

순환골재를 이용한 투수성 콘크리트의 역학특성

Mechanical Characteristics of Porous Concrete using Recycled-Aggregate

유 승 경^{1*} You, Seung-Kyong
조 성 민³ Cho, Sung-Min

유 남 재² Yu, Nam-Jae
심 민 보⁴ Shim, Min-Bo

ABSTRACT

In this study, a series of uniaxial unconfined compression test and constant-head test were performed to investigate the mechanical characteristics of porous concrete using recycled-aggregate for the varying unit weight and water-cement ratio. To enhance the permeability of the porous concrete, the recycled-aggregate with similar grain size in the range of $40\pm 5\text{mm}$ was used and water-cement ratio that leads to the lean-mix was adapted. The mechanical characteristics of the porous concrete cured for 3 days were examined; the compressive strength and E_{50} showed their maximum values with 40% water-cement ratio and 1.8t/m^3 unit weight and the permeability coefficient was averagely measured in the range of $0.9\times 10^0\text{cm/sec}$ regardless of water-cement ratio and unit weight.

요 지

본 논문에서는 순환골재를 이용한 투수성 콘크리트의 역학적 특성을 조사하기 위하여 단위중량, 물-시멘트비를 달리한 공시체를 제작하여 일축압축강도시험과 투수시험을 실시하였다. 공시체 제작에 사용된 순환골재는 투수콘크리트의 투수성을 확보하기 위하여 그 입경을 $40\pm 5\text{mm}$ 의 등입도로 조정하였으며 물-시멘트는 빈배합이 되도록 결정하였다. 3일간 양생시킨 공시체에 대하여 제작 조건에 따라 역학특성을 분석한 결과 일축압축강도와 변형계수는 물-시멘트비가 40%인 경우와 단위중량이 1.8t/m^3 인 경우에 최대값을 나타내었으며, 투수계수는 물-시멘트비와 단위중량의 크기에 관계없이 평균적으로 $0.9\times 10^0\text{cm/sec}$ 의 값을 나타내었다.

Keywords : Recycled-aggregate, Porous concrete, Lean-mix, Compressive strength, Permeability coefficient

1. 서 론

본 연구의 목적은 최근 건설재료의 수급으로 인해 고갈되는 천연자원을 보호하고 건설재료의 품귀현상을 극복하기 위하여 건설 폐기물인 순환골재를 연약지반개량 분야에 적용함과 동시에 기존의 연약지반개량을 위한 다짐말뚝공법들의 공학적 측면과 기능적 측면의 단점을 개선하는 기술개발에 있다.

최근 우리나라에서는 건설폐기물의 발생량이 급격히 증가하고 있어 1996년 1,030만 톤, 2002년에는 4,400만

톤의 발생으로 연평균 70%의 증가율을 보여 우려의 대상이 되고 있는 실정이다(이세현, 2006). 그러나 건설폐기물은 90%정도가 폐콘크리트, 폐아스팔트, 토사로 이루어져 있어 적절한 분리, 선별, 처리과정을 통해 새로운 골재자원으로 이용할 수 있다. 또한 '건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률'에 따라 순환골재를 사용하도록 규정하고 있는 대형공사현장에서는 순환골재를 의무적으로 사용해야 하기 때문에 순환골재를 이용한 신기술, 신공법에 대한 관심이 고조되고 있다. 현재까지의 순환골재는 주로 기층(보조)재료나 콘크리트용, 아스팔트용으로 분류되어 도로공사에

1* 정회원, 명지전문대학 토목과 조교수 (Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Myongji College, E-mail: yousk@mjc.ac.kr)

2 비회원, 한국건설자재시험연구원 건설시험부 선임연구원 (Senior Researcher, Construction Testing Dept. Korea Institute of Construction Materials)

3 비회원, (주)평원엔지니어링 대표이사 (President, Pyeong-Won Engineering)

4 비회원, (주)평원엔지니어링 이사 (Director, Pyeong-Won Engineering)

적용되어 왔으나 본 개발공법과 같은 순환골재를 활용한 새로운 분야로의 연구를 활성화하여 적용영역을 점차 확대시키고자 하는 노력이 힘을 얻고 있는 실정이다(이세현, 2004).

본 연구에서는 이러한 순환골재를 재활용하고 기존의 연약지반개량공법의 단점을 해결하는 새로운 친환경 지반개량 공법의 개발의 일환으로 순환골재를 이용한 투수콘크리트말뚝의 개발에 관한 내용을 서술한다.

2. 역학시험 개요

2.1 역학시험을 위한 공시체 제작

본 시험에서는 순환골재를 이용한 투수콘크리트의 일축압축시험과 투수시험을 위한 공시체 제작을 위하여 직경 15cm, 높이 30cm의 철재 몰드를 사용하였다. 순환골재는 입경 40±5mm의 등입도 골재를 사용하였고 물-시멘트비에 따른 강도특성 및 투수성의 특징을 파악하기 위하여 35%~50%로 변화시켰다. 한편, 투수콘크리트의 단위중량은 1.8t/m³, 2.0t/m³, 2.3t/m³의 세 종류로 나누어 제작하였다. 또한 투수콘크리트의 목표 단위중량에 대한 오차를 줄이기 위하여 표 1에 나타난 바와 같이 배합량 설계치를 산정하였다.

한편, 공시체의 제작은 준비된 몰드의 내면에 광유를 얇게 도포한 후 배합비에 따른 시료를 주입하였다. 이때 시료는 3층으로 나누어 채우고 각 층을 다짐봉을 이용하여 25회 다짐을 실시하였다. 공시체는 제작 1일 후 탈형하여 20±2°C에서 2일간 수증양생을 실시하였다. 그림 1은 본 연구에서 제작한 공시체를 제작한 사진이다. 한편, 공시체

표 1. 순환골재 투수콘크리트의 배합량 설계치

목표단위중량 (t/m ³)	W/C (%)	공시체 1개당 중량(kg)		
		물	시멘트	순환골재
1.8	35	0.65	1.86	7.98
	40	0.72	1.79	
	45	0.78	1.73	
	50	0.84	1.68	
2.0	35	0.66	1.88	8.07
	40	0.73	1.81	
	45	0.79	1.75	
	50	0.85	1.69	
2.3	35	0.72	2.06	9.41
	40	0.79	1.99	
	45	0.86	1.92	
	50	0.93	1.86	

중 투수시험용 공시체는 측면의 배수를 차단하기 위해 맴브레인으로 감싼 후 테이프로 단단히 고정시켰다.

2.2 시험 장치

본 시험에서 사용한 일축압축시험기는 재하용 프레임과 재하판, 로드셀, 다이얼게이지, 재하 콘트롤 박스로 구성되어 있으며, 본 시험기의 변형속도는 0.5~1.9min/mm의 범위에서 조절이 가능하다. 한편, 본 시험에서 사용한 투수시험기는 일반적인 흙에 대한 정수투수시험기를 참고(김용필, 2002)하여 자체 제작하였다. 본 시험기는 물을 공급하는 입구를 조정함으로써 실험하는 시간동안 물의 입구와 출구사이의 수두차를 일정하게 유지하도록 하고 있다.

2.3 시험 방법 및 조건

일축압축강도시험은 KS F2405의 기준에 따라 수행하였다. 실내시험에서는 미리 계획된 배합조건에 따라 제작한 공시체를 재하판 사이에 설치한 후, 1%/min의 압축변형이 발생하도록 연속적으로 재하하였다. 공시체에 대한 재하는 압축하중이 최대값을 경과한 후에 그 최대값의 약 50%에 해당하는 압축하중에서 시험을 종료하였다. 한편, 투수시험에서는 물이 흐르는 양이 일정하게 되었을 때 물을 일정한 시간동안에 실린더에 집수하였다. 투수계수는 Darcy의 법칙(Braja M. Das, 2002)을 이용하여 집수된 총유량에 의해 계산하였다. 표 2는 본 연구에서 수행한 시험의 조건을 나타내고 있다.

3. 연구결과

본 연구는 현재 진행 중에 있으며 본 결과분석에서는 현재 시험 완료인 양생기간 3일에 해당하는 순환골재 투수콘크리트에 대한 역학특성을 분석한다.



그림 1. 공시체 제작 직후 모습

표 2. 순환골재 투수콘크리트의 시험조건

단위중량 (t/m ³)	W/C (%)	시험종류	Test case	양생일 (Day)	
1.8	35	압축강도	18-35-C-1	3 (7, 14, 28 예정)	
		투수성	18-35-P-1		
	40	압축강도	18-40-C-2		
		투수성	18-40-P-2		
	45	압축강도	18-45-C-1		
		투수성	18-45-P-1		
	50	압축강도	18-50-C-1		
		투수성	18-50-P-1		
	2.0	35	압축강도		20-35-C-1
			투수성		20-35-P-1
40		압축강도	20-40-C-1		
		투수성	20-40-P-1		
45		압축강도	20-45-C-1		
		투수성	20-45-P-1		
50		압축강도	20-50-C-1		
		투수성	20-50-P-1		
2.3		35	압축강도	23-35-C-1	
			투수성	23-35-P-1	
	40	압축강도	23-40-C-1		
		투수성	23-40-P-1		
	45	압축강도	23-45-C-1		
		투수성	23-45-P-1		
	50	압축강도	23-50-C-1		
		투수성	23-50-P-1		

3.1 역학적특성에 미치는 물-시멘트비의 영향

그림 2는 순환골재 투수콘크리트의 물시멘트비와 일축 압축강도의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 단위중량이 1.8t/m³과 2.0t/m³인 경우 물-시멘트비가 40%인 경우 일축압축강도가 최대값에 근접하다가 45% 이상이 되면서 감소하고 있으며, 2.3t/m³인 경우 물-시멘트비가 40%인 경우 일축압축강도가 최대값을 보이고 그 이상 이 되면서 감소하고 있다. 그림 3은 순환골재 투수콘크리

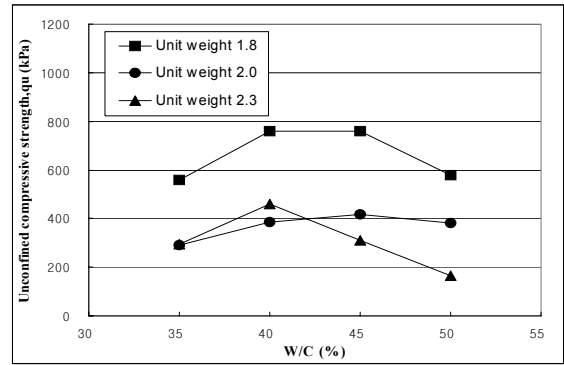


그림 2. 물-시멘트비와 일축압축강도와의 관계

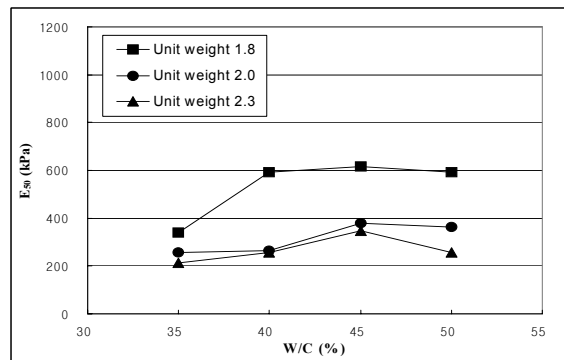


그림 3. 물-시멘트비와 E₅₀의 관계

트의 물-시멘트비와 E₅₀의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 단위중량의 경우에서 물-시멘트비가 45%인 경우 E₅₀은 최대값을 보이고 있다.

3.2 역학적특성에 미치는 단위중량의 영향

그림 4는 순환골재 투수콘크리트의 단위중량과 일축 압축강도의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 모든 물-시멘트의 경우에 대하여 단위중량이 1.8t/m³인 경우가 그 외의 경우보다 일축압축강도가 큼을 알 수 있다. 그림 5는 순환골재 투수콘크리트의 단위중량과 E₅₀의 관계를 나타내고 있다. 모든 물-시멘트의 경우에 대하여 E₅₀은 단위중량이 1.8t/m³인 경우가 그 외의 단위중량의 경우보다 큼을 알 수 있다.

3.3 일축압축강도와 E₅₀의 관계

그림 6은 순환골재 투수콘크리트의 3일 양생 일축압축 강도와 E₅₀의 관계를 나타내고 있다. 압축강도가 증가할수록 E₅₀의 값이 커짐을 알 수 있으며 이를 선형적인 관계로 가정하면 다음과 같은 관계를 얻을 수 있다.

$$E_{50} = 0.7q_u + 73.3 \quad (1)$$

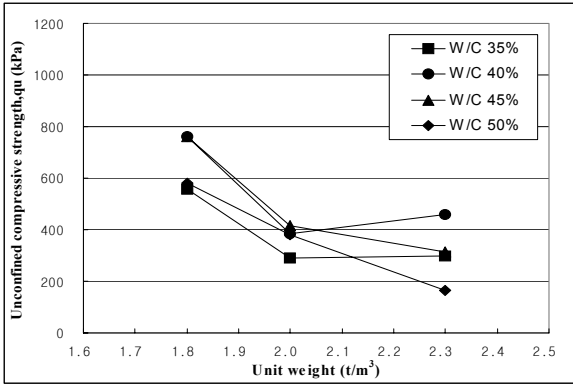


그림 4. 단위중량과 일축압축강도와의 관계

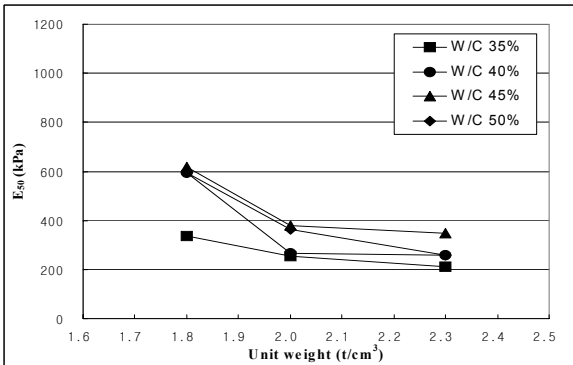


그림 5. 단위중량과 E₅₀의 관계

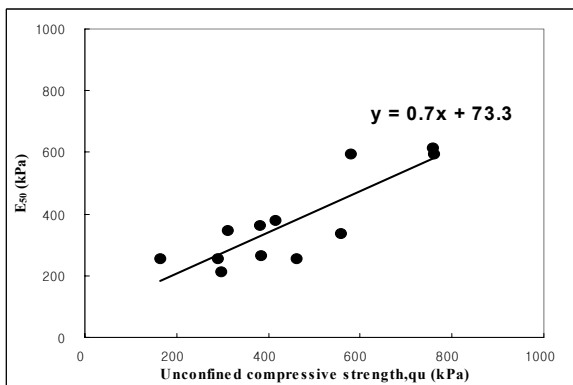


그림 6. 일축압축강도와 E₅₀의 관계

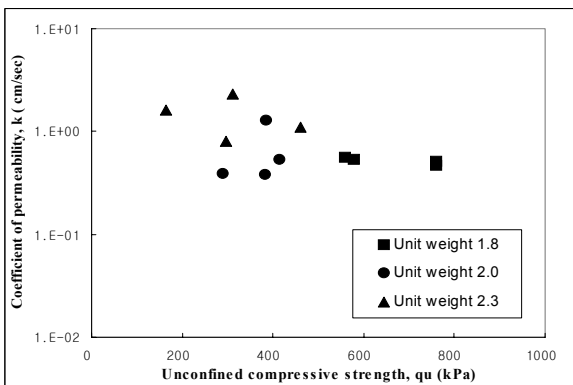


그림 7. 투수계수와 일축압축강도의 관계

3.4 순환골재 투수콘크리트의 투수특성

그림 7은 3일 양생 순환골재 투수콘크리트의 투수계수와 일축압축강도의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 투수계수는 다소 그 값의 편차를 보이고 있으나 물-시멘트비와 단위중량의 크기에 관계없이 평균적으로 0.9×10^0 cm/sec의 값을 나타내고 있다.

4. 결론

순환골재를 이용한 투수콘크리트 공시체를 3일간 양생 하여 일축압축시험과 투수시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 순환골재 투수콘크리트의 3일 양생 일축압축강도는 단위중량의 크기에 관계없이 물-시멘트비가 40%인 경우 최대값을 나타냈으며, E₅₀은 물-시멘트비가 45%인 경우 최대값을 나타냈다.
2. 순환골재 투수콘크리트의 3일 양생 일축압축강도와 E₅₀은 물-시멘트비의 크기에 관계없이 단위중량이 1.8t/m³인 경우 최대값을 나타냈다.
3. 순환골재 투수콘크리트의 3일 양생 일축압축강도와 E₅₀의 관계는 $E_{50} = 0.7q_u + 73.3$ 와 같음을 확인하였다.
4. 3일 양생 순환골재 투수콘크리트의 투수계수는 물-시멘트비와 단위중량의 크기에 관계없이 평균적으로 0.9×10^0 cm/sec의 값을 나타냄을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 건설핵심기술연구개발사업, 순환골재를 재활용한 친환경 지반개량공법 개발 과제('06~'08)의 연구결과의 일부입니다.

참고문헌

1. 이세현 (2006), “건설공사에서의 순환골재 재활용 기술과 정책현황”, *대한토목학회지*, 제54권, 제4호, pp.135-140.
2. 이세현 (2004), *국내 건설폐기물 처리현황과 순환골재 정책의 문제점 및 개선방향*, 한국건설기술연구원 보고서.
3. 김용필 (2002), *지반공학 시험*, 세진사.
4. Braja M. Das (2002), *Principles of Geotechnical Engineering*, Thomson.

(논문접수일 2007. 5. 31, 심사완료일 2007. 6. 8)