

# VH분리타설 공법의 초고강도 콘크리트 적용성 평가

## Evaluation of Suitable Application of ultra high-strength Concrete to V.H Separated Placement

김 학 영\*      기 전 도\*\*      박 현\*\*      임 병 춘\*\*      이 영 도\*\*\*      정 상 진\*\*\*\*  
 Kim, Hak-Young    Ki, Jun-Do    Park, Hyun    Lim, Byung Chun    Lee, Young Do    Jung, Sang Jin

### Abstract

Despite vigorous studies on ultra high-strength concrete in Korea, it still faces many challenges in application to on-site construction methods. This study intends to evaluate the applicability of the VH separated-pouring method which is currently used and was designed to pour ultra high-strength concrete with a design strength of 60, 100N/mm<sup>2</sup> separately to girder and beam. When it comes to VH separated-pouring, there is a difference in the required design strength between a girder and a beam, which tends to be larger for ultra high-strength concrete. The tensile strength and cold joint at the joint end have not been commonly evaluated and thus the inevitability of its use is dependent on a structural analysis of the structural stress of reinforcement.

In the study, potential problems with respect to the building material which might occur during the pouring of ultra high-strength concrete was evaluated and issues on joint surface performance, the hydration energy contained in the members, and the effects of contraction in concrete were considered as the key elements for study.

키 워 드 : VH분리타설, 고강도 콘크리트, 콜드 조인트  
 Keywords : V.H separated placement, High-strength concrete, Cold joint

## 1. 서 론

최근 국내에서 초고강도 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 초고강도의 개발 및 실용화는 건축구조물의 초고층화는 물론 교량의 장대화, 프리캐스트 콘크리트 구조물의 사용성 증가 등을 가능하게 하여 추후 고강도 콘크리트의 수요가 급증할 것으로 예상되고 있다. 그러나 초고강도 콘크리트는 실제의 건축 공법에 적용함에 있어 여러 문제점을 지니고 있다. 설계기준강도 21~30MPa 등은 일반강도 콘크리트로서 국내 건축용 콘크리트 사용량의 90%이상을 차지하고 있으며, 대부분의 건설장비와 기술의 숙련도 등은 일반강도 콘크리트에 초점이 맞춰져있다. 이에 새로운 결합재 및 화학혼화제를 사용해야 하는 초고강도 콘크리트는 경성 및 장비공급 부족 등의 이유로 실제의 현장공법에 적용이 어려운 실정이다. 또한 단위시멘트량이 증가된 초고강도 콘크리트의 특성인 부재의 높은 수화열, 자기수축량 증가, 점도 증가로 인한 펌프압력 상승 등의 재료적 단점들도 초고강도 콘크리트의 현장적용에 문제점으로 지적되고 있다.

본 연구에서는 설계기준강도 60, 100MPa의 초고강도 콘크리트를 각각 보와 기둥 부재에 분리 타설하는 방식으로 건축현장에서 실제 활용되는 VH분리타설 공법에 대한 초고강도 콘크리트의 적용성을 평가하고자 하였다. VH분리타설의 경우 기둥과 보에 각각 요구되는 목표강도의 차이가 발생하며 고강도화 될 경우 이 차이는 좀 더 크게 벌어진다. 이때에 접합 단부의 cold joint 및 콘크리트의 인장력에 대한 검토가 이루어지지 않아 대부분 철근의 인장응력에 의한 구조해석에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 초고강도 콘크리트를 타설할 시 발생하는 콜드조인트 전단응력에 대한 건축 재료적 측면의 문제점에 대해 검토하기 위한 초기 연구로서 압축 및 인장강도, 수화열, 길이변화 등 역학적 특성을 검토하였다.

## 2. 실험 계획

### 2.1 실험 진행 과정

요구되는 설계기준강도를 60, 100MPa로 각각 설정하여 배합을 계획하였으며, 실험실 실험을 통해 목표 강도 및 유동성을 확인하였다. 이후 batcher plant생산을 통해 유동성의 저하 여부를 검

\* 단국대학교 건축공학과 박사과정  
 \*\* 단국대학교 건축공학과 석사과정  
 \*\*\* 경동대학교 토목건축공학부 교수, 공학박사  
 \*\*\*\* 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

토하였다.

목표로 설정된 설계기준강도를 모두 만족한 배합을 토대로 부재를 제작, 콘크리트를 타설하였다. 부재 제작은 그 크기와 하중을 고려하여 충분한 양의 기초를 타설하였으며, 철근 배근, 수화열 및 길이변화 게이지 설치, 거푸집 조립, 콘크리트 타설의 순으로 진행되었다. 콘크리트 타설의 경우 고성능 감수제를 사용한 콘크리트의 응결 특성을 감안하여 기동 부재 타설 후 약 2일이 경과하여 보 부재를 타설하였다. 마지막으로 거푸집을 해체하여 재령별(7일, 28일) 코어 공시체를 채취하고 결과물을 측정토록 하였다. 실험의 진행 과정을 그림 1에 도식화 하였으며 실험 사진을 그림 2~6에 나타내었다.

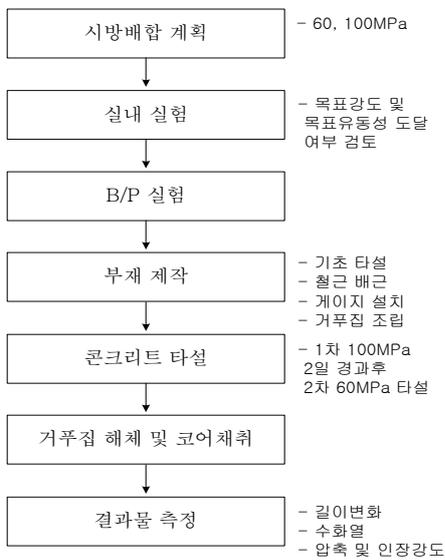


그림 1. 실험 진행 과정

## 2.2 사용 재료 및 배합

본 연구에 사용된 시멘트는 3성분계 혼합시멘트로서 설계기준 강도 60MPa의 경우 혼화재료로서 플라이애쉬, 고로슬래그를 사용하였으며, 100MPa의 경우 플라이애쉬와 실리카폼을 사용하였다. 또한 혼화제는 국내 G사의 폴리카본산계 고성능 AE감수제를 사용하였으며, 잔골재는 5mm이하, 굵은골재는 13mm이하의 것을 사용하였다. 표 1에 실험의 시방배합을 나타내었으며, 골재와 혼화제의 물리·화학적 성질을 각각 표 2와 3에 나타내었다.



(a) 슬럼프 플로우 측정 (b) 관리용 공시체 제작

그림 2. 실내 예비 실험



(a) 기초 타설 (b) 철근 배근



(c) 게이지 설치 (d) 거푸집 조립

그림 3. 거푸집 제작



그림 4. B/P 생산 및 출하



그림 5. 콘크리트 타설



그림 6. 거푸집 탈형 및 코어공시체 채취

표 1. 시방 배합표

구 분	W/B (%)	S/a (%)	Air (%)	단위재료량 (kg/m³)							SP (C×%)
				W	C	FA	BS	SF	S	G	
보 부재 (60MPa)	25.5	43.5	1.5±0.5	165	541	42	65	-	685	904	2.7
기둥 부재 (100MPa)	16.0	36.0	1.5±0.5	147	625	110	-	184	487	873	3.2

표 2. 골재의 물리적 성질

구 분	생산지	최대치수 (mm)	표건 밀도 (g/cm³)	흡수율 (%)	조립율	단위용적 질량 (kg/m³)
잔골재	인천산 세척사	5.0	2.59	0.98	2.78	1,590
굵은골재	광주 석산	13.0	2.68	0.95	5.54	1,565

표 3. 혼화제의 물리·화학적 성질

구 분	색 상	주성분	비중
고성능 AE감수제	암갈색	폴리카본산계	1.17±0.05

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 예비 실험 결과

부재에 타설하기 전 콘크리트의 목표강도와 유동특성을 미리 검토하기 위하여 2가지의 계획된 배합으로 실내 예비시험과 B/P 실험을 모두 실시하였다. 굳지 않은 콘크리트의 목표 슬럼프 플로우는 650±100mm, 목표 공기량은 1.5±0.5%로 설정하였으며, 혼합 믹싱(KS F 8009)은 강제식 혼합 믹서를 사용하였다. 또한 슬럼프 플로우 시험(KS F 2594), 공기량 시험(KS F 2409), 관리용 공시체 압축강도 시험(KS F 2405)을 각각 수행하였다. 예비시험을 통한 유동특성과 압축강도 특성을 각각 그림 7과 8에 나타내었다.

예비시험에서는 기둥(100MPa)배합에서 슬럼프 플로 650mm, 공기량 1.2%를 나타내었으며, 보(60MPa)배합에서는 600mm, 1.1%를 각각 나타내어 목표치에 모두 만족하는 것으로 나타났다. 또한 B/P시험에서는 기둥이 620mm, 1.4%, 보가 580mm, 1.6%로 나타나 실내 실험에 비해 약간 낮아지는 경향을 나타내었다. 이는 생산하는 B/P 믹서가 기존 일반콘크리트를 생산하는데에 맞춰져있어 불순물이 소량 혼입된 것으로 보여진다. 목표 유동특성은 모두 만족하였다.

강도특성의 경우 실내시험 및 B/P테스트를 통해 소요의 강도를 발현하는지에 대한 검토를 수행하였으며 그림8에 결과값을 나타내었다. 소량의 실내시험에 비해 1회에 3m³를 믹싱한 B/P시험의 경우 미세하게나마 높은 강도를 나타내었다. 또한 재령 28일에서 목표강도를 대부분 만족하는 것으로 나타나 현장배합으로서 무리가 없는 것으로 판단된다.

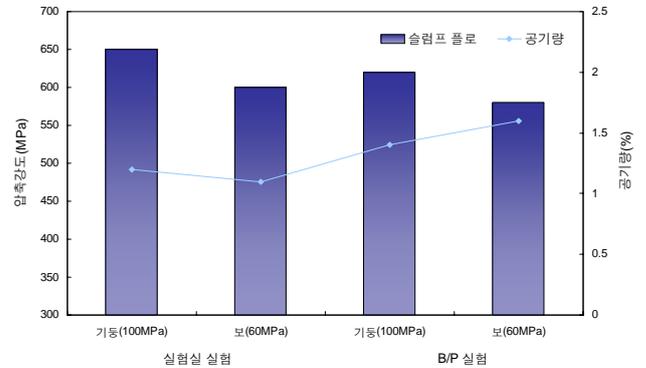


그림 7. 예비시험의 유동특성

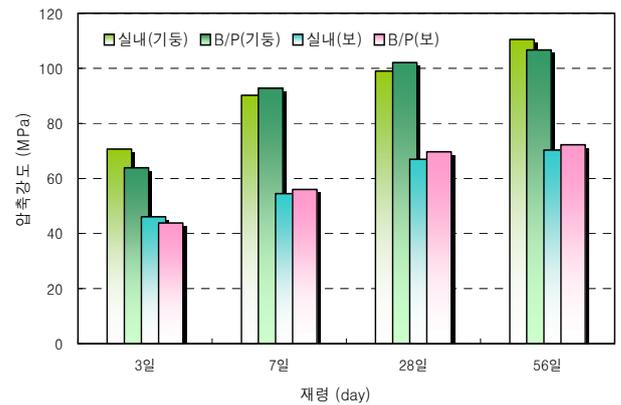


그림 8. 예비시험의 압축강도특성

#### 3.2 제작된 모의부재의 역학적 특성 평가

##### 3.2.1 코어 공시체의 압축 및 조깅인장강도 특성

위의 그림 6과 같이 거푸집이 탈형된 모의 부재에 코어공시체를 채취하였다. 본 실험은 건축재료, 즉 콘크리트에 관한 시점에서 계획되었기 때문에 배근된 철근을 피해 순수한 콘크리트만을 채취하도록 하였다.

채취된 코어공시체는 각 재령별(7, 28, 56일) 압축강도와 각 재령별(7, 28일) 조깅인장강도를 측정하는데에 사용됐으며, 콘크리트 타설 전 설치된 strain gage, data logger등의 측정 기구를 통해 길이변화율을 도출하였다. 압축강도 특성을 그림 9에 조깅인장강도 특성(KS F 2423)을 그림 10에 각각 나타내었다.



그림 9. 코어공시체 압축강도 특성

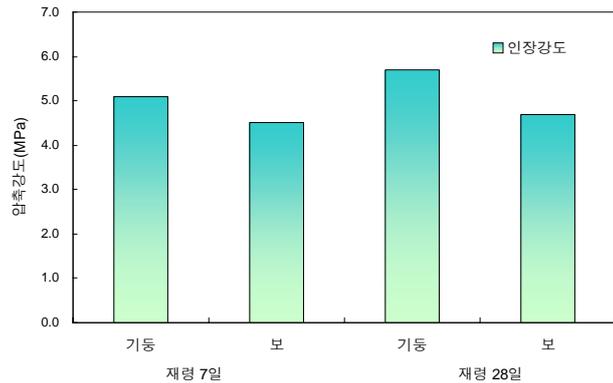


그림 10. 코어공시체 쪼갬인장강도 특성

코어공시체의 압축강도는 실내 실험의 관리용공시체에 비해 초기재령에서 20%이상의 강도증진을 나타내었으며, 이는 부재의 대형화에 따른 높은 수화열의 영향으로 보여진다. 높은 수화열의 경우 장기재령에서의 강도저하로 나타나는 것이 일반적이지만 조직이 치밀한 초고강도 콘크리트의 경우 그 영향이 낮은 것으로 나타나 56일 재령에서 설계기준강도의 10%이상을 모두 만족하였다. 또한 코어공시체의 쪼갬인장강도의 경우, 부재의 분리타설 시 발생하는 cold joint(전단부)와 비교고찰을 위해 측정하였다. 추후 연구에서 분리타설된 전단부분의 시료와 일체타설된 코어공시체를 비교하여 콘크리트의 인장능력을 평가하여야 할 것이다.

### 3.2.2 부재의 길이변화 및 수화열 특성

분리타설된 기동과 보 부재의 부위별 길이변화 특성을 그림 11에 나타내었다. 총 2.6m 높이의 기동부재를 상·중·하로 나누어 길이변화 특성을 측정된 결과 상대적으로 골재가 밀집되어 있는 하부의 경우 길이변화가 작게 나타났으며 상부로 갈수록 그 영향을 줄어드는 것으로 나타났다. 특히 상부의 경우 보 부재와 단위시멘트량에서 대략 270kg/m<sup>3</sup>의 차이가 남에도 불구하고 매우 유사한 경향을 나타내어 길이변화 응력에서 골재의 영향이 매우 큰 것으로 판단된다.

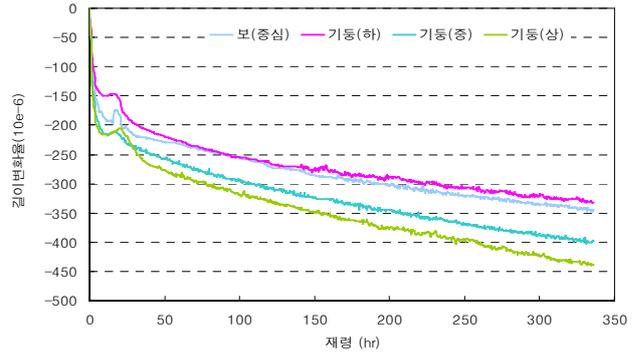


그림 11. 부재의 부위별 길이변화 특성

## 4. 결론

본 연구는 초고강도 콘크리트 타설 시 발생하는 여러 문제점에 대해 검토하고 실제 건축공법 중 하나인 VH분리타설 공법에 대한 적용성을 평가하고자 하였으며 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 부재 타설 전 배합의 검토를 목적으로 수행된 예비실험에서는 요구되는 유동성 및 설계기준강도를 모두 만족하였으며 현장 타설에 무리가 없음을 판단한 후 현장 적용을 수행하였다.
- 2) 부재의 역학적 특성에 대한 검토 결과 초기재령에서 상대적으로 높은 강도를 나타내었으며 장기재령에서도 설계기준강도의 10% 이상을 상회하는 것으로 나타나 강도발현이 충분히 이루어지는 것으로 판단된다. 또한 길이변화 특성에서는 골재의 부재 부위별 실적률이 상대적으로 높은 영향을 나타내었으며 이는 건조수축과 자기수축에 대한 복합적인 분석이 요구되어진다.

추후 연구를 통해 분리타설 시 발생하는 cold joint와 일체타설된 코어공시체를 비교하여 철근을 제외한 콘크리트의 인장능력에 대한 평가가 요구된다.

## 감사의 글

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『BK21 사업』의 지원비를 받았음.

## 참고 문헌

1. 건축공사표준시방서 대한건축학회, 2006
2. 高強度コンクリートの鉛直・水平部材一体打設に関する実大施工実験, 日本建築学会, 2007