

고분자수용액을 첨가한 황토 결합재의 성능 평가

The Performance Evaluation of Red Clay Binder with Polymer Aqueous Solution

김진성* 김호진** 최형길***
Kim, Jin-Sung Kim, Ho-Jin Choi, Hyeong-Gil

Abstract

In this study, the performance evaluation was performed by adding a polymer aqueous solution as a new additive of the red clay binder for use in the rammed earth construction method. The evaluation items were compressive strength and microstructure analysis. As a result of the experiment, the performance of the red clay binder was improved by efficiently bonding the silica particles by the polymerized polymer.

키워드 : 고분자수용액, 황토, 담틀공법, 미세구조

Keywords : polymer aqueous solution, red clay, rammed earth construction, microstructure

1. 서론

담틀공법은 목재나 철재를 활용해 일체형의 거푸집 틀을 만들어, 그 안에 황토를 넣고 다짐으로써 일체형의 벽체나 바닥 등을 형성하는 흙건축의 시공방식 중 하나이다. 담틀공법의 요구 물성 기준의 경우 ACP-EEC에서는 흙다짐 시, 양생 28일의 압축강도를 2.4MPa로 제시하고 있다¹⁾. 현재 담틀공법은 황토 결합재의 강도 및 내구성 증진을 위해 고화제로써 8~12% 이상의 시멘트를 첨가하여 사용하고 있다²⁾. 그러나, 시멘트의 경우 생산 및 공정 과정에서 환경오염을 야기하며, 적정 이상 첨가 시 황토 자체의 고유 특성이 저하되는 단점이 있다. 이에 황토 결합재의 성능 향상을 위한 기존의 시멘트를 대체할 수 있는 새로운 첨가제의 검토가 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 담틀공법에 활용하기 위한 황토 결합재의 성능 향상을 위해 새로운 첨가제로써 고분자수용액을 첨가하여 압축강도 및 미세구조 분석을 실시하여 고분자수용액의 적용 가능성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

황토는 Halloysite계의 미세한 공극을 다량 함유하는 다공질의 구조로써 주요 화학조성은 SiO_2 , Al_2O_3 및 Fe_2O_3 이다. 본 연구에서는 황토 시료의 입자 상태를 균일화하기 위해 배합 전 2mm체로 체가름을 실시한 후 사용하였다. 고분자수용액은 Acrylic Acid(AA)와 Acrylamide(AM)가 개시제를 통해 공중합체 되어 중합된 Poly(AA-co-AM) 형태의 고형분 5wt% 수용액이며, 고유 점도는 2~3dL/g이다. 표 1에 실험계획을 나타내었다. 시험체 수준은 황토만의 배합인 R, 황토-고분자수용액 배합인 RP 그리고 황토-고분자수용액-시멘트 배합인 RPC 총 3수준으로 설정하였다. 배합 시 액상인 물과 고분자수용액의 경우 8wt% 외할로 첨가하였으며, 시멘트의 경우 기존의 연구에서 제시하고 있는 첨가량의 약 50%인 5wt%를 내할로 첨가하였다. 압밀조건은 예비 실험을 통해 도출된 압밀도 2MPa로 압밀하여 제작하였으며, 양생조건은 온도 20℃, 상대습도 60%의 항온항습 조건에서 실시하였다. 평가항목으로 압축강도는 KS L 5105에 준하여 50×50×50mm 크기의 재령별 시험체를 3개씩 제작하여, 재령 1, 3, 7, 28일에 측정하였다. 기공률 분석은 재령 28일에 시료를 분말 형태로 채취하여 온도 60℃에서 절대 건조 후, 수은을 0~60,000psi로 가압시켜 공극률 및 공극의 크기를 측정하였다. 주사전자현미경(SEM) 이미지는 재령 28일에 분말 형태로 채취한 시료를 가속 전압 15kV, 배율 3,000배에서 관찰하였다.

표 1. 실험계획

시험체 수준	배합조건				실험조건		평가항목
	Binder (wt%)		W[외할] (B*wt%)	PA[외할] (B*wt%)	압밀 조건	양생 조건	
	R	C					
R	100	-	8	-	2MPa	20℃ RH 60%	<ul style="list-style-type: none"> ■ 압축강도 ■ 공극률 분석 ■ 주사전자현미경 이미지
RP	100	-	-	8			
RPC	95	5	-	8			

* R : red clay, C : cement, W : mixing water, PA : polymer aqueous solution

* 경북대학교 건설환경에너지공학부, 박사과정
** 한국화학융합시험연구원 대구경북지원 책임연구원
*** 경북대학교 건축학부 부교수, 공학박사, 교신저자(hgchoi@knu.ac.kr)

3. 실험결과 및 고찰

그림 1 및 2에 배합조건에 따른 압축강도 및 공극률 측정결과를 나타내었다. 고분자수용액을 첨가한 배합인 RP와 RPC의 경우 황토만의 배합인 R에 비해 압축강도가 다소 높은 수준으로 측정되었다.

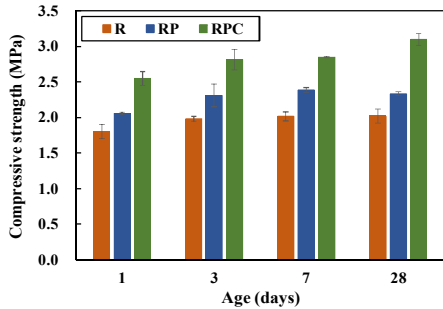


그림 1. 압축강도 측정결과

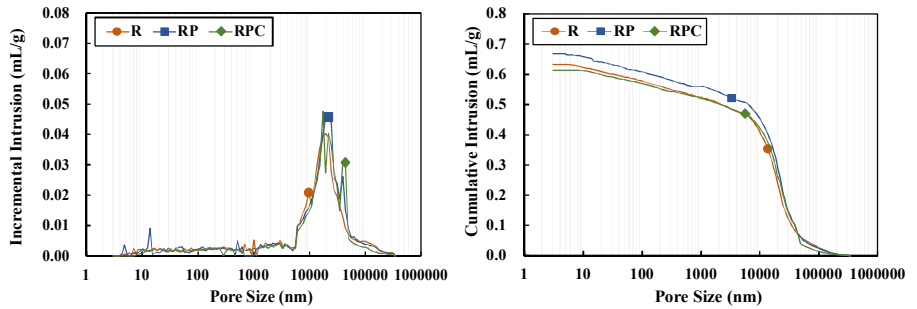
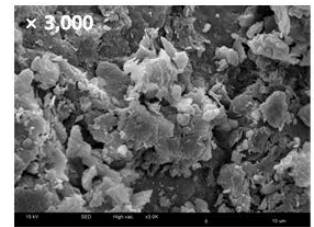


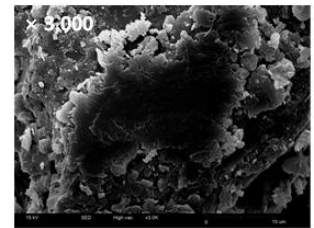
그림 2. 공극률 측정결과

또한, RP의 경우 누적 공극량이 R에 비해 높은 수준으로 측정되었다. 이는 단고분자인 AA와 AM이 개시제를 통해 공중합체되는 과정에서 형성되는 분자 간극이 10^4 - 10^5 nm 수준으로 형성되어, 전체 누적 공극량에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이때, RP가 R에 비해 누적 공극량이 많음에도 불구하고 압축강도 측면에서는 다소 높은 수준으로 측정되었는데, 이는 고분자수용액에 첨가된 중합체 고형분인 Poly(AA-co-AM)이 황토와 배합 시 물과 황토의 실리카 입자 사이에서 2차 결합역할을 하여 입자 간의 규칙적인 배열을 형성시켜 황토 결합재의 강도 증진에 기인한 것으로 판단된다. 한편, RPC의 경우 누적 공극량이 RP와 R에 비해 낮은 수준으로 측정되었다. 이는 시멘트의 수화반응으로 인해 생성된 수산화칼슘 등의 수화생성물이 공극을 메꾼 것으로 판단되며, 이와 더불어 고분자수용액의 고형분인 Poly(AA-co-AM)의 2차 결합으로 다른 배합들에 비해 높은 압축강도가 측정된 것으로 판단된다. 또한, 재령 28일에는 압축강도가 3.1MPa로 측정되어, 담틀공법 시 황토의 고유 특성을 유지하는 동시에 강도 증진을 위해 기존에 제시되고 있는 시멘트의 첨가량 8~12%를 고려²⁾하였을 때, 본 실험의 경우 시멘트의 첨가량을 약 50%로 낮추는 동시에 규정에서 제시하고 있는 강도를 만족하는 수준으로 나타났다.

그림 3에 배합조건에 따른 주사전자현미경 관찰결과를 나타내었다. 고분자수용액을 첨가하지 않은 배합인 R의 경우 황토 결합재의 표면이 상당히 거칠며, 응집이 충분히 일어나지 않아 크고 작은 황토의 실리카 입자들이 광범위하게 관찰되는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 고분자수용액이 첨가된 배합인 RP와 RPC의 경우 고분자수용액이 첨가되지 않은 R에 비해 표면이 비교적 매끄럽게 관찰되었는데, 이는 앞서 언급한 Poly(AA-co-AM)이 2차 결합으로 가교역할을 하여 황토의 실리카 입자와 물을 효과적으로 수소결합 하는 것으로 판단된다.



(a) R



(b) RP



(c) RPC

그림 3. SEM 관찰결과

4. 결론

본 연구에서는 담틀공법에 활용하기 위한 황토 결합재의 새로운 첨가제로써 고분자수용액을 첨가하여 경화 특성 및 미세구조 분석을 실시하였다. 실험결과, 고분자수용액 내부에 존재하는 중합체 고형분이 2차 결합역할로 황토 입자 및 물과 효과적으로 수소결합하여 판상 형태로 응집되었으며, 이를 통해 경화 특성이 향상된 것으로 확인되었다. 따라서, 담틀공법에 적용하기 위한 황토 결합재의 성능 향상을 위한 새로운 첨가제로써 고분자수용액의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입(No. NRF-2018R1D1A1B07049812).

참고 문헌

- 황해주, 김태훈, & 양준혁, 흙다짐 적용을 위한 흙의 선정 및 입도조건에 관한 연구. 한국생태환경건축학회 논문집, 제9권 제2호, pp.65~71, 2009
- Bahar, R., Benazzoug, M., Kenai, S. (2004). Performance of compacted cement-stabilised soil. Cement and concrete composites, Vol.26, No.7, pp.811~820