

# 순환골재 콘크리트의 국외 적용 사례

## Foreign Application Cases of Recycled Aggregate Concrete



노승준 Seung-Jun Roh  
금오공과대학교 건축학부 조교수  
E-mail : roh@kumoh.ac.kr

### 1. 서 언

한정된 천연자원으로 인한 환경적·경제적 지속가능성 문제가 야기되면서 유럽연합 국가들이 순환 경제(Circular Economy)를 표방하는 「자원순환사회」로의 전환을 시도하고 있다<sup>1)</sup>. 순환 경제는 생산-소비-관리-재생단계로 구성되는 자원의 전 과정 순환이용 체계의 구축을 통해 환경영향을 최소화하며, 경제 성장을 추구하는 지속가능한 경제 모델이다<sup>2)</sup>. 이러한 순환 경제의 실현을 위해서는 건설 구조물의 건설 및 철거단계에서 발생하는 폐기물(Construction and Demolition Waste)의 순환이용 체계가 선제적으로 구축되어야 한다. 전체 폐기물 발생량 중 건설 및 철거 폐기물이 차지하는 비율이 매우 높기 때문이다<sup>3)</sup>. 이에 유럽연합은 건설 및 철거 폐기물의 재활용 극대화를 위한 관리 규약(EU Construction & Demolition Waste Management Protocol) 등을 제정하여 건설 및 철거 폐기물의 구분, 분별, 수집, 유통, 가공 및 품질 등을 체계적으로 관리하고 있다<sup>4)</sup>.

우리나라도 「자원의 선순환으로 지속가능한 순환경제 실현」이라는 자원순환 기본계획의 비전을 달성하기 위해 건설 및 철거 폐기물을 중요한 순환자원으로 인식하고, 이를 고부가가치의 건설자원으로 재활용하기 위해 다방면으로 노력하고 있다<sup>2)</sup>. 특히, 자원순환 기본계획에서는 순환골재를 재생단계의 고부가가치 순환자원으로 지정하여 현재 순환골재 등 의무사용 건설공사에서 용도의 구분 없이 40% 이상 사용되던 순환골재의 의무사용 비율을 용도별 안전성을 고려하여 50% 이상까지 확대하는 방안을 제시하고 있다<sup>5)</sup>.

건설폐기물의 약 90%를 점유하고 있는 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 건설폐토석 등에서 추출되는 순환골재는 건설산업에서 가장 활발하게 사용되고 있는 순환자원으로 주로 도로공사, 하수관거 채움, 매립시설 복토, 되메우기, 콘크리트 등에 사용되고 있다. 특히, 우리나라는 지난 2003년에 제정된 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」과 이에 근거한 「건설폐기물 재활용 기본 계획」 및 「건설폐기물의 처리 등에 관한 업무처리지침」 등을 통해 골재 수급계획에 순환골재 삽입, 순환골재 의무사용 대상공사 확대, 순환골재 품질인증 활성화 등의 값진 성과를 얻었으며, 2010년부터 정부가 순환골재·순환골재 재활용제품 우수활용사례에 대한 포상을 통해 그 활용을 더욱 촉진하고 있다. 하지만 사회적으로는 아직까지 순환골재의 품질 신뢰성 부족, 유해성 문제, 소비자의 부정적 인식 등으로 인해 콘크리트용 골재로서의 순환골재 사용 확대에 대해서는 다소 회의적인 시각이 존재한다<sup>6,7)</sup>.

따라서 본 고에서는 순환골재에 대한 전반적인 정보 제공을 목적으로 기존 연구문헌에서 조사되었던 순환골재 콘크리트의 국외 적용 사례 중 일부를 소개하고자 한다.

## 2. 적용 사례

### 2.1 영국

1996년 영국 건축 연구소(BRE)에 건설된 21세기 친환경 사무소 건축물인 「The Environmental Building <그림 1>」은 영국에서 순환골재를 실제 건축물의 콘크리트용 골재로 적용한 최초의 사례이다<sup>8,9)</sup>. 순환골재는 런던 중심부에서 철거된 Suffolk House의 폐콘크리트로부터 수급되었고, 이들은 C25 및 C35 등급의 콘크리트로 제조되어 본 건축물의 기초, 바닥 슬래브, 기둥 및 외팔바닥 등에 타설되었다. 이때, 굵은골재로 985 kg/m<sup>3</sup>의 순환골재가 사용되었고, 이는 전체 골재 투입량 중 90%를 차지하였다. 최소 결합재량은 330 kg/m<sup>3</sup>이었고, 시멘트의 투입을 절감을 위해 결합재 중 50%를 고로슬래그미분말(GGBS)로 치환하였다. 물-시멘트비(W/C)는 50%, 슬럼프는 75mm가 적용되었다.



그림 1. The Environmental Building, Watford, UK

### 2.2 독일

2012년 독일 Heilbronn에 건설된 「Science and Technology Centre <그림 2>」는 IT 관련 사무실 및 연구실, 의료 및 환경 관련 혁신 회사들이 입주하고 있다. 본 센터는 WTZ I와 WTZ II의 두 동으로 구성되며, 순환골재를 20% 치환한 C25, C30,

C37 등급의 콘크리트를 바닥 슬래브, 기둥 및 벽 등에 타설하였다. WTZ I와 WTZ II에 투입된 순환골재 치환 콘크리트의 양은 각각 1250m<sup>3</sup>, 1400m<sup>3</sup>이다<sup>8)</sup>.

한편, 이 외에도 2014년 Winnenden에 건설된 Schief Entsorgung사의 재활용 센터(Recycling Plant Weighing House)와 2016년 Mannheim-Neuostheim에 건설된 BAU사의 사무소 건축물에도 각각 100m<sup>3</sup>, 750m<sup>3</sup>의 순환골재 콘크리트가 슬래브와 벽체 등 구조 부위에 사용되었다<sup>8)</sup>.



그림 2. Science and Technology Centre, Heilbronn, Germany

### 2.3 덴마크

1993년 덴마크 Odense에 건설된 「Recycled House」는 신축되는 주택의 재료로서 순환골재의 적용 가능성을 판단하기 위한 목적으로 건설되었다. 인근 교량과 병커에서 발생된 약 275m<sup>3</sup>의 폐콘크리트에서 4~32mm의 입자를 갖는 순환골재를 추출하였고, 이를 콘크리트용 골재로 이용하여 5~30MPa의 강도를 갖는 콘크리트를 제조하였다<sup>8,10)</sup>.

### 2.4 홍콩

2006년 홍콩에 건설된 「Hong Kong Wetland Park <그림 3>」는 10,000m<sup>2</sup> 규모의 방문자 센터를 포함하며, 갤러리, 극장, 기념품 가게, 카페, 어린이 놀이 공간, 교실 및 자원 센터 등으로 이용되고 있다. 방문자 센터 건립공사에서 순환골재가 대다수의 콘크리트에 적용되었고, C20, C30, C35 등급의 콘크리트로 제조되어 콘크리트 파일, 바닥 슬래브, 보, 벽 및 매스 콘크리트에 타설되었다. 순환골재는 각 부재의 특성에 따라

20%에서 100%까지 천연골재를 치환하였고, 단위 시멘트량은  $300 \text{ kg/m}^3$ 에서  $395 \text{ kg/m}^3$ , 물-시멘트비(W/C)는 47%에서 61%, 슬럼프는 75mm에서 100mm가 적용되었다. 이렇게 사용된 순환골재 콘크리트의 양은 약  $13,000 \text{ m}^3$ 이다<sup>8)</sup>.



그림 3. Hong Kong Wetland Park, Hong Kong

## 2.5 싱가포르

싱가포르의 친환경 건설 및 녹색제품 공급회사인 Samwoh 사는 싱가포르 국가개발부(Ministry of National Development of Singapore)가 지원하는 시범적 연구 프로젝트의 일환으로 싱가포르 건설국(Building and Construction Authority) 및南洋기술대학과 협력하여 순환골재를 콘크리트용 골재로 적용한 「Samwoh Eco-Green Building <그림 4>」을 2010년 건설하였다. 본 건축물의 모든 구조 부재(보, 기둥, 슬래브 및 벽)는 순환골재를 최대 100%까지 치환한 C40 등급의 콘크리트가 사용되었고, 이를 통해 싱가포르 녹색건축인증인 Green Mark에서 플래티넘 등급을 획득하였다<sup>8,10)</sup>.



그림 4. Samwoh Eco-Green Building, Singapore

## 3. 결론

본고는 기존 연구문헌에서 조사되었던 순환골재 콘크리트의 국외 적용 사례를 살펴보았다. 비록 일부의 사례였지만 여러 국가에서 순환골재를 콘크리트용 골재로 사용하고, 이를 건축 구조부재에 적용하고자 노력하고 있음을 확인할 수 있었다. 현재 국내에서도 순환골재 콘크리트와 관련된 기술적·정책적 연구와 실증화 연구가 추진되고 있다. 앞으로 건설 실무자와 연구진들의 많은 관심이 필요하며, 순환골재가 고부가가치의 건설자원으로 재활용되어 건설산업이 국내 순환경제 실현에 일조하기를 기대한다.

### 참고문헌

1. 한국환경정책·평가연구원 (2016), 자원순환사회 전환을 위한 중장기 전략 마련 연구(1).
2. 환경부 보도자료 (2018), 순환경제를 위한 10년 청사진, 자원순환기본계획 수립.
3. José-Luis Gálvez-Martos, David Styles, Harald Schoenberger, Barbara Zeschmar-Lahl (2018), Construction and demolition waste best management practice in Europe, Resources, Conservation & Recycling, 136, 166-178.
4. European Commission (2016), EU Construction & Demolition Waste Management Protocol.
5. 관계부처합동 (2018), 제1차 지속가능한 순환경제 실현을 위한 자원순환기본계획(2018~2027).
6. 한국건설순환자원학회 (2016), 제3차 건설폐기물 재활용 기본계획 수립을 위한 연구, 환경부.
7. 환경부, 국토교통부, 한국건설자원협회 (2017), 2017 순환골재·순환골재 재활용제품 우수활용사례집.
8. R.V. Silva, J. de Brito, R.K. Dhir (2019), Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications, Journal of Cleaner Production, 236, 117629.
9. BRE, The Environmental Building, <https://projects.bre.co.uk/envbuild/index.html>
10. Jorge de Brito, Rui V Silva (2019), Upscaling the Use of Recycled Aggregate Concrete, NBM&CW.

담당 편집위원 : 노승준(금오공과대학교)