

## 建設構造物の 長壽命化와 建設廢棄物の 有效利用技術<sup>†</sup>

金圭庸 · <sup>†</sup>崔亨吉 · 南正樹 · 宋河永\* · 李道憲\*\*

忠南大學校 建築工學科, \*한밭大學校 建築工學科, \*\*大韓住宅公社 住宅都市研究院

## Long-Term Durability of Construction Structure and Effective Use of Technology for Construction Waste<sup>†</sup>

Gyu-Yong Kim, <sup>†</sup>Hyeong-Gil Choi, Jung-Su Nam, Ha-Young Song\* and Do-Heun Lee\*\*

*Dept. of Architecture Engineering, Chungnam National University*

*\*Dept. of Architecture Engineering, Hanbat National University*

*\*\*Housing & Urban Research Institute, KNHC*

### 요 약

최근 지구환경의 문제가 사회적 이슈로 부각됨에 따라 자원절약 및 자원의 유효이용이라는 측면에서 일상생활에서부터 각종 산업분야에 이르기까지 재활용과 자원절약에 관한 관심이 날로 심화되고 있는 가운데 지구 온난화 방지, 자연환경파괴의 방지, 폐기물에 의한 환경오염 방지 등 지구환경보전 측면에서 콘크리트용 골재 자원의 고갈, 시멘트 소성에너지, CO<sub>2</sub>저감 등은 해결이 불가피한 문제로서의 당면한 과제이다. 이에 따라 건설 산업의 분야에 있어서도 건축물의 내부에 축적되어 있는 막대한 양의 자원을 유효하게 활용하고 내구수명이 길게 설계된 장수명화 건축물을 안전하고 쾌적하게 유지 관리함으로써 불필요한 건설행위를 억제하여 지구자원 및 에너지를 절감하는 창조적인 사고가 필요하다고 할 수 있다. 본고에서는 건설폐기물 발생 억제 및 유한한 지구자원의 유효이용과 재활용을 활성화시킴으로서 지구환경부하 저감을 위한 건축생산 및 건축물의 성능설계 측면에서 건축적 요구와 지구환경을 고려한 건축물의 장수명화를 위한 방법 및 건설폐기물의 유효이용기술에 대해 소개하였다.

**주제어** : 자원의 유효이용, 건설폐기물, 성능설계, 장수명화, 지구환경부하

### Abstract

Recently the problem of global environment is became by social issue. Accordingly the interests to recycling and saving of resources are growing from daily life to varieties field of industry. To preserve the global environment, prevent global warming, environmental destruction, environmental pollution by wastes, the drain of aggregate, plasticity energy of cement and decrease in carbon dioxide are an urgent problem that must be resolved. So there is to a field of building industry and stands but on the inside of the building the many double meaning resources usefully, applies. Also the seller masterpiece building where the service life is long planned is safe and comfortably, maintenance, suppresses the construction which is not necessary is unnecessary. Also the seller masterpiece building where the service life is long planned is safe and comfortably, maintenance, suppresses the construction which is not necessary is unnecessary. By revitalizing effective use of limited earth resources, recycling and controlling production of construction waste, this study introduced to a method for Long-Term Durability of Construction Structure and Effective Use of Technology for Construction Waste considering architectural demand and earth environment. It is for reduction of an earth environment load from the side of construction production and performance design of a structure.

**Key words** : Effective Use of Resources, Construction Waste, Performance Design, Long-Term Durability, Earth Environment Load

<sup>†</sup> 2009년 5월 1일 접수, 2009년 5월 25일 수리

\* E-mail: chg810@cnu.ac.kr

### 1. 머리말

21세기에 이르기까지 세계 각국은 비약적인 산업사회의 발달과 더불어 경제성장의 확대로 건축수요의 양적 팽창이 촉진되었으며, 건축발전역사에 있어서도 이와 같은 사회적 변화와 맥락을 같이하여 대규모 개발의 대의 명분하에 양적 위주의 성장이 지속되어 왔다.

Fig. 1과 같이 건축분야에 있어서도 건축생산시 막대한 자원 및 에너지가 사용되어지고 있으며, Photo 1에서 보는 바와 같이 건축물의 해체시에도 막대한 양의 폐기물을 발생하여 지구환경에 큰 부하를 주는 등 지구환경과 깊은 관련을 맺고 있다. 이와 같이 건축생산에 의한 물질문명의 발달과 급속한 도시화는 지구의 온난화, 자원의 남용 및 폐기물의 축적 등과 같은 부작용을 초래하며, 이는 지구환경전체를 위협하고 있다.

이와 같은 지구환경의 문제가 사회적 이슈로 부각됨에 따라, 건축물의 내부에 축적되어 있는 막대한 양의 자원을 유효하게 활용하고, 내구수명이 길게 설계된 장

수명화 건축물을 안전하고 쾌적하게 유지 관리함으로써 불필요한 건설행위를 억제하여 지구자원 및 에너지를 절감하는 창조적인 사고가 필요한 시점이라고 할 수 있다.

본고에서는 건축생산 및 성능설계의 관점에서 다양한 건축적 요구와 지구환경을 고려한 건축물의 내구수명과 장수명화를 위한 건축재료 설계와 건설폐기물을 활용한 유효이용기술로서 순환골재의 생산기술을 소개함으로써 향후 콘크리트 건설구조물의 장수명화와 순환골재 사용 촉진을 도모하고자 한다.

### 2. 건설구조물의 장수명화

#### 2.1. 지구환경을 고려한 건축적 요구성능

최근 세계 각국에서는 지구환경 단위의 규모에서 이미 표면화된 지구온난화, 생태계 파괴, 자원의 남용, 폐기물의 축적 등 인류 개발과 성장이라는 명분하에 만들어 놓은 시행착오에 대한 문제의 심각성을 인식하고, 대책에 대한 활발한 검토가 진행되고 있다. 이와 같이 건축생산에 있어서도 지구환경을 고려한 지속가능한 순환 사회의 실현을 위해서 환경 친화적인 건축적 요구 성능이 다음과 같이 필요하게 되었다.

##### ① 장수명화 건축

건축은 세대(世代)를 넘어 사용해야하는 가치를 지닌 사회기반의 자산으로서 기획·계획·설계·건설·운용·유지되어야 한다.

##### ② 자연환경과의 조화

건축은 자연환경과 조화되어 다양한 생물과의 공존을 도모하며, 친환경적 사회환경의 구성요소로서 형성되어야 한다.

##### ③ 에너지 절약

건축 생애(生涯)에 있어서 에너지의 소비는 최소한으로 하고, 자연에너지와 미이용에너지는 최대한으로 활용하여야 한다.

##### ④ 자원의 절약 및 순환

건축생산은 환경부하를 가능한 한 적게 하고, 재이용 및 재생이 가능한 자원과 재료를 사용함으로써 건축 생애에 소비되는 자원을 최소화 되도록 하여야 한다.

##### ⑤ 지속가능한 건축

건축은 다양한 지역의 풍토 및 전통을 존중하고, 새로운 건축문화 환경으로 창조되어 차세대에 계승(繼承, succession)하여야 한다. 이와 같이 지구환경보전, 인간의 건강 및 안전을 도모하고 지속가능한 사회를 실현하는 것을 긴급한 현안문제로 인식할 필요가 있으며, 건

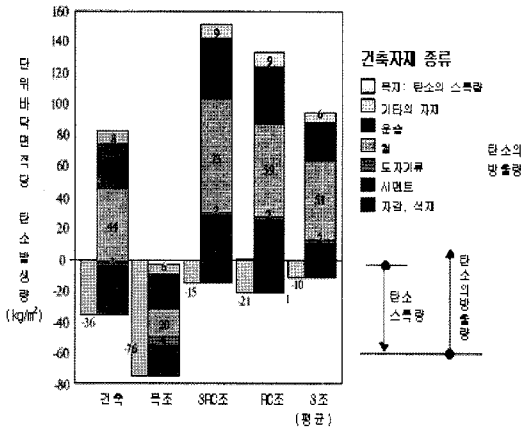


Fig. 1. Instances of carbon production by building constructions.



Photo 1. Increasing construction waste by dismantling structures.

축은 그자체가 완성된 것이 아니고 새로운 문화로서 차 세대에 계승하여야 하는 지속가능하고, 지역 환경과 더불어 지구환경과 밀접한 관계를 가지고 있다는 인식의 전환이 필요하다고 할 수 있다.

2.2. 건축물 장수명화 요구의 배경 및 내구성능설계

2.2.1. 건축물 장수명화 요구의 배경

건축물의 수명은 인간의 수명과 유사한 점을 지니고 있다. 인간의 수명은 세포수정→세포분열→태아/유아→청소년/성인→노화/쇠퇴사망의 일생으로 자연환경 하에서 한시적이며, 건축물의 수명 또한, 기획/설계→재료선택→건설→건축적사용→노화/쇠퇴(유지보전/보수보강)→열화가속→해체와 같이 인간의 수명과 마찬가지로 자연환경 하에서 한시적이게 된다. 또한, 건설산업의 순환에 있어서도 인체의 흐름과 건설산업 순환시스템도 유사한 부분을 지니고 있다. 심장으로부터 온몸으로 산소와 영양분을 공급하는 동맥과, 각각의 세포에 산소와 영양분을 공급하고 다시 심장으로 공급하는 정맥과 같이 건설 산업에서도 새로운 부지에 건축하는 동맥산업과 기존의 건설 인프라를 새롭게 정화하여 다시 공급하는 정맥산업으로 구분되어져 그 유사성이 시사하는 바는 우리에게 큰 교훈을 줄 수 있다고 생각한다.

이처럼, 건설산업은 인체와 닮은 점이 많기 때문에 건축물의 내구성 향상(건강) 및 장수명화(수명)에 관한 연구를 지속적으로 수행하여 초인간적으로 인간의 수명을 향유하는 것과 같은 반영구적인 건축물을 생산하는 것은 무엇보다 중요하다고 하겠다.

일반적으로 건축물의 수명에 대한 정의는 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 건축의 사용환경에 도달되는 한계상태를 크게 3가지로 구분할 수 있다.

① 물리적 수명 (성능저하)

재료의 열화에 의해 건축의 일상 안정성, 내력저하, 내진성 등의 요구 성능을 만족하지 못하는 경우로서, 일반적 건축의 사용 환경 하에서 사용하중을 견디어낼 수 있

는 한계상태를 넘어서는 건축물의 성능이 저하되는 상태.

② 기능적 수명 (요구수준의 향상 불가)

건축이 생활양식의 변화, 설비기기의 고도화 등에 따라 건축적 요구성능에 대응하지 못하는 경우로서, 일반적 수선(修繕)과 부분적인 개수(改修)에 의해 일반적 사용환경상태까지 회복할 수 없는 상태.

③ 경제적 수명 (성능저하 및 요구수준 향상 불가)

건축적 서비스의 제공에 따라 비용이 상승되어 건축 효율성이 크게 저하되는 경우로서, 일반적 수선(修繕)과 부분적 개수(改修)에 의해 건축의 사용환경까지 회복될 수 있으나, 계속적으로 사용하는 것이 경제적으로 불리하다고 예상되는 상태.

Fig. 3은 주거용 콘크리트구조물의 유형별 평균수명과 재건축 추진 건수를 나타낸 것으로 국내 주거용 콘크리트 구조물의 평균수명은 20.5년으로 현재 철근콘크리트 건축물의 법적 내용연수의 40년에 크게 못 미치고 있으며 이는 Fig. 4의 세계 각국의 주택건축 내구수명과 비교하여 일본의 주택수명 대비 2/3, 미국 대비 1/5, 영국 대비 1/7 정도에 불과한 수준으로 유럽 및 미국의 선진국과 비교하여 건축적 생애주기(life cycle)가 매우 짧아 사회적 유효 자본 및 자원의 남용이 상대적으로 매우 크기 때문에 건축물의 생애주기를 고려한 장수명화가 시급히 요구되고 있다.

이와 같이 건축의 장수명화에 대한 지구환경적 측면에서는 막대한 자원의 남용 건설폐기물의 증대 및 누적소규모, 개별적 건축개발(scrap and build)과 더불어 고령화(高齡化) 사회의 도래에 의해 건설위주로 집중되었던 자본 및 자원이 주민의 복지로 배분과 연금 및 의료비의 확대에 의한 정부 건설투자의 감소와 같은 사회적 변화에 의해 기존 건축물의 유지보전에 의한 연명(延命)과 신축건축물의 장수명화(長壽命化)가 필연적으로 요구된다고 할 수 있다.<sup>2,4)</sup>

2.2.2. 건축물의 내구성능설계

건축물의 내구성능설계에 있어서 내구성(耐久性, durability)이라는 단어의 개념과 정의를 살펴보면, 기존

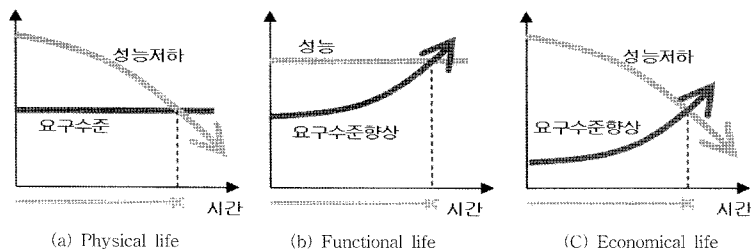


Fig. 2. Change of building life.

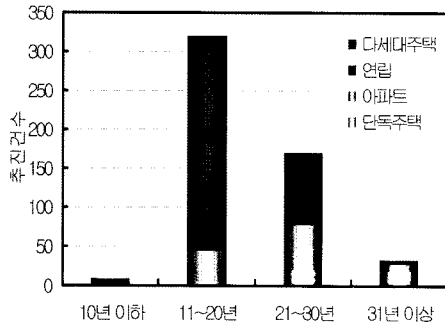


Fig. 3. Average life of concrete building for housing and the number of reconstruction.

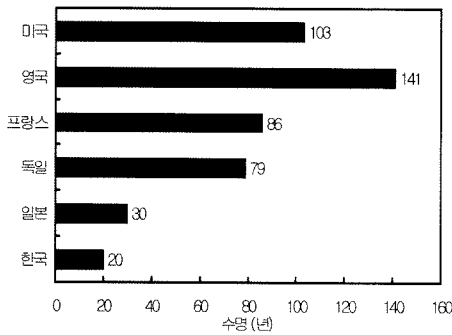


Fig. 4. Period of construction endurance life of several countries in the world.

에는 「열화작용에 대한 재료 및 부재의 저항성」으로 재료와 부재의 고유성능으로 평가되어 왔다. 그러나, 최근의 내구성은 「건축물의 부재에 요구되는 기능 및 성능의 유지존속능력」이라는 넓은 의미의 개념으로 활용되고 있어, 내구설계 실시 후에는 건축물과 부재 및 재료의 구성요소와의 관계를 파악하여 건축물 전체에 요구되는 기능 및 성능을 파악할 필요가 있다.

철근콘크리트 건축물의 경우 Fig. 5에서 나타난 건축 재료 및 부재에 의한 건축물의 구성에서와 같이 기둥, 보, 벽, 슬래브, 지붕 등 복합부재의 집합체로 구성되어 있으며, 각 부재는 콘크리트 또는 철근 등 다수의 재료로 구성되어 있다. 현재, 건축물의 성능설계는 실제로 건축물의 구성요소인 소재·재료·부재가 가지고 있는 성능, 즉 「물질성능」으로 치환하여 설계를 실시하는 경우가 대부분이다. 그러나 최소구성요소인 소재 및 재료 등으로부터 부재 및 건축물로 구성되기 위해서는 반드시 「제조 및 시공」이라는 인위적인 작업 행위가 실시되며, 그 작업 행위의 적합성 여부와 같은 「형이상학적 성능」도 최종적인 성과물인 건축물의 성능을 크게 좌우할 수 있게 된다.

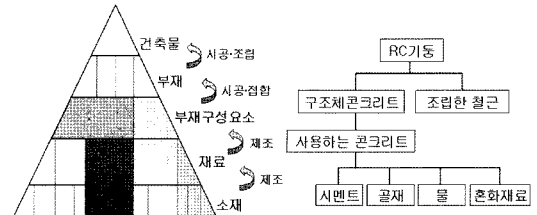


Fig. 5. Composition of building by construction material and member.

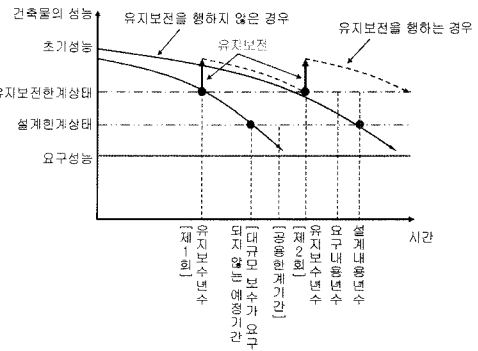


Fig. 6. Decreasing building performance with time.

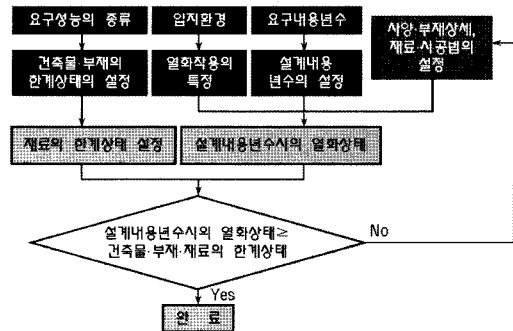


Fig. 7. Flowchart for design of durability and performance in building.

Fig. 6은 경과시간에 따른 건축물의 보유성능저하를 나타낸 것으로서 구조체 및 부재는 설계내용연수(設計耐用年數)기간 동안 증स्था 등과 같은 열화요인에 의해 설계 한계상태에 도달되지 않도록 하고, 유지보전기간 동안에는 열화요인에 의해 유지보전한계상태에 도달되지 않도록 재료, 배합, 공법의 시방조건 등을 선정하도록 한다.

이는 Fig. 7의 건축물 내구성설계 흐름도(증स्था, 염해, 알칼리골재반응, 동해 및 화학적부식 등에 대하여도 동일)에서 나타난 바와 같이 건축물의 요구성능, 입지조건, 목표내용연수를 설정하여 재료의 한계상태와 열

화요인 및 조건을 고려하여 요구성능이 달성되도록 수차례의 피드백(feed back)과정을 거쳐 성능조건을 명확하게 하는 것이 중요하다.<sup>2,6)</sup>

2.3. 건축재료설계의 중요성

건축물의 공간구성은 건축부재에 의해 구성되어 있으며, 건축부재는 다종다양한 개별적 건축재료의 선택과 구성으로 이루어져 있다. 또한, 얼마 전까지만 해도 건축재료는 설계자의 경험을 기초하여 사용에 익숙한 재료를 선정하여 왔다. 그러나, 최근 건축재료의 종류가 다양해지고, 고품질 및 고성능화됨에 따라 성질표시의 방법도 모호하여 설계정보에 있어서 혼란이 초래될 정도에 이르게 되었다.

다육이 다양한 종류 및 고도의 성능을 요구하는 건축기능설계를 위해서는 Fig. 8과 같이 첨단소재기술과 연계한 첨단기능의 건축재료가 요구된다. 따라서, Fig. 9의 건축재료 성능설계에 의한 건축부재의 구성에 나타난 바와 같이 구조체를 중심으로 한 건축물의 안전성과 쾌적성에 대한 성능을 달성하기 위해 다종다양한 건축재료의 선택과 구성은 별도의 체계화된 건축재료 설계시스템의 구성이 필요하게 되었다.

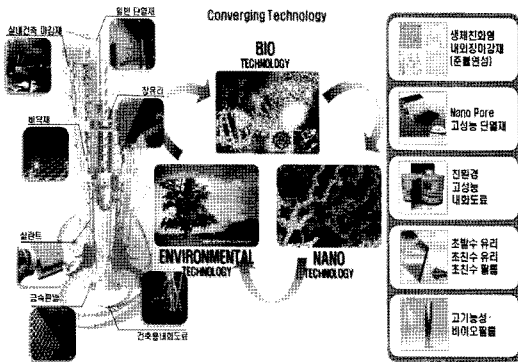


Fig. 8. Advanced function of building materials linked with advanced material technology.

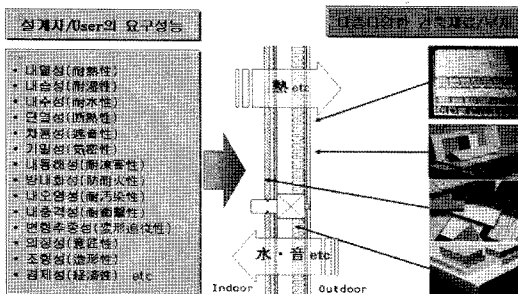


Fig. 9. Composition of building according to demand of performance.

3. 건설폐기물의 유효이용 기술

3.1. 건설폐기물 발생 및 처리

이러한 건설구조물의 장수명화가 요구되는 가운데 Fig. 10에서 보는 바와 같이 1970, 80년대 경제성장과 더불어 건축물의 공급은 대량 공급위주로 이루어져 이러한 고도 성장기에 건설된 방대한 콘크리트 구조물들이 노후화되어 최근에는 공용연수를 만족하지 못하고 재건축 및 재개발되는 사례가 증가하고 있으며, 도시재개발 사업의 급속한 팽창에 따라 Fig. 11과 같이 업종별 산업폐기물 배출량 중 건설업이 차지하는 비율은 18.1%로 건설폐기물의 발생량이 기하급수적으로 증가하고 있다. 이러한 건설폐기물은 국내에서 발생하는 전체 사업장 폐기물의 약 40%를 차지하고 있으며, 이 가운데 폐콘크리트는 약 70% 이상을 차지하고 있다. 또한, 건설산업에 있어서 CO<sub>2</sub>의 발생량은 Fig. 12에서 보는 바와 같이 전 산업 중 약 36% 이상을 차지하고 있어 이에 대한 대책이 시급히 요구되고 있다. 건설폐기물은 그 특성상 심각한 환경오염성과 유해성을 갖지 않기 때문에 발생한 상태 또는 비교적 적은 중간처리과정을 거쳐 재활용 될 수 있는 특징을 가지고 있으며, 이에 따라 정부에서 지속적으로 관련 법규 및 지침의 제정을 통하여 재활용을 활성화시켜 건설폐기물 문제의 해결을 시도하고 있지만 건설폐기물은 발생 및 이용 현상이 불특정적이고 수급시기 및 양의 불일

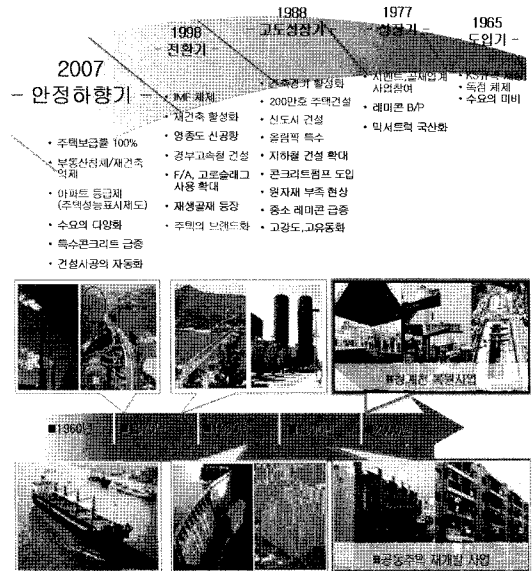


Fig. 10. Changes in construction industry and expansion of redevelopment business.

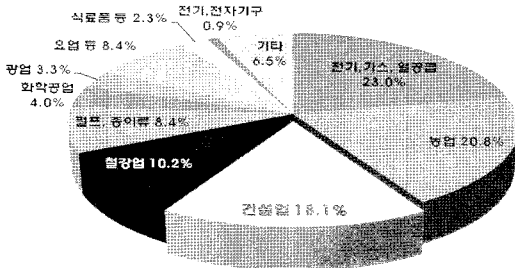


Fig. 11. Output of construction waste by types of industry.

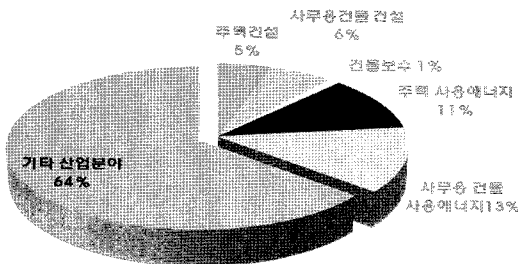


Fig. 12. CO<sub>2</sub> emissions of types of industry.

치, 관련정보의 부족 등으로 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 이와 같은 건설폐기물 발생에 따른 문제는 이제 시작단계라고 할 수 있을 정도로 매우 급격하게 증가될 것이며, 발생량이 거의 정체 상태에 있는 생활폐기물이나 사업장 일반폐기물과는 전혀 다르게 대응할 필요가 있는 점을 시사한다. 따라서 이와 같이 심각한 폐해가 예상되는 건설폐기물의 발생량 문제를 해결하기 위하여 건설폐기물을 각종 건설산업용 재료로 재활용 할 수 있는 관련 기술의 개발은 건설구조물의 장수명화와 더불어 우리가 매우 시급하게 당면한 문제임에 틀림없다.<sup>3,8)</sup>

### 3.2. 폐기물로부터 부산물로의 가치부여

건설구조물의 약 80% 이상이 철근콘크리트 구조로 건설되고 있으며, 이를 위해 사용하는 콘크리트는 안전하고 경제적인 구조물 건설을 위하여 적절한 품질과 안정적인 공급이 이루어져야 한다. 또한 콘크리트는 그 구성재료가 약 70%의 골재와 30%의 기타재료(시멘트, 물, 혼화제 등)로 이루어져 있어 골재는 각종 건설공사의 기초재료로 경제에 미치는 영향이 지대하므로 안정적인 공급이 절실히 요구되고 있으나 최근 우리나라는 경제성장에 따른 건설물량의 급증과 치수사업 등으로 골재 부존자원이 급격히 감소되어 이미 강자갈이나 강모래는 거의 고갈되어 있는 실정이며, 이를 부순돌, 부순모래, 바다모래, 수입모래 등

으로 충당하고 있으나 이러한 골재 자원마저도 부존량의 한계가 있을 뿐만 아니라 석산 개발에 따른 산림훼손 및 바다모래 채취에 따른 바다 생태계 파괴 등을 방지하기 위한 인허가 제한 등의 환경규제 강화로 생산이나 공급에 어려움이 가중되고 있다. 따라서 노후된 콘크리트 구조물을 해체할 때에 발생하는 막대한 양의 페콘크리트를 파쇄·가공하여 얻어지는 순환골재를 가장 효과적으로 활용할 수 있는 방안을 도출하는 것은 매우 시급하다고 할 수 있다.

페콘크리트를 순환골재로 이용하기 위해서는 적절한 순환골재 혼합비율, 부족한 시공성을 위한 고성능감수제와 같은 혼화재료의 이용, 순환골재 생산플랜트의 적절한 설비, 사용전 충분한 살수 등 몇가지의 이용대책이 강구된다면 지금까지 매립용 및 성토재로서의 사용뿐만 아니라 콘크리트용 순환골재로 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

### 3.3. 건설폐기물의 유효이용

#### 3.3.1. 재활용 기반구축

순환골재의 효과적인 재활용을 위하여 정부에서는 Table 1에서 보는 바와 같이 건설폐기물 재활용에 관한 다양한 정부정책을 마련하여 추진하고 있다. 이러한 법률 제정 등을 통하여 순환골재의 활용을 장려하는 것은 매우 중요하며, 건설폐기물 발생의 억제와 더불어 적정처리의 추진 등 국가의 적극적인 관여가 요구되고 있다. 선진각국은 환경과 자원을 절약하기 위한 세계적 흐름 속에서 폐기물을 관리정책의 기초로부터 재활용으로 정책기조를 전환시키고 있으며 국내에서도 건설폐기물 발생을 억제함과 동시에 건설자원의 철저한 재이용을 도모하고 신재료의 투입량을 가능한 절감하도록 노력하여 재생이용이 가능한 건설폐기물의 최종처리량이 없도록 목표를 설정하여 운영해야 할 것이다. 그에 따라, 국토해양부에서는 ① 건설폐기물 분별해체 의무화 및 표준화된 처리 시스템 구축, ② 건설폐기물 재활용 자재의 생산확대 및 신뢰성 확보를 위한 품질 및 성능 기준, 시공지침과 핵심기술 개발, ③ 건설환경 신기술, 신공법 등의 안정 확대 및 기술개발 촉진을 통한 건설환경산업의 대량생산체제 구축, ④ 건설자재, 공법 등의 생산업체의 대형화, 업종전문화를 통한 육성방안 강구, ⑤ 건설폐기물 재활용 촉진을 위한 제도 및 행정개선, ⑥ 건설폐기물 재활용 DB 정보망 구축 등의 건설환경기초계획을 수립하여 운용해오고 있으며, 더불어 발주자, 설계자, 시공자, 건설폐기물 중간처리업자의 인식전환 및 관련기술의 적극적인 개발과 제도적 지원을 통하여 건설폐기물의 건설재료로서 재활용을 위한 기반을 구축함으로써 건설폐기물의 유효이용을 위한 적절한 방안의 검토가 필요하다고 판단된다.<sup>7)</sup>

Table 1. Government policy about construction waste

구분	법류명 지침	형태	주요내용
국무총리실	공공기관의 폐기물 재활용 촉진을 위한 지침	훈령	폐기물의 재활용을 촉진하기 위한 공공기관의 의무를 규정
환경부	폐기물 관리법	법률	건설폐기물의 처리방법, 재활용 자재의 품질 기준 등을 규정
	자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률	법률	지정 부산물(토사, 페콘크리트, 페아스콘 등)을 규정하고, 중점관리 대상 건설업체에 지정부산물에 대한 재활용 의무를 부여
환경부, 건교부	건설폐기물 배출 사업자의 재활용 지침	지침	건설폐기물 배출업체가 재활용을 촉진 하기 위하여 준수하여야 할 사항을 규제
국토해양부	건축법	법률	건축폐자재의 사용 비율에 따라 용적률 등 건축 기준의 완화를 규정
	건축폐자재의 활용 기준	지침	건축폐자재 사용 비율에 따른 세부 규정
	건설표준준칙	-	건설폐기물의 발생 원단위를 규정
	건설기술관리법	법률	발주자 및 건설업체의 재활용의 무, 폐기물 처리비 산정 기준을 규정
	건설폐기물 재활용 요령	요령	건설폐기물의 처리 및 재활용에 대한 제도 및 기술적 기준을 정리

3.3.2. 설계 및 해체기술 개발

고품질의 순환골재를 생산하기 어려운 원인 중의 하나는 해체현장에서 발생하는 각종 이물질이 혼재되어 있다는 점이다. 우리나라에서는 철근 등의 철제물과 같은 유가물은 잘 선별되고 있지만, 그 이외의 것은 분리 선별이 거의 이루어지지 않고 있는 실정으로 여러 가지 이물질이 많이 혼재되어 있을수록 순환골재의 품질은 저하되며, 이를 콘크리트용으로 사용하기도 어렵게 된다. 따라서 구조물 해체 현장에서 콘크리트 부분만을 분리하여 수거할 수 있도록, 성상별 분별해체 기술의 개발이 요망되며, 동시에 해체시의 분리 선별을 제도적으로 규제함으로써 양질의 순환골재 생산 및 폐기물의 성상별 재활용율의 향상에 기여할 수 있을 것이다.

3.3.3. 고품질 순환골재 제조기술 개발

순환골재를 생산하는 시스템은 크게 Table 2에서 보는 바와 같은 방법이 사용되고 있으며, 국내에서는 콘크리트용 순환골재를 생산할 목적으로 주로 습식시스템을 채용하여 사용하고 있다. 이것은 순환골재의 품질확보가 유리하기 때문으로 판단되지만, 물을 순환 사용함에 따라 침전조는 물론 약품탱크와 탈수시설 등의 대규모 수처리 시설이 소요되므로 막대한 초기투자비가 소요되며 슬러지 케이크의 재활용이 어려운 단점이 있다. 반면에 건식시스템은 초기투자비가 작고 분급 후에 산출된 피립분의 2차 제품 등의 이용가능성이 높은 장점이 있으나 순환골재의 품질확보가 어렵다는 원인으로 국내에서는 소량의 생산업체에서 채택하고 있다. 따라서 품질확보가 가능하다면 건식시스템에 의한 방법이 여러 가지

측면에서 유리한 점을 지니고 있다.<sup>8)</sup>



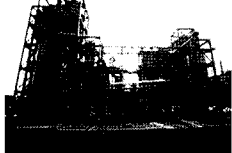
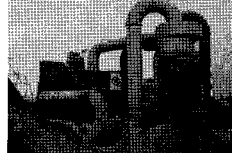
고품질의 순환골재를 제조하기 위해서는 Fig. 13에서 보는 바와 같이 압축, 충격, 전단, 마쇄 등의 파쇄 메커니즘을 통한 순환골재의 표면에 붙어있는 부착모르타르를 제거하기 위한 기술개발이 필수적이며, 이를 위해 파쇄기의 종류 및 파쇄회수, 운전방법 등에 대한 적절한 시스템의 구축이 요망된다. 현재 국내의 중간처리업체에서 순환골재 생산용으로 사용하고 있는 파쇄기는 죠크러셔, 콘크러셔, 임팩트러셔, 롤크러셔 등 대부분 기존의 부순골재 생산을 위한 파쇄기를 사용하고 있으나, 구조체 콘크리트용의 고품질의 순환골재를 생산하기 위해서는 부착모르타르를 효율적으로 제거할 수 있는 파쇄기의 개발 및 적용이 바람직한 것으로 생각된다.<sup>13,14)</sup>

또한, 순환골재 콘크리트의 요구품질을 만족시키기 위해서는 우선 철저한 반입검사에 의하여 품질이 좋은 순환골재를 선정, 관리하는 것이 중요하며 더불어, 순환골재 콘크리트의 제조기술 및 시공, 품질관리를 엄밀하게 정립할 필요가 있다. 이것이 완성되어 국내에 활용될 수 있다면 콘크리트용 순환골재의 재활용 촉진에 매우 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다.

4. 맺음말

지구환경문제의 중요성이 사회적으로 심각하게 인식됨에 따라 건설구조물의 장수명화가 요구되어 지고 이는 폐기물 발생량의 저감효과 이외에도 동일한 기간 동안의 자원소비량을 감소시키고 건설시의 투입 에너지를 감소시킬 수 있으므로 앞으로 기술적으로 지향해야 할

Table 2. Producing system of recycle aggregate

구분	물세척 (습식) 방식	건식집진 (건식) 방식	가열마쇄방식	풍력선별방식
원리	부력과 비중차의 원리를 이용하여 골재를 세척함으로써 미분말을 제거하는 방식	건식분급 시스템을 이용하여 골재와 부차페이스트를 분리, 제거하는 방식	400°C 까지 가열한 후 마쇄에 의해 골재에 부착된 모르타르 및 페이스트를 제거하는 방식	비중차의 원리를 이용하여 풍력을 공급함으로써 미분말과 잔골재를 분리 선별하는 방식
시스템 전경				
장점	- 가장 일반적으로 사용 - 순환잔골재의 대량 생산 가능	- 초기투자비 및 유지 관리비용 적음 - 순환골재 대량생산 가능 - 미분말의 2 차제품 이용 가능	- 미립분 제거 우수 - 순환잔골재의 대폭적 품질 향상가능	- 생산공정이 단순 - 생산단가가 저렴
단점	- 세척수에 의한 환경 오염유발 - 세척수 반복 사용에 의한 순환골재의 품질 저하 우려	- 순환골재의 품질 확보 저하 - 비산먼지 발생 우려	- 대량 생산 곤란 - 생산단가가 높음 - 미립분 제거를 위한 추가공정 필요	- 미립분 제거 불량 - 고품질 순환골재의 생산이 곤란 - 비산분진에 의한 환경오염 유발

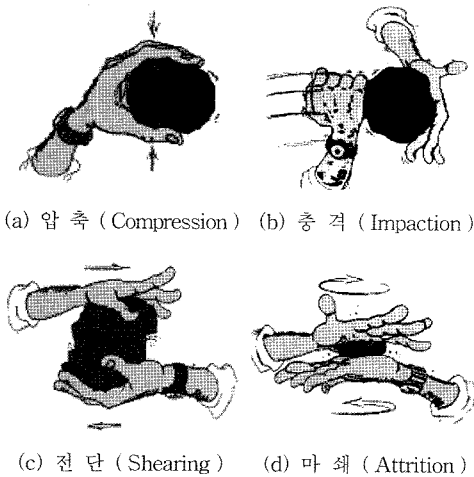


Fig. 13. Mechanism of crushing effect.

것이며, 이를 위해 건축물의 구성요소인 건축재료 및 부재의 목표내구성능이 달성되어야 할 것이다. 즉 건축물을 구성하고 있는 부재는 일용품과 전기기기, 자동차와 같은 내구소비재와 같이 10년 정도의 단기간에 간단히 교체될 수 있는 것이 아니기 때문에 건축물의 구조부재에 30~500년 정도의 내용연수가 요구되는 경우 설계내용연수의 기간 동안에는 목표성능이 유지되도록 재료

및 부재에 대한 내구성능설계가 이루어져야 한다. 이와 같이 건축물의 내구성능설계에 의해 건설구조물의 장수명화를 달성하기 위해서는 건축물을 구성하고 있는 건축재료 및 부재가 쉽게 열화 되지 않도록 목표의 내구성능을 부여하고 또한, 건설폐기물의 발생 억제 및 유한한 지구자원의 유효이용과 재활용을 활성화시킴으로써 3R(Reuse, Recycle, Reduce)에 의한 지구환경부하 저감에 지속적인 노력이 수반되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 05 건설핵심기술연구개발사업 (과제번호 : 05건설핵심D07)에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 논문에 참여한 연구자(의 일부)는 2단계 BK21 사업의 지원비를 받았습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 김무한, 최찬환, 이도 히로시, 김규용 일본의 주택품질확보촉진에 관한 법률과 주택성능표시제도의 현황과 전망, 대한건축학회학회지, 2005.
- 김규용, 김무한, 탄산화를 고려한 콘크리트 구조물의 내구성능 설계, 콘크리트학회지, 18(4), pp. 24-31, 2006. 7.
- 김규용, 김무한 외, “폐콘크리트덩어리를 활용한 고품질



재생모래의 제조기술 및 자원효율이용성 평가모델 개발”, 2003년도 건설핵심기술연구개발사업보고서, 2004.

4. 김무한, 건축재료 및 생산의 과거와 현재 그리고 미래, 대한건축학회학회지, **49**(10), pp. 21-26, 2005. 10.
5. 한국건설기술연구원, 건설폐기물 재활용 촉진을 위한 정책 및 기술개발, 건설교통부, 2002.
6. 김규용, 김무한 외, “순환골재의 사회·경제·환경적 가치 평가 및 효용성 분석에 관한 연구”, 대한건설순환자원협회, 2005. 10.
7. 최민수, 건설폐기물의 재활용 촉진을 위한 법적 정비 방안, 한국건설산업연구원, 2002. 7.
8. 이도현, 국내 재생(순환)골재의 생산 및 활용현황, 대한주택공사 주택도시연구원, 2001.
9. Ahmad Shayan and Aimin Xu, Performance and Properties of Structural Concrete Made with Recycled Concrete

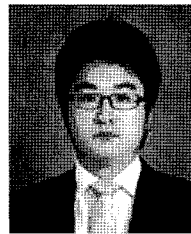
Aggregate, ACI Materials Journal, **100**(5), 2003. 9.

10. ISO 6241-1984 (E), Performance Standards in Building Principles for their Preparation and Factors to be Considered.
11. Ilker Bekir Topcu, et al., Properties of concrete produced with waste concrete aggregate, Cement and Concrete Research, **34**, 2004, pp. 1307-1312.
12. 島 裕和 ほか, 副産微粉を土化材として利用したときの高品質再生骨材のライフサイクル分析, コンクリト工學論文集, 第15卷, 第1號, 2004. 1, pp. 81-91.
13. 金武漢ほか, 建築系副産物の發生抑制と再利用に関する研究, 日本建築學會學術講演梗概集, 1995. 8, pp. 853-854.
14. 柳橋邦生, 高品質再生細骨材の製造技術に関する研究, コンクリト工學年次論文集, **25**(1), 2003, pp. 1217-1222.



金圭庸

- 1996년 충남대학교 건축재료 및 시공학 공학석사
- 1999년 충남대학교 건축재료 및 시공학 공학박사
- 1999-2002년 일본 건설성 건축연구소 초청연구원
- 2003-2005년 삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 선임연구원
- 현재 충남대학교 건축학부 교수



崔亨吉

- 2007년 충남대학교 건축공학 학사
- 2009년 충남대학교 건축재료 및 시공학 공학석사
- 현재 충남대학교 건축재료 및 시공학 박사과정



南正樹

- 2007년 충남대학교 건축공학 학사
- 2009년 충남대학교 건축재료 및 시공학 공학석사
- 현재 충남대학교 건축재료 및 시공학 박사과정



宋河永

- 1974년 서울대학교 건축공학 학사
- 1989년 충남대학교 건축구조 공학석사
- 1993년 충남대학교 건축시공재료 공학박사
- 1982-1986년 동상토건 과장
- 현재 한밭대학교 건축공학과 교수



李道憲

- 1981년 동국대학교 토목공학 학사
- 1988년 동북대학(일본) 콘크리트재료 석사
- 1991년 동북대학(일본) 콘크리트재료 박사
- 1983~1985년 삼환기업(주) 사원
- 1991~1992년 동북대학(일본) 문무교관(조수)
- 1992~현재 대한주택공사 선임연구위원