

친환경 UM수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 강도 및 내구성에 관한 연구

권민호¹, 김진섭^{2*}, 박수철²

¹경상대학교 토목공학과 공학연구원, ²경상대학교 토목공학과

A Study on the Strength and Durability of Polymer-Modified Mortars using Eco-friendly UM resin

Min-Ho Kwon¹, Jin-Sup Kim^{2*} and Su-Cheol Park²

¹Dept. of Civil Engineering, ERI, GyeongSang National University

²Dept. of Civil Engineering, GyeongSang National University

요약 본 연구에서는 콘크리트의 내구성 개선을 위한 친환경 수지인 UM수지 화합물을 혼합한 시멘트 모르타르의 특성을 연구하였다. 친환경수지인 UM수지를 일반 시멘트 모르타르와 일정비율로 혼합하였다. UM수지를 혼합한 폴리머 시멘트 모르타르에 대하여 압축강도, 쪼갬인장강도, 휨강도, 흡수율 및 내약품성 실험을 수행하였다. 재료실험 결과 친환경 수지인 UM수지를 함유한 시멘트 모르타르는 압축강도와 쪼갬인장강도는 감소하는 반면 휨강도와 흡수율 및 내약품성에서는 성능이 개선되었다. 친환경 UM수지 폴리머 시멘트 모르타르는 콘크리트 내구성 보강성능이 우수하였다.

Abstract In this study, the characteristics of polymer-modified mortar which include UM resin, eco-friendly resin, was studied for improving the durability of concrete. UM and cement mortar were mixed with a certain percentage. Eco-friendly UM resin polymer-modified mortar was evaluated by compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength, water absorption and chemical resistance experiments. The characteristics of eco-friendly UM resin polymer-modified mortar were evaluated by experiments. Performance of compressive strength and splitting tensile strength were decreasing. On the other hand, performance of flexural strength, water absorption and chemical resistance were increasing. Eco-friendly UM resin polymer-modified mortar reinforced concrete durability performance is excellent.

Key Words : Polymer cement mortar, UM resin

1. 서론

최근 국내에서는 산업화에 따른 지구 대기 및 산성비 등의 환경오염 문제가 많이 발생하고 있다. 특히, 산성비에 의한 콘크리트 구조물의 내구성 저하 문제가 많이 발생하고 있으나 이에 관한 연구진행이 미비하다. 외부적인 요소와 더불어 콘크리트 구조물의 노후화와 그로 인한 성능감소에 따른 내구성 문제가 빈번히 발생하고 있다.

국내·외적으로 구조물의 보수·보강 재료에 대한 관심이 급증하고 있다. 현재 폴리머 시멘트 모르타르는 일반 시멘트 모르타르에 비하여 내약품성, 내화화성, 수밀성 등 내구성이 우수하여 요구 성능에 따라 그 사용량이 증가하는 추세이다.[1-4] 하지만 현재 사용되고 있는 폴리머 시멘트 모르타르의 결합재인 수지들은 환경오염을 유발하고 인체에 유해한 물질들이 함유되어 있어 여러 가지 문제들이 발생하고 있다.

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 중견연구자 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2012-0008871)

*Corresponding Author : Jin-Sup Kim (GyeongSang National University)

Tel: +82-55-759-0538 email: jskim7085@naver.com

Received October 29, 2012 Revised (1st December 3, 2012, 2nd December 14, 2012) Accepted February 6, 2013

UM(Urethane Acrylate MMA resin)수지는인체에 무해하여 인공치아, 인공관절, 콘택트 렌즈 등의 제조에 사용되고 있다. 또한, 무독성 난연재로서 불에 탈 경우 유독가스 배출이 없다. 이러한 UM수지는 기존의 다른 수지들에 비해 경화시간이 빠르고 온도에 민감하지 않다. 또한, 상온에서 사용 시 기존의 수지에서는 발생하는 유해가스가 발생하지 않는다.

본 연구에서는 환경오염을 줄일 수 있는 친환경 수지인 UM수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 고내구성 보수·보강 재료로서의 가능성을 평가하고 고내구성 보수·보강 재료 개발에 대한 기초적 자료를 제공하는데 연구 목적이 있다.

2. 실험

2.1 실험개요

본 실험은 친환경 수지인 UM수지를 사용하여 고내구성 폴리머 시멘트 모르타르를 제조하였다. 폴리머 시멘트 모르타르의 제조 기술과 활용을 위한 기초적 연구로서 수지첨가량에 따른 강도 및 내구성을 검토하였다. 실험에 사용된 재료의 시멘트(C):표준사(S) 비는 폴리머가 함유된 시멘트 풀의 비중을 높이기 위하여 1:1로 하였고, (물(W)+UM 수지(UM)) / C를 35%로 일정하게 고정하였다. W+UM의 비율 35% 중 UM수지 첨가량 비를 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75%로 증가하여 치환 배합하였다. 배합 후 양생은 수중양생을 실시하였고 각 시편의 재령일은 28일을 기준으로 하였다. 폴리머 시멘트 모르타르의 기초적인 특성을 알아보기 위한 실험으로 압축강도시험, 쪼갬 인장강도시험을 수행하였다. 또한, 내구성을 확인하기 위하여 흡수율 시험, 내약품성 시험을 수행하였다.

2.2 사용재료

본 연구에서는 친환경 수용성 수지인 UM수지를 사용하였다. UM수지는 기존의 다른 수지들에 비해 경화시간이 빠르고 시공 시 현장의 온도에 민감하지 않아 급속 시공이 가능한 장점 등이 있는 친환경적 수지이다. 또한, 작업시 냄새가 발생하지 않아 사용성이 우수하다. UM수지의 구성 성분은 Table 1과 같다.

모르타르 배합에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정에 따른 1종 보통 포틀랜드 시멘트(밀도: 3.15g/cm³, 분말도: 3,302cm²/g)를 사용하였다. 잔골재는 KS L 5100의 규정에 따른 주문진 표준사를 사용하였다. 또한 배합 과정에서 생길 수 있는 기포들을 제거하기 위하여 소포제를 첨가하였다.

[Table 1] The composition of the resin

MMA (Methyl Methacrylate)	PMMA (Polymethyl methacrylate)	BA (Butyl acrylate)	Water
56%	7%	7%	30%

2.3 실험방법

2.3.1 배합시험

폴리머 시멘트 모르타르의 배합을 위하여 공칭용량 40L 전동 혼합기를 사용하였다. 재료투입은 우선 시멘트와 표준사를 넣고 30초간 건비빔을 행한 후 UM수지를 배합수와 2분간 혼합하여 총 비빔시간은 2분30초가 소요되었다. 정확한 혼합시간을 기록하기 위하여 스톱워치 초시계를 사용하였다. 실험에 관한 배합설계는 다음 Table 2와 같다.

[Table 2] Table of mix proportion

Proportion	parameter
(W+UM)/C(%)	35%
C:S	1:1
UM capacity	0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75%
Curing Method	water curing(20℃)
age(day)	28

2.3.2 압축강도 시험

시험용 공시체 50mm×50mm×50mm를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생 하였다. 제작된 공시체를 KS L 5105의 시험방법에 준하여 압축강도 시험을 수행하여 압축강도를 측정하였다.

2.3.3 쪼갬인장강도 시험

시험용 원형 공시체 φ100mm, h=200mm를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생 하였다. 공시체를 KS F 2423의 시험방법에 따라 쪼갬인장 강도를 측정하였다.

2.3.4 휨강도 시험

휨강도시험은 시험용 공시체 100mm×100mm× 500mm를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생 후 KS F 2408의 시험방법에 따라 휨강도 측정을 실시하였다.

2.3.5 흡수율 시험

시험용 공시체 40mm×40mm×160mm를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생 하였다. 흡수율시험은 KS F 2459 및 JIS A 1404에 따라 수행하였다.

2.3.6 내약품성 시험

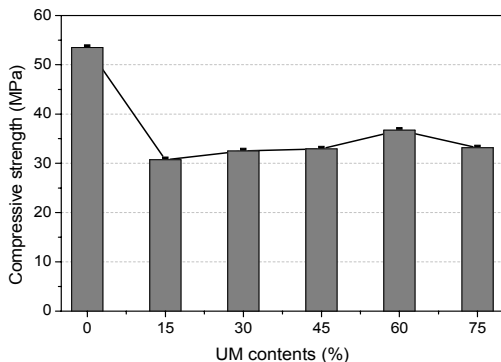
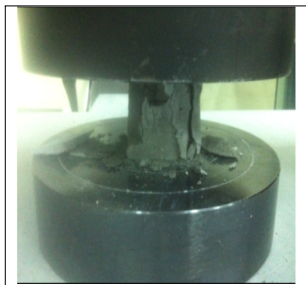
내약품성시험은 공시체 40x40x160를 배합에 따라 제작하여 28일간 수중양생 하였다. 염산 2%용액과 황산 5%용액을 사용하여 양생된 시험체를 28일간 침지하여 중량변화율을 측정하였다.

3. 실험결과 분석

3.1 강도시험결과

3.1.1 압축강도

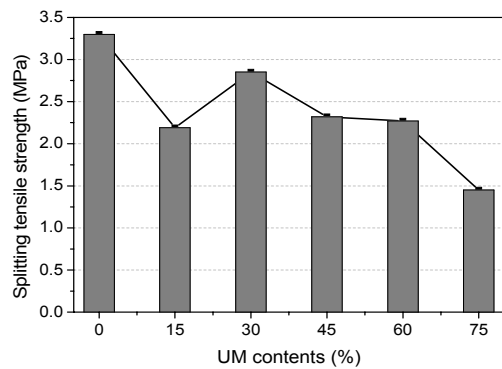
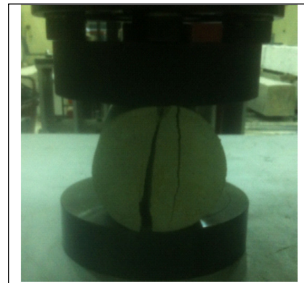
Fig. 1은 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도시험 결과를 나타내었다. 압축강도는 UM수지를 첨가함으로써 감소하는 경향을 나타내었다. UM수지를 첨가함으로써 일반 시멘트 모르타르에 비해 폴리머 시멘트 모르타르의 강도가 약 45%감소하고 있다. UM수지의 함유량이 증가할수록 일정량의 강도가 증가하지만 강도의 개선효과는 미미하다. 이러한 강도감소는 UM수지를 사용함으로써 시멘트 모르타르의 액상 중의 이온농도들이 변화하여 시멘트의 수화가 지연되기 때문이다. 또한 압축응력을 부담하는 시멘트 수화물의 강도가 작아지고, 자체 강도를 가지고 있지 않은 폴리머 막이 형성되어, 습윤 겔에 가까운 상태로 다량의 수분을 함유하여 시멘트 수화물과 골재간의 접착력이 작아지기 때문에 압축강도가 감소한 것으로 [5] 판단된다.



[Fig. 1] Test results of compressive strength

3.1.2 쪼갬인장강도

Fig. 2는 폴리머 시멘트 모르타르의 쪼갬 인장강도시험 결과를 나타내었다. 일반 시멘트 모르타르에 UM수지를 첨가함으로써 쪼갬 인장강도가 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 강도 감소는 UM수지의 첨가 시 형성되는 폴리머 막으로 인하여, 쪼갬 인장응력을 부담하는 양질의 시멘트 매트릭스형성에 좋지 않은 영향을 끼친 것으로 판단된다.

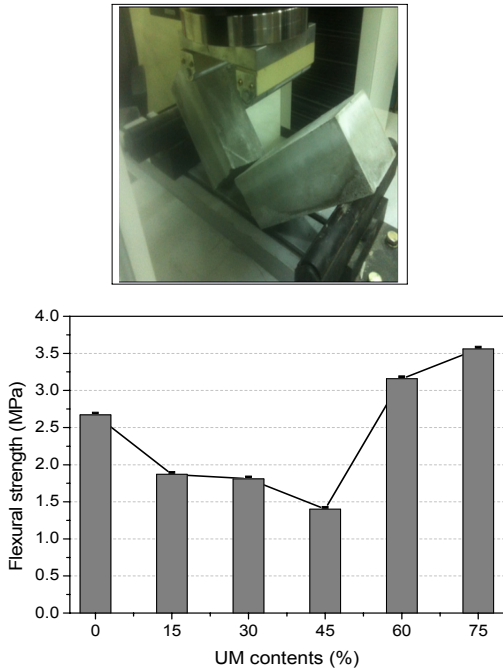


[Fig. 2] Test results of splitting tensile strength

3.1.3 휨강도

Fig. 3은 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도시험 결과를 나타내었다. 휨강도는 UM수지 첨가로 인해 강도개선 효과가 나타났다. UM첨가량 45%까지는 강도가 감소하다 60%부터는 강도가 증가하였다. 일정량 이상의 UM수지를 첨가하게 되면 일반 시멘트모르타르에 비해 휨강도가 개선됨을 확인하였다. UM수지를 첨가하지 않은 일반 시멘트 모르타르에 비해 휨강도가 최대 1.33배 증가하였다. UM수지를 첨가함으로써 휨강도가 증가되는 원인을 검토하였다. 일반적으로 경화된 시멘트페이스트는 주로 칼슘-실리카수화물과 수산화칼슘에 의한 약한 반데르발스힘에 의해 결합된다. 여기에 응력이 작용하면 쉽게 미세크랙이 발생한다. 미세크랙은 일반 모르타르나 콘크리트에 있어서 휨강도를 약화시킨다. 여기에 폴리머를 첨가함으로써 휨응력이 발생할 때 생기는 미세균열이 폴리머

막과 폴리머들에 의해 메워지면서 휨강도의 개선에 영향을 미친 것으로 사료된다.[6]



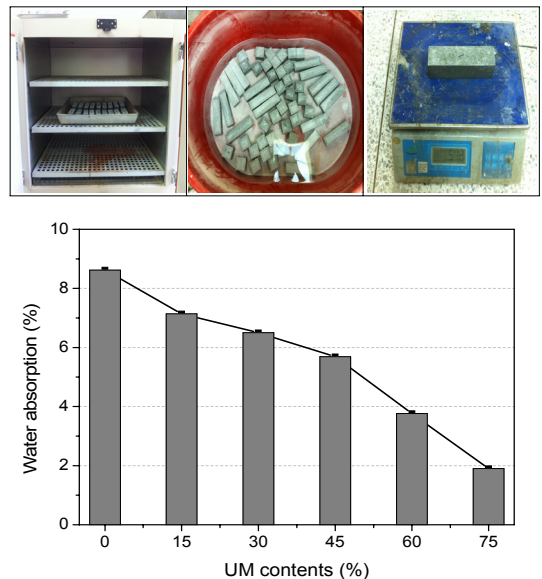
[Fig. 3] Test results of flexural strength

3.2 내구성 시험결과

3.2.1 흡수율

Fig. 4는 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율 실험결과 나타내었다. 흡수율은 구조물의 내구성에 큰 영향을 미친다. 보통 시멘트 모르타르는 기포에 의한 공극과 모세관 공극, 젤 공극 등과 삼투압 작용 등에 의해 구조물의 내부로 물이 침투하게 된다. 내부로 침투하는 물은 각종 유해물질을 포함하고 있어 철근의 부식을 일으키는 원인을 제공하므로 흡수율은 구조물의 내구성과 밀접한 관계를 가진다. 폴리머 시멘트 모르타르는 구조체 내부에서 모세관 공극 및 젤 공극과 같은 내부 공극을 폴리머 입자나 폴리머 필름이 채우면서 물이 침투할 수 있는 공극량을 감소시키게 된다. 또한 폴리머 필름은 자체적으로 방수성을 가져 외부로부터의 물의 침투를 차단할 수 있는 역할을 하게 된다. 이러한 이유로 폴리머 시멘트 모르타르는 보통 시멘트 모르타르에 비해 우수한 방수성을 가지고 있어 물의 영향을 많이 받는 구조물의 벽체나 슬래브, 지하실, 욕실, 그리고 물탱크 등의 실내외 방수재료로 사용되는 경우가 많다.[7] 본 연구에서도 기존의 연구결과들과 마찬가지로 UM수지 첨가량이 증가할수록 흡수율이 낮아졌다. UM첨가량 75%에서는 UM수지를 첨가하지 않

은 일반 시멘트 모르타르 보다 약 4.54배의 흡수율 감소 효과가 나타났다. 폴리머 시멘트 모르타르의 흡수율 및 투수성은 수지의 함유량에 따라 많은 차이를 나타내고 있다. 일반적으로 흡수율은 공기량과 폴리머의 종류보다는 폴리머 시멘트 비에 따라 큰 차이를 나타내며, 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 흡수율도 감소하는 것으로 알려져 있다.[8] 이것은 폴리머디스퍼전이 미수화 시멘트복합체 내부에서 분산되어 계면활성효과를 발휘하고, 시멘트의 수화과정의 진행에 따라 탈수, 건조되면서 자착성과 접착성을 갖는 폴리머 막을 형성하여 복합체내의 미세공극을 밀봉함으로써 복합체의 투기, 투수에 대한 저항성을 증대시키기 때문이다.[9]

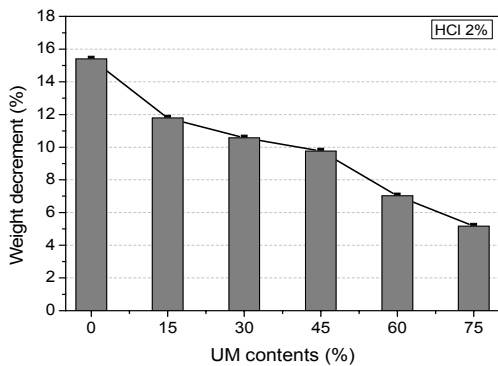
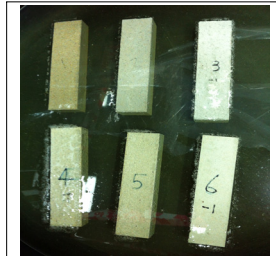


[Fig. 4] Test results of water absorption ratio

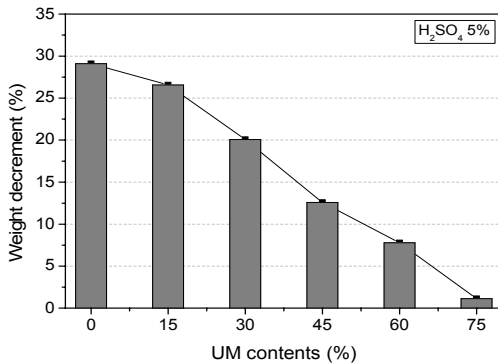
3.2.2 내약품성

Fig. 5는 폴리머 시멘트 모르타르의 내약품성 실험결과를 나타내었다. 염산 2%용액에서는 UM수지 첨가량이 적을수록 시편들의 색이 변하였다. 황산 5%용액에서는 시편들의 표면이 벗겨지며 손상되었다. UM수지 첨가량이 증가할수록 내산성이 커짐을 알 수 있다. UM수지를 첨가하지 않은 일반 시멘트 모르타르에 비해 염산용액에서는 최대 2.98배, 황산용액에서는 최대 21.89배 중량 감소율의 변화가 나타났다. 이 결과로 UM수지의 사용이 내산성에 큰 효과가 있음을 알 수 있다. 이는 폴리머 필름의 형성으로 공시체 표면의 미세한 크랙이 줄어들고 필름의 실링효과로 밀실성이 증가됨으로서 산성용액에 대한 저항효과가 커진 것으로 사료된다. 또 폴리머를 혼입함으로써 폴리머 입자와 폴리머 필름의 형성으로 인해

폴리머 시멘트 모르타르의 내부의 큰 공극을 채우면서 전 세공용적은 줄이고 미세공극량은 증가시키기 때문에 내구성 향상에 많은 영향을 끼친 것으로 생각된다. [10,11]



(a) HCl



(b) H₂SO₄

[Fig. 5] Test results of chemical resistance

4. 결론

본 연구에서는 환경오염을 고려한 고내구성 보수보강 재료의 개발 가능성을 평가하기 위하여 친환경수지인 UM수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르의 특성을 실험을 통해 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도는 UM수지의 함유량이 증가할수록 일정량의 강도가 증가하지만, UM수지를 첨가하기 이전의 일반 시멘트 모르타르 강도 이상의 개선효과는 발생하지 않았다.
2. 쪼갬 인장강도는 UM수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르가 일반 시멘트 모르타르에 비하여 개선되지 않았다.
3. 휨강도는 UM수지 첨가량 60%부터 증가하는 경향이 나타났으며 75%에서는 UM수지를 첨가하지 않은 일반 시멘트 모르타르에 비해 강도가 최대 1.33 배 증가 하는 것으로 나타났다. 따라서 UM수지를 일정량 이상으로 첨가하게 되면 휨강도 증진에 효과가 있는 것으로 판단된다.
4. 폴리머 모르타르 시멘트의 흡수율은 UM수지 사용량이 75%일 경우 수지 사용 전 보다 흡수율이 약 4 배 감소하였다. 따라서 UM수지를 사용할 경우 방수성능이 증가한다.
5. UM수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르에서, UM수지를 75%사용한 경우 수지 사용전보다 염산은 약 3배, 황산은 약 22배 중량감소율이 감소하였다. 따라서 UM수지를 사용할 경우 내약품성이 증가한다.

본 논문의 연구결과 친환경 수지인 UM수지를 사용한 폴리머 시멘트 모르타르는 구조물의 내구성 보호에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 특히 산성에 대한 고내구성을 요구하는 구조물이나 지역에 사용하면, 우수한 건설 재료로 이용 될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 사용 목적에 따라 채움재나 첨유들을 보강하면, 강도 증진의 효과가 발생할 수 있을 것으로 판단되며, 추후 이에 대한 연구가 지속적으로 수행 되어야 한다.

References

- [1] Y. Ohama, "Cement, Concrete and Aggregates." pp. 4,94, 1982.
- [2] Y. Ohama, K. Notoya, and M. Miyake, "Transactions

- of the Japan Concrete Institute.” pp. 7,165, 1985.
- [3] Y. Kasai, I. Matsui, and Y. Fukushima, “Poly-mers in Concrete.” pp. 3,178, 1981.
- [4] A. O. Kaeding, “Polymers in Concrete.” pp. 2,9, 1978.
- [5] Sekino Kazuo, “A study on the characteristics and mix design of Ultra rapid-Hardening Polymer-Modified cement concrete.”, Universities in Japan Doctoral dissertation, pp. 28-41, 1996.
- [6] V.S. Ramachandran, “Concrete Admixtures Handbook -Proper”, “Science and Technology-”, noyes. pp. 337-391.
- [7] G. W. DePuy, “Proceedings of the International ICPC workshop on polymers in concrete.” Slovenia, pp. 63-67, 1996.
- [8] Y. Ohama, Report of the Building Research Institute, pp. 65,74, 1973.
- [9] Soh Yang-Seob, Park Hong-Shin, Jo Young-kug, Lee Je-Bang, “An Experimental Study on the Development of Polymer cements mortar”, Joural of Architectural Institute of korea, Vol.1 No.4 pp. 241-248, 1991.8.
- [10] Ohama Y., “handbook of polymer-Modified Concrete and Mortar, Properties and Process Technology.” Noyes Pub-lications, New Jersey, pp. 130-133, 1995.
- [11] Do Choon-Ho, Lee Dae-Soo “Emulsion polymerization of basic and applied.” The korean chemical society, Yeocheon branch, 2002.

권민호(Min-Ho Kwon)

[정회원]



- 2008년 8월 : Univ.of Colorado, Boulder (공학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 경상대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

철근콘크리트 구조해석, 전산구조, 내진평가

김진섭(Jin-Sup Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 경상대학교 토목공학과 (박사과정)

<관심분야>

철근콘크리트 구조해석, 전산구조, 내진평가

박수철(Su-Cheol Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학사)
- 2011년 3월 : 경상대학교 토목공학과 (석사과정)

<관심분야>

철근콘크리트 구조해석, 전산구조, 내진평가