

DCM 공법을 적용한 개량체의 압축강도 특성

정선영* · 김태형**

*한국해양대학교 대학원, **한국해양대학교 토목환경공학부 교수

Strength Characteristics of Improved Soil by Deep Cement Mixing Method

S. Y. Jeong* · T. H. Kim**

*Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Division of Civil and Environmental Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 지금까지 연약지반처리공법으로 SCP(Sand Compaction Pile)공법이 많이 적용되었다. 하지만 모래의 재료비 상승과 모래 채취에 따른 환경파괴로 인해 최근에는 시멘트나 석회 등의 개량재를 지반과 혼합하여 고화하는 기술인 DCM (Deep Cement Mixing) 공법의 사용이 증가하고 있다.

본 연구에서는 DCM공법의 국내의 현황을 분석하고 DCM 개량체에 대한 실내 배합시험을 실시하여 강도에 영향을 미치는 다양한 인자들을 검토하였다. 시험결과, DCM 개량체의 일축압축강도는 물-시멘트비가 감소할수록 또한 시멘트의 배합비가 증가함에 따라 거의 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 모래의 쇄석 혼합비율이 증가할수록, 혼합시료의 교반시간이 증가할수록 DCM 개량체의 강도가 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 원지반 토의 유기물 함유량이 증가하면 DCM 개량체의 강도는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 배합시료에 대한 중금속 용출 시험을 수행한 결과, 시멘트계 고화재 사용에 따른 주변 환경의 영향성은 극히 미약한 것으로 나타났다.

핵심용어 : DCM 공법, 배합설계시험, 일축압축강도, 배합비, 용출시험

ABSTRACT : SCP(Sand Compaction Pile) method has been used to improve a soft soil so far. However, because of environmental damage for gathering sand and price rising of sand materials, The use of DCM (Deep Cement Mixing) method has been increasing. DCM method makes a soil harder with cement and lime.

In this study, current situations of DCM method in domestic and abroad are analyzed. A series of laboratory tests are conducted on the improved specimens with DCM and various factors which can influence the strength of improved soil are investigated. Based on test results, the unconfined compressive strength of improved soil with DCM is almost linearly increased with decreasing the ratio of water-cement and increasing the ratio of cement. The compressive strength is also increased with increasing the mixture ratio of sand or crushed stone and increasing the mixing time. On the other hand, the strength is decreased with increasing the ration of organic in in-situ soil. In addition, environmental impact of the DCM method used the cement is very insignificant based on the extraction test results.

KEY WORDS : DCM method, laboratory tests, unconfined compressive strength, mixture ratio, extraction test

1. 서 론

연약지반은 압축성이 커서 침하가 크게 일어나고 지지력이 약해 직접 구조물을 건설할 수 없는 경우가 많다. 따라서, 연약 지반에 구조물을 건설하기 위해 지반개량을 시행하게 된다. 지반개량대책으로서 오래전부터 치환공법, 연직배수공법, 선재하

공법 등이 적용되어 왔다. 특히 국내에서는 해양구조물의 기초로서 모래다짐말뚝공법이 주로 적용되었으나, 준설토처리로 인한 환경문제와 모래채취에 의한 재료비증가등의 문제로 최근에는 연약지반개량 공법 중에서 고결공법에 속하는 DCM공법이 일본과 유럽에서 기술이 개발되어 최근 10년 동안 국내의 적용 사례가 증가하고 있는 실정이다[1],[2].

* redsky8182@hanmail.net

** kth67399@hhu.ac.kr 051)410-4465

DCM 공법을 적용한 개량체의 압축강도 특성

DCM 공법은 연약지반 내에 시멘트와 물을 혼합한 안정처리재를 저압으로 주입하면서 연약토와 안정처리재를 특수교반기의 회전에 의해 혼합교반하고, 시멘트의 경화반응을 이용하여 원지반을 고화시켜 원주형 말뚝체를 조성하여 대상범위의 연약토층이 소요강도 이상의 지지력을 확보할 수 있도록 안정시키는 공법으로, 최저 2.0m에서 34.0m(수심)까지 시공이 가능하다. 혼합제에 따라 점성토, 사질토, 유기질토 등 모든 연약토에 적용할 수 있으며, 소음·진동 등의 공해와 주변지반의 교란이 적다. 그리고 단시간 내에 큰 강도를 얻을 수 있는 신뢰성 높은 공법이다[3],[4].

이러한 장점으로 인해 DCM 공법은 국내의 시공실적이 늘어나고 있지만, 그에 비해 연구가 미흡한 실정이다. 그리하여 본 논문에서는 DCM 공법적 특성에 관해 분석하고, DCM 개량체의 강도에 영향을 미치는 다양한 인자(원지반의 함수비, 물-시멘트비(W/C), 시멘트 종류, 시멘트의 배합비, 유기물 함량, 모래/쇄석함유량 등)들의 검토를 위해 배합설계 시험을 실시하고 결과를 분석하여 설계에 반영하도록 하였다.

2. DCM 공법의 개요 및 현황

DCM 공법은 시멘트나 석회 등의 개량제를 지반과 혼합하여 고화하는 기술로서 흙 자체의 역학적 특성이나 물리적 특성을 개선하여 지반의 지지력을 증대시키거나 지반의 변형 및 침하를 방지하는 기법의 일종이다. 이 공법은 시멘트 및 석회 등의 고화제와 토립자 및 물과의 화학반응에 의한 반응 생성물들이 토립자간의 결합력을 증대시켜 지반의 강도를 증가시키며, 반응생성물에 의한 간극의 충전 및 밀실화에 의해 투수계수를 감소시켜 지반을 개량하는 기술이다.

DCM 공법은 혼합처리공법의 일종으로 지반 심도 20m를 넘는 심층까지 개량하는 심층혼합처리공법의 병행기술로 고화제의 공급과 혼합방식에 따라서 교반날개로 강제 혼합하는 기계적 교반공법(슬러리계, 분체계)과 약액주입공법을 발전시킨 고압분사공법으로 분류된다.

2.1 DCM 공법의 특징

(1) 조기에 큰 개량강도를 얻을 수 있으나 연약토의 종류에 의한 개량 정도의 차이가 대단히 큰 단점을 가지고 있다. 침하량, 측방이동량 등의 저감효과가 크며, 인접구조물에 대한 지장이 적으며, 저진동·저소음으로 시공이 가능하다.

(2) DCM 공법의 개량효과는 교반·혼합의 정도에 따라 좌우되며, 고화제와 연약토를 얼마나 균질하게 혼합하느냐가 시공상의 포인트가 된다.

(3) DCM 공법은 원지반의 흙 자체를 이용하므로 치환공법과 같은 잔토처분의 문제가 없고 또 시공기계에서 진동이나 소음과 같은 건설공해가 발생하지 않는다.

(4) 연약지반 개량을 위해 사용된 고화제를 부주의하게 취급

하면 인체에 위험을 미치거나 혹은 주변의 pH를 증가시켜 문제가 발생할 수 있다.

2.2 DCM 공법의 분류

(1) 슬러리계 DCM공법은 슬러리 형태의 고화제를 플랜트에서 유압펌프로 심층혼합처리기의 선단에 압송하고, 연약지반과 고화제 슬러리를 교반날개로 혼합시켜 소정의 강도가 발휘되도록 한다. 저소음·저진동 시스템으로서 조기강도발휘와 침하방지효과 등의 특징이 있어서 점성토는 물론 사질토·유기질토 등 광범위한 토질에 적용이 가능하다.

(2) 분체계 DCM 공법은 고화제를 건조 상태의 분체로 공기를 압송하여 교반날개로 굴착한 공간을 충전하여 흙과 혼합시키는 공법으로, 기계적 교반공법으로 불리고 적용 토질은 유사하지만 고함수비의 토질이나 유기질토에 효과적인 것으로 알려져 있다. 다만, 분체계는 해상공사 적용이 어렵다.

(3) 고압분사공법은 고압 잭트의 충격력으로 지반을 파쇄하고 절삭부분에 시멘트 등 고화제로 충전(치환)하거나 절삭토와 혼합하는 방법이다.

2.3 DCM 공법의 현황

시멘트 슬러리를 고화제로 사용하는 국내에서의 DCM 공법(SEC 공법으로 도입됨)은 1985년 하수처리장의 자립식 흙막이와 구조물 기초용으로 처음 적용된 후, 육상에서는 SCW 공법으로 많은 현장에 적용되고 있다. 해상에서의 DCM 공법은 1988년 “경상남도 창원시 ○○공사”에 처음으로 적용되었고, 1995년 이후 급속하게 증가하고 있다[5],[6].

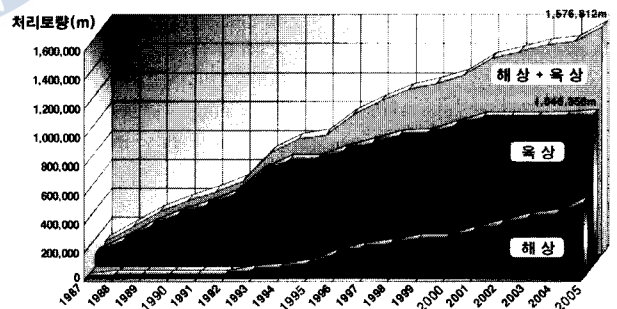


Fig. 1 Domestic construction record of DCM method[6]

3. DCM 배합설계시험

배합설계 시험은 최적의 DCM 배합설계를 도출하기 위해 수행되었으며, 원지반의 함수비 및 물-시멘트비(W/C)를 비롯하여 시멘트 종류, 시멘트의 배합비, 유기물 함량, 모래/쇄석함유량 등 다양한 인자에 따른 DCM 배합 설계시 영향성을 분석하고자 하였다. 최종적으로 제안된 본 배합설계 시험의 조건은 아래에 제시된 바와 같다.

- (1) DCM 최적 배합을 위한 기초 배합 시험
- (2) 원지반 시료의 함수비(55%, 85%, 110%)와 물-시멘트비(0.7, 0.8, 0.9) 및 시멘트 배합량(270, 300, 330kg/m³) 따른 일축압축강도의 변화 파악
- (3) 모래 및 쇄석의 배합비에 따른 일축압축강도의 변화 파악
- (4) 유기물 함유량에 따른 강도특성 파악
- (5) 시멘트의 종류와 배합비에 따른 강도특성 파악
- (6) 용기토의 구성성분비 측정 및 강도특성 파악
- (7) 원지반 및 고화처리시편의 폐기물공정시험법에 의한 용출 시험 수행
- (8) DCM 적용현장 코어샘플시료의 시멘트 배합량에 따른 강도특성 파악

3.1 공시체 제작

공시체 제작시 필요한 원지반 준설토량과 각 조건별 시멘트량 및 해수량을 혼합하고, 전동교반기를 이용하여 약 10분간 균질하게 교반한다. 그 후 스페큘러를 이용하여 준비된 EP 몰드에 고르게 삽입한 후 약 20℃, 95%의 온도와 습도로 고정된 항온항습기에 투입하고 재령일수에 따라 습윤 양생한다.

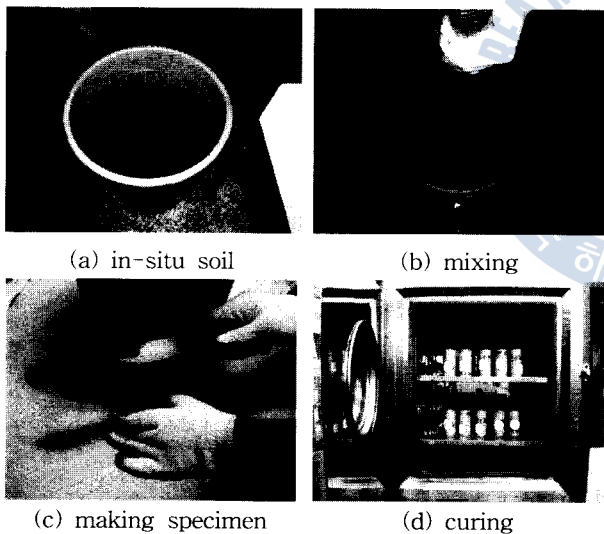


Fig. 2 Specimen preparation

3.2 일축압축시험

양생이 완료된 시료를 항온항습기에서 방출한 후 공시체의 두부를 정리한 후 준비된 일축압축시험 장비의 변형속도를 1.0mm/min으로 설정하고 하중계를 초기화한다. 일축압축시험을 공시체의 파괴가 발생할 때까지 변형을 지속시키며, 파괴가 완료되면 용력-변형률 곡선을 작도하고 최대 강도를 산정한다.

3.3 유기물함량 시험

유기물 함유량 시험은 항온건조로에서 110±5℃로 24시간 노건조 시켜 무게를 측정하고 전기로에 넣어 800℃로 4시간 가

열하여 유기물을 태운 후, 무게를 측정하였다.

3.4 원지반 시료와 함수비 조정 시료의 기본 배합시험

원지반 시료와 함수비 조정시료의 기본배합시험에서는 원지반 시료($w = 110\%$) 및 함수비 조정시료($w = 85\%, 55\%$)에 대해 고로슬래그시멘트 배합량(270, 300, 330kg/m³)과 물-시멘트비(W/C)(0.7, 0.8, 0.9)에 따른 배합특성 규명을 위해 각 조건당 3개의 공시체를 조성하였다.

3.5 모래 및 쇄석 적용시료의 배합시험

본 시험조건은 DCM 시공 전 모래/쇄석매트 포설시 매트하부 배합에 따른 강도특성을 규명하기 위해 수행되었으며, 시멘트 배합비를 300kg/m³, 물-시멘트비(W/C)를 0.8로 고정하고, 준설토와 모래/쇄석의 비율을 변화시켜 시험을 수행하였다. 또한 양생 7일과 28일후 각 조건당 3개 공시체 강도시험을 통해 평균 일축압축강도를 산정하였다.

3.6 유기물 함량에 따른 강도시험

다양한 원지반 시료에 대해 유기물 함유량 시험을 실시하였으며 유기물의 차이가 크게 발생하는 시료와 중간단계의 시료 등 3가지 시료에 대해 유기물 함유량의 변화에 따른 DCM 강도특성 시험을 수행하였다.

3.7 시멘트 종류에 따른 강도 특성시험

고로슬래그시멘트(포항산), 고로슬래그시멘트(광양산), 쏘일크리트 등의 시멘트를 사용하여 배합비는 170~330kg/m³의 범위로 변화시키고, 물-시멘트비(W/C)는 0.8로 고정시켰다. 그리고 재령 7일, 21일, 28일에 대해 각 조건당 3개의 공시체를 조성하며, 일축압축시험을 수행하였고, 3개의 최대강도에 대해 평균값을 산출하였다.

3.8 배합시료의 용출시험

DCM공법의 시공시 환경성에 대한 검토를 수행하기 위해 원지반 준설토와 시멘트 A, 시멘트 B 첨가시료에 대해 폐기물공정시험법에 의거하여 용출시험 실시하였다. 원지반 준설토의 경우 1회, 시멘트 첨가 시료는 각각 2회 용출시험 실시하였다.

3.9 현장의 코어샘플 시료에 대한 배합시험

3.9.1 1차 코어샘플 시료의 배합조건 및 배합량

DCM이 적용될 현장지반의 14m 이상의 심도에 존재하는 준설토에 대해 DCM 배합에 따른 강도특성을 확인하고자 수행되었다. 이에 따라 코어샘플링을 통해 3개 심도에서 채취된 불교란 시료의 함수비와 유기물 함유량을 측정한 후 균질하게 교반하여 배합조건별로 3가지 배합조건별로 6개의 공시체를 조성하였으며, 각 배합비별 조성된 공시체에 대해 재령 7일 및 재령 28일 일축압축강도를 산출하였다.

DCM 공법을 적용한 개량체의 압축강도 특성

3.9.2 차 코어샘플 시료의 배합조건 및 배합량

2차 코어샘플 시료의 배합설계 시험은 3.4m의 표층부분과 10.4m 및 20.4m의 대심도에 DCM 배합설계를 할 경우 각각의 심도별 DCM 강도특성을 확인하기 위해 수행되었다. 3개 심도에서 채취된 불교란 시료는 각각 배합비 270kg/m³과 물-함수비(W/C) 0.7의 조건으로 각 심도의 시료당 6개의 공시체가 조성되었으며, 재령 7일과 재령 28일 강도 산출을 위해 각 조건당 3개 공시체에 대해 일축압축시험을 실시하여 평균 최대강도를 도출하였다.

3.10 추가 배합시험

DCM 기본 배합시험에서는 준설토, 시멘트 및 해수의 교반시간을 5분 이내로 설정하여 DCM 강도특성 시험을 수행하였다. 추가 배합시험에서는 준설토, 시멘트, 해수 등의 혼합시간을 10분 이상으로 연장하여 고화재료 혼합시 교반 시간에 따른 강도변화 특성을 분석하기 위해 수행되었다. 시험조건은, 각 조건당 9개의 공시체 제작 후 재령 7일, 14일, 28일에 대해 3개의 공시체의 일축압축강도 측정하여 평균값을 산출하였다.

4. DCM 배합시험 결과

4.1 유기물 함유량 시험

원지반 준설토에 대해 5개 지점의 시료를 무작위로 추출하여 유기물 함유량시험을 수행한 결과, 유기물은 15~21% 범위 내에서 다양하게 나타났으며, 평균 17% 이상의 높은 유기물 함유량을 나타내고 있는 것으로 확인되었다. 또한 코어장비로 심도 3~20m 까지의 준설토에 대해 조사한 결과, 대부분 15% 이상의 높은 유기질이 함유된 것으로 조사되었다.

Table 1 Results of organic content tests

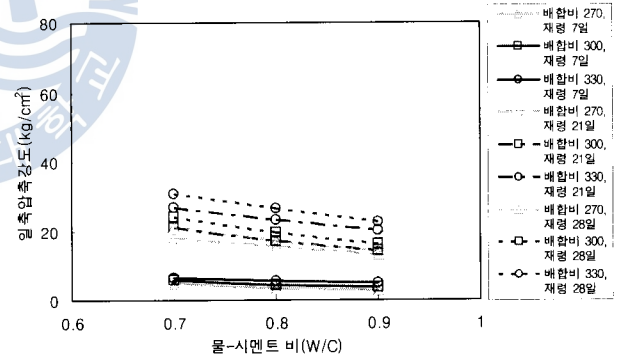
시료종류	No.	유기물 함량 (%)	평균치 (%)	비 고
원지반 준설토	Test 1	17.548	17.725	원지반 시료 무작위 추출
	Test 2	19.899		
	Test 3	15.180		
	Test 4	21.048		
	Test 5	14.953		
1차 코어샘플	Test 6(14.4m)	15.886	17.358	현장시료 채취
	Test 7(15.4m)	20.536		
	Test 8(19.4m)	15.652		
2차 코어샘플	Test 9(3.4m)	19.204	17.368	현장시료 채취
	Test 10(10.4m)	17.826		
	Test 11(20.4m)	15.075		
추가시험 시료	Test 12	13.951	14.243	원지반 시료
	Test 13	14.534		

4.2 원지반 시료와 함수비 조정 시료의 배합시험

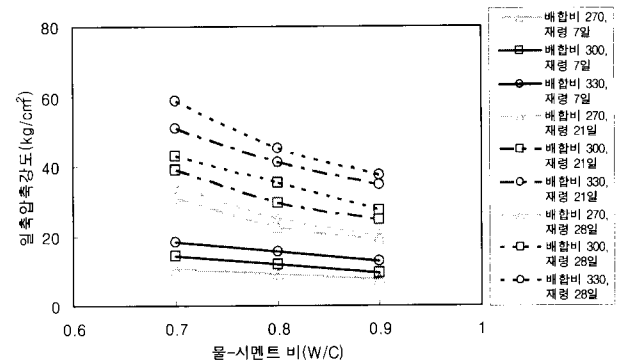
원지반 준설토를 이용하여 초기 함수비 상태에서 시멘트의 배합비와 물-시멘트비(W/C)에 따른 DCM 배합강도 특성을 조사한 결과, 재령일에 따른 강도특성은 함수비 110%일 때 재령 28일에서의 일축압축강도는 재령 7일에 비해 평균적으로 4.5배 정도 증가하는 것으로 나타났고, 함수비가 85%일 때는 재령 28일 강도가 재령 7일에 비해 평균 3배 정도 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 함수비가 55%일 때는 재령 7일 강도에 비해 재령 28일에서 평균적으로 2배 정도의 큰 강도를 보였다. 함수비에 따른 강도특성을 비교했을 경우, 함수비가 55%일 때의 일축압축강도는 함수비가 85%일 때보다 평균적으로 1.4배 정도 큰 강도를 나타내었고, 함수비가 85%일 때의 일축압축강도는 함수비가 110%일 때보다 평균 1.7배 정도 큰 강도를 나타내었다.

물-시멘트비에 따른 강도특성에서는 물-시멘트비가 0.7일 경우 0.8일 때 보다 평균적으로 1.3배 정도 큰 강도를 보였고, 물-시멘트비가 0.8이었을 때는 시멘트비가 0.9일 때 보다 평균 1.2배 정도 큰 강도를 보였다.

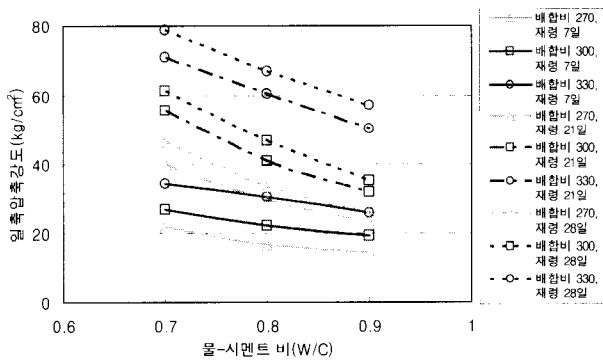
시멘트 배합량에 따른 특성은 시멘트 배합량이 270kg/m³일 때보다 300kg/m³일 경우의 일축압축강도가 평균적으로 1.3배 큰 강도를 보였고, 배합량이 330kg/m³인 경우에는 300kg/m³일 때보다 평균 1.4배 큰 강도를 보였다.



(a) water content of in-situ soil = 110%



(b) water content of in-situ soil = 85%

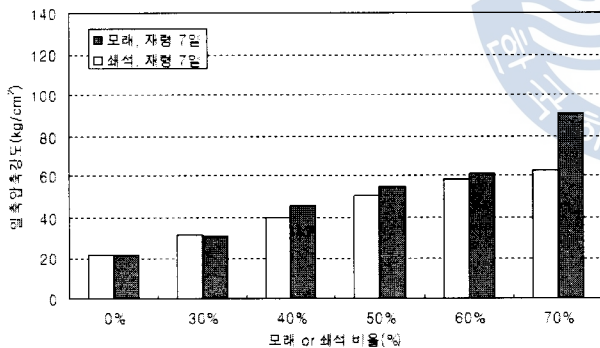


(c) water content of in-situ soil = 55%

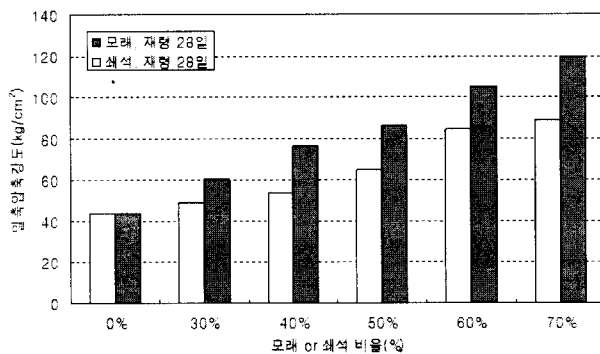
Fig. 3 Strength characteristic with water-cement ratio and initial water content of in-situ soil

4.3 모래 및 쇠석 적용시료의 배합시험

모래/쇠석을 일정비율로 원지반 준설토와 혼합한 기본 배합 시험의 결과, 모래 혼합시 재령 7일 강도에서는 혼합율이 30% 일 때와 70% 일 때 일축압축강도가 급격히 증가하였고, 재령 28일에서는 혼합율에 비례하여 강도가 증가하였다. 그리고 쇠석을 혼합하였을 경우에는 재령 7일, 28일 강도에서 혼합율이 50%일 때 강도증가의 폭이 가장 컸다. 강도특성을 살펴본 결과 쇠석 보다는 모래를 혼합했을 때 강도증가의 효과가 큰 것으로 나타났다.



(a) Unconfined compressive strength of specimen cured for 7 days



(b) Unconfined compressive strength of specimen cured for 28 days

Fig. 4 Unconfined compressive strength with mixing sand and debris

4.4 유기물 함유량에 따른 시험

유기물 함유량에 따른 DCM 강도특성을 확인하기 위한 시험 결과, 재령 7일에서는 유기물 함유량이 증가할수록 일축압축강도는 선형적으로 감소하였고, 재령 28일에서도 유사한 경향을 나타내었다. 그리고 재령 28일 강도가 재령 7일 강도보다 평균 2배 정도 큰 것으로 나타났다.

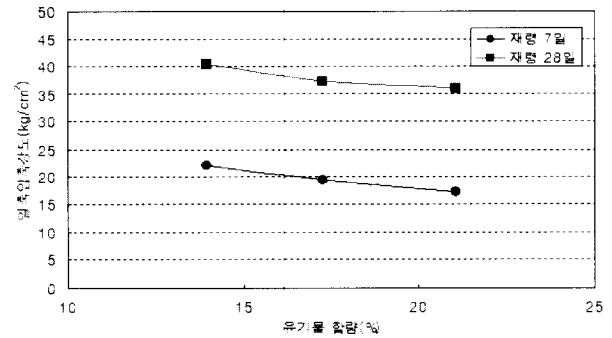


Fig. 5 Strength characteristic with organic content

4.5 시멘트 종류에 따른 강도 특성시험

시멘트 종류와 배합비에 따른 DCM 강도특성을 분석한 결과, 재령 28일에서 포항산과 광양산 고로슬래그시멘트의 DCM 강도특성은 거의 유사하게 나타났다. 하지만 동일한 배합비의 시멘트를 적용하였을 경우, 쏘일크리트가 여타의 고로슬래그시멘트보다 DCM의 재령 28일 강도는 1.45배~2배 가량 높게 나타났다.

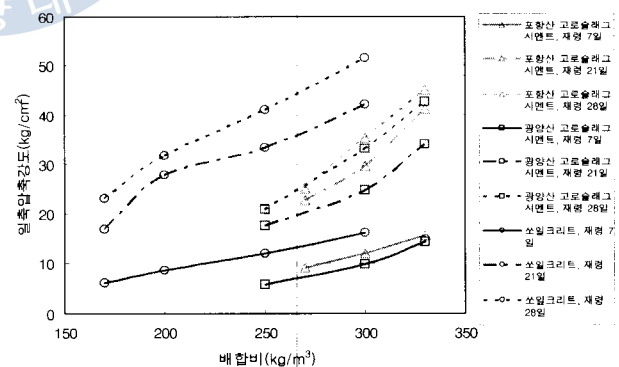


Fig. 6 Strength characteristic with type and mixing ratio of cements

4.6 배합시료의 용출시험

폐기물공정시험법에 의해 원지반, 시멘트A 및 시멘트B의 일축시험에 대한 중금속 용출시험을 수행한 결과, 모든 시료에 대해 중금속은 검출되지 않았다. 특히 모든 시편에서 Cr6+의 검출이 나타나지 않은 것으로 보아 시멘트계 고화재 사용에 따른 주변 환경의 영향성은 극히 미약할 것으로 판단된다.

Table 2 Results of dissolution test of in-situ dredged soils and proportion specimens

항 목	지정폐기물 유해물질 기준	시 료		
		원지반	시멘트 A (일축시편)	시멘트 B (일축시편)
Cu (mg/L)	3.0	ND	ND	ND
Pb (mg/L)	3.0	ND	ND	ND
Zn (mg/L)	-	ND	ND	ND
Ni (mg/L)	-	ND	ND	ND
Cr ⁶⁺ (mg/L)	1.5	ND	ND	ND
As (mg/L)	1.5	ND	ND	ND
Hg (mg/L)	0.005	ND	ND	ND
Cd (mg/L)	0.3	ND	ND	ND
CN (mg/L)	1.0	ND	ND	ND
TCE (mg/L)	0.3	ND	ND	ND
PCE (mg/L)	0.1	ND	ND	ND
유기인(mg/L)	1.0	ND	ND	ND
PCB(mg/L)	-	ND	ND	ND

4.7 DCM 현장의 코어샘플 시료에 대한 배합시험

4.7.1 1차 코어샘플 시료의 배합시험

DCM 현장에서 코어샘플링 장비를 이용하여 직접 채취한 3개의 불교란 시료에 대해 균질 혼합 후 시멘트 배합비에 따라 공시체를 조성한 결과, 시멘트의 배합비가 증가함에 따라 재령 28일 일축압축강도도 선형적으로 증가하는 경향이 나타났으며, 특히 배합비 220kg/m³부터 30kg/cm³ 이상의 높은 일축압축강도가 측정되었다.

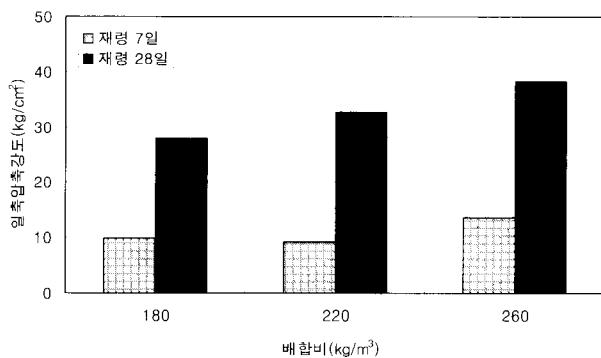


Fig. 7 Strength characteristic of first core sample specimens with mixing ratio

4.7.2 2차 코어샘플 시료의 배합시험

2차코어 샘플을 이용한 배합시험 결과, 심도별 시료의 초기 함수비에 따라 재령 28일 일축압축강도가 크게 변화하였으며, 재령 28일 강도는 재령 7일 강도보다 약 2배 증가하는 것으로

나타났다.

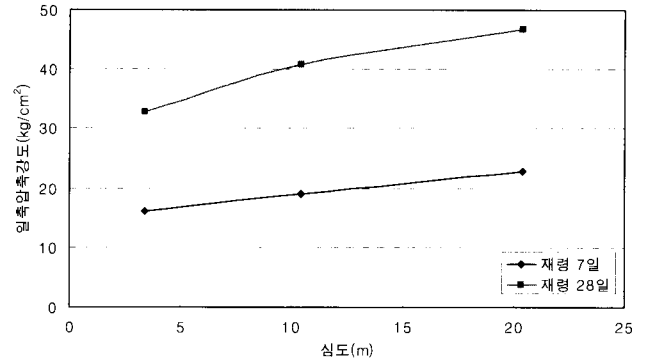
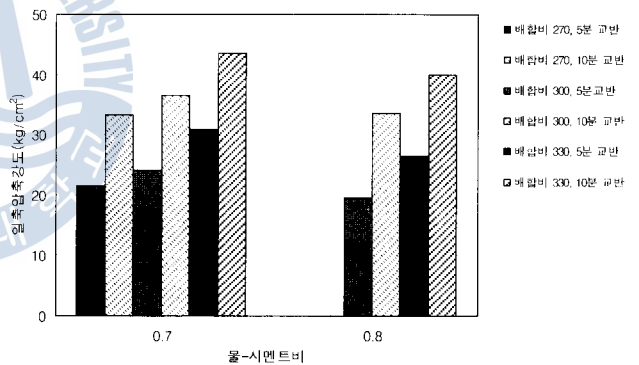


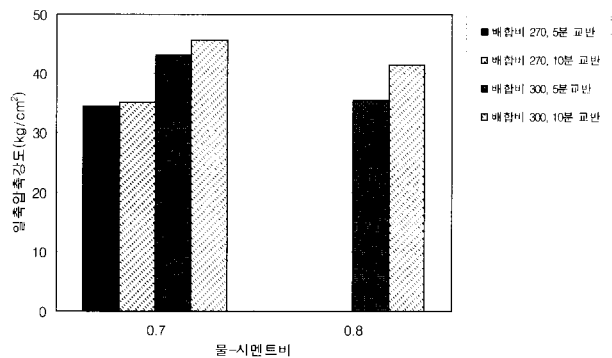
Fig. 8 Strength characteristic of second core sample specimens with mixing ratio

4.8 추가 배합시험

최종 추가시험 결과, 기존 실험에서 수행된 28일 일축압축 시험 결과보다 약 1.4배 증가하였으며, 최대 1.7배까지 증가한 결과가 나타났다. 이는 10분 이상의 혼합교반 시간의 증가로 인해 원지반 준설토와 시멘트간 균질한 혼합이 이루어졌기 때문으로 분석된다.



(a) water content of in-situ soil = 110%



(b) water content of in-situ soil = 85%

Fig. 9 Strength characteristic of additional tests with water-cement ratio and in-situ initial water contents

5. 결 론

본 논문은 DCM 공법의 일반적인 사항 및 국내의 현황을 분석하고 DCM 배합 설계에 영향을 미치는 다양한 인자(원지반의 함수비, 물-시멘트비(W/C), 시멘트 종류, 시멘트의 배합비, 유기물 함량, 모래/쇄석함유량 등)에 대한 검토를 실시하였다.

DCM 개량체의 일축압축 강도에 영향을 미치는 요소에 대한 배합설계 시험 결과는 다음과 같다

(1) DCM 개량체의 강도는 물-시멘트비(W/C)가 감소함에 따라 그리고 시멘트의 배합비가 증가함에 따라 일축압축강도가 거의 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다.

(2) DCM 개량체의 강도는 모래 및 쇄석의 혼합비율이 증가할수록 일축압축강도가 크게 증가 하였으며, 특히 쇄석보다 모래의 경우가 더욱 크게 증가 하는 것으로 나타났다.

(3) 유기물의 함유량이 증가할수록 DCM 개량체의 일축압축 강도가 감소하는 것으로 나타났다.

(4) 시멘트 종류에 따른 DCM 개량체의 일축압축강도는 포항산 및 과양산 고로슬래그시멘트에 대해서는 거의 유사하게 나타났다으며, 쏘일크리트에 대해서는 여타의 고로슬래그시멘트보다 약 1.4 ~ 2배가량 높게 나타났다.

(5) 배합시료에 대한 중금속 용출 시험을 수행한 결과 모든 시료에 대해 중금속 및 Cr+6의 검출이 나타나지 않은 것으로 보아 시멘트계 고화재 사용에 따른 주변 환경의 영향성은 극히 미약할 것으로 판단된다.

(6) 혼합시료의 교반시간이 DCM 개량체의 강도에 미치는 영향을 알아보기 위한 시험에서는 교반 시간이 증가함에 따라 DCM 개량체의 일축압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며 이는 교반시간의 증가로 인해 원지반 준설토와 시멘트가 균질한 혼합이 이루어졌기 때문으로 분석된다.

최근에 DCM공법은 장비개선과 기술의 발전으로 빠르게 발전이 진행하고 있다. 본 연구 결과와 추후 추가적인 현장시험을 통해 우리나라의 장비와 기술 그리고 우리나라의 해상 토질에 맞는 새로운 설계법에 대한 연구가 시급히 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 양태선, 정경환, 여봉구, 이상수, 2000: 심층혼합처리공법에서 설계기준강도와 변형계수에 관한 연구, 대한토목학회 2000년 학술발표회 논문집, pp.615-618
- [2] 이광열, 윤성태, 김성무, 한우선, 2007: 시공조건에 따른 심층혼합처리 개량체의 강도에 관한 연구, 한국지반공학회논문집 제23권 제7호, pp.99-104
- [3] 김영상, 허정원, 박옥주, 2005: 심층혼합처리지반에 설치된 안벽의 외적 안정성에 대한 신뢰성 해석, 대한토

목학회 2005년 학술발표회 논문집, pp.2104-2107

- [4] 채영수, 문한중, 2008: 분체계 심층혼합처리공법 시공 사례, 한국지반공학회논문집, 제24권 제3호, pp.44-53
- [5] 정경환, 신민식, 한경태, 김태효, 2006: DCM 공법의 현황과 향후 방향, 한국지반공학회 창립 22주년 기념 기술위원회 공동 학술세미나 논문집, pp.189-205
- [6] 정경환, 배종건, 정문식, 신민식, 한경태, 신평수, 2006: 경질지반용 DCM 특수교반날개의 개발에 관한 연구, 한국지반공학회 준설매립기술위원회 학술발표회 논문집, pp.193-206

원고접수일 : 2010년 01월 08일

원고채택일 : 2010년 02월 23일

