

고강도 콘크리트의 성능기반형 배합설계방법

Application of PBMD for High Strength Concrete Mix Proportion Design

이 상 원* 오 일 선** 이 후 석** 박 성 환** 김 장 호***

Lee, Sang Won Oh, Il Sun Lee, Hoo Seok Park, Sung Hwan Kim, Jang Ho

ABSTRACT

This paper is a study about application of recently proposed Performance Based Mixture Design (PBMD) for design of high strength concrete (HSC) to obtain HSC mix proportion that satisfies required performances. Based on extensive experimental results obtained for various material and performance parameters of HSC, the application feasibility of the developed PBMD procedure for HSC has been verified. Also, the proposed PBMD procedure has been used to perform application examples to obtain desired target performances of HSC with optimum concrete mixture proportions using locally available materials, local environmental conditions, and available concrete production technologies.

요 지

본 연구에서는 Bayesian 확률법을 이용한 성능기반형 배합설계방법(Performance Based Mixture Design, 이하 PBMD)을 고강도 콘크리트 배합설계에 활용하여 요구성능을 만족하는 고강도 콘크리트 배합비를 찾는 것을 목표로 하고 있다. 고강도 콘크리트의 여러 가지 재료·성능 변수들을 구하기 위해 수행한 여러 가지 실험들의 결과를 바탕으로 고강도 콘크리트 배합설계 시 PBMD 방법의 적용가능성에 대해 검토하였으며 지역에 따른 환경 조건, 사용 가능한 재료, 적용 가능한 콘크리트생산기술 등을 고려하여 목표성능을 만족시키는 최적의 콘크리트 배합비를 구하는 과정을 PBMD 방법을 적용한 예제를 통해 나타내었다.

1. 서 론

이 논문의 최종 목적은 단일변수 Bayesian 방법을 이용하여 얻은 만족도 곡선을 활용한 성능기반형 배합설계(Performance Based Mixture Design, 이하 PBMD)를 고강도 콘크리트(High Strength Concrete, 이하 HSC)의 배합설계에 적용하는 것이다.

PBMD 과정은 만족도곡선 개념을 활용하여 최적의 콘크리트 배합을 찾아가는 과정이다. PBMD의 전체 설계과정은 3단계의 주요과정과 7단계의 세부과정으로 서술하였다. 주요과정의 첫 번째 단계는 발주자의 요구를 기초로 한 초기설계 과정, 두 번째 단계는 초기설계를 평가하고 최적화하는 과정, 세 번째 단계는 중간설계를 수정하여 최종설계로 완성하는 단계이다.

콘크리트변수들과 HSC의 요구기준들(압축강도, 쪼갬인장강도, 휨강도)의 관계를 만족도 곡선의 형태로 작성하기 위해서 실험을 수행하여 데이터를 얻어내었다.

2.1 실험 및 결과

이 실험의 목적은 70 MPa의 압축강도를 갖는 고강도 콘크리트를 생산하는 것이다. 시험결과를 보면 SP의 용량에 따라 강도가 약간 변화하지만 SP를 많이 첨가하면 굳지 않은 콘크리트가 재료분리를 일으켜 강도저하를 유발하는 것을 알 수 있다. 또한 SF의 용량은 목표강도를 달성하기 위해 중요한

* 정희원, 연세대학교, 콘크리트구조연구실, 석박 통합과정

** 정희원, 연세대학교, 콘크리트구조연구실, 석사과정

*** 정희원, 연세대학교, 사회환경시스템공학부, 부교수

요소임을 알 수 있다. SF 8%의 강도는 SF 5%의 강도보다 약간 높지만 비용측면에서 SF의 가격이 보통포틀랜드시멘트보다 높으므로 SF 8%가 SF 5%보다 생산비용이 많이 든다. 하지만 재료변수가 변하면 목표슬럼프도 변하기 때문에 콘크리트 배합설계과정에서 이를 반드시 고려해 주어야 한다.

2.2 만족도 곡선 작성

만족도 곡선은 다양한 콘크리트 재료변수들에 대해 성능만족확률이 기준치 내에 있을 조건부 확률을 계산함으로써 얻어낼 수 있다. 조건부 확률은 $P_{ik} = P[S \geq s_i | Y = y_k]$ 같이 정의 될 수 있다.

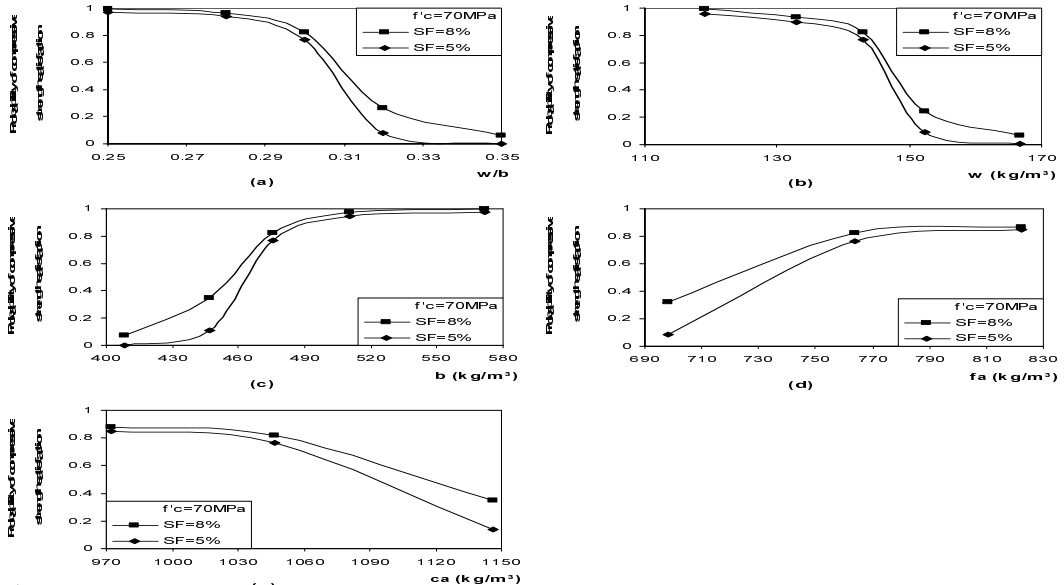


그림 1. Compressive Strength Satisfaction Curve of (a) water-to-binder ratio; (b) water content; (c) binder content; (d) fine aggregate content; (e) coarse aggregate content

3. 결론

PBMD의 장점은 HSC의 성능과 관련하여 변수들 간에 상호연관성을 고려할 수 있다는 특성과 HSC 배합설계의 변화에 대해 민감하게 반응할 수 있다는 점이다. 또한, HSC 배합설계 시 콘크리트 성능요구기준을 만족하도록 하는 PBMD의 실제 적용가능성을 검증해 보았다. PBMD과정에 의한 분석적 결과값과 ACI 214R-02에 의한 결과값의 차이는 5% 이내로 허용가능한 수준이다. 이 결과는 제안된 방법이 HSC 재료변수값의 현실적인 범위에서 콘크리트 요구성능기준을 만족할 확률을 예측하고 설계하는데 사용될 수 있음을 보여준다.

감사의 글

이 연구는 한국콘크리트학회의 Construction Core Technology ProgramD11, “Center for Concrete Corea”, 한국연구재단(과제번호 R01-2008-000-1117601)의 재정적인 지원을 통해 이뤄졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kim, J.H.J., D.H. Phan, B.Y. Kim, J.W. Choi, J.H. Ha, PBMD for concrete mix proportion evaluation and design using Bayesian probabilistic method, *ACI Material Journal* - currently being peer-reviewed, 2009.
2. Kim, J.H.J., D.H. Phan, N.H. Yi, S.B. Kim, H.S. Jeong, Application of the One-Parameter Bayesian Method as PBMD for Concrete Mix Proportion Design, *Magazine Concrete Research* - currently being peer-reviewed, 2009.