

# 순환골재 불순물의 위험성을 고려한 콘크리트 리사이클링

## Concrete Recycling considering Risk Evaluation of Impurities in Recycled Aggregate

박 원 준\*

Park, Won-Jun

### Abstract

Recycled aggregate (RA) produced from demolished concrete waste can bring about several problems on concrete performance, when it is used as aggregate for new concrete. Because RA generally has lower quality than natural aggregate due to the residual cement paste attached on RA and various impurities. It is also very difficult to ensure that the quality of RA remains consistent, because generally RA is produced variously. Thus, in concrete recycling, it is extremely important to estimate the risk of the impurities which could affect performances of recycled aggregate concrete (RAC) focusing on the material flow of concrete waste and its recycling. This study suggests an evaluation result to expect the possibility of impurity mixing in RA production procedure, and suggests a risk evaluation model to expect the changes of RAC performances based on conventional data in Japan.

키 워 드 : 순환골재, 불순물, 리스크, 콘크리트 물성  
Keywords : recycled aggregate, impurity, risk, concrete property

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

발생된 건설폐기물의 상당한 비중을 차지하는 폐콘크리트는 순환골재로 재생산 및 재활용되고 있으나 콘크리트용 재료보다 노반재로의 활용이 주된 추세이다. 한편, 콘크리트용 순환골재는 KS규격으로 되어있지만, 기존 연구 대부분은 순환골재의 물리적 특성에 근거하여 콘크리트 재료로 사용했을 경우의 콘크리트의 성능평가, 재료설계 등에 초점을 두고 있다. 순환골재는 생산 프로세스에 따라 물리적 특성도 다를 뿐만 아니라 다양한 불순물이 함유될 가능성이 매우 높다. 하지만, 이러한 불순물을 고려한 대책이나 연구는 KS의 이물질 함유량 기준 및 시험법을 제외하고 매우 부족한 실정이다. 해체공법 및 공정의 다양성과 해체구조물의 특성(규모, 용도 등)으로 인하여 해체공사에서 수거되는 폐콘크리트의 특성 또한 다양하다. 이를 이용하여 순환골재를 생산할 경우, 다수의 골재 생산방식에 따라서 발생 및 회수되는 불순물에는 큰 차이가 있다고 사료된다.

따라서, 순환골재를 사용하는 콘크리트에는 골재특성과 함께 실험실 레벨에 국한되지 않는 불순물의 혼입에 의한 영향도 함께 반영할 필요가 있다. 본 연구에서는 보다 적극적이고 유용한 순환골재의 사용을 위하여, 불순물이 콘크리트 성능발현에 미치는 영

향을 리스크 개념으로 가정하고 순환골재를 사용한 콘크리트의 성능평가에 적용할 수 있는 모델로써 Risk-map을 제안하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

상기 리스크를 평가하기 위해 불순물이 콘크리트 성능에 미치는 영향에 대해 문헌조사를 실시하였다. 또한 순환골재에 불순물이 혼입될 가능성을 평가하기 위하여 ①해체공사 시나리오의 가정, ②RC구조물의 발생폐기물 예측, ③폐콘크리트의 내의 불순물량 예측, ④ 골재생산 공정상의 불순물 회수가능성, ⑤ 생산된 골재 내 잔존 불순물량의 예측의 순으로 진행하였다. 이를 토대로 ISO/IEC Guide 51에서 제시하는 Risk-map을 기반으로 평가모형을 제시하였다.

## 2. 연구결과

### 2.1 불순물에 의한 콘크리트 성능발현 리스크

순환골재 콘크리트의 성능발현에 불순물이 미치는 영향에 대해서 문헌조사를 실시하였고, 표 1과 같이 정리한다. 국내의 경우 불순물의 영향에 대한 연구가 부족하고 제한적이기 때문에 표 1은 일본의 연구문헌을 토대로 한다. 불순물의 제한량(골재에 대한 중량비) 및 종류는 JIS A 5021에 준하였으며 비철금속(G1)과 철(G2)을 고려하였다<sup>1)</sup>.

\* 한양대학교 ERICA, 친환경건축연구센터, 공학박사  
이 논문은 2012년도 정부재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20120000723, No. 20110028794)

표 1. 콘크리트 성능에 미치는 각종 불순물의 영향

불순물 종류 (제한량)	강도/탄성 계수	단위 용적 질량	슬럼프	응결	중성화	영화 이온 침투	동결 용해
A(2.0%)	○	×	×	△	×	×	×
B(0.5%)	○*	×	×	△	×	×	×
C(0.1%)	○	△	○	◎	×	◎	○
D(0.5%)	○*	×	×	△	×	×	×
E(0.5%)	○	△	×	△	×	×	×
F(0.1%)	○	△	◎	◎	×	◎	◎
G1	◎	×	×	×	◎	×	×
G2	○*	△	×	×	×	△	×

여기서, ◎: 매우 큰 성능저하, ○: 성능저하, △: 약간의 성능저하, ×: 영향이 없거나 불확실함, \*: 약간의 성능향상

2.2 불순물 잔존 가능성 예측

순환골재에 불순물이 혼입될 가능성을 평가하기 위하여 표 2와 같이 5단계의 해체시나리오를 가정한 후, 발생 폐기물을 아래 식을 통하여 예측하였다<sup>2)3)</sup>.

표 2. 해체공사 시나리오

Scenario 1	4대 폐기물 분리해체, 내장재, 설비재
Scenario 2	4대 폐기물 분리해체, 내장재, 구체중심
Scenario 3	4대 폐기물 분리해체, 구체중심
Scenario 4	4대 폐기물
Scenario 5	Scenario 1 + Scenario 4

여기서, 4대 폐기물은 (아스팔트)콘크리트, 목재, 금속

$$W_{Total} = \alpha \times \beta_i \times \gamma_{ij} \times \delta_{ik} \times X_2$$

$$W_{Each} = W_{Total} \times \epsilon_{il}$$

여기서,  $W_{Total}$ 은 구조물 전체중량,  $\alpha$  와  $X_2$ 는 바닥면적과 전체 면적,  $\beta_i, \gamma_{ij}, \delta_{ik}$ 는 각각 구조요소, 구조물 용도 및 보정계수를 나타낸다. 예로서, 시나리오 4의 경우, 폐기물 발생은 그림 1과 같이 고려될 수 있다. 이를 기준으로 각 시나리오별 폐기물 발생

량 예측이 표 3과 같이 가능하다. 한편, 발생폐기물 중 폐콘크리트를 이용하여 다양한 방법으로 골재를 생산할 경우, 단위 폐콘크리트당 골재회수율을 적용함으로써 불순물 혼입량에 대한 추정이 가능하다. 끝으로, 각 공정에서의 불순물 회수율을 고려하여 최종 잔류량 예측이 가능하다. 이를 각 해체 시나리오 단계별로 적용하면, 해체공정, 구조체 정보, 골재생산기술(참고문헌 2에 근거) 등에 따른 순환골재 내 불순물 잔류량이 예측되고, 예상 잔류량을 표 1의 결과를 이용하여 대조하면 시나리오별, 생산별, 골재별 불순물에 대한 예측과 그에 따른 순환골재 콘크리트에 대한 영향이 표 4와 같이 Risk-Map으로서 평가될 수 있다<sup>4)</sup>.

표 3. 해체공사 시나리오별 발생 폐기물 비율 예측

	총량	콘크리트	금속	목재	기타
Scenario 1	0.9	98	1.8	0.16	0.04
Scenario 2	0.93	97.7	1.86	0.16	0.31
Scenario 3	0.97	92.8	3.8	0.5	2.9
Scenario 4	1.0	90	6.7	0.5	2.8
Scenario 5	0.95	90.9	3.7	0.49	4.91

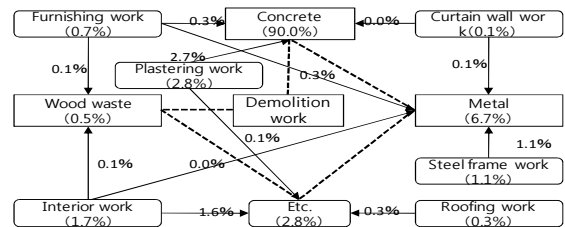


그림 1. 폐기물 발생비율(시나리오 4)<sup>3)</sup>

3. 결론

본 연구에서는 순환골재의 불순물에 대한 영향을 리스크 개념으로 가정하고 순환골재를 사용한 콘크리트의 성능평가에 적용할 수 있는 모델로서 Risk-map을 제안하였다. 향후 국내 해체공사

표 4. 해체공사, 순환골재 생산방식 및 잔존 불순물에 의한 Risk-map

불순물종류 (일본 JIS A 5021)	불순물량 중량비(%)	골재 생산방식 (참고문헌 2의 JCI보고서에 근거)							리스크 범위
		HS	GC, WS	MS	CS	MCS	MC4	MC2 MC3	
A, B, C, D, E, F, G1, G2	more than 3	-	S-5	S-3,4,5	S-5	S-5	S-3,4,5	S-3,4,5	◎
A, B, C, D, E, F, G1, G2	1~3.0	S-3,5 (G1)	S-4 (B,C, G1)	-	S-3,4	S-3,4	-	S-3	○
A, B, C, D G1, G2	0.1~1.0	S-4	S-3 (B,C, G1)	S-2 (G1)	S-2 (F)	S-2 (F)	S-2 (F,G1)	S-2 (F,G1)	△
A, B, C, D, G1	0.05~0.1	S-2	S-2	-	-	-	-	-	×
A, B, G1	Less than 0.05	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	×
S: 해체공사 시나리오 (표 2)		X		△		○		◎	
		없음 (안전)		경미(일부 성능저하)		위험(상당부분 성능저하)		치명적/심각한 성능저하	
순환골재를 사용한 콘크리트에 미치는 영향									

및 골재생산 방식에 따른 평가모델의 제안이 필요하다고 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. ISO/IEC Guide 51, 1999
2. JCI: JCI-TC081A Committee Report, 2010
3. W. J. Park, Influence of aluminum impurity for recycled concrete and inspection method, *Journal of AIJ*, 75, pp. 1765~1772, 2010
4. Y. Yamaguchi, M. Kikuchi, K. Aoyama and K. Akio: Estimation of the weight of construction material waste discharged from demolition work, *Journal of structural and construction engineering*, AIJ (610), pp.49~56, 2006