

원료 사전 혼합 방법에 따른 보수 모르타르의 물성에 대한 영향

신동철¹, 강용학^{2*}

Effect of Properties of Repair Mortars According to Pre-mixing Methods

Dong-Cheol Shin¹, Yong-Hak Kang^{2*}

Abstract: It is important to keep the distribution of the raw material mixture constant, in order to maximize the effect of the pre-mix type repair mortar, and it is also necessary to increase the performance of the mixer in order to minimize the deviation of the product. In this study, three kinds of mixer used in production sites were used to make repair mortar and the properties of each mortar were examined. As a result, it is confirmed to the difference in properties of pre-mix type repair mortar differ depending on the type of mixer, and the fluidized zone mixer showed relatively good results. In addition, it is preferable to set the mixing time to about 10 minutes to 15 minutes in order to ensure workability and optimum physical properties.

Keywords: Repair mortar, Pre-mixing methods, Tubulent mixer, Ribbon mixer, Fluidized zone mixer, Mortar properties

1. 서 론

최근 국내 구조물들의 노후화 및 사고 발생으로 구조물 안전관리 및 유지관리에 대한 관심이 높아지면서 보수 기술 및 재료에 대한 중요성이 높아지고 있다. 특히 철근 콘크리트 구조물의 경우, 시공불량, 용도변경에 따른 하중 증가 및 시간 경과에 따른 재료의 열화 등으로 구조체에 손상을 입게 되고 내력 및 내구성 등이 저하함에 따라 사용수명이 줄어들게 된다(Paik, 2003; Cho et al., 2016). 이에 따라 구조물의 사용수명을 증대하기 위한 보수 모르타르의 사용은 꾸준히 증가하고 있으며, 보수 모르타르의 일정한 품질과 생산성을 확보하기 위해 원료를 사전에 혼합한 프리믹스 타입이 가장 큰 비중을 차지하고 있다(Song et al., 2006; Bae and Hyung, 2013). 이러한 프리믹스 타입 보수 모르타르는 제조 과정에서 여러 종류의 시멘트, 혼화재, 혼화제 및 잔골재 등의 원료를 동시에 혼합해야 한다. 보수 모르타르의 성능은 원재료의 특성뿐만 아니라 혼합설비에 대한 영향을 크게 받으므로 혼합 시 제품의 효과를 극대화하기 위해서는 원료 혼합 분포를 일정하게 하는 것이 가장 중요하다(Han and Lee, 2009; Sohn et al., 2010;

Jung and Choi, 2011). 또한 원료 혼합 시마다 원료 각각의 비중 및 입경, 함수율 등이 서로 다르므로 같은 유형의 혼합 설비라 하더라도 생산 제품의 효과에는 편차가 발생하여 이를 최소화하기 위해서는 혼합 설비의 성능을 확인하고 높일 필요가 있다(Yuzo, 1964; Plawsky et al., 2003; Park et al., 2006).

본 연구에서는 프리믹스 타입의 보수 모르타르의 원료 혼합 방법에 따른 보수 모르타르의 물성에 대한 영향을 연구하기 위해, 실제 생산 현장에서 활용되는 대표적인 혼합 설비 3종을 사용하여 보수 모르타르를 제조하고 각각의 제반 물성을 비교·검토하였다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험계획

보수 모르타르 원료의 사전 혼합을 위하여 사용한 혼합 설비의 제원 및 특징과 원료 혼합 비율 및 혼합 시간을 각각 Tables 1 및 2에 나타내었다. 본 연구에서는 혼합 설비 및 혼합 시간에 따른 보수 모르타르의 제반 물성을 검토하기 위하여 터블런트 믹서(Turbulent mixer, TM), 리본 믹서(Ribbon mixer, RM), 무중력 믹서(Fluidized Zone Mixer, FM)의 3종 혼합 설비를 사용하였다.

각 혼합 설비에서의 원료 혼합시간을 5, 10, 15분의 3수준으로 설정하여 총 9수준에 대한 실험을 계획하였다. 원료 혼합 비율은 기존 보수 모르타르 배합을 활용하였으며, 보수 모

¹정회원, 가천대학교 건축공학과 교수

²정회원, 한국건설생활환경시험연구원 선임연구원, 교신저자

*Corresponding author: yhkang@kcl.re.kr

High-tech Construction Materials Center, Korea Conformity Laboratories, Seoul 08503, Korea

•본 논문에 대한 토의를 2017년 8월 1일까지 학회로 보내주시면 2017년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

Table 1 Specification and characteristics of mixer

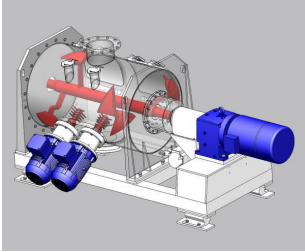
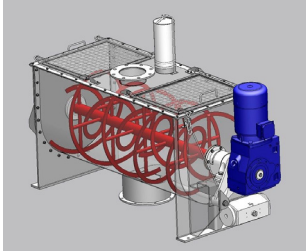
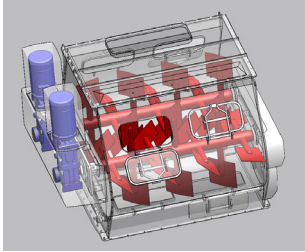



Mixer type	Turbulent mixer(TM)	Ribbon mixer(RM)	Fluidized Zone Mixer(FM)
Capacity(ton)	2.5 ~ 3.0	1.0 ~ 1.3	1.0 ~ 1.4
Speed(rpm)	90	30	90
Characteristic	- 1-axis fixed main shaft - Shovel-shaped paddle - Mix powder by generating turbulence in a short time	- 2-axis fixed main shaft - Ribbon-shaped paddle - Mix powder by up and down movement along the intersection of ribbon	- 2-axis fixed main shaft - Spatula-shaped paddle - Mix the powder by rotating the two axes in opposite directions and creating a zero gravity zone
Image			
Paddle shape			

Table 2 Mix proportion and mixing time

Cement	Mix proportion(wt%)				Mixing time(min)
	Sand	Superplasticizer	Expansion agent	Water	
35	60	1.5	3.5	18	5, 10, 15

르타르의 작업성 확보를 위해 분말형태의 유동화제와 경화시 건조수축에 따른 균열 방지를 위해 팽창제를 각각 1.5%, 3.5% 혼입하였다.

2.2 사용 재료

보수 모르타르의 제반 물성을 검토하기 위해 본 연구에서 사용한 각 재료의 물리·화학적 성질을 Tables 3~5에 나타내었다. 보수 모르타르 제작에 사용된 시멘트는 국내에서 유통되는 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 인천 웅진군에서 채취된 세척사의 5호사와 6호사를 혼합하여 이용하였다. 유동화제는 분말형태의 B사의 펠라민계 유동화제, 팽창제는 D사의 CSA 팽창제를 이용하였다.

2.3 실험 방법

2.3.1 시험체 제작

보수 모르타르 시험체를 제작하기 위해 Table 2와 같이 사

전 혼합된 원료에 대해 물 18%를 첨가하여 비빔을 실시하고 보수 모르타르의 작업성을 평가하기 위하여 KS L 5105에 따라 플로 시험을 실시하였다.

시험체는 KS L ISO 679에 따라 압축 및 휨강도 시험용 각주형 (40×40×160 mm)으로 제작하고, 제작 후 24시간 뒤에 탈형하여 소정의 재령까지 20 ± 3°C의 온도에서 습윤 양생을 실시하였다.

2.3.2 응결 시험

보수 모르타르의 응결 특성을 평가하기 위하여 KS F 2763 관입저항침에 의한 콘크리트 보수재의 응결시간 측정방법에 준하여 측정하였다.

2.3.3 압축강도 시험

원료 혼합 방법에 따른 보수 모르타르의 압축강도 특성을 평가하기 위하여 KS L ISO 679에 따라 재령 3일 및 7일의 압축강도 시험을 실시하였다.

Table 3 Physical properties of cement

Specific gravity	Setting time(min)		Blaine(cm ² /g)	Compressive strength(MPa)		
	Initial	Final		3 Days	7 Days	28 Days
3.15	220	300	3 510	39.6	47.3	59.7

Table 4 Physical properties of fine aggregate

Specimen	Density(g/cm ³)	Fineness modulus	Absorption(%)	Unit mass(kg/m ³)	Amount of passing 0.08mm sieve(%)
Sea sand (Incheon Ongjin-gun)	2.59	2.85	1.25	1 624	1.22

Table 5 Physical properties of agents

	Type	Color	Density(g/cm ³)	Main ingredient
Superplasticizer	Powder	White	0.8	Melamine base
Expansion agent	Powder	Grey	1.12	CSA

2.3.4 휨강도 시험

원료 혼합 방법에 따른 보수 모르타르의 휨강도 특성을 평가하기 위하여 KS L ISO 679에 따라 재령 3일 및 7일의 압축 강도 시험을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 보수 모르타르의 작업성

Fig. 1은 혼합 시간별 보수 모르타르의 플로 값을 나타낸 것으로, 모든 혼합 시간에서 터블런트 믹서(Turbulent mixer, TM), 리본 믹서(Ribbon mixer, RM), 무중력 믹서(Fluidized Zone Mixer, FM)의 순으로 플로 값이 높아지는 경향을 확인할 수 있었다. 특히, 무중력 믹서가 다른 혼합 설비와 비교하여 3~15 mm 정도 플로 값이 높다는 점에서 상대적으로 원료 혼합이 잘 이루어진 것으로 판단된다.

Fig. 2는 혼합 설비별 보수 모르타르의 플로 값을 나타내었다. 터블런트 믹서는 혼합 시간이 10분일 때 플로 값이 약간 저하하나 15분에서는 플로 값이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 리본 믹서와 무중력 믹서는 혼합 시간이 10분일 때 가장 높은 플로 값을 보이고, 이후 플로 값이 감소됨을 확인할 수 있었다. 이로부터 보수 모르타르의 원료를 충분히 혼합하기 위해서는 터블런트 믹서의 경우 많은 혼합 시간이 필요하다고 사료되며, 리본 믹서와 무중력 믹서는 작업성을 고려한다면 혼합 시간이 10분을 넘기지 않는 것이 바람직하다고 판단된다.

3.2 보수 모르타르의 응결 특성

Fig. 3은 혼합 시간별 보수 모르타르의 초결 시간을 나타낸

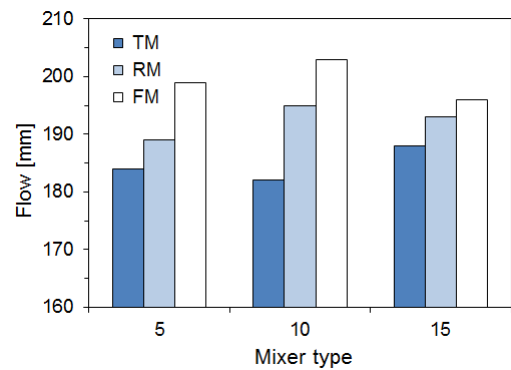


Fig. 1 Flow values by mixing time

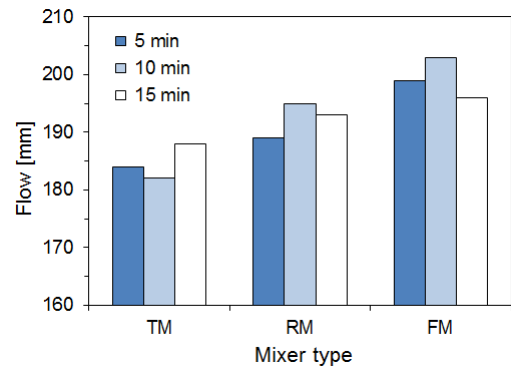


Fig. 2 Flow values by mixer type

것으로, 터블런트 믹서를 제외한 혼합 설비에서 혼합 시간이 증가할수록 초결이 빨라지는 경향을 보였으며, 혼합시간 10분과 15분에서는 초결 시간에 큰 변화가 없음을 확인할 수 있었다.

Fig. 4에 혼합 시간별 보수 모르타르의 종결 시간을 나타내

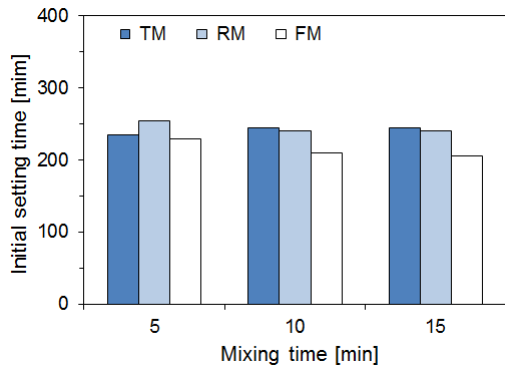


Fig. 3 Initial setting time by mixing time

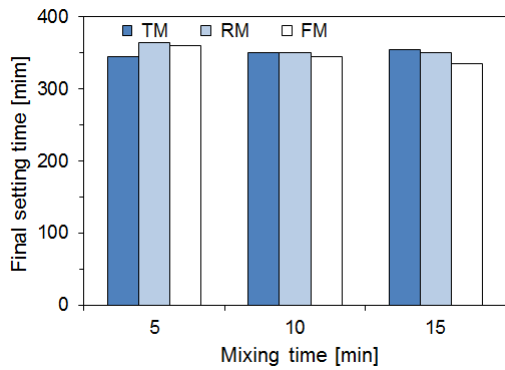


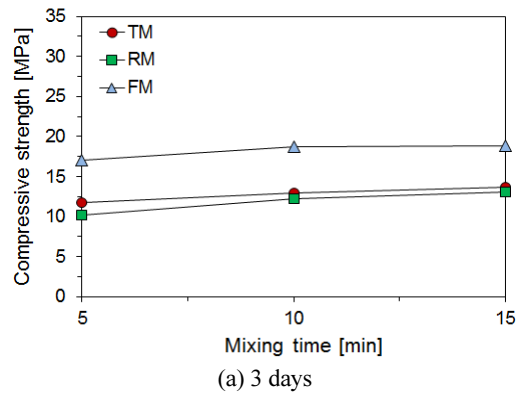
Fig. 4 Final setting time by mixing time

었다. 종결 시간 또한 초결 시간의 경우와 같이 터블런트 믹서를 제외하고 혼합 시간이 증가할수록 종결 시간이 감소하는 경향을 나타내었다.

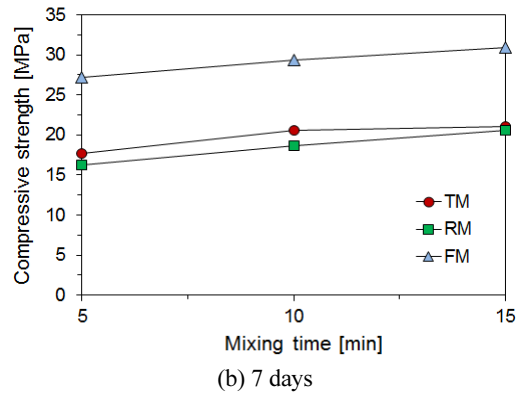
3.3 보수 모르타르의 압축강도 특성

Fig. 5는 혼합 시간별 보수 모르타르의 압축강도 값을 나타낸 것으로, 모든 혼합 시간 및 재령에서 리본 믹서, 터블런트 믹서, 무중력 믹서의 순으로 압축강도 값이 높아지는 경향을 확인할 수 있었다. 특히, 혼합 시간과 관계없이 무중력 믹서가 다른 혼합 설비와 비교하여 3일 재령에서 5.2~6.8 MPa, 7일 재령에서 8.7~10.9 MPa 정도 압축강도 값이 높다는 점은 보수 모르타르 원료의 혼합이 상대적으로 잘 이루어짐에 기인한 것으로 판단된다. 또한 리본 믹서 및 터블런트 믹서의 압축강도 값이 무중력 믹서 대비 60~70% 정도 수준에 지나지 않는다는 점에서 혼합 설비에 따라 프리믹스 타입의 보수 모르타르의 품질에도 큰 차이가 발생할 수 있다고 사료된다.

Fig. 6은 혼합 설비별 보수 모르타르의 압축강도 값을 나타내고 있다. 모든 혼합 설비 및 모든 재령에서 혼합 시간이 증가할수록 압축강도 값도 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 또한 모든 혼합 설비에서 혼합 시간을 10분에서 15분으로 증가시켰을 때의 압축강도 값의 증가분이 혼합 시간을 5분에서 10

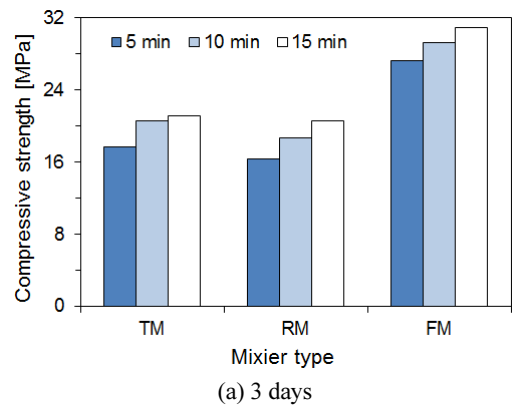


(a) 3 days

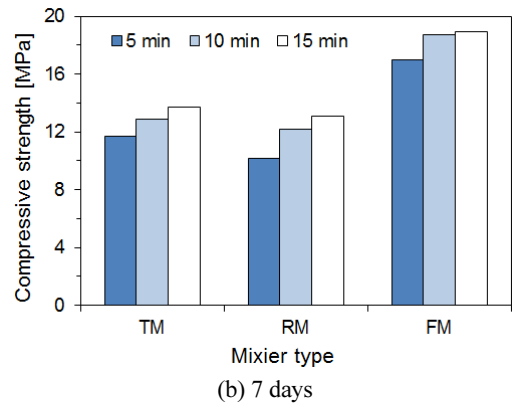


(b) 7 days

Fig. 5 Compressive strength by mixing time



(a) 3 days



(b) 7 days

Fig. 6 Compressive strength by mixer type

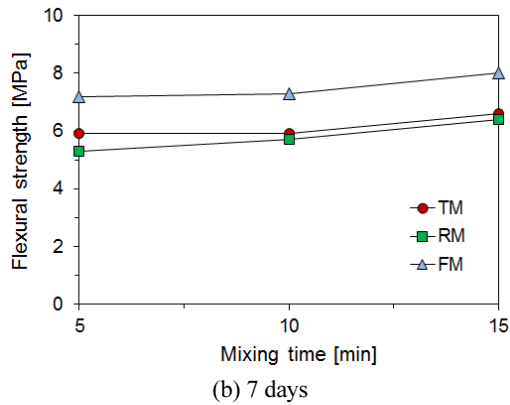
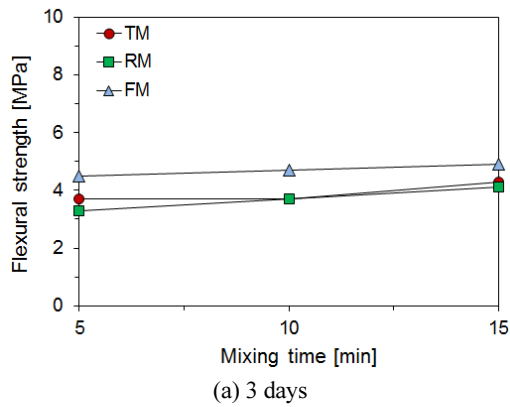


Fig. 7 Flexural strength by mixing time

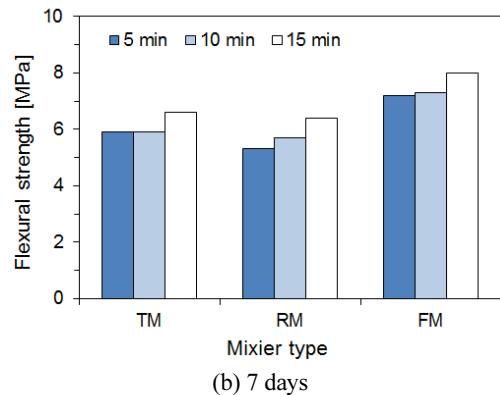
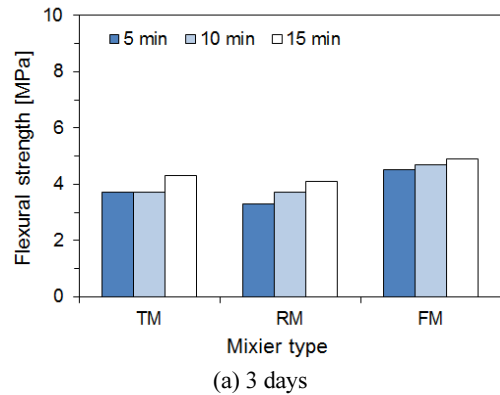


Fig. 8 Flexural strength by mixer type

분으로 증가시킨 경우 보다 감소한다는 점에서 10분 이상 원료를 혼합함으로써 얻을 수 있는 압축강도 증진 효과는 미미하다고 판단된다.

3.4 보수 모르타르의 휨강도 특성

Fig. 7은 혼합 시간별 보수 모르타르의 휨강도 값을 나타낸 것으로, 모든 혼합 시간 및 재령에서 리본 믹서, 터블런트 믹서, 무중력 믹서의 순으로 압축강도 값과 동일하게 휨강도 값이 높아지는 경향을 확인하였다. 특히, 혼합 시간과 관계없이 무중력 믹서가 다른 혼합 설비와 비교하여 3일 재령에서 0.6~1.2 MPa, 7일 재령에서 1.3~1.9 MPa 정도 휨강도 값이 높다는 점을 확인할 수 있었다.

Fig. 8은 혼합 설비별 보수 모르타르의 휨강도 값을 나타낸 것으로, 모든 혼합 설비 및 모든 재령에서 혼합 시간이 증가할수록 휨강도 값도 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. 특히 압축강도 결과와 달리 모든 혼합 설비에서 혼합 시간을 10분에서 15분으로 증가시켰을 때의 휨강도 값의 증가분이 혼합 시간을 5분에서 10분으로 증가시킨 경우 보다 증가한다는 점에서 10분 이상 원료를 혼합함으로써 얻을 수 있는 휨강도 증진 효과는 크다고 판단된다.

4. 결론

프리믹스 타입의 보수 모르타르의 원료 혼합 방법에 따른 성능을 확인하기 위하여 대표적인 혼합 설비와 혼합 시간을 기준으로 보수 모르타르의 작업성, 응결특성, 압축강도 및 휨강도를 평가한 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 모든 혼합 시간에서 보수 모르타르의 작업성은 터블런트 믹서, 리본 믹서, 무중력 믹서 순으로 좋아지는 것으로 나타났다. 리본 믹서 및 무중력 믹서는 혼합 시간이 10분 일 때 가장 높은 작업성을 보였다. 터블런트 믹서는 작업성 확보를 위해 많은 원료 혼합시간이 필요함을 확인하였다.
- 2) 보수 모르타르의 응결 특성은 터블런트 믹서를 제외한 혼합 설비에서 혼합 시간이 증가할수록 초결 및 종결시간이 빨라지는 경향이 나타났으나, 터블런트 믹서는 혼합 시간이 증가할수록 초결 및 종결 시간이 느려지는 것으로 나타났다.
- 3) 보수 모르타르의 압축강도 값은 모든 혼합 시간 및 재령에서 리본믹서, 터블런트 믹서, 무중력 믹서 순으로 높아지는 경향이 나타났으며, 리본 믹서 및 터블런트 믹서의 압축강도 값이 무중력 믹서 대비 60~70% 정도 수준에 지나지 않았다. 또한 모든 혼합 설비에서 혼합 시간을 5분에서 10

분으로 증가시켰을 때 보다 10분에서 15분으로 증가시켰을 때의 압축강도 증가분이 낮은 경향으로 나타났다.

- 4) 횡강도 값 또한 압축강도 값과 마찬가지로 모든 혼합 시간 및 재령에서 리본 믹서, 터블런트 믹서, 무중력 믹서의 순으로 증가하였으나, 모든 혼합 설비에서 혼합 시간을 5분에서 10분으로 증가시켰을 때 보다 10분에서 15분으로 증가시켰을 때의 횡강도 증가분이 높은 경향으로 나타났다.
- 5) 프리믹스 타입 보수 모르타르의 제반 물성은 혼합 설비의 종류에 따라 차이가 있었으며, 그중 무중력 믹서가 상대적으로 우수한 결과 값을 보임을 확인하였다. 또한 작업성 및 최적의 물성 확보를 위해서는 혼합 시간을 10분에서 15분 정도로 하는 것이 바람직함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20151120100270).

References

- Bae, S. C., and Hyung, W. G. (2013), Properties of Polymer Modified Mortars Using Re-dispersible Polymer Powders, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 13(3), 235-241.
- Cho, Y. I., Hong, K. N., Kim, M. S., and Park, J. K. (2016), Effect of Curing Temperature on Mechanical Properties of Polymer Mortar for Urgent Repairing, *Journal of the Korean Society of Safety*, 31(5), 109-116.
- Chung, W. K., and Choi, D. Y. (2011), Study on the High Speed Cement Blending Machine for the Production of High Functional Concrete, *Journal of the KIPS*, 13(4), 43-47.

- Han, C. G., and Lee, H. I. (2009), Physical Analysis of High Strength Concrete According to Mixing Methods of Binders for Application Analysis of Pre-Mix Cement, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 9(5), 127-133.
- KS F 2763 (2012), Testing method for determining the stiffening time of products for the repair of concrete structures by penetration resistance, Korean agency for Technology and Standard.
- KS L 5105 (2012), Testing method for compressive strength of hydraulic cement mortar, Korean agency for Technology and Standard.
- KS L ISO 679 (2016), Methods of testing cements—Determination of strength, Korean agency for Technology and Standard.
- Paik, S. W. (2003), An Experimental Study on the Strength and Permeability Characteristics of Repair Mortar, *Journal of the KIIS*, 18(4), 105-109.
- Park, K. -B., Plawsky, J. L., Littman, H., and Paccione, J. D. (2006), Mortar properties obtained by dry premixing of cementitious materials and sand in a spout-fluid bed mixer, *Cement and Concrete Research*, 36, 728-734.
- Plawskya, J. L., Jovanovic, S., Littman, H., Hover, K. C., Gerolimatos, S., and Douglas, K. (2003), Exploring the Effect of Dry Premixing of Sand and Cement on the Mechanical Properties of Mortar, *Cement and Concrete Research*, 33, 255-264.
- Sohn, Y. S., Lee, J. H., Lee, S. H., and Cha, W. H. (2010), The Characteristics of Ultra-High-Strength Concrete by Mixing Method of Pre-Mix Cement, *Proceedings of Korea Concrete Institute*, Korea, 173-174.
- Song, H. S., Lee, C. Y., and Min, C. S. (2006), Effect of Silica Fume in Properties of Polymer Cement Mortar for Concrete Repair, *Proceedings of Korea Concrete Institute*, Korea, 617-620.
- Yuzo, A. (1964), Studies on Performance of Compulsory and Conventional Mixers and on Test Methods of Mixer Performance, *Report of Port and Harbour Technical Research*, Institute Ministry of Transportation, Japan, 3(4), 1-40.

Received : 05/04/2017

Revised : 05/25/2017

Accepted : 05/26/2017

요 지 : 프리믹스 타입의 보수 모르타르는 제조 과정에서 여러 원료들을 동시에 혼합해야 하므로, 혼합 시 생산 제품의 효과를 극대화하기 위해서는 원료 혼합 분포를 일정하게 하는 것이 중요하며, 생산 제품의 효과의 편차를 최소화하기 위해서는 혼합 설비의 성능을 높일 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 실제 생산 현장에서 활용되는 대표적인 혼합설비 3종을 대상으로 보수 모르타르를 제조하고 각각의 제반물성을 검토하였다. 그 결과, 프리믹스 타입 보수 모르타르의 제반 물성은 혼합설비의 종류에 따라 차이가 있었으며, 무중력 믹서가 상대적으로 우수한 결과 값을 보였다. 또한 작업성 및 최적 물성을 확보하기 위해 혼합시간을 10분에서 15분 정도로 하는 것이 바람직함을 확인하였다.

핵심용어 : 보수 모르타르, 사전 혼합 방법, 터블런트 믹서, 리본 믹서, 무중력 믹서, 모르타르 성능
