

# 초유동 콘크리트의 재료적 특성과 거푸집 측압에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Characteristics and Lateral Pressure of Super-Workable Concrete

이 준 구\* · 박 광 수\*  
Lee, Joon Gu · Park, Kwang Su  
김 한 중\*\* · 배 수 호\*\*\*  
kim, Han Joong · Bae, Su Ho

### Abstract

The purpose of this study is to estimate quantitatively lateral pressure of super-workable fresh concrete applied to form-work of prototype structures, such as tall wall, retaining wall and beam. As a result of this experiment, a function applicable to design a form-work system and to predict lateral pressure curve is formulated. Super-workable concrete may be used for the structures reinforced with dense re-bar like box culvert to place concrete at a time, and this study for lateral pressure of super-workable concrete may be useful for form design.

### I. 서 론

산업인력의 고급화로 인하여 공사현장에서 인부의 수급이 어려워짐에 따라, 점차 기계화 시공의 추세가 확산되면서부터 다짐이 필요 없는 콘크리트 즉, 유동성이 커서 스스로 충전될 수 있는 콘크리트에 대한 요구가 증대되었다.<sup>1)</sup> 콘크리트의 유동화공법은 고성능 감수제를 현장타설 콘크리트에 혼합하여 시공성을 개선할 목적으로 1971년 서독에서 고안되었으며, 1974년에는 서독 철근콘크리트 협회에 의하여 제조와 시공에 관한 지침이 작성되었다.<sup>15)</sup> 그 이후 세계적으로 주목을 끌게

되어 1978년과 1981년에는 캐나다에서 2회에 걸쳐 국제심포지엄이 개최되어 세계 각국에서 많은 연구성과가 발표되었고,<sup>14)</sup> 대용량 콘크리트 타설이 필요한 공사에 초유동 콘크리트를 시공한 바 있다.<sup>18)</sup>

다짐이 필요 없는 콘크리트는 시공속도를 증가시키며, 인건비의 절감, 비계작업량의 감소, 고강도 제품에 대한 품질의 신뢰성 향상으로 내구성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 또한 콘크리트 타설 시에 시공의 양부에 영향을 덜 받으며, 농업토목 구조물과 같이 소규모 구조물이 산재해 있고 공사장의 접근성이 열악하며 제한된 공기 내에 공사를 완료해야 하는 현장조건에 적합하다. 또한

\* 농어촌진흥공사 농촌연구원

\*\* 서울대학교 농업개발연구소

\*\*\* 안동대학교 토목환경공학과

키워드 : 다짐이 필요없는 콘크리트, 거푸집측압, 최적 배합비, 유동성, 충전성, 과밀배근, 타설속도

대용량 콘크리트의 타설, 복잡한 철근 조립 등으로 인하여 기존의 워커빌리티로는 타설이 곤란한 경우, 이 문제를 해결하는 방안으로 적용가능성이 매우 높다.

초유동 콘크리트에서는 높은 유동성으로 인하여 거푸집에 작용하는 측압이 보통콘크리트와는 다른 분포형태로 작용하므로, 실제 구조물의 시공에 이용되기 위해서는 측압을 정량적으로 측정하여 콘크리트의 타설 속도와 거푸집의 소요강도를 산정하여야 한다. 그러나 콘크리트의 측압은 배합, 치기 속도, 치기 높이, 다지기 방법, 칠 때의 콘크리트 온도에 따라 다를 뿐만 아니라 지연제, 기타의 혼화제, 부재의 단면치수, 철근량 등에 따라서도 영향을 받는 것으로 알려져 있지만, 아직 초유동 콘크리트에 적합한 측압산정 기준이 미흡한 형편이다.

따라서 본 연구에서는 시설물의 설계규정을 정할 수 있도록 콘크리트의 치기속도와 치기높이에 따라 초유동콘크리트가 거푸집에 미치는 측압의 변화를 실험적으로 분석·고찰하고, 측압 결정에 관한 기준을 제시하고자 한다.

## II. 실험방법 및 사용재료

### 1. 실험방법

#### 가. 최적배합비 결정

다짐이 필요없는 콘크리트로서의 조건을 만족하기 위해선 '나. 굳지 않는 콘크리트 특성'에서 언급하는 실험을 실시하여 만족할 만한 결과를 얻어야 한다. 다짐이 필요없는 콘크리트 제조방법은 크게 두가지로 분류하는데 그 첫째가 고로슬래그나, 플라이 애시등과 같은 분체에 의한 방법이고, 둘째가 고성능 유동화제를 사용하는 방법이다. 본 연구에서는 이들 두 방법을 함께 사용하여 다짐이 필요없는 콘크리트를 제조하였다. 먼저 단위결합재량을  $450\text{kg/m}^3$ 에서  $600\text{kg/m}^3$ 까지  $50\text{kg/m}^3$ 씩 조절하여 최적의 단위결합재량의 선정 및 고성능 유동화제의 첨가량을 결정하였다.

#### 나. 굳지 않는 콘크리트 특성

다짐이 필요 없는 콘크리트의 반죽질기(consistency rheological properties)는 보통콘크리트의 시공성 시험방법인 슬럼프 실험만으로는 정확히 평가하기가 곤란하다. 따라서 선행 연구자들이 제시하는 다짐이 필요없는 콘크리트의 품질관리 항목인 유동성과 충전성<sup>1)</sup>을 실험하였다. 유동성측정을 위해 슬럼프 플로우실험과 O형 깔대기 유하실험을 실시하고, 충전성 실험으로는 박스단차, 과밀배근 충전성, 모의 부재 타설실험을 실시하였다.

#### 다. 역학적 특성

다짐이 필요 없는 콘크리트의 역학적 특성을 규명하기 위해 그것과 동일한 물-결합재비의 고강도 콘크리트를 사용 직접비교하였다. 압축강도 시험을 위해 KS F 2403(콘크리트 강도시험용 공시체 제작방법)에 따라 공시체(압축 및 인장강도 시험용:  $\phi 10 \times 20\text{cm}$ , 탄성계수 측정용:  $\phi 15 \times 30\text{cm}$ , 휨강도 시험용:  $15 \times 15 \times 53\text{cm}$ )를 제작하여 KS 규준에 따라 각각의 실험을 실시하였다.

#### 라. 모의부재 타설 및 거푸집 측압 측정 실험

다짐이 필요 없는 콘크리트의 신뢰성 검증 및 실용화를 위해 실구조부재 크기와 동일한 모의부재를 제작하여 시방배합을 현장배합으로 수정 후 레미콘운반차량과 펌프카를 이용하여 콘크리트를 타설하였다. 과밀배근 충전성을 실험하기 위해 Fig. 1과 같이 보를 제작하고 철근을 배근한 후 한쪽에서 콘크리트를 타설하여 반대쪽의 충전상태를 살피기 위하여 보의 한쪽 측면은 투명한 아크

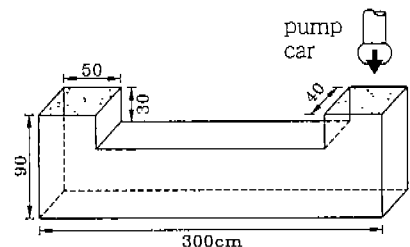


Fig. 1. Beam specimen with dense bars for compactibility test

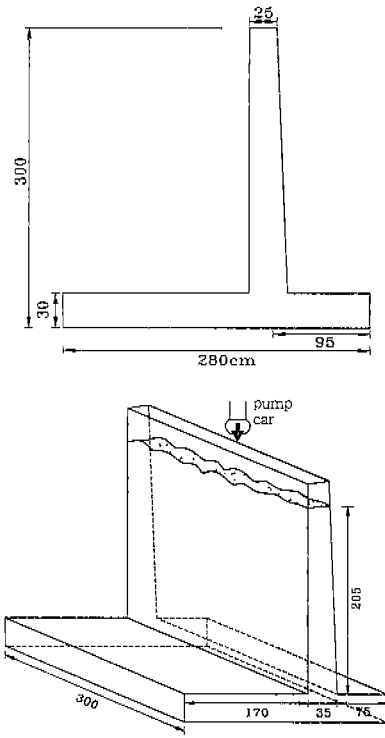


Fig. 2. Retaining wall specimen for testing compactability and formwork pressure

털거푸집을 사용하였다. 거푸집에 작용하는 측압을 측정하기 위해 강제거푸집을 특수제작한 후 상업용 타이를 이용하여 고정하였다. 거푸집에 작용

될 수 있는 최대측압을 유도하기 위해 철근은 배근하지 않았다. 실구조부재로 높이 3m, 길이 3m의 옹벽을 선택하여 철근을 배근하고 펌프카만을 이용하여 다짐작업없이 콘크리트를 타설하였으며 충전상태를 관찰하기 위해 일부거푸집은 아크릴을 사용하였다. 또한 초유동성에 의한 재료분리로 인해 부재높이에 따른 강도차이를 측정하기 위해 크어채취용 벽체를 제작하였다. 각 시험체의 치수와 센서위치는 Fig. 3에 나타내었다.

건교부 제정 콘크리트표준시방서에서는 타설속도별로 콘크리트온도와 타설속도를 변수로 거푸집에서 발생하는 최대 측압유도식을 분류하여 제시하고 있으나 이는 보통의 콘크리트에 적용할 수 있는 것이다. 그러나 다짐이 필요 없는 콘크리트는 보통콘크리트에 비해 타설속도가 빠르고 유동성이 크므로 새로운 시방기준의 정립이 필요하다.

콘크리트시방서의 측압계산<sup>2)</sup>은 일반적으로 보통포틀랜드시멘트를 사용하고 단위중량 2.4t/m<sup>3</sup>, 슬럼프 10cm 이하의 콘크리트를 내부진동기를 사용하여 칠 경우 다음 식 (1)을 제시하고 있다.

벽의 경우, R>2m/h 일 때,

$$P = 0.8 + \frac{120 + 25R}{T + 20} \leq 10(\text{tf/m}^2) \text{ 또는 } 2.4H(\text{tf/m}^2)$$

..... (1)

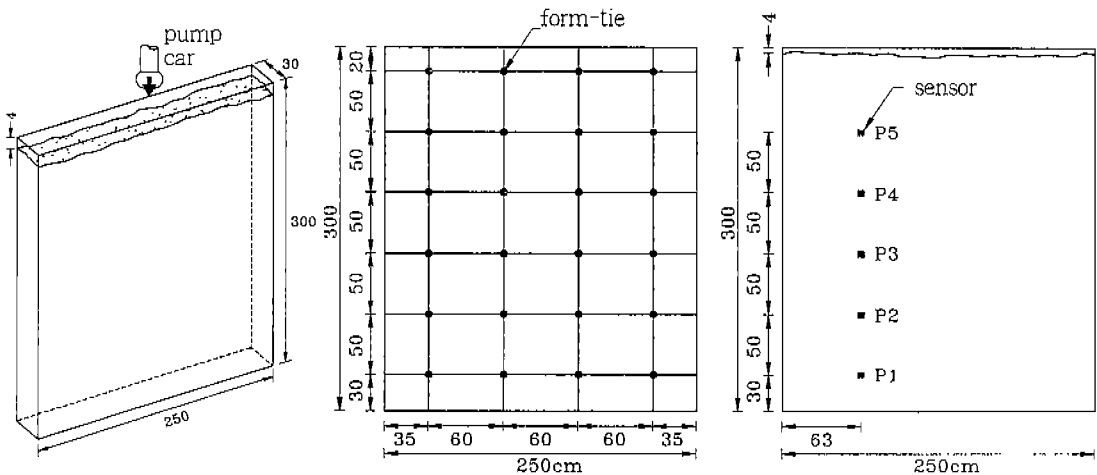


Fig. 3. Scheme of measuring sensor for testing formwork pressure

여기서,

P : 축압(tf/m<sup>2</sup>)

R : 쳐올리는 속도(m/h)

T : 거푸집 안에 있는 콘크리트의 온도(°C)

H : 생각하고 있는 정보다 위에 있는 굳지 않은 콘크리트의 높이(m)

ACI의 경우 R>10ft/h 일 때,

$$P_{max} = 150H \leq 2000 \text{psf} \text{ 를 제시한다.}^{13)} \dots\dots\dots(2)$$

단, 여기서 H의 단위는 ft임

## 2. 사용재료

### 가. 시멘트

시멘트는 시중에서 구입한 보통 포틀랜드 시멘트(A사 제품)를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table 1과 같다.

### 나. 골재

본 연구에 사용된 골재시료로서 잔골재는 남한강(경기 여주)산 하천사, 굵은골재는 안성(경기)산 부순돌을 이용하였으며, 이들의 물리적 성질은 각각 Table 2 및 Table 3과 같다.

### 다. 혼화재료

다짐이 필요없는 콘크리트의 제조를 위해서는 약간의 서로 상반되는 성질인 유동성과 재료분리 저항성을 동시에 높여야 하는데, 유동성 향상을 위해선 주로 고성능 감수제로 조절하였으며, 유동성을 유지 또는 향상시키면서 재료분리저항성을 높이기 위해서는 미분말 결합재를 사용하였다. 고강도 및 유동화 콘크리트 제조에 주로 사용되는 나프탈렌계 고성능 감수제(K사)의 품질특성은

Table 1. Physical properties of cement

Types of cement	Specific gravity	Setting time		Fineness of cement (cm/g)	Compressive strength(kgf/cm <sup>2</sup> )		
		Initial setting(min)	Final setting(h)		$\sigma_3$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
Ordinary Portland cement	3.14	227	6.16	3,338	193	223	311

Table 2. Physical properties of fine aggregate

Types	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (tf/m <sup>3</sup> )	Passing sieve No. 200 (%)	Fineness modulus
River sand (Yeosu)	2.55	1.08	1.558	1.8	2.69

Table 3. Physical properties of coarse aggregate

Types	Size of max aggregate(mm)	Specific gravity	Absorption (%)	Unit weight (tf/m <sup>3</sup> )	Fineness modulus	Rate of abrasion (%)
Crushed stone (Auseong)	19	2.71	0.6	1.551	6.57	28.5

Table 4. Properties of chemical admixtures

Specific gravity	pH	Rate of solidty (%)	Standard amount (%) (cement weight)	Main component	Remarks
1.21	8	41	0.2 ~ 2.0	Sodium salt of a sulfurnate naphthalene	Liquid

Table 5. Properties of chemical admixtures

Types of admixtures	Specific gravity	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Remarks
Fly ash	2.17	3,200	Boryung Fly-ash Cement Co.
Blast furnacc slag	2.93	4,500	Ssangyong Cement Industrial Co.

Table 4에, 모르타부분의 점성을 증가시켜 유동성과 재료분리저항성을 높이는 미분말결합재인 플라이 애시와 고로슬래그 미분말의 품질특성은 Table 5에 나타났다.

### III. 결과분석 및 고찰

#### 1. 최적배합비

다짐이 필요 없는 콘크리트를 제조키 위해서는 고성능 AE 감수제를 사용하여 유동성을 증가시키고, 미분말결합재를 사용하여 콘크리트의 점성을 높여야 한다. 이중 시공성 및 강도특성을 고려한 미분말결합재의 최적혼입률은 단위결합재량별로 다르기 때문에, 본 연구에서는 시공성이 우수한 미분말결합재로서 플라이 애시와 고로슬래그분말에 대하여 단위결합재량별로 이들의 혼입률을 변화시키면서 콘크리트의 시공성 및 강도특성을 분석하였다. 현장모의부재 타설에 가장 적합한 분체의 최적혼입률을 시공성(박스단차시험)과 강도특성에 따라서 결정한 결과 Fig. 4(c)와 같이 단위결합재량 550kg/m<sup>3</sup>에서 고로슬래그분말의 경우는 40%로, 플라이 애시의 경우는 25%로 나타났다. 현장모의부재 타설시는 그 혼입률이 높은 고로슬래그분말을 미분말결합재로 사용하였으며 각 경우별 다짐이 필요 없는 콘크리트로서의 최적배합비를 Table 6에 나타냈다.

#### 2. 굳지 않은 콘크리트 특성

일반적인 토목, 건설공사에서 적용 가능한 다짐이 필요 없는 콘크리트가 되기 위한 굳지 않은 콘크리트의 요구성능으로는 유동성(슬럼프:25±1cm,

슬럼프흐름값:60±5cm)과 충전성(박스단차:5cm 이하)이 필요하다고 제시한 바 있다.<sup>1)</sup> 본 연구에서는 잔골재율과 분체혼입률을 변화시키면서 실험한 결과 잔골재율이 증가할수록 유동성은 증가하여 박스단차가 감소하였으며, 압축강도는 플라이 애시를 혼입한 경우가 고로슬래그분말을 혼입한 경우보다 감소폭이 큰 것을 관찰할 수 있었다. Fig. 4에는 단위결합재량별로 잔골재율에 따른 시공성과 강도특성을 나타냈다.

#### 3. 역학적 특성

재령 28일을 기준으로 할 때, 동일 물-결합재비의 고강도 콘크리트에 대하여 다짐이 필요 없는 콘크리트의 압축강도비는 81~85% 정도로 다소 불리한 것으로 나타났다(Table 6). 인장강도비는 약 94~98%로 나타났으며, 휨강도 비는 약 84~89%로 나타났다. 탄성계수는 90% 정도로 나타났는데 이는 유동성 증대를 위한 잔골재 및 분체량의 증가가 압축강도의 감소 원인으로 판단된다.

또한, 다짐이 필요 없는 콘크리트의 초유동성으로 인한 타설 중의 재료분리를 측정하기 위하여 코어 측정용 3m 높이의 벽체를 제작하고, 재령별로 높이에 따라 상, 중, 하로 나누어 코어를 채취하여 압축강도실험을 실시한 결과 타설깊이에 따른 강도차이는 보이지 않았다. 이는 타설깊이가 큰 경우에서도 재료분리 저항성이 크기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 거푸집에 작용하는 측압

과밀배근 충전성 실험을 위해 제작된 보시험체는 한쪽 입구에서 타설하였음에도 불구하고 반대

Table 6. Optimum mixing ratio for super-workable concrete and high strength concrete

Unit binder weight (kg/m <sup>3</sup> )	Water - binder ratio(%)	Types of admixtures	Fine aggregate ratio (%)	Slump (Slump-Flow)	Compactibility (Box) (cm)	Cone test (s)	Compactibility in case of dense bars		
550	34.8	OPC	50	25.6 (62)	0	14	Good		
		Fly ash	45	25.4 (60)	1	15	Good		
		BFS	50	25.4 (55)	0	16	Good		
Unit binder weight (kg/m <sup>3</sup> )	Water - binder ratio(%)	Types of admixtures	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )					Superplasticizer (B×%)	Compressive strength $\sigma_{28}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
			Water	Cement	Admixture	Fine aggregate	Coarse aggregate		
550	34.8	OPC	191.5	550	0	813	851	2.2	487
		Fly ash	191.5	412.5	137.5	707	908	2.1	455
		BFS	191.5	330	220	805	846	1.9	565
500	34.8	OPC	174	500	0	645	1,019	1.5	601
		Fly ash	174	375	125	627	989	1.5	537
		BFS	174	300	200	642	1,011	1.4	579

OPC : Ordinary Portland cement,

BFS : Blast furnace slag

쪽 입구까지 완전평행으로 충전되었다. 측압측정을 위해 특수 제작된 벽체타설의 경우 슬럼프 17cm의 보통콘크리트는 가능한 한 높은 측압유도를 위해 타설속도 24m/h로 2.96m를 타설하여 측압을 측정한 결과 바닥에서 30cm 떨어진 곳에 설치된 P1압력계에서 4.08tf/m<sup>2</sup>의 압력을 나타냈으며 위로 올라갈수록 거의 선형적으로 압력이 감소함을 관찰할 수 있었다. 슬럼프 25cm, 슬럼프 플

로우 60cm의 다짐이 필요 없는 콘크리트는 8.9m/h의 속도로 20분간 타설한 결과 P1에서 최대측압 6.70tf/m<sup>2</sup>을 나타냈다. 다짐이 필요 없는 콘크리트가 보통콘크리트보다 1.64배 높은 측압을 나타냈다. Fig. 5와 Fig. 6에 시간에 따른 위치별 측압분포를 도시하였다. 초기부터 최대 측압이 발생하기까지의 시간지연 현상은 타설속도와 긴밀한 관계가 있는 것으로 판단된다.

Table 7. Consistency rheological properties of normal concrete and super-workable concrete

Types	Slump (cm)	Slump-flow (cm)	Rate of placement (m/h)	Temp. of concrete (°C)	Total height of placement (m)	Duration of placement (min)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Maximum lateral pressure (tf/m <sup>2</sup> )	Time in maximum lateral pressure (min)
Normal concrete	17	-	24	29	2.96	7.4	240	4.08	7.4
Super-workable concrete	25	60	8.9	28	2.96	20	504	6.70	20

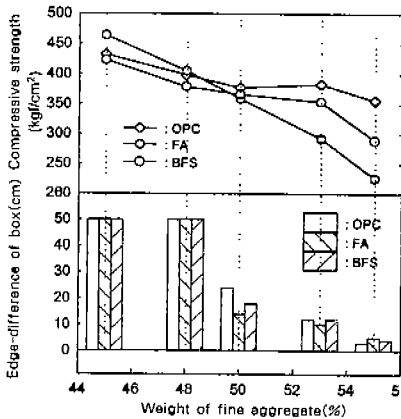
Fig. 7에는 동일한 벽체거푸집 내에 물을 채웠을 경우 발생될 수 있는 이론적 수압과 보통콘크리트와 다짐이 필요 없는 콘크리트의 위치별 최대 축압을 비교하였다. 거푸집바닥에서의 축압은 보통 벽체와 콘크리트의 점착력에 의하여 최대 축압이 발생하지 않지만, 초유동 콘크리트의 경우에는 점착력의 영향이 적을 것으로 판단된다.

본 실험에서는 바닥의 축압을 P1의 값으로 가정하였다. 1.8m의 위치에서는 물의 압력보다 콘크리트의 압력이 낮게 나타났으며 이는 굳지 않은 콘크리트의 타설 표면에서의 점성에 의한 원인으로

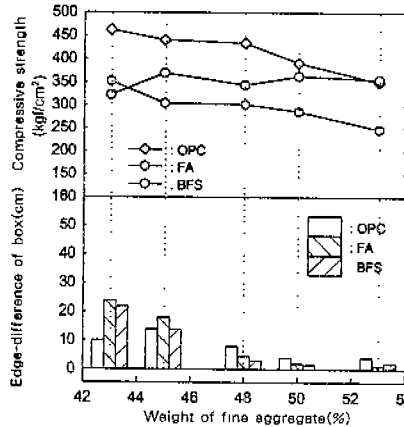
판단된다. 다짐이 필요없는 콘크리트의 축압 분포를 식(3)과 같이 나타내어 보았으며, Table 7은 보통콘크리트와 다짐이 필요 없는 콘크리트의 측정자료를 비교한 것이다.

$$P_s = -0.39H_s + 0.255(H_t - H_o) \dots\dots\dots(3)$$

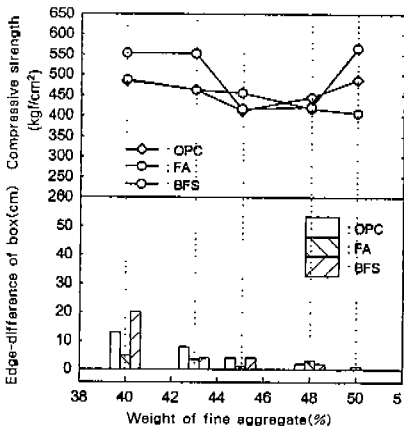
여기서,  $P_s$ 는  $H_s$ 에서의 거푸집에 작용하는 콘크리트의 축압[tf/m<sup>2</sup>],  $H_s$ 는  $H_o$ 에서 축점까지의 높이[m],  $H_t$ 는 총타설높이[m],  $H_o$ 는 바닥에서



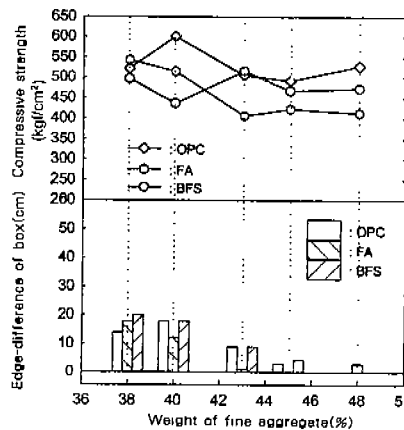
(a) (W/B = 38.0%, B = 450kg/m<sup>3</sup>)



(b) (W/B = 36.5%, B = 500kg/m<sup>3</sup>)



(c) (W/B = 34.8%, B = 550kg/m<sup>3</sup>)



(d) (W/B = 30.0%, B = 600kg/m<sup>3</sup>)

Fig. 4. Compressive strength and compactibility(Box) varying with fine aggregate weight ratio (W/B: Water-binder ratio, B : Binder weight)

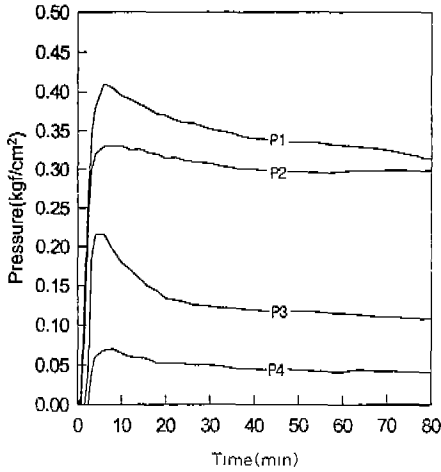


Fig. 5. Time dependent lateral pressure to formwork during placement of normal concrete

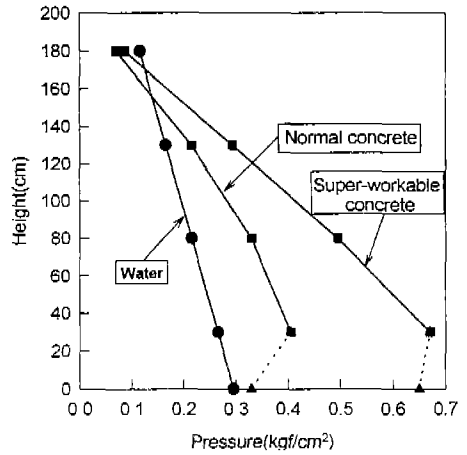


Fig. 7. Distribution curves of lateral pressure of water, normal concrete & super-workable concrete

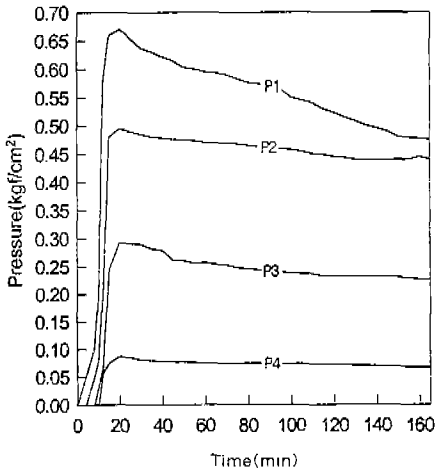


Fig. 6. Time dependent lateral pressure to formwork during placement of super-workable concrete

$\frac{H_1}{10}$ 까지의 높이[m]. 실제 거푸집이나 동바리설계 시 구조물바닥에서  $H_0$ 까지는  $H_0$ 에서의 측압으로 가정하였다.

### 5. 거푸집에 작용하는 응력

현재 상용화되고 있는 두께  $2.0 \pm 0.2\text{mm}$ 의 강재 거푸집 중 호칭 6018( $600 \times 1800 \times 63.5$  : 폭×길이

×두께)을 다짐이 필요 없는 콘크리트 타설용 거푸집으로 사용할 경우(최대측압  $6.70\text{tf/m}^2$ , 높이 3.0m)에 대비하여 응력을 검토한 결과 거푸집의 보강재가 받는 휨응력( $\sigma = \frac{M}{I} y$ )은  $2.243\text{kgf/cm}^2$ 로 나타났다. 동바리와 거푸집간의 스트럿에 충분한 보강이 있다면 현재 상용화되고 있는 거푸집을 사용하는 경우 8.9m/h의 타설속도로 20분간 타설을 기준으로 하였을 때 다짐이 필요 없는 콘크리트는 높이 3m를 1회에 타설이 가능할 것으로 판단된다.

## IV. 결 론

본 연구는 초유동콘크리트의 재료적 특성과 거푸집에 작용하는 측압의 변화를 실험적으로 구명한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 고로슬래그분말과 플라이 애시를 미분말 결합재로 사용한 경우와 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 경우, 세종류의 다짐이 필요없는 콘크리트의 최적배합을 도출하였다.

2. 실물크기의 벽체를 제작하고, 측압측정용 센서와 자동자료입력장치를 활용하여 초유동콘크리트



트의 거푸집에 작용하는 측압을 측정하였으며 시공시 발생될 수 있는 높은 측압을 예측할 수 있는 기초적인 실험식을 개발하였다. 초유동 콘크리트의 현장 적용성은 현재 상용화 되고 있는 강재 거푸집을 사용하여 콘크리트를 시공할 때의 응력을 측압분포를 이용하여 검토한 결과, 일회 높이 3m의 타설이 가능한 것으로 나타났다.

3. 다짐이 필요 없는 콘크리트는 타설깊이가 큰 경우에도 재료분리 저항성이 높은 것으로 나타났으며, 철근을 촘촘히 배근한 보 등에서도 충전성이 우수하였다.

거푸집에 작용하는 콘크리트의 측압은 콘크리트의 타설속도와 콘크리트의 온도에 의해 지배되는 것으로 알려져 있다. 추후에는 다짐이 필요 없는 콘크리트의 측압분포와 타설속도와와의 관계를 분석할 수 있는 연구가 계속 되어야 할 것으로 판단되며 실용화를 위한 다각적 기준의 정립이 필요할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 건설교통부, 대우건설 기술연구소, "초유동 콘크리트의 개발 및 실용화 연구", 1996. 10.
2. 건설교통부, 콘크리트 표준시방서(시공편), pp. 111~128, pp. 169~176, 1996.
3. 권영호 외, "超流動 콘크리트의 流動特性에 관한 實驗的 研究", 콘크리트학회지 제7권 2호.
4. 김종우 외, "고유동 콘크리트의 거푸집측압 예측을 위한 실험적 연구", 콘크리트학회 학술발표논문집. 제8권 2호(통권 제15집), 1996.
5. 김진근 외, "초유동 콘크리트의 재료특성에 관한 실험적 연구", 콘크리트학회논문집 제8권 3호 1996. 6, pp. 135~146.
6. 문한영, 流動化 콘크리트의 特性에 관한 考察, 大韓土木學會 第30卷 第1號, 1982年 2月.
7. 신영수, "벽체의 거푸집 측압 측정", 콘크리트학회지 제7권 3호, 1995. 6.
8. 윤상대, 박광수, 이준구, "다짐이 필요 없는 콘크리트 개발에 관한 연구(III)", 1997. 농어촌진흥공사 농어촌연구원.
9. 윤재환 외, "고유동 콘크리트의 제조 및 현장 적용을 위한 실험적 연구", 콘크리트학회논문집 제8권 2호, 1996. 4, pp. 109~117.
10. 이준구 외, "다짐이 필요 없는 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구", 콘크리트학회지 제9권 1호(통권 제16집), 1997.
11. 이준구 외, "콘크리트용 혼화재료의 역학적 특성에 관한 실험적 연구", 콘크리트학회지 제8권 2호(통권 제15집), 1997, pp. 140~147.
12. 초유동 콘크리트의 재료특성에 관한 실험적 연구, 콘크리트학회논문집 제8권 3호, 1996. 6.
13. ACI Committee 347, "Guide to Formwork for Concrete (347-88R)", ACI Structural Journal Vol. 85 Sep.-Oct. 1988. pp. 530~562.
14. First International Symposium of Superplasticizers in Concrete, Ottawa, Canada, 1978. 5. Second International Conference on Superplasticizers in Concrete, Ottawa, Canada, 1981. 6.
15. K. Walz und G. Bonzel, "Richtlinien für die Herstellung und Verarbeitung von Fließbeton. Beton, Vol. 24. 1974. 9.
16. 岡村, 浦, 小尺一雄, "締固め不要コンクリートの施工", 세멘트·콘크리트, No. 58. Aug. 1993.
17. 流動化 콘크리트의 施工と指針改定の 要點 세멘트·콘크리트, No. 519, May. 1990.
18. 有馬勇 外3人, 高流動 콘크리트による明石海峡大橋 4Aアンカレイシの施工, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 1 pp. 189~194, 1993.