

현장적용 투수성 콘크리트의 배합조건 결정에 관한 실험적 연구

A Study on the Determination of Mix Proportion of Water-Permeable Concretes for Site Application

김봉찬*

은재기*

김완기**

소양섭***

Kim, Bong-Chan Eun, Jae-Ki Kim, Wan-Ki Soh, Yang-Seob

Abstract

The purpose of this study is to examine the physical properties of water-permeable concretes. The water-permeable concrete with cement-aggregate ratios of 1:3.5 to 1:6.0 and two types of coarse aggregate size of 8~13 and 13~18mm used OPC(ordinary portland cement) as a binder and superplasticizer are prepared, and then tested for flexural strength, compressive strength, continuous void percentage and coefficient of water permeability. It is concluded from the test results that the superior flexural and compressive strengths, coefficient of water permeability and continuous void percentage of water-permeable concretes that use OPC were obtained at cement-aggregate ratios of 1:3.5, 1:6.0 and 1:6.0 respectively. The water-permeable concretes with coarse aggregate of 8~13 and 13~18mm size used OPC as a binder having a flexural strength of 24.81~42.56kgf/cm², 21.99~40.62kgf/cm², a compressive strength of 93.63~242kgf/cm², 114.8~191.7kgf/cm², a coefficient of permeability of 0.59~1.85cm/s, 0.73~2.25cm/s and a continuous void percentage of 16.6~26.32%, 13.52~24.35% respectively during 28 curing days

1. 서론

환경보전에 대한 인식이 전세계적으로 확산되어지고 있는 가운데 기존의 구조용 재료로서의 콘크리트에서 환경친화적인 재료로의 전환이 이루어지고 있다. 그 중에서 다공질의 투수성 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 가운데 투수성 콘크리트의 공극에 식물을 배양한 형태를 취하고 있으며, 호안정지 작업이나 도로면 사면정지처리, 콘크리트 흡음벽, 해양양식용 인공어초, 수질 및 대기오염 정화블록 등에 이용되고 있다^{1), 2)}.

본 연구의 목적은 현장 타설용 식생 콘크리트, PC콘크리트 식생블록, 용벽용 식생블록, 어소용 생태블록의 용도에 적합한 투수성 콘크리트의 기초적 물성인 휨, 압축강도, 투수계수, 전공극에 대한 연속공극률 등을 측정 실험하여 적절한 배합조건을 제시하는데 있다.

2. 실험개요

- * 정회원, 전북대학교 건축공학과 석사과정
- ** 정회원, 전북대학교 건축공학과 강사, 공박, 공업기술연구소
- *** 정회원, 전북대학교 건축·도시공학부 교수·공업기술연구소

2.1.1. 결합재

결합재는 국내산 보통포틀랜드 시멘트(비중: 3.14)를 사용하였다.

2.1.2. 골재

굵은 골재(8~13mm, 13~18mm)로서 쇄석(비중:2.6)을 사용하였다.

2.1.3. 고성능 감수제

고성능 감수제로는 국내산 제품의 멜라민계를 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1. 공시체의 제작

보통포틀랜드 시멘트를 결합재로 사용하고 고성능 감수제를 1%를 첨가하였다. 골재크기를 8~13mm와 13~18mm를 사용하였고 시멘트 골재비를 1:3.5 에서1:6.0 까지 변화시켜 공시체를 제작하였다. 보통포틀랜드 시멘트의 페이스트의 플로우값을 155±5mm조정하였고 일본콘크리트공학협회(JCI) 에코콘크리트 연구위원회의 「포러스콘크리트의 공시체 제작법」에 따라 시멘트 페이스트를 모르타르 믹서로 2분간 비빔을 실시한 후 조골재와 시멘트 페이스트를 강제비빔믹서를 이용하여 3분간 혼합하여 투수성 콘크리트를 제작하였다. 제작한 투수성 콘크리트를 치수 Ø10×20cm(압축강도용), 6×6×24cm(휨강도용), Ø7.5×15cm(투수시험 및 공극을 시험용)몰드에 채워서 다져 성형한 후 2일 습윤양생(20℃, 80%R.H.), 26일 수중양생(20℃)을 실시하여 공시체를 제작하였다.

2.2.2. 압축강도, 휨강도, 투수계수, 연속공극을시험

KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)과 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 따라 압축 및 휨강도 시험을 행하였으며 JCI 에코 콘크리트 연구위원회의 「포러스 콘크리트의 투수시험 방법(안)」에 따라 투수성 시험 및 「포러스 콘크리트의 공극을 시험방법(안)」 용적법에 의한 공극을 시험을 실시하였다.

Table 1 Mixing Proportion of Water-Permeable Concretes

Cement-Coarse Aggregate Ratio (by Weight)	Water-Cement Ratio(%)	Super-plasticizer (%)	Coarse Aggregate Size (mm)	Unit weight (kg/m ³)			
				Cement	Coarse Aggregate	Water	Super-plasticizer
1: 3.5	28	1	8~13	516.60	1790.62	144.64	5.16
1: 4.0	28	1		465.76	1863.64	130.41	4.65
1: 4.5	28	1		427.48	1863.64	119.69	4.27
1: 5.0	28	1		395.01	1975.07	110.60	3.95
1: 5.5	28	1		367.12	2019.19	102.79	3.67
1: 6.0	28	1		342.91	2057.49	96.01	3.42
1: 3.5	28	1	13~18	516.60	1790.62	144.64	5.16
1: 4.0	28	1		465.76	1863.64	130.41	4.65
1: 4.5	28	1		427.48	1863.64	119.69	4.27
1: 5.0	28	1		395.01	1975.07	110.60	3.95
1: 5.5	28	1		367.12	2019.19	102.79	3.67
1: 6.0	28	1		342.91	2057.49	96.01	3.42

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 휨강도

Fig. 1과 Fig. 2는 굵은 골재크기를 각각 8~13mm와 13~18mm를 사용했을 때 시멘트 골재비에 따른 재령 7일 및 28일에 있어서의 휨강도를 나타내고 있다. 모두 시멘트 골재비가 증가함에 따라 휨강도는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 결합재인 시멘트량이 적어짐에 따라 골재사이의 부착력 감소에 의한 것으로 사료된다. 굵은 골재 크기와 휨강도와의 관계에 있어서 28일 휨강도가 28일 각각 24.81~42.56kgf/cm², 21.99~40.62kgf/cm² 로서 비슷한 값을 보여주고 있다. 이는 8~13mm와 13~18mm의 골재입경으로 제작된 투수성 콘크리트에 있어 시멘트 골재비 1:3.5에서 1:6.0까지는 골재 입경과 휨강도와의 관계는 영향이 적음을 알 수 있다.

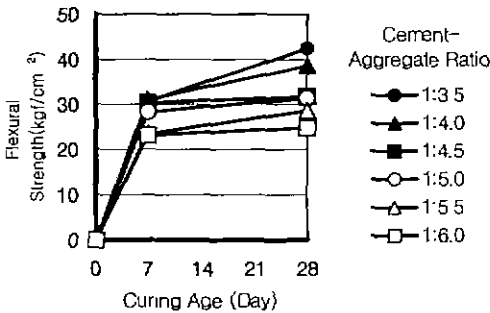


Fig. 1 Flexural Strength vs. Cement-Aggregate Ratio(Aggregate size 8~13mm)

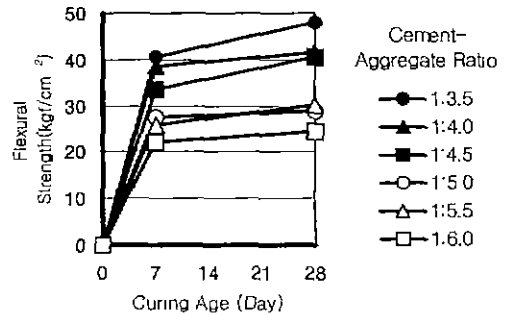


Fig. 1 Flexural Strength vs. Cement-Aggregate Ratio(Aggregate size 13~18mm)

3.2. 압축강도

Fig. 3과 Fig. 4는 위에서와 마찬가지로 굵은 골재크기를 각각 8~13mm와 13~18mm를 사용했을 때 시멘트 골재비에 따른 재령 7일 및 28일에 있어서의 다른 압축강도를 나타내고 있다. 시멘트 골재비가 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 나타냈다. 이것 또한도 휨강도에서와 같이 결합재인 시멘트량이 적어짐에 따라 골재사이의 부착력 감소에 의한 것으로 사료된다.

굵은 골재 크기가 8~13mm와 13~18mm일 때 28일 압축강도가 각각 93.63~242kgf/cm², 114.8~191.7kgf/cm²로 나타났다. 시멘트 골재비가 1:3.5에서 골재 입경이 적은 8~13mm에서 압축강도가 가장 크게 나타나고 있는데 이는 결합재에 의한 공극충전효과가 가장 크게 났으며 나머지 시멘트 골재비 1:4.0에서 1:6.0까지는 골재 크기에 관계없이 같은 시멘트 골재비에서 비슷한 강도를 보이고 있다. 이는 결합재에 의한 공극밀실충전 효과에 의한 압축강도 증진은 시멘트량이 감소함에 따라 적게 나타나는 것으로 사료된다.

3.3. 투수계수

Fig. 5에서 시멘트 골재비와 골재크기에 따른 투수계수의 관계를 나타내고 있다. 투수계수는 공극량과 상관관계가 있기 때문에 시멘트 골재비가 커질수록 시멘트량이 적어지기 때문에 공극의 전체량이 증가함에 따라 투수계수는 증가하게 된다.

3.4 연속공극율

Fig. 6은 시멘트 골재비와 골재크기에 따른 전공극에 대한 연속공극율과의 관계를 나타내고 있다. 전공극에 대한 연속공극율은 투수계수의 크기와 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 연속공극량이 증가한다는 것은 투수계수의 증가를 의미한다.

동일 시멘트 골재비에서 골재의 입경이 적은 8~13mm에서 골재사이의 공극이 더 밀실하기 때문에 연속공극량이 적게 분포되고 있다. 그러나 본 연구에 있어서는 시멘트 골재비가 1:4.0까지는 같거나 더 큰 것으로 나타나고 있다.

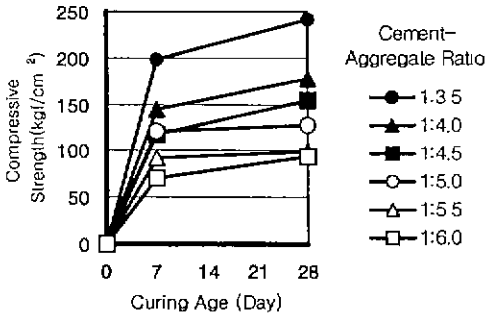


Fig. 3 Compressive Strength vs. Cement-Aggregate Ratio(Aggregate size 8~13mm)

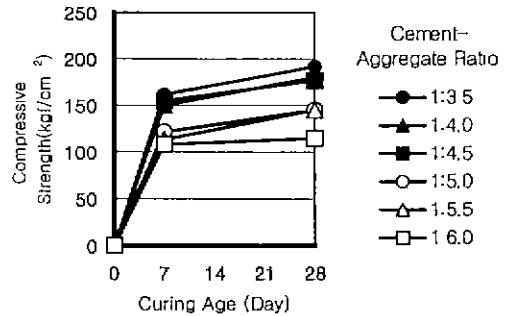


Fig. 4 Compressive Strength vs. Cement-Aggregate Ratio(Aggregate size 13~18mm)

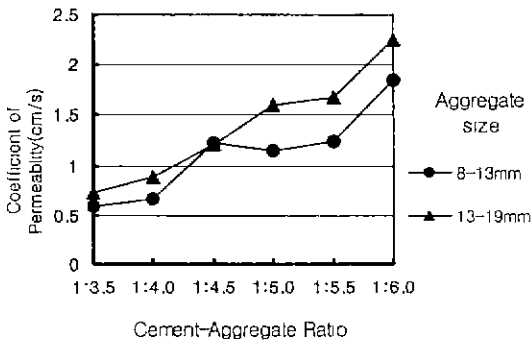


Fig. 5 Coefficient of Permeability vs. Cement-Aggregate Ratio

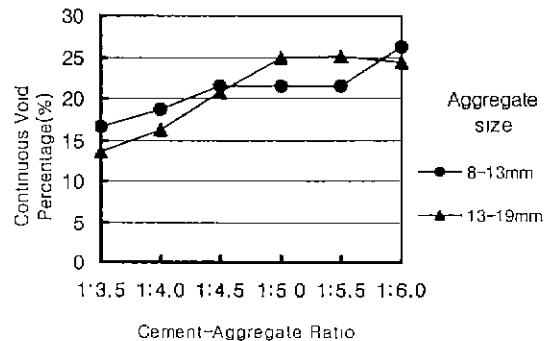


Fig. 6 Continuous Void Percentage vs. Cement-Aggregate Ratio

3.5 투수계수와 연속공극율과의 관계

Fig. 7은 연속공극율이 증가함에 따라 투수계수는 커지는 일정 상관관계를 보여주고 있다. 이는 전공극에 대한 연속공극량이 투수계수의 크기에 직접적으로 큰 영향을 주고 있음을 보여주고 있다.

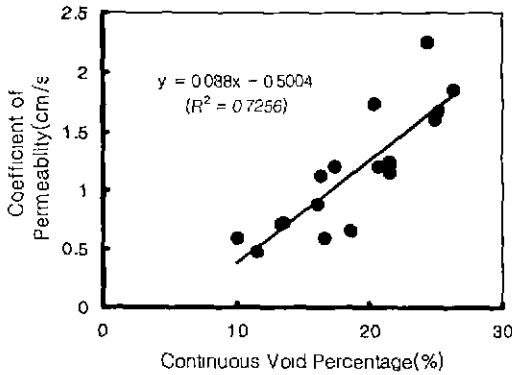


Fig. 7 Coefficient of Permeability vs. Continuous Void Percentage

3.6 강도와 투수성

Fig. 8과 Fig. 9는 휨 및 압축강도와 연속공극율과의 관계를 나타내고 있다. 연속공극율이 증가함에 따라 휨 및 압축강도는 감소하는 경향을 보여주고 있다.

이상과 같이 투수성 콘크리트의 휨 및 압축강도와 연속공극율과의 관계에 대해 고찰해 보면 연속공극량이 증가함에 따라 투수계수는 커지는 반면 휨 및 압축강도는 작아진다. 이는 투수성 콘크리트 내에 있는 공극이 골재와 시멘트 페이스트로 밀실화됨에 따라 휨 및 압축강도는 증가하는 반면 연속공극량 감소로 인해 투수계수는 감소하게 되기 때문이다.

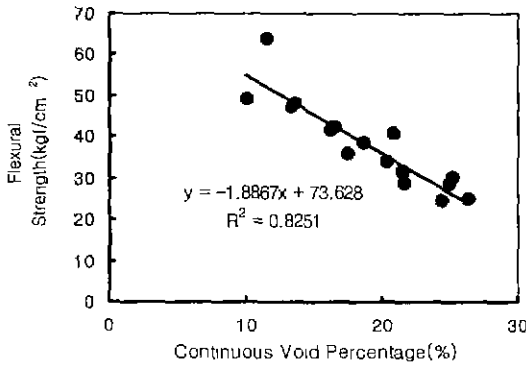


Fig. 8 Flexural Strength vs. Continuous Void Percentage

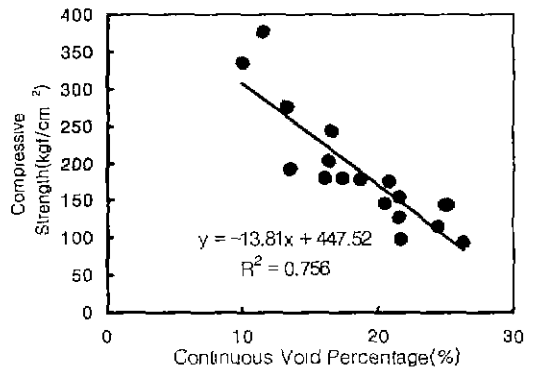


Fig. 9 Compressive Strength vs. Continuous Void Percentage

4. 결론

현장적용 투수성 콘크리트로서 강도와 일정한 투수계수와 연속공극율을 가지는 배합조건을 제시하기 위해 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 결합재를 보통포틀랜드 시멘트를 사용하고 골재의 크기가 8~13mm, 13~18mm를 사용했을 때 휨 및 압축강도는 각각 24.8~42.6kgf/cm², 93.6~242.2kgf/cm² 와 24.6~48.0kgf/cm², 114.8~191.7kgf/cm² 를 나타내었다. 휨강도의 경우 보통 포틀랜드 시멘트를 결합재로 사용했을 경우 8~13 mm, 13~18mm의 골재의 크기에 관계없이 비슷한 강도 증진을 보였으며 압축강도에 있어서는 시멘트 골재비 1:3.5에서 1:4.5까지는 골재 크기가 적은 8~13mm에서 강도가 크게 나타났으나 1:5.0에서 1:6.0까지는 비슷한 강도를 보였다.

(2) 시멘트 골재비와 투수계수와의 관계는 시멘트 골재비의 증가에 따라 페이스트량의 감소에 의한 공

극량의 감소에 따라 투수계수는 증가하는 경향을 보였으며 골재를 8~13mm와 13~18mm를 사용했을 때 투수계수와 연속공극율은 0.59~1.85cm/s, 16.6~26.3%와 0.73~2.25cm/s, 13.52~24.35%를 각각 나타내었다.

(3) 연속공극량과 휨 및 압축강도와의 관계는 시멘트 골재비의 증가에 따라 전공극량의 증가에 따라 연속공극량도 증가하였으며 투수계수도 증가하였다. 반면 투수계수와 연속공극량이 증가함에 따라 휨 및 압축강도는 감소하는 경향을 보였다.

[감사의글]

본 논문은 (주) 자연과 환경의 협력과 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 도로포장 설계시공지침, 1992.
2. 최룡, 김진춘, 신기능콘크리트 - 석생 콘크리트, 콘크리트 학회지, V. 10, N. 6, 1998, 12, pp.11~21
3. 소양섭 외, 투수성 콘크리트의 강도개선에 관한 연구, 한국콘크리트 학회 봄 학술 발표회 논문집, 제 11권 1호, 1999, 5, pp.307~312.
4. 소양섭 외, 오버레이용 투수성 콘크리트의 개발에 관한 연구, 한국콘크리트 학회 가을 학술 발표회 논문집, 제 11권 2호, 1999, 11, pp.223~226.
5. 소양섭 외, 투수성 콘크리트의 강도성상에 미치는 폴리프로필렌 섬유 혼입효과, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 제 19권 제 2호, 1999, 4, pp.445~450.