

## 저 품위 철광석을 사용한 식생용 투수 콘크리트의 중성화 및 제작에 관한 연구

### A Study on Chemical Neutralization and Production of Planting Porous Concrete Using Low-Grade Iron Ore

은 희 창\* 이 민 수\*\* 배 충 열\*\*\*  
Eun, Hee-Chang Lee, Min-Su Bae, Choong-Yeol

#### Abstract

Recently produced concrete has a tendency to overcome environmental defects. Porous and planting Eco-concrete requires the neutralization process and enough void in concrete to contain water, to pass air freely, and provides necessary nutrients to vegetation roots. The biological environment in concrete is not suitable for planting because the concrete possesses strong alkali constituent of pH 11-13. This study evaluated the strength and serviceability of concrete as well as the chemical characteristics of concrete mixed by low-grade iron ore left in the abandoned mine and treated by Ammonium monohydrogen phosphate,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ . Test variables include two kinds of coarse aggregates such as crushed stones and low-grade iron ore, the duration time and the period for neutralization treatment by Ammonium monohydrogen phosphate,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , and the proportion ratio of cement, blast furnace slag and silica fume.

키워드 : 저 품위 철광석, 투수 콘크리트, 중성화, 식생콘크리트  
Keywords : low-grade iron ore, porous concrete, neutralization, planting  
eco-concrete

#### 1. 서론

##### 1.1 연구 배경 및 목적

강원도 정선군 및 양양군에 소재한 철광산에는 저 품위 철광석 및 폐석이 다량 적치되어 있다. 현재 채굴되고 있는 정선군 신동읍 소재 신에미 광산의 경우 철광석의 연간 생산량은 2002년도 기준 약 22만 5천 톤에 달하며, 가채 매장량 4,800만 톤

으로 200년 이상 채광이 가능하다. 채굴된 철광석 (전체 생산량의 22%, 연간 약 5만 톤) 중 지역의 레미콘 공장 등에 납품되는 일부를 제외하고는 광산 주위에 적치되어 주변 토양 및 수질 오염, 자연 환경훼손 등의 요인으로 알려져 왔음에도 이에 대한 효율적인 활용에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

광석에 철 성분이 약 20% 이내의 철광석으로, 제철을 목적으로는 부적절한 저 품위 철광석으로 구분한다. 이 재료는 폐광에 적치되어 환경 문제를 야기하는 반면에 자중이 커서 철근콘크리트 건물에 활용할 경우에 자중으로 인한 부재들의 단면을 증가시킬 필요가 있다. 따라서, 자중의 영향을 받지 않는 구조물인 도로의 포장용 콘크리트에 적용

\* 강원대학교 건축학부 교수, 공학박사  
\*\* 강원대학교 대학원 건축공학과 박사과정  
\*\*\* 강원대학교 대학원 건축공학과 석사과정

을 고려할 수 있다.

투수 콘크리트는 기존의 불투수 콘크리트 포장제와는 달리 포장자체가 배수기능을 갖도록 함으로써, 하수 부하를 경감하여 홍수 조절기능 뿐만 아니라, 지표면에 저수기능을 회복시켜 갈수(渴水) 현상 발생방지는 물론 자연생태계 보호를 위하여도 필수적으로 개발되어야 할 포장 재료이며, 환경친화적인 도시개발 및 정비에 크게 이바지할 수 있는 재료이다.

최근 들어서 콘크리트의 사용량 증가 및 폐콘크리트의 생산으로 인하여 환경적인 문제가 대두되고 있다. 예를 들어 산업부산물의 활용, 폐골재의 재활용 등을 들 수 있다. 콘크리트에 식생의 환경조건을 부여하여 자연생태계를 보존하는 기술 또한 자연친화적으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 철광산 주위에 적치된 저 품위 철광석을 투수 콘크리트의 골재로 대용하여 그 사용성을 검증하고 특히 자연친화를 목적으로 필요한 강알칼리의 콘크리트의 중성화와 강도 확보를 위한 방안을 제시하고자 한다.  $(NH_4)_2HPO_4$  첨가를 통한 콘크리트의 중성화와 산업부산물로서 고로슬래그와 실리카흙의 사용을 통한 투수 콘크리트의 활용성을 평가하고자 한다. 본 연구의 결과는 철광산에 적치된 폐석으로 인한 환경훼손 및 오염을 줄이는데 일익하며 광산의 경제성 향상 및 철광산의 활성화로 지역 경제발전에 기여함은 물론 식생을 통한 친환경 포장재 생산을 위한 자료로 활용 가치가 있다고 판단된다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 철광산 주위에 적치된 저 품위 철광석을 골재로 대용하여 투수콘크리트에 적용하여 그 타당성을 검증하는 연구로 다음의 내용을 수행한다.

가. 저품위 철광석의 물리적, 화학적인 특성 조사를 통한 골재 대용의 타당성 검토

나. 오염도 측정에 의한 골재로서 사용성 조사  
다. 포장재로서 입도에 따른 선별을 통한 적용성 검토

라. 실리카흙을 첨가한 고강도 고성능의 투수콘크리트의 개발

마. 투수 콘크리트 포장용 기층 및 필터층에 폐광석의 확대 적용 가능성 검토

바. 콘크리트의 중성화 방안; 중성화 처리 시기 및 처리 기간

사. 혼화재료로서 산업부산물의 활용성

투수 콘크리트의 재료는 시멘트, 골재, 혼화제로 구성되며 골재는 단일도로서 충분한 공극을 확보하여야 한다. 본 연구는 저 품위 철광석을 골재로

대용하여 고강도, 고성능, 식생이 가능한 pH가 저감된 투수 콘크리트 제작을 목적으로 먼저, 골재에 대한 충분한 검토를 요한다. 즉, 골재가 지닌 물리적인 특성 및 화학적인 특성을 파악하여 투수콘크리트에 적절한 골재인지를 파악한다. 콘크리트는 강도 및 시공성을 요하는 재료로 고강도의 확보 및 사용성을 고려한 시공성이 검토되어 최적의 배합표를 제시하여, 친환경적이며 고강도-고성능 및 저감된 pH 성질을 지닌 식생용 투수 콘크리트의 제조방법을 제안한다.

## 2. 저 품위 철광석의 물리적 설질 및 유해물질 용출실험

### 2.1 저 품위 철광석의 물리적 성질

#### 2.1.1 단위용적중량

저 품위 철광석의 단위용적중량을 측정하기 위한 붓다짐 시험 방법은 골재의 최대치수가 40mm 이하로 한다.

① 시료를 용기의 1/3씩 넣고, 손가락으로 윗면을 고른 다음 다짐봉으로 25회 균등하게 다진다. 용기의 윗면으로 골재가 튀어나온 것은 용기의 윗부분과 대략 같도록 손가락이나 끈은 날로 고른다.

② 첫 층을 다질 때 다짐봉이 용기의 밑바닥을 타격하지 않도록 하고 2번째 및 3번째 층을 다질 때는 다짐봉이 그 층중에 관통할 수 있는 힘만을 가해야 한다.

③ 용기와 시료의 무게(G) 및 용기만의 무게(T)를 각각 0.01%까지 단다.

앞에서 구한 각각의 측정값을 이용하여 다음과 같이 단위용적 중량을 구한다.

$$M = \frac{(G-T)}{V}$$

또는  $M = (G - T) \times F$

여기에서

M : 단위용적중량( kgf/m<sup>3</sup> )

G : 용기를 포함한 시료의 무게( kgf )

T : 용기만의 무게( kgf )

V : 용기를 채운 물의 무게를 물의 단위용적 중량으로 나눈 값( m<sup>3</sup> )

F : 물의 단위용적 중량을 용기를 채우는데 필요한 무게로 나눈 값( m<sup>3</sup> )

#### 2.1.2 흡수율

① 굵은 골재를 완전히 씻어서 표면의 먼지, 그 밖의 부착물을 제거한 후, 항량이 될 때까지 105±5℃의 온도로 건조시키고, 1~3시간 동안 실온으로 냉각시킨 다음, 24±4시간 동안 실온의 물에 담근다. 여기서, 흡수율 및 비중 습윤 상태의 골재를 사용하는 콘크리트 배합 설계의 기준으로 이용될 때는 굵은 골재를 항량이 될 때 까지 건조시킬 필요가 없으며, 골재의 표면이 시험할 때까지 젖은

상태로 유지되어 있으면 24시간 동안 물 속에 담글 필요가 없다.

② 물 속에서 시료를 꺼내어 눈에 보이는 수막이 없어질 때까지 큰 흡수천에 걸린 다음, 큰 낱알을 일일이 닦는다. 표면건조 포화상태 동안 골재의 구멍에서 물이 증발하는 것을 방지하여야 하며, 표면건조 포화상태의 무게를 달고, 이 무게와 다음의 무게를 0.5g 또는 시료 무게의 0.0001배 중 큰 쪽의 정밀도로 기록한다.

③ 무게를 단 후 표면건조 포화상태의 시료를 철망태에 넣어, 밀도 0.997±0.002의 물속에서 무게를 단다. 침수 중 무게를 달기 전에 용기를 흔들어 갇힌 공기를 조심스럽게 제거한다.

④ 시료를 105±5°C의 온도로 향량이 될 때까지 건조시킨 다음, 1~3시간 동안 실온에서 무게를 단다.

$$\text{흡수율(무게 백분율)} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

A : 대기 중 시료의 건조 무게(g)

B : 대기 중 시료의 표면건조 포화상태의 무게(g)

### 2.1.3 마모시험

① 측정된 시험용 시료와 철구를 로스안젤스 시험기에 넣은 후 매분 30 - 33회 회전을 시킨다.

② 시료가 A, B, C, D의 입도의 경우에는 500회, E, F, G인 경우에는 1800회 회전시킨다. 시험기가 균일하게 같은 속도를 유지하도록 원통의 중량이 균등하게 되어 있어야 한다. 앵글로 된 선반을 사용하는 경우에는 철구가 앵글의 외측면에 부딪치는 방향으로 시험기를 회전시켜야 한다.

③ 시험이 끝난 후 시료를 시험기로부터 들어내어 No. 12체로 체가름한다.

④ No. 12체에 잔류하는 시료를 물로 씻은 다음 향량이 될 때까지 105±5°C의 온도로 건조시켜 최소 1g까지 계량한다.

⑤ 시료결과의 계산 시험한 시료의 시험전의 중량과 시험후의 중량의 차를 시험전의 시료의 중량 백분율로 표시한다. 이 값을 마모율로 한다.

$$\text{마모율(\%)} = \frac{\text{시험전 시료의중량} - \text{시험후 시료의중량}}{\text{시험전 시료의중량}} \times 100$$

표 1 저 품위 철광석의 물리적 성질

항 목	규격	시험결과	시험방법
단위용적 중량	1,500-2,00 0 kg	2,433 kg	KS F 2505
흡 수 율	3 %	0.3 %	KS F 2503
마 모 율	40 %	15 %	KS F 2508

### 2.1.4 시험결과

표 1에 나타낸 바와 같이 폐광에 적치되어 있는 저 품위 철광석의 흡수율, 마모율 및 비중을 KS F 2503, KS F 2508 및 KS F 2527-2002에 의거하여 실험한 결과 흡수율은 0.3%이고, 마모율은 15%이며, 비중은 3.3이므로 포장재로 사용할 수 있는 흡수율의 규격 3%이하, 마모율의 규격 40% 이하 및 비중의 규격 2.5 이상을 충분히 만족시킴으로써 포장재로 사용되는 골재를 대체하여 저 품위 철광석을 사용할 수 있으며, 포장재로 사용했을 시에 일반 천연 골재보다 수분의 흡수율 및 마모율이 적게 나타남으로써 일반 골재를 사용한 투수 콘크리트에 비해 마모도를 대폭 절감할 수 있을 뿐만 아니라 포장재의 강도를 대폭 증진시킬 수 있음을 볼 수 있다.

### 2.2 저 품위 철광석의 유해물질 용출실험

투수 콘크리트는 다공성의 콘크리트로서 우수 등에 의해 콘크리트를 통과한 수질이 오염되었을 경우, 생태계에 역효과를 나타낼 수 있다. 저 품위 철광석이 콘크리트 재료로서 사용되기 위해서는 유해물질을 함유하고 있는 지 여부를 파악하는 것이 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 산화크롬, 납, 카드뮴, 수은, 비소, 구리의 6대 유해물질에 대한 용출시험을 건자재시험연구원에 의뢰한 결과 표 2와 같이 기준 용출량을 만족하는 것으로 나타났다.

표 2 저 품위 철광석의 유해물질 용출시험 결과

시 험 항 목	규 격	결 과	시 험 방 법
용출 시험	Pb	3mg/l	검출안됨
	Cd	0.3mg/l	검출안됨
	CrO <sub>4</sub>	1.5mg/l	검출안됨
	Hg	0.005mg/l	검출안됨
	As	1.5mg/l	검출안됨
	Cu	3mg/l	검출안됨

표 4 배합비 (kgf/m<sup>3</sup>)

결합재			조골재	물
시멘트	고로슬래그	실리카흙		
395.0	0	0	1975.1	110.6
316	79	0		
237	158	0		
158	237	0		
79	316	0		
237	79	79		
237	0	158		
158	79	158		

### 3. 투수 콘크리트의 중성화 처리

#### 3.1 시험체 제작

콘크리트는 강알칼리의 성질로 인하여 비록 고강도 및 고성능의 역학적인 성질을 갖추었음에도 불구하고 자연생태계와 차단되어 친환경적인 성질을 지닌 재료로 볼 수 없다. 식생을 위한 콘크리트의 경우에 1단계로 강도 및 중성화 과정을 요한다. 즉, 콘크리트의 역학적인 특성과 화학적인 변화로서 pH를 줄이는 방법이 강구되어야 한다. 본 연구에서는 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>를 사용하여 중성화를 시도하였다. 실험의 변수로는 중성화 처리 시기와 기간과 시멘트, 고로슬래그, 실리카흙에 의한 결합재비, 그리고 쇄석골재와 저 품위 철광석을 사용하여 총 16종류의 시험편을 제작하였다. 실험의 변수들을 표 3에 요약하였다. 즉, 1%의 이인산암모늄을 콘크리트 타설 후, 7일과 14일 후에 각각 10분 혹은 30분 동안 침전시킨 후에 대기 중에 건조하여 pH를 측정하였다. 콘크리트 배합표는 표 4와 같다.

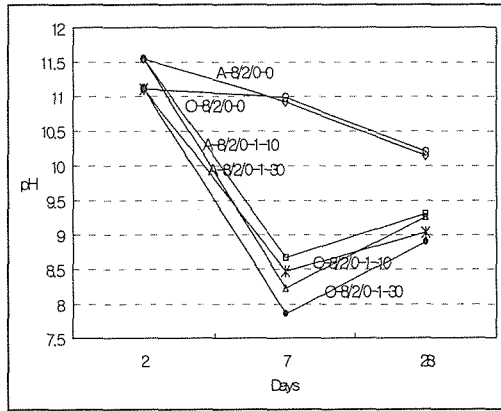
표 3 시험체명

A, O	A; 쇄석 골재 O; 저 품위 철광석
결합재비(시멘트/고로슬래그/실리카흙)	10/0/0, 2/8/0, 4/6/0, 6/0/4, 6/2/2, 8/2/0
중성화 처리 시간	10, 30분
중성화 처리 시기	7일, 14일

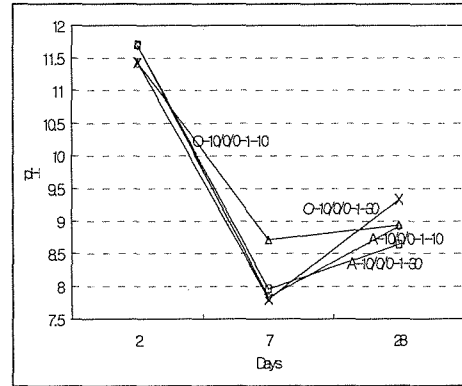
#### 3.2 실험결과

세골재를 사용하지 않은 투수 콘크리트는 공극의 형성으로 인하여 압축강도가 현저히 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 또한 물/결합재비를 감소시키거나 증가시킬 경우에 재료분리에 의한 투수성을 현저히 줄일 수 있으므로 최적의 물/결합재비를 선정하였다. 모든 시험체는 한국공업규격에서 요구하는 투수 콘크리트의 최저 강도인 50kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 값을 나타냈다. 특히 저 품위 철광석을 사용한 투수 콘크리트의 경우에는 보통 쇄석을 사용한 콘크리트 강도의 120-180% 정도를 나타냈다. 이는 저 품위 철광석의 높은 마모율과 인성에 기인한다고 볼 수 있다. 그러나 투수 콘크리트는 시멘트풀에 의한 응결효과가 크지 못하므로 결합재비는 콘크리트 강도에 영향을 미치지 못하였다.

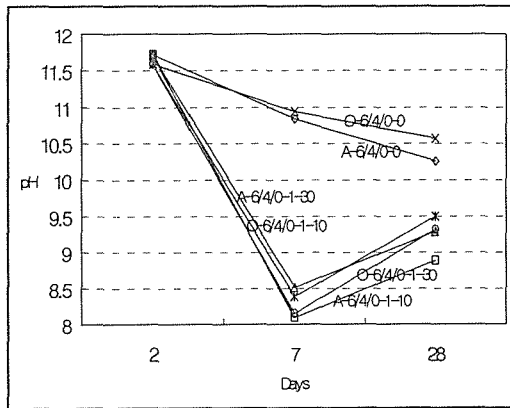
그림 1은 골재의 종류에 따른 pH를 비교하였다. 중성화 처리가 행해진 후에 pH는 일시적으로 감소하였으나, 시간이 지남에 따라 점차 증가하였다. 이는 이인산암모늄에 의한 중성화 처리는 코팅된 골재의 표면이 벗겨짐으로서 콘크리트가 지닌 알칼리의 성질이 재출현하였기 때문이라 사료된다. 이 그림에서 pH는 사용된 골재와는 무관한 것으로 나타났다.



(a)

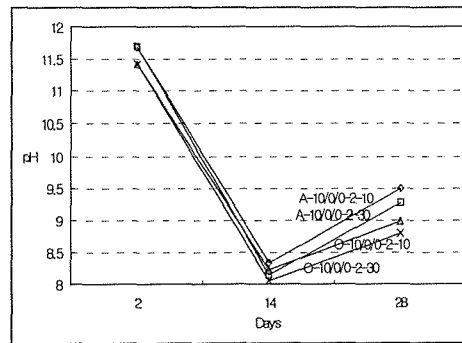


(a)



(b)

그림 1 골재에 따른 pH의 변화



(b)

그림 2 중성화 처리기간에 따른 pH의 변화

콘크리트의 pH는 중성화 처리기간에 영향을 받는다. 그림 2에서 보는 바와 같이 30분 동안 침전하여 중성화 처리된 시험체가 10분 동안 침전에 의해 중성화된 시험체에 비하여 pH 감소가 더 컸다. 중성화 처리 시점과 pH 관계를 나타내는 그림 3으로부터 중성화 처리 시점이 7일인 시험체가 14일인 시험체 보다 더 낮은 pH 값을 나타냈다. 즉, 콘크리트 타설 후에 중성화 처리 시점을 줄이는 것이 pH 저감에 효과적인 것을 알 수 있다. 단지, 그 효율성에는 한계가 있는 것을 알 수 있다.

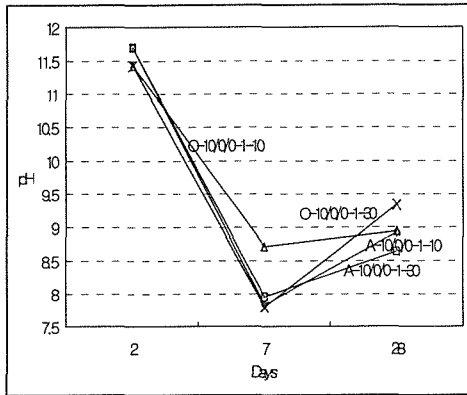
그림 4는 시멘트, 고로슬래그 그리고 실리카흄에 의한 결합제비와 pH 관계를 나타내고 있다. 이 그림에서 결합제비가 6/2/2일 경우에 최소의 pH 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 산업부산물 이 pH에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 투수 콘크리트의 강도 및 제작

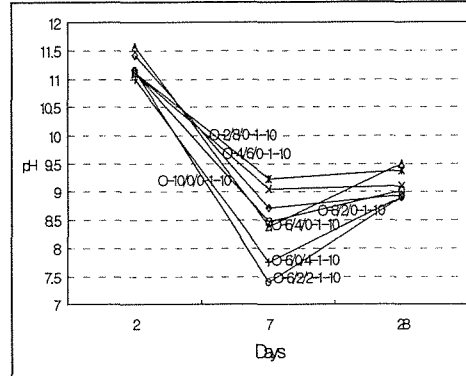
##### 4.1 배합설계

저 품위 철광석은 13mm 보다 크면 투수성은 향상시킬 수 있으나 표면의 미관은 물론 강도를 저하시킬 수 있으며, 5mm 보다 작으면 강도는 향상시킬 수 있으나 포장된 후 저 품위 철광석과 철광석 사이의 공극이 작아지게 되므로 모래나 이물 질들이 공극으로 침투되면 이들이 배출되지 못하여 공극이 막히게 되므로 투수성을 저하시킬 수 있으므로 요구되는 투수계수 및 강도에 따라 이를 만족시킬 수 있는 범위 내에서 선정하여 혼합하는 것이 바람직하다.

투수콘크리트에 사용되는 시멘트는 일반적으로 포틀랜드 시멘트가 사용되며, 이 시멘트의 혼합량은 540~650 kgf/m<sup>3</sup> 범위 내에서 선정하여 혼합되며, 조기강도가 필요하거나 동결기 공사에는 조강 또는 초 조강 포틀랜드 시멘트가 사용될 수 있으며, 하절기 공사에는 중용열 포틀랜드 시멘트가 사용될 수 있다.

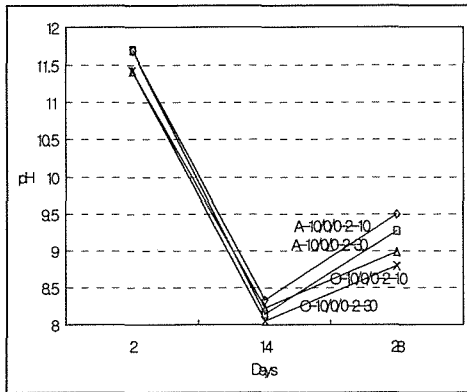


(a)



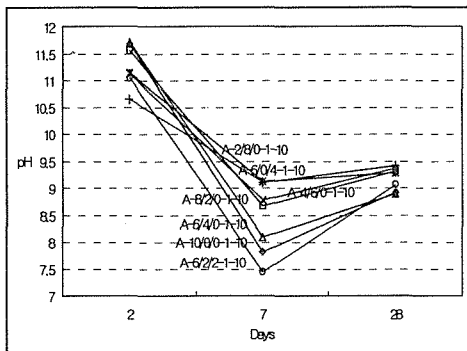
(b)

그림 4 결합재비에 따른 pH 변화



(b)

그림 3 중성화 처리시기에 따른 pH 변화



(a)

시멘트의 혼합량이  $650\text{kgf/m}^3$  보다 많으면 저 품위 철광석과 철광석의 결속력은 증대되지만 공극은 상대적으로 작아져 만족할 만한 투수계수를 얻을 수 없으며,  $540\text{kgf/m}^3$  보다 적으면 공극은 상대적으로 커질 수 있으나 저 품위 철광석과 철광석의 결속력은 작아져서 만족할 만한 강도를 얻을 수 없게 된다.

투수콘크리트에 사용되는 물은  $150\sim 180\text{kgf/m}^3$  내에서 선정하여 혼합되며, 이물질들이 혼입되더라도 투수콘크리트의 품질에 영향을 미치지 않는 음용수가 사용될 수 있으며, 이외에도 지하수, 공업용수, 하천수 등이 사용될 수도 있으나, 지하수, 공업용수, 하천수 등이 사용될 때에는 투수콘크리트의 품질에 영향을 미치지 않도록 충분한 사전 검토 및 검사를 한 후 사용하는 것이 바람직하다.

물의 혼합량이  $180\text{kgf/m}^3$  보다 많으면 저 품위 철광석이나 시멘트의 강도가 저하될 수 있으며,  $150\text{kgf/m}^3$  보다 적으면 재료들이 균일하게 혼합되지 못하게 되어 품질이 저하될 수 있다.

따라서 투수콘크리트의 시공성과 강도를 동시에 만족시키기 위하여 물의 혼합량을 최소화하면서 재료들의 교반이 잘 이루어질 수 있도록 소정량의 고성능 감수제가 첨가된다. 고성능 감수제는 시멘트에 대하여 0.1중량% 이하가 첨가되는 경우에는 공기연행 효과 및 감수효과를 발휘하지 못하여 콘크리트의 강도증진을 기대하기 어려우며 0.5중량% 이상 첨가 시에는 경과시간에 따른 슬럼프의 손실이 크고 공기량을 과잉으로 연행시켜 콘크리트의 강도를 저하시키므로 고성능 감수제의 양을 시멘트 양의 0.1중량% 내지 0.5중량% 범위 내에서 선정하여 혼합하는 것으로 하였다.

표 5 저 품위 철광석 및 시멘트의 혼합량에 따른 투수계수 및 압축강도 시험결과

	저품위 철광석 (G) (13mm 이하)	시멘트 (C)	물 (W)	혼화제 (B)	고성능 감수제 (A/D)	투수계수	압축강도
제 1 배합실 시에	1679kgf/m <sup>3</sup>	540 kgf/m <sup>3</sup>	150 kgf/m <sup>3</sup>	60 kgf/m <sup>3</sup>	2.7 kgf/m <sup>3</sup>	0.12 cm/sec	248.1 kgf/cm <sup>2</sup>
제 2 배합실 시에	1474kgf/m <sup>3</sup>	648 kgf/m <sup>3</sup>	180 kgf/m <sup>3</sup>	72 kgf/m <sup>3</sup>	0.65 kgf/m <sup>3</sup>	0.11 cm/sec	212.5 kgf/cm <sup>2</sup>

고성능 감수제가 혼합되면 시멘트의 분산작용을 촉진시켜서 고성능 감수제를 사용하지 않은 경우에 비하여 감수율을 높일 수 있으며, 이에 따라 교반이 충분하게 이루어져 혼합된 저 품위 철광석이나 시멘트의 강도를 대폭 증가시킬 수 있다.

또한 투수콘크리트에 사용되는 혼화제는 시멘트에 균일하게 혼합되어 시멘트에 의해 일정한 공극을 가지는 저 품위 철광석 사이에 결속력을 더욱 향상시키기 위한 것으로 시멘트와 혼화제를 합한 중량에 대한 혼화제의 중량 비(B/(C+B))를 10중량%~30중량% 범위 내에서 선정하여 혼합될 수 있다.

혼화제의 함유량이 시멘트와 혼화제를 합한 중량에 대한 혼화제의 중량비(B/(C+B))가 30중량% 보다 많으면 혼화제의 점성에 의해 교반이 잘 이루어지지 못하여 품질이 저하될 수 있으며, 시멘트와 혼화제를 합한 중량에 대한 혼화제의 중량비(B/(C+B))가 10중량% 보다 적게 혼합되어도 만족할 만한 강도를 얻을 수 없게 된다. 그러므로 투수 콘크리트가 포장되는 장소에 요구되는 표면강도를 충분히 만족시킬 수 있는 범위내로 혼합되어야 한다.

#### 4.2 압축강도 실험

투수콘크리트는 경화된 후 투수계수가 0.1cm/sec 이상이고, 압축강도가 210~ 250kgf/cm<sup>2</sup> 내로 이루어지며, 투수계수와 압축강도는 배합되는 저 품위 철광석의 입도와 시멘트의 함유량 조절에 의해 조절할 수 있다.

배합비율의 조절에 따른 배합 실시 예들에 의해 제조된 혼합물이 경화된 후 압축강도 및 투수계수를 시험한 결과를 표 5에 나타내고 있다.

표 5에서와 같이 보도용, 자전거 도로 및 주차장용, 차도용 등 투수콘크리트가 포장되는 위치에

따라 이에 대응하는 소정의 투수계수와 압축 강도를 얻기 위해서는 시멘트와 혼화제를 합한 양에 대한 물의 양의 비율(W/(C+B))을 대략 25% 내외로 유지한 상태에서 시멘트량 및 고성능 감수제의 배합량을 조절함으로써 투수계수 및 압축강도의 세기를 조절하여 포장되는 위치에 따른 필요한 투수계수와 압축 강도를 가지는 고성능-고강도의 투수 콘크리트를 제작할 수 있다. 즉, 시멘트 함량이 많아지면 저 품위 철광석과 철광석 사이의 공극이 작아지게 됨으로써 투수계수는 저하되지만 압축강도는 증가하게 되며, 시멘트 함량이 적어지면 저 품위 철광석과 철광석 사이의 공극이 커지게 됨으로써 투수계수는 증가되지만 압축강도는 저하됨으로써 포장되는 위치에 따른 소정의 투수계수와 압축강도에 맞도록 배합량을 조절하여 사용하며, 고성능 감수제는 시멘트 량의 0.1중량%~0.5중량% 범위 내에서 요구되는 투수콘크리트의 강도에 따라 다양한 배합비율로 혼합함으로써 투수콘크리트가 포장되는 위치에 따라 이에 대응하는 소정의 투수계수와 압축 강도를 가지는 저 품위 철광석을 이용한 고강도 및 고성능을 가지는 투수콘크리트를 제작할 수 있다.

또한, 동일한 시멘트 량에 대해 저 품위 철광석의 입도가 커지면 압축강도는 저하되지만 저 품위 철광석과 철광석 사이의 공극이 커지므로 투수계수는 증가하게 되고, 저 품위 철광석의 입도가 작아지면 압축강도는 증가하나 투수계수는 저하됨으로써 투수계수가 저하되지 않는 범위 내에서 요구되는 강도에 따라 저 품위 철광석의 입도를 선정하여 사용하는 것이 바람직하다.

#### 5. 결론

폐광에 적치되어 사용되지 않는 저 품위 철광석을 사용한 투수 콘크리트 제작에 대한 실험적 연구로 (1) 저 품위 철광석을 골재 대용으로 투수 콘

크리트에 사용함으로써 소정의 강도를 확보하였으며, (2) 자원을 재활용하여 고갈되어 가는 천연 골재를 절약하여 환경을 보존할 수 있었으며, (3) 천연 골재를 사용하여 제조된 투수 콘크리트 보다 수분 흡수율 및 마모도가 현저히 낮음으로써 높은 강도와 내구성을 지니게 되어 반복적인 외력 및 하중 등에도 더욱 향상된 강도를 얻을 수 있었으며, (4) 동결-융해에 대한 저항능력 또한 대폭 향상되어 도로의 수명을 대폭 연장이 예측되며, (5) 이인산암모늄의 혼입을 통한 강알칼리의 콘크리트의 pH를 저감시킬 수 있었으며, (6) 중성화에 영향을 미치는 요인들에 대한 평가가 이루어졌다.

### 감사의 글

본 연구는 2005년도 산학협동재단 연구비 지원 사업으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 강창구, 콘크리트 기술, 원기술, 1995.
- [2] 구재오, 박창근, "저품위 철광석을 축열체로 이용한 온수온돌의 열적 특성", 석재연 논문집, 제9집, pp. 133-142, 2004.
- [3] 내무부, 자전거 이용시설 정비 기준, 1997.
- [4] 대한건축학회, 고강도-고성능 콘크리트 제조 시공 및 설계, 1996.
- [5] 대한광업진흥공사, 한국의 광상, 금속편 제12호, 1990.
- [6] 민경원 외 3인, "저품위 철광석의 광물조성 및 물리 역학적 특성 연구", 석재연 논문집, 제7권, 2002.
- [7] 민경원 외 4인, 사북-고한지역의 탄광폐석에 대한 암석학적 특성 연구, 석재복합신소재제품연구센터 연구보고서, 제1집, 1996.
- [8] 민경원 외 3인, 금속광산 폐석 및 폐재의 활용을 위한 특성 연구, 석재복합신소재제품연구센터, 연구보고서 제3집, 1998.
- [9] 한국지질자원연구원, 월간자원정보, 제121호, 2002.
- [10] KS F 2527, KS F 2503, KS F 2505, KS F 2507.