

식재용 다공질 콘크리트의 개발에 관한 기초적 연구

A Fundamental Study on the Development of Porous Concrete for Planting

윤기원* 이상태** 김기철*** 황정하**** 한천구*****
Yoon, Gi Won Lee, Sang Tae Kim, Gi Cheol Hwang, Jung Ha Han, Cheon Goo

ABSTRACT

As a fundamental study on the development of porous concrete for planting, this study is designed to present the properties of porous concrete by varying the kinds of cement, paste to aggregate ratio and dosage of AE admixture. As the results of experiment, the void volumes show 30~33%, 25~28% and 17~22% respectively, with paste to aggregate ratio of 20%, 30% and 40%. And unit weight is 1700~1900kg/m³ while compressive strengths 40~60, 80~100 and 120~150kg/cm². pH of concrete shows a sufficient value at which the plant could grow, when the concrete is permeated in Ammonium Phosphate Dibasic for more than 1 hour. In brief, it shows a possibility of development of porous concrete if the concrete is permeated with permeating in Ammonium Phosphate Dibasic for more than 1 hour when the blast furnace slag cement is used.

1. 서론

최근 건물옥상을 정원으로 활용하는 사례가 점차 증가하고 있는데, 기존 구조체에 흙을 깔고 초목등을 식재하는 시공법에서는 증가된 식생기반으로 하중문제를 유발시킬 수 있고, 건물 신축시에 기존 공법으로 시공하는 경우는 공사비를 증가시키게 되는 단점이 있다.

따라서 이의 해결 방법으로는 건축물 설계시 식재용 다공질 콘크리트를 건물의 누름콘크리트에 대체하여 식물을 생육시킬 수 있다면 기존의 시공법에서의 문제점을 해결할 뿐만 아니라 다양한 환경부하 절감효과도 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

그러므로 본 연구에서는 식재용 다공질콘크리트를 개발하기 위한 기초적인 물성을 파악하기 위하여 시멘트 종류와 페이스트골재비 및 AE제 첨가율을 변화시켜 공극율, 단위용적중량, 압축강도 및 알칼리 용출량을 비교·분석하고, 추후 식생결과 및 환경부하 절감효과도 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획 및 배합사항은 표 1과 같다. 먼저, 사용재료로 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트

- * 정희원, 주성대 건설재료공학과 전임강사, 공학박사
- ** 정희원, 청주대 건설공학과, 석사과정
- *** 정희원, 청주대 건축공학과, 박사과정
- **** 정희원, 상주대 건축공학과 전임강사, 공학박사
- ***** 정희원, 청주대 건축공학과 교수, 공학박사

(이하 OPC)와 고로슬래그 시멘트(이하 BSC)를 사용하도록 계획하고, 물시멘트비는 25% 1 수준으로 하며, 페이스트골재비는 20, 30 및 40%의 3개 수준으로 계획한다. AE제는 첨가하는 경우와 첨가하지 않은 경우의 2개 수준으로 계획하는데, 첨가하는 경우 첨가량은 시멘트페이스트 상태에서 공기량 5%를 확보하도록 결정한다. 고성능 감수제는 페이스트골재비 20, 30 및 40%일 때 각각의 페이스트 플로우치가 230, 210 및 190 ± 5 mm를 만족하도록 첨가량을 결정한다. 또한, 콘크리트의 강알칼리성을 해결하기 위한 중화처리 시간은 10, 20, 60 및 120분의 4개 수준으로 실험계획한다.

표 1. 실험계획 및 배합사항

시멘트 종류	W/C (%)	P/G (%)	AE/C (%)	S.P/C (%)	공극율 (%)	절대용적배합 (ℓ/m^3)		
						물	시멘트	골재
OPC	25	20	0	0.70	33	49	62	559
				0.65	27	74	94	562
				0.55	20	101	128	571
			0.0025	0.60	30	51	65	584
				0.55	26	75	96	569
				0.50	22	98	125	557
BSC	25	20	0	0.65	30	50	66	584
				0.57	25	75	98	577
				0.48	20	99	130	571
			0.0028	0.60	32	49	64	567
				0.55	28	72	95	554
				0.46	17	102	135	593

실험사항으로 경화 콘크리트에서 공극율 및 단위용적중량은 공시체 탈형 후 측정하고, 압축강도는 7 및 28일 재령에서 측정하며, 알칼리용출량은 2주간 수중양생 후 측정한다.

2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로 시멘트는 국내산 OPC(비중:3.15, 분말도:3,564 cm^2/g)와 국내 S사의 BSC(비중:3.03, 분말도:4,091 cm^2/g)를 사용하고, 골재는 10~20mm와 5~10mm를 2:1(중량비)로 혼합한 충북 옥산산 채석(비중:2.79, 조립율:6.7)을 사용한다. 또한, 혼화제로서 AE제는 나트륨 로릴 황산염계를 사용하고, 고성능 감수제는 폴리칼본산계를 사용한다.

2.3 실험방법

콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하고, 공시체는 $\phi 10 \times 20$ 몰드에 KS F 2403의 규정에 따라 제작한다. 굳지않은 콘크리트에서 페이스트의 공기량은 모르타 공기량 시험기를 사용하여 측정한다. 경화 콘크리트에서 공극율은 공시체의 수중중량과 기중중량을 측정하여 용적법으로 구하고, 단위용적중량은 공시체의 부피와 기중중량으로부터 환산하였으며, 압축강도는 KS F 2405의 방법으로 측정한다. 또한, 중화처리는 인산2암모늄 15% 용액에 침지하는 것으로 하고, 알칼리용출량은 $\phi 5 \times 10$ cm 공시체를 2주간 수중양생한 후 상부에서 30ml의 증류수를 살포하여 하부에 흘러나온 증류수의 pH를 KS M 0011의 방법으로 측정한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 공극율, 단위용적중량 및 압축강도

그림 1은 페이스트골재비 변화에 따른 공극율과 기중 상태의 단위용적중량 및 7, 28일 압축강도를 시멘트 종류와 AE제 첨가 유무별로 나타낸 것이다.

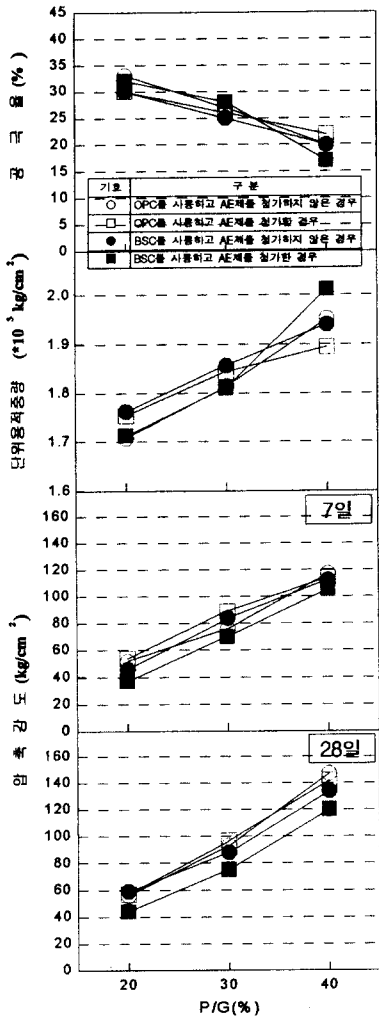


그림 1. 페이스트골재비 변화에 따른 공극율, 단위용적중량 및 압축강도

3.2 알칼리용출량

그림 4는 시멘트 종류와 AE제 첨가유무별로 구분한 알칼리용출량을 재령경과에 따라서 페이스트골재비와 첨가시간별로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 재령경과에 따른 알칼리용출량은 중화처리를 하기 전에는 pH가 11이상으로 식물이 생육할 수 없는 정도의 결과치를 나타냈으나, 중화처리를 한 후에는 큰 폭으로 낮아져 pH가 8.5전후로 나타났고, 재령경과에 따라서 pH값은 어느정도 증가하다가 일정한 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

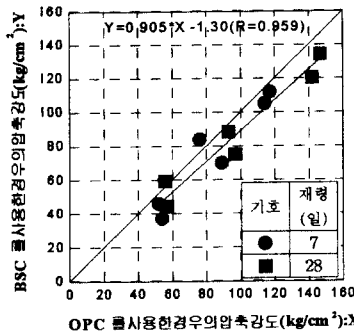


그림 2. 시멘트 종류별 압축강도

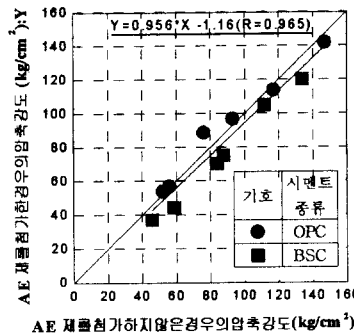


그림 3. AE제 첨가유무별 압축강도

로 확인되었다.

그림 2 및 3은 시멘트 종류와 AE제 첨가 유무별 압축강도를 산점도로 비교한 것이다.

먼저, 그림 2에서 시멘트 종류별 압축강도는 BSC를 사용한 경우가 OPC를 사용한 경우보다 약 11% 작게 나타났는데, 본 연구조건에서는 BSC의 포졸란 반응 효과가 28일 재령까지는 큰 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 또한, AE제 첨가유무별로는 그림 3에서와 같이 첨가한 경우가 첨가하지 않은 경우보다 약 6% 작게 나타났다. 따라서 시멘트 종류와 AE제 첨가유무별 압축강도는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

전반적으로 페이스트골재비가 커질수록 공극율이 감소함에 따라, 단위용적중량 및 압축강도는 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났는데, 페이스트골재비 20, 30, 및 40%에서 공극율은 각각 30~33, 25~28, 17~22% 정도이고, 단위용적중량은 1700~1770, 1800~1860, 1900~2000kg/m³ 정도이며, 압축강도는 40~60, 80~100, 120~150kg/cm² 정도의 범위로 나타났다.

이러한 결과로부터, 본 연구의 배합조건에서 식물의 생육이 가능한 정도의 공극이 확보됨을 알 수 있고, 또한 단위용적중량이 기존의 누름콘크리트에 비해 약 300~600 kg/m³ 정도가 감소된 것으로 말미암아 건물의 자중을 상당량 절감시킬 수 있는 것으로 확인되었다.

침지시간별로는 10, 20분의 경우는 중화처리 후 1일 경과만에 pH는 급속도로 증가하여 식물의 생육이 불가능한 수치로 나타났으나, 침지시간 60분 이상에서는 재령경과 후에도 pH가 8~9.5 정도를 유지하여 식물이 생육할 수 있는 정도의 결과치로 나타났다. 따라서 본 연구조건에서는 최

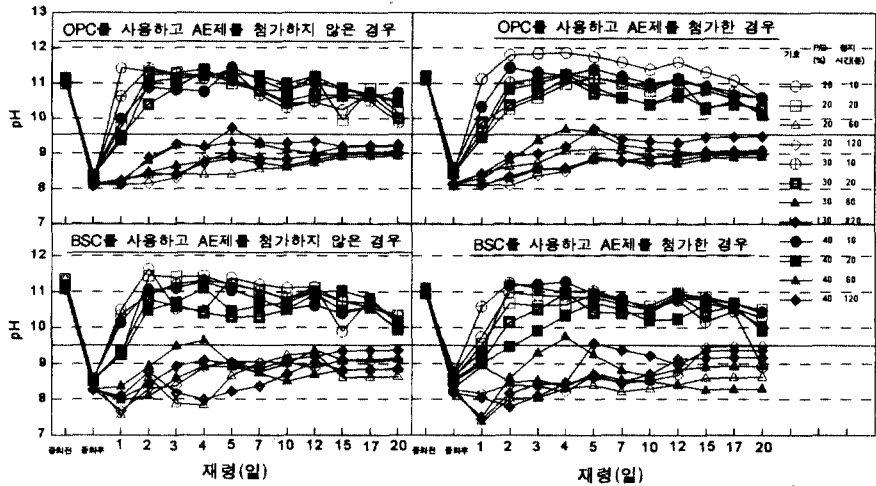


그림 4. 재령경과에 따른 알칼리용출량

소한 1시간 이상은 인산2암모늄에 침지해야 식물의 생육이 가능한 pH가 확보됨을 알 수 있었다.

페이스트골재비별 pH는 페이스트골재비가 커질수록 다소 불규칙한 결과도 나타났으나 전반적으로 증가하는 경향으로 나타났다. 시멘트종류별로는 침지시간 60 및 120분의 경우에서 OPC를 사용한 경우는 재령이 경과할수록 pH가 계속 증가하는 경향이나 BSC를 사용한 경우에는 일정수준을 유지하는 것으로 나타났다. 이로써 OPC보다는 BSC가 식재용 콘크리트로서 적합함을 알 수 있다. 또한, AE 제 첨가유무별로는 재령경과에 따라서 전반적으로 유사한 경향으로 나타났다.

4. 결 론

식재용 다공질 콘크리트의 기초적인 물성을 파악하기 위하여 시멘트 종류와 페이스트골재비 및 AE 제 첨가율을 변화시켜 공극율, 단위용적중량, 압축강도 및 알칼리용출량을 비교·분석한 결과는 다음과 같이 요약된다.

1) 페이스트골재비가 20~40%일 때 공극율은 30~17% 정도이고, 기진 단위용적중량은 1700~1900kg/m³ 정도이며, 압축강도는 40~150kg/cm² 정도의 범위로 나타났다. 또한 OPC를 사용한 경우에 비해서 BSC를 사용한 경우의 압축강도는 약 11% 작게 나타났고, AE제를 첨가하지 않은 경우를 기준으로 하여 AE제를 첨가한 경우의 압축강도는 약 6% 감소한 결과로 나타났다.

2) 알칼리용출량은 중화처리를 하기 전에는 pH가 11이상 이던것이 중화처리를 한 후에는 pH가 8.5 전후로 저하하나 재령이 경과할수록 pH값은 증가하다가 일정한 수준을 유지하는 경향으로 나타났는데, 중화처리 시간이 길수록 pH의 증가가 적은 것으로 나타났고 OPC보다 BSC의 경우 pH가 낮은 것으로 나타나 BSC를 사용하고 중화처리 시간은 1시간 이상을 유지하는 것이 본 연구조건에서 식물 생육이 가능한 pH를 확보할 수 있는 방안인 것으로 밝혀졌다.

3) 종합적으로 본 연구의 배합조건에서는 BSC를 사용하고 중화처리를 1시간 이상 실시한 경우에서 식물의 생육이 가능한 정도의 공극율 및 알칼리용출량이 확보되어 식재용 다공질 콘크리트를 제작할 수 있음이 확인되었고, 이를 실무 현장에 활용시 건물의 자중 경감 및 다양한 환경부하 절감효과도 기대할 수 있는 것으로 사료된다.