

# 초고강도 ( $f'_{c91} = 950\text{kg/cm}^2$ ) P.C Bearing Plate 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of a Ultra-high Strength Precast Concrete Bearing Plate

소현창\*                      정병욱\*\*                      김재우\*\*\*                      문성규\*\*\*  
So, Hyun Chang      Jung, Byung Wook      Kim, Jae Woo      Moon, Seong Kyu

---

### Abstract

P.C Bearing Plate method, corresponding to the existing steel plate build-up method, is developed by the very first in domestic and is applied to the foundation in the HYUNDAI building at Kang-Nam. P.C Bearing Plate produced in ourself P.C plant can stand against vertical load of 7,000ton obtaining allowable force of soil. It is possible to minimize cost expediting, do site assembling and omit unnecessary excavation work by plant prefabrication of foundation member.

The purpose of this paper is to study the optimum mixing design of Ultra-high strength concrete( $f'_{c91} = 950\text{kg/cm}^2$ ), crack control through measuring the heat of hydration, mock up test for the optimum curing method.

As mentioned above, developing the Ultra-high Strength Precast Concrete Bearing Plate set up successfully in the site foundation work of the HYUNDAI Building at Kang-Nam.

---

## 1. 서론

초고층빌딩 건축시 철골기둥에서 기초에 전달되는 하중에 견디도록 한 공법으로는 철판적층공법이 사용되어지고 있으나, 철판적층공법은 STEEL PLATE를 특수 제작해야함으로 생기는 재료 및 제작 비용의 과다와 함께 제작의 난이도가 높아 시공에 어려움이 많았다. 이에 대응하는 공법으로 국내에서

---

\* 정회원, 현대산업개발(주) 기술연구소

\*\* 정회원, 현대산업개발(주) 기술연구소, 소장

\*\*\* 정회원, 현대산업개발(주) 기술연구소, 연구원

는 최초로 초고층빌딩인 현대강남사옥현장의 기초에 7,000Ton의 수직하중에 견딜 수 있는 허용지내력확보를 위해 초고강도 P.C Bearing Plate 공법을 채택하여 고품질의 기초설치공사를 완료하였다. 본 연구는 P.C Bearing Plate 제작에 따른 초고강도 콘크리트의 최적배합설계도출 및 물성과 제작방법을 정리하여 보고하고자 한다.

## 2. 공사개요

현대강남사옥은 대지면적13,156m<sup>2</sup>에 지하8층, 지상45층의 초고층 사무용빌딩으로 기둥과 기초사이에 설치되는 Base Plate는 콘크리트의 허용지압응력을 높여 크기와 두께를 감소시키는 공법인 초고강도 P.C Bearing Plate 공법을 채용하였으며 총32개 (3000×3000×600 12개, 2800×2800×600 20개)로 구성된 P.C Bearing Plate의 설계기준강도는 800kg/cm<sup>2</sup>이며, Base Plate하부에 발생하는 응력은 기초콘크리트가 견딜수 있는 허용지압응력 이하가 되도록 다음과 같이 설계하였다.

$$P=7,000\text{Ton} \quad f'_c=800\text{kg/cm}^2$$

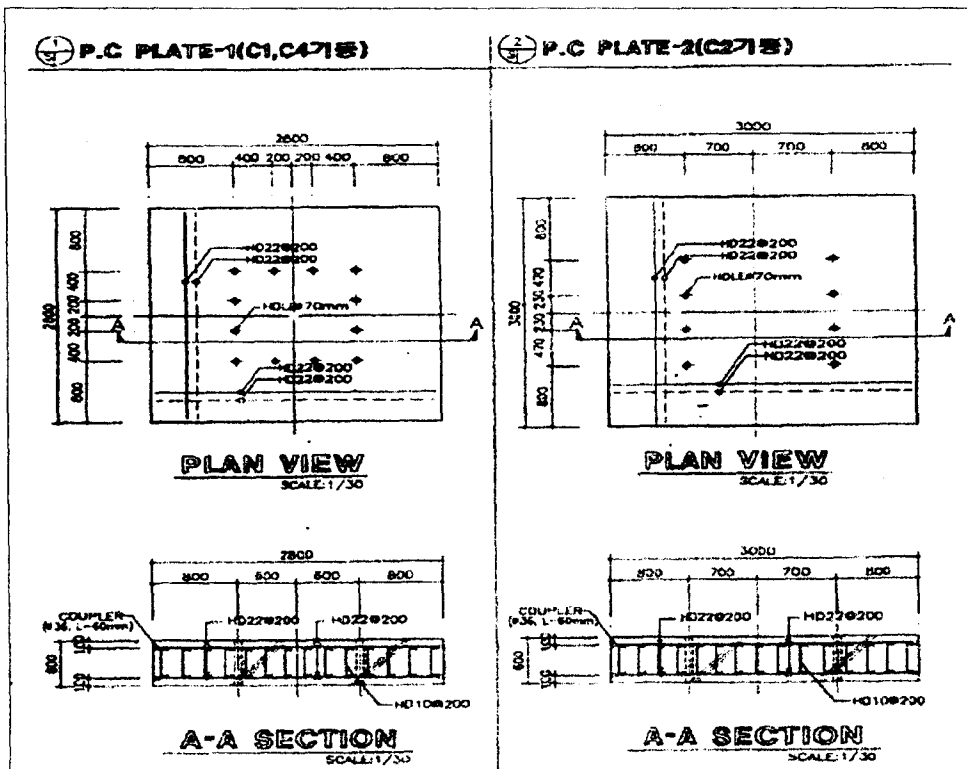
$$\text{Base Plate Size}=1.8\text{m}\times 1.8\text{m}$$

$$\sigma_p=P/A=7,000,000/180^2=216\text{kg/cm}^2$$

$$f_p=0.35f'_c=280\text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_p/f_p=216/288=0.77 < 1.0 \text{ (o.k)}$$

초고강도 P.C Bearing Plate의 제작평면 및 단면을 나타내면 그림 1과 같다.



### 3. 최적배합 결정

#### 3.1 사용재료

본 연구에서 사용한 재료는 H사제 보통 포틀랜드 시멘트 (비중:3.15) 충추산 세골재 (조립율:2.50, 비중:2.58)와 조골재(비중:2.63)외에 물결합재비를 저감시키기 위하여 고성능감수제를 사용하였으며, 강도증진 및 재료분리방지를 위한 점성을 확보하기 위하여 혼화재를 첨가하였다. 혼화재는 강도증진을 위한 Silica Fume (이하 S.F로 표기)과 수화열저감과 유동성확보를 위한 FLY ASH(이하 F.A로 표기)를 시멘트량의 10%씩 사용하였다. S.F와 F.A의 물리화학적 성질을 나타내면 표 1, 표 2와 같다.

표 1 Silica Fume의 물리 화학적 성질

비 중	분 말 도 (cm <sup>2</sup> /g)	화 학 성 분 (%)			
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C
2.1	200,000	91	3.3	4.6	1.1

표 2 Fly Ash의 물리 화학적 성질

비 중	분 말 도 (cm <sup>2</sup> /g)	화 학 성 분 (%)				
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	기타
2.1	4,000	55.04	26.97	4.68	4.75	2.18

#### 3.2 공시체 제작

최적배합을 도출하기 위하여 KS F 2403에 의거 10×20cm의 실린더형공시체 3本을 재령별(7일, 28일)한조로 하여 60 l 용량의 강제식 믹서를 사용하여 제작하였다. 본 배합에서는 H社 시멘트의 품질을 고려하여 단위결합재량을 720kg/m<sup>3</sup>으로 하였으며, 믹싱방법은 그림 2와 같은 방법으로 실시하였다.

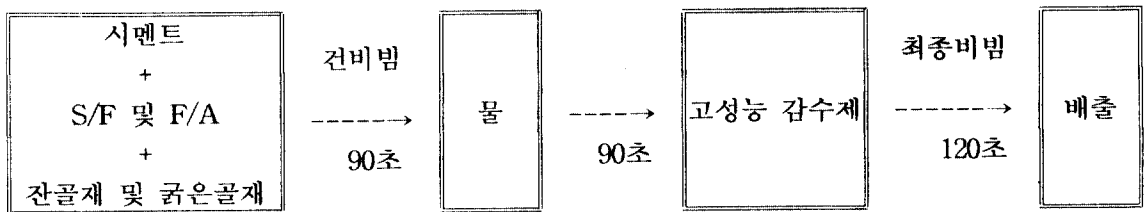


그림 2 콘크리트 혼합방법

기초실험시 재료분리저항성을 갖는 고성능 감수제의 첨가량을 정한다음, 초고강도 콘크리트를 제작한후, 굳지않은 콘크리트 상태에서 Slump flow시험으로 유동성을 검토하였고, 압축강도시험은 당사 보유 200Ton 용량의 유압식 U.T.M 으로 실시하였다. 공시체 양생은 20±2℃의 항온수조에서 수중 양생하였으며, 시험배합한 초고강도 콘크리트의 배합 및 강도시험결과를 나타내면 표 3와 같다.

표 3 초고강도 콘크리트 실험 배합표 및 강도시험결과

No.	w/결합재 (%)	단위 중량 (kg/m <sup>3</sup> )							FLOW치 (cm)	단위용적 중량 (kg)	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	
		W	C	SF	FA	S	G	Ad			7일	28일
1	22	158	600	60	60	535	912	8.6	61	2,421	498	739
2	21	151	600	60	60	542	923	10	57	2,430	549	768
3	20	144	600	60	60	549	935	11.5	52	2,407	660	830
4	19	137	600	60	60	556	947	13	48	2,446	651	860
5	18	130	600	60	60	563	959	14.4	42	2,439	687	901

\* 단위 결합재량은 720 kg/m<sup>3</sup>을 기준으로 배합설계 함

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 콘크리트의 성질

굳지 않은 콘크리트의 시험결과 Slump flow치는 표 3에 나타난 바와같이, w/결합재비가 작을수록 flow치는 작아지나 S.F자체의 미세분말입자에 의한 Bearing 효과 및 Micro Filler 효과에 의해 부배합인 초고강도 콘크리트의 Workability를 개선할 수 있고 또한, Bearing Plate가 P.C로 제작되므로 공장에서의 품질관리가 용이하여, 물결합재비가 18% 전후까지의 제품생산이 가능하다고 판단되었으며 또한 경화콘크리트의 압축시험결과 본 최적배합시험에서는 물결합재비가 20%이하인 경우 설계기준강도인 800kg/cm<sup>2</sup> 이상의 고강도를 얻을 수 있었으나 강도의 안전율을 고려하여 물결합재비를 19%로 하여 본 프로젝트의 최종배합으로 결정하였다.

### 4.2 축소모델 실험

축소모델(1500x1500x300mm) 3개를 제작하여 양생방법을 검토하였다. 자연양생, 증기양생, 혼합양생방법에 따른 수화온도의 측정결과는 그림 3 과 같으며, 콘크리트 표면을 관찰한 결과 증기양생을 제외하고 균열이 발생하지는 않았으나, 혼합양생이 자연양생보다 비교적 품질관리가 쉽다고 판단되어 초고강도 P.C Bearing Plate 제작 시에는 혼합양생을 하는 방법으로 결정하였다.

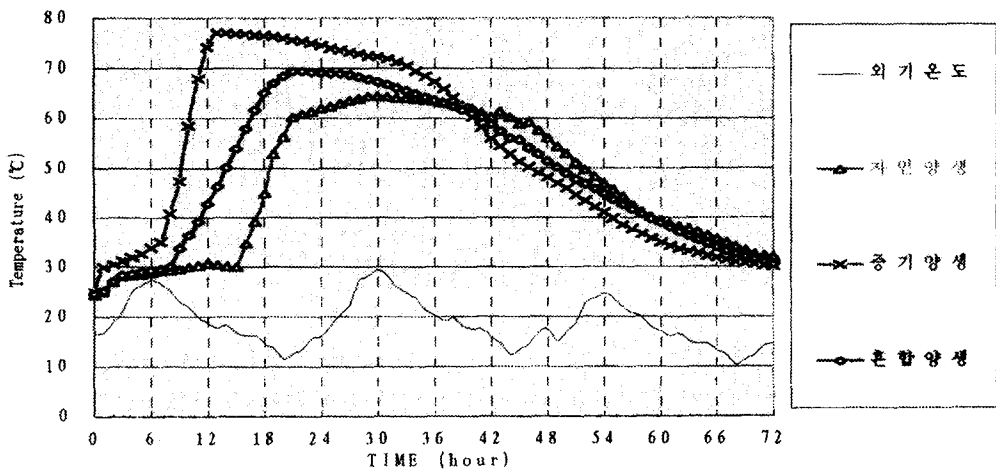


그림 3 수화온도 측정결과

## 5. 초고강도 P.C Bearing Plate 제작 및 조립

결정된 배합 (No. 4)으로 P.C Bearing Plate 생산을 위하여, 당사 여주 P.C공장에서 기존의 B.P.에 재료를 공급하고 S.F와 F.A는 건비법 직전에 손투입으로 공급되도록 하였다. 한편, P.C Bearing Plate의 단면이 크고, 타설되는 콘크리트가 고강도이므로 수화열에 의한 균열발생을 억제하기 위하여 P.C Bearing Plate 상부에 5mm Wire-Mesh를 표면에서 5cm 깊이에 매설하였으며, 또한 철근의 배근은 윤반상의 제약으로 20cm간격으로 배근된 철근단부에 Coupler를 설치하였고, Coupler주변의 균열방지를 위하여 단면에 D10철근을 배근하였다. 양생은 모델시험결과 나타난 바와 같이 상온에서 약 7시간 정도 자연양생을 실시한 후 증기양생을 실시하였으며, 거푸집탈형후 부직포를 도포하여 지속적으로 살수하는 방법으로 실시하였으며, 양생방법을 나타내면 그림 4와 같다.

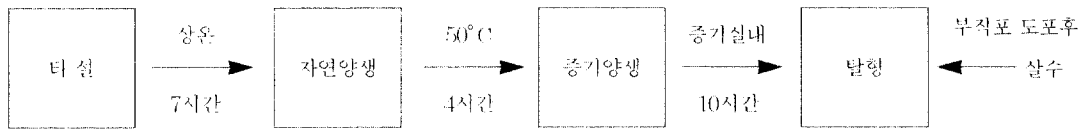


그림 4 양생방법

수화에 걸쳐 제작된 초고강도 P.C Bearing Plate의 압축강도는 표 4에 나타난 바와 같이 7일강도가 평균 662kg/cm<sup>2</sup>, 28일강도가 평균 850kg/cm<sup>2</sup>로 설계기준강도를 상회하였으며, 91일장기강도는 965kg/cm<sup>2</sup>로 나타났다. 또한 고성능감수제, S.F, F.A를 첨가함으로써 표면건조수축에 의한 Crack의 발생이 억제되어 양질의 P.C Bearing Plate가 제작되었다고 판단된다. 한편, 공장에서 제작된 P.C Bearing Plate는 현대강남사옥현장에 반입되어 32Ton Crane으로 양중되어 300kg/cm<sup>2</sup> 강도의 모재콘크리트 위에 설치되었다. 모재 콘크리트와 P.C Bearing Plate 사이의 8cm층은 현장에서 배합한 800kg/cm<sup>2</sup>의 무수축 Mortar를 충전함으로써 조립을 완료하였다.

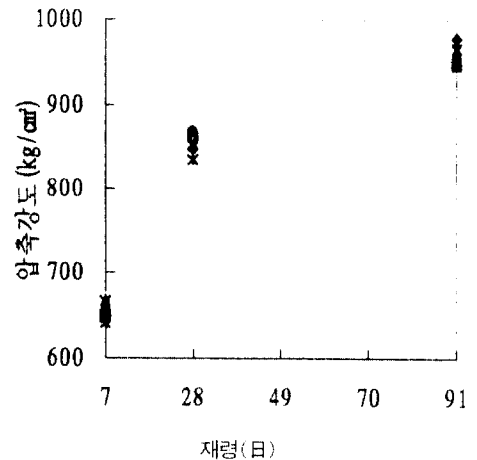


표 4 압축강도 시험결과



사진 1 초고강도 CON'C 타설

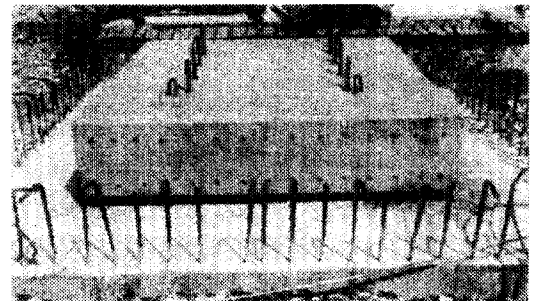


사진 2 P.C Bearing Plate 현장조립

## 6. 결론

양질의 초고강도( $f_{cu} = 950\text{kg/cm}^2$ ) P.C Bearing Plate(32개)를 공장제작한 후, 현대강남 사옥현장의 기초에 7000Ton의 수직하중에 견딜 수 있도록한 Bearing Plate를 성공리에 설치완료한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 초고강도 콘크리트의 강성과 유동성은 적절한 혼화재의 사용 및 믹싱방법과 양생방법의 개선으로 확보 할수 있었다.
- 2) 단위 시멘트량의 증가에 의한 수화열 발생을 F.A의 사용으로 상당히 저감시킬 수 있었다.
- 3) 현대강남사옥에는  $800\text{kg/cm}^2$ 의 고강도가 요구되었지만 향후  $1000\text{kg/cm}^2$ 이상의 초고강도 콘크리트의 제작이 가능한 기술력을 확보하였다.

## 참 고 문 헌

1. A Kumar : A study of silica-fume-modified cements of varied fineness. 1984. Journal of America Ceramic Society.
2. 日本콘크리트 공학협회 : 초유동 콘크리트 연구위원회 보고집 (II)
3. 日本건축학회 : 고강도콘크리트의 기술현황.1991.
4. 소현창 외 :  $1200\text{kg/cm}^2$  초고강도 콘크리트에 관한 실험적연구. KCI 94 가을학술발표회