

경량콘크리트를 사용한 충전용 재료의 공학적 특성 Engineering Characteristics of Filling Materials using Lightweight Foamed Concrete

도종남¹⁾, Jong-Nam Do, 강형남¹⁾, Hyung-Nam Kang, 서두원²⁾, Doo-Won Seo, 천병식³⁾, Byung-Sik Chun

¹⁾ 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정, Ph.D.Candidate, Dept. of Civil Engineering, Hanyang University

²⁾ 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Hanyang University

³⁾ 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Hanyang University

SYNOPSIS : In this study, the base mixing ratio was determined to estimate the optimal mixing ratio of material with a change of mixing ratio of micro cement, sand, foaming agent, plasticizer by testing the unconfined compressive strength test. The unconfined compressive strength test was performed to grasp an engineering characteristics of with a change of micro cement, bubble.

The results of test, the unconfined compressive strength increased with a micro cement's increase and bubble's decrease. In the future, it will be secured that is reliable datas from laboratory of various condition and in-situ tests to develop optimal lightweight foamed concrete.

Keywords : Lightweight foamed concrete, unconfined compressive strength test, Micro cement, From agent.

1. 서론

일반적으로 지하구조물의 배면이나 공동부위를 충전하는 주재료로 사용되고 있는 경량기포콘크리트의 경우 시멘트 페이스트나 몰탈에 단순히 발포된 기포를 혼합하여 사용하고 있으며 사용되는 기포액의 종류나 기준도 명확히 정해진 바가 없어 식물성·동물성 기포제가 별다른 성능의 검증없이 무분별하게 사용되고 있는 실정이다. 또한 지하공간은 측정과 예측이 불가능한 무수한 공극과 절리면 등이 존재하며 충전된 재료가 과도한 유동성으로 중력과 유수 작용에 의해 이러한 곳으로 유출되는 것을 방지해야만 한다(이승한, 2002).

그러나 지하작업의 특성상 인력과 장비의 접근이 어려울 뿐만 아니라 만족할 만한 공극의 충전을 위해서는 재료의 유동성 확보는 필수적인 요소이기 때문에 이러한 이율배반적인 요소를 해결해야 하는 어려움이 있다. 비단 유수뿐만 아니라 지하공간은 언제나 물에 노출될 수 있으므로 충전후 재료가 경화 전 용수에 의해 희석되거나 블리딩, 재료분리 등으로 인한 물리적 성능저하가 없어야 하고, 충전용 그라우트 재료가 토압 등의 하중을 균등하게 전달시키기 위해 소정의 압축강도($10\sim 20\text{kgf/cm}^2$)가 필요하다(신재경 등, 2006). 또한 경화과정 및 경화후 2차 공극에 의한 하중의 국부적인 전달을 방지하기 위해 무수축성이 필요하다. 또한 시공 완료후 지하수와의 접촉이 항시 예상되므로 지하수와 토양의 오염을 유발하지 않는 친환경성이 요구된다(노재성 등, 1997).

종래의 공극/공동 충전용 그라우트 재료로 사용되는 시멘트나 몰탈은 절리면 등 지중의 균열과 공극으로 재료가 유출되거나 수축으로 완전한 충전이 이루어지지 않음은 물론 무거운 중량으로 인하여 구조

물과 지반에 하중을 부담시키는 부작용을 야기하고 있다. 기존의 기포제나 벤토나이트 등 팽창재를 사용하는 경량그라우트 공법의 경우 재료의 유출이 일어나며 특히 기포소멸과 블리딩 현상으로 체적이 현저히 줄어들어 경화(주입후 약 10시간)후 수차례의 주입을 반복해야 하는 문제점이 있다(변근주 등,1996).

따라서, 본 연구에서는 지하구조물 배면의 공극과 공동을 효과적으로 충전 하면서도 비중이 작고 공극과 공동구의 완전한 충전이 가능하며 충전후 중력과 유수로 의한 재료의 유실이 발생되지 않고 경화과정에서 수축과 침하가 이루어지지 않는 재료를 개발하고자 하였다. 기초적인 연구로 재료의 최적배합비 산정을 위해 마이크로시멘트, 모래, 기포제, 가소제의 혼합비율을 변화시켜가며 일축압축강도시험을 실시하여 각 배합비별 강도특성을 파악하였다.

2. 실내시험 방법

2.1 공시체 제작

본 연구에서 개발하고자 하는 재료의 배합비는 표 1~4와 같이 총 4가지 Case로 나누어 시험을 실시하였다. Case 1은 시멘트 증감에 따른 강도특성, Case 2는 가소제량 증감, Case 3는 기포량 증감에 따른 강도특성을, Case 4는 기포 발생 경과시간에 따른 강도특성을 파악하기 위한 공시체이다. 각 공시체는 재령 7일, 14일, 28일에 일축압축강도 시험을 실시하여 강도특성을 파악하였다.

표 1. 시멘트량 증감에 따른 공시체 배합비(Case 1)

공시체 종류 \ 재료	시멘트(kg)	잔골재(kg)	물(kg)	기포(kg)	혼화제(kg)
Case 0(기준배합비)	1200	2400	920	67.17	103
case 1-1	1440	2400	920	67.17	103
case 1-2	960	2400	920	67.17	103
case 1-3	1680	2400	920	67.17	103
case 1-4	720	2400	920	67.17	103

표 2. 시멘트량 증감에 따른 공시체 배합비(Case 2)

공시체 종류 \ 재료	시멘트(kg)	잔골재(kg)	물(kg)	기포(kg)	혼화제(kg)
Case 0(기준배합비)	1200	2400	920	67.17	103
case 2-1	1200	2400	920	67.17	123.6
case 2-2	1200	2400	920	67.17	82.4
case 2-3	1200	2400	920	67.17	144.2
case 2-4	1200	2400	920	67.17	61.8

표 3. 시멘트량 증감에 따른 공시체 배합비(Case 3)

공시체 종류 \ 재료	시멘트(kg)	잔골재(kg)	물(kg)	기포(kg)	혼화제(kg)
Case 0(기준배합비)	1200	2400	920	67.17	103
Case 3-1	1200	2400	920	80.604	103
Case 3-2	1200	2400	920	53.736	103
Case 3-3	1200	2400	920	94.038	103
Case 3-4	1200	2400	920	40.302	103

표 4. 시멘트량 증감에 따른 공시체 배합비(Case 4)

공시체 종류	재료	시멘트(kg)	잔골재(kg)	물(kg)	기포(kg)	혼화제(kg)
발생즉시(Case 0), 발생 10분 후(Case 4-1)		1200	2400	920	67.17	103
발생 60분 후(Case 4-2), 발생 3시간 후(Case 4-3)						
발생 6시간 후(Case 4-4), 발생 1일 후(Case 4-5)						
발생 3일 후(Case 4-6), 발생 7일 후(Case 4-7)						

2.2 일축압축시험

일축압축강도시험(KS F 2405)은 Case 1~4에 해당되는 공시체의 재령 7일, 14일, 28일에서 일축압축강도를 비교하기 위해 만능재하시험기를 이용하여 실시하였다.

일축압축강도 시험을 위한 공시체는 KS F 2403(콘크리트의 강도시험용 공시체의 제작방법)을 참고하여 원형 시편으로 Ø10cm×20cm로 제작하였다.

3. 시험결과

3.1 시멘트량 증감에 따른 강도특성

시멘트량 증감에 따라 배합된 공시체(Case 1)의 일축압축시험 결과는 그림 1과 같이 시멘트량이 증가함에 따라 일축압축강도가 증대하는 경향을 나타내었다. 시멘트가 증가할수록 강도가 증대하는 것은 당연한 결과이나, 본 연구의 목표가 재료의 경량화 이므로 차후 연구에서 배합비별 단위중량시험을 실시하여 적절한 배합비를 선정하여야 할 것으로 사료된다.

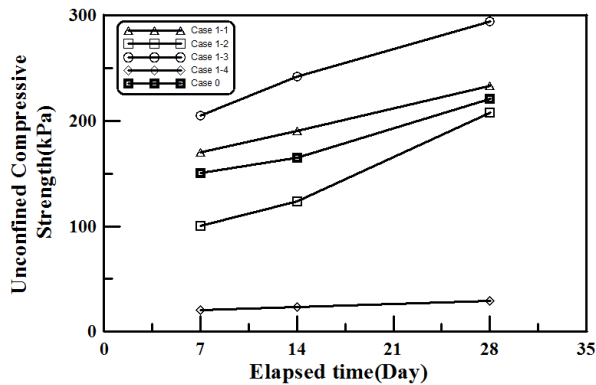


그림 1. 일축압축시험 결과(Case 1)

3.2 가소제량 증감에 따른 강도특성

경량콘크리트 재료 중 가소제량의 증감에 따른 강도특성을 파악하기 위해 Case 2-1~2-4의 공시체에 대한 일축압축시험을 실시한 결과는 그림 2와 같다. 가소제의 배합량이 증대함에 따라 일축압축강도는 감소하였고, 기준배합비(Case 0)의 일축압축강도가 재령 28일 기준으로 가장 큰 것으로 나타나 기포량 및 시멘트와 적절하게 반응하는 가소제량 결정이 중요한 것으로 나타났다.

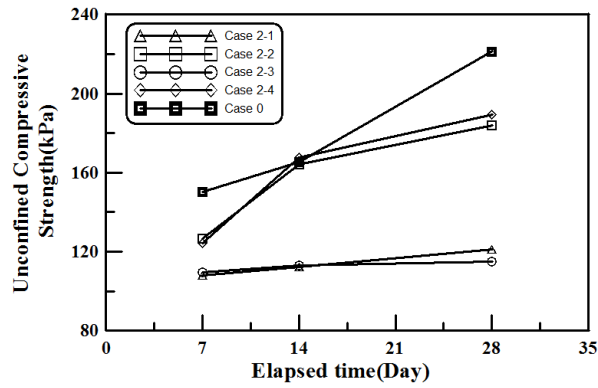


그림 2. 일축압축시험 결과(Case 2)

3.3 기포량 증감에 따른 강도특성

재료를 경량화 시키기 위한 적정 기포량을 결정하기 위한 기초 실험으로 기포량 증감에 따른 경량콘크리트의 일축압축강도 특성을 파악한 결과는 그림 3과 같다. 시험결과 기포량의 배합비가 감소할수록 강도가 증대하는 경향이 나타났으나, 상대적으로 시멘트 및 골재량이 증가하는 것이므로 차후 연구에서 수행할 단위중량 시험을 고려한 배합비 결정이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

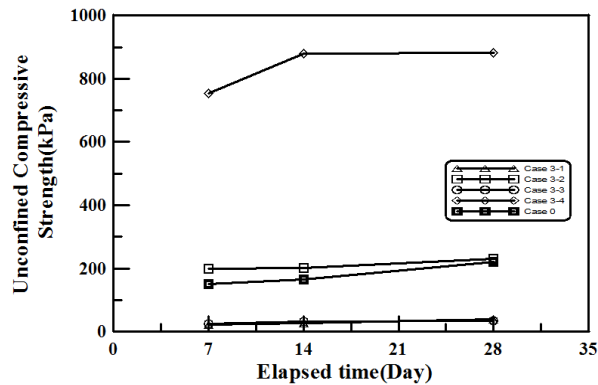


그림 3. 일축압축시험 결과(Case 3)

3.4 기포발생 경과시간에 따른 강도특성

경량콘크리트는 제조하는 과정에서 재료의 경량화를 위해 쓰이는 기포를 발생경과 시간에 따라 공시체 제작을 실시하여 경과시간에 따른 재료의 일축압축강도 특성을 살펴보았으며, 그 결과는 그림 4와 같다. 시험 결과, 발생 후 시간이 경과한 기포를 사용할수록 재료의 강도가 증대함을 알 수 있었으나, 기포는 발생 후 시간이 경과함에 따라 공기와 반응하여 기화하는 특성이 있어 그 부피가 줄어들어 상대적으로 시멘트와 골재량이 증대하게 되므로 적절한 기포량의 배합비가 정해지면 발생 즉시 배합하여 재료를 제조하는 것이 바람직 한 것으로 사료된다.

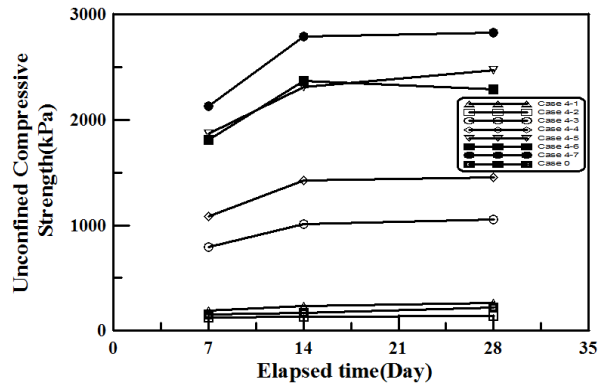


그림 4. 일축압축시험 결과(Case 4)

4. 결론

본 연구에서는 경량기포콘크리트의 최적배합비 산정을 위해 마이크로시멘트, 모래, 기포제, 가소제의 혼합비율을 변화시켜가며 일축압축강도시험을 실시하여 각 배합비별 강도특성을 파악하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 본 연구에서 개발하고자 하는 재료의 배합비를 총 4가지 Case로 나누어 시멘트 증감, 가소제량 증감, 기포량 증감에 따른 강도특성 및 기포 발생 경과시간에 따른 강도특성을 파악하기 위한 공시체를 제작하여 재령 7일, 14일, 28일의 일축압축강도를 측정하여 강도특성을 파악하였다.
- (2) 시멘트량 증감에 따라 배합된 공시체(Case 1)의 일축압축시험 결과는 시멘트량이 증가함에 따라 강도가 증대하는 경향을 나타내었다. 시멘트가 증가할수록 강도가 증대하는 것은 당연한 결과이나, 본 연구의 목표가 재료의 경량화 이므로 차후 연구에서 배합비별 단위중량시험을 실시하여 적절한 배합비를 선정하여야 할 것으로 사료된다.
- (3) 경량콘크리트 재료 중 가소제량의 증감에 따른 강도특성을 파악하기 위해 Case 2-1~2-4의 공시체에 대한 일축압축시험을 실시한 결과, 가소제의 배합량이 증대함에 따라 일축압축강도는 감소하였고, 기준배합비(Case 0)의 일축압축강도가 재령 28일 기준으로 가장 큰 것으로 나타나 기포량 및 시멘트와 적절하게 반응하는 가소제량 결정이 중요한 것으로 나타났다.
- (4) 경량콘크리트는 제조하는 과정에서 재료의 경량화를 위해 쓰이는 기포를 발생경과 시간에 따라 공시체 제작을 실시하여 경과시간에 따른 재료의 일축압축강도 특성을 살펴보았으며, 그 결과 발생 후 시간이 경과한 기포를 사용할수록 재료의 강도가 증대함을 알 수 있었으나, 기포는 발생 후 시간이 경과함에 따라 공기와 반응하여 기화하는 특성이 있어 그 부피가 줄어들어 상대적으로 시멘트와 골재량이 증대하게 되므로 적절한 기포량의 배합비가 정해지면 발생 즉시 배합하여 재료를 제조하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 노재성, 황의환, 홍성수, 이범재(1997), 비중의 변화와 발수제 첨가가 경량기포콘크리트의 물성에 미치는 영향, 한국콘크리트학회 논문집 Vol.9 No.4, pp.137~144.
2. 변근주, 박상순, 송하원(1996), 경량기포콘크리트의 개발과 역학적 특성에 관한 연구. 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, pp. 358~365.
3. 신재경, 유승엽, 정광복, 홍상희(2006), 혼화제 치환에 따른 경량기포콘크리트의 기초적 특성, 한국콘크리트학회 2006년도 봄 학술발표회 논문집, pp. 521~524.
4. 이승한(2002), 경량기포콘크리트의 연속공극 형성에 미치는 기포제의 영향, 한국콘크리트학회논문집 Vol.14 No.5, pp.742~749.