

고성능 콘크리트의 개발과 전망

정 재 동

(동양 시멘트(주) 중앙연구소 책임 연구원)

노 재 호

(동양 시멘트(주) 중앙연구소 주임 연구원)

1. 서 론

최근 선진국에서는 고강도, 초유동성, 고내구성, 저발열 등 콘크리트의 품질과 성능을 최대로 발휘시킨 고품질, 고성능 콘크리트에 대하여 활발한 연구개발과 함께 시공실적들의 축적이 근년에 들어 급격하게 이루어지고 있다. 국내에 있어서도 콘크리트 구조물의 고층화, 대형화 및 빈발하는 각종 건설사고로 인한 여론악화 등의 환경변화로 콘크리트 공사의 합리화, 근대화가 요구됨과 함께 작업자의 숙련도나 공법 등에 좌우되지 않는 고품질 콘크리트 개발이 강하게 요구되고 있다.

본 보고에서는 최근 국내에서도 개발이 시작되고 있는 초유동성(작업성), 고내구성, 고강도 등의 물성을 겸비한 고성능 콘크리트(High Performance Concrete)의 개념, 기초물성 및 그 제조방법을 소개한다.

2. 개발배경 및 용어의 정의

근년 도시 교통량 증가에 의한 레미콘 공급 시간 지연과 이에 따른 슬럼프 값의 상향조정 출하경향과 공기단축 및 시공간편 등의 이유로

급속히 보급된 펌프카 시공 등으로 단위수량이 큰 콘크리트가 사용되는 경우가 많아졌다. 단위수량의 증가는 콘크리트 강도와 내구성 등의 품질에 나쁜 영향을 미치고 때로는 건설사고의 직간접적인 원인이 되는 수도 있다.

따라서 단위수량을 높이지 않고도 유동성(작업성)이 확보되고 일반강도 및 고강도 배합을 신축적으로 조정할 수 있는 콘크리트의 필요성이 요구되고 있으나 그 동안 콘크리트의 물성을 개선시키는 방법으로서 주로 콘크리트의 압축강도를 높이는 고강도화 방향으로 연구가 진행되어 왔다. 현재 국내에서는 주로 $300\sim 600\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도, 외국의 경우 압축강도 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상인 콘크리트가 실구조물에 시공되기도 하였다. 그러나 콘크리트의 압축강도를 향상시키는 과정에서 단위시멘트량의 과다에 의한 수화열의 상승과 콘크리트 점성 증가로 인한 펌프 압송 및 시공상의 어려움 등이 구조물에 결함을 발생시키는 원인이 될 가능성이 상존해 왔다.

이웃 일본의 경우에는 콘크리트 구조물의 신뢰성 증가와 건설산업의 근대화 및 합리화를 목표로 콘크리트 타설시 진동 다짐을 하지 않고도 복잡하게 철근이 배근된 거푸집 구석구석

까지 스스로 충전이 가능한 초유동 콘크리트가 개발되어 실용화 되고 있다. 이는 콘크리트 타설시의 제반 문제점을 제거함으로써 구조물에 높은 강도와 내구성을 부여하고 시공시의 인력과 경비를 절감하고자 하는 발상에서 출발한 것이다. 따라서 단순히 콘크리트의 강도만을 높이는 것이 아니라 유동성(작업성), 내구성 등의 보다 광범위한 물성을 향상시킨다는 관점에서 고성능 콘크리트라는 개념이 도입되기에 이르렀다. 그러나 아직 개발 도중에 있는 이러한 고성능 콘크리트는 아직 그 품질에 대한 규정이나 용어의 정의가 명확한 것은 아니므로 그 정의도 여러 가지가 있다.

일본 동경대학의 岡村 교수가 제창한 고성능 콘크리트의 개념은 다음 3가지 특성을 모두 가지고 있는 콘크리트로 정의된다.^[1]

- (1) 경화 전, 유동성과 재료분리저항성 등이 우수하여 다짐이 필요 없고,
- (2) 타설 후, 경화 및 건조수축, 수화발열에 대한 균열저항성이 우수하여 초기결함이 억제되며,
- (3) 경화 후, 치밀한 미세구조를 가지므로 강도 및 내구성이 우수한 콘크리트.

또한 미국에서 나온 SHRP 보고서(Strategic Highway Research Program, High Performance Concretes, A state-of-the Art Report)에서는 고성능 콘크리트를 다음과 같이 정의하고 있다.^[2]

- (1) 물시멘트비 최대 0.35 이하,
- (2) 내구성 지수(ASTM 666, Method A)는 최소 80% 이상
- (3) 압축강도
 - 타설 직후 4시간 이내 21MPa(very early strength)
 - 타설 직후 24시간 이내 34 MPa (high early strength)
 - 재령 28일 69MPa (very high strength)

최근 고성능 콘크리트(High Performance Concrete)의 의미가 서구식과 일본식이 각각

소개되면서 그 의미가 혼용되어 쓰이기도 하나 미국, 유럽 및 캐나다 등지에서는 고강도 달성에 의하여 콘크리트의 미세구조를 치밀화시키고 이에 따라 고내고성을 달성하려는 방향으로 고성능 콘크리트에 관한 정의가 이루어지고 있으며, 이와는 달리 일본에서는 약 4~5년 전부터 작업성에 초점을 맞춘다짐이 필요 없는 초유동 콘크리트로서 강도와 내구성을 확보하려는 연구가 시작되어 양쪽 모두 실제로 상당수의 토목 및 건축현장에 적용되고 있다.

그러나 이와 같은 정의에도 불구하고 고성능 콘크리트는 일률적으로 정의할 수 있는 것이 아니라 국내에서의 사용 목적에 따라 요구되는 성능(Performance)을 참고함으로써 정의할 수 있다고 판단된다.

(이하 본고에서는 유동성확보에 중점을 둔 고성능 콘크리트를 중심으로 소개한다)

3. 고성능 콘크리트의 특성 및 배합 설계

고성능 콘크리트의 특징은 이미 언급한 바와 같이 유동성, 재료분리저항성, 충전성이 모두 우수하여 타설시 다짐작업을 하지 않아도 복잡하게 철근이 배근된 거푸집 내에서 구석구석까지 균질하게 타설할 수 있다는 점이다.

그러나 일반적으로 콘크리트의 유동성과 재료분리 저항성은 서로 상반되는 성질이므로(그림 1 참조) 초유동 콘크리트를 제조하기 위한 배합설계의 요점은 유동성과 재료분리 저항성을 어떻게 동시에 높이느냐에 달려있다.

콘크리트의 유동성을 향상시키기 위해서는 필수적으로 고성능(AE)감수제를 사용하게 되고, 아울러 콘크리트를 페이스트(혹은 몰탈) 부분과 조골재의 2상 재료로 파악하여 몰탈부의 점성을 증가시킴으로써 재료분리 저항성을 높인다는 것이 배합설계의 가장 중요한 요점이 된다. 몰탈부의 점성을 증대시키는 수단으로서 는 미분말(슬래그, 플라이애쉬) 결합재량을 증대시키거나 단위수량을 작게하고 고성능

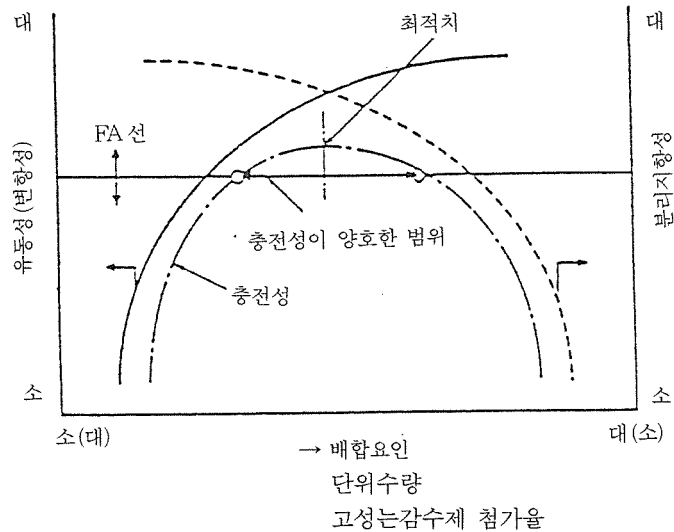


그림 1. 배합요인과 유동성 및 분리저항성의 관계^[3]

감수제를 첨가하며, 또는 수중불분리 콘크리트에서 처럼 증점제를 사용하기도 한다.

이러한 초유동 콘크리트의 작업성은 슬럼프 플로우(Slump Flow)가 $60 \pm 10\text{cm}$ 정도로 변형성이 매우 뛰어나고(유동성이 좋은 일반 콘크리트의 슬럼프 플로우는 $40 \sim 50\text{cm}$ 이하) 몰탈부의 점성이 골재분리를 억제하므로 다짐을 하지 않아도 균일한 충전이 가능하게 되는 것이다.

3. 1 배합설계의 특징

현재 초유동 콘크리트의 제조방법은 고성능 감수제와 증점제를 적정량 혼합하여 제조하는 화학혼화제 첨가방법과 슬래그, 플라이애쉬, 석분 등의 광물질 미분말 혼합재를 이용하는 방법, 고벨라이트(belite) 시멘트, 구상화 시멘트, 중용열 시멘트와 같은 개질된 시멘트를 사용하는 방법으로 크게 나눌 수 있다.

89년 일본 동경대학 岡村 연구실이 발표한 고성능 콘크리트는 보통 콘크리트의 성분 외에 광물질 미분말 고로 슬래그와 플라이애쉬를 사용하였고, 유기 혼화제로 고성능 AE감수제와

셀룰로즈계 증점제를 첨가하였다.

미분말 슬래그는 분체 전체의 입도분포를 넓혀줌으로써 필요한 유동성을 얻기 위한 콘크리트의 단위수량을 감소시키며 분체 표면에 유지하는 물량을 증가시켜 결과적으로 자유수를 감소시키는 역할을 하고 경화후 콘크리트의 초기 강도를 증가시키는 역할을 한다.

또한 플라이애쉬는 수량의 증가없이 몰탈의 점성을 증가시키는 효과가 있으며, 경화후 장기강도에 유리한 영향이 있어 이러한 다른 종류의 결합재를 적절히 사용함으로써 유동성 및 경화후 성질을 개선시키는 것이 미분말 결합재 사용의 주목적이었다.

岡村의 고성능 콘크리트 개발 발표 이후 여러 방면의 연구들이 진행되면서 석회석 미분말을 첨가하여 전체 분체량(결합재량)을 증가시킴으로써 조골재간의 응집현상을 방지하거나^{[4][5]}, 고성능감수제와 증점제만을 사용하여 다짐이 필요없는 성상에 모든 촛점을 맞춘 사례도 있다.^{[6][7]} 그러나 유기질 증점제만으로 고성능 콘크리트를 실현하는 것은 경제성 뿐만 아니라 경화 후의 물성(강도, 내구성)에 있어서 그다지 바람직하지 못한 것으로 판단되며 다짐

불필요 외에도 콘크리트의 경화후의종합적인 성질을 개선하기 위해서는 광물질 미분말을 사용하여 유동성 및 재료분리 저항성의 향상과 더불어 경화과정 중에 수화에 기여함으로써 치밀한 미세구조를 얻으려는 방향으로 연구가 진행되어 왔다.

최근에 동양중앙연구소에서 연구개발하여 1993년 가을 콘크리트학회에서 “고성능 콘크리트에 관한 실험적연구”^{[8][9]}라는 제목으로 발표한 고성능 콘크리트는 시멘트와 슬래그 미분말, 플라이애쉬의 삼성분계 결합재를 사용한 것으로 슬럼프 플로우 60~70cm 정도로 다짐이 필요 없음이 확인되었고(사진 1참조) 650 kgf/cm² 이상의 압축강도를 부수적으로 달성하였으며 결합재 중의 시멘트량이 200kg/m³ 이하이므로 수화열이 대폭적으로 저감된다.

3. 2 재료 및 배합요인

초유동 콘크리트의 제조시 유동성 및 재료분리저항성 등 굳지 않은 콘크리트의 여러 성상에 영향을 미치는 주요 배합요인을 정리하면 다음 표 1과 같다.

표 1. 굳지 않은 초유동 콘크리트에 영향을 미치는 사용재료 및 배합요인

사용재료 및 배합요인	세부 요인
물	물분체비, 단위수량
분체(시멘트, 혼합재)	입도분포, 형상, 화학적 성질, 단위 페이스트 용적
골재	골재량 및 형상, 세골재율, 단위조골재 용적
혼화제(고성능감수제, 증점제)	종류, 첨가량
배합 외의 기타 요인	투입순서 및 혼합방법, 혼합시간, 혼합속도, 믹서종류, 온도, 외력(진동)

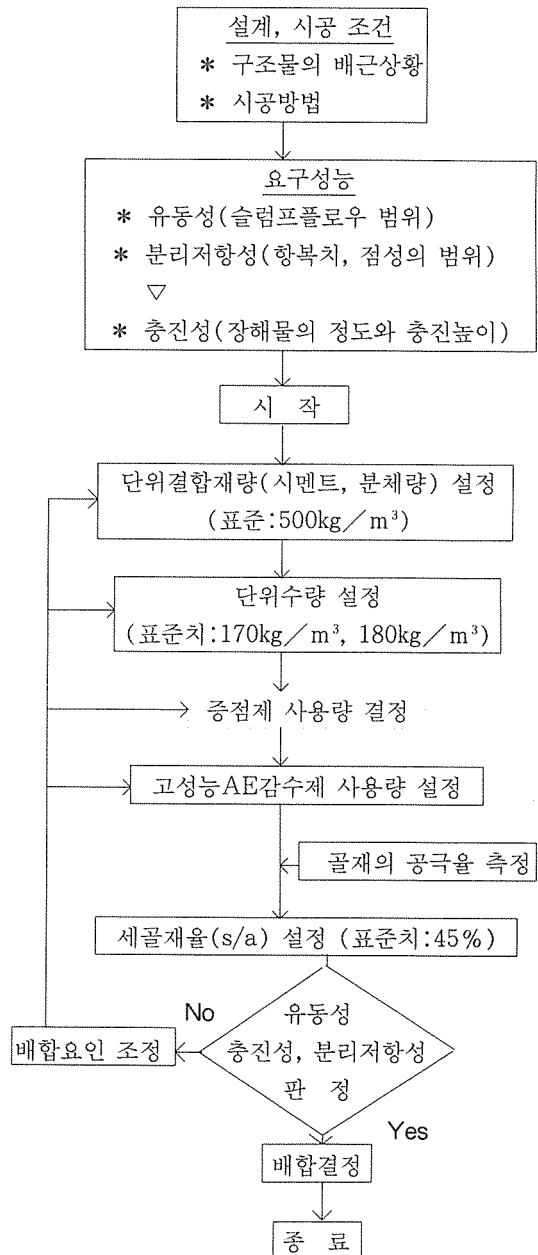
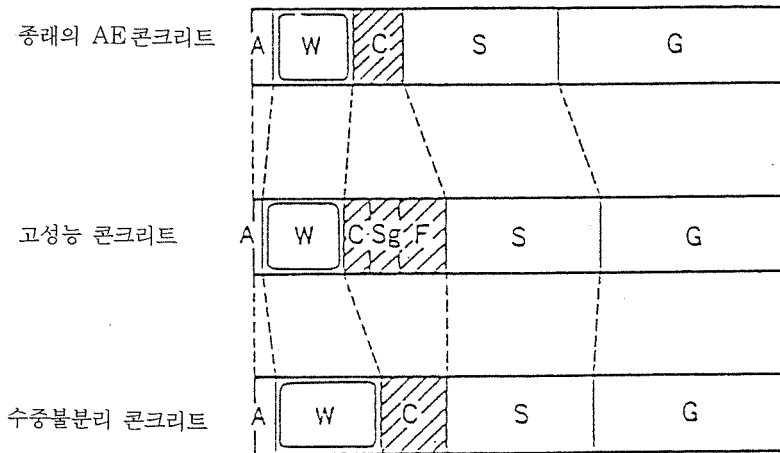


그림 2. 초유동 콘크리트 배합설계 과정

그림 2는 일본 大成建設이 개발한 초유동 콘크리트의 배합설계 과정으로 보통포틀랜드시멘트와 슬래그, 플라이애쉬의 3성분계 결합재와 불분리용 특수증점제를 배합재료로 함께



A: 공기, W: 물, S: 모래, G: 자갈
 G: OPS, Sg: 고로슬래그, F: 플라이애쉬
 (단위체적당 각 구성재료의 비율)

그림 3. 초유동 콘크리트와 AE 콘크리트, 수중 불분리 콘크리트의 배합비교^[10]

사용하고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 초유동 콘크리트를 제조하기 위한 주요 배합요인을 단위수량, 증점제 사용량, 결합재량, 세골재율 및 고성능 AE 감수제 사용량 등에 대하여 검토하고 있으며 이는 슬래그나 플라이애쉬의 분말도 등의 물성변화나 조세골재의 입도 및 입형 등에도 영향을 받게 된다.

그림 4에는 초유동 콘크리트의 배합일례와 AE 콘크리트와 수중 불분리 콘크리트와의 배합 일례를 함께 비교하여 나타내었다.

(1) 결합재

일반 레미콘 공장에서는 일반 시멘트용 사일로와 계량시설만으로 설비가 이루어져 있으므로 초유동 콘크리트 제조시 특수한 이종의 결합재를 사용하는 경우는 이러한 일반 현장에 별도의 시설 설치가 어려워 실제 적용이 곤란한 경우가 있다. 따라서 일본의 시멘트회사에서는 초유동 콘크리트 제조용으로 시멘트와 슬래그, 플라이애쉬를 혼합한 삼성분계, 혹은

2 성분계의 저발열 혼합시멘트와 고벨라이트 시멘트, 구상화시멘트등을 초유동 콘크리트용으로 판매하고 있다.

초유동용 삼성분계 시멘트에 혼합되는 슬래그는 분말도가 블레인 비표면적 약 $6,000\text{cm}^2/\text{g}$ 으로 일반 슬래그 시멘트에 첨가되는 슬래그 분말도가 약 $4000\text{cm}^2/\text{g}$ 정도인 것을 고려하면 고미분말도이다. 슬래그 분말도가 $6,000\text{cm}^2/\text{g}$ 이상이면 콘크리트의 유동성에 미치는 영향이 달라져 유동성에 매우 유리한 영향을 미치며 슬래그 시멘트의 문제점인 초기강도 저하도 어느 정도 해결이 가능하며 수화열 저감의 장점도 충분히 살릴 수 있다

(2) 고성능(AE)감수제

콘크리트의 유동성을 향상시키기 위하여 사용되는 화학혼화제인 고성능 감수제는 나프탈렌계의 슬럼프로스 저감형의 고성능 AE 감수제가 주로 사용되고 있으며 최근에는 폴리카본산계의 것도 개발되어 그 사용이 시도되고 있다.

표 2. 초유동 콘크리트의 배합 사례

Gmax (mm)	W/P (%)	S/A (%)	W (kg/m ³)	결합재 (kg/m ³)			고성능(AE) 감수제 (kg/m ³)	증점제 (kg/m ³)
				C	Slag	Flyash		
20	29.9	51	160	156	177	203	4.29	—
20	33.5	49.3	183	173	374	—	6.56	0.04
20	36	46	180	500			8.4	1.5
25	49.2	52.3	160	260	—	200	11.9-19	0.02
20	52.9	45.3	175	331	—	—	8.2	0.087
20	32.5	48	175	438	—	100	10	1
20	35.3	45	170	193	193	96	9	1
20	34	45	170	400		100	11	0.8
40	55.8	36	145	260	—	—	7.8	—
20	33.9	45.2	165	487	—	—	10.2	—

각 혼화제 회사마다 고성능 혹은 초유동 콘크리트용 고성능 AE 감수제라는 이름으로 판매하고 있다.

고성능 감수제를 사용할 경우에 사용하는 시멘트 혹은 결합재와의 상호적합성(Compatibility)이 문제가 되므로 사용전 반드시 이에 대한 사전 검토가 필요하다.

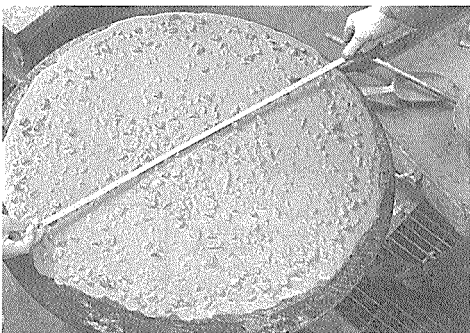


사진 1. 초유동 콘크리트 슬럼프 플로우 측정

(3) 증점제(분리저감제)

분리저감제(증점제)로는 현재 셀룰로즈계와 아크릴계 및 다당류 폴리머계가 주로 사용되고 있으며 현재 일본에서는 다당류 폴리머계의 바이오폴리(Biopoly), 아크릴계의 아사노HF,

무기질 폴리머계의 Filamic, 셀룰로즈계의 SFCA 2000 등이 초유동 콘크리트용 증점제로 판매되고 있다.

3.3 배합사례

표 2는 실제로 초유동의 성질을 갖는 콘크리트라고 소개되었거나 실제 시공된 초유동 콘크리트 배합사례를 종합한 것으로 사용목적 및 시공환경에 따라 사용재료와 배합설계가 매우 다양함을 알 수 있다.

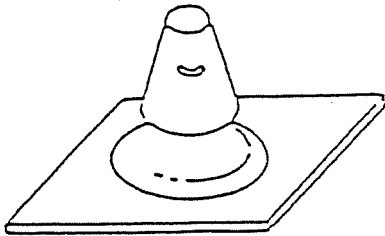
3.4 콘систен시의 정량적 평가법

초유동 콘크리트의 반죽질기(Consistency, Rheologica properties)는 유동성, 부착성, 분리저항성, 간극통과성, 충전성 등으로 평가되나 그 정의는 명확하지 않으며 이는 재료가 갖고 있는 성질(재료성질)과 임의의 조건하에서의 성상(관찰성상)으로 구분할 수 있다.^[12] 또한 이러한 특성등을 평가하기 위해서는 보통 콘크리트에서 주로 사용하는 슬럼프 시험만으로는 초유동 콘크리트의 굳지 않은 성질을 정확히 측정할 수 없어서 여러가지 새로운 개념과 시험방법들이 도입되고 있다.

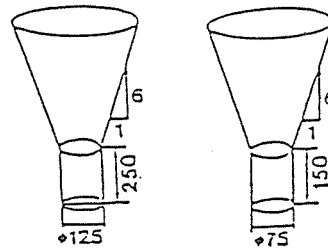
초유동 콘크리트의 굳지 않은 상태의 주요 물성은 다음과 같이 분류할 수 있으며 이러한 성질을 정량적으로 평가하기 위한 시험법은 다음 표 3 및 그림 4와 같다.^[13]

- (1) 유동성 : 초유동 콘크리트의 변형성상의 총칭으로 콘크리트의 최종변형량과 관계되는 항복치와 유동속도와 관련되는 점도로 나타내어진다.
- (2) 부착성 : 콘크리트가 조골재, 철근, 몰드에 부착하는 성질로 이들과의 경계면에서 미끄러짐이 생기는 최소의 전단응력으로 정량화되는 성질로 주로 페이스트의 항복치에 의해 지배된다.

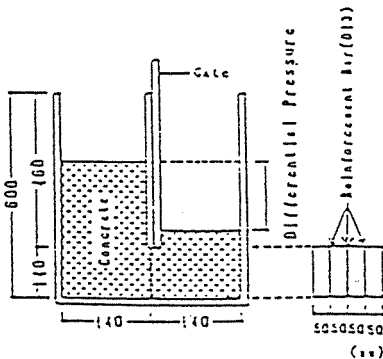
- (3) 분리저항성 : 구성 재료간의 질량 차이에 의해 발생하는 상대이동에 저항하는 콘크리트의 재료성질로서, 유동성과 부착성에 의해 지배된다.
- (4) 간극통과성 : 콘크리트가 철근 간극, 거푸집 사이 등의 간극을 통과할 때의 용이성을 보는 관찰성상으로 유동성, 부착성, 분리저항성과, 철근의 배근조건, 거푸집 조건 등에 지배된다.
- (5) 충전성 : 초유동 콘크리트가 철근 주변부와 거푸집 구석구석까지 도달하는 성상을 나타내는 관찰성상으로 유동성, 분리저항성, 간극통과성에 의해 지배된다.



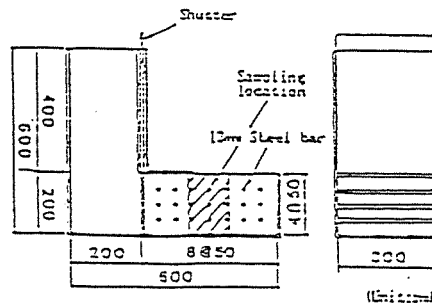
(1) 슬럼프로우 시험



(2) O로트 시험장치



(3) 박스시험장치



(4) L플로우 시험장치

그림 4. 초유동 콘크리트 물성시험법 일례

표 3. 초유동 콘크리트의 평가시험법의 일례

판정성상	측정항목	시험방법예
유동성	최종변형량	슬럼프플로우 시험, L플로우 시험, 박스형 시험 콘크리트 플로우
	변형속도	슬럼프플로우 속도 시험, L플로우 속도시험, 깔때기 유하시험 구인상 시험, 전단박스 시험
부착성	부착력	몰드 강판 부착력 시험, 전단박스 시험
분리저항성	골재량	철망체 시험, 배근박스형 시험
		진동하 조골재 침강시험, 진동철망체시험
간극통과성	유량, 유동속도	깔때기 유하시험, 배근로트 유하시험, 배근박스시험, 배근L플로우시험
충진성	충진상황	장애물 모델 거푸집 시험

한편 이들 성질의 평가치를 물리적 의미의 명확한 값으로 정량적으로 나타내고 이론적으로 해석하는 것을 목적으로 굳지 않은 콘크리트 및 매트릭스 모델에 대하여 물리적 의미가 명확한 레올로지 모델을 설정하여 그 물성치를 측정하는 방향으로 접근을 시도하기도 한다.

4. 초유동 콘크리트의 시공

초유동 콘크리트의 사용은 콘크리트 구조물의 신뢰성을 향상시키고, 타설시의 인력절감, 다짐작업에 따른 소음문제의 해소, 타설작업의 신속 진행, 시공 시스템의 해석 등으로 콘크리트 공사의 합리화와 근대화를 가능하게 한다. (그림 5 참조) 그러나 초유동 콘크리트의 시공에는 거푸집 설계, 타설 전의 검사, 펌프 압송, 콘크리트 타설 등에서 일반 콘크리트와의 차이점을 고려한 계획, 감리가 필요하다.

다음은 초유동 콘크리트의 제조 및 시공 관련 주의사항이다.^[14]

(1) 제조

초유동 콘크리트는 특수혼화제를 사용하여야 하고 표면수 변동 및 온도, 사용재료의 약간의 성분 변화 등에 따라 성능이 크게 바뀌므로 엄격한 품질관리가 요구되며 특수재료를 사용하는 경우에는 사일로 및 계량시설의 증설이

필요한 경우가 있다. 결합재량 증가로 오랜 믹싱시간이 필요하며 콘크리트 점성이 높아 믹서기 등의 세척에 시간을 요한다.

(2) 거푸집 설계

초유동 콘크리트를 타설하면 거푸집에는 일반 콘크리트 이상의 압력이 가해지므로 재래식으로 거푸집을 설계 보강하면 사고의 위험성이 있으므로 콘크리트 자중이 액체압력으로 작용하는 것으로 설계하는 것이 바람직하며 거푸집 설계의 안전율을 재래에 비해 상대적으로 크게 설정할 필요가 있다.

(3) 충전성 검사

초유동 콘크리트는 타설 전에 실제 다짐이 필요없는가를 검사하여야 하며 타설물량의 일부가 충전성이 나쁘면 전체 콘크리트 구조물 품질에 악영향을 미칠 수 있으므로 타설전에 철근배근의 장애물을 통과하게 하거나 슬럼프플로우 및 깔때기 시험을 실시하여 전체를 확인할 필요가 있다.

(4) 펌프 압송

초유동 콘크리트는 재료분리가 작고 변형성이 우월하나 피스톤에 의해 전달되는 축방향 압력이 유체와 같이 축방향으로 전달되어 마찰저항이 커진다. 따라서 관의 변곡부나 좁아지는 곳의

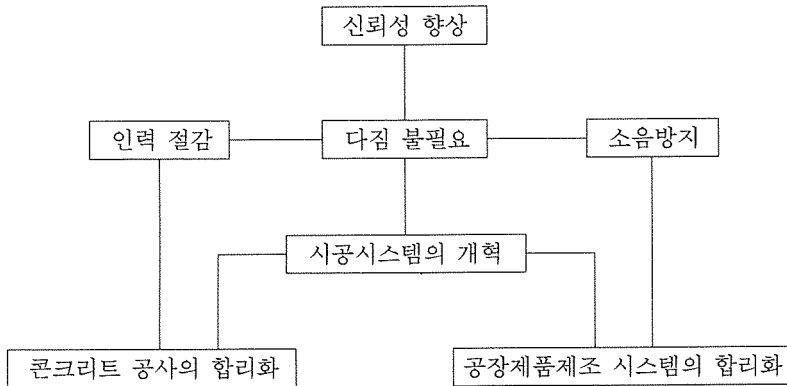


그림 5. 초유동 콘크리트의 수반 효과

내부에서 폐쇄가 생길 가능성이 작으나 직관부에서의 압송저항은 종래의 콘크리트에 비해 크며 관내 압력손실이 큰 편이다.

종래의 기계를 사용한 펌프 압송이 가능하나 펌프 압송후 슬럼프 플로우치가 변화하는 현상이 발생하기도 한다.

(5) 타설속도

다짐 작업이 불필요하므로 타설인력이 불필요하여 타설속도가 빨라지나 타설 도중에 들어간 공기가 밖으로 빠져나가기 어렵고, 콘크리트 제조속도가 따라가기 힘들고, 압송저항은 비선형적으로 크게 되므로 타설속도를 조절하여야 한다. 타설이 비연속적이거나 중단되었다가 재개될 경우 미리 타설되었던 콘크리트가 오래 방치되면 새로운 콘크리트에 의해 유동시키는데 큰 힘을 필요로 하므로 연속적인 타설이 바람직하다.

(6) 타설높이

초유동 콘크리트는 타설높이를 크게 할 수 있으나 거푸집에 작용하는 압력의 증대를 고려하여 거푸집을 설계할 필요가 있다. 낙하높이가 5m 정도면 콘크리트를 낙하시켜도 좋으나 최초 타설시작시에 아래에 콘크리트가 존재하지 않을 경우에는 3m 정도 이상에서 낙하시키면 조골재가 분리할 가능성이 있으므로 주의

해야 한다.

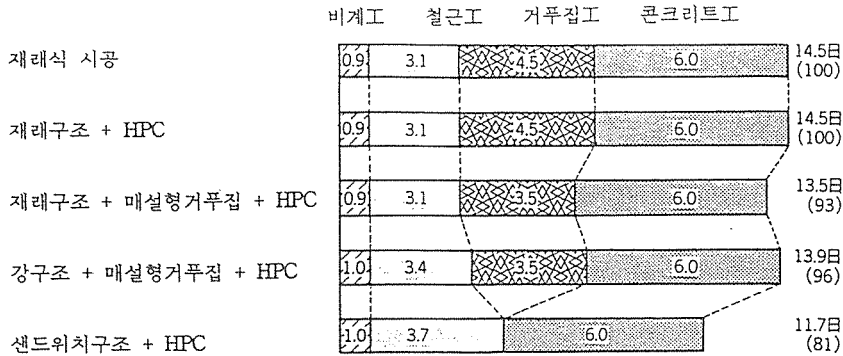
(7) 타설면 처리

초유동 콘크리트는 블리당과 표면의 레이턴스가 거의 없어 종래의 콘크리트 타설면을 워터 제트 처리 실시한 것과 같고 표면에 조골재가 존재하여 강도가 보존되므로 연약층이 없어 구조물의 내하력 상승효과를 가져온다. 그러나 블리딩이 발생이 적으므로 상대적으로 표면 마무리 작업에 있어서는 작업 능률이 떨어질 수 있다.

콘크리트 구조물은 시공과정의 영향을 크게 받으므로 시공방법에 따른 시공기간과 작업원수를 비교하면 경제성 평가가 가능하다. 초유동 콘크리트 사용의 경우 콘크리트 타설시의 다짐작업 생략이 가능하므로 거푸집, 몰드, 지보공의 시공과정 전체와 구조설계 합리화가 중요하며 이를 통하여 현장의 작업원 수와 시공기간을 1/10~1/2 정도로 단축할 수 있다고 한다. (그림 6 참조)

초유동 콘크리트를 프리캐스트 콘크리트 공장제품에 적용할 경우 이외에도 별도의 다짐설비와 인력을 채용하지 않고도 생산성을 증가시킬 수 있다는 등의 잇점도 생각할 수 있다.

(a) 시공일수



(b) 작업원수

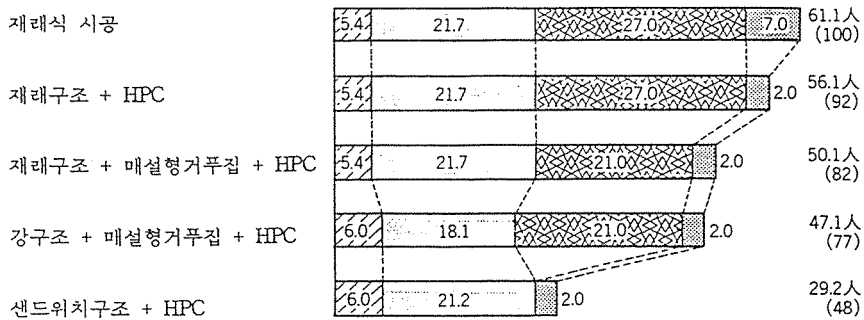


그림 6. 시공법 차이에 따른 시공일수, 작업원수 비교

5. 결 론

본고에서는 작업성의 향상에 초점을 맞춘 고성능 콘크리트에 대하여 간략하게 살펴보았다. 향후 시공 시스템의 대폭적인 변화를 초래할 다짐이 필요없는 콘크리트를 실용화하기 위하여 이미 일본에서는 연구 및 시공경험들을 활발하게 축적해 나가고 있으며 국내에서도 일부 학교 및 건설시공사가 개발을 서두르고 있는 것으로 알려져 있다.

무한한 가능성을 가진 콘크리트의 신뢰성을 향상시키고 전근대적인 시공시스템을 개혁하기 위해서는 초유동, 고강도, 고내구성, 저발열 등 다양한 성능들을 발휘할 수 있는 고성능 콘크리트의 개발이 전제조건이 될 것이 확실하며, 이미 사회, 건설환경의 변화는 콘크리트 기술자들에게 그러한 다양한 성능들을 요구하고 있으므로 향후 관련 종사자들의 많은 연구와 시공실적들 축적해 나가야 할 것으로 사료된다.

<參考文獻>

1. 岡村 甫 ほか, “ハイパフォーマンスコンクリートの開発”, コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 11, No. 1, pp.699-704, 1989.
2. Paul Zia et al., “High Performance Concretes, A State-of-the-Art Report”, Strategic Highway Research Program, 1991.
3. 岡村 甫,小澤一雅, “締固め不要への挑戦(コンクリート工事の近代化おめざして)”, セメント・コンクリート, No. 539, pp. 2-9, Jan. 1992. 1.
4. 本間雅人 ほか, “ハイパフォーマンスコンクリートを用いた工場製品の構造実験”, コンクリート工學年次論文報告集 Vol. 14, No. 1, pp. 69-74, 1992
5. 松岡康訓, “超流動 コンクリート”, コンクリート工學, Vol. 31, No. 3, pp. 79-82, 1993.3.
6. 坂田 昇 ほか, “高流動 コンクリートの充填性に關する研究”, コンクリート工學年次論文報告集, Vol. 12, No. 1, pp. 301-306, 1990.
7. 渡部 聰 ほか, “二成分系低發熱型高流動コンクリートの基礎物性について”, コンクリート工學年次論文報告集 Vol. 14, No. 1, pp. 57-62, 1992.
8. 구자술, 이영진, 김남호, 정재동, “고성능 콘크리트 개발에 관한 실험적연구, 제1보 : 고미분말슬래그 혼합시멘트의 물성”, 한국 콘크리트학회 논문집, Vol. 5, No. 2, pp. 45-50, 1993.
9. 조일호, 한정호, 노재호, 정재동, “고성능 콘크리트 개발에 관한 실험적연구, 제1보 : 초유동 콘크리트의 기초물성”, 한국 콘크리트학회 논문집, Vol. 5, No. 2, pp. 51-56, 1993.
10. 竹下治之 ほか, “締固め不要なコンクリートに關する基礎的研究”, コンクリート工學論文集, Vol. 1, No.1, pp. 143-154, 1990. 1.
11. 騰原浩己 ほか, “固流動コンクリートの充填性に關する基礎的研究”, コンクリート工學年次論文報告集 Vol. 14, No. pp. 27-32, 1992.
12. 超流動콘크리트研究委員會, “超流動 콘크리트研究委員會報告書(Ⅰ)”, 日本 콘크리트工學協會, 1993.
13. 谷川恭雄 ほか, “高流動 콘크리트의 레オロジー”, セメント・コンクリート. No. 588, pp.8-14, 1993.
14. 岡村 甫, 小澤一雅, “締固め不要の施工”, セメント・コンクリート, No. 548, pp.1-7, 1993.