

혼화재 종류 및 양생조건에 따른 속경성 SBR 시멘트 모르타르의 강도

Strengths of Rapidly Hardening SBR Cement Mortars as Building Construction Materials According to Admixture Types and Curing Conditions

조 영 국^{1*} 정 선 호² 장 덕 배³

Jo, Young-Kug^{1*} Jeong Seon-Ho² Jang, Duk-Bae³

Department of Architectural Engineering, Chungwoon University, Hongseong, Chungnam, 350-701, Korea ¹

Department of General Education, Pyeongtaek University, Pyeongtaek, Gyeonggi, 450-701, Korea ²

SsangYong Engineering & Construction, Seoul, 138-726, Korea ³

Abstract

Ultra rapid-hardening cement is widely used for latex-modified mortar and concrete as repair and finishing material during urgent work. The purpose of this study is to evaluate the improvements in strength made to SBR cement mortars by the adding of various admixtures and by the use of different curing methods. SBR cement mortar was prepared with various polymer-cement ratios, curing conditions and admixture contents, and tested for flow, flexural and compressive strengths. From the test results, it was determined that the flow of SBR cement mortar increased with an increase in the polymer-cement ratio, and the water reducing ratio also increased. The strength of cement mortar is improved by using SBR emulsion, and is strengthened by adding metakaoline. The strength of SBR cement mortar cured in standard conditions was increased with an increase in the polymer-cement ratio, and attained the maximum strengths at polymer-cement ratios of 15 % and 10 %, respectively. The maximum strengths of SBR cement mortar are about 1.8 and 1.3 times the strengths of plain mortar, respectively. In this study, it is confirmed that the polymer-cement ratio and curing method are important factors for improving the strengths of rapid-hardening SBR cement mortar.

Keywords : polymer cement mortar, polymer-cement ratio, water reducing ratio, flexural strength, compressive strength

1. 서 론

폴리머 시멘트 모르타르란 용어는 이제 구조물의 유지보수 분야에서의 보수보강재료, 방수분야에서의 방수재료, 그리고 해안 염류나 약품에 대한 저항성능을 향상시키기 위해 사용되는 마감재료로서 널리 통용되고 있다[1]. 이러한 기존의 시멘트 모르타르의 성질을 현격하게 향상시킬 수 있는

폴리머 혼화재는 많은 종류가 있으며, 각각의 특성에 따라 그 사용성도 확연히 달라질 수 있다. 물론 일반적으로 건설 현장에서 사용되고 있는 폴리머 혼화재는 폴리머 에멀전과, 재유화형 폴리머의 두 종류가 두축을 이루고 있으며[1]. 보수보강 재료로 널리 사용되고 있는 폴리머는 폴리머의 혼입에 의한 내구성 개선효과와 강도를 동시에 만족시킬 수 있는 SBR (Styrene-butadiene rubber) 라텍스계이다. 한편, 폴리머 시멘트 모르타르를 긴급공사의 보수보강 재료로 사용할 때, 속경성 시멘트와 혼입하여 사용함으로써 시멘트의 빠른 응결과 매트릭스 내부에서의 폴리머 필름의 작용에 의해 성질을 크게 개선시킬 수 있으며, 또한 혼화재 종류에 따라 매트릭스 내부에서 생성되는 불용성의 시멘트 수화물

Received : August 19, 2011

Revision received : September 18, 2011

Accepted : September 26, 2011

* Corresponding author: Jo, Young-Kug

[Tel: 82-41-630-3284, E-mail: ykjo@chungwoon.ac.kr]

©2011 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 기존 연구에서 많은 혼화재료가 시멘트 모르타르 및 콘크리트의 성능을 개선시키기 위하여 사용되었는데[2,3,4], 초속경시멘트와 SBR을 조합한 속경성 SBR 시멘트 모르타르에 대한 연구자료가 부족하며, 보통시멘트 모르타르에 비해 폴리머 시멘트 모르타르는 강도발현에 양생조건의 영향을 더 받는 것으로 보고되고 있다[5,6,7,8,9]. 따라서 본 연구에서는 속경성 SBR 시멘트 모르타르의 압축강도와 휨강도에 영향을 미칠 수 있는 혼화재료와 이에 따른 양생조건을 달리하여 강도발현의 영향성을 평가하였다.

2. 실험계획

2.1 실험계획

본 연구에서는 시멘트 혼화용 폴리머로 SBR을 사용하여 폴리머 시멘트 모르타르를 제작하였는데, 배합은 폴리머 시멘트비(P/C), 혼화재 종류, 혼화재 혼입량 및 양생방법을 달리하였다. 소정의 양생을 실시한 SBR 시멘트 모르타르에 대하여 압축강도 및 휨강도 실험을 실시하였으며 본 연구의 실험요인 및 수준은 Table 1과 같다.

Table 1. Various factors for experiment

| Factor | Level | Variable |
|-------------------|--|----------|
| Polymer type | SBR | 1 |
| P/C(%) | 0, 5, 10, 15, 20 | 5 |
| Admixture | Fly ash(FA), silica fume(SF), metakaoline(MK), | 4 |
| | Antifoaming agent(AA) | |
| Curing condition | Dry, standard, water cure | 3 |
| Admixture content | 10%, 20% | 2 |

2.2 사용재료

2.2.1 시멘트 및 잔골재

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 S사의 초속경시멘트(Ultra-rapid hardening cement :URC)이며, 잔골재는 주문진산 표준사를 사용하였다. 초속경시멘트의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

Table 2. Mechanical properties of cement

| Blaine specific surface (cm ² /g) | Setting time (min) | | Compressive strength (MPa) | | | | | |
|--|--------------------|-----------|----------------------------|----|----|----|----|-----|
| | Initial set | Final set | 3h | 6h | 1d | 3d | 7d | 28d |
| 3,960 | 10 | 15 | 26 | 29 | 35 | 38 | 41 | 45 |

2.2.2 시멘트 혼화용 폴리머

본 실험에 사용된 시멘트 혼화용 폴리머는 국내 K사 제품의 스티렌 부타디엔 고무 (Styrene-Butadiene Rubber) 라텍스이며, 그 성질은 Table 3과 같다.

Table 3. Properties of polymer dispersion

| Type | Density (g/cm ³ , 20 °C) | pH (20 °C) | Viscosity (mPa · s, 20 °C) | Solid content (%) |
|------|-------------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|
| SBR | 1.02 | 9.7 | 64 | 44.6 |

2.2.3 혼화재료

SBR 라텍스를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르(이하 SBR 시멘트 모르타르)의 성질을 개선시키기 위하여 메타카올린(비표면적 13,000 cm²/g, 밀도 2.50 g/cm³), 플라이애쉬(비표면적 3,300 cm²/g, 밀도 2.20 g/cm³) 및 실리카흙(비표면적 25,000 cm²/g, 밀도 2.30 g/cm³)을 시멘트 중량에 대해 10 %와 20 % 대체하였다. 또한 SBR 혼입에 따른 기포 제거를 위해 폴리머 고흡분에 대한 중량비로 1 %의 실리콘계 소포제도 혼입하였다. Table 4는 초속경시멘트를 포함한 각 혼화재료의 화학조성을 나타내고 있다.

Table 4. Chemical composition of mineral admixtures

| Content | MK(%) | FA(%) | SF(%) | URC(%) |
|------------------------------------|------------|-------|---------|--------|
| SiO ₂ | 56 | 58.5 | 95.1 | 14.3 |
| Al ₂ O ₃ | 37 | 19.9 | 0.6 | 11.9 |
| Fe ₂ O ₃ | 2.4 | 5.6 | 1.2 | 0.9 |
| MgO | 0.3 | 1.7 | 0.1 | 1.0 |
| CaO | 2.4 | 6.7 | 0.4 | 58.7 |
| TiO ₂ | 0.2 | 1.2 | - | - |
| K ₂ O+Na ₂ O | 0.9 | 1.5 | 2.3 | 1.0 |
| Blaine(cm ² /g) | 12,000 | 3,790 | 150,000 | 5,100 |
| Appearance | Light pink | Gray | Gray | Gray |

2.3 실험방법

2.3.1 공시체 제작

SBR 시멘트 모르타르는 KS F 2476 (시험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법)[10]에 준하여 Table 5의 배합으로 제작하였다. 배합은 결합재와 잔골재 중량비로 1:3, 폴리머 시멘트비(P/C) 0, 5, 10, 15 및 20 %, 메타카올린, 플라이애쉬 및 실리카흙 혼입율은 시멘트 중량에 대하여 10 % 및 20 %로 하였다. 또한 균일한 시공성을 위하여 SBR 시멘트 모르타르의 플로우가 170 ± 5가 되도록 물 시멘트비를 조정하였으며 강도 시험용 공시체는 40x40x160

mm 몰드로 제작한 후 소정의 양생을 실시하였다.

Table 5. Mix proportions of SBR cement mortars

| Mix No. | Mortar type | P/C (%) | MK (%) | FA (%) | SF (%) | AA (%) | W/C (%) | Flow (mm) |
|---------|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|
| 1 | Plain | 0 | - | - | - | - | 70.0 | 173 |
| 2 | SBR5 | 5 | - | - | - | - | 47.5 | 171 |
| 3 | SBR10 | 10 | - | - | - | - | 42.5 | 175 |
| 4 | SBR15 | 15 | - | - | - | - | 37.5 | 173 |
| 5 | SBR20 | 20 | - | - | - | - | 35.0 | 174 |
| 6 | MK10 | 0 | 10 | - | - | - | 70.0 | 170 |
| 7 | MK20 | 0 | 20 | - | - | - | 72.5 | 169 |
| 8 | S5M10 | 5 | 10 | - | - | - | 56.3 | 166 |
| 9 | S5M20 | 5 | 20 | - | - | - | 60.0 | 166 |
| 10 | S10M10 | 10 | 10 | - | - | - | 45.0 | 174 |
| 11 | S10M20 | 10 | 20 | - | - | - | 50.0 | 166 |
| 12 | S15M10 | 15 | 10 | - | - | - | 40.0 | 174 |
| 13 | S15M20 | 15 | 20 | - | - | - | 46.3 | 173 |
| 14 | S20M10 | 20 | 10 | - | - | - | 40.0 | 173 |
| 15 | S20M20 | 20 | 20 | - | - | - | 45.6 | 171 |
| 16 | FA10 | 0 | - | 10 | - | - | 68.3 | 167 |
| 17 | FA10 | 0 | - | 20 | - | - | 67.8 | 172 |
| 18 | S10F10 | 10 | - | 10 | - | - | 45.0 | 170 |
| 19 | S10F20 | 10 | - | 20 | - | - | 50.0 | 174 |
| 20 | S20F10 | 20 | - | 10 | - | - | 40.0 | 175 |
| 21 | S20F20 | 20 | - | 20 | - | - | 40.0 | 174 |
| 22 | SF10 | 0 | - | - | 10 | - | 70.0 | 174 |
| 23 | SF20 | 0 | - | - | 20 | - | 80.0 | 167 |
| 24 | S10S10 | 10 | - | - | 10 | - | 50.0 | 165 |
| 25 | S10S20 | 10 | - | - | 20 | - | 65.0 | 165 |
| 26 | S20S10 | 20 | - | - | 10 | - | 45.6 | 174 |
| 27 | S20S20 | 20 | - | - | 20 | - | 65.0 | 175 |
| 28 | S5A1 | 5 | - | - | - | - | 51.3 | 175 |
| 29 | S10A1 | 10 | - | - | - | - | 51.3 | 170 |
| 30 | S15A1 | 15 | - | - | - | 1 | 47.5 | 166 |
| 31 | S20A1 | 20 | - | - | - | - | 42.5 | 172 |

2.3.2 SBR 시멘트 모르타르의 유동성

Table 5의 배합으로 만들어진 SBR 시멘트 모르타르의 유동성을 KS L 5105(시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법)에 준하여 Figure 1과 같은 장치를 이용하여 플로우를 측정하였다.

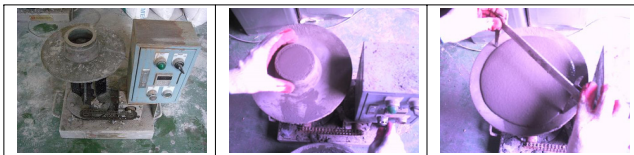


Figure 1. Flow test of SBR-modified mortar

2.3.3 공시체의 양생

배합조건에 따라 40x40x160 mm 몰드에 제작된 공시체

를 다음과 같은 3가지 조건으로 양생을 실시하였다.

- 1) 기중양생(Dry cure) : 공시체를 2일간 몰드내에서 습윤양생(20 °C, R.H. 80 %)을 한 후, 탈형하여 재령 28일 까지 기중양생(20 °C, R.H. 50 %)을 실시하였다.
- 2) 표준양생(Standard cure) : 공시체를 2일간 몰드내에서 습윤양생(20 °C, R.H. 80 %)을 한 후, 탈형하여 5일간 수중양생(20 °C) 및 21일간 기중양생(20 °C, R.H. 50 %)을 실시하였다.
- 3) 수중양생(Water cure) : 공시체를 2일간 몰드내에서 습윤양생(20 °C, R.H. 80 %)을 한 후, 탈형하여 재령 28일 까지 수중양생(20 °C)을 실시하였다.

2.3.4 휨 및 압축강도 시험

휨 및 압축강도 시험은 KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험방법)에 준하여 UTM 시험기를 사용하여 실시하였으며, 압축강도 시험편은 휨강도 시험 후 절편을 사용하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 SBR 시멘트 모르타르의 유동성

일반적으로 폴리머 에멀전을 시멘트계 매트릭스에 혼입하는 목적은 시멘트 매트릭스 내부에 폴리머 필름이 형성되어 접착성, 휨강성 및 내구성을 크게 향상시키기 때문이다 [1,5,9]. 이와 동시에 굳지 않은 상태의 시멘트 모르타르는 폴리머 입자의 불-베어링 효과로 유동성이 크게 개선되어 부수적인 성질들을 보강시킬 수 있다는 것이다[1,8].

Figure 2는 초속경시멘트를 사용한 SBR 시멘트 모르타르의 목표 플로우값 $170 \pm 5(\text{mm})$ 를 만족하기 위한 물시멘트비와 감수율을 나타내고 있다. 즉, 시멘트 모르타르의 목표 플로우값을 얻기 위해서는 보통시멘트의 경우 물시멘트비가 70%가 필요한 반면, SBR 20%의 경우 물시멘트비가 35%로 50%의 감수효과를 얻을 수 있었다. 물론 이러한 감수효과가 강도에 영향을 미치겠지만 폴리머의 혼입에 의한 강도저하, 특히 압축강도의 저하를 초래할 수 있다. 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 혼화재료의 종류 및 혼입율에 관계없이 물시멘트비는 감소하는 경향을 보였다. 또한 Figure 3과 같이 전반적으로 SBR 시멘트 모르타르의 감수율도 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 증가하였으며, 플라이

애쉬, 메타카올린, 실리카흙, 소포제의 순으로 감수효과가 크게 나타났다. 혼화재의 혼입율 10 %의 경우가 20 %에 비해 물시멘트비가 약간 증가하였는데 이와 같은 현상은 동그란 폴리머 입자가 시멘트의 유동성을 개선하여 물시멘트비를 크게 감소시킨 결과이다[1]. 본 연구에서 SBR과 플라이애쉬의 특성상 상당한 감수효과를 기대하였으나, 소포제를 혼입하지 않은 SBR에 비해 감수효과는 거의 없었으며, 소포제를 혼입한 경우 보다는 약간 감수효과를 발휘하였다.

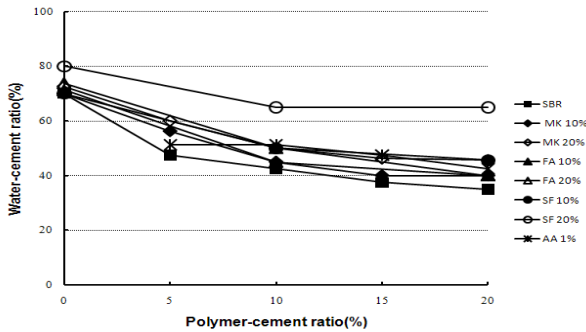


Figure 2. Water-cement ratio of SBR cement mortars

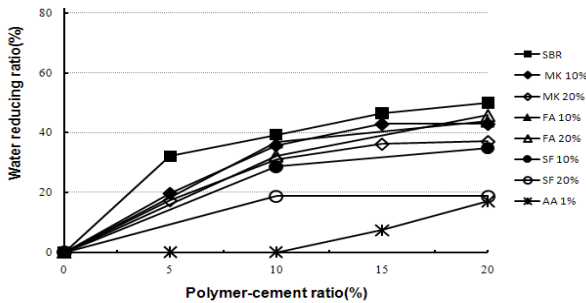
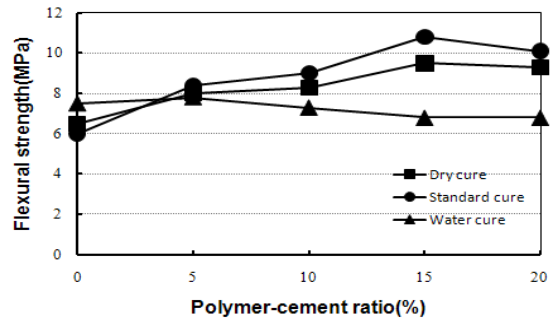


Figure 3. Water reducing ratio of SBR cement mortars

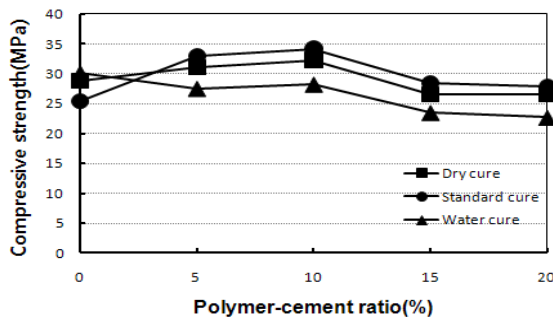
4.2 SBR 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트비에 따른 강도성상

Figure 4에서 Figure 11에는 SBR 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트비에 따른 휨강도와 압축강도를 나타내고 있다. Figure 4는 혼화재료를 혼입하지 않은 SBR 시멘트 모르타르의 휨강도와 압축강도를 나타내고 있는데, 양생조건에 따라 약간의 차이는 있으나 휨강도는 폴리머 시멘트비 15 %에서, 압축강도는 폴리머 시멘트비 10 %에서 최대강도를 나타냈다. 이 최대강도는 보통시멘트 모르타르 휨강도의 약 1.8배, 압축강도의 약 1.3배 각각 높은 강도이다. 메타카올린을 혼입한 속경성 SBR 시멘트 모르타르의 휨강도는 메타카올린 혼입율 10 %의 폴리머 시멘트비 10 %, 메타

카올린 혼입율 20 %의 폴리머 시멘트비 5 %에서 최대치를 나타냈다. 보통시멘트 모르타르에 메타카올린만 혼입한 경우보다 SBR을 혼입함으로써 1.5배의 휨강도 증가를 보여 폴리머 혼입효과가 크게 나타났다. 또한 전반적으로 메타카올린 혼입율 10 %보다 20 %에서 약간 강도가 낮아졌다. 한편, 플라이애쉬와 실리카흙을 혼입한 경우, 폴리머 시멘트비에 따라 약간 휨강도가 증가하였으나, 압축강도의 경우는 상당히 감소하는 경향을 보였다. 이와 같이 SBR 시멘트 모르타르의 휨강도가 폴리머에 의해 상당히 개선되나 압축강도의 경우는 동등정도 또는 약간 감소하는 경향을 보였다. 이는 폴리머 입자가 시멘트 모르타르안에서 건조되면서 폴리머 필름을 형성하여 매트릭스 안에서 삼차원 망상구조를 만드는데, 폴리머 자체의 탄성계수가 시멘트 모르타르에 비해 1/10 밖에 되지 않아, 압축강도에 크게 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 그러나 휨강도에는 이러한 폴리머 구조가 오히려 휨보강의 효과로 나타난 결과라 할 수 있다. 이미 기존의 연구 결과[5,6,7,8,9]에 의해 알 수 있지만, 이러한 폴리머 혼입 효과에 의한 강도성상도 중요하지만, 그 외의 중성화 저항성, 염화물이온 차단성, 내산성 등 내구성을 개선시키기 위함이다[1].

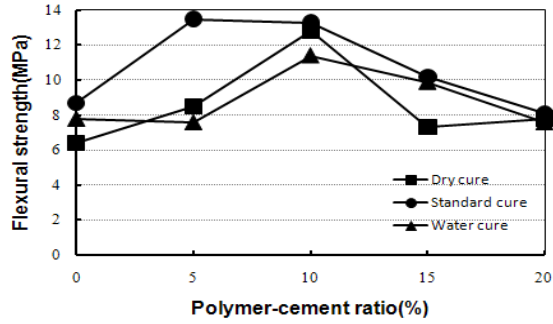


(a) Flexural strength

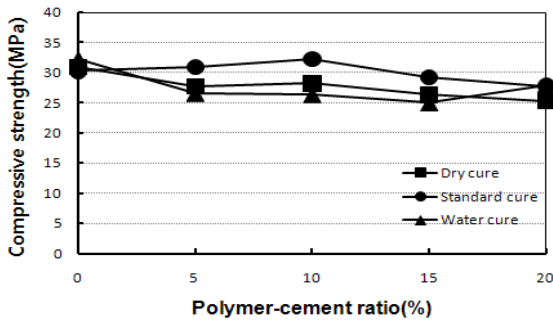


(b) Compressive strength

Figure 4. Strengths of SBR cement mortars without any admixture

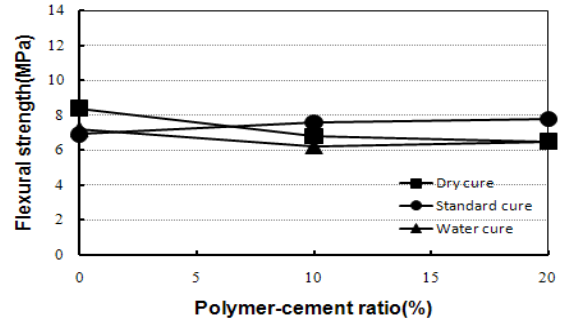


(a) Flexural strength

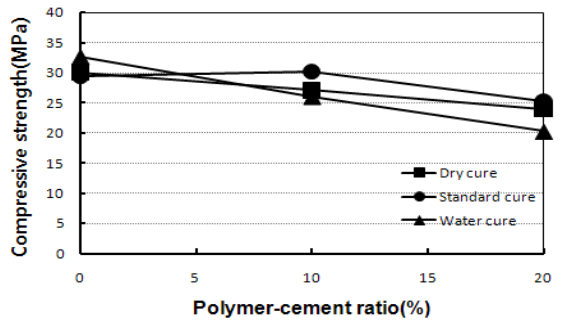


(b) Compressive strength

Figure 5. Strengths of SBR cement mortars with methacoline content of 10 %

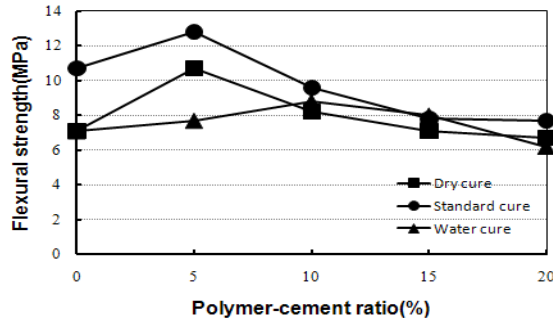


(a) Flexural strength

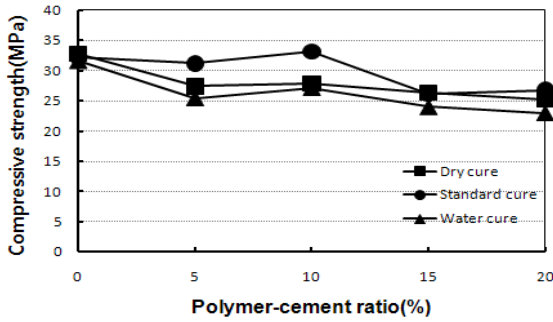


(b) Compressive strength

Figure 7. Strengths of SBR cement mortars with fly ash content of 10 %

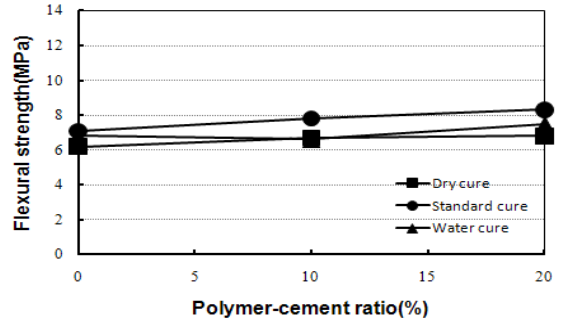


(a) Flexural strength

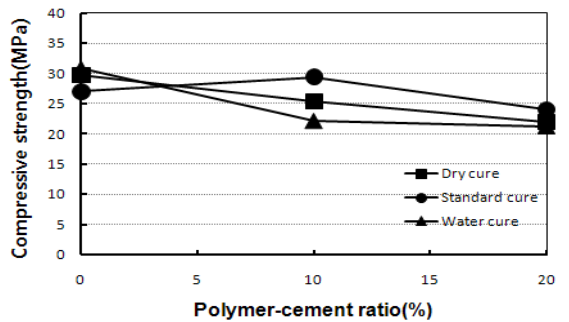


(b) Compressive strength

Figure 6. Strengths of SBR cement mortars with methacoline content of 20 %

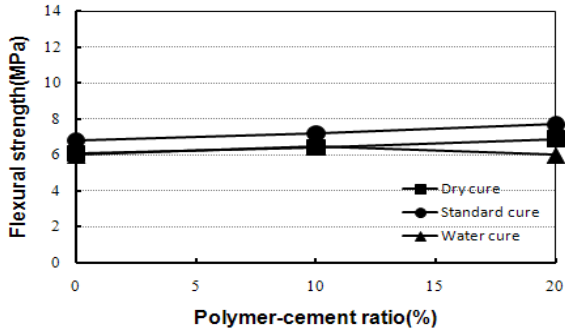


(a) Flexural strength

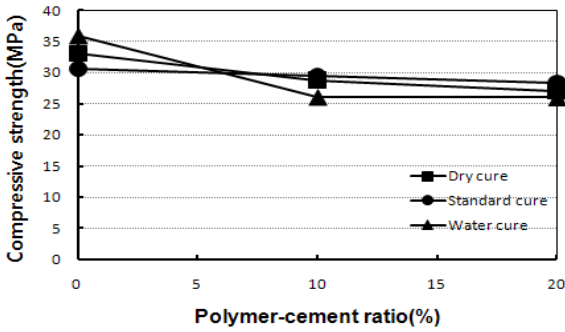


(b) Compressive strength

Figure 8. Strengths of SBR cement mortars with fly ash content of 20 %

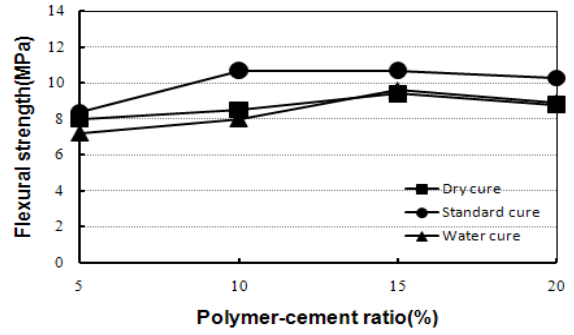


(a) Flexural strength

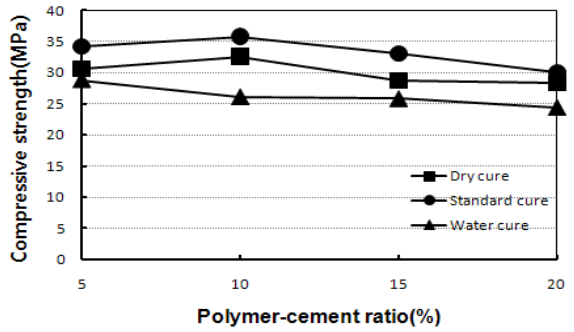


(b) Compressive strength

Figure 9. Strengths of SBR cement mortars with silica fume content of 10 %

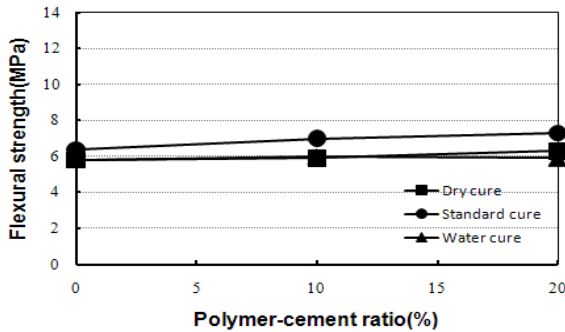


(a) Flexural strength

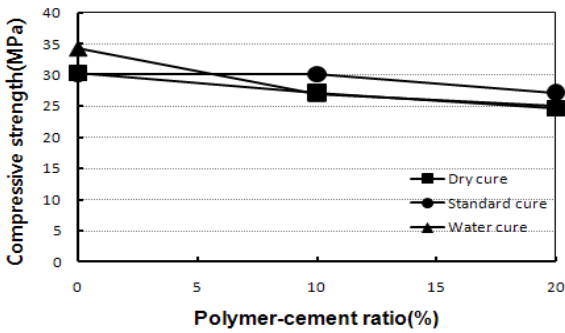


(b) Compressive strength

Figure 11. Strengths of SBR cement mortars with antifoaming agent



(a) Flexural strength

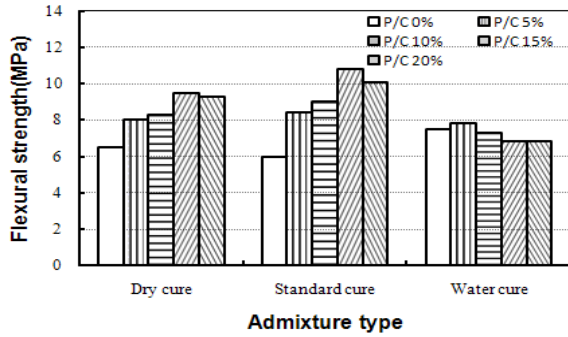


(b) Compressive strength

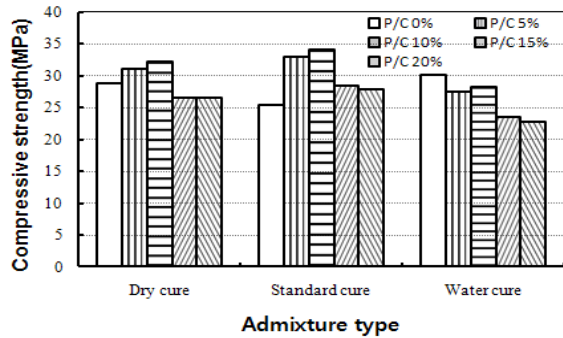
Figure 10. Strengths of SBR cement mortars with silica fume content of 20 %

4.3 SBR 시멘트 모르타르의 양생 종류에 따른 강도성상

Figure 12는 SBR 시멘트 모르타르의 양생종류별 강도성상을 나타내고 있다. SBR 시멘트 모르타르의 휨강도는 표준양생의 경우가 타 양생방법 보다 큰 강도를 보였으며, 수중양생을 제외하면 폴리머 시멘트비의 증가에 따라서도 휨강도가 개선되었다. 또한 압축강도의 경우에도 표준양생의 경우가 건조양생이나 수중양생에 비해 높은 강도를 나타냈으며, 일반적으로 폴리머 시멘트비 10 %에서 최대치를 나타냈다. SBR을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 경우, 폴리머 특성상 물속에 분산되어 있는 입자가 건조되면서 서로 응집되어 필름과 같은 막을 형성하기 때문에 건조가 필수적이다. 그러나 결합재가 시멘트이기 때문에 수화 초기에 충분한 수분이 필요하여 7일간 습윤양생과 수중양생을 한 후, 21일간 건조양생을 실시하여 폴리머 필름을 강하게 한다. 수중양생에서는 폴리머 필름이 강화되기 전에 시멘트가 경화되면서 매트릭스 내부에 균일한 폴리머 필름이 형성되지 못하여 강도저하는 물론 수밀성 및 내구성 개선을 기대할 수 없다. 오히려 폴리머 필름은 건조양생으로 강화된 후에는 다시 수중에서 폴리머 필름의 역할을 다할 수 있다.



(a) Flexural strength

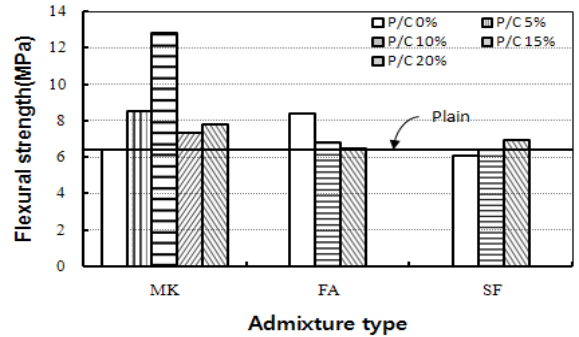


(b) Compressive strength

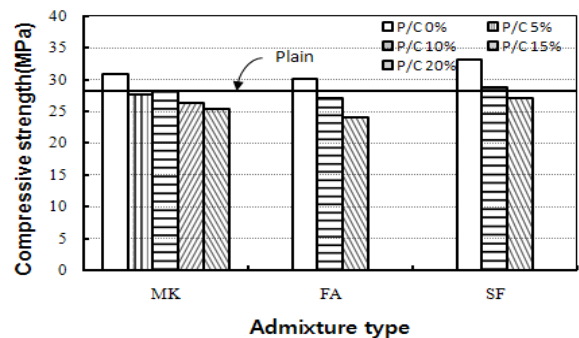
Figure 12. Strengths of SBR cement mortars according to curing method

4.4 SBR 시멘트 모르타르의 혼화재 종류에 따른 강도 성상

Figure 13에서 Figure 15에는 속경성 SBR 시멘트 모르타르의 양생 종류별 혼화재로 혼입율에 따른 강도를 나타내고 있다. 혼화재 혼입율 10%의 건조양생한 SBR 시멘트 모르타르 휨강도는 메타카올린, 플라이애쉬, 실리카흄 순으로 높게 나타났으며, 폴리머 시멘트비 10%에서 메타카올린을 혼입한 경우가 최대치를 나타냈다. 이 값은 보통시멘트 모르타르(plain)에 비해 약 2.0배의 높은 강도이며, 거의 모든 시멘트 모르타르에서 보통시멘트 모르타르에 비해 높은 강도를 나타내 혼화재의 혼입이 강도에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. 압축강도의 경우에는 폴리머 시멘트비 0%, 즉 SBR를 사용하지 않고 혼화재만을 사용한 경우, 모두 보통시멘트 모르타르보다 높은 압축강도를 나타냈으나, 폴리머 혼입에 의해 강도가 약간 저하되었다. Figure 14의 표준양생의 경우, 건조양생과는 달리 모든 SBR 시멘트 모르타르에서 보통시멘트 모르타르보다 휨강도 및 압축강도가 높게 나타났다. 이 경우에도 혼화재로서는 메타카올린을 혼입한 경우가 강도의 개선 효과가 크게 나타났다.

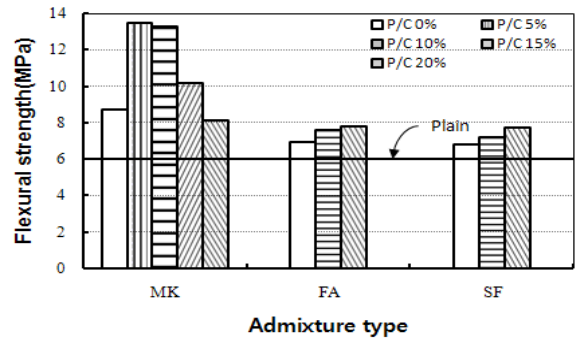


(a) Flexural strength

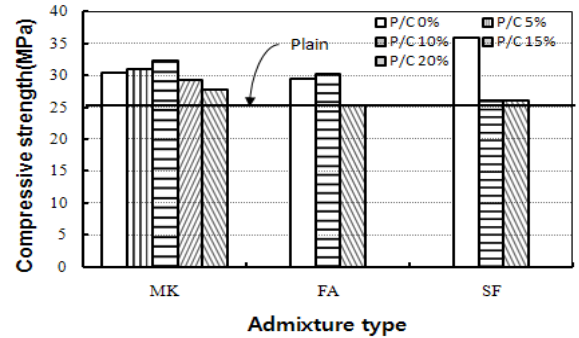


(b) Compressive strength

Figure 13. Strengths of SBR cement mortars at dry cure (admixture content of 10%)

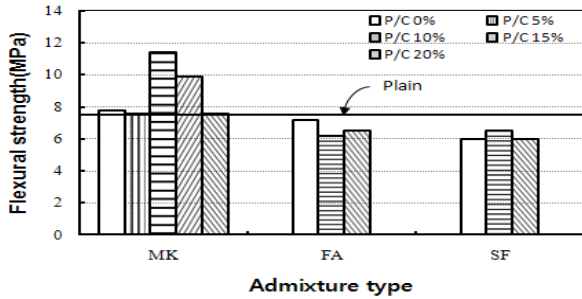


(a) Flexural strength

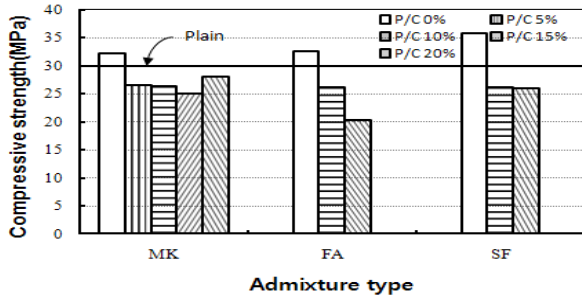


(b) Compressive strength

Figure 14. Strengths of SBR cement mortars at standard cure (admixture content of 10%)

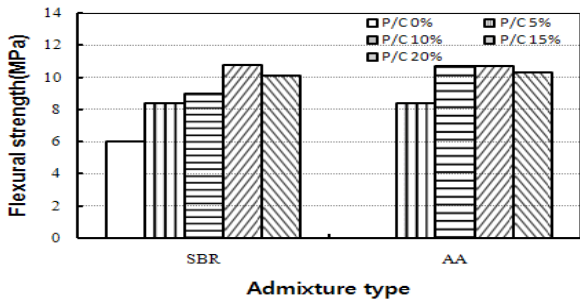


(a) Flexural strength

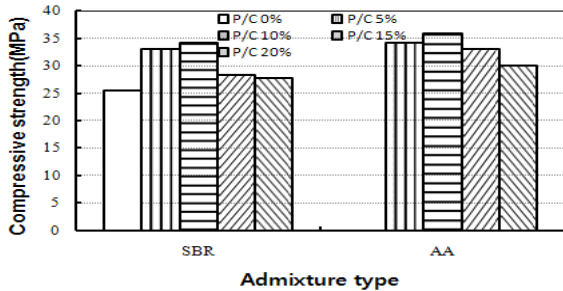


(b) Compressive strength

Figure 15. Strengths of SBR cement mortars at water cure (admixture content of 10%)



(a) Flexural strength



(b) Compressive strength

Figure 16. Strengths of SBR cement mortars at standard cure according to antifoaming agent

4.5 SBR 시멘트 모르타르의 소포제 혼입에 따른 강도 성상

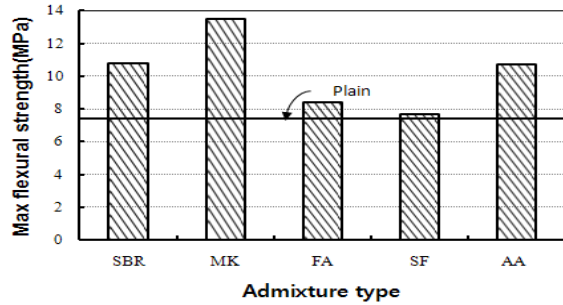
Figure 16은 표준양생의 경우, SBR 시멘트 모르타르의

소포제 혼입에 의한 강도성상을 나타내고 있다. 일반적으로 폴리머 디스퍼션을 시멘트 모르타르에 혼입하면 기포가 발생하여 강도를 저하시킬 수 있는데 소포제를 폴리머 고형분 중량에 대하여 0.7~1.0 % 정도 혼입시키면 대체로 공기량이 10 %대에서 6~8 %로 낮아진다[1]. 휨강도의 경우 폴리머 시멘트비 10 %에서만 소포제 혼입에 의한 휨강도 개선 효과가 크게 나타났으나, 오히려 압축강도의 경우 모든 시멘트 모르타르에서 강도 개선효과를 보여, 시멘트 모르타르 속에서 공기량의 감소는 휨강도 보다 압축강도에 크게 영향을 미친 것으로 판단할 수 있다.

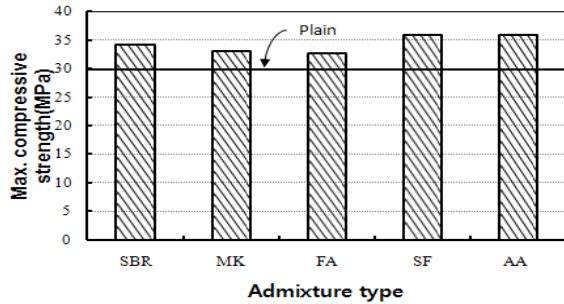
4.6 SBR 시멘트 모르타르의 최대 강도 비교

Figure 17에는 양생종류, 폴리머 시멘트비, 혼화재 혼입율을 고려하지 않고 각 혼화재별 최대 휨강도 및 압축강도를 비교하고 있다. SBR(표준양생, 폴리머 시멘트비 15%), 메타카올린(표준양생, 폴리머 시멘트비 5%), 플라이애쉬(표준양생, 폴리머 시멘트비 20%), 실리카흙(표준양생, 폴리머 시멘트비 20%), 소포제 함유 SBR 시멘트 모르타르(표준양생, 폴리머 시멘트비 10%, 15%)의 최대 휨강도는 보통시멘트 모르타르(수중양생)의 7.5 MPa에 비해 모두 높은 강도를 보였으며, 전반적으로 SBR 시멘트 모르타르의 최대 휨강도는 표준양생에서 발현되었다. 또한 압축강도의 경우, SBR(표준양생, 폴리머 시멘트비 10%), 메타카올린(표준양생, 폴리머 시멘트비 10%), 플라이애쉬(수중양생, 폴리머 시멘트비 0%), 실리카흙(수중양생, 폴리머 시멘트비 0%), 소포제 함유 SBR 시멘트 모르타르(표준양생, 폴리머 시멘트비 10%)의 최대 압축강도는 보통시멘트 모르타르(수중양생)의 30.1 MPa에 비해 모두 높은 강도를 보였다. 특히 압축강도의 최대치는 플라이애쉬 및 실리카흙을 혼입한 경우의 수중양생에서 오히려 최대치를 보여 폴리머의 혼입에 따른 압축강도의 개선효과는 발견할 수 없었다.

본 연구의 목적과 같이 긴급을 요하는 건설현장에서 보수 보강 및 마감재료로 초속경시멘트를 많이 사용하고 있는데, 빠른 경화와 함께 응결시간의 조절 및 건조수축균열의 문제점을 SBR을 혼입함으로써 적절하게 제어할 수 있으며 내구성 증진에도 크게 기여할 수 있다. 또한 여기에 적절한 혼화재료를 함께 사용한다면 보다더 강도 및 내구성이 개선된 속경성 SBR 시멘트 모르타르를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.



(a) Maximum flexural strength



(a) Maximum compressive strength

Figure 17. Maximum strengths of SBR cement mortars

Figure 18은 폴리머 시멘트비 20 %인 SBR 시멘트 모르타르의 내부를 주사형 전자현미경으로 촬영한 것이다. 본 연구에서와 같이 SBR 시멘트 모르타르의 휨강도 개선은 그림에서 관찰되는 것과 같은 폴리머 필름이 시멘트 모르타르 매트릭스에 균질하게 분포되어 형성되기 때문이며, 이러한 폴리머 필름은 강도 이외의 내구성 개선에도 커다란 역할을 한다.

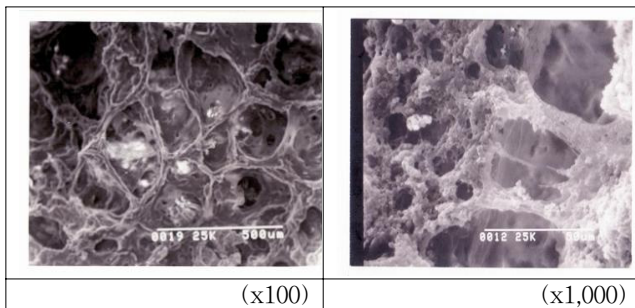


Figure 18. Monolithic polymer films formed in SBR cement mortar with polymer-cement ratio of 20 %

5. 결 론

결합재로 초속경시멘트를 사용한 SBR 시멘트 모르타르

의 혼화재 혼입에 따른 강도성상에 관한 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) SBR 시멘트 모르타르에서 동일한 시공성에 필요한 물 시멘트비는 보통시멘트 보다 SBR을 혼입한 경우 최대 50 %의 감수효과를 얻을 수 있었다.
- 2) SBR 시멘트 모르타르의 감수율은 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 증가하였으며, 플라이애쉬, 메타카올린, 실리카흙, 소포제의 혼입 순으로 감수효과가 크게 나타났다.
- 3) SBR 시멘트 모르타르의 휨 및 압축강도는 양생조건에 따라 약간의 차이는 있으나, 휨강도의 경우 폴리머 시멘트비 15 %, 압축강도의 경우 폴리머 시멘트비 10 %에서 최대치를 보였으며, 이 값은 보통시멘트 모르타르의 약 1.8배 및 1.3배 높은 강도이다.
- 4) SBR 시멘트 모르타르의 강도는 표준양생에서 최대치를 보였으며, SBR을 사용하지 않은 보통시멘트 모르타르와 플라이애쉬 및 실리카흙을 혼입한 모르타르의 경우, 수중양생에서 최대치를 발현하였다.
- 5) 본 연구결과, 속경성 SBR 시멘트 모르타르의 성질을 개선시키기 위하여 혼입한 혼화재료 및 양생조건이 강도 발현에 미치는 영향을 파악할 수 있는 기초적 자료를 제공하였다.

요 약

폴리머 시멘트 모르타르를 긴급공사의 보수보강 재료로 사용할 때, 초속경시멘트와 혼입하여 사용함으로써 시멘트의 빠른 응결과 시멘트 매트릭스 내부에서 형성된 폴리머 필름의 작용이 물리적 성질과 내구성을 개선시킬 수 있다. 또한 각종 혼화재료를 혼입함으로써 매트릭스 내부 공극을 충전하여 성질을 개선시킬 수 있는데, 양생방법이 큰 영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 속경성 SBR 시멘트 모르타르의 압축강도와 휨강도에 영향을 미칠 수 있는 혼화재료와 양생조건에 관하여 실험을 실시하여 그 영향성을 평가하고자 하였다. 본 연구결과, 초속경시멘트 모르타르에 SBR을 혼입함으로써 휨강도와 압축강도가 크게 개선되었으며, 여기에 메타카올린을 혼입함으로써 보다 더 강도를 증진시킬 수 있었다. 또한 양생방법에 있어서도 SBR을 사용한 경우에는 표준양생에서, SBR을 사용하지 않은 경우에는 수중양생에서 강도발현이 크게 나타났다.

키워드 : 폴리머 시멘트 모르타르, 폴리머 시멘트비,
감수율, 휨강도, 압축강도

Acknowledgement

This research was supported by the research grant of the Chungwoon University in 2010.

Reference

1. Ohama Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars: properties and process technology. New Jersey: William Andrew Publishing/Noyes; c1995. 257 p.
2. Won JP, Kwon YS, Lee JJ. Properties of high-performance concrete containing high-reactivity metakaolin. Journal of the Korea Concrete Institute, 2002 June;14(3):349-56.
3. Park CB, Kim HS, Jeon JY, Kim EK, Ryu DH. Properties of ternary or quaternary high strength concrete using silica fume & metakaolin. Journal of the Korea Concrete Institute, 2008 June;20(3):307-15.
4. Kang IS, Ahn MY, Paik MS, Lim NG, Moon JS, Jung SJ. Properties analysis of ultra rapid hardening mortar using magnesia-phosphate cement. Journal of the Architectural Institute of Korea, 2007 Aug;23(8):139-48.
5. Jo YK, Park HS, Soh YS. A study on the acid-proof of polymer cement mortars. Journal of the Architectural Institute of Korea, 1990 Aug;6(4):32-42.
6. Jo YK, Jeon WS, Soh YS. An experimental study on the effect of curing conditions on the improvement in strengths of polymer-modified mortar. Journal of the Architectural Institute of Korea, 1998 Mar;14(3):335-44.
7. Jo YK, So SY. Abrasion resistance of polymer-modified mortar according to curing conditions. Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2005 Aug;5(4):115-9.
8. Jo YK, Kim WK. Design of polymer grouting mortar for prepacked concrete using polymer dispersions. Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2008 Oct;8(5):85-91.
9. Jo YK. A study on the water permeability and dry shrinkage of polymer cement composites. Journal of the Korea Institute of Building Construction, 2009 Oct;9(5):73-9.
10. Korean Standards Association. KS(Korean Industrial Standards) F 2476: method of test sample of polymer-modified mortar in the laboratory. 1987. 3 p.