

# 순환골재를 이용한 콘크리트의 배합설계에 관한 연구

## A Study on Design of Mix Proportion for Concrete using Recycled Aggregate

박 원 준\*      노구치 타카후미\*\*  
 Park, Won-Jun      Noguchi, Takafumi

### Abstract

Various desired performances of concrete cannot be always obtained by current conventional mix proportion methods for recycled aggregate concrete (RAC). This paper suggests a new design method of mix proportion for RAC to reduce the number of trial mixes using genetic algorithm (GA) which has been an optimization technique to solve the multi-object problem. In mix design method by GA, several fitness functions for the required properties of concrete, i.e., slump, strength, price, and carbonation speed coefficient were considered based on conventional data or fitness function. As a result, various optimum mix proportions for RAC that meet required performances were obtained and the risk evaluation was also conducted for selected mixtures.

키 워 드 : 순환골재, 순환골재 콘크리트, 배합설계, 유전적 알고리즘  
 Keywords : recycled aggregate, recycled aggregate concrete, mix proportion design, genetic algorithm

### 1. 서 론

최근 건설폐기물의 발생과 그 처리문제가 사회적으로 부각되고, 주된 건설폐기물 중의 하나인 콘크리트 폐기물의 경우, 재자원화의 일환으로 순환골재로서 재생산하여 사용하고 있다. 보다 실질적인 순환골재의 활용을 위해서는 콘크리트용 재료로서의 이용이 중요하지만, 순환골재는 천연골재에 비교했을 때, 낮은 비중과 높은 흡수율로 인해 콘크리트 물성에 영향을 미치고, 이러한 순환골재를 사용한 콘크리트 배합설계에는 기존의 설계법의 적용에 무리가 따른다. 한편, 콘크리트는 재료 특성상 구성재료와 배합에 따라 성능발현이 결정되고, 동시에 복수의 요구성능을 만족시켜야 하는 다목적 최적화 문제로 접근이 가능하다.

본 연구에서는 콘크리트 배합설계의 문제를 다목적 최적화 문제로 취급하고 해의 도출을 위해 Pareto최적해 개념을 적용하였다. 또한 기존의 최적화수법 가운데 공학분야에서 널리 사용되고 있는 유전적 알고리즘(이하 GA)을 이용하여 요구성능을 만족하는 순환골재 콘크리트 배합의 도출하는 것을 목적으로 한다.

### 2. 연구개요

#### 2.1 GA에 의한 시스템 구성

GA는 생물이 가지는 유전자의 복제, 선택, 변이 등의 진화 메

카니즘을 모델로 하고 확률적인 탐색 및 학습을 실시해 최적화시키는 알고리즘의 한 방법이다. 콘크리트 배합설계와 같은 복잡하고 분석이 곤란한 문제에 최적 해집단을 도출하거나 강한 것이 특징으로, 공학분야에 있어 일반적으로 이용되고 있는 수법이다.

본 연구에서는 그림 2와 같이 콘크리트 구성재료를 0과 1로 코딩된 유전자형(Genotype)과 유전자형으로부터 콘크리트 성능평가 모델인 표현형(Penotype)으로 구성하였다. GA의 적용은 그림 3과 같이 선택, 교차, 돌연변이 등의 진화프로세스를 통하여 무작위 선별된 개체군(N세대)에서 적응도가 높은 개체를 차세대(N+1세대)로 남기고 이러한 조작을 반복함으로써 최적 해집단을 도출해내는 원리이다.

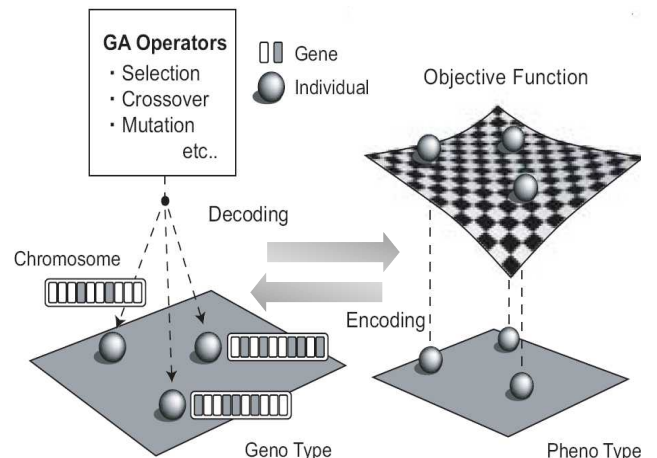


그림 1. GA의 개요

\* 한양대학교 친환경건축연구센터 Post-Doc., 공학박사  
 \*\* 동경대학교 건축학과 준교수, 교신저자  
 (noguchi@bme.arch.t.u-tokyo.ac.jp)

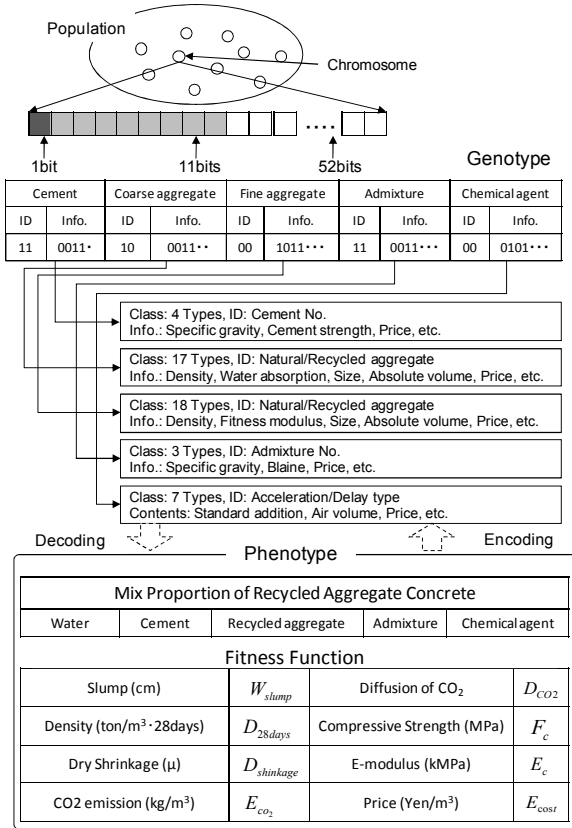


그림 2. 유전자형과 표현형의 관계

### 2.2 콘크리트 성능평가 모델의 구성

본 연구에서는 순환골재를 사용한 콘크리트의 성능평가 모델을 구성하기 위해 다수의 기존문헌으로부터 대표적으로 아래와 같이 콘크리트 성능을 구성재료 데이터로써 평가 가능한 모델을 도입하였다.

슬럼프<sup>1)</sup>(Maruyama, 2002)

$$W_{slump} = a \times \text{Log}(\tau_c) \times \frac{1}{1 + W/B} + b \quad (1)$$

압축강도<sup>2)</sup>(Noguchi, 2003)

$$F_c = F_m \times R_{CA} \times R_{FA} \times R_{ad} \times R_{air} \quad (2)$$

탄성계수<sup>3)</sup>(Hashin, 1962)

$$E_c = \left[ \frac{(1 - V_{ca})E_m + (1 + V_{ca})E_{ca}}{(1 + V_{ca})E_m + (1 - V_{ca})E_{ca}} \right] E_m \quad (3)$$

### 3. 결과 및 분석

표 1과 같이, 순환골재 콘크리트에 요구되는 성능을 다음과 같이 가정하고, 200cycle 후의 배합 중에서 요구성능에 가장 부합하는 배합을 표2와 같이 선별하였고, 그림 4는 선별된 배합으로 추정되는 성능을 나타낸다.

표 1. Case study 구성

슬럼프	압축강도	콘크리트응결	탄성계수
15cm	36MPa	4시간	24GPa
1세대수	돌연변이율	진화 사이클	가격
200	0.2%	200세대	13000

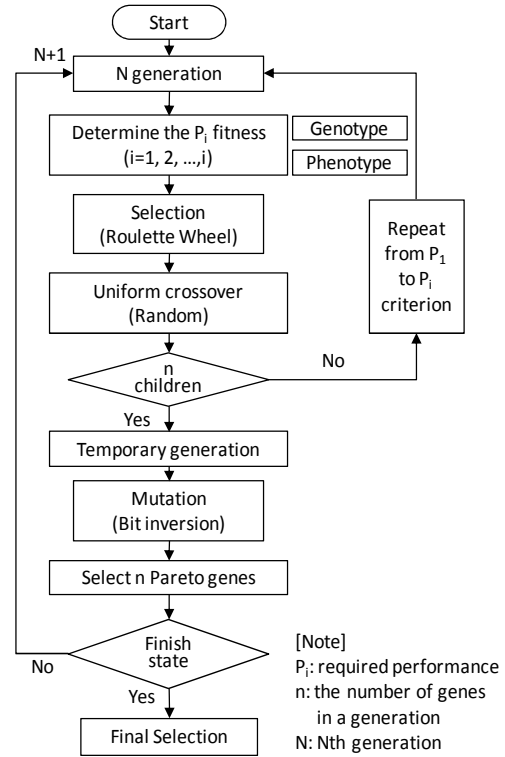


그림 3. GA 프로세스

표 2. 요구성능 구성

W/C (%)	Cement (kg)	Sand (kg)	Aggregate (kg)	Additive (kg)	Admixture (%/C)
67	221	760	1044	87.7	-
63	300	765	985	-	0.1
56	290	739	1067	-	1.1
61	277	720	1083	-	1.1

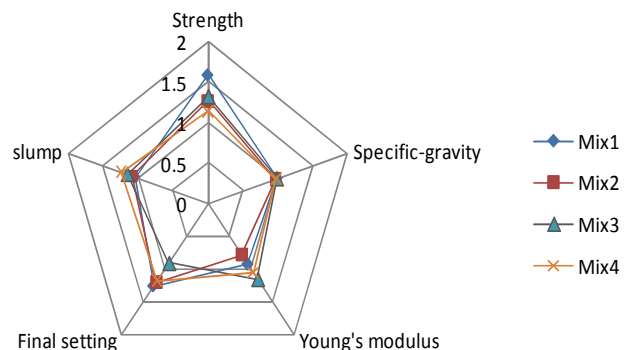


그림 4. 순환골재 콘크리트 성능추정

#### 4. 결 론

본 연구에서는 순환골재를 사용한 콘크리트의 성능평가 모델을 구성하고 최적화 수법인 GA를 이용하여 요구성능을 만족하는 콘크리트 배합도출 시스템을 구축하였다.

#### 참 고 문 헌

1. Maruyama, T. Noguchi, M. Kanematsu : Optimization of Concrete Mix Proportion Centered on Fresh Properties by Genetic Algorithm, Indian Concrete, 76, pp.567~573, 2002,1
2. T. Noguchi, I. Maruyama and M. Kanematsu : Performance -Based Design System for Concrete Mixture with Multi-Optimizing Genetic Algorithm, 11th international congress on the chemistry of cement, Durban, 2003
3. Z. Hashin : The Elastic Modulus of Hetero-homogeneous Materials, J. of App. Mech, 29(1), pp.143~150, 1962