

친환경 식생블록 개발을 위한 기초연구

Basic Study on Development of Eco-Friendly Vegetation-Block

허 열¹⁾ · 오 세 옥²⁾ · 방 성 택[†]

Yol Heo · Sewook Oh · Seongtaek Bang

Received: January 29th, 2014; Revised: February 19th, 2014; Accepted: March 17th, 2014

ABSTRACT : With a view to resolving environmental problems of hazardous cement, this study seeks to identify the unconfined compressive strength and bending strength of the vegetation block designed herein by utilizing high-strength natural soil stabilizer instead of cement. Soil stabilizer is mainly made of mixture of short fiber extracted from natural fiber and lime, etc. Soil stabilizer reinforces the shearing strength of soil to improve block supportive power and durability while preventing flood and frost damages. For the unconfined compressive strength test, test pieces were prepared by mixing soil stabilizer and weathered soil in different ratios of 6 %, 12 % and 18 %. Experiments were carried out according to curing periods of 5th, 7th, 14th and 28th of the day. For bending strength test, blocks were made in the same mixture ratios as for the unconfined compressive test and tested for each stage. Also, to evaluate for the field applicability, proposed optimum water content considering the characteristics of the soil stabilizer. Permeability test result for the vegetation block, satisfied by the KS F 4419 quality standards.

Keywords : Soil stabilizer, Eco-Friendly vegetation block, Unconfined compressive strength, Bending strength

요 지 : 본 연구에서는 시멘트의 유해성을 극복하기 위하여 시멘트 대신에 친환경 토양안정재를 사용한 식생블록을 제작하여 압축강도 및 휨강도 특성을 규명하였다. 식생블록 제작에 사용된 토양안정재는 천연섬유에서 추출한 단섬유와 석회 등을 주원료로 하며 흙의 전단강도를 증가시켜 블록의 내구성을 향상시키면서 식생을 가능하게 하는 특징을 가지고 있다. 일축압축강도 시험을 위한 공시체는 토양안정재와 화강풍화토를 혼합하여 제작하였으며, 토양안정재는 혼합토의 중량대비 6 %, 12 %, 18 %로 변화시켜 물과 교반하였다. 공시체는 공기 중에서 건조하여 각각 5일, 7일, 14일, 28일간 양생시키고 일축압축강도 시험을 수행하였다. 휨강도 시험은 일축압축강도 시험과 동일한 조건으로 블록을 제작하여 각 단계별 휨강도 시험을 실시하였고 현장 적용성 평가를 위하여 토양안정재의 특성을 고려한 최적함수비를 제안하였다. 또한 식생블록에 대한 투수시험 결과 KS F 4419에서 규정하는 투수성 블록의 품질기준을 만족하는 것으로 나타났다.

주요어 : 토양안정재, 친환경 식생블록, 일축압축강도, 휨강도

1. 서 론

최근 시멘트계 고화재의 유해성이 대두되면서 자연친화적인 소재의 개발과 더불어 인공사면을 식물로 녹화하는 사면보호 친환경녹화기술에 대한 연구와 개발이 활발히 수행되어지고 있다. 기존의 시멘트 블록의 경우 강도 및 내구성은 우수하나 시멘트가 가지고 있는 유해성(6가크롬 등) 때문에 환경보존 및 환경부하 절감을 위한 다양한 대안 방법 중 친환경 고화재 개발 및 관련 공법개발이 절실히 요구되어지고 있다. 흙을 주재료로 사용한 흙 블록은 친환경적인 면에서는 우수하나 핵심 소재가 흙이기 때문에 강도와 내구성이 낮으며 건조수축에 따른 균열발생이 많다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여 고성능 고화재의 개발에 관한 관심이 커지고 있다(Lee, 2012). 최근에는 시멘트를 대체하

여 결합재로 사용할 수 있는 많은 재료들이 등장하였다. 그 중 활발히 연구가 수행되고 있는 재료에는 실리카흙, 고로슬래그, 플라이애쉬 등이 있다(Yang et al., 2006).

Yang et al.(2006)은 황토 결합재를 사용한 무시멘트 모르타의 배합특성에 따른 압축강도 및 건조수축 거동을 평가하는 연구를 수행하였고, Kwon & Oh(2012)는 천연섬유에서 추출한 단섬유와 석회 등을 혼합한 재료를 주원료로 하는 친환경 토양안정재를 혼합한 지반의 강도특성을 평가하는 연구를 수행하여 점토 지반 및 풍화토지반에 친환경 토양안정재 혼합비율에 따른 지반의 역학적 특성을 규명하였다. 또한 화강풍화토 및 무기질 결합재를 활용한 육가크롬저감형 친환경 흙 포장에 관한 연구가 수행되어 졌으며(Jang, 2008), 친환경 황토 고화재를 사용한 황토모르타르의 강도 특성에 대한 연구도 발표된 적이 있다(Lee et al., 2010). 이

1) Department of Civil Engineering, Chungbook National University

2) Department of Construction and Disaster Prevention Engineering, Kyungpook National University

† Eco-Friendly Technology Research Center, Kyungpook National University (Corresponding Author : bst91@knu.ac.kr)

와 같이 친환경 고화재를 사용한 연구가 진행되고는 있으나 아직까지 정형화된 설계기준이나 시방서 및 강도에 대한 기준은 없는 실정이다(안전행정부, 2010). 친환경 식생블록은 친환경 토양안정재를 사용한 공법 중 하나이며 주변에서 쉽게 구할 수 있는 화강풍화토를 주재료로 사용하고 강도, 투수성 등 공학적 기능을 확보할 수 있으며 환경 유해성 없이 산책로, 공원주변로 및 도심지의 조경이나 특히 콘크리트 구조물의 경관녹화에 활용할 수 있는 자연친화적인 블록으로 기존의 시멘트계 고화재를 사용한 블록보다 환경친화적이고 경관기능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 친환경 식생블록을 구성하는 화강풍화토와 토양안정재의 혼합비에 따른 강도특성을 규명하기 위하여 일축압축강도 시험과 휨강도 시험을 수행하였으며 흙 블록의 목표강도는 일본의 PWRI(2009)에서 제시한 0.3 MPa~0.7 MPa 및 田口技術研究所(2010)의 “토계포장 공법 설계·시공지침(유보도·공원로 등·보도 편)”에서 과거의 시험과 시공실적 및 표층에 작용하는 하중을 기준으로 제

시한 1.0 MPa~1.3 MPa 값을 참고로 하여 2.0 MPa로 설정하였다. 제작된 식생블록의 침투특성을 평가하기 위하여 투수 시험을 수행하였으며 강도시험 및 투수시험 결과는 블록의 최적배합비를 결정하기 위한 기초적인 자료로 활용하였다.

2. 실험방법

2.1 친환경 토양안정재의 특성

본 연구에 사용된 친환경 토양안정재는 흙의 전단강도를 증가시켜 지반의 지지력과 내구성을 향상시키며, 침수와 동해를 동시에 방지하는 특징을 가지고 있다. 특히 천연섬유에서 추출한 단섬유와 석회 등을 혼합한 재료를 주원료로 다른 토양안정재와 달리 유해성이 없으므로 친환경적인 뿐만 아니라 시공성이 우수하고 어느 토질에서도 사용이 가능하므로 산림공원의 관리도로, 산책로 및 자전거 도로 등 쓰임새가 많은 재료이다(Oh et al., 2013). 식생블록의 공학적 특성을 분석하기 위해 토양안정재에 대한 공학적 특성을 평가하였으며, 보통 포틀랜드 시멘트의 물리적인 특성과 비교하여 그 결과를 Table 1에 나타내었고 토양안정재의 주요성분을 Table 2에 나타내었다. 식생블록에 사용되는 토양안정재는 흙 입자를 고화시키기 위한 충분한 강도가 필요하며 또한 양생기간의 단축을 위해 조기에 강도를 발현할 수 있는 속결성이 매우 중요하다(Chun, 2001). 토양안정재의 양생속도는 사용하는 재료의 분말도에 의해 영향을 받게 되는데, 본 연구에 사용된 토양안정재는 비중면적이 5,293 cm²/g으로서 보통 포틀랜드 시멘트의 3,260 cm²/g보다 1.6배 이상 크므로 고화 성능이 우수한 것으로 평가된다.

Table 1. Physical properties of the stabilizer and cement

Classification	Specific gravity	Fineness (cm ² /g)	Setting test		
			Water content	Start (hour/min)	End (hour/min)
Stabilizer	3.08	5,293	33.0 %	00:16	02:20
Portland cement	3.17	3,260	27.5 %	02:31	03:45

Table 2. Main ingredient of stabilizer

Element	Weight (%)	Atomic (%)
C	7.02	11.97
O	49.32	63.15
Al	4.01	3.04
Si	5.75	4.19
S	2.49	1.59
Ca	31.42	16.06
Totals	100.00	100.00

2.2 화강풍화토의 물리적인 특성

본 연구에 사용된 화강풍화토는 경북 상주시 인근에서

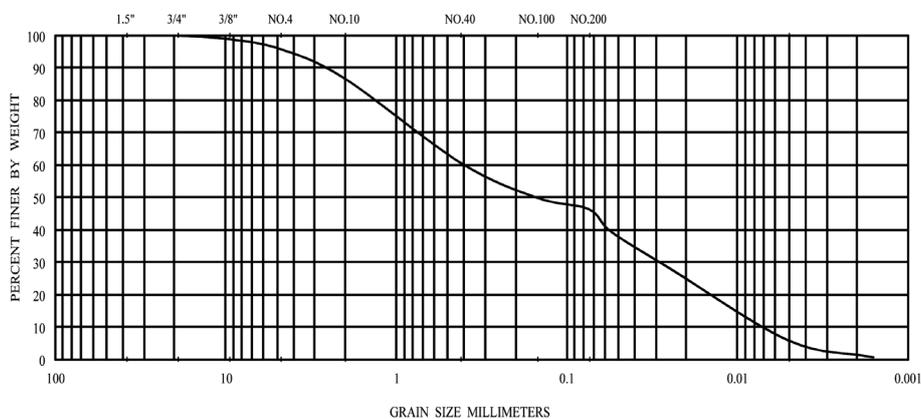


Fig. 1. Grain-size distribution curves of soil specimens

채취하였다. Fig. 1과 Table 3은 실험에 사용된 화강풍화토의 입도분포곡선과 물리적 특성을 나타내고 있으며 통일분류법상 SW로 분류된다. 다짐시험결과 최대건조단위중량과 최적함수비가 각각 19.8 kN/m³, 14 %인 것으로 나타났으며 화강풍화토를 사용한 혼합토 공시체는 최대건조단위중량의 85 %인 16.8 kN/m³로 제작하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 일축압축강도 시험

본 연구에서는 토양안정재와 화강풍화토를 사용하여 친환경 식생블록의 개발에 대한 기초연구를 수행하고자 토양안정재의 혼합비를 변화시켜가며 양생기간별로 공시체를 제작하여 KS F 2314의 규정에 따라 일축압축강도 시험을 수행하였다. 일축압축강도 시험은 직경 50 mm, 길이 100 mm의 몰드에 공시체를 건조단위중량에 맞추어 다짐하는 방법으로 혼합토 중량대비 친환경 토양안정재를 6 %, 12 %, 18 % 혼합하였고 양생기간은 초기강도발현을 확인하기 위하여 5일, 7일, 14일, 28일로 결정하였다. 균질한 공시체의 제작을 위하여 화강풍화토 및 토양안정재를 충분히 혼합한 다음 최적함수비의 물을 가하여 손 비빔으로 충분히 혼합하여 제작 후 상온에서 양생하여 시험을 수행하였다. 시험조건은 Table 4와 같다.

2.3.2 휨강도 시험

토양안정재 혼합비에 따른 식생블록의 휨강도특성을 평가하기 위하여 토양안정재의 혼합비를 6 %, 12 %, 18 %로 변화시켜 식생블록을 제작한 후 KS F 2407의 규정에 따라 휨강도 시험을 수행하였다. 또한 양생기간별 식생블록의 휨강도특성을 평가하기 위하여 토양안정재의 혼합비가 18 % 일 때 양생기간을 5일, 7일, 14일, 28일로 변화시켜 가면서 식생블록을 제작한 후 휨강도 시험을 수행하였다. 휨강도

Table 3. Physical properties of soil specimens

Physical properties	Symbol	Unit	Soil specimen
			Weathered granite soil
Moisture content	w_o	%	14.0
Unit weight	γ_t	(kN/m ³)	19.8
Liquid limit	W_L	%	29.2
Plastic limit	W_P	%	NP
Plastic index	I_P	-	NP
Specific gravity	G_s	-	2.60
Coefficient of uniform (Cu)	-	-	10.19
Cc	-	-	1.15
U.S.C.S.	-	-	SW

시험에 필요한 블록은 가로 200 mm, 세로 180 mm, 높이 50 mm로 건조단위중량에 맞추어 압축방식으로 제작하였으며, 블록제작을 위한 압착식 블록제조기는 2축 방향에서 압력을 가할 수 있도록 제작된 장치로 소요강도를 충족시키기 위하여 100 MPa의 압력으로 1분간 가압하여 블록을 제조하였다. 시험조건은 Table 5와 같다.

3. 실험결과

3.1 식생블록의 강도특성

3.1.1 양생기간에 따른 일축압축강도 특성

Fig. 3은 토양안정재를 혼합토 중량 대비 6 %, 12 %, 18 % 혼합하였을 경우 양생기간별 일축압축강도를 나타낸 것이다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 토양안정재의 혼합비율이 증가할수록 일축압축 강도가 증가할 수 있는 것을 알 수 있고 양생기간이 28일인 경우 7일인 경우보다 최대 1.5배가 증가하는 것을 알 수 있었다.

또한 28일 강도를 표준강도로 결정할 경우 표준강도의 90 % 이상 강도에 도달하기 위한 양생기간은 14일이 적합하다고 판단되며 표준강도의 90 % 강도 발휘를 위한 함수비는 다회의 예비시험결과 화강풍화토의 최적함수비보다 습윤측에서 최대강도가 발휘되는 것을 알 수 있었다.

토양안정재의 함유량이 6 %, 12 %일 경우 7일 양생 후 강도증가가 둔화됨을 알 수 있지만 토양안정재의 함유량이 18 %인 경우에는 7일 양생 후 14일 양생까지는 강도증가량이 뚜렷함을 알 수 있었다.

또한 토양안정재 함유량이 18 %인 경우 5일 양생으로도

Table 4. Experimental condition (Unconfined compressive test)

Unit weight (kN/m ³)	Mixing ratio (%)		Curing period (day)
	Soil	Stabilizer	
16.8	94	6	5, 7, 14, 28
	88	12	
	82	18	

Table 5. Experimental Condition (Bending test)

Unit weight (kN/m ³)	Mixing ratio (%)		Curing period (day)
	Soil	Stabilizer	
16.8	94	6	28
	88	12	
	82	18	
	82	18	5
			7
			14
			28



(a) Unconfined compressive test



(b) Bending test



(c) Block manufacturing equipment



Fig. 2. Test equipments

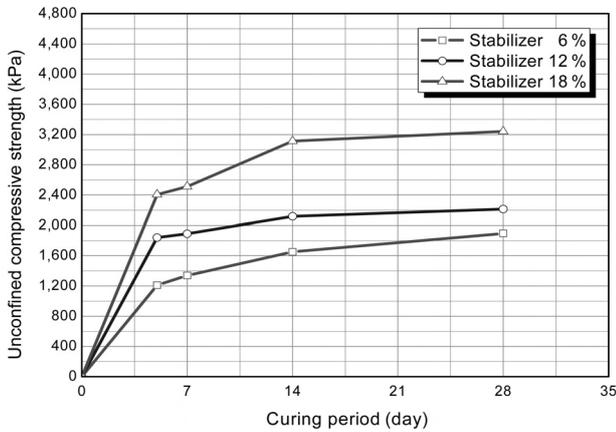


Fig. 3. Unconfined compressive strength according to the curing period

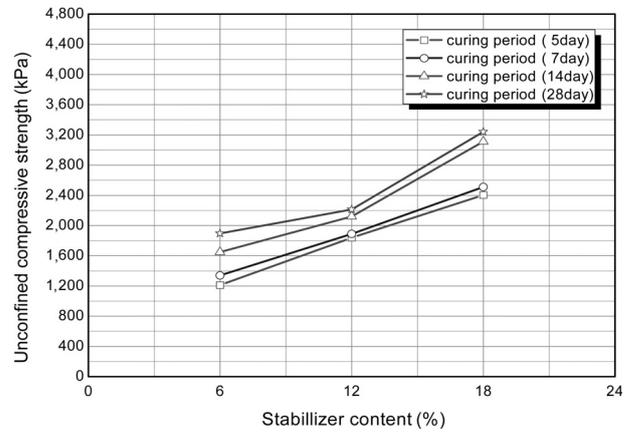


Fig. 4. Unconfined compressive strength according to the stabilizer content

흙 블록 기준강도인 2 MPa을 만족하므로 시공이 시급한 공사일 경우에는 토양안정재를 18 % 혼합하는 것이 적당하다고 판단된다.

3.1.2 토양안정재 함유량에 따른 일축압축강도 특성

Fig. 4는 토양안정재의 혼합비율 변화에 따른 일축압축강도의 변화를 양생기간별로 나타낸 것으로 양생기간이 늘어

날수록 일축압축 강도가 증가하는 것을 알 수 있었고 그 양상은 양생기간이 7일에서 14일로 증가할 경우 강도 증가량이 컸으며 특히 토양안정재의 혼합비율이 18 %일 경우 그 차이가 뚜렷함을 알 수 있었다.

또한 토양안정재의 혼합비율이 증가할수록 각 양생기간 별 일축압축강도는 최대 2배 이상 증가하는 것을 알 수 있었다.

3.1.3 양생기간에 따른 휨강도 특성

Fig. 5는 토양안정재의 함유량이 18 %인 경우 양생기간에 따른 휨강도를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이 양생기간이 7일인 경우 28일 강도의 73 %를 보이므로 초기 강도가 매우 우수함을 알 수 있었다.

또한 양생기간이 14일인 경우 28일 강도의 93 %를 나타내고 있으며 그 이후 강도증가 양상은 크지 않음을 알 수 있었다.

3.1.4 토양안정재 함유량에 따른 휨강도 특성

Fig. 6은 양생기간이 28일인 경우 토양안정재의 혼합비율을 6 %, 12 %, 18 %로 변화시켰을 때 투수 블록의 휨강도를 나타낸 것이다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 토양안정재의 혼합비율이 증가할수록 휨강도가 증가함을 알 수 있었고 토양안정재의 혼합비율이 18 %인 경우 6 %인 경우와 비교하여 휨강도가 2.5배 증가하는 것을 알 수 있다.

3.1.5 토양안정재 함유량에 따른 휨강도·일축압축강도 변화

Fig. 7은 양생기간이 28일인 경우 토양안정재의 혼합비에

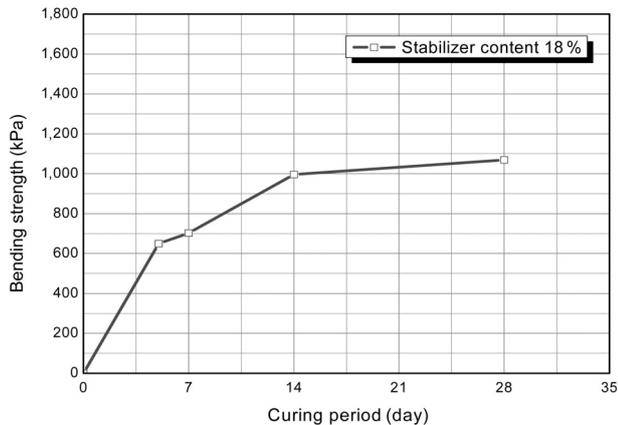


Fig. 5. Bending strength according to the curing period

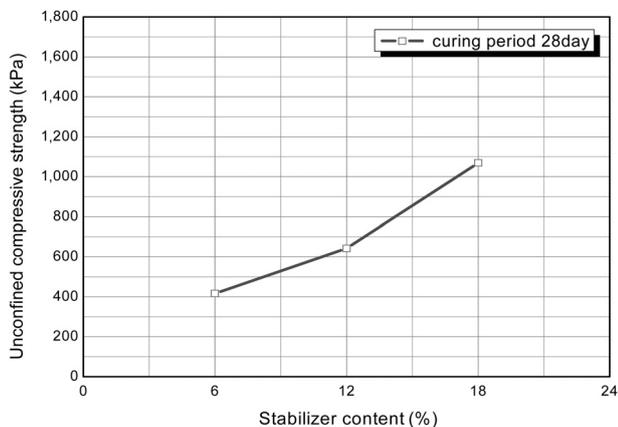


Fig. 6. Bending strength according to the stabilizer content

따른 휨강도와 일축압축강도의 비를 나타낸 것이다. Fig. 7에서 볼 수 있듯이 토양안정재의 혼합비율이 6 %, 12 %, 18 %일 경우 휨강도는 압축강도 대비 22 %, 29 %, 33 %로 토양안정재의 혼합비율이 증가할수록 휨강도/일축압축강도 비도 증가함을 알 수 있다.

Fig. 8은 토양안정재의 혼합비율이 18 %인 경우 양생기간에 따른 휨강도와 일축압축강도 비를 나타낸 것으로 양생기간이 14일이 될 때까지는 휨강도·일축압축강도 비가 일정하게 증가하는 것을 알 수 있으나 양생기간 14일 이후에는 그 변화가 거의 없는 것을 알 수 있다. 따라서 14일 이후의 휨강도·일축압축강도 비는 0.33전 후에서 일정하게 수렴되는 것을 알 수 있다.

3.1.6 토양안정재의 함유량에 따른 실험강도·기준강도 비의 특성

화강풍화토에 토양안정재를 혼합하여 식생블록을 제조

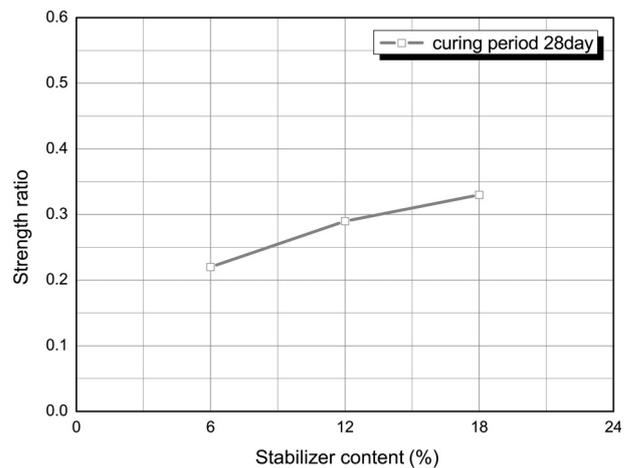


Fig. 7. Analysis of strength ratio between the bending strength and unconfined compressive strength according to the stabilizer content

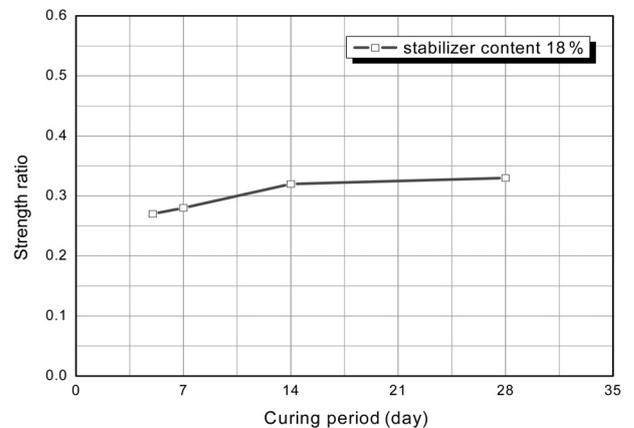


Fig. 8. Analysis of strength ratio between the bending strength and unconfined compressive strength according to the curing period

할 경우 흙 블록의 소요강도인 2 MPa를 얻기 위하여 양생기간과 토양안정재의 혼합비에 따른 강도를 비교하기 위하여 Eq. (1)을 사용하여 강도비($R_{e/s}$)를 비교하였다.

$$\text{강도비}(R_{e/s}) = \frac{\text{실험강도}}{\text{기준강도}} \quad (1)$$

Fig. 9는 식생블록에 요구되는 기준강도(2 MPa)와 실험강도와의 강도비($R_{e/s}$)를 나타낸 것이다. Fig. 9에서 볼 수 있듯이 토양안정재의 혼합비율이 6 %일 경우에는 양생기간에 상관없이 모두 기준강도를 만족하지 못했으며 12 % 혼합비율에 양생기간이 14일 이상이면 기준강도를 만족하는 것으로 나타났다. 또한 토양안정재의 혼합비율이 18 %일 경우에는 양생기간 5일 이상이면 모두 기준강도를 만족할 수 있다.

3.2 식생블록의 현장 적용성평가

3.2.1 식생블록의 최적함수비

화강풍화토의 최적함수비는 KS F 2312에 규정된 흙의 다짐시험 실시결과 14 %로 나타났다. 그러나 화강풍화토에

Table 6. The correction factor K according to the stabilizer content

Stabilizer content	K
6 %	2.33
12 %	1.33
18 %	1.0

Table 7. The quality standards of the soil-concrete

Item	Sidewalk	Bike path	Parking lot	Test method
Permeability (cm/sec)	More than 1.0×10^{-3}	More than 1.0×10^{-3}	More than 1.0×10^{-3}	KS F 2394

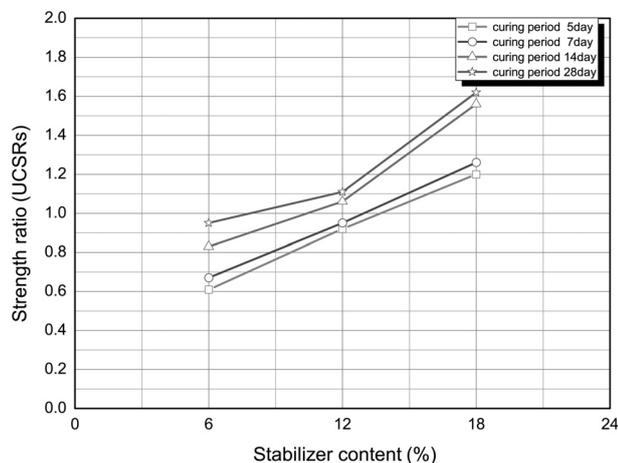


Fig. 9. Analysis of strength ratio between experiment strength and standard strength according to the stabilizing content

토양안정재를 혼합할 경우 토양안정재가 수분을 많이 흡수하며 고화되는 특성 때문에 토양안정재의 혼합비율이 증가할수록 화강풍화토의 최적함수비의 습윤측에서 최대강도를 발휘하는 것을 알 수 있었다.

Fig. 10은 토양안정재의 혼합비율에 따른 혼합토의 최적함수비를 나타내고 있다. 식생블록에 사용된 화강풍화토의 최적함수비는 14 %로 나타났으나 토양안정재를 혼합한 혼합토의 경우 토양안정재의 혼합비율에 따라 차이가 나는 것을 알 수 있었으며 그 값은 토양안정재의 혼합비율이 6 %일 경우 최적함수비가 14 %로 토양안정재의 혼합비가 화강풍화토의 최적함수비에 영향을 주지 않음을 알 수 있었다. 또한 토양안정재의 혼합비율이 12 %, 18 %로 증가할수록 혼합토의 최적함수비는 16 %, 18 %로 증가됨을 알 수 있었다.

따라서 혼합토의 최대일축압축강도가 발휘되는 최적함수비를 다음과 같이 제안한다.

$$\text{O.M.C(s.s)} = K \times \text{S.S.C(Soil Stabilizer Content, \%)}$$

여기서 K는 토양안정재의 혼합비에 따른 수정계수이다.

3.2.2 식생블록의 투수특성

친환경 토양안정재를 사용하여 제작된 식생블록의 투수특성을 평가하기 위해 블록을 제작한 후 KS F 2394에 규정된 투수시험을 실시하였다.

시험결과 식생블록은 투수성이 좋지 않은 기존의 식생블록

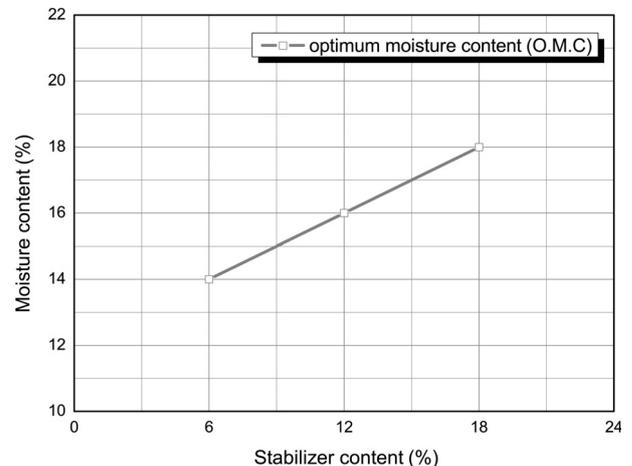


Fig. 10. Optimum moisture content according to the stabilizer content

과는 달리 쉽게 배수되는 특징을 보이고 있었으며 식생블록의 투수계수를 산정한 결과, 투수계수가 $1.0 \sim 1.9 \times 10^{-2}$ cm/sec 정도를 나타내는 것으로 측정되었다. KS F 4419에서 규정하는 투수성블록의 품질기준 중 투수계수 기준이 0.1mm/sec 이고 흙-콘크리트의 규정이 1.0×10^{-3} cm/sec 이상인 것에 비추어 친환경 토양안정재를 사용한 식생블록의 경우 투수성블록의 규정을 만족하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

친환경 토양안정재를 이용하여 식생블록의 개발을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 공시체와 식생블록의 일축압축강도와 휨강도, 투수성 시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 식생블록에 요구되는 목표강도는 2.0 MPa로 설정하였으며, 목표강도 확보를 위한 토양안정재의 최소혼합비는 12 %, 양생기간은 14일 이상인 것으로 나타났으며, 토양안정재의 혼합비가 18 %인 경우 양생기간 5일에서 목표강도를 만족하였다.
- (2) 일축압축시험 결과 양생기간이 28일인 경우 7일인 경우보다 최대 1.5배 증가하였고, 양생기간이 14일인 경우 목표강도를 만족하는 것으로 나타났다. 식생블록제작을 위한 최적함수비는 화강풍화토의 최적함수비보다 약 3 % 정도 습윤측에서 최대강도가 발휘되는 것으로 나타났다.
- (3) 식생블록의 휨강도는 토양안정재의 혼합비율에 따라 정비례하여 증가하는 것으로 나타났으며, 일축압축강도의 약 30 % 정도의 강도를 발휘하는 것을 알 수 있었다.
- (4) 본 연구에 사용된 토양안정재는 경화시에 물을 많이 흡수하는 특성을 가지고 있으므로 화강풍화토와 토양안정재를 혼합하여 식생블록을 제조할 경우 토양안정재의 혼합비 증가에 따라 함수비를 증가시켜야 하며, 적정함수비는 토양안정재의 혼합비율이 6 %, 12 %, 18 %일 경우 각각 14 %, 16 %, 18 %가 적합한 것으로 나타났다.

- (5) 식생블록의 투수특성을 평가하기 위하여 투수시험을 수행한 결과 투수계수가 $1.0 \sim 1.9 \times 10^{-2}$ cm/sec인 것으로 나타났으며, 따라서 KS F 4419에서 규정하는 투수성블록의 품질기준을 만족하는 것으로 평가되었다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

References

1. 안전행정부 (2010), 국가 자전거도로 기본계획 수립에 관한 연구, 안전행정부, pp. 275~385.
2. 田口技術研究所 (2010), 土系舗装工法 設計施工指針, 田口技術研究所 (遊歩道・公園路・歩道編), pp. 156~158 (in Japanese).
3. Chun, B. S. (2001), Improvement effectiveness of soft ground using hardening agent, Journal of Korean Geo-Environmental society, Vol. 2, No. 2, pp. 59~64 (in Korean).
4. Jang, C. G. (2008), An experimental study on Cr 6+ free soil pavement using weathered soil and inorganic binder, Master's thesis, Hanyang University, pp. 22~43 (in Korean).
5. Kwon, Y. C. and Oh, S. W. (2012), Strength characteristics of the soil mixed 3with a natural stabilizer, Journal of Korean Geo-Enviromental Society, Vol. 13, No. 1, pp. 45~51 (in Korean).
6. Lee, G. H. (2012), Engineering properties and applicability of soil mixed pavement with natural soil stabilizer, Ph. D dissertation, Incheon National University, pp. 20~69 (in Korean).
7. Lee, S. H., Jung, Y. W., Jang, S. S., Yeo, I. D. and Choi, J. O. (2010), Strength properties of soess mortar using eco-friendly loess binder, Korea Concrete Institute Spring-Conference, Korea Concrete Institute, pp. 285~286 (in Korean).
8. Oh, S. W., Lee, G. H. and Kim, D. G. (2013), Basic study om development of forest road pavement using eco-friendly method, Journal of Korean Geo-Enviromental Society, Vol. 14, No. 6, pp. 31~38 (in Korean).
9. PWRI (2009), Soil pavement handbook, Daesung publishing company, pp. 1~31.
10. Yang, K. H., Hwang, H. J., Kim, S. Y. and Song, J. G. (2006), The behavior of shrinkage strain and compressive strength of the cementless mortar using hwangto binder according to mixing conditions, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 6, pp. 87~94 (in Korean).