

굴패각과 황토를 혼합한 소일시멘트의 강도특성

The Strength Characteristic of Soil Cemented Mixed with Oyster Shells and Loess

이진수¹⁾, Jin-Soo Lee, 이강일²⁾, Kang-Il Lee, 김찬기³⁾, Chan-Kee Kim, 김항규⁴⁾, Hang-Gyu Kim, 김태훈⁵⁾, Tae-Hoon Kim

1) 동신대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Dongshin University

2) 대진대학교 건설시스템공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Daejin University

3) 대진대학교 건설시스템공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Daejin University

4) 동신대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Dongshin University

5) 대우건설연구원 선임연구원, Senior Researcher, Daewoo Institute of Construction Technology

SYNOPSIS : Soil-cement has been broadly used for eco friendly pavement, slope protection and soft soil improvement since it used for the increase of soil strength with cement. Recently, additional agents are mixed with existing soil-cement so as to improve specific properties or functions such as strength, color and permeability of it. This study aims at figuring out the physical and mechanical properties of a soil-cement mixed with crashed oyster shell and loess. The study is specially focused on the applicability of oyster shell as an alternative material for sands. To have his objective achieved a series of uniaxial compression tests were conducted. As a result, it appears that usage of oyster shell may have effect on strength improvement of mixed soils.

Key words : soil-cement, slope protection, soft soil improvement, uniaxial compression tests, oyster shell and loess

1. 서 론

국내 건설시장에서 골재와 같은 건설재료의 부족현상이 당연한 문제로서 지적되고 있다. 따라서 골재를 대체하거나 대용할 재료의 개발, 또는 불용자원의 활용이 필요한 실정이다. 이러한 대체 재료의 활용 가능한 불용자원으로서 해양부산물인 굴 패각이나 각종 조개류의 껍질 등은 그 중 하나가 될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 이러한 해양부산물 중 굴 패각을 이용하여 골재 대체 재료로서의 활용가능성을 연구하였다. 굴 패각이 건설현장에서 부족한 모래의 대체 재료로의 활용이 이루어질 수 있다면 굴 패각의 처리 비용에 대한 경감, 환경오염의 피해를 제거 할 뿐만 아니라 새로운 건설재료로의 개발도 이루어질 수 있을 것이다.

본 연구에 사용된 기본 시료는 전남 나주지역에 분포되어 있는 황토로서 우리나라의 건설현장에서 많이 접하는 풍화잔류토인 황토이다. 본 연구에서는 파쇄 굴 패각과 모래, 그리고 황토를 채취하여 물리적 특성을 파악하기 위한 여러 가지 물성실험과 파쇄 굴패각과 모래, 시멘트와의 혼합비의 변화에 따른 역학실험을 실시하였다. 실험에 사용한 혼합시료로서는 현장에서 잔골재로 사용 중인 모래, 굴패각은 파쇄하여 #4체를 통과하고 #200체에 잔류하는 것을 사용하였으며, 시멘트는 보통 포트랜드 시멘트를 사용하

였다. 굴폐각 혼합토의 공학적 특성을 살펴보기 위하여 직접전단실험과 일축압축강도실험을 실시하였다. 공시체는 직접전단실험의 경우 직경 6cm와 높이 2cm이며, 일축압축실험은 시료 성형시 굴폐각에 대한 동적다짐을 하는 경우 입자파쇄의 발생으로 입도분포가 변하고, 다짐 후 시료 추출시 자립하기 힘들어 실험용 시료의 성형이 매우 어렵다. 이러한 입자파쇄를 최소화하고 균일한 단위중량을 갖도록 정적 시료다짐기(하버드 다짐기)를 사용하여 공시체를 성형하였고, 일축압축 공시체는 직경 3.3cm와 높이 7.2cm로 제작되었다. 본 논문에서 수행된 실험은 직접전단실험의 경우 황토에 대해 폐각 함유율을 0%에서 대략 10% 간격으로 100%까지 변화시키고, 일축압축실험의 경우에는 모래와 폐각, 시멘트 함유율에 따른 강도 특성을 파악하였는데 공시체는 7일간 수증양생 후 일축압축실험을 실시하였다.

2. 실험내용 및 방법

2.1 시료준비

황토는 전라남도 나주지역에서 표토를 약 1.0m 정도 제거한 후 시료를 교란상태로 채취하였다. 시료는 입경이 큰 자갈이나 이물질 등을 제거한 후 동일성을 확보하기 위하여 #4체를 통과한 시료를 사용하였다. 굴폐각은 전남 여수에서 출하된 것을 반입하여 세척을 통해 이물질을 제거하고 파쇄하여 #4체를 통과하고 #200체에 잔류하는 것을 사용하였고, 모래는 공사현장에서 사용 중인 모래를 이용하였다. 실험에 사용된 황토 및 모래, 굴폐각의 물리적 성질은 표 1과 같고, 입도분포곡선은 그림 1에 나타내었다. 시멘트는 세계 각국에서 고형화, 건설, 건축 등 여러 분야에서 광범위하게 쓰이고 있는 보통 포틀랜드 시멘트(OPC : Ordinary Portland Cement)를 사용하였다.

표 1. 실험에 사용된 시료의 물리적 특성

구분	Gs	LL(%)	PI(%)	#200체 통과율(%)	USCS
황 토	2.70	28.4	6.7	24.15	SC
모 래	2.67	NP	-	2.26	SP
굴폐각	2.63	39.3	-	0.42	SW

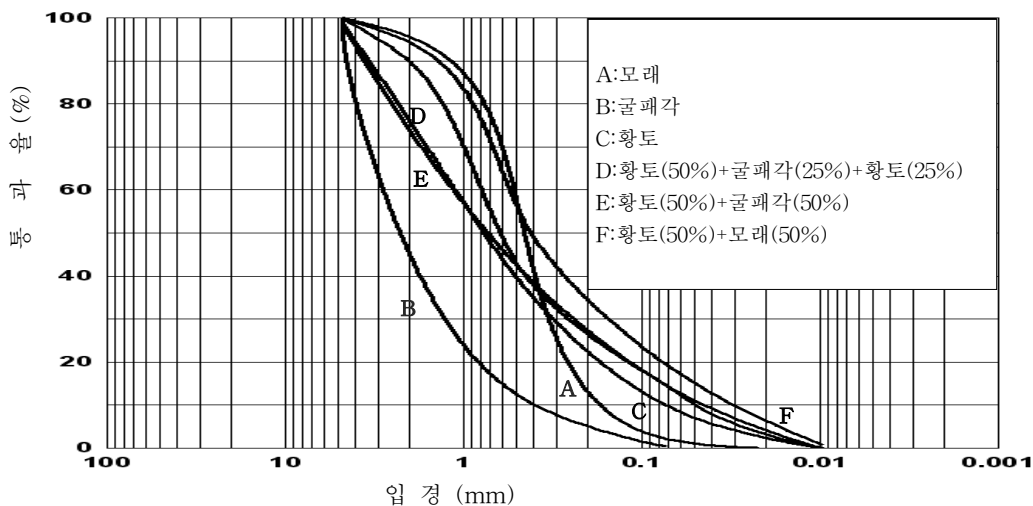


그림 1. 실험에 사용된 시료의 입도분포곡선

2.2 배합설계

소일 시멘트는 여러 재료들의 함유율에 따라 강도가 좌우되므로 본 연구는 황토에 모래 및 굴패각의 혼합비율을 변화시켜 직접전단실험을 실시하였고, 황토에 모래, 굴패각, 시멘트량을 변화시켜 일축압축강도실험을 수행하였다. 굴패각의 혼합비율이 혼합토의 강도정수에 미치는 영향을 알아보기 위하여 황토와 모래에 굴패각의 혼합비율을 10%씩 증가하며 직접전단실험을 하였으며, 그 내용은 표 2에 나타내었다. 일축압축강도실험은 표 3과 같이 황토에 굴패각, 모래의 혼합비율을 각각 50%와 25%로 하였을 때의 강도를 비교하였다. 시멘트 비율은 5, 8, 10%로 성형을 하였고, 7일간의 수중양생 후 일축압축강도 실험을 4회씩 측정하여 평균하였다. 표 3에 나타난 바와 같이 “순수한 황토”, “황토+시멘트”, “황토+모래+시멘트”, “황토+굴패각+시멘트”, “황토+굴패각+모래+시멘트”로 혼합하여 다양한 배합비와 일정한 물/시멘트비를 적용하여 일축압축실험을 실시하였다.

표 2. 직접전단실험의 내용

황 토 모 래	굴패각 함유율(%)								
	0	10	20	30	40	50	60	70	100

표 3. 배합조건에 따른 일축압축실험 내용

구분	시험 No.	함유율(%)			건조단위 중량 (gf/cm ³)	참고
		시멘트	모래	굴패각		
황 토	A1	-	-	-	1.60	물/시멘트 비 = 100%
황 토 + 시멘트	A2-1	5	-	-	1.49	
	A2-2	8	-	-	1.46	
	A2-3	10	-	-	1.40	
황 토 + 모래 + 시멘트	A3-1	5	50	-	1.52	
	A3-2	8			1.51	
	A3-3	10			1.50	
황 토 + 굴패각 + 시멘트	A4-1	5	-	50	1.48	
	A4-2	8			1.46	
	A4-3	10			1.43	
황 토 + 굴패각 + 모래 + 시멘트	A5-1	5	25		1.50	
	A5-2	8	25		1.46	
	A5-3	10	25		1.44	

3. 실험결과

3.1 직접전단실험결과

굴패각 혼합토의 전단강도와 내부마찰각 등의 기본적인 전단특성경향을 파악하기 위해 직접전단실험

을 실시하였다. 각각의 조건에 대한 실험결과는 그림 2에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 굴폐각 함유율의 증가에 따라서 건조단위중량은 감소하나 내부마찰각은 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 굴폐각 함유율의 증가에 따라 내부마찰각은 점진적으로 증가하나 굴폐각 함유율이 약 40~50%를 기점으로 내부마찰각의 증가정도가 두드러지는 것으로 나타났다. 따라서 이 결과를 토대로 다음의 일축압축강도 실험의 공시체 제작은 굴폐각 함유율을 50%로 결정하였고, 모래 또한 굴폐각의 대체 재료로서의 활용가능성을 알기 위하여 굴폐각 함유율과 같은 50%로 성형을 하였다. 그리고 굴폐각과 모래의 함유율을 각각 25%씩 혼합하여 공시체를 제작하였다. 각각의 조건에 시멘트 함유율을 5, 8, 10%로 변화하여 공시체를 성형하였으며, 황토에도 시멘트 함유율을 같은 조건으로 실험을 실시하였다. 그림 2(b)는 굴폐각 함유율에 따른 건조단위중량을 나타낸 것으로 굴폐각 함유율이 증가함에 따라 건조단위중량이 선형적으로 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 굴폐각이 황토에 비해 비중이 작아 나타나는 현상으로 생각할 수 있다.

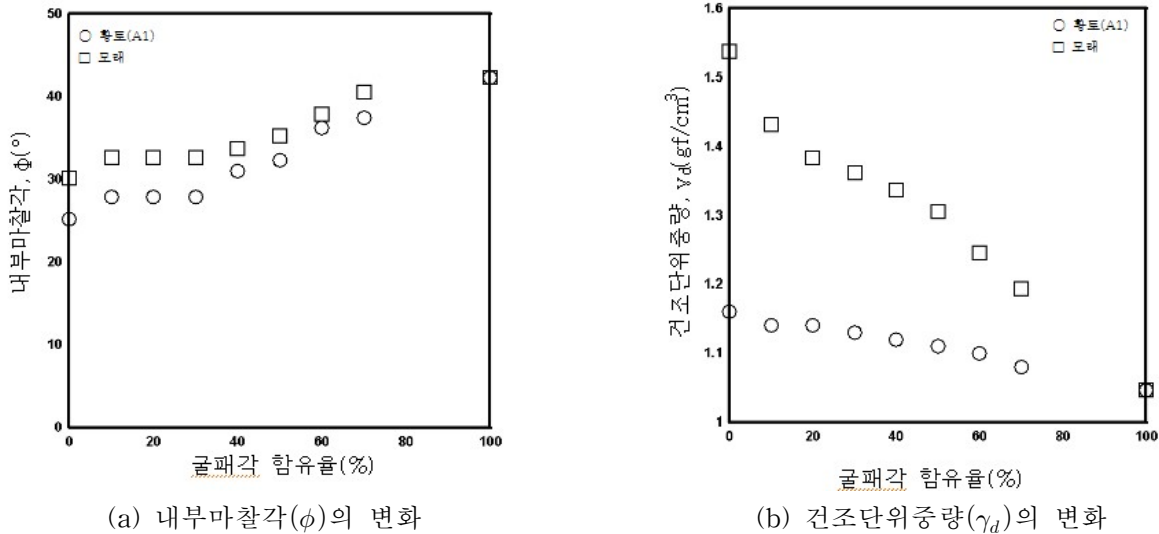


그림 2. 직접전단실험결과

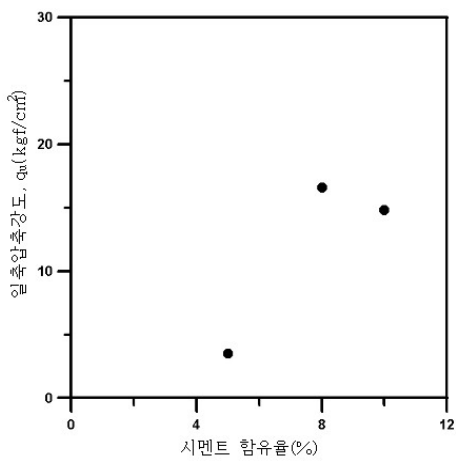
3.2 일축압축실험결과

각 배합조건(표 3)에 따른 시료의 일축압축강도실험 결과는 표 4에 나타내었으며, 표에서 일축압축강도는 각 배합 조건에 대하여 4회씩 실험을 실시하여 구한 값을 평균한 것이다. 시멘트 함유율이 8%일 때를 기준으로 일축압축강도를 살펴보면 황토에 시멘트만 첨가하였을 경우 16.62kgf/cm², 모래+시멘트를 첨가한 경우 17.84kgf/cm², 굴폐각+시멘트를 첨가한 경우 26.75kgf/cm²의 강도가 나왔다. 황토에 시멘트만을 혼합하였을 때보다 모래와 굴폐각을 혼합하였을 때의 강도가 더 크게 나왔다. 특히, 굴폐각을 혼합하였을 때의 강도가 더욱 높게 나타났다. 그림 3은 표 4의 결과를 가지고 시멘트 함유율에 따른 일축압축강도를 그림으로 나타낸 것으로 시멘트 함유율이 5%에서 8%인 경우 강도는 큰 폭으로 증가하나, 10%일 경우 강도는 약간 감소한다는 것을 알 수 있다.

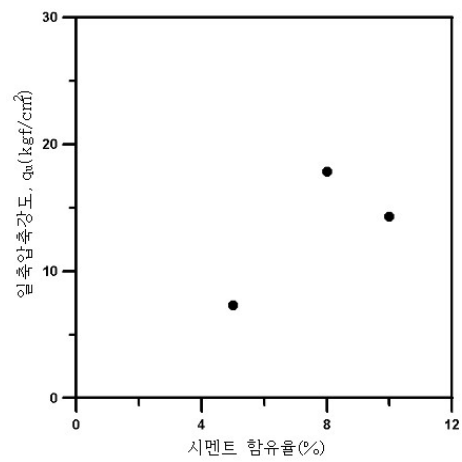
모래와 굴폐각의 특성을 알아보기 위해 모래와 굴폐각을 혼합한 것에 시멘트 함유율을 변화시켜 실험을 한 결과, 모래만을 혼합한 경우보다 높게 나타났지만 굴폐각을 혼합한 경우보다는 낮게 나타났고, 시멘트 함유량을 5%에서 8%로 증가시켜 혼합한 시료의 강도는 증가하였으나, 함유량이 10%의 경우 강도가 오히려 감소하였다. 그러나 그림 3(d)에서 보는 것처럼 황토+모래+굴폐각+시멘트 혼합토에서는 시멘트 증가량에 따라 강도도 증가하였다. 이는 물/시멘트비와 배합종류에 따른 재료의 함수능력에 따라 강도에 차이가 나타나는 것으로 판단된다.

표 4. 혼합토의 일축압축강도

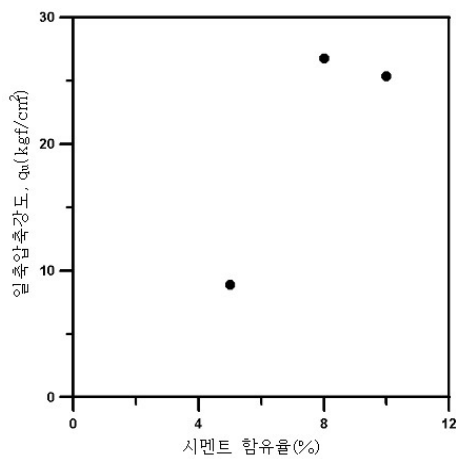
시험 No.	시멘트 함유율(%)	일축압축강도(kgf/cm ²)
A1	-	0.46
A2-1	5	3.53
A2-2	8	16.62
A2-3	10	14.84
A3-1	5	7.34
A3-2	8	17.84
A3-3	10	14.28
A4-1	5	8.87
A4-2	8	26.75
A4-3	10	25.34
A5-1	5	12.71
A5-2	8	20.69
A5-3	10	25.34



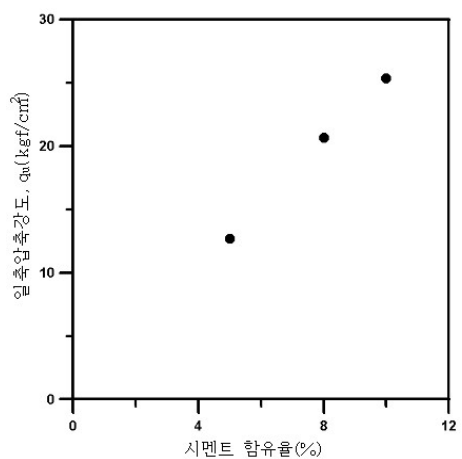
(a) 황토+시멘트



(b) 황토+모래+시멘트



(c) 황토+굴패각+시멘트



(d) 황토+모래+굴패각+시멘트

그림 3. 시멘트 비율에 따른 일축압축강도

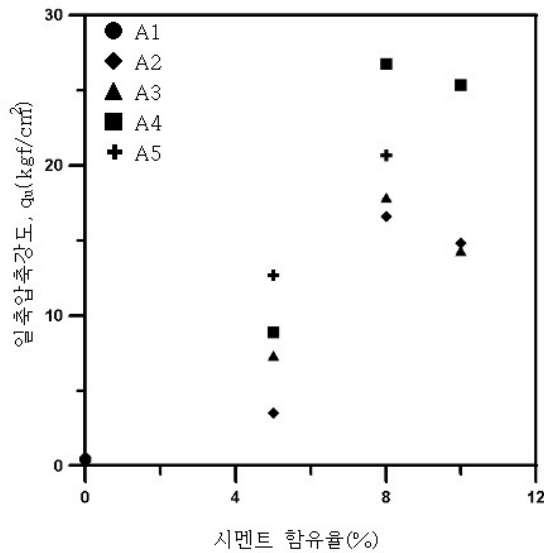


그림 4. 시멘트 비율에 따른 혼합토 간의 일축압축강도

4. 결 론

직접전단시험에 의한 파쇄 굴폐각과 황토 혼합토의 건조단위중량과 내부마찰각을 비교해 본 결과, 건조단위중량과 내부마찰각은 굴폐각의 함유율 증가에 따라 건조단위중량은 감소하나 내부마찰각은 증가하였다. 특히 굴폐각 함유율의 증가에 따라서 내부마찰각은 점진적으로 증가하나 약 40~50%를 기점으로 내부마찰각의 증가 정도가 더 두드러지는 것으로 나타났으며 연약한 황토에 모래, 파쇄 굴폐각을 독립적으로 혼합한 소일시멘트와 모래와 파쇄 굴폐각을 여러 가지 배합조건에 따라 배합한 소일시멘트에 대한 일축압축시험 결과 굴폐각이 모래의 대체 재료로서 활용 가능하다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 박상규, 권용삼, 이기호, 박준범(2003), “굴폐각을 혼합한 시멘트 혼합체의 압축강도특성 연구”, 대한토목학회 논문집, 제23권, 2호, pp.129~pp.138.
2. 서지웅(2009), “반복재하에 의한 고막겉질-황토 혼합토의 변형 특성”, 석사학위 논문, 목포해양대학교 대학원.
3. 윤길림, 채광석, 유한규(2004), “굴폐각-모래 혼합토의 실험적 특성연구”, 대한토목학회 논문집, 제24권, 5호, pp.283~pp.288.
4. 이상진(2003), “굴폐각 고화재를 혼입한 준설토의 전단특성 연구”, 석사학위논문, 안동대학교 대학원.
5. 최준호(2001), “굴폐각 혼합토의 공학적 특성 연구”, 석사학위 논문, 한양대학교 대학원.