Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers
Vol. 52, No. 5, pp. 53~60, September, 2010
DOI: 10.5389/KSAE.2010.52.5.053

고로슬래그 골재를 사용한 다공성 콘크리트의 물리·역학적 특성에 미치는 고로슬래그 미분말, 황토 및 보강섬유의 효과

Effect of Blast Furnace Slag, Hwang-toh and Reinforcing Fibers on The Physical and Mechanical Properties of Porous Concrete Using Blast Furnace Slag Coarse Aggregate

이진형* · 박찬기**,†
Lee, Jin Hyung · Park, Chan Gi

ABSTRACT

The effects of blast furnace slag, hwang-toh, and reinforcing fiber on the physical and mechanical properties of porous concrete using blast furnace slag coarse aggregates have been evaluated in this study. The effect of the depending on replacement ratio of blast furnace slag to cement was investigated such that the replacement ratio was varied to 0 %, 25 % and 50 %. Also, the replacement ratios of hwang-toh were 0, 20 and 30 %. The polyvinyl alcohol fiber was used for the reinforcing fiber. A series of pH, unit mass, and void ratio tests have been performed to study the physical properties of the porous concrete using blast furnace slag coarse aggregates with the polyvinyl alcohol fiber and the replacement ratios of blast furnace slag, hwang-toh, while a series of compressive tests have been performed to evaluate the strength property depending on polyvinyl alcohol fiber and the replacement ratios of blast furnace slag, hwang-toh. The test results indicated that the physical and mechanical properties of porous concrete using blast furnace slag coarse aggregates is affected by the replacement ratio of blast furnace slag, and the fiber contents. According to the tests with polyvinyl alcohol fiber contents, the void ratio was decreased and the compressive strength was upgraded.

Keywords: Blast furnace slag; blast furnace slag coarse aggregate; hwang-toh; polyvinyl alcohol fiber; porous concrete

I. 서 론

최근 들어 국내외적으로 저탄소 녹색성장에 따른 생태복원에 대한 관심이 증가하면서 콘크리트 분야에도 다양한 연구가 진행되고 있다. 이와 같은 연구 중에 다공성 식생 콘크리트는 많은 연구결과와 생태복원재료로 많은 실용화 실적을 가지고 있다 (Kim et al., 2010; Choi et al., 1998). 콘크리트에서 식물을 재배할 경우, 식물이 자라지 못하는 이유는 콘크리트 중의 수분은 높은 알칼리성을 나타내며, 뿌리 공간과 발아 공간이 없고 투수성 및 보수성이 낮으며, 식물에 필요한 영양분이 없기 때문이다 (Park et al., 2002; Youn et al., 2009). 다공성 식생 콘크리트는 다공성 내부에 보수성과 영향분의 충진 기술을 도입하여 식물의 성장을 원활하게 유도한 콘크리트이다 (Sung et al., 2002, 2003). 다공성 콘크리트는 콘크리트의 강알칼리 성분을 낮추기 위하여 시멘트의 일정량을 고로슬래그로 치환하고, 잔골재를 사용하지 않고 굵은 골재를 사용하여 콘크리트의 공극을 형성시킨다 (Park et al., 2000).

한편 콘크리트 분야에서 골재의 부족현상이 심각하게 대두되고 있다 (Mun et al., 1997). 따라서 골재 부족현상에 대한 문제점을 해결하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다 (Park et al., 2001). 현재 골재는 강자갈은 거의 소진 시킨 상태로 골재의 경우 부순돌이 거의 대부분 적용되고 있다. 그러나 쇄석의 경우 환경 및 자연보존이라는 측면에서 쇄석 대신 다른 대체 골재에 대한 연구의 필요성이 증가하고 있다 (Mun et al., 1997). 특히 친환경성 콘크리트라고 하는 다공성 식생 콘크리트에 적용되고 있는 주요재료가 환경을 파괴시키는 재료라면 이를 개선시킬 수 있는 재료에 대한 연구가 필요하다. 따라서 쇄석을 대체할 수 있는 골재를 다공성 식생 콘크리트에 적용함으로써 보다 재료적으로 친환경성에 접근할 수 있는 연구가 필요하다. 현재 골재의 재활용 측면에 대한 연구로는 건설폐기물을 이용

* 공주대학교 대학원
** 공주대학교 지역건설공학과
† Corresponding author Tel.: +82-41-330-1266
Fax: +82-41-330-1269
E-mail: cgpark@kongju.ac.kr
2010년 7월 20일 투고
2010년 8월 4일 심사완료
2010년 8월 31일 게재확정

한 순환골재에 대한 연구와 각종 산업부산물을 골재로서 이용하는 연구이다 (Park et al., 2001). 본 연구에서는 산업부산물인 고로슬래그 골재를 다공성 식생 콘크리트에 적용하고자 한다. 현재 고로슬래그 골재는 기층재, 보조기층재 등으로 사용되는 비율이 가장 높지만 재료 특성상 골재로서의 활용 가능성이 매우 높다 (Park et al., 2001).

최근 지구온난화에 대한 문제점을 해결하기 위하여 저탄소 녹색성장이 국가 미래성장 동력사업으로 추진되고 있다 (Han et al., 2009). 특히 지구 온난화에 영향을 미치는 CO_2에 대한 근본적인 대책을 요구하고 있다. 대기 중 CO_2의 축적은 지구의 기후변화를 유발하여 지구의 평균기온 상승과 빙하나 만년설의 해빙증가 등으로 기후변화는 명백히 일어나고 있다고 단정하고, 기후변화 완화를 위한 대책의 수립이 필요하다. 현재 지구온도 상승이 산업사회 유지의 필수 요소인 화석연료 사용에 의한 온도상승이라는 점과 온도 상승이 자연적 변화보다 빠르게 진행되고 있으며 더욱더 가속화 될 것으로 전망되고 있다 (Han et al., 2009). 이에 따라 대기 중 CO_2를 저감하기 위하여 콘크리트 산업에서는 CO_2 배출량을 줄이기 위한 방법을 찾고 있다. 시멘트산업의 CO_2 배출량은 498 ton/109 Won으로 평균 산업이 79 ton/109 Won 인 것에 비하여 상당히 많다. 또한 시멘트 산업을 제외한 가장 많은 CO_2를 배출하는 산업인 에너지 산업의 135 ton/109 Won과 비교하여도 약 4배정도 많다. 또한 전 세계적으로 시멘트 생산과정에서 발생되는 탄소배출량의 전 세계 탄소량의 3 % 정도이다 (Han et al., 2009). 따라서 시멘트의 사용량을 감소시키는 것은 지구 기후변화에 주요원인이 되는 이산화탄소를 감소시키는 중요한 방법 중에 하나이다 (Han et al., 2009). 특히 현재 시멘트 1톤을 생산할 때 이산화탄소의 배출량이 약 870 kg 정도로 시멘트의 사용량을 최소화하는 재료의 개발이 시급한 실정이다 (Han et al., 2009). 본 연구에서는 쇄석골재를 고로슬래그 골재로 대체하여 사용하고, 시멘트를 고로슬래그 미분말 및 황토를 이용하여 치환함으로써 시멘트 사용량 감소에 따른 다공성 콘크리트에 미치는 영향을 검토하는 동시에 시멘트 사용량 감소에 따라 예상되는 강도저하 등에 문제를 해결하기 위하여 친수성 섬유인 폴리비닐알코올섬유를 체적의 0.2 % 치환하여 다공성 콘크리트의 물리·역학적 성능에 미치는 효과를 평가하였다.

II. 실험계획

본 연구에서는 고로슬래그 굵은 골재, 고로슬래그 미분말, 황토, 폴리비닐알코올섬유를 이용한 다공성 콘크리트의 압축강도, 공극률, pH, 단위 중량특성을 평가하였다. 이를 위하여 굵은 골재로는 100 % 고로슬래그 굵은 골재를 적용하고, 시멘트는 고로슬래그 미분말과 황토로 치환함으로써 시멘트의 사용량 감소에 따른 특성을 평가하였다. 폴리비닐알코올섬유를 0.2 % 사용함으로써 섬유의 혼입여부에 따른 다공성 황토콘크리트의 특성을 평가하였다.

1. 사용재료

본 연구에서는 1종 보통 시멘트, 소성 황토, PVA섬유, 고로슬래그 굵은 골재 및 고로슬래그를 사용하였으며 황토, 고로슬래그, 고로슬래그 골재의 특성은 Table 1, Table 2 및 Table 3과 같으며 고로슬래그 골재의 입도는 Fig. 1과 같다. 일반적으로 고로슬래그 골재를 사용하면 천연쇄석이나 자갈을 사용한 콘크리트에 비하여 압축강도는 유사하지만 흡수율이 높다 (Mun et al., 1997). 따라서 초기 배합 시 고로슬래그 골재의 표면건조 포화상태를 유지하여 배합하는 것이 필요하다. 황토는 실리카 (SiO_2)와 알루미늄 (Al_2O_3)을 주요 성분으로 하고 있으며 이

Table 1 Chemical composition of hwang-toh

Chemical composition (%)						
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
40.0	32.9	7.79	0.39	1.54	0.76	1.73

Table 2 Chemical composition of blast furnace slag

Chemical composition (%)							
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	MnO	TiO	S
33.1	13.9	0.29	42.4	6.1	0.4	0.96	0.66

Table 3 Physical properties of blast furnace slag coarse aggregate

Specific gravity	Absorptance (%)	Fineness
2.20	0.70	6.80

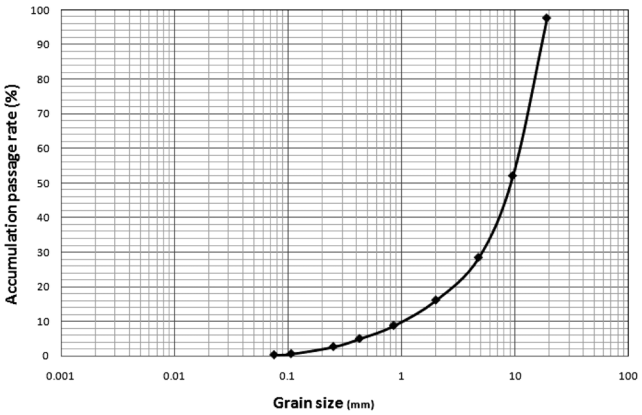

Fig. 1 Grain size accumulation curve of coarse aggregate

Fig. 2 Shape of polyvinyl alcohol fiber

Table 4 Physical properties of polyvinyl alcohol fiber

Modulus of elasticity (GPa)	Specific gravity	Fiber length (mm)	Tensile strength (MPa)
1.1×103	1.26	6	686

와 같은 성분이 수산화칼슘과 반응하여 포졸란 반응을 일으킨다. 반면 고로슬래그는 수산화칼슘 ($Ca(OH)_2$)이 주성분으로 이들이 황토의 포졸란반응에서 생성되는 아플라이트 겔 (afwilite gel) 또는 스트래틀링가이트 겔 (stratlingite gel)과 결합하여 압축강도를 상승시킨다 (Choi et al., 2001). 또한 친수성 섬유로 폴리비닐알코올섬유를 적용하였으며 폴리비닐알코올섬유는 표면이 수산기로 구성되어 있어 콘크리트와 부착력이 우수한 특성을 가지고 있으며, 섬유의 형상과 특성은 Fig. 2 및 Table 4에 각각 나타냈다 (Won et al., 2004).

2. 배합설계

본 연구에서는 굵은 골재를 산업분산물인 고로슬래그 굵은 골재로 대체하고 시멘트의 대체 재료로 고로슬래그 및 황토를 적용하였을 때의 성능과 폴리비닐알코올섬유의 사용여부에 따른 물리·역학적 특성을 평가 하였다. 고로슬래그 골재의 크기는 최대치수 25 mm를 사용하였다. Table 5는 본 연구에서 적용한 배합비를 나타낸다. 배합은 시멘트의 사용량을 최소화하기 위하여 시멘트의 일정량을 고로슬래그, 황토로 치환하여 시멘트의 사용량을 최저 322.5 kg/m^{3}에서 64.45 kg/m^{3}까지 감소시켰다. 또한 섬유보강재의 효과를 평가하기 위한 섬유를 체적비로 0.2 % 적용하였다. 나프탈렌계 유동화제는 배합시 유동성을 확보하기 위하여 적용하였다.

Table 5 Mix proportions of fiber reinforced lightweight porous concrete

Type of mix		Unit weight (kg/m^3)						
		Cement	BFS	Hwang-toh	Water	BFS agg.	PVA fiber	Admixture
No. 1	Plain	322.50	-	-	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	322.50	-	-	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 2	Plain	225.75	96.75	-	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	225.75	96.75	-	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 3	Plain	161.25	161.25	-	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	161.25	161.25	-	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 4	Plain	258.00	-	64.50	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	258.00	-	64.50	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 5	Plain	161.25	96.75	64.50	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	161.25	96.75	64.50	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 6	Plain	96.75	161.25	64.50	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	96.75	161.25	64.50	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 7	Plain	225.70	-	96.75	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	225.70	-	96.75	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 8	Plain	128.95	96.75	96.75	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	128.95	96.75	96.75	81.50	1450.00	2.52	3.225
No. 9	Plain	64.45	161.25	96.75	81.50	1450.00	0.00	3.225
	Fiber	64.45	161.25	96.75	81.50	1450.00	2.52	3.225

3. 실험방법

가. pH

다공성 황토 콘크리트의 pH를 측정하기 위하여 KS M 0011에 방법을 적용하였다. 시험은 직경 100 mm, 높이 200 mm 원주형 공시체를 제작하여 재령 28일 동안 양생한 다음 상부에서 60 ml의 증류수를 산포하여 하부에 흘러나온 증류수의 pH를 측정하였다.

나. 공극률

다공성 황토 콘크리트의 고로슬래그 굵은 골재 및 시멘트 대체 재료로 고로슬래그 미분말, 황토의 대체율 및 폴리비닐알코올섬유의 혼입 유무에 따른 공극률을 측정하기 위하여 직경 100 mm, 높이 200 mm인 원주형 시험체를 일본콘크리트 공업협회 에코콘크리트 연구위원회의 포러스콘크리트의 공극률 시험방법(안) 중 용적법에 준하여 실시하였으며 재령 28일에 식 (1)을 이용하여 산출하였다.

$$P_o = 1 - \frac{W_2 - W_1}{V} \times 100 \qquad (1)$$

Where, P_o : Void ratio of concrete (%)
W_1 : Wet weight of specimen (g)
W_2 : Air dry weight of specimen (g)
V : Volume of specimen (m^3)

다. 단위용적중량시험 방법

다공성 황토 콘크리트의 고로슬래그 굵은 골재, 고로슬래그, 황토 및 폴리비닐알코올섬유의 혼입에 따른 단위용적중량을 측정하기위하여 KS F 2462 구조용 경량콘크리트의 단위중량시험방법에 따라 실시하였다.

라. 압축강도

다공성 황토 콘크리트의 시멘트를 황토 및 고로슬래그로 대체 및 섬유의 혼입여부에 따른 강도특성을 평가하기 위하여 KS F 2405에 따른 압축강도 시험을 실시하였다. 실험은 직경 100 mm, 높이 200 mm의 공시체를 제작한 후 24시간 동안 23±2 ℃, 상대습도 약 58 %에서 초기 양생을 실시한 후에 탈형하여 23±2 ℃의 양생실에서 28일 수중양생을 실시한 후 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. pH

본 연구에서는 고로슬래그 골재와 고로슬래그 및 황토를 적용하였을 때 pH의 영향을 평가하였다. pH 시험결과는 Fig. 3, Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. 다공성 황토 콘크리트의 pH 값은 7~11까지 다양한 결과를 보여주고 있다. 친수성 PVA섬유의 첨가여부는 섬유보강 다공성 경량 콘크리트의 pH에 큰 영향을 미치지 않았다. 이와 같은 결과는 섬유의 첨가는 pH의 변화를 이끌 수 있는 화학적 성분 특성이 없기 때문이다. 또한 황토 및 고로슬래그의 시멘트의 치환역시 치환율에 따른 pH의 변화 기준 배합에 비하여 약간씩 감소 결과를 나타내었다. 그러나 큰 차이는 아니었다. 이와 같은 결과는 기준 배합이 고로슬래그 골재를 사용하고 있고 상대적으로 고로슬래그 골재의 양이 많기 때문에 상대적으로 고로슬래그 및 황토의 치환은 pH에 영향을 미칠 정도는 아니었다.

2. 공극률

본 연구에서는 고로슬래그 굵은 골재, 고로슬래그, 황토, 친수성 폴리비닐알코올 섬유 등이 다공성 황토 콘크리트의 공극률에 미치는 영향을 평가하였다. 공극률시험결과는 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8 및 Fig. 9에 나타냈다. 시험결과 섬유의 첨가는 공극률을 감소시키는 결과를 보여주고 있다. 일반적으로 섬유의 첨가는 유동성을 감소시켜 다공성 콘크리트의 공시체 제작 시 시멘트 페이스트 및 모르타르의 흐름을 방지하여 공극률을 증가시키는 경향이 있지만 본 연구에서는 시멘트의 사용량 감소에 따른 결합력 약화로 강도감소의 가능성이 높아 폴리비닐알코올섬유의 혼입률을 증가시켜 가교효과 (bridging effect)를 통한 파괴를 억제하고자 폴리비닐알코올섬유를 체적비로 0.2 %를 적용하였다. 따라서 섬유의 첨가량이 크기 때문에 공극을 가로 지르는 가교효과가 콘크리트의 인성 등을 증가시키는 데는 효과적이지만 반대로 다공성 콘크리트의 경우 공극을 차지하는 효과도 있기 때문에 공극률의 감소를 초래하였다. 고로슬래그의 치환율에 따른 공극률 시험결과는 고로슬래그의 치환율이 증가할수록 공극률이 증가하는 것으로 나타나고 있다. 즉 시멘트를

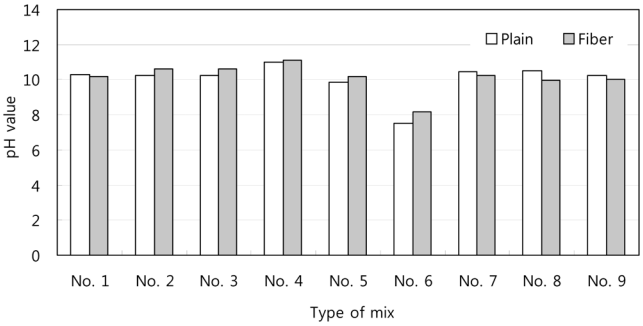

Fig. 3 pH with hydrophilic polyvinyl alcohol fiber content

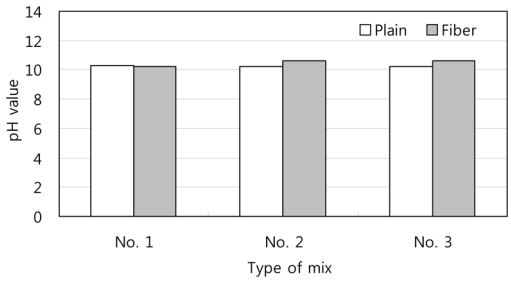

Fig. 4 pH with blast furnace slag content

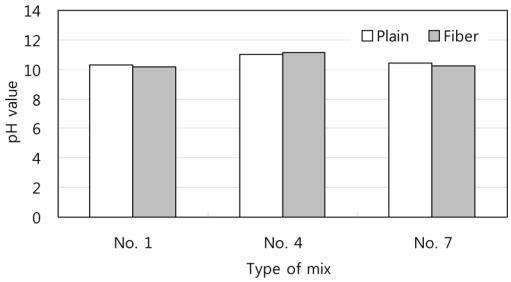

Fig. 5 pH with hwang-toh content

사용할 때 보다는 고로슬래그를 사용하는 것이 공극률 증가에 효과적이라는 것을 알 수 있다. 황토의 사용량에 따른 공극률의 변화를 보면 일정량 까지는 황토를 치환하면 공극률은 증가

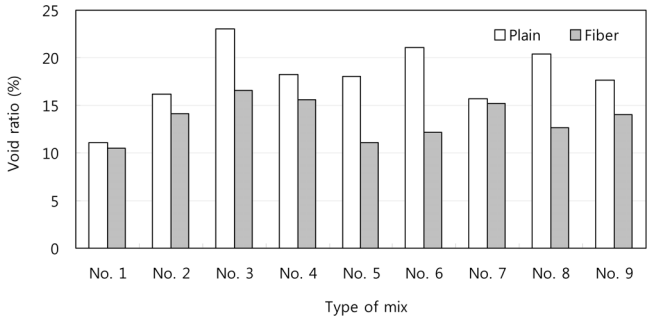

Fig. 6 Void ratio with hydrophilic polyvinyl alcohol fiber content

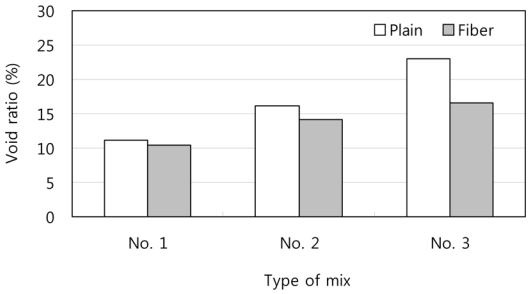

Fig. 7 Void ratio with blast furnace slag content

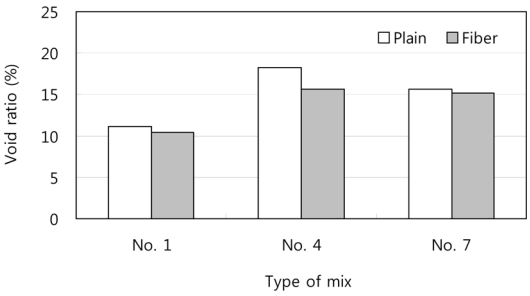

Fig. 8 Void ratio with hwang-toh content

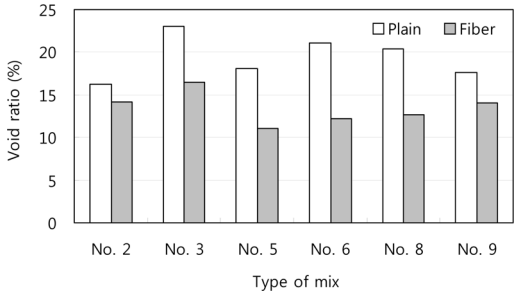

Fig. 9 Void ratio with hwang-toh and blast furnace slag contents

하지만 그 이후에는 공극률이 감소하는 결과를 보여주고 있다. 고로슬래그 및 황토의 치환율에 따른 공극률 시험결과를 살펴보면 동일한 고로슬래그 치환율에서는 황토치환율이 증가할수록 공극률이 약간씩 증가하지만 큰 차이는 나타나지 않았다 (No. 5와 No. 8 및 No. 6과 No. 9). 그러나 황토 치환율이 일정할 때 고로슬래그 치환율이 증가하면 공극률은 증가하는 경향을 나타내었다 (No. 5와 No. 6 및 No. 8과 No. 9). 따라서 다공성 황토 콘크리트의 공극률은 황토보다는 고로슬래그의 치환율에 더 큰 영향을 받는 것으로 보인다. 그러나 시험결과 모두가 공극률이 크지 않은 결과를 보여주었는데 이와 같은 결과는 본 연구에서 적용한 고로슬래그 골재의 최대크기는 25 mm이지만 상대적으로 입도가 작은 골재가 다수 포함되어 있기 때문이다 (Fig. 1). 따라서 공극률을 전체적으로 증가시키려면 입도에 보정이 필요하다.

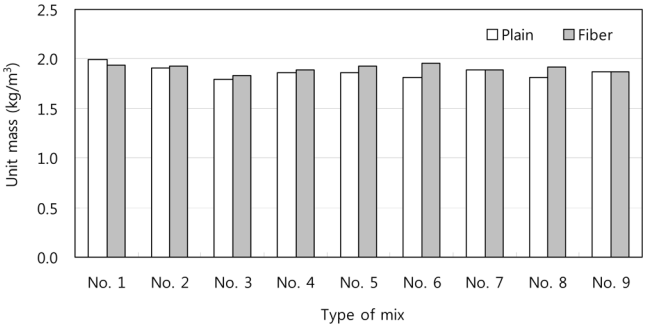

Fig. 10 Unit mass with hydrophilic polyvinyl alcohol fiber content

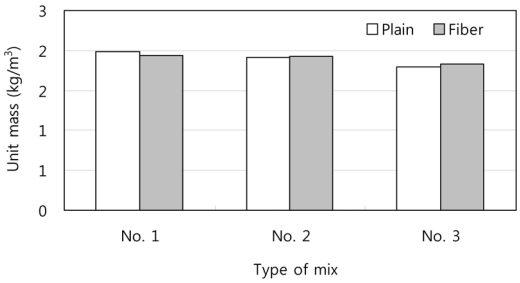

Fig. 11 Unit mass with blast furnace slag content

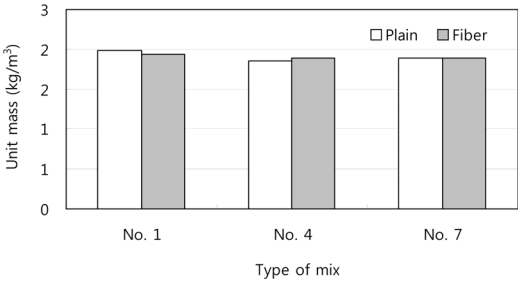

Fig. 12 Unit mass with hwang-toh content

3. 단위 질량

다공성 황토 콘크리트의 고로슬래그 골재, 고로슬래그 미분말, 황토, 폴리비닐알코올섬유의 사용에 따른 단위중량 시험결과는 Fig. 10～Fig. 12와 같다. 시험결과 단위질량은 모든 배합이 2.0 kg/m^3 이하로 나타났다. 폴리비닐알코올섬유의 첨가유무는 단위질량에 큰 영향을 미치지 않았다. 이와 같은 결과는 섬유는 추가적으로 포함되는 재료이나 비중이 작고, 첨가량도 0.2 % 정도이기 때문에 단위 질량의 변화에는 영향을 미치지 않은 것으로 보인다. 고로슬래그 치환율에 따른 단위중량 시험결과를 살펴보면 고로슬래그의 치환율이 증가할수록 단위질량은 작아졌다. 이와 같은 결과는 고로슬래그의 비중이 시멘트보다 작기 때문에 동일한 양을 첨가하면 중량이 작아지는 효과가 있기 때문이다. 또한 황토의 치환율 증가도 시멘트의 사용량 감소를 가져와 비중이 작은 황토의 사용으로 단위질량이 작아지는 효과를 얻을 수 있었다. 고로슬래그 골재 및 황토의 치환율에 따른 단위질량은 치환율이 증가할수록 약간씩 감소하는 효과를 얻을 수 있다. 그러나 전체 다공성 황토 콘크리트에서 고로슬래그 골재가 차지하는 전체 체적이 크기 때문에 황토 및 고로슬래그 미분말의 치환에 따른 효과가 크게 나타나지는 않았다.

4. 압축강도

고로슬래그, 황토, 보강섬유의 사용유무에 따른 압축강도시험을 실시하였다. 재령 28일 압축강도시험결과는 Fig. 13～16과 같다. 폴리비닐알코올섬유의 첨가에 따른 압축강도 시험결과를 살펴보면 섬유를 첨가하는 경우가 강도가 우수하였다. 이는 섬유가 다공성 황토 콘크리트의 파괴를 섬유의 가교 작용을 통하여 억제하고 있음을 나타낸다. 특히 폴리비닐알코올섬유는 친수성 섬유이기 때문에 부착력이 우수하여 쉽게 파괴되는 것을 허용하지 않기 때문에 강도의 증가효과가 나타났다. 고로슬래그 치환율에 따른 압축강도 시험결과를 살펴보면 치환율이 증가할수록 강도는 감소하는 경향을 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 고로슬래그의 치환율이 25 %와 50 %로 상대적으로 크고, 유사 포졸란 반응을 통하여 수화열의 발생을 지연시킴으로서 재령 28일까지는 충분한 강도의 발현이 되지 않은 결과로 보인다. 황토의 치환율에 따른 압축강도시험결과를 살펴보면 황토 사용량이 64.50 kg/m^{3}인 No. 4까지는 강도의 차이가 크지 않았으나 황토의 사용량이 96.75 kg/m^{3}으로 증가하면 강도의 감소가 약간 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그러나 고로슬래그의 치환율에 따른 강도 감소와 비교해 보면 상대적으로 크지 않았다. 고로슬래그 및 황토의 치환율에 따른 압축강도시험결

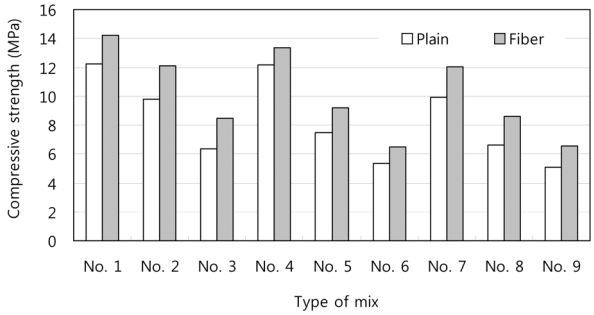

Fig. 13 Compressive strength with hydrophilic polyvinyl alcohol fiber content

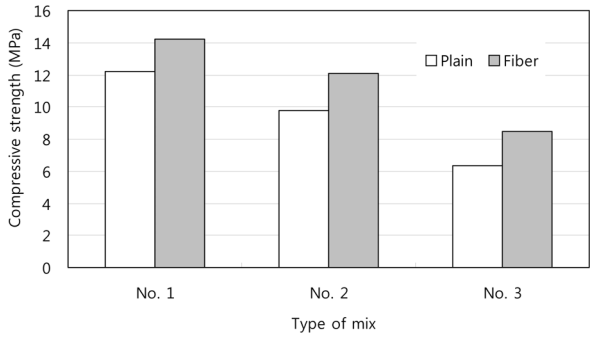

Fig. 14 Compressive strength with blast furnace slag content

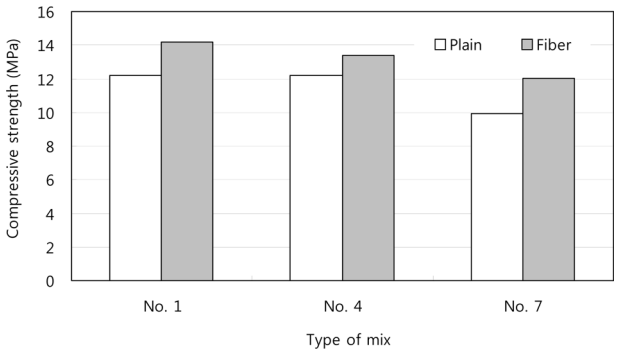

Fig. 15 Compressive strength with hwang-toh content

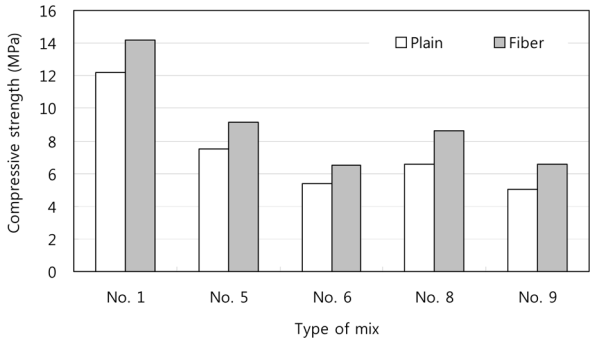

Fig. 16 Compressive strength with blast furnace slag and hwang-toh contents

과를 살펴보면 동일한 고로슬래그 양에서 황토치환율을 증가시켰을 때는 강도의 감소가 크지 않았다 (No. 5와 No. 8, No. 6과 No. 9). 그러나 동일한 황토 치환율에서 고로슬래그의 양이 증가하면 강도의 감소가 상대적으로 약간 크게 나타났다 (No. 5와 No. 6, No. 8과 No. 9). 따라서 강도에 영향은 고로슬래그의 치환율이 더 큰 것으로 보인다.

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 산업부산물인 고로슬래그 골재, 고로슬래그와 친환경재료로 최근 사용이 증가하고 있는 황토 및 친수성 폴리비닐알코올섬유를 이용하여 다공성 콘크리트에 미치는 물리·역학적 특성에 대한 연구를 실시하였다. 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 고로슬래그 골재를 사용한 다공성 콘크리트의 pH 시험결과 7～11정도의 값을 보여주었으며, 친수성 섬유의 첨가, 고로슬래그, 황토에 첨가에 의해서는 큰 영향을 받지 않았다. 이는 이미 고로슬래그 골재가 다른 재료보다 콘크리트 배합에서 차지하는 체적이 커 pH 값에 영향을 미쳤기 때문에 다른 재료의 첨가는 큰 영향을 미치지 못하였다.

2. 고로슬래그 골재를 사용한 다공성 콘크리트의 공극률 시험결과 섬유의 첨가는 공극률을 감소시키는 결과를 나타냈다. 이와 같은 결과는 섬유의 사용량이 체적의 0.2 %로 많은 양이 혼입되어 공극을 부분적으로 가로 질러 위치하기 때문에 나타난 결과이다. 고로슬래그, 황토의 치환율에 따른 영향을 살펴보면 고로슬래그 치환율이 증가할수록 공극률은 증가하였고, 황토의 치환율은 어느 정도까지는 공극률을 증가시키지만 일정량 이상이 되면 공극률이 감소하는 결과를 보여주었다. 따라서 섬유의 혼입률은 공극률과 강도를 고려하여 적정량 사용하는 것이 필요하다.

3. 고로슬래그 골재를 사용한 다공성 콘크리트의 단위질량 시험결과 모든 배합에 1.5～1.95 kg/m^{3}의 단위질량을 나타내었다. 섬유는 큰 영향을 미치지 않았으며, 고로슬래그 및 황토는 시멘트와 비교하여 단위중량이 작기 때문에 다공성 콘크리트의 단위질량을 감소시키는 결과를 나타내었다. 또한 단위질량은 황토와 고로슬래그를 동시에 적용하는 경우가 보다 작게 나타났다.

4. 고로슬래그 골재를 사용한 다공성 콘크리트의 재령 28일 압축강도 시험결과 친수성 폴리비닐알코올섬유가 첨가된 배합이 압축강도가 증가하였고, 고로슬래그를 치환율이 증가할수록 압축강도는 감소하였으며, 황토는 적정량 치환하면 압축강도가 증가하는 결과를 보여주었다. 따라서 시멘트의 사용량을 감소시키기 위하여 고로슬래그 미분말 및 황토의 사용은 강도를 감소시키나 보강섬유의 첨가를 통하여 압축강도를 증가시킬 수 있다.

REFERENCES

1. Choi, H. Y., M. H. Kim., H. Z. Hwang., and S. W. Choi, 2001, Experimental Study on the Properties of Concrete by the Kinds of Admixture and the Replacement Ratios of Activated Hwangtoh, *Journal of the korea concrete institute* 13(2): 123-129 (in Korean).
2. Choi, L., J. C. Kim, 1998, Eco-Concrete, *Magazine of the korea concrete institute*, 10(6): 11-21 (in Korean).
3. Han, S. H., and M. J. Yong, 2009, The future of concrete admixture industry for low carbon, green growth, *Magazine of Concrete Research* 21(4): 41-43 (in Korean).
4. Kim, H. H., S. M., Kang, J. S., Park., S. W. Park., J. H. Jeon., J. H. Lee., S. S., Cha., C. G. Park., 2010, Performance evaluation of porous hwang-toh concrete using blast furnace slag cement, *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 52(3): 9-17 (in Korean).
5. Mun, H. Y., S. J. Jung., and N. K. Lim, 1997, Blast-furnace slag aggregate, *Magazine of the korea concrete institute* 9(6): 18-22 (in Korean).
6. Park, S. B., B. C. Lee., J. H. Kim., and D. Y. Yun, 2002, Planting-ability valuation of porous concrete using industrial by-products, *Journal of the korea concrete institute* 14(4): 623-629 (in Korean).
7. Park, S. B, C. D. Lim, 2000, Concrete for Planting, *Magazine of the korea concrete institute* 12(5): 38-42 (in Korean).
8. Park, J. W., S. M. Kim., K. K. Kim., N. K. Lim., and S. J. Jung, 2001, The experimental study on the property of concrete which used blast furnace slag aggregate, 2001th Proceedings of the Korea Concrete Institute Conference, *Korea Concrete Institute* 13(1): 489-494 (in Korean).
9. Sung, C. Y, and Y. I. Kim, 2002, Experimental study on pH reduction by neutralization treatment and curing methods of porous concrete for planting, *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 44(2):

99-106 (in Korean).

10. Sung, C. Y, and Y. I. Kim, 2003, Experimental study on development of plantable concrete block using rice straw ash and application for inclined plane, *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 45(3): 107-114 (in Korean).
11. Youn, J. N., C. Y. Sung., and Y. I. Kim, 2009, Physical and mechanical properties of porous concrete using waste activated carbon, *Journal of the Korea Society of Agricultural Engineers* 51(1): 21-27 (in Korean).
12. Won, J. P., K. S. Hwang., C. G. Park., and H. G., Park, 2004, Evaluation of Crack Control and Permeability of Hydrophilic PVA Fiber Reinforced Cement Composite, *Journal of the korea concrete institute* 16(3): 391-396 (in Korean).