

급결제를 혼합한 시멘트페이스트의 응결시간에 관한 실험적 연구

허 권¹⁾·최홍식²⁾·이성태^{2)*}

¹⁾충청대학 실용소재과 ²⁾충청대학 토목공학과

(2004년 10월 20일 원고접수, 2005년 5월 31일 심사완료)

Experimental Study on Setting Time of Cement Paste Mixed Accelerating Admixtures

Gweon Heo¹⁾, Hong-Shik Choi²⁾, and Seong-Tae Yi^{2)*}

¹⁾Dept. of Applied Materials, Chung Cheong University, Cheongwon, 363-792 Korea

²⁾Dept. of Civil Engineering, Chung Cheong University, Cheongwon, 363-792 Korea

(Received October 20, 2004, Accepted May 31, 2005)

ABSTRACT

The setting time is a very important factor affecting the quality of tunnel lining and reinforcement of inclined slope etc. Currently, however, the quality criteria of accelerating admixture to improve it is not established well. In this study, evaluation on setting time measuring methods of cement mixed a accelerating admixture (AA) was performed using Gillmore and Vicat needle test methods. For both test methods, the setting time for addition at a time was better than post addition regardless of initial setting and final setting. For Gillmore needle test method, two types of measuring methods were selected and it is noted that setting time with cement type under the same accelerating admixture can be different. Accordingly, manufacturing company shall develop a less sensitive accelerating admixture to cement type. For Vicat needle test method, six types of measuring methods were used and a proper measuring method of the admixture were proposed as follows: (1) the temperature of materials used shall be controlled exactly and (2) to evaluate its properties, an admixture usage of 5% (ratio of cement weight) is recommended.

Keywords : setting time, accelerating admixture, cement paste

1. 서 론

터널의 시공과 경사면의 보강 등에 널리 사용되는 슛크리트는 낙반 방지, 암반의 변형 및 이완의 조기 억제와 지보력을 제공하는 등 순간적인 응결과 경화가 요구되는 곳에 안전성의 확보수단으로 널리 사용되는 재료이다. 이 경우, 많이 사용되는 급결제의 주요 목적은 응결까지의 시간을 단축시켜 조기강도를 증진시키는 것이다. 그러나 이 급결제의 품질기준과 분말 및 액상으로 제공되는 급결제의 응결속도 등에 대한 관리 기준과 실험 방법에 대한 표준화는 현재까지도 매우 열악한 상태¹⁻³⁾이므로 본 연구에서 얻은 결과뿐만 아니라 다른 기관에서도 이 분야에 대한 연구가 많이 수행되어 자료를 축적함으로써, 현장 실무자들에게 도움이 되는, 명확히 정립된 기준이 제시되었으면 한다.

ASTM에서는 실용성의 이유로 급결제를 혼합한 시멘트

페이스트에 대한 Gillmore needle 시험법⁴⁾이 폐기되었으며 성능평가를 모르타르에 대한 실험으로 대체한 바 있는데 이는 시멘트페이스트에 대한 응결시간 측정 결과가 실용적으로 의미가 적기 때문으로 판단된다. 한편 국내에서는 아직도 Gillmore needle 시험법이 많이 사용되고 있으나 국내의 표준시방서에는 이에 대한 정확한 시험 방법이 제시되어 있지 않다. 또한, 실험 시 유용하게 사용될 참고자료(예, 실험 조건, 사용 재료의 양과 온도, 초결과 종결시간에 대한 판단 기준의 정립 등)가 부족하여 급결제 제조사에서는 다양한 어려움에 접하는 경우가 많다.

따라서 본 논문에서는 Gillmore needle 시험법으로 실험 시 배합 조건에 따른 시험 결과의 변화를 검토하였다. 또한, Gillmore needle 시험법의 단점을 보완하기 위하여 Vicat needle 시험장치(KS L 5108)⁵⁾를 이용하는 실험을 수행하여 현장에서 급결제의 특성을 평가하는 방법을 모색하였다. 즉, 일반적으로 사용되는 건식과 습식용 액상급결제에 대한 배합 및 시공조건을 변화시켜 가며 응결시간의 변화를 측정하여 현장에서 적용할 수 있는 표준시험방

* Corresponding author

E-mail : yist@ok.ac.kr

©2005 by Korea Concrete Institute

법을 제시하고자 하였다.

실험 대상으로는 요즘 널리 사용되는 액상급결제뿐만 아니라, 소규모의 현장에서 장비규모 등의 제한사항 때문에 아직 그 사용량이 유지되고 있는 분말급결제에 대해서도 비교 실험을 수행하였다.

이 논문에서 사용된 급결제는 분말급결제나 액상급결제 모두 Sodium Aluminate 계통이며, 액상의 경우는 Na^+ 이온과 AlO_2^- 이온의 형태로 구성되어 있으므로 수화되는 상태에 있는 시멘트의 AlO_2^- 이온 함유량을 증가시킴으로써 급결력을 강화시키는 것이다. 이때 AlO_2^- 이온의 존재 형태는 dimer 또는 trimer 등의 여러 가지 형태를 유지할 수 있다. 물질명은 알루미늄산염나트륨(Sodium aluminate)이며 액상 급결제의 성상 혹은 기타 성질은 다음과 같다. 즉, (1) 색상 : 연한 갈색, (2) 물리적 상태 : 액상, (3) 분자식 : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}$, (4) 용융점 : $3,002 \sim 3,362 \text{ F}(1,650 \sim 1,850 \text{ }^\circ\text{C})$, (5) 비중(물=1) : $1.45 \pm 0.1 @ 20 \text{ }^\circ\text{C}$, (6) 물 용해도 : 가용성, 및 (7) 수소이온지수(pH) : $12.0 \pm 1.0 @ 20 \text{ }^\circ\text{C}$ 이다. 한편 분말 급결제는 액상 급결제를 농축하여 분말화하였으며 여기에 급결성을 높이기 위하여 약간의 첨가제를 사용한 것으로 급결 메커니즘은 액상 급결제와 같다.

2. 실험 및 결과의 분석

2.1 Gillmore needle 시험법

2.1.1 실험 조건

이 장에서는 아래에 나타낸 바와 같이 급결제 첨가방법과 사용 시멘트를 주요 실험 조건으로 선정하여 ASTM C 1102^{A)}에 따른 실험을 실시하였다.

1) 실험 No.1-1

액상급결제를 동시첨가법(급결제를 물에 희석하여 시멘트에 사용)과 후첨가법(시멘트페이스트를 제조한 후, 급결제를 첨가)으로 혼합하여 실험(A사 1종)

2) 실험 No.1-2

액상급결제를 후첨가법으로 혼합하여 실험하되 사용시멘트를 변화시켜 가며 수행(A사 1종, B사 1종, 및 C사 1종)

2.1.2 실험 재료

본 절에서 사용한 시멘트의 양은 150g이며 물/시멘트 비(w/c)는 실험 No.1-1에서 31, 33, 35, 및 37%로 하였고 실험 No.1-2에서 37%로 하였으며 급결제의 양은 7.5g(c×5%)으로 하였고 비빔시간은 15초로 했다. 한편 ASTM C 1102^{A)}에는 이 비가 24~30%로 되어 있으나 현재 국내 대부분의 공장에서 품질관리를 할 때에는 주로 35%의 물/시멘트 비를 쓰고 있으므로 이 연구에서 선택한 물/시멘트 비의 범위는 31~37%로 하였다. 본 연구에서 사용된 실험 재료는 Table 1과 같다.

Table 1 Test materials

	Name of products	Manufacturing Co.
Cement	Type 1 Portland cement	A, B, and C Co.
Liquid AA	ATEX-QL(A)	ATEX Co.

2.1.3 실험 결과의 분석

1) 실험 No.1-1의 결과 및 분석

Gillmore needle 법을 이용하여 급결제를 혼합한 시멘트 페이스트의 응결시간을 측정할 때 급결제의 투입 방법이 시험 결과에 미치는 영향은 아래에 나타낸 Figs. 1 및 2와 같다. 초결과 종결 모두, 모든 물/시멘트 비 조건에서 동시첨가법이 후첨가법보다 조기에 응결이 발생하는 것으로 나타났다. Figs. 1과 2로부터 물/시멘트 비에 따른 응결시간의 특성을 살펴보면 첨가 방법에 관계없이 물/시멘트 비가 증가할수록 응결시간이 증가하며 초결값과 종결값 간의 차이도 증가함을 알 수 있다. 따라서, 같은 급결제를 A와 B라는 시험소에 의뢰했을 때, A시험소는 31%의 물/시멘트 비를 그리고 B라는 시험소는 37%의 물/시멘트 비를 사용한다면 A시험소에서는 합격이 그리고 B시험소에서는 불합격의 판정이 나올 가능성이 높다.

이와 같은 현상은 현장이나 연구소 실무자들에게 큰 혼란을 주고 있는 실정이다. 이에 급결제 제조사, 시공사, 및 시험소 등의 협의에 의하여 현실적인 시험 방법이 포함된 기준을 제시하는 것이 바람직하다고 판단한다.

2) 시멘트의 제조사에 따른 특성

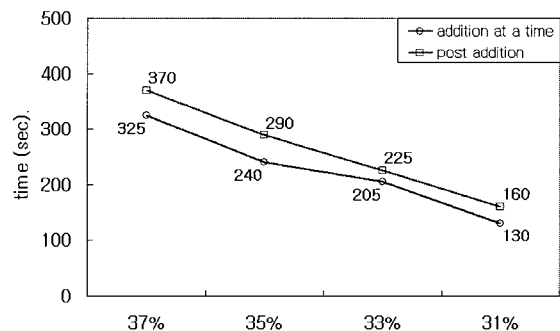


Fig. 1 Setting time with addition method(initial setting)

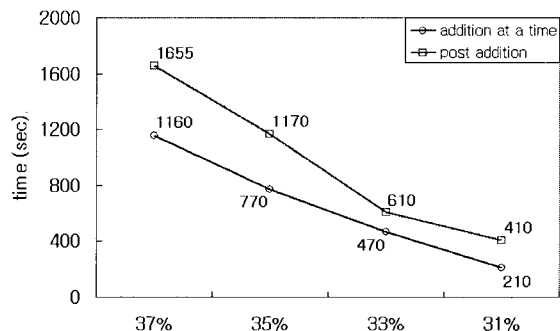


Fig. 2 Setting time with addition method(final setting)

Table 2 Test methods

Dry-mix	Type-1	Cement powder AA	Sufficient mixing	Water	30 sec High-velocity mixer	Specimen
	Type-2	Cement water	20 sec	Powder AA	30 sec High-velocity mixer	Specimen
Wet-mix	Type-3	Cement water	20 sec	Liquid AA	30 sec High-velocity mixer	Specimen
	Type-4	Water liquid AA	Sufficient mixing	Cement	30 sec High-velocity mixer	Specimen

시멘트 제조 시 석고가 첨가되지 않는다면 C₃A의 활발한 수화에 의해 C₃AH₆가 급속히 생성되어 수분 이내에 응결이 진행된다. 따라서 시멘트 제조 시 석고를 적당량 투입하여 응결속도를 조절한다. 급결제를 사용하면 시멘트의 수화시, C₃A의 발생이 강제적으로 증가되는 부가적인 반응으로 인해 응결속도가 더 빠르게 된다. 일반적으로 시멘트 제조사에서는 여름철에 초기수화반응 시 응결속도와 밀접한 관련이 있는 C₃A의 양을 조절하기 위해 석고량을 바꾼다. 즉, 제조사마다 석고량의 조절범위가 달라 응결시간에 미치는 영향을 파악하는 것이 어려운 것으로 알려져 있다. 이와 같은 사실은 현장에서 시멘트를 사용하는 기술자들이 일관된 기술을 적용하기 어렵게 할 가능성이 있다. 3개 제조사의 시멘트에 대한 응결 특성은 Fig. 3에 나타나 있다.

Fig. 3에서 나타난 바와 같이 동일한 급결제를 사용하더라도 시멘트의 종류에 따라 응결에 소요되는 시간이 다르게 나타나므로 급결제 제조사는 이와 같은 내용을 충분히 인식하고 대처를 해야 할 것이다. 즉, 급결제 제조사는 온도나 시멘트 종류에 대한 민감성이 덜한 급결제의 개발에 관심을 우선적으로 두어야 함을 의미한다.

2.2 Vicat needle 시험법

2.2.1 실험 조건

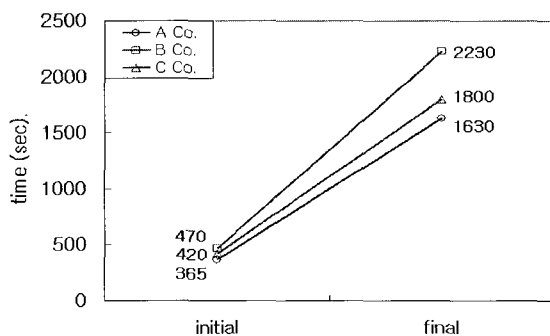


Fig. 3 Setting time with cement manufacturing company

Table 3 Test materials

	Name of products	Manufacturing Co.
Cement	Type 1 Portland cement	A Co.
Powder AA	ATEX-QP	ATEX Co.
Liquid AA	ATEX-QL(A)	ATEX Co.

Table 4 Test criteria

	Needle penetration depth
Initial setting time	Less than 40 mm
Final setting time	Less than 4 mm

Table 5 Test details

Test No.	AA type	Test method	Variable
2-1	powder	Type-1	Setting time with addition method of AA
2-2	powder	Type-2	
2-3	liquid	Type-3	Setting time with addition method of AA
2-4	liquid	Type-4	
2-5	liquid	Type-4	Setting time with water and cement temperature
2-6	liquid	Type-4	Setting time with addition content of AA

Vicat needle 시험에 사용한 혼합법은 Table 2와 같이 건식혼합과 습식혼합에 대하여 각각 2가지 Type의 혼합법을 사용하였다.

2.2.2 실험 재료 및 실험 기준

본 연구에서 사용된 실험재료 및 실험 기준은 Table 3 및 4(대만 중흥대학 부설시험연구원 기준)와 같다.

2.2.3 실험 목적 및 방법

여기서 수행할 연구의 실험상세는 Table 5와 같다.

(1) 실험 No.2-1

실제 현장에서 사용하는 건식 방법으로, 아래의 실험들과 비교하기 위해 실시하였다. 배합에는 시멘트(500g), 물(150g), 그리고 분말급결제(25g)를 사용했다. 그리고 재료의 투입 시, 시멘트와 분말급결제를 충분히 혼합한 후, 물을 투입하여 고속믹서기로 30초 동안 비볐다.

2) 실험 No.2-2

습식 숏크리트 방법과 유사하게 시멘트페이스트를 먼저 제조한 다음 분말급결제를 투입하여 응결실험을 실시했다. 즉, 시멘트의 초기수화반응 시 감소되는 C₃A가 응결력에 미치는 영향을 확인하기 위해 실시하였다. 배합에는 시멘트(500g), 물(150g), 그리고 분말급결제(25g)를 사용했다. 재료의 투입 시, 시멘트와 물을 미리 혼합(20초)하여 시멘트페이스트를 제조한 다음, 분말급결제를 투입하여 고속믹서기로 30초 동안 비볐다.

3) 실험 No.2-3

습식 숏크리트에 실제 현장에서 사용되는 액상급결제의 응결시험방법에 따라 응결실험을 실시하였다. 배합에는 시멘트(500g), 물(150g), 그리고 분말급결제(25g)를 사용했다. 재료의 투입 시, 시멘트와 물을 혼합(20초)하여 시멘트 페이스트를 먼저 제조 후, 액상급결제를 투입하고 고속믹서기로 30초 동안 비볐다.

4) 실험 No.2-4

시멘트의 초기수화 시 시멘트 내에 C₃A를 확보하기 위하여 물에 액상급결제를 용해한 후 시멘트에 투입하였다. 또한 C₃A의 확보여부를 확인하기 위해 실험 No.2-3과 비교하였다. 배합에는 시멘트(500g), 물(150g), 그리고 분말급결제(25g)를 사용했다. 재료의 투입 시, 물과 액상급결제를 먼저 혼합한 후 시멘트에 붓고 고속믹서기로 30초 동안 비볐다.

5) 실험 No.2-5

실험 No.2-4와 동일한 실험방법으로 진행하였으며 시멘트 및 물의 온도에 따라 응결시간에 차이가 있는지를 알아보기 위한 실험이다. 먼저 물의 온도를 일정하게 한 후 시멘트의 온도를 22℃와 28℃로 하였고 다음에는 시멘트의 온도를 일정하게 한 후 물의 온도를 21℃와 27℃로 하여 실험한 후 결과들을 비교하였다. 배합에는 시멘트(500g), 물(150g), 그리고 분말급결제(25g)를 사용했다. 이 방법에서 사용한 투입 순서는 실험 No.2-4와 같다.

6) 실험 No.2-6

실험 No.2-4와 동일한 실험방법으로 급결제량을 시멘트 량(c)의 5%, 4.5%, 및 4%로 변화시켜가며 응결시간을 측정하였다. 배합비는 아래의 Table 6과 같다.

2.2.4 실험 결과의 분석

이 연구의 실험 방법에 따른, 실험 결과와 분석은 아래

Table 6 Mixture proportions for test No.2-6

	Cement(g)	Water(g)	Accelerating admixture(g)
1(c×5%)	500	150	25
2(c×4.5%)	500	152.5	22.5
3(c×4%)	500	155	20

c : cement content

에 나타나 있다.

Fig. 4에는 분말급결제에 대한 실험 No.2-1과 실험 No.2-2의 비교가 설명되어 있다. 여기서는 급결제의 사용량이 동일하더라도 실험 방법에 따라 현저한 응결시간의 차이를 보임을 알 수 있다. 즉, 후첨가법의 경우는 시멘트의 초기수화반응으로 C₃A가 감소된 상태로써 감소되지 않은 동시첨가법 보다는 현저하게 늦게 응결이 발생하는 결과를 보이고 있다. 따라서, 분말급결제의 응결측정은 현장에서의 배합과 유사한 동시첨가법이 합리적인 것으로 판단된다.

Fig. 5에는 액상급결제에 대한 실험 No.2-3과 실험 No.2-4의 비교가 설명되어 있다. 실험 No.2-3의 경우, 시멘트 내의 C₃A가 감소된 상태이며 실험 No.2-4의 경우, C₃A가 유지된 상태로 급결제와 반응시킨 상태이다. 이 그림으로부터 분말급결제의 경우와 같이 C₃A의 영향이 크음을 알 수 있다. 또한 Gillmore needle 시험법과 유사하게 초결과 종결에 관계없이 동시첨가법이 후첨가법보다 빠르게 나타났다. 하지만, 현장조건과 달리 동시첨가법에 의해 평가하는 것은 나중에 현장에서의 배합시 만족하지 못한 결과를 가져올 수 있으므로 액상급결제의 응결측정은 후첨가법으로 시험하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

Figs. 6과 7에는 액상급결제의 온도변화에 따른 실험 No.2-5의 비교가 설명되어 있다. 이로부터 재료의 온도 차이에 대한 응결시간의 차이가 뚜렷함을 알 수 있다.

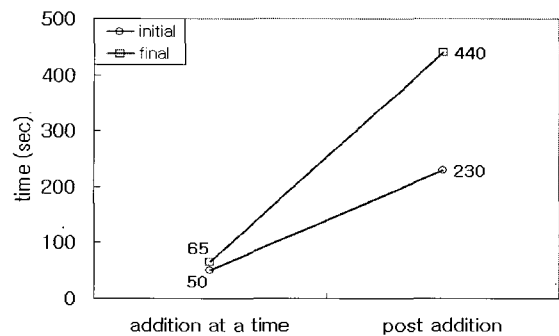


Fig. 4 Setting time with addition method of powder type accelerating admixture

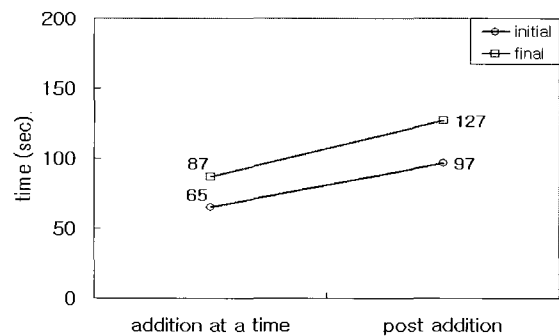


Fig. 5 Setting time with addition method of liquid type accelerating admixture

Vicat needle 시험법에서 재료의 낮은 온도에서와 높은 온도에서 응결시간은 약 30초 정도 차이가 나는 것을 알 수 있다. Vicat needle 시험법의 응결시간 추세를 감안한다면 30초는 상당히 큰 값에 해당한다. 따라서 항온상태에서 재료를 1일 이상 보관한 후 실험하는 것이 필요하다고 판단된다. 즉, 실험을 수행할 때는 재료의 온도를 꼭 기록하고 추후 같은 재료로 실험을 할 때는 온도 관리를 철저히 해야 한다. 급결제 실험 시 온도에 대한 민감성은 Vicat needle 뿐만 아니라 Gillmore needle 시험에서도 나타나며, 같은 급결제를 사용해도 현장 시공 시 슛크리트의 작업조건이나 보관상태에 따른 시멘트 및 물의 온도에 따라 응결특성이 급격히 변화하므로 앞으로 이 분야에 대한 보다 상세한 연구가 필요하다고 판단된다.

Fig. 8에는 실험 No.2-6에 대한 결과가 비교되어 있다. 급결제의 투입량에 따른 응결시간의 변화에서는 급결제의

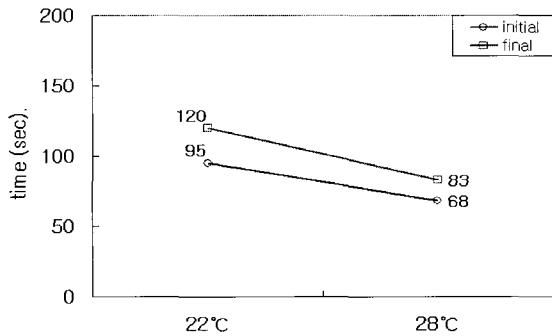


Fig. 6 Setting time with temperature of cement

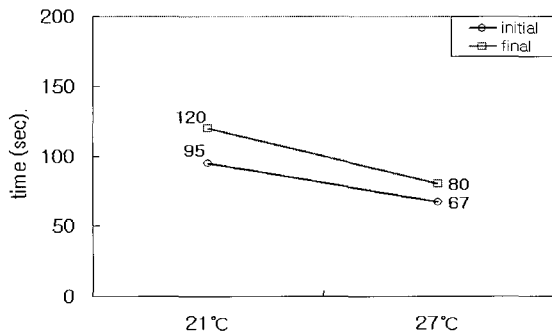


Fig. 7 Setting time with temperature of water

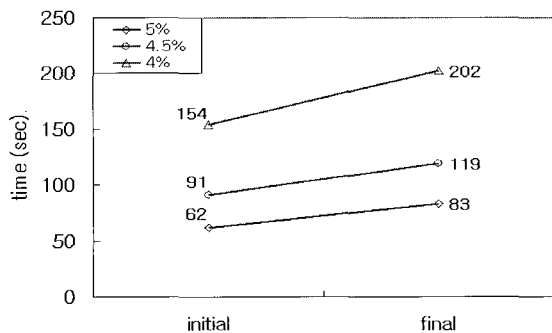


Fig. 8 Setting time with addition content of accelerating admixture

투입량이 0.5%정도 만 줄어들어도 상당한 차이를 보이고 있다. 이는 위의 Table 6에서 알 수 있는 바와 같이 급결제량이 줄어들수록 그만큼 물의 양이 늘어난 것에도 영향이 있지만 Vicat needle 시험 시 급결제 투입량의 결정이 큰 비중을 차지함을 알 수 있다.

따라서 급결제를 사용한 응결시험 및 응결력 시험 시, 급결제의 사용범위를 최대한 늘려서 실험하는 것이 급결제의 성능과약에 도움이 될 것이다. 국내의 현장에서는 5~10%정도의 급결제를 사용하고 있고 본 논문의 목적 중 하나가 급결제의 성능을 파악하기 위한 것인 만큼, 4.0%보다는 5.0%의 급결제를 사용하여 그 성능을 파악하는 것이 타당하고 사료된다.

2.3 시험 방법에 대한 비교

본 절에서는 시험 방법에 따른 응결시간의 특성을 살펴 보고자 한다. 시험의 성격상 두 경우 즉, Gillmore needle 시험법(Fig. 1과 2)과 Vicat needle 시험법(실험 No.2-3과 실험 No.2-4, Fig. 5)의 경우를 직접 비교하기는 어렵(비밀시간은 각각 15초와 30초이며 물/시멘트 비도 각각 30%와 31%로 정확하게 같지 않음)지만 응결시간에 대한 특성은 대체적으로 같은 경향을 보이며 Gillmore needle 시험법의 경우가 응결시간이 더 길어짐¹⁾을 알 수 있다. 이는 Vicat needle 시험법보다 Gillmore needle 시험법의 경우가 침이 더 가늘고 무거워서 시멘트페이스트에 걸리는 압력이 더 크며 이로 인해 응결까지의 시간이 상대적으로 더 걸리기 때문으로 사료된다.

2.4 이 분야 관계자에 대한 제안 사항

Gillmore needle 시험법이나 Vicat needle 시험법에 의해 매우 훌륭한 실험 결과를 얻었다 하여도 이를 현장에 적용해 보면 상당히 나쁜 성능을 나타내는 경우가 있다. 예로 TEA(Triethanol amine)를 사용하여 Gillmore needle 혹은 Vicat needle 시험을 했을 때 초결이나 종결시간은 우수하지만 압축강도가 나쁘게 나올 수 있다. 여기서, Vicat needle 시험법은 시멘트페이스트 내에 침이 어느 정도(40mm 혹은 4mm) 침투되는 경우에 대해 실험을 하므로 초기강도에 대해서도 고려하지만 Gillmore needle 시험법에서는 흔적을 관찰하므로 pseudo setting에 대해서도 응결이 완전히 일어난 것으로 판단하는 경우가 많다. 본 논문의 저자들은 실험실에서 얻은 실험 결과와 현장에서의 성능이 일치하려면 Gillmore needle 시험법과 Vicat needle 시험법이 결합된 형태인 판입저항시험을 수행하는 것이 타당하다고 판단한다.

한편, 실내실험 시 믹서드립을 사용하거나 손비빔을 할 때, 급결제가 투입되고 시멘트페이스트와 만나는 동시에부터

응결력이 발휘되어 굳어가기 시작한다. 이때 비빔시간이 길어지면 굳어가는 시멘트페이스트를 강제로 파괴해 버리게 된다. 따라서 응결시간은 슛크리트를 타설할 때와 같이 급결제와 페이스트가 동시에 투입되고 이후에 아무런 충격을 가하지 않는 상태에서 측정해야 한다. 급결제 제조사 및 시험소에서는 이와 같은 사항을 인식해야 할 것으로 판단한다.

3. 결 론

급결제를 혼합한 시멘트페이스트의 응결시간 측정은 급결제의 사용량에 큰 영향을 주는 매우 중요한 변수이다. 따라서, 이 논문에서는 현장에서 적용 가능한 시험법의 제안을 위해 이 분야에 대한 실험을 실시했으며, 그 결과 얻은 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) Gillmore needle 시험법과 Vicat needle 시험법의 양 경우에 동시첨가법이 후첨가법보다 응결력이 우수하게 나타났다. 현장조건을 고려한다면, 액상급결제의 경우는 후첨가법으로 그리고 분말급결제의 경우는 동시첨가법으로 측정을 해야 현장에서의 타설조건과 가까운 품질관리가 이루어지며 더 합리적인 평가가 수행될 것으로 판단된다.
- 2) 같은 급결제를 사용하더라도 시멘트의 종류에 따라 응결시간이 다르게 나타나므로 급결제 제조사는 이와 같은 내용을 충분히 인식하고 대처해야 할 것이다.
- 3) 급결제의 투입량에 따른 응결시간의 변화에서는 급결제의 투입량이 0.5%정도 만 줄어들어도 상당한 차이가 있음을 알 수 있으며 현장에서 사용되고 있는 급결제의 양을 고려할 때, 투입량은 5.0%가 적당하다고 판단된다.

추가 연구과제

본 연구에서는 ASTM C 1102⁴⁾에서 제시한 바와 같이 물/시멘트 비가 30% 이하인 경우도 그 특성 파악을 위한 실험이 수행되었다. 이 때 사용한 시멘트는 C사 1종이었으며 시멘트는 급결제를 투입한 후, 20초간 비볐다. 또한 급결제로는 (주)화진정밀화학에서 생산된 알카리프리계(ATEX-AF)를 사용했고 첨가방법으로는 후첨가법을 이용했다. 이 경우에 대해서는 물/시멘트 비가 작아 비비기에 문제가 있었기 때문에 상세연구는 추후과제로 넘기고자 한다.

감사의 글

이 연구는 (주)화진정밀화학(ATEX Co.)의 지원에 의하여 수행되었으며 실험수행과 자료의 정리에 도움을 준 (주)화진정밀화학의 정이석 연구원과 충청대학 국제공인 시험연구원의 곽홍신 연구원에게 깊은 고마움을 전합니다.

참고문헌

1. 김진철, 류중현, 안태송, “스�크리트용 급결제의 품질, 응결 및 경화특성”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, 14권 1호, 2002, pp.323~328.
2. KCI-SC 102, “스�크리트용 급결제 품질규격”, 콘크리트 표준시방서, 한국콘크리트학회, 1999.
3. 현석훈, 한기석, “스�크리트 품질에 미치는 재료 및 시공 조건의 영향”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회논문집, 6권 1호, 1994, pp.227~232.
4. ASTM C 1102-94, *Standard Test Method for Time of Setting of Portland-Cement Pastes Containing Accelerating Admixtures for Shotcrete by the Use of Gillmore Needles*, ASTM, 1994, 2pp.
5. KS L 5108, “비카트 침에 의한 수경성 시멘트의 응결 시간 시험 방법”, 한국표준협회(KSA), 2002, 9pp.

요 약

응결시간은 터널 라이닝과 경사면의 보강 등의 품질에 영향을 미치는 매우 중요한 인자이다. 그러나 현재까지도 이를 개선하는데 이용될 급결제의 품질에 대한 기준은 잘 정립되어 있지 않은 상태이다. 본 연구에서는 급결제를 혼합한 시멘트의 응결시간 측정방법에 대한 평가가 Gillmore 및 Vicat needle 시험법들을 이용하여 수행되었다. 양 시험법에 있어서, 초결과 종결에 관계없이 동시첨가법이 후첨가법보다 우수하게 나타났다. Gillmore needle 시험법에서는 2종류의 측정법이 사용되었으며 동일한 급결제를 사용한 경우에도 시멘트의 종류에 따라 응결시간이 서로 달랐다. 따라서 급결제 제조사에서는 시멘트의 종류에 덜 민감한 급결제의 개발에 관심을 더 두어야 함을 알 수 있다. 한편, Vicat needle 시험법에서는 6종류의 측정법이 사용되었으며 급결제의 측정 방법에 대한 적절한 방법이 다음과 같이 제안되었다. (1) 사용되는 재료의 온도는 적절히 제어되어야 한다. (2) 급결제의 특성을 평가하기 위해서는 시멘트 무게 대비 5%의 급결제를 사용해야 한다.

핵심용어 : 응결시간, 급결제, 시멘트페이스트