

레미콘 회수수의 재활용을 위한 지연형 안정화제의 특성

이문환^{1)*} · 이세현¹⁾ · 박영신²⁾ · 박재명²⁾

¹⁾ 한국건설기술연구원 건축연구부 ²⁾ 한라콘크리트(주)

(2004년 7월 10일 원고접수, 2004년 12월 17일 심사완료)

Properties of Retard Type Stabilizing Agent for Reuse of Sludge Water of Ready Mixed Concrete

Mun-Hwan Lee^{1)*}, Sea-Hyun Lee¹⁾, Young-Shin Park²⁾, and Jae-Myung Park²⁾

¹⁾ Building Research Division, KICT, 2311, Daehwa-dong, Ilsan-gu, Koyang, Kyonggi-do, 411-712, Korea

²⁾ Business Support Dept., 9-Fl, Sigma Tower, 7-19, Shinchun-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-734, Korea

(Received July 10, 2004, Accepted December 17, 2004)

ABSTRACT

Stabilizing and reusing sludge water generated from washing truck mixer and batcher plant can resolve inconsistency in quality and improve strength, therefore it is essential to review how to utilize it.

This research conducted experiments and studied on solids of sludge water to find out the types of stabilizing agents available in conditions of producing ready mixed concretes in Korea.

The result showed that oxy carboxylic acid retarder dedicated for stabilizing sludge water was most effective in decreasing solid. However, the setting time of cement paste was retarded due to surplus reactants, but it did not impede application of ready mixed concretes. When we left the sludge water mixed with stabilizing agent, it has been noted that initial retard effect recovered to the level using just service water in 7~8 days and that it is effective to use stabilized sludge water in 2~3 days.

On the other hand, saccharic type super retarding agent was also outstanding in aplicability by showing similar effect. The sludge water stabilizing agents currently marketed depend on imports, therefore it is necessary to locally manufacture usable stabilizing agents and to review its usability with multi-dimensional view.

Keywords : ready mixed concrete, sludge water, recycling water, stabilizing agent, by-product

1. 서 론

환경복원 및 재생기술 등 사회의 가치체계가 변화됨에 따라 국내외 오염에 대한 각종 규제강화가 확대되고, 산업 부산물의 적정처리 유도를 위한 연구개발이 긴요한 시점이다.

국내의 경우 레미콘차의 믹서트럭 내·외부 씻기, 배치 플랜트(batcher plant)의 믹서 호퍼 씻기 등으로 발생하는 세척배수 역시 강알칼리성의 환경오염물질이어서 중화처리를 위한 설비를 갖추거나 또는 회수설비를 구비하여 재 이용하는 실정이다.

그러나 레미콘 생산 및 운반작업 후 장비류의 세척으로 발생하는 회수수를 재이용하는 것은 다양한 콘크리트 품

질의 불안정을 초래하게 된다. 또한, 회수수 중에는 상당량의 미수화 물질이 포함되어 있음에 따라 그 재처리 설비 및 이송 라인에 시멘트분이 고착되어 막대한 보수비용까지 요구되고 있다.

따라서 페레미콘 재생과정에서 발생하는 슬러지수를 재 활용하는 한편, 슬러지의 시멘트 고착을 방지하고, 청수 사용시와 동일한 배합관리를 행할 수 있으며, 통상의 슬러지수에 비해 슬럼프 및 공기량 손실을 개선·안정시키고, 콘크리트의 강도 증대와 품질향상을 위한 노력의 결과로 1990년대 초에 회수수 안정화제가 출현되었다.

회수수 안정화제는 기본적으로 콘크리트 응결 지연제의 특성을 가지고 있으나 슬러지수 중의 고형분에 대한 수화 지연과 그 반응 생성물의 부피를 증가시키지 않도록 유기물 첨가량과 약품적 성능의 발란스를 조절한 혼화제이다. 일본 및 싱가포르 등지에서는 그 신뢰도가 인정되어 점차 보급이 증가추세에 있으나, 국내에서는 아직 적용 사례가 없었다.

* Corresponding author

E-mail : mhlee@kict.re.kr

©2005 by Korea Concrete Institute

이와 같이 레미콘 배처 플랜트에서 재이용되고 있는 회수수에 대한 관리가 적절히 이루어지지 않는 현실적 문제점을 바탕으로 본 연구에서는 회수수 안정화제의 활용방안에 대한 기술자료를 도출함으로써 합리적인 레미콘 회수수 재이용 기술의 구축을 목적으로 하였다.

이를 위해 우선적으로 우리나라의 레미콘 사용 재료조건에서 가용한 안정화제의 종류를 도출하고자 안정화제의 혼입률 변화에 따른 시멘트의 기본적인 특성변화와, 아울러 회수수의 고형분량 및 방치시간에 따른 영향에 대해서 실증적으로 검토하였다.

2. 안정화제의 특성 실험

2.1 실험계획

레미콘 회수수 안정화제의 특성에 관한 실험계획은 Table 1과 같다. 즉, 안정화가 시멘트의 수화반응에 미치는 기초적 특성을 검토하기 위하여 안정화제 종류 변화, 안정화제 혼입률 변화, 회수수 혼입률 변화, 회수수 방치시간 변화 등 4가지 시리즈로 구분하여 실험하도록 계획하였다.

응결시간 시험을 위한 시멘트 페이스트의 배합요인으로 KS L 5108(비카트침에 의한 수경성 시멘트의 응결시간 시험 방법)에 준거하여, 일반 상수도수를 사용한 플레인(이하 P)과 안정화제를 사용하지 않은 회수수(이하 B) 및 안정화제 종류를 일본 G사의 보급형 전용상품(이하 R), 국내 S사의 지연제 I(이하 C), L사의 지연제 II(이하 E), H사의 지연제 III(이하 S)의 4수준으로 하고, R를 대상으로 안정화제 혼입률 변화를 0, 0.075, 0.15, 0.30%의 4수준, R 혼입률 0.15%에서 고형분 농도의 변화를 10%로 고정하고, 회수수 방치시간을 안정화제 혼합직후부터 1일 간격으로 10일까지 변화시켰다.

실험사항으로는 시멘트 페이스트의 응결시간 시험을 비카트침의 침입도에 의해 측정하고, 슬러지수의 방치 재령에 따른 침강률의 관계를 시멘트분의 팽창부피에 의해 측

Table 1 Factors and level of experiment of features of agent in sludge water stabilizing system

Experiment Factor		Experiment Level	
Mix items	Mixing ratio	1	Conforms to KS L 5102 (Testing method for normal consistency of hydraulic cement)
	Type of stabilizing agent	5	<ul style="list-style-type: none"> ■ Non added (B) ■ Sludge wager stabilizing agent (R) ■ Retarder I (C) ■ Retarder II (E) ■ Retarder III (S)
	Proportion of stabilizing agent (%)	4	0, 0.075, 0.15, 0.3
	Concentration of solid in sludge water (%)	1	10
	Hours sludge water is let (days)	11	0, 1, 2, 3...10
	Proportion of sludge water(%)	5	0, 25, 50, 75, 100
Test items	Penetration resistance	1	■ Vicat penetration test
	Sinking rate	1	■ Test of expansion by hydration

* Shading indicates the level of application of other factors to individual experiment factors

정하였다. 이때, 응결시간 시험을 위한 시멘트 페이스트의 배합사항은 Table 2와 같다.

2.2 사용재료

2.2.1 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 H사의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 Table 3과 같다.

2.2.2 안정화제

본 실험에 사용한 회수수 안정화제는 일본산 G사의 R, 국내산 L사의 E, S사의 C, H사의 S를 사용하였는데, 각 안정화제의 물리적 성질은 Tables 4 및 5와 같다.

Table 2 Mix of cement paste for penetration resistance test with R

No.	W/C* (%)	Type of stabilizing agent	Proportion of stabilizing agent (%)	Concentration of solid in sludge water** (%)	Proportion of sludge water used (%)	Mixture of weight(kg/m ³)		
						Fresh water	Sludge water	Cement
1	25.1	R	0.15	10	100	0	484.7	1710.9
2					75	110.2	363.5	1722.0
3					50	220.3	242.4	1733.0
4					25	330.5	121.2	1744.0
5					0	440.6	0	1755.0

* By testing result of normal consistency

** Concentration of solid : weight of solid/(weight of water+weight of solid)

Table 3 Physical properties of cement

Specific gravity	Fineness (cm ² /g)	Stability (%)	Setting time (minutes)		Compressive strength (MPa)		
			Initial	Final	3 days	7 days	28 days
3.15	3,265	0.15	210	300	22.0	28.9	38.9

Table 4 Physical properties of stabilizing agent R

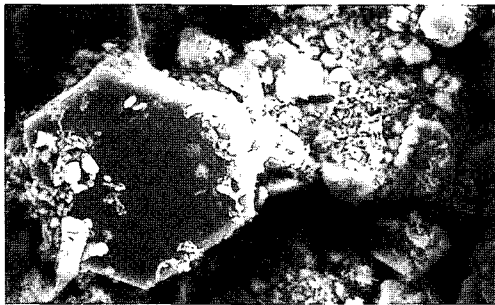
Main ingredient	Specific gravity	Type	pH	Content of chloride ion (%)	Content of alkali (%)	Freezing point (°C)
Oxy carboxylic acid	1.16	Light green liquid	5.0 ~9.0	Less than 0.1	1.5~3.0	Less than -10

Table 5 Physical properties of other stabilizing agent

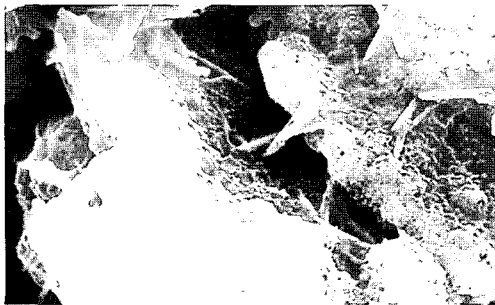
	Specific gravity	Form	Description
E	1.08±0.02	Dark brown liquid	High performance denaturalized phosphate setting retarder
C	1.18±0.05	Cloudy liquid	Can be used with both negative ionic and non-ionic surface active agent
S	1.08±0.02	Transparent liquid	Saccharic type super retarding agent

2.3 실험방법

슬러지수는 레미콘 세척시에 일상적으로 발생하는 것을 원 수중에서 채취하는 것이 기본이지만, 표준을 설정하는 것이 어렵기 때문에 실험실에서 150rpm의 교반기로 균질하게 제조하였다(Fig. 2 참조).



(a) Added



(b) Not added

Fig. 1 Hydrate of cement depending on addition of sludge water stabilizer⁶⁾

실험체의 성형은 KS L 5108에 규정되어 있는 방법에 따랐으며, 반죽판 건조 시멘트 몰드 및 밀판의 부근의 공기온도는 25 °C로 유지하였으며, 혼합수의 온도는 23±2 °C의 범위 내에 있도록 하였다. 실험실의 습도는 60±5 %RH이었다.

2.3.1 응결시간의 측정

실험체를 습기함 속에 방치한지 30분 후부터 15분마다 1mm의 침으로 25mm의 침입도를 얻을 때까지 시험하여 이를 초결시간으로 하였다. 또한, 동일한 방법으로 실험을 계속 진행하여 완전히 침의 흔적이 나타나지 않을 때를 종결시간으로 하였다.

2.3.2 침강률의 측정

1000cc 메스실린더에 안정화제를 투입한 후, 30분 후에 최초의 값을 기록하고, 이후 12시간 주기로 슬러지수를 교반하며 수중에서 시멘트의 침강이 안정된 후 매일 수화진행상황(시멘트 수화물의 부피)을 측정하였다.

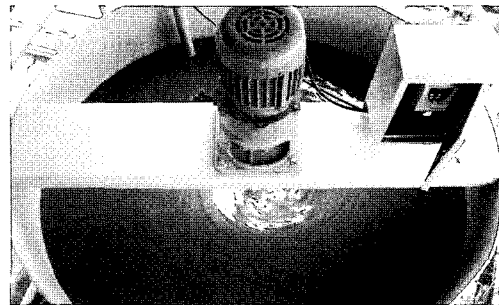


Fig. 2 Apparatus for making sludge water

3. 실험결과 및 분석

3.1 관입저항 특성

Fig. 3은 회수수 안정화제 종류별 시간경과에 따른 관입저항치(비카침 침입도)를 나타낸 것이고, Figs. 4 및 5는 안정화제 종류에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 것이다.

회수수 안정화제 종류에 따른 응결시간은 P의 경우 초결이 180분(3.0시간), 종결이 254분(4.2시간)으로 나타난 반면, 안정화제를 첨가하지 않은 회수수를 사용한 경우 B는 초결이 181분(3.0시간), 종결이 256분(4.3시간) 정도로 P와 유사하게 나타났다. 일반적으로 회수수를 사용한 경우는 응결시간이 회수수를 사용하지 않은 경우에 비해 빠르게 나타나는데, 이는 모르타르나 콘크리트의 배합에서 고품분량을 잔골재나 물량으로 대체하는 개념에서 매트릭스 중의 공극을 충전하는 효과에 기인되지만, 본 실험에서는 투입된 시멘트량 총량이 동일하므로 응결시간이 유사하게 발생되었던 것으로 사료된다.

한편, 안정화제 종류에 따른 응결시간은 R 및 S는 안정화제를 첨가하지 않은 회수수보다 지연되는 경향으로 나타났다. C 및 E는 다른 안정화제보다 응결이 빠르게 나타나며, 안정화제를 첨가하지 않은 회수수와 유사한 응결 특성을 보였다.

이를 통해 사용된 안정화제 중 시판되는 회수수 안정화제 전용 제품 R을 사용하는 경우는 회수수의 수화를 유도시킬 수 있을 뿐만 아니라 모르타르 및 콘크리트의 응결 역시 지연시키는 효과가 있을 것으로 추정된다. 다만, 본 실험과 달리 슬러지수 중의 고품분을 잔골재로 대체하는 개념에서의 추이는 모르타르 및 콘크리트의 성능특성 실험에서 직접 확인할 필요가 있다. 한편, 국내산 지연제(안정화제) S의 경우는 R의 경우에 근사하는 특성을 보이므로 안정화제로서의 사용 가능성이 있음을 알 수 있다.

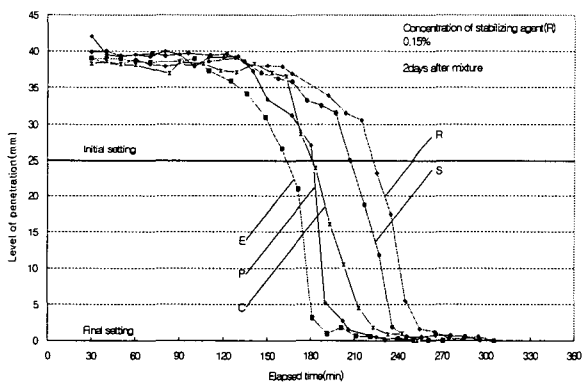


Fig. 3 Penetration resistance depending on elapsed time by type of stabilizing agent

C와 E의 경우는 지연특성이 있는 혼화제가 투입되었음에도 불구하고 P나 B와 동등 수준의 응결특성을 보이는 데, 이는 슬러지수 중에 포함된 고품분의 흡수로 실질적인 단위수량이 감소되어 그로 인한 응결 촉진과 혼화제에 의한 응결 지연이 유사한 정도로 나타났다고 판단된다.

Fig. 6은 안정화제 혼입률별 시간경과에 따른 관입저항치를 나타낸 것이고, Fig. 7은 안정화제 혼입률 변화에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 것이며, Fig. 8은 P를 기준으로 응결시간비를 백분율로 나타낸 것이다.

안정화제 혼입률 변화에 따른 응결시간은 예상했던 바와 마찬가지로 혼입률이 증가할수록 응결시간 역시 증가하는 경향이다.

특히, 표준 사용량인 0.15%의 경우는 초결 및 종결 모두 P에 비해 23% 내외의 응결 지연특성을 보였으나 이는 40분 정도의 차이로 큰 영향은 아닌 것으로 분석된다.

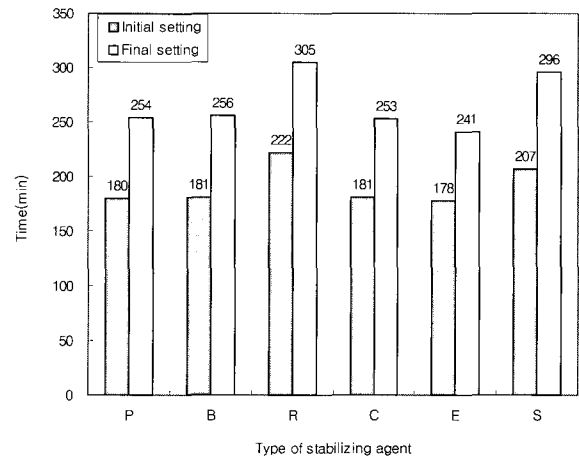


Fig. 4 Initial and final setting time by type of stabilizing agent

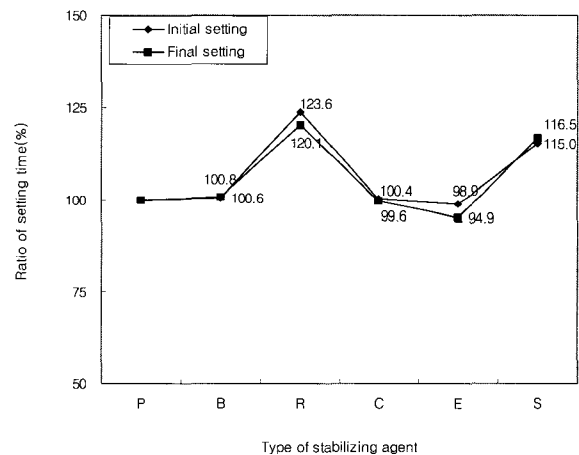


Fig. 5 Ratio of setting time based on P by type of stabilizing agent

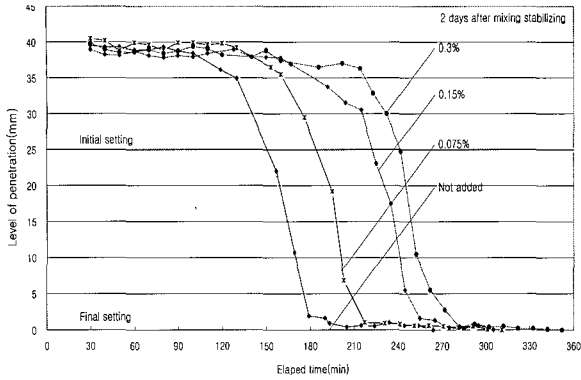


Fig. 6 Penetration resistance by elapsed time and ratio of stabilizing agent mixed(only R)

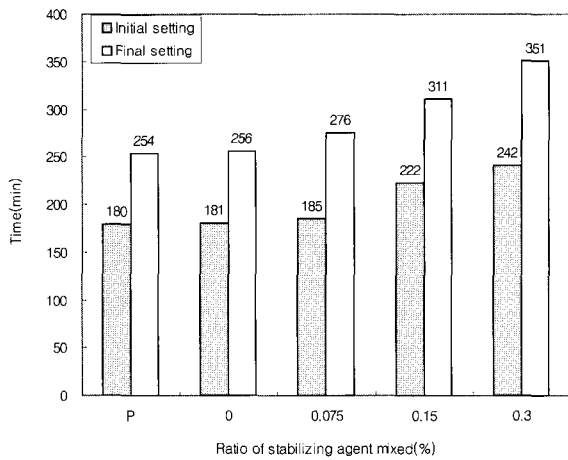


Fig. 7 Initial and final setting time by ratio of stabilizing agent mixed

Fig. 9는 안정화제 R을 투입한 회수수의 혼입물별 시간 경과에 따른 관입저항치를 나타낸 것이고, Fig. 10은 동 회수수의 혼입물 변화에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 것이며, Fig. 11은 P를 기준으로 응결시간비를 백분율로 나타낸 것이다.

회수수 혼입물은 궁극적으로 회수수 중 고형분량의 혼입률에 대응하는 것으로, 이의 변화에 따른 응결시간은 초결 및 종결의 경우 모두 혼입물이 증가할수록 지연되는 경향이였다. 이는 고형분량이 증가할수록 응결시간이 빨라지는 일반적인 경향과 상반되는데, 그 영향은 역시 회수수의 양이 증가하면서 안정화제의 투입량 역시 증가되었기 때문으로 생각된다.

다만, 표준사용량인 50%의 경우는 P에 비해 10% 미만의 증가율로 20분 이하의 변동이므로 큰 영향은 없다고 보아도 무방할 것이다.

Fig. 12는 안정화제 R을 투입한 회수수의 방치시간별 관입저항치의 경시변화를 나타낸 것이고, Fig. 13은 동 회수

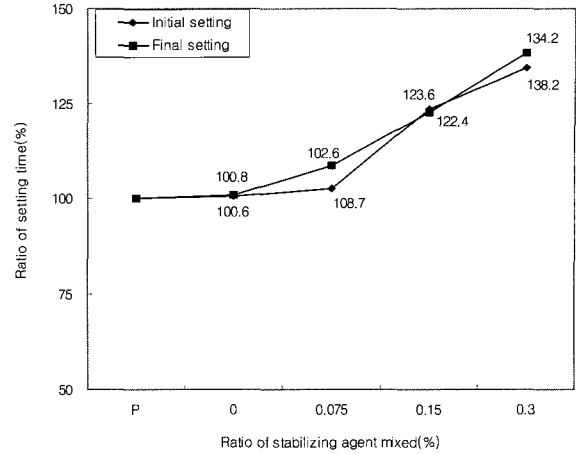


Fig. 8 Ratio of setting time based on P by ratio of stabilizing agent mixed

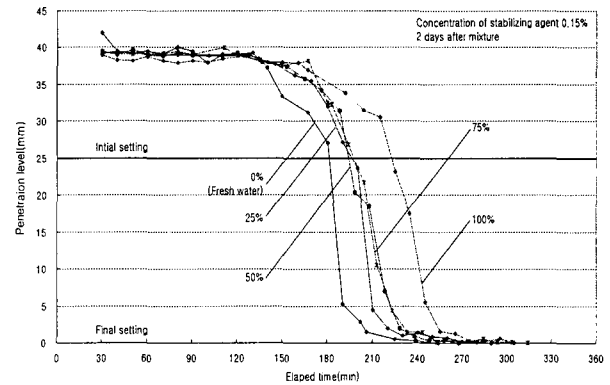


Fig. 9 Penetration resistance by elapsed time by ratio of sludge water mixed

수의 방치시간 변화에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 것이며, Fig. 14는 P를 기준으로 응결시간비를 백분율로 나타낸 것이다. 방치시간 변화에 따른 응결시간은 방치시간이 길수록 초결 및 종결시간이 P의 수준으로 발현되는 것으로 나타났는데, 이는 안정화제를 첨가한 회수수의 방치시간이 길어지면 안정화제 첨가전의 상태로 회복됨에 기인한 것으로 판단된다.

3.2 침강률 특성

회수수 안정화제를 사용하는 경우의 장점은 먼저 회수수(슬러지수) 중 시멘트분의 수화반응을 정지시킴으로서 이를 배합수로 사용하는 콘크리트의 제반 역기능을 해소하고, 잔골재로 대체 사용 즉, 부산물의 사용에 따른 비경제적 요소를 제거함과 동시에 회수수 내에 있는 시멘트분의 잠재 수경성을 이용하여 콘크리트의 품질향상을 기대하는 것이다.

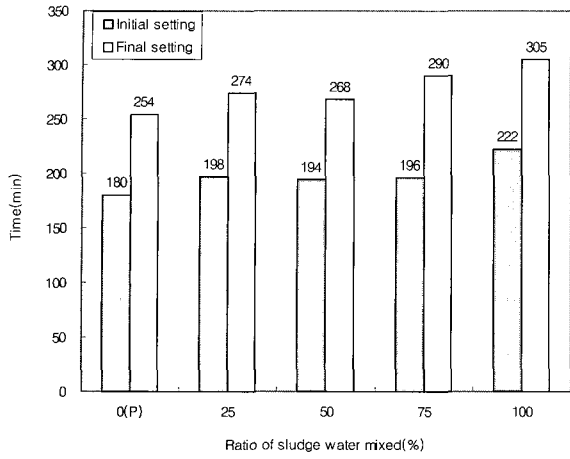


Fig. 10 Initial and final setting time by ratio of sludge water mixed

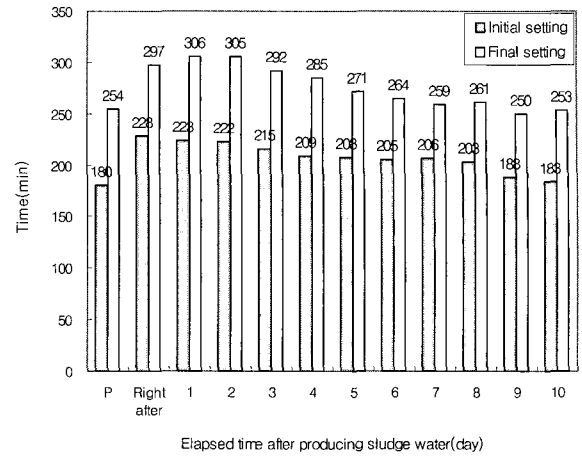


Fig. 13 Initial and final setting time by elapsed time after producing sludge water

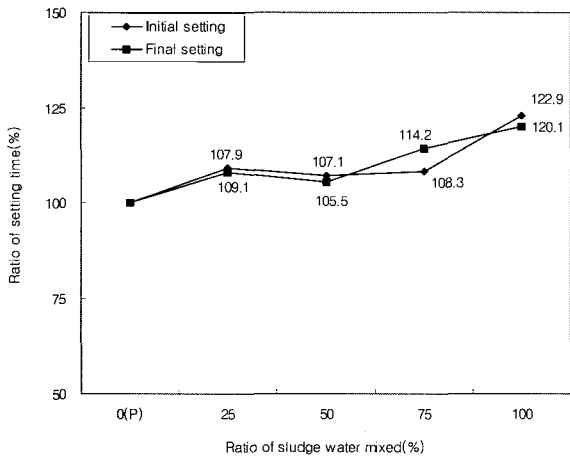


Fig. 11 Ratio of setting time based on P by ratio of sludge water mixed

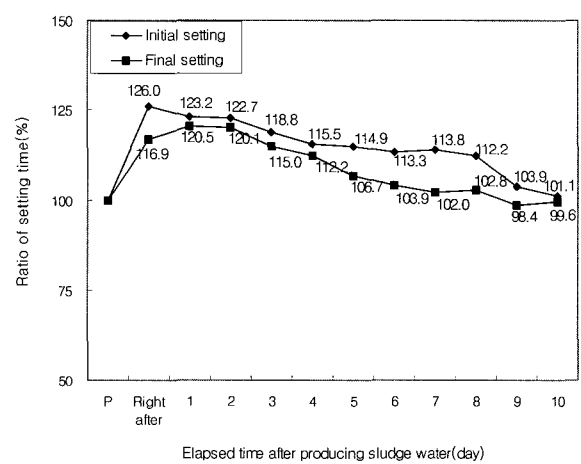


Fig. 14 Ratio of setting time based on P by elapsed time after producing sludge water

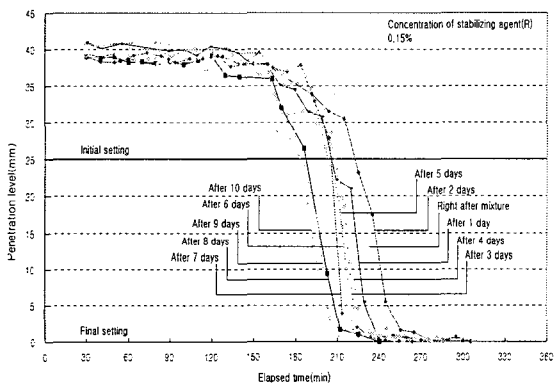


Fig. 12 Penetration resistance by elapsed time after producing sludge water

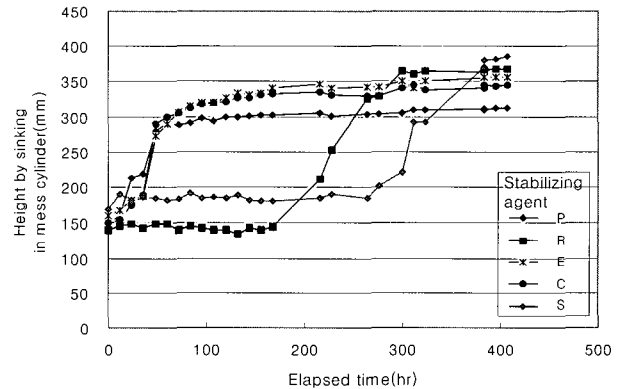


Fig. 15 Sinking rate by elapsed time after producing sludge water

이와 동시에 회수수 안정화제의 사용으로 인해 기대되는 다른 장점은 회수수 수조 내에 보관하는 기간 동안 고형분량을 저하시킬 수 있다는 것인데, 최초로 투입된 시멘트량이 동일하더라도 물분자와 반응함에 따라 고형분량이 증가되는 것이 그 원리이다. 다만, 안정화제를 사용한 경우에도 안정화제의 흡착·침전 등에 의해 안정화제 간의 고형분량의 대소가 결정될 수 있다.

다만, 고형분량은 중량단위로 환산되어 콘크리트에 혼입되기 때문에 중량차이를 실질적으로 조사하여야 하지만, 경시변화에 따른 실험조건의 연속성을 보장하기 위해서 원재료 소모없이 침강률의 차이를 반응부피의 지표로 취급하여 고형분량의 변화에 대해 고찰하였다.

실험결과는 Fig. 15와 같다. 이에 따르면 선행된 응결실험결과와 마찬가지로 안정화제 R과 S의 회수수 고형분 생성량이 다른 안정화제(E, C)에 비해 적음을 알 수 있었다. E와 C를 교반후 방치하였을 때 초기에는 안정화제를 혼입하지 않은 경우에 비해 어느 정도 수화를 억제하여 침강률(팽창부피)이 적어지지만, 3일 정도 이후부터는 오히려 침강정도가 상승되었다.

이는 현재까지 개발된 지연제의 작용원리 대부분이 시멘트 입자에 피막을 형성하거나, 흡착 및 반응하여 결정핵 또는 착염을 형성하므로 필연적으로 체적의 팽창을 일으키는데, 이로 인해 일정기간이 경과되면 시멘트의 수화팽창량을 초과하는 것이 원인으로 사료된다. 다만, 흡착원리에 기반을 둔 지연제 R 및 S의 경우는 체적의 팽창정도가 극히 적으므로, 고형분 생성량을 현저히 저하시키는 것으로 추정할 수 있다.

한편, S의 경우는 투입 직후의 반응량이 어느 정도 크게 나타나는 것이 특징이지만, 수화지연의 효과가 가장 오랜 기간동안 유지되는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 실험은 레미콘 회수수의 안정화제로 개발되어 사용되고 있거나 사용 가능성이 있는 안정화제의 기초적 특성을 고찰하기 위한 것으로, 안정화제의 종류 및 혼입률 변화와 안정화 슬러지수의 혼입률 및 혼입후의 경과시간에 따른 시멘트 페이스트의 응결시간을 상수도를 사용한 플레인(P)과 비교·검토했으며, 안정화제 각각의 고형분 생성정도를 침강률 실험으로 파악하여 그 화학적 성질의 대소를 비교하였다. 상기 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 안정화제 R과 S의 응결시간이 P를 비롯한 E와 C의 특성에 비해 지연되는 것으로 나타났다. 다만, R과 S 역시 실제 레미콘 적용 측면에서 저해가 되는 수준의 응결지연을 보이는 것은 아니었다. 한편, 안정화제를 혼입한 회수수의 혼입률이 증가할수록 안정화제의 잉여 반응량에 의해 응결시간이 지연되는 경향인데, 국내 레

미콘사의 평균적 실용농도인 5%(실험조건에서는 10% 농도의 회수수 대체량 50%)에서 10% 미만의 작은 증가율을 보였다.

- 2) 안정화제를 혼입한 회수수를 방치함에 따라 초기의 응결지연 효과가 7~8일 정도에서 P의 수준으로 회복됨을 알 수 있었으며, 2~3일 정도에 안정화 회수수를 사용하는 것이 효과적임을 확인할 수 있었다.
- 3) 안정화제 R과 S의 고형분 생성량이 다른 안정화제(E, C)에 비해 적어지는 것으로 나타났다. 실험과정에서 관찰할 수 있었던 현상과 문헌고찰을 종합하면, 양자의 시멘트 수화 지연원리는 다르지만, 동일량을 사용할 경우 그 화학적 성질이 유사한 것으로 추정할 수 있다.
- 4) 종합적으로 실험대상 안정화제 중 R과 S의 수화지연 및 고형분량 감소 능력이 가장 효과적인 것으로 나타나, 회수수 안정화제로 시판되는 혼화제 R 이외에 국내산 S의 활용 가능성도 높은 것으로 나타났다. 다만, S의 장기특성은 타 안정화제에 비해 우수하나, 초기의 고형분 생성량이 R에 비해 많고 회수수가 대체로 2~3일 내에 사용되고 있는 실정을 감안한다면, 실험 대상이 되었던 안정화제 중에는 R의 안정화 특성이 가장 우수하며, 활용성 측면에서 유리하다고 판단된다.

참고문헌

1. 한국과학재단, “산업폐기물 레미콘 회수수의 활용방안에 관한 연구(협력연구과제 제2차 중간보고서)”, 한국과학재단, 1993. 7, pp.82~117
2. 한천규, “회수수가 경화 콘크리트의 품질에 미치는 영향 및 사용기준”, 제61회 기술강좌, 레미콘·아스콘·골재, 2002. 8, pp.48~49
3. 關口賢二, “高崎博, 回收水の再利用技術における濃度測定に関する研究報告の概要”, 月刊生コンクリート, 1982. 8, pp.23~32
4. セメント協會コンクリート専門委員會報告 F-25, “レデーイクストコンクリート工場の回收水を用いたコンクリートに関する共同試験報告”, セメント協會コンクリート専門委員會, 1973. 10, pp.28~85
5. 全國生コンクリート工業組合聯合回收水利用手引作成委員會, “回收水利用の手引”, 1979. 12
6. Grace Chemical, “スラツジ水の沈降率と強熱減量の關係”, 2003
7. Florida Department of Transportation, “Recycling Process Water In Ready-mixed Concrete Operations”, 1999
8. Kasai, Y., “Recycling Wastewater and Cement Slurry Disposal at Ready Mixed Concrete Plants”, Japan-US. Science Seminar, San Francisco, CA, 1979. 10, pp.101~110

요 약

트럭믹서 및 배치 플랜트 세척으로 발생하는 회수수를 안정화시켜 재이용하는 것은 콘크리트의 품질 불안정을 해소하고 강도 향상의 효과를 기대할 수 있기 때문에 이의 활용방안에 대한 적극적인 검토가 요구된다.

본 연구에서는 우리나라의 레미콘 생산 조건에서 사용 가능한 안정화제의 종류를 도출하고자 이를 사용한 회수수 중의 고형분 성상에 대하여 실험·고찰하였다.

실험결과, 회수수 전용 안정화제인 옥시칼본산계 지연제의 고형분량 감소가 상대적으로 우세하였다. 다만, 잉여 반응량에 의해 시멘트 페이스트의 응결지연이 관찰되었으나 레미콘 적용상 저해되는 수준은 아니었다. 안정화제를 혼입한 회수수를 방치함에 따른 영향에서는 초기의 응결지연 효과가 7~8일 정도에서 상수도수만을 사용한 수준으로 회복됨을 알 수 있었으며, 2~3일 정도에 안정화 회수수를 사용하는 것이 효과적임을 확인할 수 있었다.

한편, 국내산 당류계 초지연제 역시 유사한 효과를 보여 적용성이 높은 것으로 파악되었다. 시판되는 회수수 안정화제는 수입에 의존하고 있으므로 사회비용의 절감을 위해 안정화제의 국산화가 시급하며 가능한 안정화제의 다각적인 사용성 검토가 필요하다 할 것이다.

핵심용어 : 레미콘, 회수수, 재활용수, 안정화제, 부산물
