

## 에코콘크리트에 대한 소개

### The Report of Ecological Concrete



김 화 중\*

본 글은 최근 사회전반적으로 부각되고 있는 환경 문제의 관점에서 바라본 콘크리트에 관한 새로운 접근으로 에코콘크리트에 관한 콘크리트工學年次論文報告集 Vol 18. No.1 1996년 게재된 『에코콘크리트研究委員會報告』를 번역한 것이다.

#### 1. 위원구성

- 위원장 玉井 元治(近畿大學)
- 부위원장 水口 裕之(徳島大學)
- 간사 岡木 亨久(日本시멘트(株))
- 위원 天羽 和夫(阿南工業高等專門學校)
- 島田 裕康(住宅·都市整備公團)
- 有富 範伊(五洋建設(株)) '95. 4~
- 田淵 博(日本大學)
- 大久保隆昭(建設省建築研究所)
- 出村 克宜(日本大學)
- 親林 和生(秩父小野田(株))

- 福手 勤(運輸省港 技術研究所)
- 金子 文夫(大成建設(株))
- 吉澤 康彦(鹿島建設(株))
- 河合 研至(廣島大學)
- 増井 直樹((株)大林組)
- 桐山 英二(五洋建設(株))~'95. 3
- 丸山 久一(長岡技術科學大學)
- 堺 孝司  
(北海道開發局開發土木研究所)
- 安田 登(東京電力(株))
- 佐藤 文則(前田建設工業(株))
- 柳橋 邦生((株)竹中工務店)
- 島谷 幸宏(建設省土木研究所)

#### 2. 위원회활동의 개요

1992년 6월 리오의 지구환경회담에서 세계는 지구환경시대에 공동의 노력을 약속하고, 일본에서는

\* 정회원, 경북대학교 건축공학과 교수

1993년 11월 환경기본법을 제정해서 기본개념으로서 『건진하고 풍부한 환경의 혜택을 현재 및 미래의 세대가 향수(享受)가능하게 함과 함께 인류공유의 기반인 유한한 지구환경을 장래에 걸쳐 유지한다.』로 하고, 인류의 지속적 발전을 목표로 해서, 지구를 오염시키지 않고 동식물과의 공생을 도모하며 자연정화 등을 회복하는 것이 중요한 과제가 되어 왔다.

지구환경과 콘크리트의 관계는 시멘트, 골재의 원재료, 시멘트의 제조와 이산화탄소의 배출, 산업부산물(産業副産物)의 이용, 콘크리트의 리사이클 등 여러 가지가 있지만 전술(前述)과 같은 현황을 감안하여 생물과의 접점(接點)을 가지는 것이 가능한 콘크리트의 연구를 증진시키기 위해 『에코콘크리트 연구위원회』를 설치하고 다음과 같은 3개의 작업부회(作業部會)를 설정하여 연구를 하여 왔다.

① 정의와 철학(개념)에 관한 검토

(지구환경문제, 지속가능한 개발과 재료, 에코재료, 에코콘크리트 등)

② 에코콘크리트의 용도와 요구조건의 검토

(개요, 생물적응형 및 환경부하저감형 에코콘크리트, 이용형태와 요구성능 등)

③ 기포 콘크리트의 적용에 관한 검토

(기포 콘크리트의 적용상의 요구항목, 불성시험방법, 문헌조사결과 등)

이것들의 검토사항은 콘크리트재료의 불성뿐만 아니라 육지나 수역(水域)에 서식하는 생물과의 접점에 관계하는 학제적과제(學際的課題)등 복잡한 문제를 포함하기 위해 본 위원회는 각종 영역의 전문가의 참가를 부탁했다. 위원회의 활동기간은 1994년 4월부터 2년간에 본위원회회를 7회, 1~3의 각 작업부회를 각각 7회, 8회 개최하고 위원회 보고서를 발간했다.<sup>11)</sup>

### 3. 에코콘크리트

#### 3.1 지구환경문제

1971년 로마클럽이 『성장의 한계』를 보고했었던 것을 시작으로 우리들이 현재의 상태로 유한한 자원과 에너지를 낭비하고 지구환경을 파괴하는 것이

계속되면 『가까운 장래에 인류의 생존을 위태롭게 한다』라는 것이 국제적인 과제가 되어 왔다. 지구환경문제로서 다루어지는 과제는 우선 아프리카, 인도, 중국 등의 인구증가와 식량문제가 있고, 산업, 생활관련 중 에너지계로는 화석연료의 사용에 따르는 지구온난화와 산성비문제가 있으며, 비에너지계로는, 프레온가스 등의 사용에 따르는 오존층의 파괴, 유해폐기물의 월경(越境)이동, 해양오염문제가 있다. 자연 생태계로는 삼림파괴, 사막화와 토양의 유출, 야생생물의 감소가 문제가 되고 있다. 이것들은 어느 한 지역만 그치지 않고, 지구규모의 문제이기 때문에 국제적인 협력에 따라 해결하지 않으면 안된다.

생물계는 태양과 지구의 주변환경에서 에너지를 흡수하고 여러 가지 방법으로 순환하는 먹이사슬을 형성하고 46억년이나 현재의 푸른 지구를 구성하여 왔다. 그림 1은 자연이 형성하는 생태계의 활동으로써 먹이사슬을 보여준다. 이 순환계의 일부가 파괴되어 있는 것 같다.

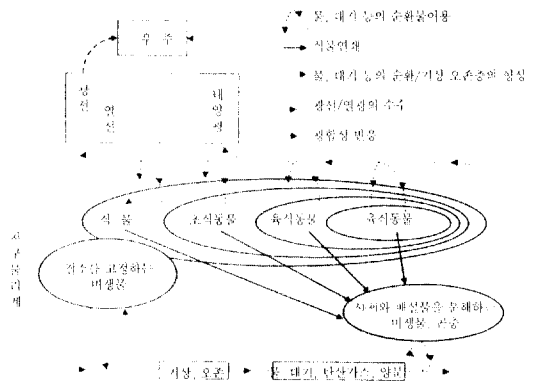


그림 1 생물계의 활동

#### 3.2 지속가능한 개발과 재료

재료의 생산이나 이용은 자원이나 에너지의 소비, 불필요한 물질이나 열의 배출 등 어떠한 형태로 환경에 부하(負荷)를 주고 있다. 환경부하(環境負荷)항목으로서는, 대기오염, 수질오염, 에너지소비, 폐기물질 등을 들 수 있다. 그 중에서 이산화탄소의 배출량은 지구의 온난화에 관계한 중요한 요인이

고, 전력, 운수, 시멘트, 철강 등의 산업이 관여하고 있다. 이들 산업이 1992년의 생산량을 유지하는 경우, 상임기반으로 개발가능한 화석연료는 석탄이 209년, 식유가 45년, 천연가스가 52년이라고 IEA(국제 에너지 기관)가 발표하고 있으며, 화석 연료는 대기오염과 함께 고갈화도 심각한 문제이다.<sup>10)</sup> 환경부하(環境負荷)를 주지 않는 지속가능한 개발을 위해서는 폐기물량을 적게 하고 또 리사이클의 추진이 불가결하다. 1991년에 『재생자원의 이용 촉진에 관계하는 법률』이른바 리사이클(Recycle)법이 제정되고, 각종 제품 모두 리사이클 비율을 추진하고 있지만, 플라스틱과 같은 종류의 많은 제품은 1~2%로 낮은 것이 현실이다. 기기에 대하여 백주병(95%), 타이어(86%), 알루미늄캔(53.8%)은 리사이클비율이 높은 제품이고<sup>11)</sup>, 가까운 장래 각제품 모두 완전리사이클화를 목표로 하고 검토할 필요가 있다.

### 3.3 에코재료

지구환경에 좋은 재료로는 자원·에너지의 사용량이 적고, 동시에 사용 후에 발생하는 문제가 적은 것이라고 할 수 있다. 『에코재료』의 개념은 비담과 학기술회社 real metal연구회에 의해 처음 제안된 것이며<sup>12)</sup> 거기에 상당하는 영어는 조어(助語)로 『Environment Concious Material』로 표기되고 있다. 이 개념에서는 21세기의 재료로는

- (1) 인류의 활동권을 넓히고 활동환경을 확장한다.( frontier性)
- (2) 인류의 활동권과 외부환경과의 조화를 도모한다.(환경조화性)
- (3) 활동권중에서 생활환경에 풍요를 준다.( amenity性)

이상을 만족하는 재료이다. 이것들은 상호에 대립하는 내용을 포함하고 있지만 종래의 재료개발은 프론티어(frontier)성 또는 에메너티(amenity)성에 중점을 두었던 것이었다고 말할 수 있다. 그러나, 최근에는 에너지 다소비형(多消費型)의 고성능 재료에서 구하지 않고, 환경부하(環境負荷)의 저감(低減)을 제일 중요시 하여 연구·생산활동을 하려는 사고방식이 나타나고 있다. 또, 제품의 생산, 소

비, 폐기 각 단계에의 환경부하를 정량적, 종합적으로 평가하는 Life Cycle Assessment(LCA)가 주목되고 있다.<sup>13)</sup> 더욱이, 대량의 자원을 사용해서 버리는 낭비형의 산업사회를 순환형으로 하기 위한 구체적인 움직임으로서 국제연합대학의 『Zero Mission 계획』이 추진되고 있는 실정이다. 이 계획은 최종적으로는 폐기물 “zero” 사회 시스템을 구축하려고 하는 성대한 계획이다. 이 사고방식을 실현하기 위해서 종래와는 반대의 생산기술체제, 즉 일반적인 자원부터 새로운 것을 만들어 내리는 생각이 아니고, 폐기물을 자원으로써 이용하기 위한 생산기술 『inverse·manufacturing』에 관한 프로젝트를 진행하리 하고 있다. 시멘트산업에 있어서도 소각회(燒却灰), 하수오니(下水汚泥) 등의 폐기물을 주원료로 하는 시멘트제조의 시험이 이루어지고 있다.

에코재료로서의 요건은 다음의 3항목이다.

- (1) 원재료 채취에 따르는 환경부하가 적은 것
- (2) 소재 및 제품제조의 처리, 가공에 에너지 소비가 적은 것 및 CO<sub>2</sub>를 포함하는 유해물질의 배출이 적은 것
- (3) 폐기한 것 및 사용후의 처리에 환경부하(環境負荷)가 적은 것

### 3.4 에코재료로서의 콘크리트

일본의 석회석 매장량은 약 580억톤이며, 연간 석회석 채굴량은 골재용도 포함해서 2억톤으로 되어 있다.<sup>14)</sup> 시멘트제조에서는 연료와 함께 석회석에 고정되어 있는 이산화탄소가 배출되고, 보통포틀랜드 시멘트 1톤당 CO<sub>2</sub>배출량은 827kg이 되며,<sup>15)</sup> 시멘트산업의 CO<sub>2</sub>배출은 높은 수준에 있다고 말할 수 있다. CO<sub>2</sub>는 지구온난화의 원인으로 되어 있지만, 이 의미에 있어서 콘크리트는 소재의 제조단계에 있어서는 에코재료라고는 말하기 어렵다. 그렇지만, CO<sub>2</sub>의 배출량 저감(低減)의 한 방편으로서 산업폐기물은 코로슬래크나 플라이애쉬 등 포졸란 반응이 있는 혼화재를 시멘트의 일부에 대체품으로써 사용하는 것을 생각할 수 있다. 그 치환율에 따라서 CO<sub>2</sub>의 배출량은 단순히 저하한다. 이와 같은 배려를 함으로써 콘크리트는 적어도 에코재료로서

한층 가까워지게 된다. 또, CO<sub>2</sub> 발생을 억제하기 위한 시멘트제조법의 개량도 중요하다. 콘크리트에 사용되는 시멘트는 석회석과 점토를 주원료로 제조되지만 콘크리트의 탄산화에 의해 또 그 대부분이 석회석과 같은 성분이 된다. 따라서, 이 의미에 있어서 콘크리트는 초장기적(超長期的)으로 보면 자연의 사이클을 완결시키는 에코재료라고 말할 수 있는 것인지도 모른다.

### 3.5 에코콘크리트

에코콘크리트란 지구환경부하의 저감에 기여하는 것과 동시에 인간을 포함하는 모든 생물과의 인터페이스에 논리적(logical)인 배려가 이루어진 콘크리트로 정의할 수 있다. 즉, 에코콘크리트는 아래에 보여주는 2개로 대별된다.

- (1) 폐기물, 오염, 오폐(汚濁), 온난화, 자원고갈 등의 환경에의 부하를 저감시키는 환경부하 저감형 에코콘크리트
- (2) 생물계와의 조화 또는 공존을 꾀하는 생물대응형 에코콘크리트

이러한 개념을 모식(模式)적으로 나타내면 그림 2와 같이 된다.

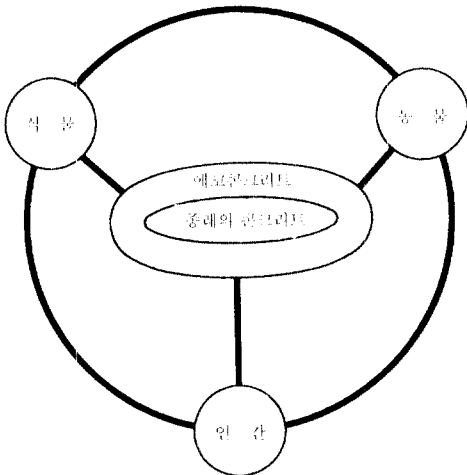


그림 2 에코콘크리트의 개념

#### 3.5.1 환경부하 저감형 에코콘크리트

지구환경으로의 부하를 저감할 수 있는 콘크리트를 말하고, 재자원화(再資源化)를 포함해서 라이프 사이클을 통하여 자원의 사용량 및 자원의 채취·정제(精製)·가공 및 사용할 시 등에 필요한 에너지량이나 지구환경에 주는 부하가 적은 콘크리트를 생각할 수 있다. 구체적으로는 장수명(長壽命)콘크리트(초내구성(超耐久性)콘크리트), 재생골재를 사용한 리사이클콘크리트, 열과 음이나 물수지(水收支)를 고려한 기포콘크리트, 여러 가지 폐기물을 원료로 제조한 시멘트(에코시멘트)를 이용한 콘크리트, 혼합시멘트의 이용과 포졸란혼화재를 사용한 콘크리트 등이 그것에 해당된다.

#### 3.5.2 생물대응형 에코콘크리트

생태계와의 조화 또는 공생을 도모하는 것이 가능한 콘크리트이고, 생물의 서식장(棲息場)을 확보하며, 생물에게 악영향을 주지 않도록 고안한 콘크리트를 생각할 수 있다. 이것들은 구조물의 형태, 배치장소 등의 구조레벨의 고안과 콘크리트의 구성물질에 관계되는 재료레벨에서의 고안이 이루어지고 있다. 구체적으로는 생물의 서식장의 확보로써 수생생물(水生生物)에 다량의 부착면과 서식공간을 주거나, 초목식물의 뿌리가 침입해서 성장과 고정화하는 연속공극을 가지는 콘크리트가 이것들에 해당된다. 또, 콘크리트구조물의 설치나 콘크리트를 사용하는 것이 직접 생물에 미치는 경우가 많지만, 이러한 영향을 저감시키는 고안을 했던 것도 에코콘크리트로써 취급하는 것이 가능하다. 생물의 서식에 악영향을 주지 않는 것으로서, 알칼리분의 용출(溶出)을 저감한다든지 콘크리트 내부에 수분과 기체수송을 원활히 하고 생물의 서식을 보조한 구조형태로 했던 것도 이러한 것에 상당한다.

## 4. 용도와 요구조건

### 4.1 개요

진술(前述)의 내용에 관하여 에코콘크리트의 분류와 그러한 용도를 나타내면 그림 3과 같다.

여기서는 특히 그 용도개발이 활발하게 행해지고

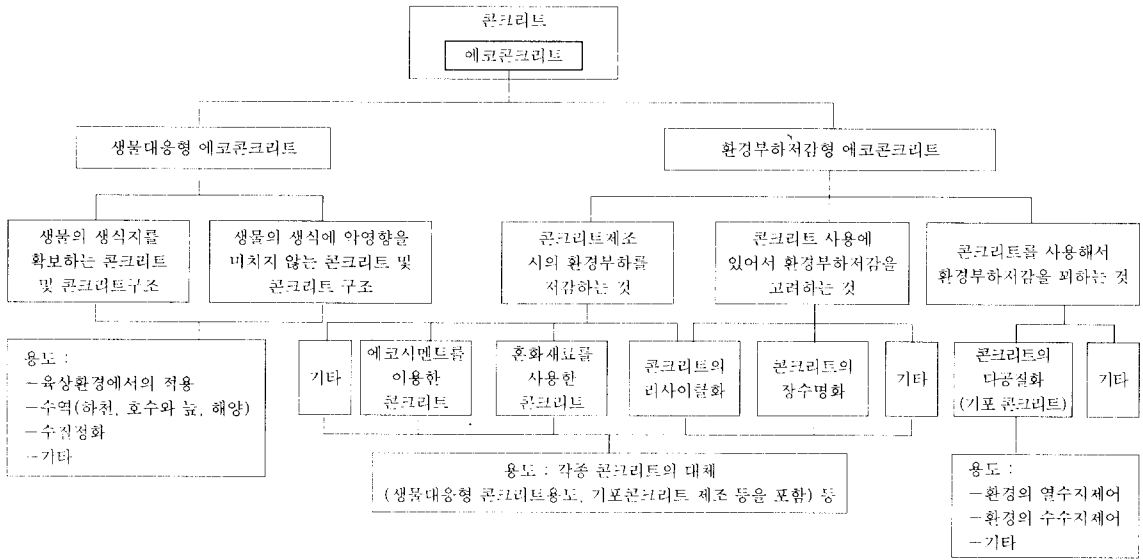


그림 3 에코콘크리트의 분류와 용도

있는 생물대응형 에코콘크리트의 용도와 요구조건을 중심으로 개설(概說)함과 더불어 기포콘크리트를 사용한 경우 환경의 열(熱)수지 및 물(水)수지에 미치는 효과 등에 관하여도 기술하고 있다. 또한, 생물대응형 에코콘크리트에 관하여는 특히 콘크리트의 조직 및 콘크리트구조가 창조하는 공간을 척도로서 생물과의 접점(接點)을 잡고 있다. 한편, 현재의 연구·개발 상황에 비추어 환경부하 저감형 콘크리트 중, 콘크리트 제조시의 환경부하를 저감하는 것 및 콘크리트를 사용할 때 환경부하저감을 고려했던 것에 관해서는 변함이 없다. 그러나, 이와같은 목적으로 제조되는 콘크리트를 포함함으로써 에코콘크리트의 전체상(全體像)이 명확해진다고 생각할 수 있다.

## 4.2 생물대응형 에코콘크리트

### 4.2.1 육상환경으로의 적용

육상생물이 콘크리트의 표면이나 내부에 서식하기에는 콘크리트를 다공질화(多孔質化)할 필요가 있고, 또 미생물, 소동물(小動物), 식물 등의 서식 또는 식생(植生)하는 생물에 악영향을 주지 않는 것이어야 한다.

1) 식물이 살 수 있기 위한 콘크리트 : 토양이 갖는 기능을 인공적으로 만들 필요가 있고 뿌리가 신장(伸張)하기 위한 공간, 알칼리 성분이나 염류의 용출(溶出)방지 및 보비성(補肥性), 보수성, 투수성의 부여가 요구된다.

2) 미생물인 소동물(小動物)의 서식을 위한 콘크리트 : 세균이나 사상균(絲狀菌) 등의 토양미생물, 선충곤충(線蟲昆蟲), 거미, 지렁이 등 토양 소동물의 서식 방법에는 적당한 공극, 보수성(保水性), 투수성 및 부식토 등의 먹이가 되는 유기물이 필요하다.

### 4.2.2 수역환경(水域環境)으로의 적용

1) 하천·호수는 물, 그리고 물가, 바닥, 구조물 등으로 구성되어 있다. 이러한 공간과 물이 일체가 되어 생물이 서식하여 사는 거주지(habitat)를 형성한다. 이것은 각 생물의 생활단계에서 이용하는 경우이고 또 생활사(生活史)중에서 필요해지는 거주지간의 연속성을 유지하는 것이 필요하다.

기포콘크리트는 연속공극을 형성하고 있고, 통기성, 투수성, 수분의 유지, 표면의 기리(肌理) 등에 특징이 있다. 수중과 수역(水域)에 설치하면 조류(藻類)의 부착과 원생생물(原生生物) 등 소생물(小

生物)의 주거가 형성되어 곤충류나 어류에 대해서 좋은 환경이 창조될 수 있다고 생각할 수 있다.

## 2) 해양환경과 에코콘크리트

해양에서의 에코콘크리트의 용도에 관하여 고찰하는 경우, 콘크리트의 생태적 특성을 기포콘크리트 등 『에코콘크리트材』로써 검토하는 방법과 콘크리트재 및 콘크리트구조가 창출하는 생태적 공간으로써 『에코콘크리트 공간』으로써 검토하는 방법 등이 있다. 콘크리트는 그 재료특성상 미세공간과 기포콘크리트 같은 공극공간 및 콘크리트구조물이 창출하는 거대한 공간까지 폭넓은 공간적 스케일을 지니고 있다.(그림 4 참조) 한편, 생태계의 스케일도 micro에서 macro한 것까지 다양한 계층구조를 이루고 있고, 더욱이 크고 복잡한 스케일부터 시간 스케일까지 아주 폭이 넓다.

| 공극의 크기      | μ   | mm                    | cm         | m   | km | 기능                      |
|-------------|---|-----------------------|------------|---|----|-------------------------|
| 재료(인공)      | 콘크리트  | 심유, 기포콘크리트            | 유체분극       |   |    |                         |
| (자연)        | 砂浜  |                       |            | 협소  |    |                         |
| 생물          | 원생동물...연체동물...<br>환경동물(다모류)...                |                       |            | 어류  |    | 생물의 우수(공극)              |
|             | 박테리아...<br>habitau...habitat...<br>biotope... | 진수동물...<br>habitat... |            | 조류...<br>habitat...<br>biotope...<br>biotope... |    |                         |
| 이용형태 (생물공생) |   |                       | mitigation |   |    |                         |
| 투명도         |   |                       |            |   |    | 투수성                     |
| 光 (투과, 반사)  | 합성세로<br>식물 플랑크톤                               |                       | 해조(조류)     |   |    | N, P의 제거<br>부착기반의<br>조도 |
| 집적(集積)      | 영양염류  |                       |            |   |    | 투수성                     |
| 유속          | 잔류시간, 와(渦)의 형성, 파괴                            |                       |            |   |    | 표면조도<br>형상(배치)          |

그림 4 공극성상과 서식생물 및 수질정화에 관한 항목

기포콘크리트의 연속공극(連續空隙) 치수는 사용하는 골재와 결합재의 수량에 따라서도 차이가 있지만, 일반치는 0.01~10mm이고, 그 공간에 서식하는 생물은 박테리아, 원생동물, 소형동물 등을 생각할 수 있다. 그러나, 표면성상이 요철이고, 통기성과 투수성이 있으므로 부착생물이 다양화하는 것이라고 생각된다.

## 3) 수질정화

기포콘크리트의 수질정화기능은 콘크리트 표면에 형성되었던 생물막의 작용에 의한다. 생물막(生物膜)에는 박테리아에서 단세포조류(單細胞藻類), 소동물(小動物), 대형조류(大型藻類), 패류(貝類) 및 대형동물(大型動物)까지 여러 가지 동물이 환경조건에 대응하여 서식하고 있고 생물막(生物膜)에는 한 종류의 생태계가 형성되고 있다고 생각된다. 생물막에 의한 수질정화를 행하는 것으로 직경 20~30cm의 자연석이나 콘크리트 덩어리를 사용한 역간접축산화법(間接酸化法)이 있다. 기포콘크리트는 내부공극을 가지기 때문에 미생물이 서식하기 쉽고 생물막의 형성상태도 복잡하며 생태계도 공극성상에 의존하여 다양하다고 생각된다. 기포콘크리트를 사용하여 연안부근이나 하천의 호안(護岸) 등을 구축하면 자연의 수질정화능력은 지금보다 향상될 것으로 예측된다.

미생물에 의한 수질정화의 원리는 오염물질의 생물적 고정(固定)과 대사분해(代謝分解)에 있다.

기포콘크리트의 정화능력은 서식하는 미생물의 양과 종류, 미생물의 대사기능을 활발하게 하는 배양조건(培養條件)으로써 주변의 환경조건에 의존한다. 기포콘크리트의 특징인 공극성상과 서식생물 및 수질정화에 연관된 항목과의 관계를 그림 4에 나타낸다.

## 4.3 환경부하저감형 에코콘크리트

### 4.3.1 열수지(熱收支)-녹화(綠化)콘크리트-투수성 포장

보통콘크리트의 열전도율은 1.2~1.3(kcal/m · h · ℃)로 여름에는 덥고 도시내부에는 열섬현상이 일어나며 겨울에는 반대로 지독한 추위 현상을 일으키는 원인이 된다. 기포콘크리트는 다공질체(多孔質體)이므로 일반적으로 열전도율은 0.8(kcal/m · h · ℃) 이하이고, 여름에는 온도상승의 억제, 겨울에는 보온 효과를 기대할 수 있다. 기포콘크리트를 기반으로 해서 녹화(綠化)콘크리트로 하면 구성되는 공기층과 식물이 함유한 수분의 단열 효과에 의해 또, 건물의 콘크리트면의 녹화는 미기상(微氣象)조절기능에 연결된다.

표 1 요구성능에 대한 재료계획 흐름의 일례

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 용도·목적의 설정                             | 녹화, 수질정화, 동식물의 서식장을 창조하고 자연환경의 회복·복원, 재생, 경관, 어초(魚礁) 등   |
| 사용장소의 선정                              | 녹화, 자연환경의 회복·복원·재생 : 산, 하천, 택지의 변면이나 평면, 밭둑의 주변이나 옥상녹화 등<br>수질정화·자연환경의 회복 : 하천, 호소(湖泊), 해변(海濱) 등   |
| 사용방법의 설정                              | 식물 : 잔디, 잡초, 화초류, 관목, 또는 1년초, 다년초, 약재류인가?<br>동물 : 미생물, 원생동물, 갑각류, 다모류, 패류, 곤충류인가?  |
| 사용형태의 설정                              | 기포콘크리트만으로 재조가능한가? RC로 하는가? 판이 블록화 되는가?<br>그의 형상은, 보통콘크리트와 복합화되는가? 섬유질소재나 폴리머 등의 유기질재료를 사용하는가?  |
| 내용년도의 설정                              | 예로는<br>2~3년생 : 관목으로써 법면보호되는 기반<br>10~20년 : 단기자연환경의 회복·복원되는 경우 등<br>20~30년 : 어초용콘크리트는 30년 이상<br>30~50년 : 해양에 이용하는 강재는 50년 이상  |
| 재료계획                                  | 용도·목적에 응하는 물성의 목표치를 설정하고 그것을 만족하기 위한 사용재료의 선정, 조합 등을 결정한다. 예로 강도, 공극율과 공극직경, 투수계수, 내수성, 유리석회의 용출 등<br>강도 : 사용되는 골재의 입경에도 관계되나 주로 결합재의 강도와 그 단위량에 의존한다.<br>내구성 : 수중에서의 동결융해 저항성은 약하지만 공기중에는 보통콘크리트보다도 조금 약한 정도이고 사용한 장소에 따라 크게 차이가 난다.<br>강도, 내구성, 공극량 및 기포콘크리트의 기본적인 성능 이외로 예코재료로서 필요한 물성치를 설정하고 이것을 얻기위한 사용재료·조합의 설정을 행한다.  |
| 필수 설정<br>강도의 설정<br>공극량의 설정<br>내구성의 설정 |  |
| 필요에 대한 설정<br>기타 성능의 설정                | 예로<br>투수계수 : 사용한 골재의 종류(입경과 공극율 등과 결합재의 양에 따른다. 또한 수두(水頭)나 물의 온도에도 영향을 준다.)<br>유리석회의 용출 : 물이나 수중에도 조기에 있어서 유리석회의 용출이 크고 생물의 영향과 결합재의 내구성도 저하되기 때문에 주의할 필요가 있다.   |
| 물성치의 관리                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>내부조직·공극 등의 관리물성치<br/>세공직경(細孔直徑)분포 (특립공극량, 연속공극량), 흡수율, 함유율, 투수계수, 투기(透氣)계수, 투습계수, 비열, 열전도율, 흡음율</li> <li>표면성상의 관리물성치<br/>열전도율, 흡음(吸音)율, 표면경도, 마모저항성</li> <li>강도 성상(性上)의 관리물성치<br/>압축강도, 휘강도, 인장강도, 전단강도, 탄성계수</li> <li>내구 성상(性上) 등의 관리물성치<br/>중성화, 내구성지수, 건조수축율, 전기전도율, pH</li> </ul> |
| 시공·유대관리                               |  |

4.3.2 물수지(水收支)-지하 침투공법-기타

기포콘크리트를 물수지의 제어를 목적으로 보도(步道)·차도(車道)에 투수성 포장으로써 또한 침투층(浸透), 침투트렌치, 침투측구(浸透側溝)에 사용하면 합류식 하수의 부하를 감소하게 하거나 도시내부의 지반침하를 적게 시키고 더욱이 물수지

를 자연환경에 있는 물수지에 가까워질 수 있다. 또한 투수성 포장이나 벽면에 사용한다고 난반사(亂反射)에 의한 현혹의 해소 및 소음의 지감을 모호할 수 있다.

## 4.4 이용형태와 요구성능

### 4.4.1 이용형태

에코콘크리트는 보통콘크리트와 같이 소요 강도, 내구성을 가지고, 에코재료로서의 특수한 기능을 가질 필요가 있다. 예를 들면 강도나 내구성상에 관해서도 보통콘크리트의 복합화 및 섬유질재를 혼입하고 개량하는 방법도 있지만 식물의 식생이나 수질정화 및 환경보전 등의 각각의 이용형태에 따라 물리적 성질의 내부공극직경·진공극율(全空隙率)·연속공극율·투수성 등, 화학적 성질로써 유리석화의 용출(溶出)의 유부가 내부요인의 차이에 따라서 변화하기 때문에 소망(所望)의 요구에 맞는 것을 제공하는 것이 바람직하다.

### 4.4.2 요구성능을 만족하기 위한 물성(物性)관리

기포콘크리트의 공극율은 20~30%를 목표로 결합재의 특성, 독립공극, 연속공극의 크기나 형상과 그의 양 등, 요구되는 인자가 많다. 그것들의 요구성능에 대한 재료계획에 관한 흐름의 일례(一例)를 표 1에 나타낸다.

## 5. 기포콘크리트의 적용

### 5.1 개요

생물의 서식환경에 적합한 기포콘크리트의 설계상의 위치는 압반, 구조용콘크리트, 사력(砂礫)지반 등의 복합적인 영역에 속하고 강도와 투수성의 2차원으로 표현되며 각 재료의 개념은 그림 5와 같이 나타낼 수 있다. 그 재료를 사용하는데 있어서는 용도와 요구되는 기능에 따른 성능을 특별히 정해 놓은 설계항목을 정할 필요가 있다. 여기에서는 기본적인 이용형태와 설계상의 요구항목을 검토하고 생물·환경의 접점(接点)에 사용하기 위하여 화학적 성질의 관점에서 환경조화성의 평가를 시도하고, 기포콘크리트의 물성시험(안)을 제한함과 동시에, 공동시험을 해서 성능을 규정하기 위한 평가항목을 분명하게 하였다. 더욱이 식생, 생물부착, 수질정화를 비롯해서 생물과 콘크리트 및 환경과 콘크리트에 관한 문헌조사를 행하고, 연구목적별, 시

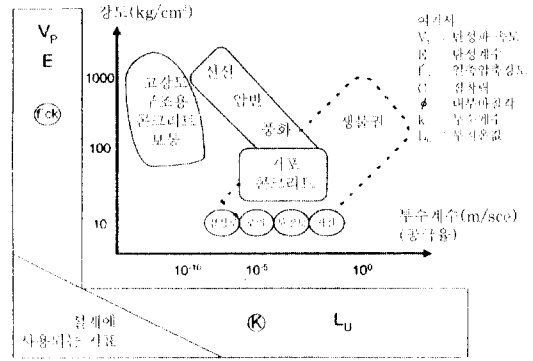


그림 5 기포콘크리트의 물성에 관한 개념

험항목별로 취급하고, 이 종류의 연구와 기술의 현상을 파악하기 위한 자료를 제공하였다.

## 5.2 적용상의 요구항목

### 5.2.1 설계관점에서의 요구항목

기포콘크리트의 사용목적은 환경부하저감 및 생태계와의 조화·보호에 관한 것이 많다. 또한 그것들은 용도 뿐만 아니라 제조부터 공용후의 관리에 이르기까지 환경부하(環境負荷)를 저감하는 특징이 있다.

#### 1) 성능을 파악하기 위한 시험항목

i) 공동시험항목 : 압축강도시험과 휨강도시험 부재의 제조, 운반, 설치 과정에 손상을 방지하는 데에는 적절한 강도를 요구한다.

ii) 특정시험항목 : 각 용도·목적에 대하여 성능을 평가하기 위해서 하는 것으로 불의 제어와 수질정화콘크리트에는 투수계수, 진공극율, 연속공극율의 시험을, 식재(植栽)콘크리트는 공극직경, 연속공극율, pH 등의 화학물성의 시험을, 흡음과 방음 콘크리트는 공극직경, 연속공극율, 내부공극의 표면기질기의 시험을, 단열·방열콘크리트는 열전도율, 열확산율 등의 열적성질의 시험을 행할 필요가 있다.

### 5.2.2 화학적 물질에서의 요구항목

콘크리트를 구성하는 재료는 화학혼화제를 제외하면 대부분 무기물이요 경화체에서 용출하는 수질오염방지법에 정해졌던 무기의 유해물질은 ppb오



더 이하인지 또는 검출되지 않는것으로 하고 있다." 화학산화제에 관하여도 토목학회 기준에 따라서 유해물질량 및 mouse·rat에 대하여는 LD50의 상한이 규정되고 있으며, 안전하다고 생각할 수 있다. 단지 기포콘크리트에서의 유리석회의 용출은 수역(水域)에 있어서 재령 초기에 크고, 강도저하에도 민감하므로 주의가 요구된다. 재령초기에 수중이나 물가지역에 설치하는 경우, 주변의 생물에 악영향을 미치기 때문에 표면을 중성화시키고 나서 사용하는 등의 대책이 요망된다.

### 5.3 기포콘크리트의 물성시험방법(案)

#### 5.3.1 시험체의 작성과 기본물성

1) 공시체작성 : 공시체의 치수를 규정, 다짐 방법 등은 사용목적에 맞도록 한다.

(JIS A 1132-1993)에 준거, 공시체수는 5개이상, 2배치 이상부터 만든다.)

2) 기본물성 : 전공극율·연속공극율(본대위원회안)에 준거, 투수계수(본대위원회안)에 준거, 압축강도(JIS A 1108-1993)에 준거, 필요한 경우는 휨강도(JIS A 1106-1993)에 준거도 포함한다.

3) 상기 물성시험은 동일공시체를 사용하여 실시한다. 그러나 휨강도는 제외한다.

#### 5.3.2 공동시험의 결과와 고찰

본 위원회의 물성시험방법(案)에 따라 5연구기관이 독자의 제조방법으로 제조한 공시체의 전공극율, 연속공극율, 투수계수, 압축강도의 평가시험을 행하여 이하의 결론을 얻었다.

1) 투수계수는 parcy의 법칙에 근거하지만, 공극성상이나 연속공극율의 값에 따라서는 수두차(동수구배)의 영향을 받으므로 투수계수는 동수구배(動水勾配)의 값도 동시에 표시하는 것이라고 했었다.

2) 동수구배 0.2~0.3에 상당하는 수두차(水頭差)로의 투수계수로 표시하면 실용상 차이가 없다.

3) 본 위원회가 제안한 『기포콘크리트의 물성시험방법(안)』에 기초한 실험을 행하고 그의 물성용 대체로 파악할 수 있다.

### 5.4 기포콘크리트에 관한 문헌

조사대상은 콘크리트의 식생, 해생(海生)생물의 부착이나 수질정화 등, 환경과 콘크리트에 관한 기술의 현상을 파악하는 것을 목적으로 주로 기포콘크리트의 물성, 생물, 환경과의 관계가 기재되었던 일본의 문헌을 중심으로 119편 수록하고 이용하기 쉽도록 내용별로 분류하고 일람표를 작성하였다.

### 6. 결 론

종래, 콘크리트를 구조재료로 이용하는 것을 목적으로 치밀하고, 고강도, 고내구성 등, 고성능을 도모하기 위한 연구가 되고 있다. 본 에코콘크리트 연구위원회에는 지구환경의 현황에 감안하여 인류의 지속가능한 개발과 발전을 도모할 목적으로 에코콘크리트를 환경부하저감형과 생물대응형으로 나누고 주로 환경과의 접점에 있는 기포콘크리트의 물성과 환경의 여러 가지 응용과 시험방법 등에 따라 조사 심사하였다. 콘크리트도 다공질화나 표면성상의 변화 등의 연구를 함으로써 과거에 볼 수 없었던 환경창조용재료로 이용 가능하다는 것을 시사하였다.

### 참 고 문 헌

- 1) エココンクリート研究委員會報告書, (社)日本コンクリート工學協會, 1995, 11.
- 2) 伊藤利朗:地球環境問題の新視点, オーム社, 1994, pp. 27.
- 3) 本間慎編著:新版チーフガイド地球環境, 青木書店, 1995, pp. 100.
- 4) 高月紘:資源問題と廢棄物問題, 土木學會誌別冊増刊, Vol. 79-5, 1994, pp. 72.
- 5) 八木晃一, 山本良一:エコマテリアル開發の現状と展望, 新素材マニュアル93, Vol. 10, 1993, 1993, pp. 27-31.
- 6) (社)木路科學技術協會, エコマテリアル研究會編: LCAのすべて, 工業調査會, 1994, pp. 161.
- 7) 友澤史紀:コンクリートの完全リサイクル化に向けて, セメント, コンクリート, No. 578.
- 8) R. Sersale: advances in portland and Blended Cements, 9th International Congress on the Chemistry of Cement, Vol. 1, 1992, pp. 261-302. □