



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0120088
(43) 공개일자 2012년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E02D 3/12 (2006.01) E02D 3/10 (2006.01)
C09K 17/00 (2006.01) B09C 1/10 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0042193
(22) 출원일자 2012년04월23일
심사청구일자 2012년04월23일
(30) 우선권주장
1020110038043 2011년04월22일 대한민국(KR)

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 내
(72) 발명자
김대현
광주광역시 남구 주월동 호반베르디움2차아파트
202동 202호
이광기
대전광역시 서구 탄방동 969번지 202호
박경호
전라남도 여수시 미평동 삼익맨션 2동 105호
(74) 대리인
특허법인세신

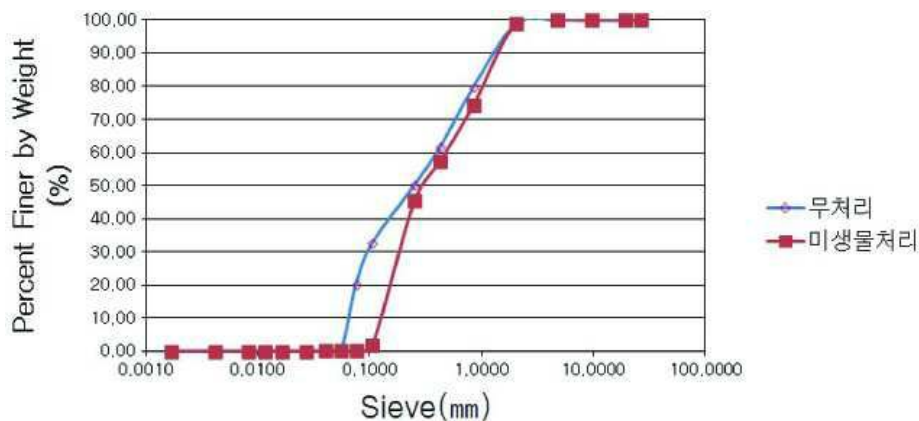
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 박테리아를 이용한 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도 향상 방법

(57) 요약

본 발명은 준설토에 박테리아 용액과 칼슘염 용액을 적용함으로써, 상기 박테리아 용액의 박테리아의 분해로부터 얻어지는 탄산염 이온과 상기 칼슘염 용액으로부터 얻어지는 칼슘 이온의 반응으로 생성되는 탄산칼슘이 준설토의 흙 입자에 부착되어 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 증가시키는 것인 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법 및 이러한 방법에 의하여 조성된 준설토 지반에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-0003391

부처명 교육과학기술부 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업-일반연구자지원사업-신진연구지원사업(연구비지원)

연구과제명 미생물을 이용한 흙의 고결화(Cementation) 특성 규명 및 지반개량 신공법 개발

주관기관 조선대학교

연구기간 2010.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

준설토에 박테리아 용액과 칼슘염 용액을 적용함으로써,

상기 박테리아 용액의 박테리아의 분해로부터 얻어지는 탄산염 이온과 상기 칼슘염 용액으로부터 얻어지는 칼슘 이온의 반응으로 생성되는 탄산칼슘이 준설토의 흙 입자에 부착되어 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 증가시키는 것인 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 박테리아 용액은 물, 박테리아 배지, 요소 및 박테리아 액을 배합하여 얻어지는 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 박테리아 용액은 박테리아 배지 0.2 내지 3.2 중량%, 요소 0.5 내지 8 중량%, 박테리아 농도가 10^4 내지 10^8 개/ml인 박테리아 액 0.3 내지 4.5 중량% 그리고 잔부인 물을 배합하여 얻어지는 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 박테리아 용액의 박테리아 농도는 10 내지 200 배의 고농도로 농축하여 사용하는 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 칼슘염 용액은 염화칼슘 용액인 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 칼슘염 용액은 물농도가 0.1 M 내지 5 M인 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 박테리아 용액 및 상기 칼슘염 용액은 상기 박테리아 용액의 부피 100에 대하여 상기 칼슘염 용액 30 내지 250의 부피비로 상기 준설토에 적용되는 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 박테리아는 호기성 박테리아인 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 준설토는 실트질, 사질 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군 중에서 선택된 토양인 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 실트질의 토양 입자는 0.002 mm 내지 0.075 mm 미만의 입경을 가지는 것을 특징으로 하는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항의 방법으로 조성된 준설토 기반.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 박테리아를 이용한 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 향상시키는 방법 및 이러한 방법으로 조성된 준설토 기반에 관한 것이다.

배경기술

[0002] [준설토의 의미 및 중요성]

[0003] 최근 국내의 항만 산업의 발달과 더불어 항로 개척 및 보수, 오염 해역의 정화, 수중 구조물의 건설 등과 관련되어 준설토는 빼놓을 수 없는 중요한 역할을 하고 있다. 준설토와 매립은 해양 및 항만 토목 분야와 연계된 공사로써 다루어지는 경우가 많으며, 항만 공사의 가장 근본이 된다고 할 수 있다.

[0004] 준설토는 목적 대상이 되는 공사나 용도가 다양한데, 항만 구역의 항로 확장 및 항로 확보를 위한 대규모 준설토 사업의 진행과, 방파제, 호안 축조, 매립 등의 연안 개발이 계속적으로 진행되고 있다. 이와 관련하여 바다의 공유 수면을 매립하기 위한 방법으로는 대형 준설토선 등을 이용하여 바다 밑의 준설토를 굴착, 운반하여 매립하는 방법 등이 주로 사용되고 있다.

[0005] [준설토의 침강 거동 특성]

[0006] 준설토선 내에서 펌프 이송된 준설토의 침강 거동은 "준설토 투입 → 침강 → 자중 압밀 → 지반 안정"의 네 단계를 거친다. 이러한 네 단계 중 "침강" 단계는 준설토의 매립시 공기에 가장 직접적인 영향을 미치고, 침강 단계에서 매립 토사의 침강 속도를 빠르게 하면, 직접적으로 공기가 단축될 뿐만 아니라, 결과적으로 시간적, 경제적으로 상당한 이익을 기대할 수 있게 된다.

[0007] [준설토 침강에 관한 기존의 연구]

[0008] 준설토의 침강과 관련된 기존의 국내외의 기술을 살펴 보면, 준설토에 응집제를 첨가함에 따라서 침강 속도는 눈에 띄게 증가하고, 준설토의 침강 속도에 미치는 인자는 첨가한 응집제의 농도, 함수비, 투기고 그리고 시험에 사용한 칼럼(column) 등이라는 것을 알 수 있다.

[0009] 이때, "준설토 투입 → 침강 → 자중 압밀 → 지반 안정"에 이르는 준설토의 침강 거동에 있어 침강이 끝난 후에 자중 압밀 단계에 들어서게 되는데, 종래의 응집제의 사용은 침강 속도를 개선시키는 데는 효과가 있었지만, 간접, 방해 침강으로 인하여 자중 압밀 단계에 들어서면서부터는 오히려 자중 압밀의 속도 개선에 있어서 역효과를 낳게 되는 것을 발견하게 되었다.

[0010] 또한, 침강 속도의 개선을 위해 화학적으로 새로운 응집 및 침강제의 개발을 위한 연구가 계속되고 있지만, 그 목적이 단순히 흙 입자의 침강을 촉진시키는 데만 집중되어 있고, 환경에 미치는 영향은 전혀 고려하고 있지 않는 실정이다.

[0011] 요약하면, 종래의 응집제가 첨가된 준설토는 초기 침강 속도는 빠르나, 일정 시간 경과 후 침하 속도가 지연되는 문제가 있으며, 또한, 준설토 매립 말기에 사용되는 응집제로 인하여 발생하는 부유 토사는 어업 및 양식업 등에 많은 피해를 주고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 개발된 것으로서, 항만 산업과 관련하여 매립 지반의 초기 및 장기적인 공기 단축을 이룰 수 있고, 건설 공사시 종래의 응집제 또는 침강제의 사용으로 인한 환경 문제를 해결할 수 있는, 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 향상시킬 수 있는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 상기 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 향상시키는 방법으로 조성된 준설토 기반을 제

공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기한 바와 같은 본 발명의 목적은
- [0015] 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법으로서,
- [0016] 상기 준설토에 박테리아 용액과 칼슘염 용액을 적용함으로써,
- [0017] 상기 박테리아 용액의 박테리아의 분해로부터 얻어지는 탄산염 이온과 상기 칼슘염 용액으로부터 얻어지는 칼슘 이온의 반응으로 생성되는 탄산칼슘이 준설토의 흙 입자에 부착되어 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 증가시키는 것인 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법에 의하여 달성된다.
- [0018] 바람직하게는, 상기 박테리아 용액은 물, 박테리아 배지, 요소 및 박테리아 액을 배합하여 얻어진다.
- [0019] 바람직하게는, 상기 박테리아 용액은 박테리아 배지 0.2 내지 3.2 중량%, 요소 0.5 내지 8 중량%, 박테리아 농도가 10^4 내지 10^8 개/ml인 박테리아 액 0.3 내지 4.5 중량% 그리고 잔부인 물을 배합하여 얻어진다.
- [0020] 바람직하게는, 상기 박테리아 용액의 박테리아 농도는 10 내지 200 배의 고농도로 농축하여 사용한다.
- [0021] 바람직하게는, 상기 칼슘염 용액은 염화칼슘 용액이다.
- [0022] 바람직하게는, 상기 칼슘염 용액은 물농도가 0.1 M 내지 5 M이다.
- [0023] 바람직하게는, 상기 박테리아 용액 및 상기 칼슘염 용액은 상기 박테리아 용액의 부피 100에 대하여 상기 칼슘염 용액 30 내지 250의 부피비로 상기 준설토에 적용된다.
- [0024] 바람직하게는, 상기 박테리아는 호기성 박테리아이다.
- [0025] 바람직하게는, 상기 준설토는 실트질, 사질 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군 중에서 선택된 토양이다.
- [0026] 바람직하게는, 상기 실트질의 토양 입자는 0.002 mm 내지 0.075 mm 미만의 입경을 가지는 것이다.
- [0027] 또한, 상기한 바와 같은 본 발명의 목적은 상기한 바와 같은 본 발명의 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 향상 방법으로 조성물 준설토 지반에 의하여 달성된다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명에 따른 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 향상시키는 방법은, 흙 입자에 포함되는 요소를 먹이로 삼아 생식할 수 있는 박테리아를 함유하는 박테리아 용액과 칼슘 이온을 함유하는 칼슘염 용액을 준설토에 적용함으로써, 상기 박테리아 용액 내의 박테리아의 분해로부터 얻어지는 탄산염 이온과 상기 칼슘염 용액으로부터 얻어지는 칼슘 이온의 반응으로 생성되는 탄산칼슘이 준설토의 흙 입자에 부착되어 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 증가시킨다.
- [0029] 또한, 이러한 본 발명에 따른 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 향상시키는 방법에 의하면, 준설토 침강의 공기를 크게 단축시킬 수 있으며, 또한, 박테리아와 칼슘염을 준설토 내에 첨가함으로써 생물학적인 반응이 유도되어 건설공사 시 기존의 응집제 또는 침강제의 사용으로 인한 환경 문제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 실트 시험 시료에 대하여 체분석 결과를 도시한 것이다.
- 도 2a는 미생물 용액로 처리된 실트 시료(실시예 1)의 단면 사진이고, 도 2b는 무처리 실트 시료(비교예 1)의 단면 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본 발명자들은 해상에서 준설토, 매립되는 해상 점토의 침강 거동과 관련하여, 응집제의 첨가, 함수비의 변화, 투기 높이 변화 등을 이용해, 준설토의 침강 속도를 개선하고자 하였던 종래의 기술에서 개선할 사항 등을 고려하여, 박테리아와 칼슘염을 준설토에 첨가하여 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 개선하고 준설토 지반을 고결화할 수 있었다.

- [0032] 1. 준설토의 선정
- [0033] 본 발명의 방법은 사질, 실트질 또는 이들의 혼합물로 이루어진 군 중에서 선택되는 토양으로 이루어진 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도를 개선한다.
- [0034] 이에 본 발명의 방법의 구체적인 실시예에 있어서, 공학적 특성이 다른 실트질 준설토, 모래질 준설토, 혼합토(실트질 + 모래질 준설토), 소성 준설토 및 비소성 준설토에 대한 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 개선 등을 확인한다.
- [0035] 2. 박테리아 용액의 준비
- [0036] 2.1 사용 박테리아
- [0037] 본 발명에서는 준설토의 응집 (coagulation) 및 고결화 (cementation)를 유발시켜 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 개선에 기여할 수 있는 모든 박테리아를 사용할 수 있다. 바람직하게는 호기성 박테리아를 사용할 수 있다. 특히, 흙 입자에 포함되는 요소를 먹이로 삼아 생식할 수 있는 박테리아를 사용할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 방법의 구체적인 실시예에 있어서는, *Sporosarcina pasteurii*라는 균으로서, 한국생명공학연구원 생물자원센터에서 균 배양체로 분양을 받아서 사용한다.
- [0039] 2.2 일반 농도 처리 박테리아 용액 제조
- [0040] 먼저, 증류수 900ml 메스실린더에 담아서 비커에 넣고 시료 교반기 위에 놓고 속도를 조절한다.
- [0041] 그 다음 박테리아 배지 0.2 내지 3.2%(용액 1000ml 기준으로 2 내지 32g 넣음)를 비커에 넣고 섞는다.
- [0042] 그 다음, 요소(Urea) 0.5 내지 8%(용액 1000ml 기준으로 5 내지 80g 넣음)를 비커에 넣고 섞는다.
- [0043] 그 다음 섞어진 박테리아 배지 용액 900ml를 다시 메스실린더에 담아 1000ml를 만든다.
- [0044] 그 다음 삼각플라스크에 담긴 1000ml 배지 용액을 각각 호일을 이용하여 막고 멸균기에서 121도에서 15분간 멸균시켜 영양 배지를 만든다(멸균 과정에서 습기가 위로 올라와서 폭발하게 되는 것을 방지하기 위해서 호일로 감싼다).
- [0045] 그 다음, 멸균된 영양 배지 1000ml를 클린벤치로 가져온 후, 기존에 있던 박테리아 액(박테리아 농도 : 10^4 내지 10^8 개/ml, 바람직하게는 약 10^6 개/ml) 0.3 내지 4.5%(용액 1000ml 기준으로 3 내지 45g 넣음)를 상기 멸균된 영양 배지에 접종시킨다 (만약 1000ml를 접종한다면 5000 μ l의 스포이드로 두번 접종을 하면 1%인 10ml가 접종된다).
- [0046] 그 다음 접종한 1000ml의 삼각 플라스크를 인큐베이터에 넣고 24시간 정도 온도 30 °C에서 rpm 180으로 교반하면서 박테리아를 키워 박테리아 용액을 얻는다.
- [0047] 2.3 고농도 처리 박테리아 용액 제조
- [0048] 상기 2.2에서 설명된 절차에 따라 얻어진 일반 농도 처리 박테리아 용액 2L를 만들어 1L씩 부어 저울을 이용하여 수평을 맞춘다.
- [0049] 수평을 맞춘 용액을 원심분리기에 넣고 온도 4 °C와 rpm 6000에서 10분간 회전을 시켜서 용액 안에 존재하는 박테리아를 농축시킨다.
- [0050] 바람직한 고농도 처리 박테리아 용액의 농축 비율은 10 내지 200배, 보다 바람직하게는 20 내지 100배, 더 좋게는 40 내지 50 배 정도이다. 농축 비율을 위와 같이 설정한 이유는 200배 이상에서는 박테리아의 입자가 너무 적은 양으로 한곳으로 모으면 박테리아 균이 스트레스를 받아 짧은 시간에 세포가 많이 죽고, 10배 미만에서는 농축의 효과를 볼 수 없기 때문이다.

- [0051] 농축 방법은 1000ml 박테리아 용액을 원심분리로 사용하여 농축을 시키면 박테리아의 입자들이 한곳으로 모이고, 이때 용액들은 모두 버리고 농축된 박테리아 세포들에게 스포이드를 이용하여 다시 풀어주게 되는데, 풀어줄 때 몇 ml로 만드냐에 따라서 용액의 배율이 정해진다. 즉, 1000ml 농축 후 용액을 버리고 새로운 영양배지 용액으로 농축된 입자들에게 스포이드로 쏘아서 25ml를 만드면 40배가 되게 된다.
- [0052] 바람직한 실시예에서, 묻쳐 있는 박테리아를 스포이드로 이용하여 배양액을 뿌려 줌으로써 농도를 결정할 수 있는데 1L 박테리아 용액을 농축된 25ml로 만들어 사용하여 약 40배의 농도로 농축다.
- [0053] 3. 칼슘염 용액의 준비
- [0054] 본 발명에서 사용되는 칼슘염 용액에 있어서의 칼슘염으로는 물에 녹아 칼슘 이온을 내놓을 수 있는 것이라면 어떠한 형태이건 사용할 수 있다.
- [0055] 이러한 칼슘염 용액은 칼슘염의 농도가 0.1M 내지 5M인 것이 바람직하다. 이렇게 칼슘염 용액의 농도 범위를 설정한 이유는 칼슘염의 농도가 0.1M 미만에서는 칼슘염 수용액에 녹아있는 칼슘의 양이 적으므로 고농도처리 박테리아 용액과 반응시 탄산칼슘의 생성이 잘 나타나지 않으며, 5M를 초과하면 칼슘염 수용액과 고농도처리 박테리아 용액이 반응하는 정도가 한정되어 있어 탄산칼슘의 양이 더 이상 증가하지 않기 때문이다.
- [0056] 본 발명의 방법의 구체적인 실시예에 있어서는, 칼슘염으로서 염화칼슘을 사용한다.
- [0057] 4. 박테리아 용액과 염화칼슘 용액의 준설토에 대한 적용
- [0058] 상기 2. 및 3.에서 각각 준비된 박테리아 용액 및 염화칼슘 용액을 상기 1.에서 설명한 준설토에 적용한다.
- [0059] 즉, 박테리아 용액 및 염화칼슘 용액을 상기 박테리아 용액의 부피 100에 대하여 상기 칼슘염 용액 30 내지 250의 부피비로 상기 준설토에 적용한다.
- [0060] 본 발명의 방법의 구체적인 실시예에 있어서, 박테리아 용액은 박테리아 배지 0.8%, 요소(Urea) 2%, 기준에 있던 박테리아 액(박테리아 농도 : 10^4 내지 10^8 개/ml) 1% 및 잔부인 물을 포함시켜 제조한다 (이하의 표에서는 "일반 농도"로 표시됨). 또한, 이렇게 제조된 박테리아 용액을 40배 농축시켜 농축 박테리아 용액을 제조한다 (이하의 표에서는 "고농도"로 표시됨). 또한, 염화칼슘 용액은 농도가 0.7M인 것을 제조한다. 그리고, 박테리아 용액 및 염화칼슘 용액을 상기 박테리아 용액의 부피 100에 대하여 상기 칼슘염 용액 100의 부피비로, 즉 상기 박테리아 용액과 염화칼슘 용액은 1:1의 부피비로 상기 준설토에 적용한다. 보다 구체적으로는, 아래의 실시예 1에 있어 실행되는 기본적인 물성치 실험을 통해 185.6g을 사용할 때에 최적의 함수비가 약 22ml 이므로 박테리아 용액 및 염화칼슘 용액을 각각 25ml : 25ml 로 사용하였다. 모래는 기본적인 물성치 실험을 통해 371.3g을 사용할 때에 최적 함수비가 약 50ml 이므로 박테리아 용액 및 염화칼슘 용액을 각각 50ml : 50ml 로 사용하였다.
- [0061] 5. 흙의 고결화 특성
- [0062] 5.1 흙의 고결화(cementation) 개념
- [0063] 흙의 고결화 (Cementation)는 교결 작용, 또는 퇴적물이 퇴적암으로 되는 속성 작용이라고 한다. 이러한 고결화는 지하수가 공극을 통하여 이동할 때, 고결물 (Cement)이라고 부르는 고형 물질들이 공극 내에 침전되어 미고결의 퇴적물 입자들을 서로 묶어주어 흙 입자들을 단단하게 형성하도록 한다. 이러한 고결물은 입자들에 매우 단단하게 부착되어 단단한 틀 속에 이들 입자들을 고정시키는 역할을 한다. 고결물이 공극을 부분적으로 채우거나 거의 완전히 충전함에 따라 전체의 공극률은 더욱 감소하게 되어 미고결 입자들이 단단하게 되는 과정이 된다. 보통 볼 수 있는 고결 물질은 탄산석회 등이 대부분이 이미 순환수에 녹아서 퇴적물로 흙 입자와 입자 사이를 경화시킨다.
- [0064] 5.2. 박테리아를 이용한 흙의 응집(Coagulation)과 고결화(Cementation)

- [0065] 박테리아를 이용한 흙의 고결화는 토립자와 토립자 사이에 탄산칼슘(CaCO_3)를 생성하여 토립자들을 서로 응집하고 고결화시켜 토립자의 침강속도를 크게 개선시킨다.
- [0066] 박테리아 생장에 있어서, 무엇보다 중요한 것은 박테리아가 오랫동안 물 속에서 생활할 수 있게 해주는 요소 및 영양 배지 (박테리아 배지)이다. 박테리아는 생물이므로, 생장에 필요한 다양한 조건, 예를 들면, 적절한 온도, 토양의 pH를 맞추어야 한다. 적절한 조건을 통해서 박테리아가 우레아제 반응을 통해 탄산염(CO_3^{2-})의 생성량을 증가시켜 실질적으로 칼슘염과 반응하는 양을 증가시킴으로써, 최종적으로 입자 간에 존재하는 탄산칼슘(CaCO_3)의 생성량을 증가시켜, 준설토의 입자의 침강 속도를 증가시키고 자중 압밀 속도를 증가시킨다.
- [0067] 5.3 박테리아와 침강제의 반응의 탄산칼슘 생성 매커니즘
- [0068] 박테리아를 이용한 준설토의 고결화는 박테리아의 성장 반응을 통한 결과라고 할 수 있다. 본 발명에서는 박테리아를 배양하기 위해 배양 배지를 만들었으며, 배양 배지는 영양 배지(Nutrient broth)와 요소의 혼합물을 섞어서 사용하였다.
- [0069] 박테리아는 흙 입자에 포함되는 요소(Urea)를 먹이로 삼아 생식하는데, 이 생식 활동의 과정에서 박테리아는 요소의 분해 효소를 통해 영양분을 섭취하고 탄산염(CO_3^{2-})과 두개의 암모늄(2NH_4^+)이 생성된다.
- [0070]
$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2\text{NH}_4^+$$
- [0071] 이러한 박테리아의 작용 중에 침강제인 칼슘염, 예컨대, 염화 칼슘 (CaCl_2)을 첨가하면, 침강제의 칼슘 이온(Ca^{2+})이 반응하여 탄산 칼슘(CaCO_3)을 형성하고 침강한다.
- [0072]
$$\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow$$
- [0073] 결론적으로, 흙 입자 내에 생성된 탄산칼슘은 흙 입자 사이의 공극을 메우고, 흙 입자의 중량을 증가시켜 준설토의 침강 속도를 향상시키게 된다.
- [0074] 6. 박테리아를 이용한 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 영향을 주는 인자들
- [0075] 박테리아 용액의 pH, 준설토 입자의 크기 및 공극비, 준설토의 종류, 수분 함량, 온도 등이 준설토의 침강 속도 및 자중 압밀 속도에 영향을 미치는 인자라는 것을 실험을 통해 알 수 있다.
- [0076] 7. 박테리아 고결화 특성 규명을 위한 실내시험
- [0077] 박테리아를 이용한 흙의 고결화는 아직 전 세계적으로 초기 단계에 머무고 있으며, 지반 공학 분야 이외에도 다양한 분야에서 폭 넓게 활용되고 있다. 박테리아를 이용한 고결화는 입자와 입자 사이에 비어 있는 공간에 박테리아가 직접 침투하여 지반과 지반 사이의 공극을 보다 더 조밀하게 채워주는 역할을 하여 강도의 증가가 발생한다.
- [0078] 본 발명에 따른 박테리아 혼합 용액을 사용함으로써, 준설토의 흙 성질이 개선되고 탄산칼슘의 생성량이 증가되어 침강 속도 및 자중 압밀 속도가 증가한다는 것을 실험을 통해 확인하였다.
- [0079] 본 발명에서는 기초 물성 시험으로 비중 시험, 입도 시험, 액성 및 소성 한계 시험을 실시하였으며, XRD 시험 및 주사전자현미경 분석을 실시하였다.
- [0080] 7.1.1 실트 시험 시료 배합비
- [0081] 본 발명에 사용된 실트 시험 시료의 배합비는 다짐 시험을 통해 얻어진 최적 함수비 11.6% 기준으로 박테리아 용액 및 염화칼슘 용액을 첨가했으며, 상대 밀도 70%를 맞추어 시험을 실시하였다.

표 1

실트 시험 시료 배합비(단위:g)

시료	재령비	Soil	염화칼슘용액	박테리아용액	물
실트	무처리 7일	185.6	-	-	50
	일반농도처리 7일	185.6	25	25	-

도 1은 상기 표 1의 실트 시험시료에 대하여 체분석을 실시한 결과를 도시한 것이다. 무처리 후 7일이 경과한 시료와 본 발명의 일반농도 용액을 처리하여 7일을 경과한 시료의 통과율 80%, 60%, 50%에 대하여 각각 비교해 보면, 본 발명의 용액을 처리한 흙 입자가 더 큰 체에 걸러지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 미생물 용액의 고결화 반응으로 인해 흙 입자가 커진 것을 확인해 준다.

7.1.2 비중계 시험(실시에 1)

본 발명에서는 박테리아와 염화칼슘의 결합으로 탄산칼슘이 형성된 흙 입자의 침강 속도를 분석하기 위해 비중계시험을 실시하였다. 진행 순서를 다음과 같다.

시험에 사용할 시료를 위와 같이 준비한다. 실트 시료는 곡성 심기천에서 채취한 시료이며, 공시체(#200)에 실트 시료를 통과시켜서 준비한다.

그 다음, 준비된 실트 시료에 박테리아 용액과 염화칼슘 용액을 결합시킨다.

시료, 박테리아 용액, 염화칼슘 용액의 혼합으로 탄산칼슘이 생성되도록 일정시간(7일간) 인큐베이터에서 방치하여 고결화시킨다.

고결화된 시료는 포켓관입시험기로 강도를 측정하였다. 측정 결과 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서도 표면 파괴가 발생하지 않았다. 고결화된 실트 시료의 단면 사진을 도 2a에 나타내었다.

고결화되어 탄산칼슘이 생성되었다고 판단된 시료를 메스실린더에 넣고, 물을 900ml까지 채운다.

다음, 메스실린더의 입구를 막고 1분 동안 30 회 뒤집는다.

메스실린더에 증류수를 1000ml까지 채운 후 비중계를 넣고, 비중계의 눈금을 읽는다(소수부분만).

그 후에, 1, 2, 5, 15, 30, 60, 240, 1440 분 시간이 경과할 때마다 소수점이하의 부분을 기록한다.

시험이 끝나면 온도를 측정한다.

침강이 종료된 후, 본 발명에 따른 시료의 침강속도를 측정하여 아래 표 2에 나타내었다.

7.1.3 비중계 시험(비교예 1)

상기 실시예 1과 동일하게 실트 시료를 준비한 후, 상기 실시예 1의 박테리아 용액 및 염화칼슘 용액과 동일한 양의 물을 혼합하여 무처리 실트 시료를 제조한다. 상기 무처리 실트 시료를 7일 동안 인큐베이터에 방치한다. 7일 경과 후 포켓관입시험기로 시료의 강도를 측정하였다. 측정 결과 $0.35\text{kg}/\text{cm}^2$ 에서 표면 파괴가 발생하였다. 무처리 실트 시료의 단면 사진을 도 2b에 나타내었다.

또한 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 시료의 침강 속도를 측정하였다.

[0099] 측정된 무처리시료의 침강속도를 아래 표 2에 나타내었다.

표 2

[0100]

분	비교예 1	실시예 1
1	0.0475	0.0455
2	0.0415	0.0385
5	0.0305	0.0195
15	0.0165	0.0025
30	0.0015	0.0005
60	0.0015	0.0005
240	0.0015	0.0005
1440	0.0005	0.0005

[0101] 무처리 시료의 경우 강도가 현저히 낮으며, 시료의 단면이 본 발명의 시료의 단면과 비교하여 공극이 많은 것이 관찰되었다.

[0102] 또한 상기 표 2를 보면, 실트질 시료에 미생물 용액과 염화칼슘 용액을 첨가하여 일정시간 고결화시킨 시료(실시예 1)는, 흡입자 침강시험 결과 30분 경과 후 점토질 성분과 물이 층을 이루어 침강이 거의 완료된 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 무처리 실트 시료(비교예 1)의 경우 1000분이 경과한 후에 침강이 완료된 것을 확인할 수 있었다.

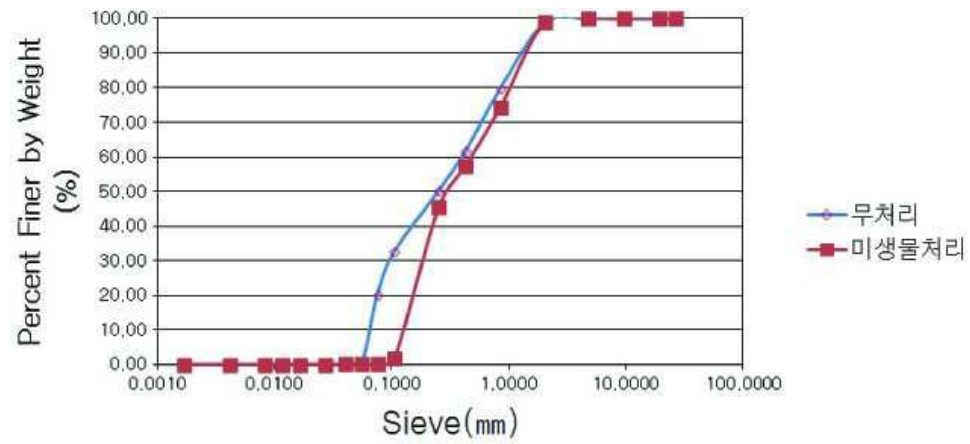
[0103] 8. 결론

[0104] 본 발명은 박테리아 용액과 칼슘염 용액을 혼합하여 준설토에 첨가한 결과, 흡입자에 부착되는 탄산칼슘의 양이 증가함으로써, 준설토의 침강 속도가 증가하고 또한 자중 압밀 속도가 현저히 개선되는 것을 확인할 수 있다.

[0105] 본 발명에 의하여 준설토 매립시 박테리아를 통한 침강 속도 및 자중 압밀 속도의 증가를 확인함으로써, 해양 산업에서 준설토 매립 공기를 단축시켜 직접적인 경제적인 이익을 기대할 수 있고, 또한, 본 발명은 생물학적 반응을 유도하여 탄산칼슘을 형성하여 준설토의 고결화를 이룩함으로써 종래의 응집제의 사용으로 인해 환경오염의 문제를 해결할 수 있다.

도면

도면1



도면2a



도면2b

