

하이볼륨 혼화재 경량기포혼합토 콘크리트의 유동성 및 공학적 특성 평가

Evaluation of Flow and Engineering Properties of High-Volume Supplementary Cementitious Materials Lightweight Foam-Soil Concrete

심상우¹ · 양근혁^{2*} · 이경호³ · 윤인구⁴

Sang-Woo Shim¹ · Keun-Hyeok Yang^{2*} · Kyung-Ho Lee³ · In-Gu Yun⁴

(Received September 18, 2014 / Revised September 22, 2014 / Accepted September 25, 2014)

The present study prepared lightweight foam-soil concrete mixtures classified into three groups. Considering the sustainability, workability, and compressive strength development of such concrete, high-volume supplementary cementitious materials (SCMs) were used as follows: 20% cement, 15% fly ash, and 65% ground granulated blast-furnace slag. As main test parameters selected for achieving the compressive strength of 1MPa and dry density of 1,000kg/m³, the unit solid content (dredged soil and binder) ranged between 900 and 1,807 kg/m³, and soil-to-binder ratio varied between 3.0 and 7.0. Test results revealed that the flow of the lightweight foam-soil concrete tended to decrease with the increase of unit soil content. The compressive strength of such concrete increased with the increase with the unit binder content, whereas it decreased as soil-to-binder ratio increased, indicating that the compressive strength can be formulated as a function of its dry density and soil-to-binder ratio.

키워드 : 준설토, 경량기포혼합토 콘크리트, 혼화재, 준설토-결합재 비

Keywords : Dredged soil, Lightweight foam-soil concrete, Supplementary cementitious materials, Soil-to-binder ratio

1. 서론

국내에서 발생되고 있는 준설토 폐기물의 양은 4대강 사업 및 여러 항만공사 등의 개발 사업으로 매년 4,600만m³에 상당하고 있다(Park, 2011). 이 준설토 폐기물은 토질 및 수질 등의 환경오염을 발생시키고 있으며, 이를 처리하기 위해서 정부 및 지자체에서는 매년 상당한 비용의 예산소비가 되고 있는 실정이다(Kim, 2003). 이에 따라 준설토에 의한 환경 및 폐기물 처리비용의 문제점을 해결하기 위해서 건설 산업에서는 이들을 재활용하기 위한 기술개발에 많은 관심과 노력을 기울이고 있다.

기존 준설토를 이용한 재활용기술로 국외에서는 해양환경복원 및 인공서식지 조성, 친환경적인 친수공간 개발, 경량기포혼합토

콘크리트(Lightweight Foam Soil Concrete) 등 다양하게 사용하는 시도를 하고 있다(Kim, 2007). 특히 기포콘크리트에 준설토를 첨가시키는 경량기포혼합토 콘크리트의 기술이 여러 연구자들에 의해 그 활용가능성이 평가되어 현재 지하 매설물 및 구조재의 뒷채움재로서 일부 현장에 적용되고 있다(Kim, 2006). 하지만, 지하 매설물의 뒷채움재에 사용되는 경량기포혼합토 콘크리트는 일반적으로 1MPa 이하의 낮은 압축강도를 가지고 있으며, 지반 내 지하수나 빗물 등의 물이 누수 되거나, 빠져나가는 경우에는 지반이 침하되는 원인이 되고 있다. 또한 경량기포혼합토 콘크리트 제조 시 사용되는 보통포틀랜드시멘트(ordinary portland cement, OPC)는 천연자원인 석회석을 모재로 사용하며 높은 에너지 소비와 CO₂ 배출 문제 등 비교적 지속가능성에 대해 불리하다.

* Corresponding author E-mail: yangkh@kgu.ac.kr

¹경기대학교 건축공학과 (Department of Architectural Engineering, Kyonggi University, Kyonggi-do, 443-760, Korea)

²경기대학교 플랜트-건축공학과 (Department of Plant-Architectural Engineering, Kyonggi University, Kyonggi-do, 443-760, Korea)

³경기대학교 일반대학원 건축공학과 (Department of Architectural Engineering, Kyonggi University Graduate School, Kyonggi-do, 443-760, Korea)

⁴GL기술(주) 대표이사 (GL tech Co., LTD, Gwangju-gwangyeoksi, 500-859, Korea)

본 연구의 목표는 OPC의 사용을 최소화하면서 충분한 압축강도를 발휘 할 수 있는 혼화재(supplementary cementitious materials, SCMs) 다량치환 결합재를 기반으로 경량기포혼합토 콘크리트의 배합을 제시하는 것이다. 경량기포 콘크리트의 플로우 및 압축강도 실험을 통해 혼화재 치환 비율을 결정 하였으며, 준설토-결합재비의 변화 및 절건 밀도의 변화에 따라 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도, 밀도, 슬러리 밀도, 플로우와 침하깊이 등을 측정하였다.

2. 재료 특성 및 배합 상세

2.1 재료특성

본 연구의 결합재로 사용된 OPC, 고로슬래그(ground granulated blast-furnace slag, GGBS) 및 플라이 애쉬(fly ash, FA)의 화학적 조성비를 Table 1에 나타내었다. 원재료(Source material)로 사용된 OPC의 밀도는 3,150kg/m³이며, 비표면적은 3,000cm²/g이다. GGBS 및 FA의 밀도는 각각 2,900 및 2,210kg/m³이며, 비표면적은 각각 4,400cm²/g 및 3,900cm²/g 이다. 사용된 준설토는 밀도가 2,650kg/m³이며, 군산지역의 사질토계열의 준설토를 사용하였다. Fig. 1은 준설토의 입도분포를 나타내고 있으며, 2.5mm에서 14.3%, 1.2mm에서 13.3%, 0.6mm에서 23.1%, 1.2mm에서 13.3%, 0.3mm에서 20.2%, 0.15mm에서 23%의 분포를 보였다. 기포 생성을 위해 사용된 기포제의 밀도는 1,060kg/m³이며, 화학반응도 일으키지 않는 가수분해형 단백질 종류의 동물성 기포제를 사용하였

Table 1. Chemical composition of selected source materials (% by volume)

Materials	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃	LOI*
OPC	19.6	5.1	2.9	62.8	3.9	0.89	0.18	2.5	2.64
FA	57.70	28.60	5.08	4.70	0.67	0.57	1.53	0.68	0.1
GGBS	34.70	13.80	0.11	44.60	4.38	0.48	0.74	0.95	0.24

* Loss on ignition.

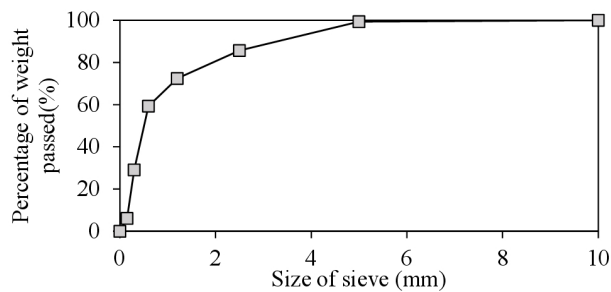


Fig. 1. Particle distribution curves of dredged soil

다. 유동성 확보를 위해 사용된 혼화제는 밀도가 1,090kg/m³이며, 고형분 25%인 폴리카르본산계열이다.

2.2 결합재 선정을 위한 경량기포콘크리트 실험

결합재의 선정을 위해 SCMs의 혼입 비율의 변화에 따라 총 4배합의 경량기포콘크리트 배합실험을 수행하였으며(Table 2), 플로우와 재령별(3, 7 및 28일) 압축강도를 측정하였다. 기포콘크리트 실험의 주요 변수는 SCM의 치환율로 압축강도의 발현을 위해 FA의 혼입율을 15%로 고정하였으며, GGBS의 치환율을 0, 35, 50 및 65%로 변화시켰다. GGBS의 치환율에 따라 OPC의 비율은 85, 50, 35 및 20%로 감소하였다. 실험결과 GGBS의 혼입량이 증가할수록 기포콘크리트의 압축강도는 감소하였으며, 플로우는 증가하였다. 일반적으로 경량기포혼합토 콘크리트는 최소 0.2MPa이상의 압축강도가 요구되며, 항만 매립 및 지하 매설물 뒷 채움재로 사용되기 위해 충전성이 우수해야 한다(Lee, 2006). 충전성 확보를 위해 플로우가 가장 높은 S80 결합재를 경량기포혼합토 콘크리트의 결합재로 선정하였다. 따라서 경량기포혼합토 콘크리트를 위한 결합재는 OPC 20%, FA 15%, GGBS 65%로 구성되었다.

2.3 경량기포혼합토 콘크리트의 배합 상세

경량기포혼합토 콘크리트의 배합상세를 Table 3에 나타내었다. 일반적으로 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도와 밀도는 사용되는 결합재량, 준설토량에 의해 영향을 받는다. 기포의 체적비는 단위결합재량, 물-결합재비(W/B) 그리고 준설토량에 의해 결정이 된다. 경량기포혼합토 콘크리트에서 준설토량과 단위결합재량은 목표 압축강도와 밀도를 달성하기 위해 고려되어야 할 중요한 변수이다. 이에 따라 준설토와 결합재량의 변화 및 준설토-결합재비의 변화를 주요 변수로 설정하였다. 경량기포혼합토 콘크리

Table 2. Details of prepared mixtures and summary of test results for foamed concrete

Specimens	W/B (%)	Binder by weight (%)			Foam (%)	AD* (%)	Flow (mm)	Compressive strength (MPa)		
		OPC	FA	GGBS				3 days	7 days	28 days
S0	32.5	85	15	0	72.2	1.75	180	2.05	3.5	3.56
S50		50		35	70.2		160	1.21	2.19	2.39
S65		35		50	69.8		175	1.34	2.55	2.58
S80		20		65	69.5		225	1.19	1.74	1.82

*Admixture

Table 3. Mixture proportions of lightweight foam-soil concrete

Group	Specimens	Designed foam ratio (%)	W/B (%)	Total amount of binder and dredged soil (kg/m ³)	Unit binder content (kg/m ³)	Composition of binder by weight (%)			Dry density (kg/m ³)	Soil-to-binder ratio	Moisture content of dredged soil (%)
						OPC	FA	GGBS			
I	A 0.7	59	32.5	900	225	20	15	65	700	3	40
	A 1.0	45		1,286	321				1,000		
	A 1.3	24		1,671	418				1,300		
II	B 0.7	61		900	150				700	5	
	B 0.85	53		1,093	182				850		
	B 1.0	45		1,286	214				1,000		
	B 1.15	36		1,479	246				1,150		
	B 1.3	28		1,671	279				1,300		
	C 0.7	62		900	113				700		
C 1.0	45	1,286	161	1,000							
C 1.3	30	1,671	209	1,300							

트의 목표 압축강도는 1 MPa이며, 목표 밀도는 1,000kg/m³이다. 슬러리 밀도는 절건 밀도를 예측할 수 있는 중요한 지표이며, 기포 혼합량에 따라 기포 슬러리 밀도가 변화 한다(Lee, 2014). 따라서 실험 시 기포 혼입량 조절에 대한 주의가 필요하다. 본 실험에서는 배합표로부터 슬러리 밀도를 다음 식 (1)에 의해 예측하였다.

$$S_d = \frac{B_{unit} + W_{unit} + D_{unit} + F_w}{1000} \quad (1)$$

여기서 S_d 는 슬러리 밀도이며, B_{unit} 는 단위 결합재량이며, W_{unit} 는 단위 물량이며, D_{unit} 는 단위 준설토량이며, F_w 는 단위 기포량이다.

식 (1)로부터 목표 밀도에 따라 결정된 준설토와 결합재량은 900~1,671kg/m³ 범위로 선정되었으며, 준설토-결합재 비는 3.0, 5.0 및 7.0이다. 경량기포혼합토 콘크리트의 절건 밀도의 변화 및 준설토-결합재 비의 변화에 따른 경량기포혼합토 콘크리트의 물리적 특성을 분석하기 위해 총 11배합의 실내배합실험을 수행하였으며, 준설토-결합재비에 따라 3가지 그룹으로 분류하였다. 모든 그룹의 변수는 경량혼합토의 밀도이다. 그룹에 따라 준설토-결합재비를 변화시켰으며, 그룹 및 III는 준설토-결합재 비가 각각 3과 7로 절건 밀도의 변화를 위해 결합재와 준설토량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³로 변화하였다. 그룹 II는 준설토-결합재비가 5이며, 결합재와 준설토량을 900, 1,093, 1,286, 1,479 및 1,671kg/m³로 변화하였다. 낮은 물-결합재비 및 준설토의 함수량에 따라 배합 시 기포가 소포될 수 있으므로(Kim, 2012), 모든 배합의 W/B는 및 준설토의 함수량은 각각 32.5% 및 40%로 고정하였다. 또한 유동성

확보를 위해 모든 배합에서 혼화제는 결합재 대비 1.75 % 첨가하였다.

2.4 실험방법 및 측정항목

경량기포콘크리트의 배합방법 중 선기포방식을 사용하였고, 기포제는 2.5%비율로 물과 희석하여 사용하였다. 경량기포혼합토 콘크리트의 배합실험은 결합재와 물을 섞어 페이스트를 제조 후 함수율 40%의 준설토를 혼입하여 결합재와 준설토의 혼합슬러리를 생성하였다. 여기에 기포발생기를 통해 생성시킨 기포를 혼입하여 경량기포혼합토 콘크리트를 생성하였다(Lee, 2014). 경량기포혼합토 콘크리트는 정형화된 국내 규격이 없기 때문에 비슷한 경량기포콘크리트 KS F4039의 규격에 준하여 굳지 않은 콘크리트에서 슬러리 밀도, 플로우 및 침하깊이를 측정하였으며, 굳은 콘크리트에서 절건 밀도 및 재령별(3, 7 및 28일) 압축강도를 측정하였다. 배합 시 경량기포혼합토 콘크리트의 절건 밀도를 예측하기 위해 슬러리 밀도와 절건 밀도의 관계를 분석하였으며, 압축강도의 예측하기 위해 절건 밀도와 압축강도의 관계를 분석하였다. 절건 밀도 측정을 위한 경량기포혼합토 콘크리트는 재령 3일 후 몰드를 탈형하여 재령 28일까지 수중 양생하였고, 압축강도를 측정하기 위한 경량기포혼합토 콘크리트는 재령 28일까지 20℃, 습도 60%의 항온·항습환경에서 양생을 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 유동성

Fig. 2 및 Fig. 3에서는 경량기포혼합토 콘크리트의 플로우의

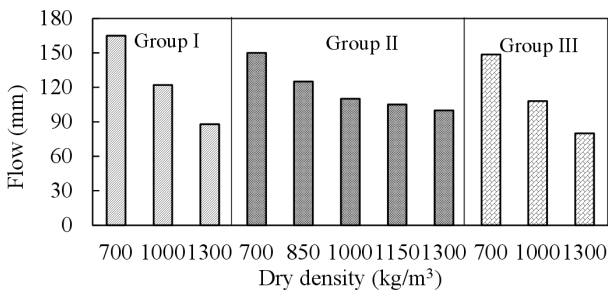


Fig. 2. Effect of dry density on flow of concrete specimens.

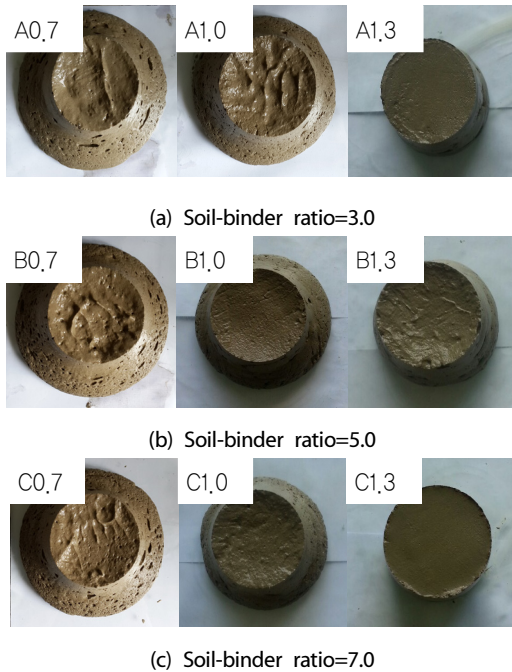


Fig 3. Flow tests for concrete specimens

실험결과 및 측정 사진을 각각 나타내었다(Table 4). 모든 그룹의 플로우는 결합재량과 준설토 총량이 증가함에 따라 감소하였으며, 준설토-결합재비가 3.0이고 준설토-결합재 총량이 900, 1,285 및 1,671kg/m³일 때 각각 165, 122 및 88mm로 준설토-결합재 총량이 380kg/m³씩 증가 할 때 플로우는 약 40mm씩 감소하였다. 준설토-결합재비가 5.0이고 준설토-결합재 총량이 900, 1,092, 1,285, 1,478 및 1,671kg/m³일 때 각각 150, 125, 110, 105 및 100mm로 준설토-결합재 총량이 190kg/m³씩 증가 할 때 플로우는 25, 15 및 5mm씩 감소하였다. 준설토-결합재비가 7.0이고 준설토-결합재 총량이 900, 1,285 및 1,671kg/m³일 때 각각 148, 108 및 80mm로 준설토-결합재 총량이 380kg/m³씩 증가 할 때 플로우는 각각 40 및 28mm씩 감소하였다. 이는 경량기포 혼합토의 슬러리 밀도가 증가함에 슬러리의 점도가 높아져서 플로우가 감소하였기 때문이며(Lee, 2010), 준설토-결합재의 비에 따른 영향은 미미한 것으로 나타났다.

3.2 슬러리 밀도

준설토-결합재비가 3.0인 슬러리 밀도는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³일 때 각각 990, 1,380 및 1,770kg/m³로 나타났으며, 준설토-결합재량이 380kg/m³ 증가함에 따라 슬러리 밀도의 증가율은 약 140%로 크게 상승하였다(Table 4). 준설토-결합재비가 5.0인 슬러리 밀도는 준설토-결합재량이 900, 1,092, 1,286, 1,478 및 1,671kg/m³일 때 각각 960, 1,220, 1,370, 1,600 및 1,700kg/m³로 나타났으며, 준설토-결합재비가 7.0인 슬러리 밀도는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³일 때 각각 970, 1,340 및 1,720kg/m³로 나타났다(Table 4). 준설토-결합재량

Table 4. Summary of test results for prepared lightweight foam-soil concrete specimens

Group	Specimens	Designed slurry density (kg/m ³)	Defomed depth (mm)	Slurry density (kg/m ³)	Flow (mm)	Dry density (kg/m ³)	Compressive strength (MPa)		
							3 days	7 days	28 days
I	A 0.70	970	2	990	165	710	0.205	0.372	0.357
	A 1.00	1,390	4	1,380	122	1,110	0.35	1.61	1.45
	A 1.30	1,810	4	1,770	88	1,360	1.38	4.08	4.14
II	B 0.70	950	2	960	150	680	0.178	0.251	0.270
	B 0.85	1,150	4	1,220	125	890	0.290	0.460	0.340
	B 1.00	1,360	4	1,370	110	1,000	0.49	0.81	0.520
	B 1.15	1,560	4	1,600	105	1,190	0.71	1.35	1.41
	B 1:30	1,760	4	1,700	100	1,300	1.12	2.24	2.09
	C 0.70	940	2	970	148.5	750	0.153	0.155	0.167
III	C 1.00	1,340	4	1,340	108	1,030	0.79	0.89	0.83
	C 1.30	1,740	4	1,720	80	1,310	0.87	1.44	1.22

이 380kg/m³ 증가함에 따라 슬러리 밀도의 증가율은 약 120%로 크게 상승하였다. 슬러리 밀도는 준설토-결합재량 및 이들 비율에 따라 중요하게 영향을 받았다.

3.3 침하깊이

준설토-결합재비가 3.0인 침하깊이는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³일 때 2~4mm로 나타났으며, 준설토-결합재비가 5.0인 침하깊이는 준설토-결합재량이 900, 1,092, 1,286, 1,478 및 1,671kg/m³일 때 2~4mm로 나타났다(Table 4). 준설토-결합재비가 7.0인 침하깊이는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³일 때 2~4mm로 나타났다(Table 4). 준설토-결합재량의 증가로 침하깊이가 증가하는 구간도 있었지만, 준설토-결합재량이 일정량 이상이 되면 침하깊이는 증가하지 않았다. 모든 배합에서 경량기포혼합토 콘크리트는 KS F 4039의 규격의 0.6품에 해당하며, 0.6품의 기준인 6mm이하를 만족한다.

3.4 압축강도

Fig. 4에는 준설토-결합재비의 변화에 따른 경량기포혼합토 콘크리트의 재령별 압축강도의 결과를 각각 나타내었다. 모든 배합에서 낮은 준설토-결합재량일 때 재령의 증가에 따른 압축강도의 증진효과는 미미하였지만, 준설토-결합재량이 증가함에 따라 재령의 증가에 따른 압축강도는 큰 폭으로 증가하였다. 동일한 준설토-결합재 량에서 준설토-결합재의 비가 3, 5 및 7로 증가할수록 압축강도는 약 30% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 경량기포 혼합토 콘크리트의 압축강도는 모든 배합에서 재령 7일 까지 증가 하였으며, 이후 더 이상 증가하지 않거나 소폭 감소하는 경향을 나타내었다(Table 4).

준설토-결합재비가 3.0인 재령 28일 기준 압축강도는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³일 때 각각 0.36, 1.45 및 4.14 MPa로 나타났으며, 준설토-결합재량이 380kg/m³ 증가함에 따라 압축강도의 증가율은 각각 약 400% 및 285%로 크게 상승하였다. 준설토-결합재 비가 5.0인 재령 28일 기준 압축강도는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³일 때 각각 0.27, 0.52 및 2.09 MPa로 나타났으며, 준설토-결합재량이 380kg/m³ 증가 함에 따라 압축강도의 증가율은 각각 약 192% 및 400%로 크게 상승하였다. 준설토-결합재비가 7.0인 재령 28일 기준 압축강도는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³일 때 각각 0.17, 0.83 및 1.22 MPa로 나타났으며, 준설토-결합재량이 380kg/m³ 증가함에 따라 압축강도의 증가율은 각각 약 480% 및 145%로 크게

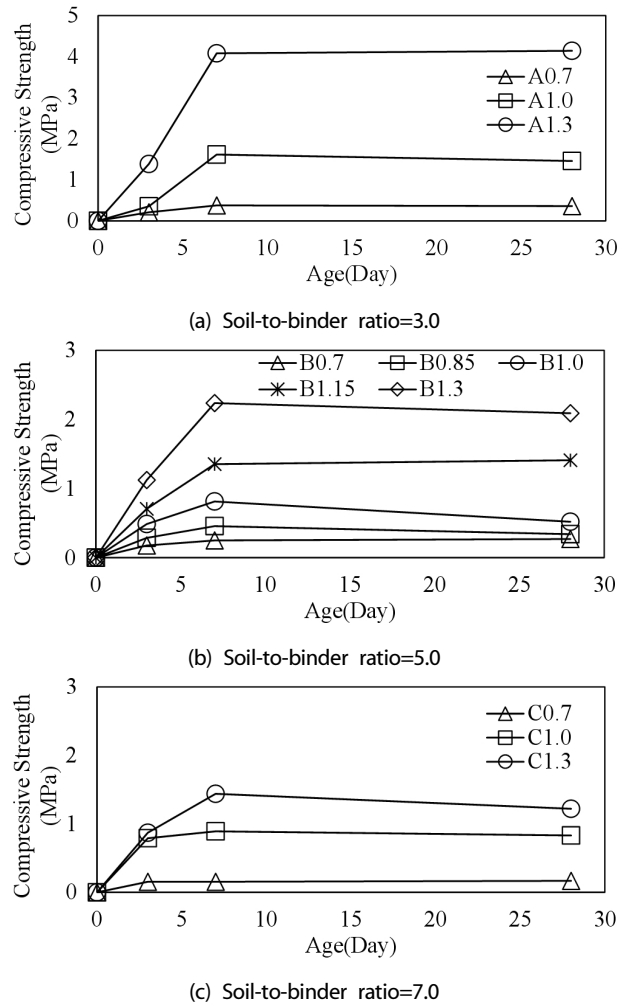


Fig. 4. Compressive strength development of concrete specimens
상승하였다.

3.5 절건 밀도

Fig. 5에는 준설토-결합재비의 변화에 따른 경량기포혼합토 콘크리트 절건 밀도를 각각 나타내었다. 준설토-결합재 비가 3.0인 밀도는 준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³ 일 때 각각 710, 1,110 및 1,360kg/m³으로 나타났으며, 준설토-결합재량이 380kg/m³ 증가함에 따라 절건 밀도의 증가율은 약 135%로 크게 상승하였다(Table 4). 준설토-결합재비가 5.0인 절건 밀도는 준설토-결합재량이 900, 1,092, 1,286, 1,478 및 1,671kg/m³일 때 각각 680, 890, 1,000, 1,190 및 1,300kg/m³로 나타났으며, 준설토-결합재량이 190kg/m³ 증가함에 따라 절건 밀도의 증가율은 120%로 크게 상승하였다(Table 4). 준설토-결합재비가 7.0인 절건 밀도는

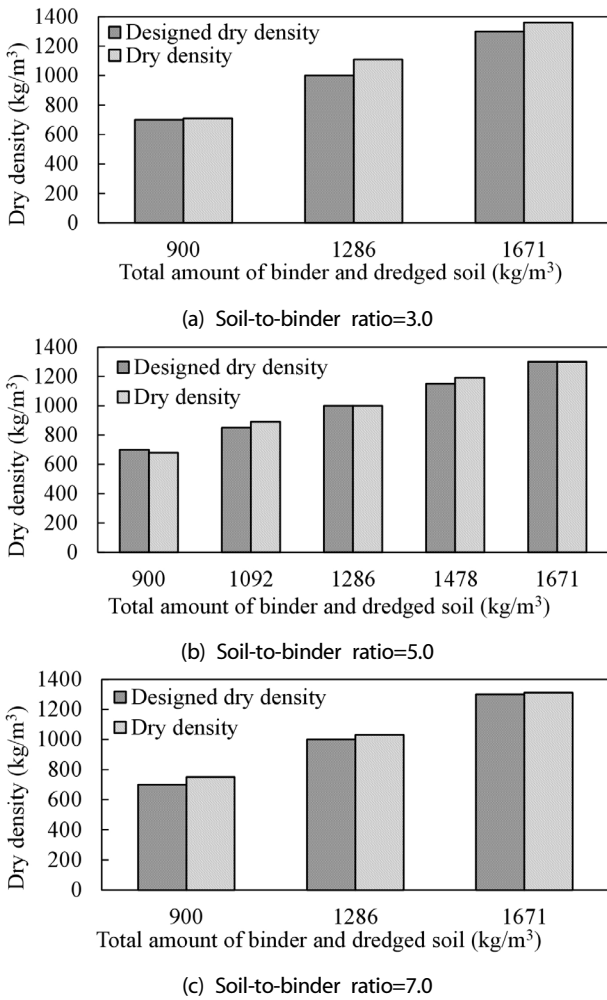


Fig. 5. Dry density of concrete specimens

준설토-결합재량이 900, 1,286 및 1,671kg/m³ 일 때 각각 750, 1,030 및 1,310kg/m³로 나타났으며, 준설토-결합재량이 380kg/m³ 증가함에 따라 절건 밀도의 증가율은 약 130%로 크게 상승하였다 (Table 4).

3.6 슬러리 밀도와 절건 밀도의 관계

경량기포콘크리트에서 슬러리 밀도는 절건 밀도를 예측할 수 있는 중요한 지표로 사용되고 있으며(Hwang, 2010), 실험결과 경량기포혼합토 콘크리트의 슬러리 밀도 또한 경량기포혼합토 콘크리트의 절건 밀도를 예측할 수 있었다. Fig. 6에는 경량기포혼합토 콘크리트의 슬러리 밀도와 절건 밀도의 관계를 나타내었으며, 경량기포혼합토 콘크리트의 슬러리 밀도가 증가함에 따라 절건 밀도는 비선형으로 증가하였다. 경량기포혼합토 콘크리트의 슬러리 밀

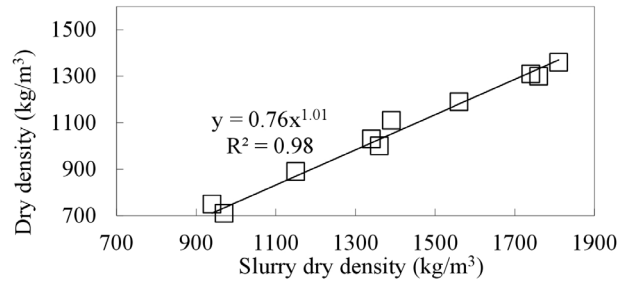


Fig. 6. Relationship of slurry dry density and dry density

도와 절건 밀도의 관계를 회귀분석한 결과 상관계수는 0.96으로 나타났으며, 경량기포혼합토 콘크리트의 절건 밀도는 슬러리 밀도의 함수로 다음과 같이 예측 할 수 있었다.

$$\rho_c = 0.76(S_d)^{1.01} \quad (2)$$

여기서, ρ_c 는 밀도(kg/m³)이며, S_d 는 슬러리 밀도(kg/m³)이다.

3.7 압축강도와 절건 밀도의 관계

Fig. 7에는 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도와 절건 밀도의 관계를 나타내었다. 모든 배합에서 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도는 절건 밀도가 증가할수록 비선형으로 증가하였으며, 준설토-결합재의 비가 낮아질수록 압축강도의 증가율은 크게 나타났다. 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도와 절건 밀도의 관계를 회귀분석결과 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도는 절건 밀도와 준설토-결합재비의 영향을 크게 받았으며, 식(3) 및 (4)와 같이 절건 밀도 및 준설토-결합재 비의 함수로 예측할 수 있었다.

$$f_{ck} = A_1 \left(\frac{\rho_c}{\rho_o} \right)^{3.5} \quad (3)$$

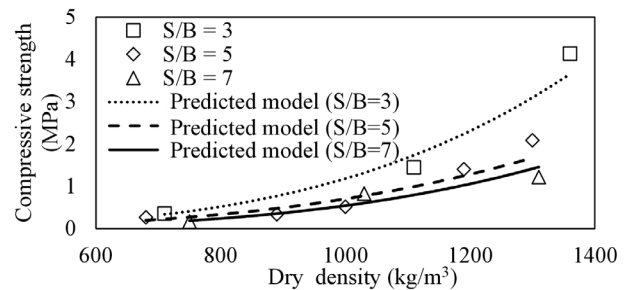


Fig. 7. Relationship of specific gravity and compressive strength

$$A_1 = 3.23(S/B)^{0.93} \quad (4)$$

여기서, f_{ck} 는 경량기포혼합토 콘크리트의 재령28일 압축강도, A_1 는 준설토-결합재비에 대한 상수 값, $\rho_o(= 1,000\text{kg/m}^3)$ 은 절건 밀도에 대한 참고 값이며, S/B 는 준설토-결합재비이다.

4. 결론

1. 경량기포혼합토 콘크리트의 유동성 및 압축강도를 고려하면 혼화재 다량치환 결합재는 OPC 20%, FA 15%, GGBS 65%가 적합한 것으로 나타났다.
2. 경량기포혼합토 콘크리트의 슬러리 밀도는 단위 결합재량, 단위준설토량, 단위수량 및 단위 기포량의 합을 통해 예측할 수 있었다.
3. 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도는 슬러리 밀도 및 절건 밀도가 증가할수록 증가하였으며, 준설토-결합재 비가 낮을 수록 압축강도의 증가율은 크게 나타났다.
4. 본 연구의 혼화재 다량 치환한 결합재를 사용하여 압축강도 1 MPa, 절건 밀도 1,000kg/m³수준의 목표 성능을 만족시키기 위해서는 W/B= 32.5% 및 준설토 함유율 40%일 때 S/B는 3.00이며, 준설토-결합재량은 약 1,280kg/m³이다.

감사의 글

본 연구는 2014년 (주)해평선 기술연구소의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

References

Park, J.B., Lee, G.H., Woo, H.S., Lee, J.W., (2011). Problems of Disposal of Dredged Material and Increasement of Recycling, Korean Society of Civil Engineers, **59(3)**, 65-74

[in Korean].
 Kim, Z.C., Kim B.T., Yoon, G.L., Seo, I.S. (2003). Axial strain - Volumetric strain Relationship of Light-Weighted Foam Soil, Korean Geotechnical Society, **19(3)**, 853-860 [in Korean].
 Kim, Y.T., Han, W.J., Jung, D.H., (2007). Development of Composite Geo-Material for Recycling Dredged Soil and Bottom Ash, Korean Geotechnical Society, **23(11)**, 77-85 [in Korean].
 Kim, Y.T., K, H.J., Kwon, Y.K., (2006). Compressive Strength Characteristics of Cement Mixing Lightweight Soil For Recycling of Dredged Soil in Nakdong River Estuary, The Korean Society of Ocean Engineers, **20(1)**, 7-15 [in Korean].
 Lee, K.H., Park, J.H., (2006). Evaluation of Construction Operation and Design Properties of CLSM for Corrugated Pipe in Underground, Korean Society of Road Engineers, **8(2)**, 63-74 [in Korean].
 Kim, S.J., (2012). Utilizing a dredged material of the concrete mixture for mix design as the basis for performance evaluation, Kyeongnam National University.
 Lee, K.H., (2014). Development of mixture proportioning model for low-density high-strength foamed concrete, Kyonggi University.
 Lee, Y.J., Kim, S.W., Park, L.K., Kim, T.H., (2010). Compression and Tensile Characteristics of Lightweight Air-Trapped Soil, Korean Geotechnical Society, **26(9)**, 59-69 [in Korean].
 Hwang, J.H, Ahn, Y.K., Kim, T.H., (2010). Effect of Water on the Lightweight Air-Mixed Soil Containing Silt Used for Road Embankment, Korean Geotechnical Society, **26(2)**, 23-32 [in Korean].
 KS F 4039(2009), KS F 2459(2012), KS F 2502(2010). Korean Industrial Standard: Testing Concrete, Korea Industrial standards.

하이볼륨 혼화재 경량기포혼합토 콘크리트의 유동성 및 공학적 특성 평가

본 연구에서는 항만매립 및 지하매설물 뒷채움재로 사용할 수 있는 혼화재를 다량 치환한 경량기포혼합토 콘크리트의 특성을 평가하기 위해 3개의 그룹으로 나누어 실험하였다. 경량기포혼합토 콘크리트의 지속가능성, 유동성 및 압축강도 발현을 고려하여 선택한 결합재는 20%의 보통보틀랜트시멘트와 15%의 플라이 애쉬 65%의 고로슬래그이다. 목표 압축강도 1 MPa와 절건 밀도 1,000kg/m³을 고려하여 선택한 주요 실험변수로서 단위 고체량 (준설토와 결합재)은 900kg/m³에서 1,807kg/m³까지 증가하였고, 준설토-결합재비는 3.0, 5.0 및 7.0이었다. 실험결과 혼화재를 다량 치환한 경량기포혼합토 콘크리트의 플로우와 준설토와 결합재량이 증가하면 감소하였다. 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도는 준설토와 결합재량이 증가하면 증가하는 반면, 준설토-결합재비가 증가하면 감소하였다. 결과적으로 경량기포혼합토 콘크리트의 압축강도는 밀도와 준설토-결합재 비의 함수로 제시될 수 있었다.