

길모어침에 의한 슛크리트용 급결제의 품질시험방법에 대한 고찰

Study on the Testing Method for Setting Time of Set Accelerating Agent Using Shotcrete by Gilmour Needles

김 춘 호^{1)*}

Kim, Chun Ho

Abstract

KS F 2782 (for shotcrete accelerators) standard cross-section of tunnel construction or repair is a reinforcement used in the field of shotcrete accelerators as a criterion in assessing shotcrete performance.

Thus, KS F 2782 by standard accelerator will determine the nature of the product of concrete accelerators that will be used to record variations in the product roles, through determination of the quality of the experimental method to identify only the quality of the many variables that exist. This evaluation standard has so far distinguished accelerator products in indoor experiments that do not meet quality standards but were mostly for an on-site accelerator mixed with the shotcrete after being quite satisfied with the level of quality in a certain number of products. This observation is derived from the results of an indoor experiment considered to verify whether the site is suitable for indoor experiments, and whether its actual location in the city is relevant to the accelerator quality, to find a way to test if it fits.

This study centers on the material conditions of the shotcrete accelerator and a variety of experimental results, and used the Gilmour needle to compare the compressive strength and KS F 2782 specification of the accelerator as a means to ensure product quality conformity analysis and for further research experiments.

In conclusion, a portion of KS F 2782 standard that fixes the problems that can be resolved from the ground up as a whole is not a review for the domestic reality. As an indoor experiment to ensure uniformity in the field when applied in a sufficient correlation, complement must be in place.

Keywords : Shotcrete, Set accelerating agent, Test of set accelerating agent, Gilmour needles

1. 서론

슛크리트는 터널분야의 NATM(New Austrian Tunnelling Method) 공법에 주로 사용되며 분사 콘크리트(sprayed concrete)라고도 불린다. 슛크리트의 개념은 기본적으로 콘크리트를 고압으로 분사하여 타설하는 방법이다. 슛크리트의 방식에는 콘크리트 재료와 분말 급결제를 혼합한 다음 고압으로 분사하며 물을 혼합하는 방식의 건식공법과 콘크리트를 고압으로 분사하면서 액상급결제와 혼합하는 습식공법으로 나눌 수 있다.(최홍식 외 5명 (2004), “시멘트 급결제의 응결시간 측정방법에 대한 연구”)

터널공사에서 초기 지보재 역할을 하고 있는 슛크리트의 중요성이 부각되면서 그에 따른 슛크리트의 재료에 대하여 품질을 규격화하고 이를 통하여 품질관리 및 품질의

지속적인 안정성을 확보하고자 많은 노력을 하고 있다. 하지만 아직까지 국내의 현실은 미국이나 일본의 기준을 토대로 품질기준을 만들고 있는 것이 사실이다. 또한 2003년부터 현재까지 국내의 급결제 시장의 기술력이나 급결제의 품질은 급속한 속도로 변하고 있다.(허권 외 2명 (2005), “급결제를 혼합한 시멘트페이스트의 응결시간에 관한 실험적 연구”)

한편, 국내에서의 슛크리트의 급결제에 관한 적용기준은 KS F 2782으로 제정 후 급결제가 다양하게 개발되어 급결제의 종류가 다양하게 발전된 것을 감안한다면 개정할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

급결제라는 제품은 불과 1~2초 사이에 콘크리트와 골고루 혼합되어 순간적인 응결을 일으키고 그로인해 슛크리트의 품질을 확보하는 재료로서 사용방법 즉 급결제의

1) 정회원, 중부대학교 토목공학과 교수

* Corresponding author : chkim@joongbu.ac.kr 041-750-6679

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2012년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

Table 1 Conditions of test¹

Amount used of set accelerating agent	Temperature of laboratory	Humidity of Laboratory	Temperature of mixing warter	Temperature of Cement	Temperature of set accelerating agent
C×7%	23℃ ± 1	78%	23℃ ± 1	23℃ ± 1	23℃ ± 1

종류, 사용량, 콘크리트의 품질, 타설 조건 등 여러 가지 요인에 따라 많은 변화를 일으키는 재료라 할 수 있다. 급결제라 해서 무조건적으로 콘크리트를 빨리 굳게 하는 것이 유리할 것 같지만 실제 숏크리트는 너무 빨리 굳어 버리면 리바운드가 증가하고 먼지의 비산이 증가하여 오히려 좋지 않은 특성을 가지게 된다. 즉 급결제는 타설 부터 양생까지 적당한 응결력으로 인해 장기 강도에 영향을 적게 미치는 것이 좋다고 생각된다.

그러므로 급결제의 품질성능을 실내시험을 통해 확인하기 위해서는 실내 시험에 의한 결과와 현장적용시의 연관성이 확인 되어야 하고 동일한 급결제에 한하여 일관성 있는 결과를 도출되는 시험이 진행되어야 한다.

하지만 KS F 2782(숏크리트용 급결제) 시험방법으로 급결제의 성능을 평가한 결과가 일관성이 없는 경우에는 생산, 판매자와 사용자간의 혼란이 야기될 수 있으므로 그에 따른 비교적 정확하고 현실성 있는 시험결과가 도출되는지 여부를 확인하기 위하여 다양한 시험을 실시하고자 한다.

2. KS L 5109

(길모어 침에 의한 시멘트의 응결시간 시험방법)

2.1 응결시간 시험

KS F 2782(한국기술 표준원, 2001)에서 응결시간 시험을 확인하는 방법은 KS L 5103(한국기술 표준원, 2001) 길모어 침에 의한 시멘트의 응결시간 시험방법에 명시 되어있다. 여기서 KS L 5103은 시멘트의 응결시간의 근삿값을 확인하기 위한 시험방법으로 분이나 초단위로 정확성을 나타내기에는 어려움이 많다. 또한 불과 15분이라는 짧은 시간에 응결이 되는 경향을 확인하는 시험인데 구체적인 시험방법은 전혀 명시되어 있지 않다. 응결테스트 역시 압축강도와 마찬가지로 급결제의 품질을 확인하기 위해서는 너무 많은 변수가 존재한다. 아무리 동일한 조건이라도 응결시간을 확인하는 방법은 시험자의 관점에 따라 많이 틀려진다는 점이 가장 큰 문제이다. 즉 응결력에 많은 영향을 미치는 급결제 투입방법, 혼합방법, 시멘트의 종류에 대한 변수가 존재하는 상황에서 급결

제의 응결력을 확인한다는 것은 신뢰성에 문제가 있다.

가장 큰 변수는 모든 재료와 환경적 조건이 완벽하게 동일하다고 하더라도 응결측정용 패드를 만들 때 표면에 너무 힘을 주면 혼합수가 올라와 표층을 이루게 되는데 이러면 길모어 침으로 확인된 응결시간이 늦어지게 된다. 표층에 물이 상대적으로 많아져서 표면만 응결이 지연되기 때문이다.

그리고 실제로 공인기관을 통해 동일한 시료로 시험의뢰를 하면 초결이 2분~20분까지 광범위하게 나타나고 있는 것이 현실이다. 그만큼 시험하는 사람들마다 측정되는 결과 값의 편차가 크다면 표준화된 시험결과로 보기는 힘들다고 생각된다.

본격적인 시험에 앞서 시험조건을 Table 1과 같이 하여 동일한 급결제를 알칼리 프리계와 알루미늄이트계를 대표적으로 사용하고 사용 재료의 조건에 조금씩 변동을 주어 시험을 실시하였다.

2.2 시험 결과

급결제의 투입 시기에 따라 응결시간을 비교한 결과 Fig. 1과 같이 급결제 투입시기를 동시에 첨가 및 후첨가 시킨 경우에 따라서도 응결시간에도 많은 차이가 발생됨을 확인할 수 있었다.

그리고 급결제를 혼합시간에 따른 응결시간을 비교한

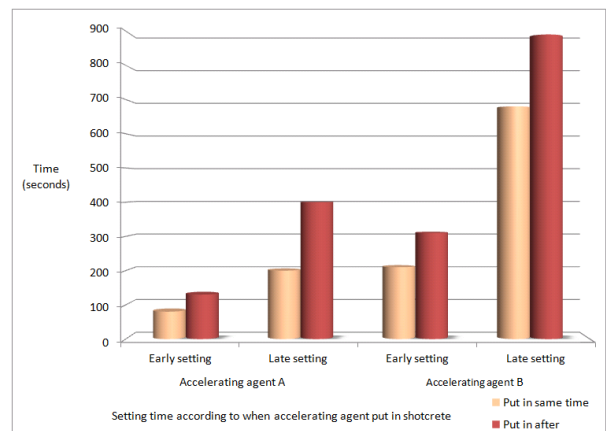


Fig. 1 Setting time according to when accelerating agent put in shotcrete

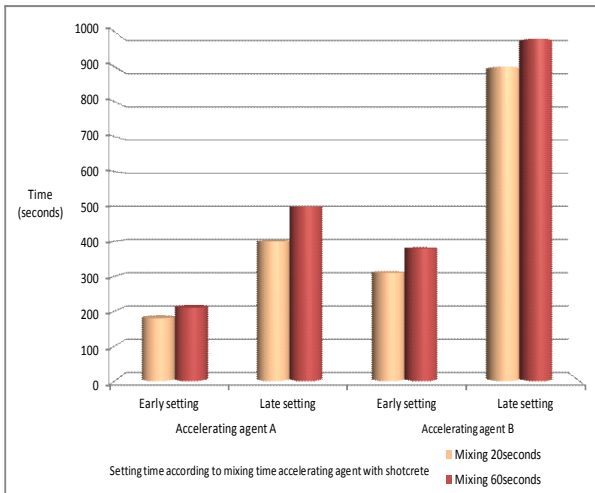


Fig. 2 Setting time according to mixing time of accelerating agent with shotcrete

결과 Fig. 2와 같이 급결제를 투입한 후 혼합시간이 길어질수록 응결력에도 많은 영향을 미치고 있다. 즉 혼합시간이 짧을수록 응결력이 빠르게 나타남을 알 수 있었다.

3. 슛크리트 압축강도시험

3.1 시험방법

급결제의 품질에서 1일강도 기준은 9.0MPa로 규정되어 있다.^{5,6} 슛크리트에 급결제를 사용하여 초기응결을 빠르게 하고 그에 따라 특히 1일 강도를 만족하는 데는 급결제 이외에 다른 재료들의 영향을 많이 미치게 된다.

시멘트, 골재, 물 모두 명시된 기준에 만족하는 재료를 사용하여 시험을 진행 하여도 시멘트와 골재의 경우 그 특성에 따라 초기 강도에 영향을 미칠 수가 있다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같이 골재의 종류, 제조사별 시멘트, 물-시멘트 비 및 다짐방법, 혼합방법, 급결제방법을 달리 하여 압축강도에 미치는 영향을 비교 분석하고자 한다.

3.2 골재

골재의 경우 각기 다른 특성(밀도, 흡수율, 조립률 등)을 가진 2종류의 골재와 표준사를 사용하고 다른 재료들은 동일한 조건에서 비교시험을 진행해 본 결과 Fig. 3과 같이 1일 압축강도가 다르게 나타났다. 물론 골재의 특성이 다를지라도 기준에 만족하는 결과여야 함에도 사용된 모든 재료가 기준에 만족하는 것을 사용하였지만 결과적

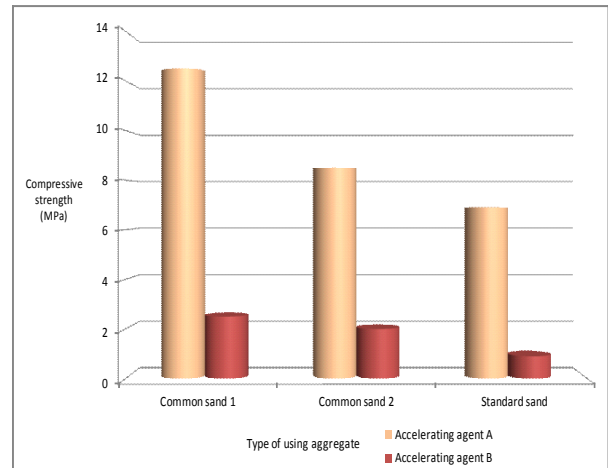


Fig. 3 Compressive strength according to the type of using aggregate

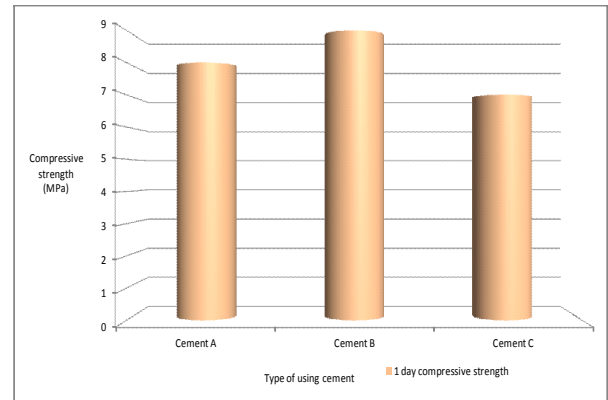


Fig. 4 Compressive strength according to the type of using cement

으로 급결제의 성능 면에서는 동일한 제품인데도 불구하고 품질에 만족하지 못하는 결과가 발생 되었다.

3.3 시멘트

시멘트는 1종 보통 포틀랜드시멘트(OPC)를 사용하여 3개의 제조회사에서 생산된 시멘트를 사용하여 시험편을 제작하여 1일 압축강도를 시험한 결과 Fig. 4와 같이 동일한 기준을 만족하는 시멘트를 사용하였음에도 1일 압축강도는 차이게 크게 발생되었다.

즉 시험결과에 대한 기준이 명확하게 정해져있는 상황에서 시험을 위해 사용되는 다른 재료들의 변수가 존재하는 조건에서 급결제의 성능에 대한 판단을 내린다는 것은 측정한 강도 결과에 대한 신뢰성이 떨어진다고 볼 수 있다.

3.4 모르타르 배합의 물-시멘트 및 다짐방법

급결제를 사용한 숏크리트에서 초기 급결력에 많은 영향을 미치는 것은 물-시멘트, 즉 단위수량이라는 것은 일반적이다.^{3,4} 그러므로 급결제의 성능을 확인하기 위한 시험 진행시의 물-시멘트 비에 의하여 급결제가 시험대상 모르타르의 응결력 및 압축강도에 미치는 영향 또한 상당히 클 것이다. KS F 2782(숏크리트용 급결제)에서 압축강도 시험 시 사용되는 물-시멘트 비는 48.5%이하로 “압축 강도용 공시체를 성형할 수 있는 최소한의 물량으로 결정한다.” 라고 명시되어있다.²

위에서 언급을 했듯이 시험하고자 하는 급결제가 만족해야 하는 기준 값은 9MPa로 정해져 있다. 하지만 비록 물-시멘트 비를 결정하는 방법이 명시가 되어있지만 그 기준역시 시험자의 관점에 따라 얼마든지 변할 수 있다. 즉 공시체가 형성되는데 물-시멘트 비만이 영향을 미치는 것은 아니다. 적은 물-시멘트 비를 적용한다 하더라도 진동다짐을 길게 오래 진행한다면 정상적으로 공시체가 형성될 것이다. 반면에 물-시멘트 비를 많게 한 배합이더라도 다짐을 적게 한다면 오히려 몰드 형성이 제대로 이루어 지지 않을 것이다.

즉 물-시멘트 비가 높던 낮던 공시체 형성은 다짐 시간 및 방법에 따라 달라질 수가 있다. 따라서 적은 다짐을 기준으로 공시체를 제작할 수 있는 물-시멘트 비를 찾아 실시한 시험결과와 물-시멘트 비는 낮지만 다짐을 많이 하여 공시체를 제작하여 시험한 결과는 서로 다르게 나타날 수밖에 없다.

Fig. 5에서는 정상적인 공시체 형성이 되는 범위의 다짐을 실시하고 물-시멘트 비를 다르게 하였을 때의 1일

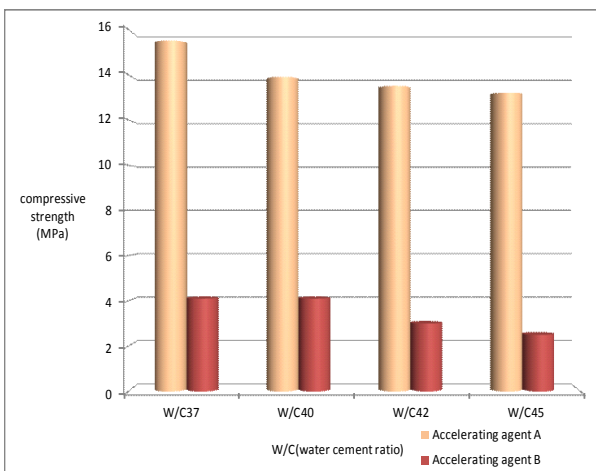


Fig. 5 Compressive strength according to the change of water cement ratio

압축강도의 변화를 측정한 결과 급결제 종류에 따라 물-시멘트 비에 변화를 주었을 경우 차이가 일정하지 않은 것을 알 수 있다.

즉 시험결과에 대한 기준이 명확하게 정해져있는 상황에서 시험을 위해 사용되는 다른 재료들의 변수가 존재하는 조건에서 급결제의 성능에 대한 판단을 내린다는 것은 측정한 강도 결과에 대한 신뢰성이 떨어진다고 볼 수 있다.

3.5 혼합방법 및 급결제 투입방법

시멘트는 물을 부어 비비면 짧은 시간 내에 급속한 반응이 일어난다. 즉 수화물을 생성하게 된다. 이때 4가지 수화 조성물이 생성되는데 이중 물과 접촉 시 급속히 발생하여 사라지는 C₃A가 전체 조성물의 약 9%정도 발생하게 된다. 따라서 시멘트 제조 시 석고를 투입하여 시멘트 급결 반응을 하지 않도록 C₃A의 발생량을 조절하게 되고 C₃A의 반응은 1-2분 내로 종료한다. 이러한 상태에서 부가적으로 급결제를 사용함으로써 급결 속도가 더 빠르게 된다. 급결제는 숏크리트 타설시 콘크리트와 혼합되어 타설 면에 부착되기까지는 불과 1~2초의 짧은 시간에 응결반응을 시작하게 된다.

하지만 급결제가 투입되기 전 시멘트가 물과 만나 시간이 흐르면서 콘크리트의 수화열도 변화가 일어난다. 그것은 그만큼 수화열이 가장 높아진 시점에서 급결제를 투입한다면 콘크리트가 급결하는데 더욱 좋은 효과를 볼 수 있을 것이고 수화열이 가장 낮은 시점에서 투입한다면 그 반대의 효과를 볼 것이다.

다음 Fig. 6, Fig. 7과 같이 동일한 모르타르를 제조 후

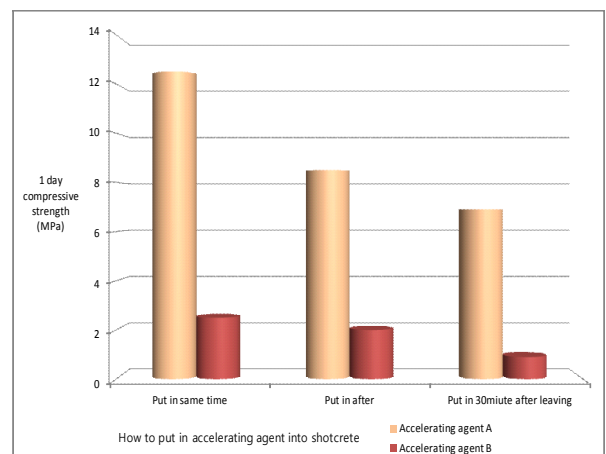


Fig. 6 One day compressive strength according to when accelerating agent put in shotcrete

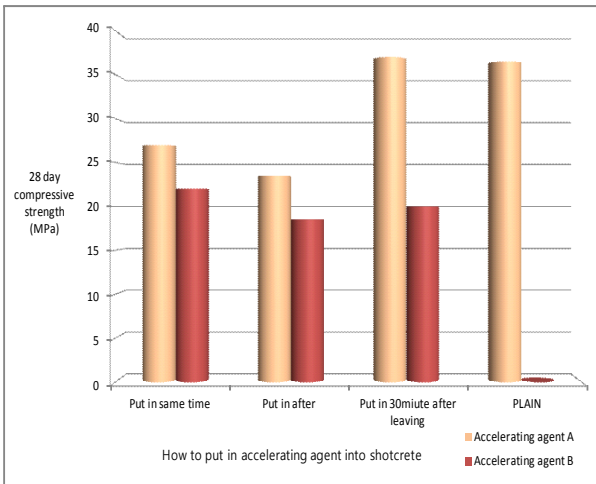


Fig. 7 28 days compressive strength according to when accelerating agent put in shotcrete

급결제의 첨가시기를 각기 다르게 투입한 결과, 투입시기에 따라 1일강도의 차이는 많이 발생하고, 28일 강도에도 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 또한 실제 현장에서 급결제를 이용하여 슷크리트 타설시 급결제와 콘크리트가 혼합되는 시간은 일정하게 불과 몇 초에 불과하다. 즉 현실적으로 실내에서 품질시험을 할 때는 슷크리트 타설과 같이 빠른 시간 내 일정하게 혼합을 한다는 것은 불가능하다.

따라서 강제적으로 긴 시간에 걸쳐 혼합을 하게 되는데 이러한 경우에도 급결제가 콘크리트를 급결시키는데 많은 영향을 미치게 되며, 압축강도에도 많은 영향을 미치게 된다.

4. 결 과

슷크리트의 품질관리 및 품질의 지속적인 안정성을 확보하기 위한 많은 노력을 하고 있으나 국내의 현실은 미국이나 일본의 기준을 토대로 품질관리 기준을 만들고 있는 현실이다. 따라서 슷크리트용 급결제의 품질시험방법을 고찰하기 위해 길모어 침에 의한 응결시간 시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 급결제를 동시 및 후 첨가로 투입시기를 달리하여 응결시간을 측정된 결과 급결제 투입시기에 따라 응결 시간에 미치는 영향이 크게 나타났으며, 시멘트 제조 회사에 따라 급결제를 첨가하였을 때의 응결시간을 측정된 결과 시멘트 제조 회사와 급결제의 종류에 따라서도 응결시간은 서로 차이가 크게

나타났다.

시간에 따른 급결제 투입시기를 비교한 결과 급결제를 투입 후 혼합시간이 길어질수록 응결력에도 많은 영향을 미치고 있다. 즉 혼합시간이 짧을수록 응결력이 빠르게 나타났다.

- (2) 슷크리트 제작과정에서 다양한 조건의 변화에 따라 압축강도에 영향을 미치는 여부를 파악하기 위해 시험편을 제작하여 압축강도시험을 실시한 결과 동일한 급결제를 사용하고 기준에 맞는 사용재료를 사용해도 사용한 골재의 종류에 따라 슷크리트의 1일 강도인 9MPa를 만족하지 못한 경우가 발생되며 압축강도 편차가 크게 나타났다. 모든 조건을 동일하게 사용하고 시멘트만 3개회사에서 생산된 제품을 다르게 사용하여 1일 압축강도를 측정된 결과는 차이가 크게 나타났다.
- (3) 시험에 사용된 2가지 급결제는 국내 터널현장에서 가장 많이 사용되고 그 품질을 인정받고 있는 제품들이다. 하지만 KS F 2782(슷크리트용 급결제) 품질기준에는 만족하지 못하는 부분이 있다. 이것은 현장에서 슷크리트 타설 시의 급결제의 품질과 실내시험에서의 품질이 서로 연관성이 부족하다는 것을 확인할 수 있다.
- (4) 본 연구를 통해 KS F 2782의 규격은 급결제의 품질을 확인하기 위한 방법으로는 적합하지 않다고 판단된다. 이는 규격의 일부만 수정을 한다고 해서 해결될 수 있는 문제점은 아니며 전반적으로 처음부터 철저히 검토를 하여 국내 현실에 적합하고 실내 시험의 균일성이 보장되면서 현장에 적용 시 충분한 연관성이 있는 보완책이 마련되어야 한다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 중부대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국기술표준원, "길모어 침에 의한 시멘트의 응결시간 시험 방법", KS L 5109, 2001.
2. 한국기술표준원, "슷크리트용 급결제", KS F 2782, 2001.
3. 한국콘크리트학회, "콘크리트구조설계기준", 2007.
4. 한국콘크리트학회, "콘크리트구조설계기준해설", 2007.

-
5. 한국콘크리트학회, “콘크리트표준시방서”, 2009.
 6. 한국콘크리트학회, “콘크리트표준시방서해설”, 2009.
 7. 최홍식, 허권, 이시우, 이성태, 정이석, 곽홍신, “시멘트 급결제의 응결시간 측정방법에 대한 연구”, 한국콘크리트학회논문집, vol. 16, No. 2, 2004, pp.317-320.
 8. 허권, 최홍식, 이성태, “급결제를 혼합한 시멘트페이스트의 응결시간에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회논문집, vol. 17, No. 6, 2005, pp.879-884.

(접수일자 : 2011년 8월 11일)
(수정일자 : 2011년 9월 28일)
(심사완료일자 : 2011년 10월 13일)

요 지

KS F 2782(숏크리트용 급결제) 규격은 터널시공 또는 단면보수보강 현장에서 사용되는 숏크리트용 급결제의 성능을 평가하기 위한 규격이라 볼 수 있다.

KS F 2782(숏크리트용 급결제) 규격에 의한 급결제의 품질시험방법은 단순히 급결제의 품질만을 확인하기 위해서는 많은 변수들이 존재하고 있다. 또한 현재까지 생산된 급결제 제품들은 실내시험에서는 거의 대부분 품질기준에 만족하지는 못하지만 현장에서 급결제가 숏크리트에 혼합되어 슈팅된 후의 품질은 상당히 만족하는 수준의 제품들이 다수이다. 즉 실내 시험을 통해 도출한 결과를 바탕으로 현장에 적합여부를 판단하기 위해서는 실내 시험과 실제 타설 시의 품질의 연관성을 확인하고 그에 맞는 시험방법을 찾아야 한다고 본다.

따라서 본 연구는 급결제와 숏크리트의 재료의 조건을 다양하게 하여 길모어침에 의한 시험결과와 압축강도를 비교하여 KS F 2782(숏크리트용 급결제) 규격은 급결제의 품질을 확인하기 위한방법으로서 적합성에 대하여 분석하고자 한다.

그 결과로서 KS F 2782규격의 일부만 수정을 한다고 해서 해결될 수 있는 문제점은 아니며 전반적으로 처음부터 철저히 검토를 하여 국내 현실에 적합하고 실내 시험의 균일성이 보장되면서 현장에 적용 시 충분한 연관성이 있는 보완책이 마련되어야 한다.

핵심 용어 : 숏크리트, 급결제, 급결제 품질평가, 길모어침
