

## 순환골재를 이용한 환경 친화형 호안 블록제품의 개발에 관한 연구

## Study on the development of environment-friendly tetrapod using recycled aggregate

박도경\*

Park, Do-kyong

이명규\*\*

Lee, Myung-kue

양극영\*\*\*

Yang, Keek-young

## Abstract

The purpose of this study is to enhance the development of construction waste-recycling technologies and its economical efficiency by developing environment-friendly tetrapod, precast concrete, where recycled aggregate is used in order to promote recycling of waste concrete. The results of concrete mechanic characteristics experiments by the circulation coarse aggregate-replacement ratio are as the following. The circulation aggregate is lower and higher than natural aggregate in specific gravity and absorption ratio, respectively so that in case of mix proportioning, unit volume increases, while unit aggregate amount decreases. From the result, sufficient experiments of physical characteristics of circulation aggregate are required to get proper mix proportioning. When circulation aggregate-replacement ratio increases, compressive strength tends to decrease comprehensively, but 50% of replacement ratio is good enough to use. When circulation coarse aggregate's replacement ratio is 0%, drying shrinkage, which causes cracks in concrete and deteriorates durability, shows the minimum length change and the higher the ratio, the larger the length change. Thus, when using circulation coarse aggregate, drying shrinkage should be fairly examined. In freezing-and-thawing resistance, weight loss tends to comprehensively increase its loss at the circulation aggregate-mixed site. And the examination of surface aggregate-omission ratio is further needed and dynamic elastic modulus and durability factor(DF) require more study as well. In order to use circulation aggregate to tetrapod, a clear standard for strength should be first prepared and at the same time, more study about durability is needed.

키워드 : 순환골재, 콘크리트 호안블록, 리사이클링

Keywords : Recycled aggregate, Tetrapod, Recycling

## 1. 서론

최근까지 건설공사시 발생하는 폐기물은 그 종류에 따라 대부분 공사현장에서 소각되거나 특정 장소로 운반하여 매립해 왔으며, 극히 일부의 폐기물만이 재처리 후 다른 용도로 활용되어 왔다. 그러나, 온실효과에 의한 지구온도의 상승이나 오존층의 파괴 등과 같은 지구환경의 변화에 대해서 전세계적으로 우려의 목소리가 커지고 있다. 이런 추세에 따라 국내에서도 환경보호의 필요성을 인정하고 우리가 가지고 있는 환경을 유지·관리하기 위해 환경관련 법규를 정비하고 환경을 파괴하는 행위에 대하여 강력히 규제하는 방향으로 나가고 있다. 따라서 건설공사시 발생된 폐기물을 지금까지와 같은 방법으로 처리하는 것은 점점 어려워지고 있다. 즉, 소각 가능한 폐기물의 현장내 소각이 어려워졌을 뿐만 아니라 콘크리트 덩이와 같은 고품폐기물의 처리를 위한 매립장을 공사현장 근처에서 구하기가 어려워졌기 때문에 폐기물의 매립을 위해서는 운반거리가 먼 매립지까지 운반하여 처리하여야 하게 되었다. 실제로 이러한 해체공사 지점과 처분지의 거리가 점점 멀어짐에 따른

운송비의 증가 및 매립을 위한 폐콘크리트 덩이의 파쇄 비용등이 공사비에 차지하는 비중은 점점 증가하고 있으며, 이로 인해 장래에는 폐콘크리트를 재활용 하는 것이 훨씬 경제적인 잇점을 가지게 될 것이다.

한편으로 현재 국내에서 발생하는 건설폐기물은 토사를 제외하고도 연간 약 2천만톤이 발생하는 것으로 추정되고 있다. 이런 경우에 발생된 건설폐기물을 단순한 매립 등의 방법으로 처리하기에는 처리장소의 확보에 한계가 있기 때문에 건설폐기물을 재활용 하는 것은 단순히 환경 및 경제적인 측면에 있어서만이 아니라 그 이상의 의미를 지니고 있다고 할 수 있다. 이외에도 하천골재의 고갈로 인해 쇄석골재를 사용하여 콘크리트를 제조하고 있는 현실에 비추어보면 멀지않은 장래에 폐콘크리트로 부터 생산한 재활용 골재를 사용하는 것이 보편화 될 것으로 추정된다. 이러한 예측은 천연골재원으로부터 현장까지의 운반거리등을 감안할 경우 공사현장 부근에서 폐콘크리트를 재활용하여 골재를 생산하는 것이 일반 쇄석골재의 생산에 비해 절대적인 생산단가는 높다 해도 전체적으로는 경제적인 잇점을 가진다는 점을 감안하면 상당히 타당하다고 할 수 있다.

현재까지 건설폐기물을 재활용하는 기술은 시작단계에 있다고 볼 수 있다. 외국의 경우에도 구미 각국의 경우 2차 세계대

\* 원광대학교 건축학부 강사, 공학박사

\*\* 전주대학교 토목공학과 교수, 공학박사

\*\*\* 원광대학교 건축학부 교수, 공학박사

전의 중전을 계기로 하여 전쟁시 발생된 막대한 붕괴 건축물의 잔재를 이용하는 방안이 연구되어 왔고, 가까운 일본의 경우에는 이들보다 시작은 뒤쳐졌지만 폐콘크리트를 활용하여 도로의 노반재를 생산하거나 콘크리트용 재활용 골재를 생산하는 방안에 대한 연구가 1970년대 이후로 활발하게 진행되었다. 그러나 이들 나라의 경우에도 폐콘크리트를 이용하여 생산된 재활용 골재를 매립이나 도로의 노반재 등으로만 활용하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 폐콘크리트의 재활용을 촉진하기 위해 재활용 골재 콘크리트를 사용한 프리캐스트 콘크리트 제품인 환경 친화형 식생 호안블럭 제품을 개발하여 우리나라의 건설 폐기물 재활용 기술발전을 도모하고 경제성을 제고하고자 한다.

## 2. 시험재료 및 배합 설계

### 2.1 재료

#### 2.1.1 시멘트

본 실험에서는 일반적으로 가장 많이 쓰고 있는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트(KS L 5201)를 사용하였다.

#### 2.1.2 골재

본 실험에서 사용된 잔골재에 대한 물리적 성질 실험 결과는 표1과 같다. 순환잔골재는 전주에 있는 재활용 센터에서 석분으로 생산되는(9mm체를 통과하는) 골재를 채취하였으며, 불순물(벽돌, 아스팔트, 유리, 인조석, 타일, 종이, 나무 등)을 제거하였다. 그림1은 일반잔골재, 석분, 순환잔골재의 입도곡선이다. 일반적으로 잔골재의 비중은 보통 2.5~2.65 정도이며, 굵은 골재의 비중은 보통 2.55~2.70 정도이다. 그리고 잔골재의 조립율은 2.3~3.1정도이다. 따라서 본 실험에서 사용된 골재의 비중 및 흡수율, 조립율은 양호한 편이다. 그러나 순환잔골재는 순환골재 특성상 비중이 작고 흡수율이 높아 배합설계시 적절한 고려가 요구된다.

표 1. 골재의 물리적 성질

골재 종류	비중	흡수율(%)	조립율
잔골재	2.56	2.18	2.85
순환 잔골재	2.28	8.94	3.23
쇄석(잔골재)	2.61	2.36	3.84
자연 굵은 골재(10mm이하)	2.60	0.94	-
순환 굵은 골재(10mm이하)	2.30	7.81	-
쇄석 굵은 골재(10mm이하)	2.65	1.9	-

### 2.2 배합 설계

본 실험에서 치환율에 따른 배합설계를 골재의 물리적 성질(비중, 현장 상태 등)을 고려하여 배합설계를 했으며, 순환골재 치환율에 따른 콘크리트의 배합표는 표2와 같다. 또한, 순환골재 치환율에 따라 각각 S00, S04, S06, S08, S10으로 표시한다.

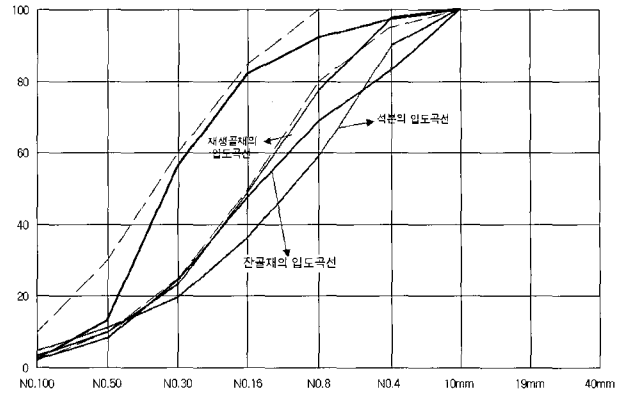


그림 1. 잔골재, 쇄석(석분) 및 순환잔골재의 입도곡선

표 2. 순환골재 치환율에 따른 콘크리트의 배합표

W/C	S/a (%)	단위량(kg/cm³)							
		물(W)	시멘트(C)	잔골재(S)			굵은골재(G)		
				자연	순환	쇄석	자연	순환	쇄석
0	순환(95)			519.25	0	122.18	91.63	0	30.54
40	자연(85)			389.44	290.17	0	68.72	15.27	0
60	쇄석(80)			259.62	435.25	0	45.82	22.91	0
80				129.81	580.33	0	22.91	30.54	0
100				0	1653.95	0	0	87.81	0

## 3. 강도 및 내구 특성 실험

모든 공시체는 전동믹서로 배합하였으며 공시체 제작후 진동다짐을 약 1분정도 실시하였다. 처음 24시간은 증기양생을 하였으며, 탈형후 20±2℃로 유지되는 수조에서 소정의 기간동안 수중 양생하였다. 강도특성 실험은 최대용량이 200t인 만능 실험기로 28일후 실시하였다.

### 3.1 압축강도시험

콘크리트의 압축강도시험은 KS F 2405 콘크리트의 압축강도시험의 규정에 따라 수행하였다. 실험시편은 10×20cm 원형 공시체이고, 순환 굵은골재 치환율에 따라 각각 3개씩 제작하였다. 압축강도시험은 만능시험기로 KS L 5105 규정에 따라 2.0kg/cm²의 압축속도로 재하 하였으며 사진1은 압축강도시험 장면이다.

또한, 압축강도 실험과 동시에 탄성계수와 포아송 비를 측정하였다. 탄성계수와 포아송비의 측정방법은 가로변형률 시험기를 이용하였으며, Data logger를 통하여 데이터를 수집하였다. 이러한 측정된 실험 데이터를 이용하여 응력과 변형률 곡선을 얻어 할선 탄성계수(Secant Young's modulus)를 구하였으며 종방향 변형률과 횡방향 변형률을 이용하여 포아송비(Poisson's ratio)를 계산하였다. 시험방법은 다음과 같다. 컴프레소 미터는 공시체의 종방향 변형의 측정에 사용되고 실제의 변형을 지렛대의 원리로 2배로 확대하여 다이얼 게이지로 읽는다. 엑스텐소 미터는 공시체의 횡방향 변형의 측정에 사용되고 실제의 변형을 3배로 확대하여 다이얼 게이지로 읽으며 포아송비의 측

정에 사용된다. 통상 이들 2개의 계기를 조합하여 중방향 및 횡방향의 변형을 동시에 측정한다. 측정에 있어서는 플레임과 공시체에 직각으로 부착하고 컴프레소 미터의 플레임과 엑스텐소 미터의 플레임이 접촉하지 않도록 하여야 하고 엑스텐소 미터를 공시체에 정확히 고정시키고 장치를 정확히 조정된 뒤 공시체에 일어나는 변형을 정확히 읽을 수 있도록 준비한다.

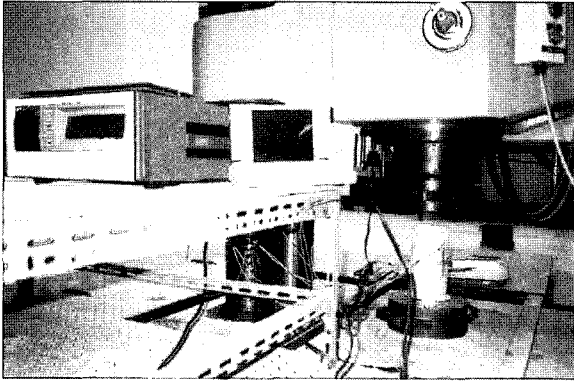


사진 1. 압축강도 시험

### 3.2 건조수축에 의한 길이변화시험

콘크리트는 건조함에 따라서 수축한다. 이러한 건조수축은 시멘트, 골재의 성질, 콘크리트의 배합 및 양생조건, 공시체의 크기 등에 따라 크게 변화하며 콘크리트 부재에 있어서 균열발생의 원인이 되고 내구성에도 나쁜 영향을 미치게 된다. 이와 같은 콘크리트의 건조수축은 역학적 특성 중에서도 중요한 성질이다. 이러한 콘크리트의 특성을 평가하기 위하여 시험을 실시하였다. 측정방법은 Whittemore strain gauge를 이용하여 공시체의 전면에 디스크를 부착하여 측정하였으며, 시험시편은 2.5×2.5×30cm의 몰드를 순환 굽은골재 치환율에 따라 각각 3개씩 제작하였다.

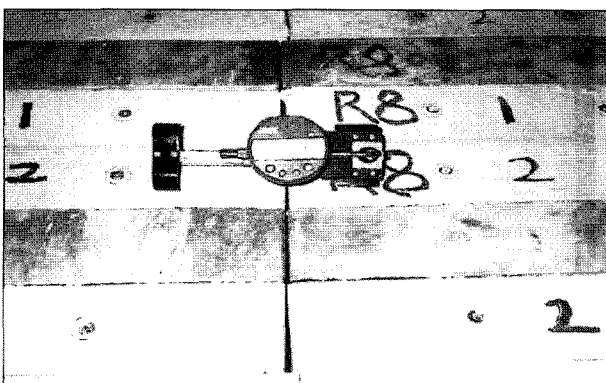


사진 2. 건조수축에 의한 길이변화시험

### 3.3 염소이온 투과시험

#### 3.3.1 실험 개요 및 목적

콘크리트의 투수성은 내부식성, 내황산염 저항성 등에 따라 내구성에 큰 영향을 미친다. 콘크리트가 유해환경에 노출되어 염이나 이온의 침투로 인하여, 콘크리트의 내부조직과 밀접한 관계를 가지고 투수성이 높은 콘크리트는 상대적으로 성능저

하를 촉진하는 경향을 보인다.

콘크리트의 투수시험은 높은 압력으로 물을 강제 투수시켜 Darcy의 법칙에 의하여 투수계수를 결정하는 방법이 있으나 조직이 치밀한 콘크리트의 경우 투수되는 수량이 극히적이며 실험에 장시간이 요구되는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 수압에 의한 촉진 실험보다 효율적인 염소이온의 투과를 전압차에 의하여 촉진하는 시험법으로 채택하였다. 본 실험에 사용된 시편은 10×20cm 공시체를 28일간 수중양생한 후 5cm 두께로 절단하여 염소이온이 투과시험을 수행하였다.

#### 3.3.2 실험 방법 및 측정

염소이온 투과시험은 ASTM C12202-91 "Electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration"와 AASHTO T 259의 방법에 의거하여 수행하였다. 28일 수중 양생한 직경 10cm의 콘크리트 시편을 길이가 5cm가 되도록 절단한 다음 실험을 수행하기 전까지 상대 습도 95% 이상을 유지시킨다. 실험시 시편은 Applied Voltage Cell에 고정시키고 회로 구성을 한다. 이 회로에서 전원은 60±0.1V의 직류를 ±0.1V의 정도로 안정적으로 공급할 수 있어야 한다. 실험을 수행하는 동안 전해질 용액이 새지 않게 하기 위하여 사용되는 Sealant는 고무제품이고 무게는 20-40g정도의 것으로 Cell과 시편사이를 고정시킨다.

전류를 측정하는 방법으로는 기지의 저항체를 회로에 연결하여 전압을 측정함으로써 얻을 수 있는데 이때 사용되는 저항으로는 콘크리트 시편에 적용되는 전압에 영향을 적도록 하기 위하여 가능한 작은 저항을 사용하는데 본 실험에서는 0.2Ω을 사용하였다.

콘크리트 시편의 노출된 부분은 불투수성의 재료로 덮개를 하는데 이는 실험이 진행되는 동안 콘크리트 표면이 건조되어 염소이온의 투과에 영향을 미치는 것을 방지하기 위함이다. A.V.Cell의 (-) 전극에 3.0%의 NaCl 용액을 채우고 (+)전극쪽에는 0.3N의 NaOH 용액을 채운다. 3% NaCl 용액은 물 900ml에 NaCl 30g를 용해시켜 제조한다. 실험시 용액의 초기 온도는 20~25℃의 범위에 있어야 하고 시험중에는 대기의 온도를 20~25℃를 유지하도록 한다. 또한 시험중 용액의 온도는 90℃ 이하가 되도록 한다. 시험중 30분마다 0.2Ω에 걸리는 전압을 Data logger로 측정하여 기록한다. 이때 전압은 0.1mV까지 측정 가능해야 하고 ±0.1%의 정도를 가진 장치이어야 한다. 측정된 전압값은 다음 식에 의하여 전류치로 환산한다.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0.2}$$

여기서  $I$ =전류(Amperes, A)

$V$ =전압(Volts, V)

$R$ =저항(Ohms, Ω)

염소이온 투과시험은 매 시편마다 6시간이 소요되고 30분 간격으로 전압값을 측정한다. 측정된 전압을 전류를 환산하여 다음 식을 이용하여 회로를 통과한 총 전하량을 산정한다.

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360})$$

여기서  $Q$ = 회로를 통과한 전하량 (Coulombs)

$I_n$ = 실험 시작후  $n$  분이 경과 하였을 때의 전류(Amperes)

만약 시편의 직경이 95mm가 아닐 경우 투과면적에 대한 보정을 해야 하고 이는 다음 식에 의거한다.

$$Q_s = Q_x \times \left(\frac{95}{x}\right)^2$$

여기서  $Q_s$  = 직경 95mm를 통과한 전하량

$Q_x$  = 직경 x mm를 통과한 전하량

ASTM의 규정에서는 본 실험에서 산정된 전하량을 염소이온 투과성과 비교하는 자료를 제시하고 있고 표3과 같다. 염소이온 투과에 영향을 미치는 인자로는 물-시멘트비, 폴리머계 중합물, 재령, 간극구조, 골재의 종류, 다짐도, 양생 종류 등을 들 수 있다. 사진3은 염소이온 투과실험 장면이다.

표 3. 통과 전하량에 따른 염소이온 투과성

통과 전하량 (Coulombs)	염소이온 투과성
4000이상	높음
2000~4000	보통
1000~2000	낮음
100~1000	매우 낮음
100이하	무시할만함

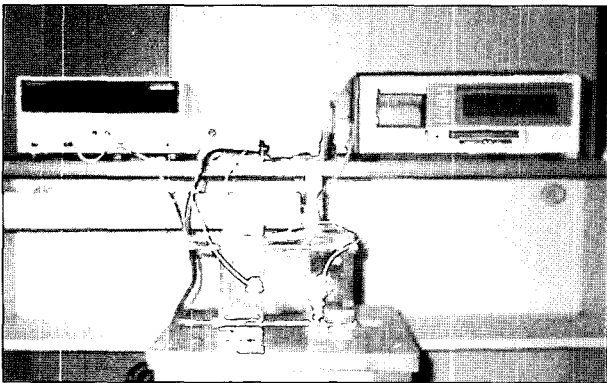


사진 3. 염소이온투과 실험

### 3.4 동결-융해시험

#### 3.4.1 실험개요 및 목적

콘크리트 구조물은 자연적인 혹은 인위적인 온도의 상승, 강하로 인하여 콘크리트 내부의 온도가 간극수의 동결점 아래에서 그 이상으로, 동결점 이상에서 그 이하로 떨어지는 온도변화가 있을 때 구조물 성능저하의 원인이 되는 동결융해 작용(freezing and thawing)을 받게 된다. 이러한 이유로, 과거에는 강도를 중심으로 되어왔지만 근래에 들어서는 내구성의 중요성이 대두되고 있다. 따라서 순환골재를 콘크리트에 재활용하기 위해서는 동결-융해 실험을 통하여 내수특성 시험을 수행하였다. 특히 호안 블럭은 물과 근접해 있기 때문에 동결-융해에 대한 저항성 고려가 필요하다.

#### 3.4.2 실험방법

동결-융해 시험은 KS F 2456(ASTM C 666, B Type)에 따라 한 사이클을 4시간으로 하였으며, 공시체 중심에서의 온도를

4℃에서 -18℃로 하강시키고 다시 4℃로 상승시키는 것을 반복하였으며 각 공시체의 동탄성계수는 상대동탄성계수가 60% 이하가 될 때까지 또는 300 cycle까지 진행하였으며, 실험시편은 7.5×7.5×40cm의 몰드를 순환골재 치환율에 따라 각각 3개씩 제작하였다. 동탄성계수 측정은 초음파 속도법에 의한 콘크리트의 동탄성계수 방법(Testing Method for Dynamic Modulus of Elasticity of concrete by Sonic Tests)을 이용하였다.

#### 3.4.3 시험결과의 계산

$$\text{상대 동탄성계수 } P_c = \left(\frac{n_1^2}{n^2}\right) \times 100$$

여기서

$P_c$  : 동결 융해 C 사이클 후의 상대 동탄성 계수 (%)

$n$  : 동결 융해 C 사이클후에서의 가로 1차 진동 주파수

$n_1$  : 동결 융해 C 사이클 후의 가로 1차 진동 주파수

내구성 지수

$$DF = \frac{PN}{M}$$

여기서,

DF : N사이클에서의 상대 동탄성계수(%)

N : P가 시험을 단속시킬 수 있는 소정의 최소값이 된 순간의 사이클 수

M : 동결 융해에의 노출이 끝날 때의 사이클 수

## 4. 강도 및 내구특성 실험 결과 및 분석

### 4.1 강도 특성 실험 결과 및 분석

#### 4.1.1 압축강도

순환골재 치환율에 따른 압축강도는 치환율이 증가함에 따라 압축강도는 저하하는 경향을 나타냈으며, 치환율에 따른 압축강도의 범위가 242.17~128.02kg/cm<sup>2</sup>로 치환율 0%에서 100%까지 강도 감소율이 약 90%정도로 큰 차이가 나타났다. 호안 블럭은 아직 정해진 강도 기준이 없고 여러 공사들의 납품기준을 조사했을 때도 80~180kg/cm<sup>2</sup>정도로 큰 차이를 보였다. 모든 배합에서 납품 최소 기준은 넘었기 때문에 어느 정도 적용 가능성이 보인다.

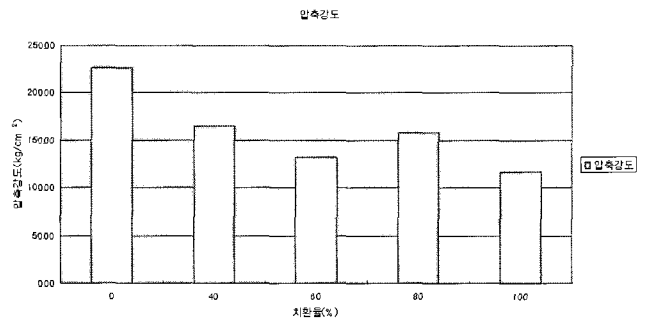


그림 2. 순환골재 치환율에 따른 압축강도

4.1.2 응력 - 변형도 곡선 및 포아송비

콘크리트 변형에 관한 성질을 탄성계수로 나타냈다. 이것은 콘크리트를 이용한 구조물의 설계방법이 콘크리트의 응력-변형도 관계를 직선으로 간주하는 탄성설계에 따르기 때문이다. 변형에는 힘을 제거하면 원점으로 되돌아오는 탄성변형과 힘을 제거해도 원점으로 되돌아오지 않는 소성변형이 있다. 일반적으로 최대 응력 근처에서의 변형율은 0.002~0.003의 범위에 있고, 파괴시의 변형율은 0.003~0.004의 범위에 있다.

콘크리트의 포아송비는 일반적으로 고강콘크리트일 때의 약 0.11로부터 빈배합(weak)콘크리트일 때의 약 0.21사이에 위치한다. 또한, 탄성 포아송비는 200~1100kg/cm<sup>2</sup> 범위의 콘크리트에서는 대략 0.14~0.25(1/7~1/4)이며, 압축강도의 증가에 따라 약간 크게 나타나는 경향이 있다. 그림 3, 4는 자연골재와 순환골재의 혼입에 따른 응력-변형도 곡선과 압축강도와 포아송비의 관계이다.

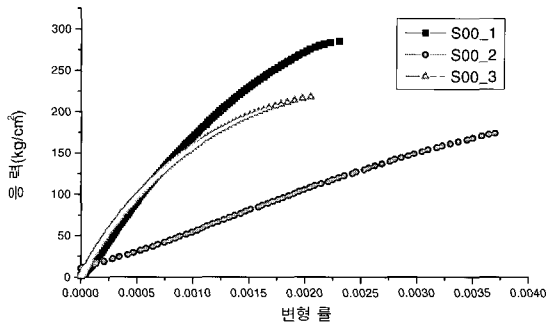


그림 3(a). 치환율이 0%인 경우 응력-변형도 곡선

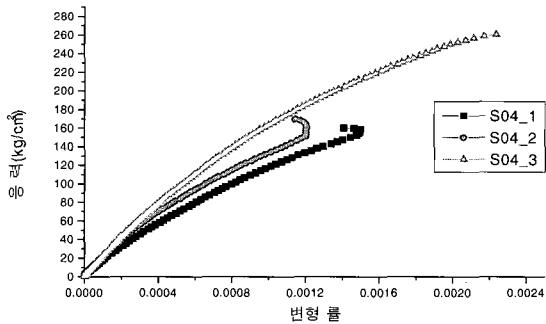


그림 3(b). 치환율이 40%인 경우 응력-변형도 곡선

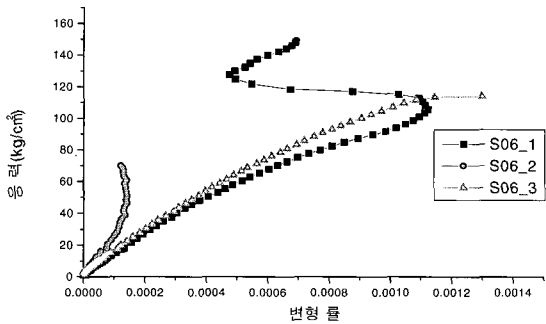


그림 3(c). 치환율이 60%인 경우 응력-변형도 곡선

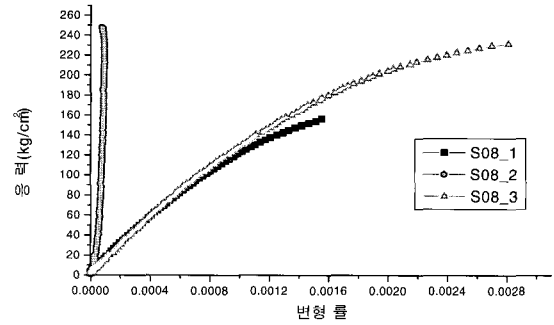


그림 3(d). 치환율이 80%인 경우 응력-변형도 곡선

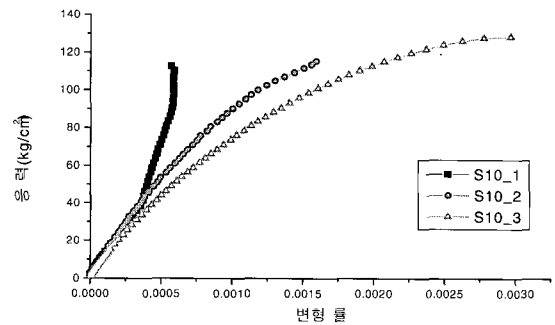


그림 3(e). 치환율이 100%인 경우 응력-변형도 곡선

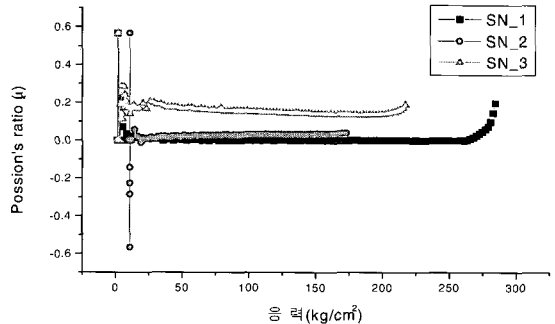


그림 4(a). 치환율이 0%인 경우 압축강도와 포아송비 관계

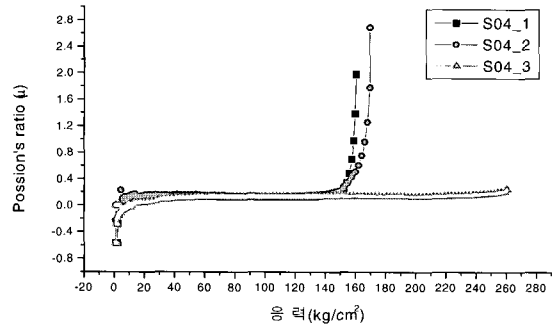


그림 4(b). 치환율이 40%인 경우 압축강도와 포아송비 관계

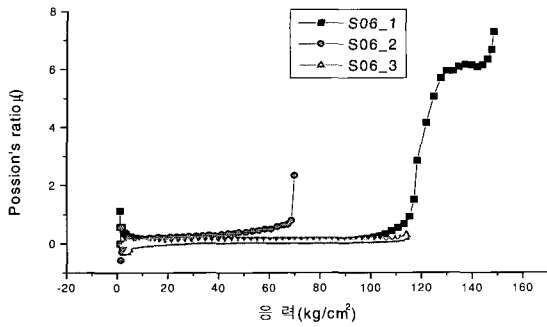


그림 4(c). 치환율이 60%인 경우 압축강도와 포아송비 관계

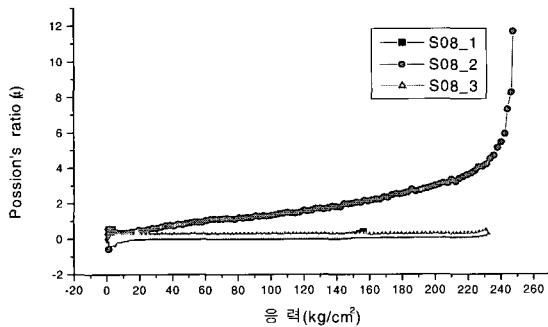


그림 4(d). 치환율이 80%인 경우 압축강도와 포아송비 관계

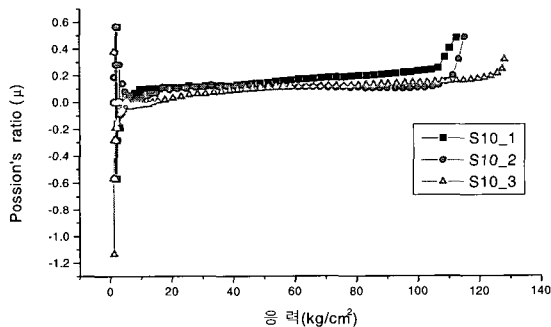


그림 4(e). 치환율이 100%인 경우 압축강도와 포아송비 관계

콘크리트 압축강도 실험시 응력-변형율을 곡선을 보면, 일반적으로 최대 응력 근처에서의 변형율은  $230\sim360 \times 10^{-6}$ 의 범위에 있다. 본 실험에서 측정된 순환골재 치환율에 따른 응력-변형율 곡선은 그림3과 같다. 실험 결과에서도 최대응력에서의 변형율은  $360 \times 10^{-6}$ 정도이며 응력-변형율 곡선을 이용하여 할선탄성계수와 포아송비를 구하였다. 할선탄성계수는 치환율 0%에서  $112,362 \text{ kg/cm}^2$ 로 가장 크며, 치환율이 높을수록 저하하는 경향을 보였다. 또한, 포아송비는 초기응력에는 감소하는 경향에서 보였으며, 최대응력에 접근할수록 증가하였다. 대체적으로, 포아송비의 범위는 0.11~0.14 (최대 압축강도의 70%)이다.

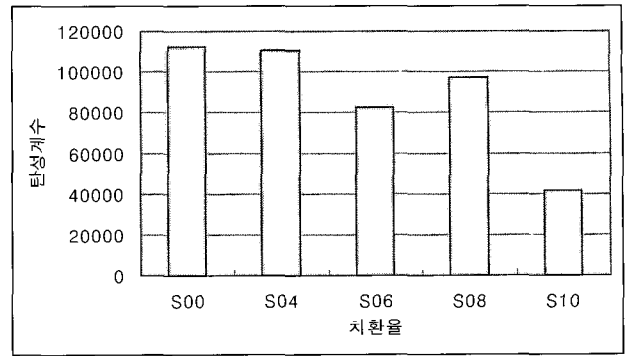


그림 5. 할선 탄성 계수

#### 4.2 건조수축에 의한 길이변화 실험결과 및 분석

건조수축은 치환율이 증가할수록 길이변화량은 증가하였으며, 측정은 31일간 실시하였다. 치환율이 100% 일때가 0% 일때 보다 100%정도 수축율이 높았다. 공시체의 길이변화량은 0.08~0.18mm이며, 최대 길이변화량은 치환율이 100%인 공시체에서 0.174mm정도 측정되었다. 하지만, 측정기간이 다소 짧은 관계로 시간을 두고 더 관찰할 필요가 있다.

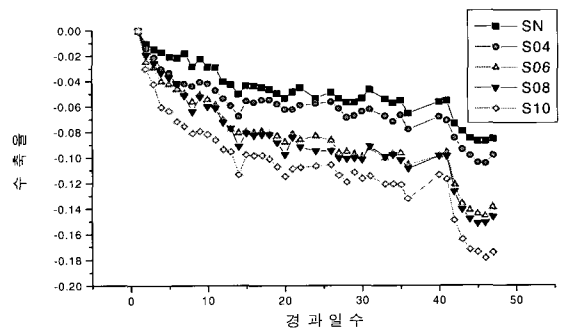


그림 6. 건조수축에 의한 길이변화

#### 4.3 염소이온 투과 실험

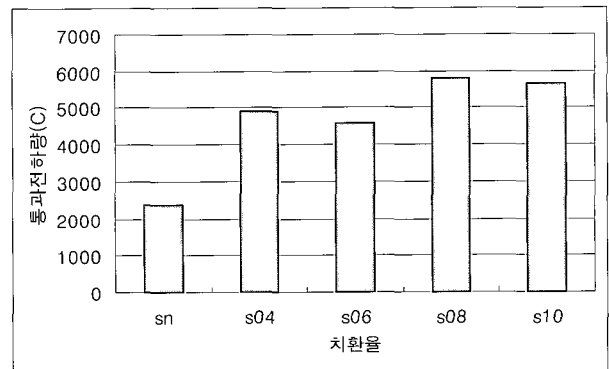


그림 7. 내투수성 시험결과

본 연구에서서는 콘크리트의 내투수성은 염소이온 투과법에 의한 촉진 실험을 통하여 수행하였다. 투수성은 치환율이 증가함에 따라 증가했고, 치환율이 0%인 경우만 ASTM의 보통기준(2000~4000)에 들었고 나머지 경우에는 모두 4000이상으로 높았다.

#### 4.4 동결-융해에 대한 저항성 시험

중량감소율은 순환골재를 치환한 부재에서 전체적으로 고르게 증가했고, 상대동탄성 계수와 내구성 지수는 사이클이 더 지나봐야 경향을 보일 것으로 사료되며, 현재 진행중에 있다.

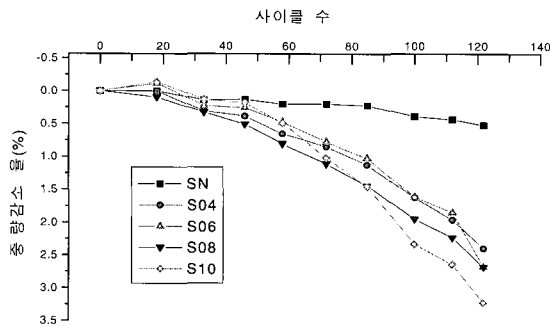


그림 8. 중량감소율

#### 5. 결 론

순환골재 치환율에 따른 콘크리트의 역학적 특성 실험 결과는 다음과 같다.

- 1) 순환골재는 자연골재보다 비중은 낮고 흡수율이 커서 배합설계시 단위수량은 증가하고 단위골재량은 감소하였다. 이런 결과로, 순환골재의 물리적 특성실험을 충분히 실시하여 적절한 배합설계가 요구된다.
- 2) 순환골재 치환율 증가에 따른 압축강도의 전반적인 저하는 예견되었던 사실이기는 하나 앞에서 말했듯이 아직 호안블럭의 강도기준이 없고 지금 전반적으로 쓰이는 80~180kg/cm<sup>2</sup>에 최소치는 모두 넘기 때문에 치환율 50%정도라면 강도면에선 충분한 활용가능성이 있다고 보여진다.
- 3) 콘크리트 균열발생의 원인이 되고 내구성에 많은 영향을 미치는 건조수축은 순환골재 치환율이 0%인 경우가 길이변화량이 가장 적었으며, 치환율이 증가할수록 길이변화량도 증가하였다. 그러므로 순환골재를 사용할 때 건조수축에 충분한 검토가 필요하다.
- 4) 동결-융해 저항성에서 중량감소율은 순환골재가 혼입된 쪽에서 전체적으로 감소율이 증가하는 경향을 보였으며, 표면 골재 탈락율에 대한 검토가 필요하고 동탄성계수와 내구성지수는 앞으로 더 관찰이 요구 된다.

호안블럭에 순환골재를 사용하기 위해서는 먼저 뚜렷한 강도 기준이 마련되어야 하겠고, 내구성에 대한 더 많은 검토가 이루어져야 하겠다.

#### 참 고 문 헌

1. 사단법인 한국콘크리트학회(1997) “최신 콘크리트 공학” 한국콘크리트학회.
2. 이진용(1997) “순환콘크리트의 강도발현 및 건조수축 특성 연구” 한국콘크리트 학회지 제 9권 6호.
3. 윤경구, 이주형, 홍창우, 박제선 (1998) “폐주물사를 혼입한 콘크리트의 동결-융해저항성에 관한 실험적 연구” 한국콘크리트학회지 제10권 4호.
4. 구봉근, 이상근, 김창운, 류택은, 박제성(1999) “폐콘크리트를 사용한 순환콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구” 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집 제 11권 1호.
5. 김무한(1997) “순환골재의 현황 및 재활용방안” 한국콘크리트학회 학회지 제 9권 6호
6. A M Neville (1981) "Properties of Concrete" Pitman
7. R.Park and T. Paulay (1975) "REINFORCED CONCRETE STRUCTURES" WILEY