

# 특수 무기성 혼화제(SWP-2H)가 첨가된 고강도 설계배합 콘크리트의 초기거동 및 수축특성

## Initial Behavior and Shrinkage Properties of High Strength Designed Concrete added with Special Inorganic Additive(SWP-2H)

김도수\*      길배수\*\*      김우재\*\*\*      최세진\*\*\*      이성연\*\*\*\*  
Kim, Do Su      Khil, Bae Su      Kim, Woo Jae      Choi, Se Jin      Lee, Seong Yeon

### ABSTRACT

This study is concerned with application of SWP-2H with performance which could be improved compressive strength, crack control of high strength concrete ranged from 35MPa to 70MPa. Experimental data showed that initial behavior of SWP-2H added concrete had a similar tendency that of non-added concrete. As well crack resulted from autogeneous and drying shrinkage and compressive strength were well controled or elevated by application of SWP-2H.

### 1. 서론

고강도 콘크리트 구조물에 시공되는 콘크리트는 물-결합재비가 낮거나 단위시멘트량이 많은 고강도 콘크리트 특성 상 초기재령에서 시멘트 수화반응을 통해 단면 내 온도 및 습도상태에 따라 보통강도 콘크리트에 비해 상당한 체적변화를 유발한다. 특히, 이 시기에 고강도 콘크리트는 자기수축 (autogeneous shrinkage), 건조수축 및 온도변형과 같은 복잡한 체적변화를 수반하여 빠른 속도로 인장응력을 유발하나 콘크리트의 인장응력이 낮은 재료특성에 의해 이들을 초과하게 되면 균열이 유발하게 된다. 이러한 균열은 주로 체적변화에 의한 것으로 온도응력(thermal stress)에 의한 것과 수축응력(shrinkage stress)에 의한 것으로 주로 하중이 재하되기 전에 발생한다. 특히, 자기수축은 30MPa 이하에서는 문제점이 적으나 고강도 콘크리트에서는 단위시멘트량의 증가에 따른 체적손실이 크기 때문에 건조수축보다 중요시 되고 있다.

이에 본 연구에서는 고강도 콘크리트의 수축제어를 위한 일련의 연구과정에서 35, 50, 70MPa의 고강도 배합으로 설계된 콘크리트를 대상으로 수밀성 향상과 수축억제 성능을 지닌 특수 무기성 혼화제(이하 SWP-2H로 명기함)를 첨가하여 구속건조수축 및 자유건조수축 등 콘크리트 재료 수축과 관련된 성능을 평가하였다. 또한, 이들 특수 무기성 혼화제(이하 SWP-2H로 표기함)가 첨가된 콘크리트

\*정회원, (주)트라이포드 기술경영이사, 공학박사

\*\*정회원, (주)트라이포드 대표이사, 공학박사

\*\*\*정회원, (주)포스코건설 기술연구소 건축기술연구팀 과장, 공학박사

\*\*\*\*정회원, (주)삼표 기술연구소 책임연구원, 공학박사

\*\*\*\*\*정회원, (주)삼표 기술연구소 연구소장, 공학박사

의 초기 거동 특성을 측정하여 고강도 영역으로 설계된 콘크리트의 초기거동 및 수축제어의 개선여부를 확인함으로써 고강도 콘크리트의 수축제어용 혼화제로서의 활용가능성을 검토하고자 하였으며, 아울러 이들 특성의 개선요인을 구명하고자 하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

본 실험에서는 표 1과 같이 3수준(35MPa, 50MPa, 70MPa)의 설계기준강도에 대해 SWP-2H의 첨가율을 무첨가 및 0.5%로 고정하여 진행하였다. 측정항목으로는 공기량, 슬럼프, 응결시간, 블리딩량 등의 경화이전 콘크리트의 초기거동과 압축강도, 자유건조수축 및 구속건조수축 등의 경화물성을 선택하였다.

표 1. 실험계획

시리즈	설계기준강도(MPa)	SWP-2H 첨가율 (%)	측정항목
I	35	0.00 0.50	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 공기량                    ■ 슬럼프</li> <li>■ 관입저항에 의한 응결시간</li> <li>■ 압축강도 (3, 28, 56일)</li> <li>■ 블리딩량 (cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>)</li> <li>■ 자유건조수축        ■ 구속건조수축</li> </ul>
II	50		
III	70		

표 2. 사용재료의 물리적 성질

구 성 재 료		물 리 적 성 질
시 멘 트		보통포틀랜드시멘트, 비중 : 3.15, 분말도 : 3,430cm <sup>2</sup> /g
혼 화 재		플라이애시, 비중 : 2.22
잔 골 재	천 연 모 래	비중 : 2.58, 조립율 : 2.50, 제 염 사
	부 순 모 래	비중 : 2.60, 조립율 : 2.90
굵은골재		비중 : 2.65, 조립율 : 6.02, 부순자갈
혼 화 제	감 수 제	고성능나프탈렌계감수제, 고성능폴리카르본산계감수제
	특수 무기성 혼화제	SWP-2H 0.5% 적용

표 3. 배합표

시험체명	W/B	S/a	SWP-2H 첨가율 (%)	FA 대체율 (%)	부순 모래 대체율 (%)	단위 수량 (kg/m <sup>3</sup> )	절대용적(ℓ/m <sup>3</sup> )					단위중량(kg/m <sup>3</sup> )				
							C	FA	S	CS	G	C	FA	S	CS	G
35-0.0	.36	49	0.00	15	50	175	131	33	152	152	317	413	73	393	397	839
35-0.5			0.50													
50-0.0	30	49	0.00	15	50	175	157	39	144	144	300	496	88	372	376	795
50-0.5			0.50													
70-0.0	23	49	0.00	15	50	175	205	51	129	129	269	647	114	334	338	714
70-0.5			0.50													

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1. 굳지 않은 콘크리트의 특성

SWP-2H를 설계배합강도별로 0.5% 첨가한 콘크리트의 슬럼프 경시변화, 공기량 경시변화, 블리딩량 변화 및 응결시간 변화는 그림 1과 같다. 이 때 설계배합강도 35Mpa는 나프탈렌계 고성능감수제를

사용하여 목표슬럼프 21±1cm로 조정하였고, 50MPa, 70MPa 배합에서는 폴리카르본산계 고성능감수제를 목표슬럼프를 각각 55±5cm, 65±5cm의 고유동 배합으로 설정하였다. 슬럼프는 35MPa 배합에서는 SWP-2H의 첨가로 향상되나 50MPa, 70MPa에서는 다소 감소하였으며, 슬럼프 경시변화는 거의 유사한 경향을 보였다. 공기량은 다소 감소하였으나 무첨가와 큰 차이를 보이지는 않았다. 블리딩은 SWP-2H의 첨가로 크게 감소하였으며, 35MPa 배합에서는 약42% 저감되었고, 50MPa 및 70MPa 배합에서는 블리딩이 발생되지 않았다. 응결시간은 SWP-2H의 첨가로 지연되는 경향을 보였으나 폴리카르본산계에 비해 나프탈렌계를 감수제로 채택한 배합에서 응결지연 현상이 두드러졌다.

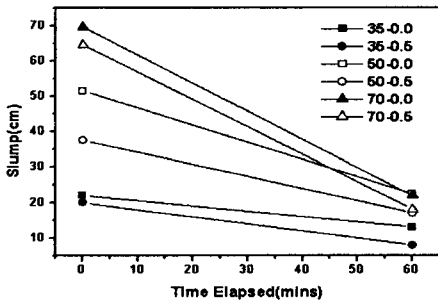


그림 1. 슬럼프 경시변화

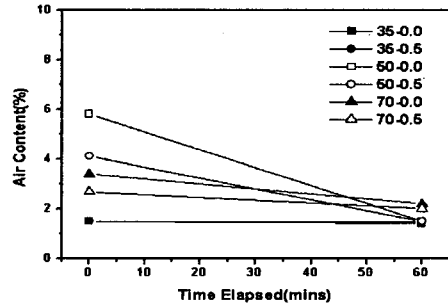


그림 2. 공기량 경시변화

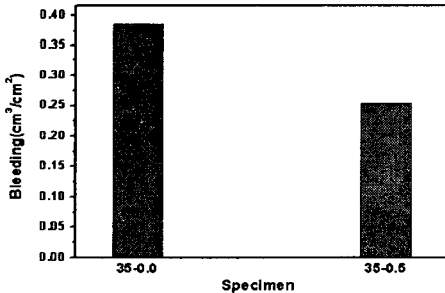


그림 3. 블리딩량 변화

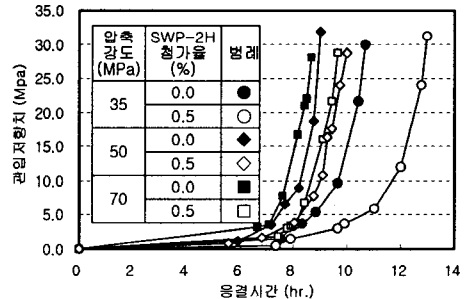


그림 4. 관입저항에 의한 응결시간 변화

#### 4.2. 압축강도

그림 5는 SWP-2H를 첨가한 3일, 28일까지 측정된 콘크리트의 압축강도로서, SWP-2H가 첨가된 콘크리트의 압축강도는 재령에 관계없이 증가되는 것으로 확인되었으며, 최소 5~10% 압축강도가 향상되는 것으로 나타났다. 그러나 50MPa 배합에서는 다소 강도가 저하되는 것으로 나타나 56일 장기 재령에서 압축강도 측정결과를 확인한 후 배합에 따른 요인을 비교분석해야 할 것으로 판단된다.

#### 4.3 수축특성

JIS 규격[콘크리트의 건조수축균열시험방법]에 따라 17×10×100cm의 구속변형 시험용 몰드를 사용하여 구속상태에서 자기수축 및 건조수축에 의한 구속건조수축 변형율을 무첨가 및 SWP-2H를 0.5% 첨가한 35MPa 배합의 콘크리트에 대하여 측정한 결과는 그림 6과 같다. SWP-2H의 첨가로 W/C가 작은 고강도 콘크리트에서 자기수축과 건조수축이 동시에 작용되어 나타난 구속상태에서의 수축율이 약 30% 이상 크게 저감되는 것으로 확인되었다. 한편, 무첨가 콘크리트는 양생 39일에서 균열발생이

확인되었으나 SWP-2H를 첨가한 시험체는 측정재령(48일)중에 균열이 발생되지 않는 것으로 나타났다. 이는 SWP-2H의 유효성분과 시멘트의 수화작용으로 생성된 미립형 충전물의 최밀 충전효과에 단위결합재량이 많은 콘크리트 경화과정중에 자기수축 및 건조수축이 억제됨으로써 수축보상에 따른 효과로 균열발생에 대한 저항성이 향상된 것으로 판단된다.

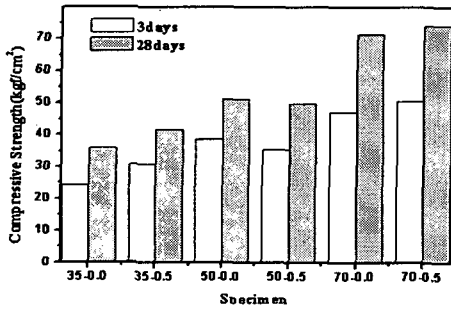


그림 5. 압축강도변화

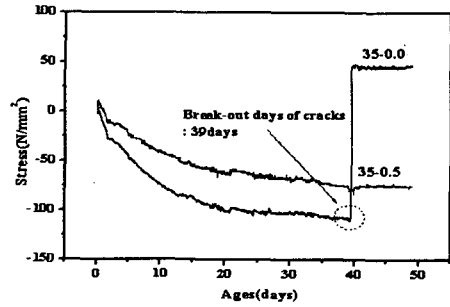


그림 6. 구속수축변형률

## 5. 결론

특수 무기성 혼화제를 고강도 콘크리트 배합(35Mpa, 50Mpa, 70Mpa)에 적용하여 균지 않은 콘크리트의 초기거동, 압축강도 및 수축특성을 파악한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 배합설계강도에 의한 영향보다는 특수 무기성 혼화제의 첨가에 의한 슬럼프, 공기량, 블리딩 및 응결시간 등의 균지 않은 콘크리트의 초기거동이 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.
- (2) 특수 무기성 혼화제의 첨가시 슬럼프 경시변화에서 다소 개선여지는 있으나 전체적으로 초기거동에 큰 악영향을 미치지 않으며, 블리딩은 오히려 크게 저감되는 것으로 확인되었다.
- (3) 경화 콘크리트의 압축강도는 특수 무기성 혼화제의 첨가로 대체로 향상되었으며, 고강도 콘크리트에서의 주요수축 요인인 자기수축과 건조수축에 의한 저항성이 개선되는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 (주)삼표와 (주)트라이포드의 공동협약연구과제에 의해 수행된 실험결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) 김도수 외 5인, 규불화염계 균열저감제를 이용한 콘크리트의 균열제어특성, 2004년 추계콘크리트학술발표논문집, pp. 289-292, 2004.
- (2) ACI Materials Journal, 소성수축 균열에 의한 균열특성 시험, pp. 495-504, 1988.
- (3) JIS 원안, 콘크리트의 건조수축시험방법, 2003.
- (4) 송창영, 구조물 안전의 이해, 예문사, 2005.
- (5) 이영우 외 6인, 규불화염계 수화열저감제가 첨가된 시멘트 모르타르의 수화열 변화 및 균열저감 특성, 한국세라믹학회지, Vol. 42, No. 3, pp. 198~204, 2005.