

# 아원계 조강재를 이용한 1일 공용 콘크리트 개발연구

## A Study on Development of 1 Day Usable High Early Strength Concrete Using Hauyne C/K System Additives

박정준\*   백상현\*\*   신영훈\*\*\*   김병권\*\*\*\*   윤경구\*\*\*\*\*   엄태선\*\*\*\*\*  
Park, J. J.   Paik, S. H.   Shin, Y. H.   Kim, B. K.   Yun, K. G   Um, T. S.

### ABSTRACT

In recent, concrete material like specific cement and additives having many functions has been developed. In road pavement, ultra high early strength cement or organic material are used to open the road early, but there are many restrictions like workable time and special equipment. We aim to develop specific concrete which 1 day strength is over 300 kgf/cm<sup>2</sup> to open the road within one day and workable time is maintained over 1 hour that can make the concrete ready mixed concrete. In this study, we are convinced if the ratio of hauyne clinker or its additive is increased early strength property is progressed and if the ratio of non hydrous gypsum is increased longtime strength is progressed. The concrete strength is 290-310 kgf/cm<sup>2</sup> at 1 day, 570-640 kgf/cm<sup>2</sup> at 28 day and the workable time is maintained over 30 minutes. As the results of this experiments We find out the possibility to develop the 1 day usable ready mixed concrete with high early strength.

### 1. 서론

최근에 시멘트 재료화학과 그 적용기술의 발달로 고기능을 갖는 특수 시멘트와 혼화재(제)가 개발되어 구조물의 기능을 향상하고자 하는 요구가 증대하고 있다. 콘크리트 도로포장에서도 조기개통을 목적으로 속경성시멘트 또는 유기질 폴리머를 사용해 신속 보수공사가 되고 있지만, 초속경 시멘트의 경우는 30분이내의 작업완료를 요구함으로써 레미콘화가 불가능하고 현장 혼합타설로 인해 소규모시공과 함께 타설장비와 사용재료를 항상 구비해야 하는 불편함이 있다. 또한 유기질 폴리머는 보수하는 포장재료와의 이질적인 특성으로 신구접착면의 부착강도의 저하 및 경제적인 불리함으로 인하여 대규모 보수시공에 부적합할 뿐만 아니라 운전자의 시각적인 이질감에 대한 불리한 문제점이 제기되고 있다. 따라서 콘크리트의 특성을 유지하면서도 레미콘과 같은 수송타설이 가능하고 아스팔트와 같이 1일 공용성을 갖는 속경성/고내구/고강도 콘크리트의 개발에 대한 요구가 증대되고 있다.

본 연구에서는 시공가능시간이 1시간이상 유지되어 레미콘화가 가능하고, 1일강도가 300 kgf/cm<sup>2</sup> 이상이 되어 1일 공용화가 가능한 콘크리트 개발을 목적으로 아원계 조강재의 제조인자에 따른 콘크리트 물성 및 적용성의 영향을 평가하여 1일 공용 콘크리트의 가능성을 검토하였다.

\* 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 주임연구원

\*\* 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 연구원

\*\*\* 쌍용중앙연구소 시멘트연구실 주임연구원

\*\*\*\* 쌍용중앙연구소 시멘트연구실 선임연구원

\*\*\*\*\* 도로공사연구소 포장연구실 책임연구원(공학박사)

\*\*\*\*\* 쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 책임연구원(공학박사)

## 2. 이론적 고찰

Hauyne계 클링커의 주요광물은 Calcium Sulphoaluminate( $3CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot CaSO_4$  :  $C_4A_3S$ )이며,  $C_4A_3S$  광물은 수화반응에 의해 Ettringite( $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ ), Calcium Aluminomono sulphate ( $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ ),  $C_2A \cdot 8H_2O$ ,  $Al_2O_3$  등의 수화물이 생성되며,  $Ca(OH)_2$ 나  $CaSO_4$  등의 첨가에 따라 수화반응 양상이 달라진다.  $Ca^{2+}$  및  $SO_4^{2-}$  이온의 농도가 낮으면 low sulphate 형인 monosulphate가 생성되고,  $Ca^{2+}$  및  $SO_4^{2-}$  이온의 농도가 높을 경우에는 Ettringite가 생성된다.

Ettringite는 침상결정이고, 생성시기와 결정크기를 제어함으로써 급경성·고강도성·팽창성을 부여할 수 있다.(그림 1) 따라서 고강도와 급경성 기술을 응용하면 1일 공용 콘크리트의 제조가 가능해질 것으로 판단되며 이때 적절한 시공성을 부여하는 기술이 접목할 경우에 소기의 목적을 달성할 수 있을 것으로 판단된다. 즉 조강성 혼화제의 첨가는 무첨가 콘크리트에 비해 수화초기에 Ettringite를 다량 생성시켜 경화체를 치밀화 시키며 조강성 혼화제의 조강, 고강도효과를 증대시키기 위하여 사용시멘트는 조강포틀랜드 시멘트를 기준으로하며 적절한 고성능AE감수제와 지연제를 고려하게 되었다.

Ettringite 생성반응의 제어기술은  $CaO-Al_2O_3-SO_3$ 계 혼화제의 조성에 따라 부여되는 기능개념으로써 그림 2와 같다.

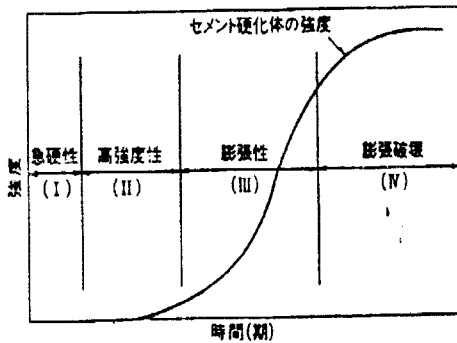


그림 1 에트린자이트 생성시기와 기능발현의 관계

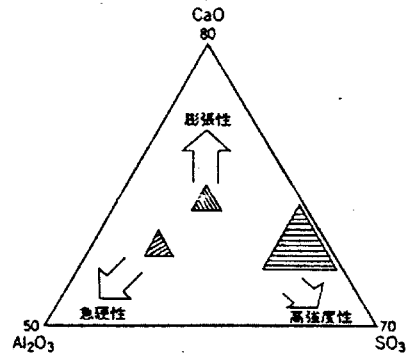


그림 2  $CaO-Al_2O_3-SO_3$ 계 기능과 화학조성

## 3. 실험개요

3.1 재료 : S사의 조강시멘트, 아인클링커 및 기타 무수석고, 지연제, 고성능 AE감수제를 사용했다.

3.2 1일 공용콘크리트(레미콘)의 요구특성

1일 공용 콘크리트를 개발하기 위한 개발 요구특성은 표 1과 같다.

표 1 레미콘 요구특성

	운송시간	압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )		슬럼프 (cm)	공기량 (%)
		1일	28일		
SPEC	1시간 이상	↑300	↑600	↑8	4.5±1.0

### 3.3 실험방법

아인클링커와 무수석고와의 결합비에 따른 조강성을 검토하여 조강재의 적정비(HY/F)를 구하고(조건 I), 시멘트의 일정부분을 조강재로 치환 첨가하여 조강재 함량[F/(C+F)]에 따른 콘크리트의 물성변화를 검토해 보고(조건 II), 지연제 함량(AD/F)에 따른 작업성확보 가능성 및 강도특성(조건 III)을 검토하였다. 이때의 변동인자별 조건은 표 2와 같다.

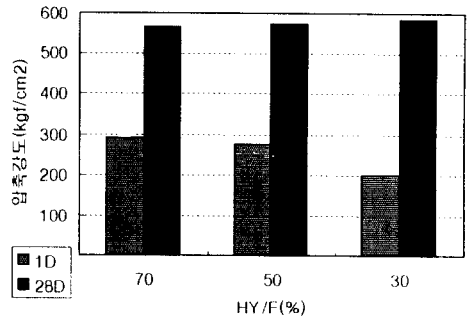
표 2 변동인자별 콘크리트 배합조건

인자 수준	변동인자 (%)			고정인자(%)			
	(조건 I) HY/F	(조건 II) F/(C+F)	(조건 III) AD/F	W/C	S/a	SP/C	C+F (kg/m <sup>3</sup> )
1	70	5	0	40	42	1.2	400
2	50	7.5	5				
3	30	10	10				

#### 4. 실험결과

##### 4.1 아원클링커와 무수석고 비

표 2의 실험 I 조건에 따라 아원클링커와 무수석고비에 따른 1일강도는 아원클링커 70 % 사용에 291 kgf/cm<sup>2</sup>, 50 % 사용에 274 kgf/cm<sup>2</sup>, 30 % 사용에서 198 kgf/cm<sup>2</sup>로 나타나, 아원클링커의 함량이 클수록 1일강도가 증가하고 있다. 28일강도는 아원클링커 70 %에 565 kgf/cm<sup>2</sup>, 50 %에 574 kgf/cm<sup>2</sup>, 30 %에 585 kgf/cm<sup>2</sup>로 나타나 무수석고량이 클수록 장기강도가 증진하는 효과가 있으나 그 차이는 크지 않았다. 그림 1의 결과에서 아원클링커와 무수석고 비는 조강성과 장기강도를 고려할 때 70 : 30가 적절한 것으로 판단되었다.



##### 4.2 조강제 양

실험 I 조건에서 혼합비를 사용하여 실험 II 조건의 첨가량을 사용한 콘크리트의 강도와 슬럼프를 검토한 결과는 그림 2, 3과 같다. 이 결과를 보면 첨가량이 증가하면 슬럼프의 급격한 손실이 예견되며, 초기강도는 증가하는 경향이나, 장기강도는 7.5% 이상 첨가조건에서는 증진효과가 거의 없는 것으로 판단되었다.

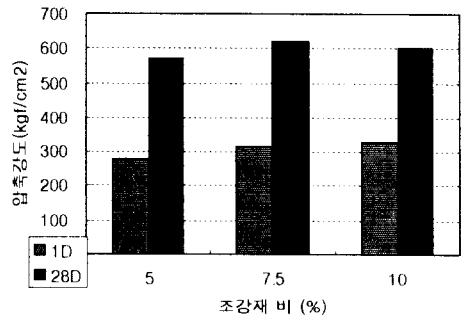
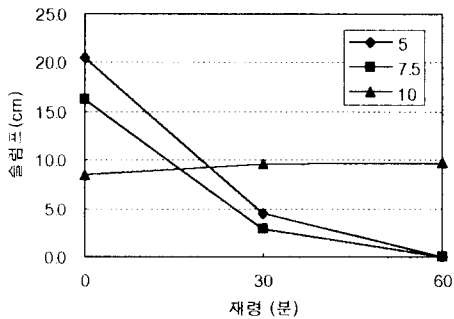


그림 2 조강제 함량에 따른 재령별 슬럼프 특성

그림 3 조강제 함량에 따른 재령별 압축강도 특성

##### 4.3 지연제 양

표 2의 조건 III의 지연제 첨가에 따른 효과를 검토한 결과는 그림 4, 5와 같다. 이때 지연제 첨가에 따른 슬럼프 저하를 억제하는 효과는 인정되며, 초기의 슬럼프(5%, 10% 조건)에 차이가 있으나 지연제의 첨가량이 증가될 때에 그의 지연효과는 증가하고 있다. 그러나 지연제의 양이 10% 정도 첨가되면 슬럼프 손실을 억제하는 효과가 크지만 강도가 극도로 저하하는 것을 알 수 있어 과도한 사용은 불가하다.

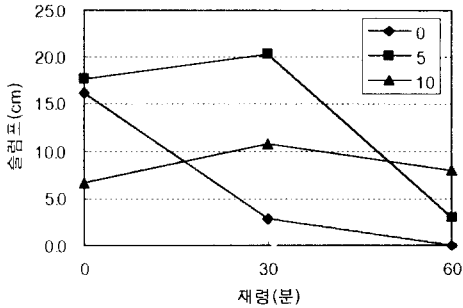


그림4 지연제 함량에 따른 재령별 슬럼프 특성

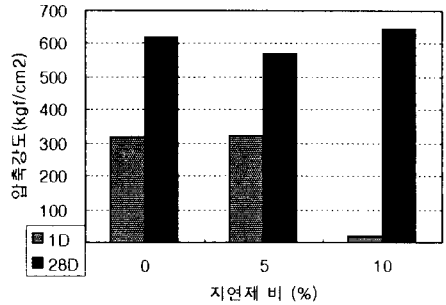


그림 5 지연제 함량에 따른 재령별 압축강도 특성

## 5. 결과 고찰

아원계 조강재 인자의 사용조건에 따라 다양한 물성이 발휘됨을 확인하였다. 아원계 클링커 및 조강재 양이 증가할수록 조강성·급경성이 증가하고, 무수석고 양이 증가하면 장기강도가 양호해 지고 있다. 또한 단순히 아원계 클링커와 무수석고의 조합만으로는 급경성과 고강도의 특성은 얻어질 수 있으나, 시공시간을 확보하는 것이 어렵기 때문에 적절한 지연제와 고성능 AE감수제의 선정이 필요하였으며, 본 실험 결과에서는 그의 가능성을 확인하였다. 따라서 조강재와 지연제의 조합에 따라 1일 300 kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 압축강도를 발현하고 1일에 공용화 할 수 있는 콘크리트의 제조가 가능할 것으로 판단된다. 단 과도한 지연제의 사용은 급경성과 고강도 특성을 저하시키므로 적정 첨가량이 요구되며 지연제와 빗 혼화제의 종류에 따른 영향을 확인할 필요가 있다고 판단된다. 본 실험결과에 이어서 적정 아원계 조강재의 분말도, 지연제의 종류별 효과 및 적정 고성능 AE감수제 등에 대한 검토를 추가적으로 수행할 계획이다.

## 6. 결론

1일강도가 300 kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 1일 공용화 콘크리트(레미콘) 개발을 목적으로 아원계 조강재의 콘크리트 물성 및 적용성을 평가한 결과는 다음과 같다.

- 1) 아원계 조강재를 사용한 1일 공용 콘크리트의 가능성을 확인하였고, 이때 1일강도는 약290-310 kgf/cm<sup>2</sup>이며, 28일강도는 약 570-640kgf/cm<sup>2</sup>이다.
- 2) 공용화를 위한 시공시간 확보는 사용지연제의 양, 종류, 고성능 AE감수제 및 콘크리트의 배합조건에 영향이 큰 것으로 판단되며, 본 실험에서 약 45분 정도의 시공시간을 확인하였다.
- 3) 향후 지속적인 영향인자 검토를 통한 현장 적용실험을 추진할 계획이다.

## 참고문헌

1. 長岡 誠·, 超早強性・速硬性とセノント, セノント・コンクリト No.594, Aug.1996
2. 松永 嘉久, エトリンカイト系混和材料の作用と多孔性制御, Gypsum & Lime No.240, 1992, pp38-44
3. Arnold J. Franklin, CEMENT AND MORTAR ADDITIVES, Noyes Data Corporation
4. C.A.Finch, Chemistry and Technology of Water-Soluble Polymers, 1983 Plenum Press, New York