구소현장 소장  
\*\*\* 정회원, 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 건설재료 파트장

을 가지는 콘크리트를 개발·적용함으로써 진동양생이 불필요하게 되고, 콘크리트 펌프에 의해 지상으로부터 시공층까지 콘크리트를 압송하여 강관기둥 하부로부터 압입하는 방법에 의해서 우수한 콘크리트 충전성을 확보할 수 있게 되었다.<sup>1) 3)</sup>

이러한 합성강관구조 시스템(강관내에 콘크리트를 채우는 형식)은 외국 경우에는 시공사례가 있고,<sup>4)</sup> 또한 그 적용이 점차 늘어가고 있는 실정이나, 아직까지 국내에서는 그 시공사례가 없었으며, 따라서 삼성물산 건설부문에서 시공한 기흥 기술연구소현장에서의 콘크리트 충전형 합성강관기둥의 적용이 국내에서는 처음으로 시도되었다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있다.<sup>1) 5) 6)</sup>

## 2. 현장개요

기술연구소 신축공사현장은 경기도 용인군 기흥읍 공세리 산 25번지에 자리잡고 있으며, 공사기간은 1995년 6월부터 1996년 9월까지 총 16개월로 예정되어 있다. 기술연구소가 들어서게 될 대지면적은 총 29,551m<sup>2</sup>(8,939평)이며, 건축면적은 3,053m<sup>2</sup>(923평), 연면적은 29,383m<sup>2</sup>(8,888평)이다.

그림 1은 현장배치도를 나타낸 것으로서, 기술연구소 건물은 지하 4층, 지상 7층으로 구성되었고 최고 높이는 35m에 달하며, 지하는 철근콘크리트조, 지상은 철골조로 시공되었다.

## 3. 콘크리트 품질관리

### 3.1 개요

콘크리트 충전형 합성강관기둥은 철골과 콘크리트의 특성을 합리적으로 조화시킨 것으로 건설재료적인 측면에서 보면 외부를 형성하는 강관과 그 내부를 충전시켜 주는 콘크리트로 구성되어 있다. 여기서 강관에 충전되는 콘크리트는 유효공간의 확대와 부재단면의 축소를 가능케 하는 고강도 측면을 확보함과 동시에 합성강관 공법의 시공 특성상 요구되는 다짐이 필요없고 재료분리를 방지할 수 있으며, 상당한 높이까지 펌프압송이 가능한 초유

동 측면 또한 만족되어야 한다. 이러한 사항은 철저한 품질관리를 통해 점검되어야 한다. 또한 기흥 기술연구소현장 공사의 특징을 열거하면 합성강관기둥에 적용된 콘크리트는 설계강도가 420 및 560kg/m<sup>2</sup>이며, 슬럼프가 26±1cm, 슬럼프 플로우가 60±7cm인 고강도-초유동 콘크리트로서 현장에 적용하기에 앞서 세차례의 실물모형실험(Mock-Up Test)을 실시하여 콘크리트의 생산 및 운반, 시공에 따른 제반사항을 검토하였으며, 철골기둥이 거푸집 역할을 함으로 인해서 콘크리트의 온도이력이 합판 거푸집과는 다른 현상이 나타날 것이 예상

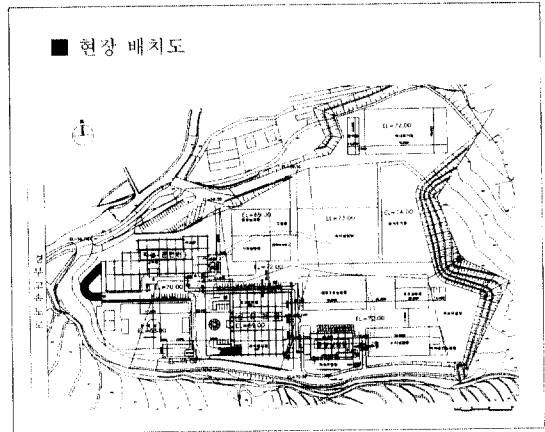


그림 1 현장배치도

되어 동절기 시공에 따른 양생문제의 해결을 위한 추가실험을 실시하였다.

### 3.2 제조 및 생산

고강도-초유동 콘크리트를 현장에 적용하기에 앞서 필요한 강도, 유동성, 분리저항성 및 충전성등에서 원하는 품질이 확보되었는지를 판단하는 시험항목과 품질기준은 표 1과 같다.

표 1 고강도-초유동 콘크리트의 품질기준

구분	콘크리트의 품질기준
Slump	26±1cm
Slump Flow	60±7cm
L형 Flow	35cm 이상
U형 Flow	높이차 1cm 이내
Air	2.5±1.0%

기술연구소 현장의 수직부재에 적용된 콘크리트의 설계강도는 420 및 560kg/cm<sup>2</sup>이고, 그 외의 시험항목에서는 표 1의 기준에 의하여 현장적용하였다.

고강도-초유동 콘크리트의 생산에 앞서 콘크리트의 품질기준을 만족하는 최적배합비의 도출을 위한 실내시험을 수행하였다. 실내시험에 사용된 시멘트는 국내에서 보편적으로 사용되고 있는 보통 포틀랜드시멘트를 선정하였고, 골재는 경기일원에 납품되고 있는 골재로서 고강도-초유동 콘크리트의 제조에 적절한 입도범위에 있는 것을 사용하였으며, 플라이애쉬는 충남 보령산의 유연탄계를 사용하였다. 또한, AE 감수제는 소요강도와 유동성에 있어서 만족할 수 있는 콘크리트를 제조하기 위해서 국내에서 판매되고 있는 제품중에서 유동성, 강도, 퍼짐정도 및 응결시간을 모두 만족하는 제품을 선정하였다. 이상의 재료를 사용하여도 최적의 고강도-

초유동 콘크리트를 생산하기 위해서는 재료의 투입순서 및 배합시간에 대해서도 상당한 주의를 기울여야 한다. 그림 2는 재료의 투입순서 및 배합시간을 변수로하여 도출해 낸 최적시간 및 배합순서를 나타낸 것이며, 표 2 및 표 3은 상기시험에서 도출된 최적배합비 및 물성분석결과이다.

#### 4. 현장실물모형실험

##### 4.1 실험개요

실내시험을 통해서 도출된 최적배합비에 의해 레미콘공장에서 고강도-초유동 콘크리트를 생산하였으며, 이 콘크리트를 사용하여 실제부재와 똑같은 조건과 크기로 실물모형실험을 수행하였다. 실물모형실험은 세차레에 걸쳐서 각각 420, 560 및 800kg/cm<sup>2</sup> 강도에 대해서 수행되었다.

강관기둥이 실제 현장에 적용된 이후에는 내부 콘크리트의 충전상태 및 양생상태를 확인하기가 어렵기 때문에 본 실험에서는 강관의 해체가 가능하도록 수직으로 양분한 후 볼트로 연결하여 강관기둥 거꾸집을 제작하였다.

실험에 사용된 배관은 직경 150mm 파이프를 200m의 길이로 연결하였다. 이것은 현장상황과 거의 유사한 조건을 가지는 배관직경과 배관길이를 적용함으로써 현장에 적절한 콘크리트 펌프의 압송상태, 펌핑후의 워커빌리티의 손실정도 및 공기량의 변화정도를 파악하기 위한 것이다. 콘크리트의 압입방법은 앞에서 언급한 바와 같이 콘크리트의 자중에 의한 다짐정도를 좋게하기 위해서 강관기둥 하부에서 압입하는 방법을 선택하였다.

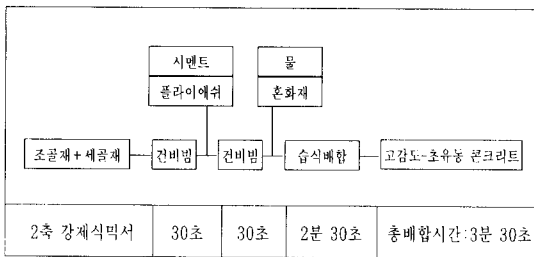


그림 2 최적배합순서 및 배합시간

표 2 최적배합비

규격 (kg/cm <sup>2</sup> )	W/B (%)	S/A (%)	F/A (%)	단위재료량 (cm <sup>3</sup> )					
				W	C	F/A	간 골재	굵은 골재 (C±%)	혼화제
420	32	53	10	175	493	54	841	755	2.42
560	30	53	10	180	540	60	817	733	2.06

표 3 물성시험결과

시험 종류	유동성시험				경시변화시험			압축강도		
	Slump	Flow (cm)	U정관 (cm±cm)	L정관 (cm)	즉시	30분	60분	3일	7일	
규격 (kg/cm <sup>2</sup> )	420	26.5	63×66	1.0	68.0	26.5	26.0	23.5	458	604
						64.5	60.0	45.0		
560	27.0	67×67	1.0	72.0	27.0	25.5	24.0	481	626	
					67.0	53.0	46.0			

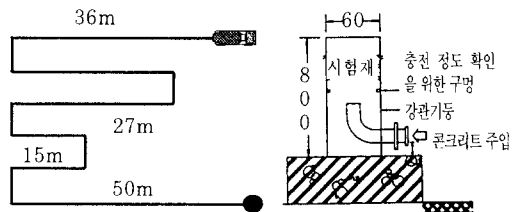


그림 3 배관파이프의 배치도와 강관의 하부 주입구의 형태

그림 3은 실험에 사용된 배관파이프의 배치모습과 강관의 하부 주입구의 형태를 나타낸 것이며, 표 4에 현장제작공시체의 압축강도 측정값이 나타나 있다.

표 4 현장제작공시체의 압축강도

재령 강도구분	3일	7일	28일
19-420	347	443	512
19-560	570	622	661

앞의 실험을 통해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 고강도-초유동 콘크리트의 최적배합을 얻기 위한 배합시간은 3분 30초가 적절하였으며, 유동성 측면에서 슬럼프 및 슬럼프플로우는 표 1의 기준을 만족하는 것이 적절하였다.

사진 1은 실물모형실험에 사용된 강관기둥과 강관을 제거한 콘크리트기둥의 모습을 나타낸 것이다.

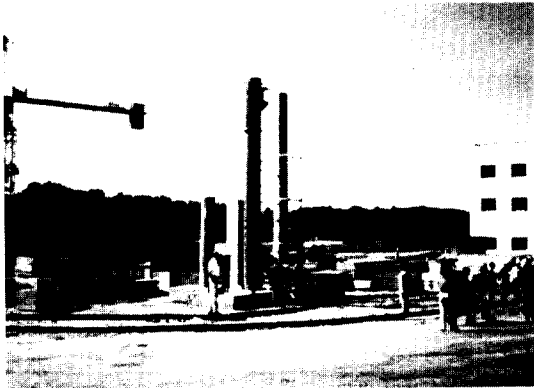


사진 1 강관기둥 및 강관 제거후의 콘크리트 기둥

#### 4.2 추가실험

합성강관 충전용 고강도-초유동 콘크리트의 현장 적용 시점이 동절기이고, 합성강관 공법의 거푸집 역할을 하는 강관이 일반공법에서 사용하는 목재 거푸집보다 열전도율이 크기 때문에 대기온도가 동절기 한중 콘크리트의 관리기준인 4℃ 이하가 아니라도 콘크리트의 경화에 상당한 영향을 미치게

된다. 따라서, 합성강관 충전용 고강도-초유동 콘크리트의 경화지연에 대한 문제점을 해결하기 위해 콘크리트의 응결시간, 내부 수화온도이력 및 초기 강도의 발현정도를 실험을 통하여 검증하였다.

실험은 혼화제의 종류, 양생시의 대기온도, 보양의 유무 및 방법의 차이를 변수로 선정하여 진행하였다. 혼화제는 현장 실물모형실험에서 사용했던 경화촉진제를 첨가하지 않은 것과 경화촉진제를 첨가시킨 것으로 나누었으며, 양생시의 대기온도는 실외온도와 실내온도로 구분하여 그 온도차에 의한 경화속도와 강도발현정도를 알아보고자 하였다.

양생시의 보양의 유무는 대기중에 강관을 방치한 것과 강관을 부직포와 비닐로써 보양을 한 것으로 구분하였으며, 보양의 방법에서는 실외에 설치한 강관의 외부에 열선을 감아서 25~30℃ 정도의 온도를 가하는 동시에 그 외부에 부직포와 비닐로써 감싸줌으로써 부직포와 비닐만 사용하여 감싸준 경우와 어떠한 차이가 발생하는 가를 알아보고자 하였다.

### 5. 현장시공

#### 5.1 배관계획

합성강관 공법은 서로 독립적으로 세워져 있는 기둥부재를 대상으로 하기 때문에 1개의 기둥부재를 충전시킨 후에는 인근에 있는 다른 기둥부재를 타설하기 위해 타설지점으로 이동하게 된다. 이 때 콘크리트의 충전작업은 일시 중단되고, 배관을 다음의 타설지점으로 이동하기 위해 관의 길이 및 방향을 조절한다. 이것은 일반적인 콘크리트 타설작업에서는 거의 고려되지 않는 부분으로 합성강관 공법을 적용하기 위해서는 충전작업 실시 이전에 이러한 타설지점의 이동과 배관길이의 조정, 타설 중단시의 작업내용에 대한 관리포인트를 사전에 충분히 검토하여야 한다.

충전대상인 강관기둥은 각기 일정거리가 떨어져 있는 상태에서 주입구를 독립적으로 가지고 있으므로 배관길이는 강관기둥을 하나씩 충전시킬 때마다 변하게되며, 그 변화방향은 최초의 충전대상을 펌핑위치에서 최장거리에 위치하게 하고, 작업이 진

행되면서 펌핑위치에 근접하도록 설정하는 것이 일반적으로 타설중단시간이 적게 소요될 뿐만 아니라 시공관리 포인트가 적어지게 된다.

한 개의 강관기둥에 대한 타설이 끝난 후, 다음 강관기둥으로 타설지점을 이동시키기 위해 배관작업을 조정하는 시간이 순수 타설시간보다 오히려 길게되어 전체 작업시간을 결정하는 중요한 요인이 된다. 이러한 이유 때문에 이음부분의 적절한 설치, 배관종류의 선택, 제거한 배관내 잔여 콘크리트의 처리문제, 작업자의 숙련도를 고려한 적절한 배관 계획 등은 매우 중요한 관리 포인트가 된다. 사진 2는 배관모습을 나타낸 것이다.

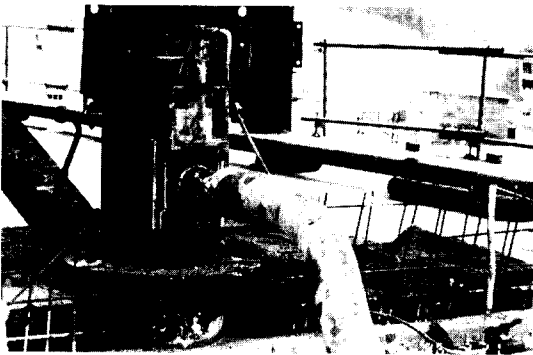


사진 2 배관모습

### 5.2 강관의 충전순서

배관계획에서 검토되어야 할 사항으로는 각 강관기둥에 충전될 콘크리트 물량, 단위강관기둥의 충전시간, 배관이동을 위한 소요시간, 해체된 배관의 야적장소, 잔여 콘크리트의 처리방법, 전체 배관길이 및 작업자의 배치계획등 충전작업이 진행될 당일에 예측되는 전반적인 사항에 대한 검토가 필요하다. 이러한 검토에 의해서 최종적으로 충전작업의 양과 충전순서가 결정되는 것이다.

그림 4는 현장에서 사용된 합성강관기둥의 충전계획을 나타낸 것이다.

### 5.3 펌프압의 검토

합성강관 공법의 특성상 강관의 조립이 완료된

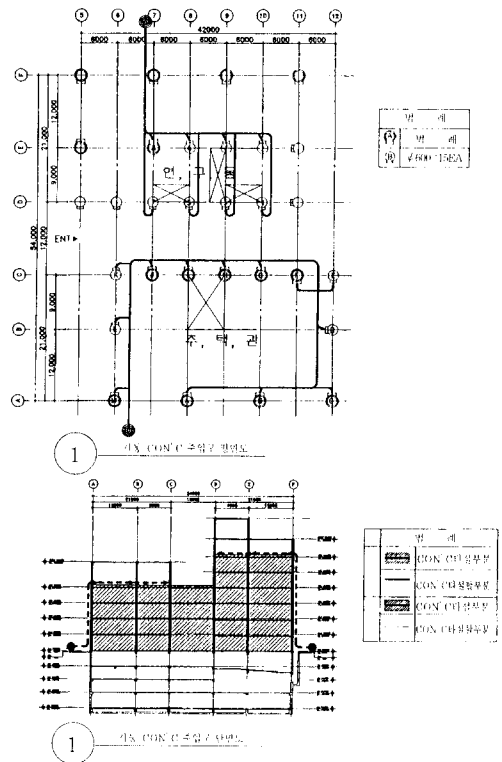


그림 4 강관기둥 충전계획도의 예

후에 콘크리트의 충전작업이 진행된다. 따라서, 콘크리트의 시공에 필수적인 다짐작업과 재료분리에 대한 방지대책으로 기둥하부에서 콘크리트를 압입하는 방법을 사용하며 이를 위해 소요되는 펌프압을 산정하여 이를 근거로 충분한 출력을 보유한 콘크리트 펌프를 선정하는 것이 매우 중요하다.

현장에서 소요 펌프압을 검토하기 위해 유용하게 사용할 수 있는 것이 노모그래프(nomograph)이다. 이 그래프는 이론적인 값과 실제값이 매우 유사하므로 10% 정도의 안전율을 고려하여 실제작업의 검토자료로 많이 활용되고 있다.

노모그래프(nomograph) 이외에 콘크리트 타설 압력을 구하는 방식으로는 1973년 콘크리트 펌핑 공법 도입초기에 일본에서 발표된 시공지침에 포함되어 있는 경험식으로 배관직경과 종류에 따른 단위길이 및 단위개수의 손실압력을 산정하는 것이다.

$$P = \sum L_h \cdot \Delta P_h + \sum L_v \cdot \Delta P_v + n \Delta P_v + n P_t + n P_f + n \Delta P_y$$

여기서,

- $P$  : 전배관의 손실압력(kg/cm<sup>2</sup>)
- $L_h, L_v$  : 수평, 수직배관의 길이(m)
- $\Delta P_h$  : 수평관의 단위길이당 압력손실(kg/cm<sup>2</sup>/m)
- $\Delta P_v$  : 수직관의 단위길이당 압력손실(kg/cm<sup>2</sup>/m)
- $\Delta P_v = \Delta P_h$  : 수직배관내의 정압
- $n$  : 곡관, 테이퍼관, 플렉시블 호스의 수량(本)
- $\Delta P_b, \Delta P_t, \Delta P_f, \Delta P_y$  : 곡관, 테이퍼관, 플렉시블 호스, Y형관의 압력손실(kg/cm<sup>2</sup>/m)

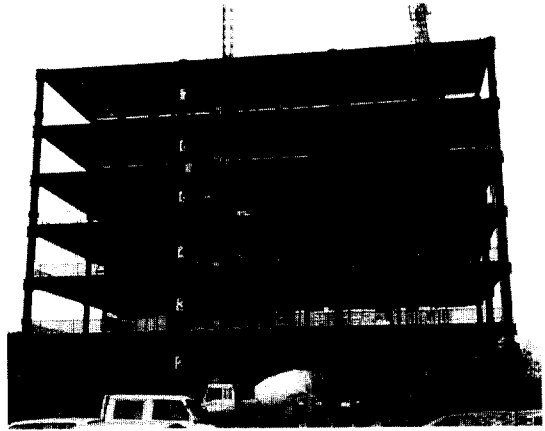


사진 3 콘크리트의 충전작업 모습

현장에 사용된 콘크리트 펌프는 최대출력 157 kw, 최대 TK치 3925인 슈빙사의 BP 3000 모델로서 위의 그래프와 수식을 근거로 계산한 펌핑압을 충분히 만족하였다.

#### 5.4 콘크리트의 충전

충전작업을 위한 배관계획시에는 검토한 인원의 배치, 잔여 콘크리트의 처리, 강관충전상황의 점검, 펌핑작업, 배관의 해체 및 처리, 레미콘 차량의 배차간격 및 물량 등을 종합적으로 관리하여야 한다. 인원 배치의 내용으로는 배차간격의 점검 및 레미콘의 현장 품질관리를 담당하는 인원이 필요하며, 펌프카의 운영요원과 배관상황을 확인하는 작업자가 있어야 한다. 또한, 배관을 이동하고, 충전상태 완료료를 확인한 후 주입구 봉쇄를 하고, 잔여 콘크리트를 처리할 인원이 필요하다. 잔여 콘크리트의 처리는 T/C와 버킷을 사용하였다. 작업이 진행될수록 작업자의 숙련도가 향상되었고, 배관의 최종부위와 강관 하부의 주입구를 이어주는 이음부위를 플렉시블관으로 대체하여 전체 작업시간을 크게 단축시키는 효과를 보였다. 순수 타설작업에 소요되는 평균시간과 타설지점의 이동을 위한 배관작업에 소요된 평균시간은 각각 약 3분과 10분이 소요되었다.

사진 3은 콘크리트의 충전작업이 수행되고 있는 모습을 나타낸 것이다.

### 6. 양생 및 수화온도 측정

#### 6.1 강관기둥의 양생

강관 기둥내에 충전된 콘크리트는 일반적인 콘크리트의 경화과정과 동일하게 수화반응을 통해 경화된다. 이러한 수화반응의 과정에서 외기온도는 콘크리트의 양생에 매우 중요한 요소이다. 즉, 대기온도가 4℃ 이하가 되면 정상적인 수화반응에 장애요인이 되며 이는 콘크리트의 정상 강도 발현에 지장을 초래한다.

실제 기흥 연구소 현장의 강관충전 작업이 실시된 시기는 일평균기온이 일반적인 동절기 콘크리트 관리 기준의 온도 조건(4℃ 이하)보다는 높았지만, 현장의 외기온도가 낮고 바람에 의한 제감온도는 더욱 낮다는 것을 고려하여 생산시 콘크리트의 온도는 15℃를 유지하도록 하였다.

또한, 합성강관 공법에서 일반 콘크리트 작업의 형틀 역할을 하는 강관의 재질이 열전도율이 크기 때문에 외부 대기온도의 저하에 훨씬 민감한 온도 영향을 받게 된다. 따라서, 혹한기를 지난 2월과 3월에 타설이 진행되었더라도 한중 콘크리트의 관리 기준에 따라 충전 콘크리트를 관리해야 하였다. 관리방법으로는 충전이 끝난 합성강관기둥내의 콘크리트의 수화반응 상태를 수화열 측정장비를 사용하여 관리하도록 하였고, 타설이 완료된 기둥에 대해서 후속공정으로 양생용 부직포와 비닐을 각각 두 겹씩 에워싸는 방식으로 보양을 하였다.

## 6.2 수화온도의 측정

합성강관기둥 내부 충전용 콘크리트의 수화반응 상태를 추정하기 위해서 전기저항방식의 온도센서와 자동계측장비(DT 615)를 사용하여 수화반응에 의한 콘크리트의 온도를 측정하였다. 그림 5는 2개 층 또는 3개층으로 구성된 1절의 평면도와 측정위치를 나타낸 것이고, 그림 6은 강관기둥의 중심부, 표면부 및 외측부에 온도센서가 매립된 모습을 나타낸 것이다.

강관기둥 내부에 타설된 콘크리트의 수화온도를 측정하기 위해서 그림 5의 A, B기둥에 온도측정용 센서(Thermistor)를 설치하였다. A, B기둥은 직경이 50cm인 원형기둥으로 콘크리트 충전 후 센서를 설치하였으며, 곧바로 양생포와 비닐로 싸 보양을 하였다.

A기둥에서는 기둥과 양생포 사이와 기둥 중심부에서 10cm 떨어진 위치에 센서를 설치하였으며, B

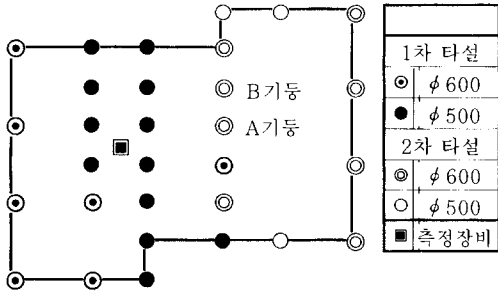


그림 5 1절의 평면과 온도센서 설치위치

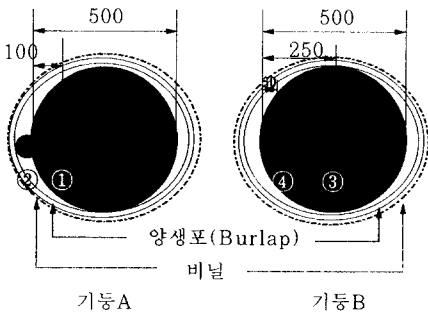


그림 6 온도센서의 매립모습

기둥에서는 기둥의 중심부와 기둥 중심부에서 22cm 떨어진 위치에 센서를 설치하였다.

충전시 콘크리트의 온도는 14~15℃ 정도로서 동절기 콘크리트 관리지침에 의해 관리하여 초기양생을 지연시키지 않도록 적정온도를 유지하였으며, 기둥의 보양은 양생포와 비닐만 사용해도 큰 문제가 없을 것으로 추정되었다.

그림 7은 A, B기둥의 3일간의 수화온도 측정결과를 도식화 한 것이다.

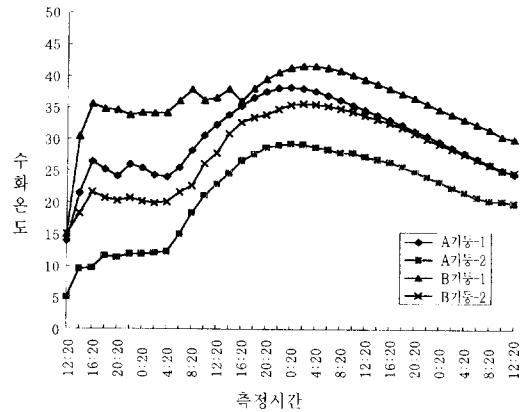


그림 7 수화온도 측정결과

## 7. 맺음말

삼성물산(주) 건설부문은 콘크리트 충전형 합성강관기둥 공법을 기흥에 위치한 기술연구소 현장에 적용하였다. 이 공법은 고강도측면과 초유동 측면을 동시에 만족해야 하는 콘크리트의 품질관리 측면에서 많은 어려운 문제점들을 내포하고 있었다.

현장적용에 앞서 420 및 560kg/cm<sup>2</sup> 강도의 고강도-초유동 콘크리트의 생산, 운반 및 시공에 관한 제반사항을 검토하기 위해 최적배합비의 도출을 위한 실내시험을 수행하였고, 그 결과를 바탕으로 레미콘공장에서의 콘크리트 생산에 따른 문제점 해결, 현장까지의 운반에 따른 경시변화 등을 검토하기 위하여 실물크기의 강관기둥을 제작하여 현장실물모형실험을 실시하였다.

현장적용시점이 동절기임을 고려하여 콘크리트의

경화지연에 대비한 연구의 필요성으로 인해 응결시간, 내부수화온도이력 및 초기강도의 발현정도에 관한 추가실험을 실시하여 현장적용에 적합한 고품질의 고강도-초유동 콘크리트를 생산하는 것이 가능하도록 하여, 고강도-초유동 콘크리트 충전형 합성강관기둥 공법의 현장적용을 성공리에 끝마칠 수 있었으며, 본고가 향후 국내의 합성강관 구조물의 시공시에 다소나마 도움이 되기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

1. 岩清水陸 외 5인, "シリカフェーム 超高強度コンクリトを用いた 충전型鋼管柱の實大壓入施工實驗 : (その1) 調査選定のための豫備實驗", 日本建築學會大會學術講演集, 1994. 9, pp. 727-728.
2. 光枝 良의 5인, "シリカフェーム 超高強度コンクリトを用いた 충전型鋼管柱の實大壓入施工 實驗 : (その2) 實驗概要とフレッシュコンクリトの性狀", 日本建築學會大會學術講演集, 1994. 9, pp. 729-730.
3. 高畑顯信의 5인, "シリカフェーム 超高強度コンクリトを用いた 충전型鋼管柱の實大壓入施工實驗 : (その3) 鋼管柱が受ける影響と壓入後のコンクリトの性狀", 日本建築學會大會學術講演集, 1994. 9, pp. 731-732.
4. 米澤敏男 외 5인, "シリカフェームを用いた超高強度コンクリトの鋼管壓入施工", 日本コンクリト工學, Vol. 31, No. 12, 1993. 12, pp. 22-33.
5. 윤영수의 3인, "합성강관 충전용 고강도-초유동 콘크리트의 현장적용을 위한 실험적 연구", 한국콘크리트학회지, 제8권 2호, 1996. 4, pp. 151-161.
6. 윤영수의 5인, "고강도-초유동 콘크리트의 동절기 경화이력에 관한 실험적 연구", 1996년도 봄학술발표회, 한국콘크리트학회, 제8권 1호, 1996. 5, pp. 95-100. □

## 콘크리트학회 전문서적 보급안내

### 철근콘크리트 구조설계매뉴얼(신간)

#### ■ 한국콘크리트학회 편

본서는 극한강도 설계공식에 근거하여 도표와 설계예제를 작성하였으며, 그림을 이용하여 설계를 쉽고 빠르게 할 수 있고 또, 설계과정에서 반복되는 계산을 함축하여 계산과정을 단축시켜 설계실무에 편리하도록 집필되어 있다.

- A4 · 3권/ 총가 37,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,700원 별도부담
- 제1권 : 보 · 브라켓 · 기초의 설계
- 제2권 : 기둥 · 벽체의 설계
- 제3권 : 슬래브의 설계

### 콘크리트구조물의 비파괴검사 및 안전진단(신간) -제2회 기술강좌 교재 보정판-

#### ■ 한국콘크리트학회 편

이 책은 건설현장 기술자들이 유용하게 활용할 수 있는 비파괴시험의 관련 원리 및 적용방법에 대한 최신 기술은 물론, 건축 · 토목공사용 콘크리트구조물의 안전진단 및 유지관리 · 보수방법과 콘크리트의 내구성 향상과 관련 시험방법에 관한 내용을 이해하기 쉽게 상세히 기술하고 있다.

- B5 · 408면/ 定價 17,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,100원 별도부담