



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월28일
 (11) 등록번호 10-1466563
 (24) 등록일자 2014년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 E02D 3/00 (2006.01) E02D 3/10 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0123482
 (22) 출원일자 2012년11월02일
 심사청구일자 2012년11월02일
 (65) 공개번호 10-2014-0056963
 (43) 공개일자 2014년05월12일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020110002175 A*
 JP06088301 A*
 JP2001226998 A*
 JP61049031 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국해양과학기술원
 경기도 안산시 상록구 해안로 787 (사동)
 (72) 발명자
 윤길립
 경기도 수원시 영통구 웰빙타운로 20 (이의동, 호
 반가든하임) 8301동 101호
 (74) 대리인
 진천웅, 조현동, 정종욱

전체 청구항 수 : 총 6 항

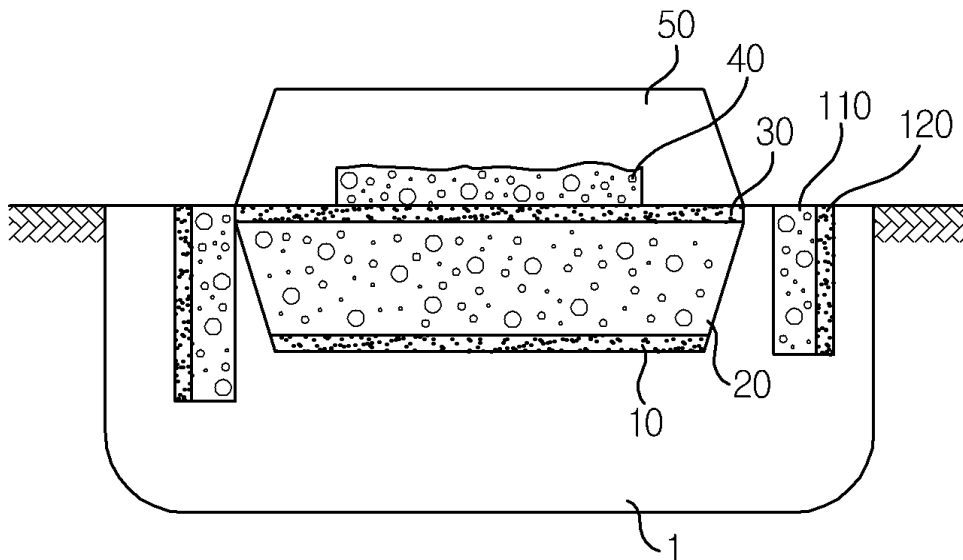
심사관 : 경노현

(54) 발명의 명칭 **경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법**

(57) 요약

본 발명은 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법에 대한 것으로, 특히 연약지반 하단에 시멘트기반층을 형성하는 단계; 상기 시멘트기반층 상에 경량혼합토를 적층하여 경량기반층을 형성하는 단계; 상기 경량기반층 상에 시멘트고화표층을 형성하는 단계; 상기 시멘트고화표층 상에 경량혼합토를 적층하여 경량성토층을 형성하는 단계; 및 상기 경량성토층 상에 토사를 적층하는 단계;를 포함하여, 경량층과 시멘트층이 교차로 적층된 구조를 가지는 연약지반 개량 성토층을 형성하는 것이 특징이며, 이를 통하여 연약지반에 미치는 하중을 경감시키는 것과 함께 연약지반의 지지능력을 높일 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PE98817

부처명 교과부

연구관리전문기관 기초기술연구회

연구사업명 한국해양연구원 연구 운영비 지원

연구과제명 해상풍력 지지구조물 건설기술 개발 연구

기 여 율 1/1

주관기관 한국해양과학기술원

연구기간 2012.03.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

연약지반 하단에 시멘트 또는 시멘트 몰탈을 이용하여 시멘트기반층을 형성하는 단계;
 상기 시멘트기반층 상에 경량혼합토를 적층하여 경량기반층을 형성하는 단계;
 상기 경량기반층 상에 시멘트 또는 시멘트 몰탈을 이용하여 시멘트고화표층을 형성하는 단계;
 상기 시멘트고화표층 상에 경량혼합토를 적층하여 경량성토층을 형성하는 단계; 및
 상기 경량성토층 상에 토사를 적층하는 단계;를 포함하여,
 경량층과 시멘트층이 교대로 적층된 구조를 형성하고
 상기 연약지반 측단에 수직방향으로 트렌치(trench)를 굴착하고, 상기 굴착한 트렌치에 경량혼합토를 타설하여 진동이나 소음 저감용 경량트렌치부를 형성하는 단계;를 더 포함하며
 상기 경량트렌치부를 형성하는 단계는,
 상기 굴착한 트렌치의 일 측면에 시멘트를 타설하여 시멘트측단부를 형성하는 것을 포함하며,
 상기 경량혼합토는 기포혼합경량토 및 타이어혼합경량토 중에서 하나 이상이 선택된 것임을 특징으로 하는 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 시멘트기반층, 경량기반층 및 시멘트고화표층은 지표면 아래에 위치하는 것을 특징으로 하는 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 시멘트기반층과 시멘트고화표층은 50~100cm 범위 내의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 시멘트측단부는 경량트렌치부를 중심으로 연약지반의 반대편에 위치하는 것을 특징으로 하는 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기포혼합경량토는 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 공기로 이루어지고, 상기 타이어혼합경량토는 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 페타이어 분말로 이루어진 것을 특징으로 하는 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

연약지반 하단에 시멘트 또는 시멘트 몰탈을 이용하여 형성된 시멘트기반층;

상기 시멘트기반층 상에 경량혼합토가 적층되어 형성된 경량기반층;

상기 경량기반층 상에 시멘트 또는 시멘트 몰탈을 이용하여 형성된 시멘트고화표층;

상기 시멘트고화표층 상에 경량혼합토가 적층되어 형성된 경량성토층;

상기 경량성토층 상에 토사가 적층되어 형성된 성토층; 및

상기 연약지반 측단에 수직방향으로 트렌치(trench)를 굴착하고, 상기 굴착한 트렌치에 경량혼합토를 타설하여 진동이나 소음 저감용 경량트렌치부를 포함하며,

경량층과 시멘트층이 교대로 적층된 구조를 형성하는 것을 특징으로 하고,

상기 경량트렌치부는,

상기 굴착한 트렌치의 일 측면에 시멘트를 타설하여 시멘트측단부를 형성하는 것을 포함하며,

상기 경량혼합토는 기포혼합경량토 및 타이어혼합경량토 중에서 하나 이상이 선택되는 경량 혼합토를 포함하는 연약지반 개량 성토층.

청구항 12

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 연약지반 보강구조 및 이것의 조성 및 개량방법에 대한 것으로, 더욱 상세하게는 경량혼합토를 이용하는 연약지반의 개량 방법에 대한 것이며, 특히 현장에서 발생되는 토사를 활용하여 경량성토제로 이용함으로써, 연약지반에 미치는 하중을 경감시키는 것과 함께 연약지반의 지지능력을 높일 수 있는 연약지반 개량 방법, 이에 따른 연약지반 개량층 및 이를 위한 경량혼합토에 대한 것이다.

배경기술

- [0002] 일반적으로 해안이나 하천, 호수 등의 지역에서 간척이나 준설 또는 매립에 의하여 조성하는 지역은 그 지표면이 물과 점성토 또는 물과 땀이 혼합된 습지를 형성하고 있을 뿐만 아니라, 지반의 내부에는 간극수를 내재하여 지반의 전체적인 강도가 매우 약하게 되는 연약지반을 형성하게 되므로, 이와 같은 지역을 공업지역이나 상업지역으로 활용하기 위해서는 연약지반을 부지활용도에 적합하도록 개량하는 작업이 선행되어야 한다.
- [0003] 상기와 같이 연약지반을 개량하기 위한 공법에는, 샌드 드레인(Sand drain)공법이나 페이퍼 드레인(Paper drain)공법과 같이 모래기둥이나 드레인 페이퍼보드(Paper board)를 케이싱에 의하여 지반에 삽입시켜 지중의 간극수를 지표면으로 배출시키므로서 연약지반의 압밀을 촉진시키도록 한 수직배수공법과, 모래다짐말뚝을 지반에 형성시켜 지중 간극수의 배출과 함께 지반의 지지력을 보강시키도록 한 샌드 컴팩션 파일(Sand compaction pile)공법과, 산토(山土)매립 등에 의한 굴착지환공법, 또는 시멘트를 이용한 흙과 혼합하는 시멘트처리공법과 같은 여러 가지의 공법들이 현장여건에 따라 다양하게 채택되어 사용되고 있으며, 특히 넓은 지역의 개량공법에는 상기한 수직배수공법이 공사비에 대한 경제성을 이유로 매우 널리 사용된다.
- [0004] 상기와 같은 연약지반의 개량공법을 시행하기 위해서는 각종 중장비와 많은 량의 기자재들이 연약지반상에 반입되어야 하기 때문에 일차적으로 연약지반의 지표면을 먼저 보강하여야 하며, 이에 주로 사용되는 방법으로는 연약지반의 지표면에 트렌치(Trench: 도랑)를 형성시켜 지표면의 수분을 자연건조시키는 방법과, 연약지반의 지표면상에 고장력 특수매트(Gio-grid, Gio-mat, Polyester mat 등)를 깔거나 불도우저로 모래를 밀어서 연약지반상에 모래를 포설시키는 방법과, 상기의 특수매트가 부설된 연약지반의 지표면상에 고압펌프를 이용하여 모래를 물과 함께 살포하는 방법이 사용된다.
- [0005] 그러나, 상기와 같은 종래의 연약지반 보강공법중에서 트렌치에 의한 자연건조방법은, 각종 중장비의 진입이 가능할 정도로 연약지반의 표면을 건조시키는데 매우 많은 시간이 소요되므로 공사기간의 과도한 지연을 초래하게 되는 문제점이 있고, 지표면의 건조가 이루어진 연약지반의 개량에 상기한 수직배수공법을 적용시킬 경우에는 모래기둥이나 드레인 페이퍼가 배출한 지중 간극수의 배수를 위하여 수평배수용 모래층을 지표면상에 별도로 부설하여야 하므로서 공사비용이 과도하게 소요되는 문제점이 있었으며, 트렌치의 심도(深度) 및 경사각도에 대한 제한뿐만 아니라 지역에 따른 기후의 영향을 매우 심하게 받는 문제점이 있다.
- [0006] 또한, 종래의 연약지반 보강공법중에서 고장력 매트와 불도우저를 이용하는 모래포설방법은, 연약지반의 지표면상에 15ton/m^2 (1.5kg/cm^2)의 높은 인장강도를 가지는 고장력 매트를 일차적으로 부설시킨다 하더라도 연약지반의 자체의 지지능력이 매우 약하기 때문에, 연약지반의 내부로 진입된 불도우저의 자중에 의하여 연약지반이 부분적으로 침하 또는 용기되는 문제점이 있었으며, 특히 모래포설 개시점에 해당하는 연약지반에는 불도우저의 자중 및 포설된 모래의 하중에 의하여 과도한 국부침강이 발생하게 되므로서, 이 부분에 대량의 모래를 재차 포설해야 하는 문제점이 있다.
- [0007] 상기와 같이 모래포설 개시점에서 발생하는 연약지반의 과도한 국부침하로 인하여 대량의 모래를 재차 포설해야 하므로서, 전체적인 공사비용의 상승과 공사기간의 지연을 초래하게 되고, 불도우저가 연약지반상을 주행하는 과정에서 부분적인 침하나 용기가 계속 발생하기 때문에 시방서상에 제시되어 있는 일정한 두께로 모래층을 포설하기가 거의 불가능하게 되며, 이로 인하여 넓은 면적의 연약지반 전체에 걸쳐 일정한 지내력을 가지는 안정된 지반을 조성할 수 없는 문제점이 있다.
- [0008] 또한, 연약지반 안정화 공법에서 성토재로 암, 흙(풍화토)을 주재료로 사용하고 있어 성토재의 건조단위중량($r_{d,max}$)이 약 $1.8(\text{ton/m}^3)$ 으로 연약지반상에 성토될 경우 그 하중에 의한 침하량이 크게 발생된다. 또한, 장기적인 잔류침하량도 크게 발생하여 침하량을 관리하기 위한 추가적인 안정화 공법이 필요하며 그에 따른 공사 기간의 연장이 불가피하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 연약지반에 미치는 하중을 경감시키는 것과 함께 연약지반의 지지능력을 높일 수 있는 연약지반 개량 방법, 연약지반 개량층 및 이를 위한 경량혼합토를 제공하는 것이 목적이다.

[0010] 또한, 본 발명은 도로나 철도 등에서 발생하는 진동이나 소음이 연약지반 주변으로 확대되는 것을 저감시키고자 하는 것이다.

[0011] 또한, 본 발명은 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 공기로 이루어진 기포혼합경량토에 있어서, 압축강도를 최대화 하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 경량혼합토를 이용한 연약지반 개량 방법은, 연약지반 하단에 시멘트기반층을 형성하는 고화처리단계; 상기 시멘트기반층 상에 경량혼합토를 적층하여 경량기반층을 형성하는 단계; 상기 경량기반층 상에 시멘트고화표층을 형성하는 단계; 상기 시멘트고화표층 상에 경량혼합토를 적층하여 경량성토층을 형성하는 단계; 및 상기 경량성토층 상에 토사를 적층하는 단계;를 포함하는 것이다.

[0013] 여기서, 상기 시멘트기반층, 경량성기반층 및 시멘트고화표층은 지표면 아래에 위치하는 것이 바람직하다.

[0014] 그리고, 상기 시멘트기반층과 시멘트고화표층은 50~100cm 범위 내의 두께를 가지는 것일 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명은 상기 연약지반 측단에 수직방향으로 트렌치(trench)를 굴착하고, 상기 굴착한 트렌치에 경량혼합토를 타설하여 차량과 철도의 진동이나 소음 저감용 경량트렌치부를 형성하는 단계;를 더 포함하는 것이 가능하다.

[0016] 상기 경량트렌치부를 형성하는 단계는, 상기 굴착한 트렌치의 일 측면에 시멘트를 타설하여 시멘트측단부를 형성하는 것을 포함할 수 있다.

[0017] 상기 시멘트측단부는 경량트렌치부를 중심으로 연약지반의 반대편에 위치하는 것이 바람직하다.

[0018] 또한, 상기 경량혼합토는 기포혼합경량토 및 타이어혼합경량토 중에서 하나 이상 선택된 것일 수 있다.

[0019] 또한, 상기 기포혼합경량토는 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 공기로 이루어지고, 상기 타이어혼합경량토는 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 페타이어 분말로 이루어진 것이 가능하다.

[0020] 또한, 상기 기포혼합경량토는 습윤단위중량(γ_g)이 $11(kN/m^3)$ 일때, 시멘트 함량이 전체에 대하여 22~28중량% 범위 내인 것이 바람직하고, 그 중에서도 24~26중량% 범위 내인 것이 더욱 바람직하다.

[0021] 한편, 본 발명의 다른 실시형태는, 연약지반 하단에 형성된 시멘트기반층; 상기 시멘트기반층 상에 경량혼합토가 적층되어 형성된 경량기반층; 상기 경량기반층 상에 형성된 시멘트고화표층; 상기 시멘트고화표층 상에 경량혼합토가 적층되어 형성된 경량성토층; 및 상기 경량성토층 상에 토사가 적층되어 형성된 성토층;을 포함하는 경량혼합토를 포함하는 연약지반 개량 성토층일 수 있다.

[0022] 이와 함께, 본 발명의 또 다른 실시형태는, 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 공기로 이루어지고, 습윤단위중량(γ_g)이 $11(kN/m^3)$ 일때, 상기 시멘트 함량이 전체에 대하여 22~28중량% 범위 내인 것을 특징으로 하는 기포혼합경량토인 것도 가능하다.

[0023] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0024] 이러한 본 발명은 경량층(경량기반층과 경량성토층)과 시멘트층(시멘트기반층과 시멘트고화표층)이 교대로 적층된 구조를 가지는 연약지반 개량 성토층을 형성함으로써, 연약지반에 미치는 하중을 대폭 경감시키는 것과 함께

연약지반의 지지능력을 높일 수 있는 효과가 있다.

[0025] 또한, 본 발명은 연약지반 측단의 트렌치에 경량혼합토를 타설하여, 도로나 철도 등에서 발생하는 진동이나 소음이 상기 연약지반 주변으로 확대되는 것을 저감시킬 수 있는 것이다.

[0026] 또한, 본 발명은 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 공기로 이루어진 기포혼합경량토에서 상기 시멘트 함량을 최적화함으로써, 압축강도를 최대화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연약지반 개량 성토층을 나타내는 단면도이고,

도 2는 본 발명에 따른 연약지반에 시멘트기반층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고,

도 3은 본 발명에 따른 연약지반의 시멘트기반층에 경량기반층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고,

도 4는 본 발명에 따른 연약지반의 경량기반층에 시멘트고화표층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고,

도 5는 본 발명에 따른 연약지반의 시멘트고화표층에 경량성토층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고,

도 6은 본 발명에 따른 연약지반의 경량성토층에 토사층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고,

도 7은 본 발명의 실시예에 따라, 기포혼합경량토의 목표 습윤단위중량과 시멘트 비에 따른 재령 28일의 일축압축강도를 도시화한 그래프이고,

도 8은 본 발명의 실시예에 따라, 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량과 시멘트 비에 따른 재령 28일의 일축압축강도를 도시화한 그래프이고,

도 9는 본 발명의 실시예에 따라, 기포혼합경량토(air foam mixed)와 타이어혼합경량토(tire powder mixed)의 목표 습윤단위중량 13 kN/m^3 의 시멘트 비에 따른 응력-변형률 곡선(재령 28일)을 나타낸 그래프이고,

도 10은 본 발명의 실시예에 따라, 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량 13 kN/m^3 의 시멘트 비에 따른 일축압축강도를 도시화한 그래프이고,

도 11은 본 발명의 실시예에 따라, 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량 13 kN/m^3 에서 재령 28일의 변형계수(E_{50})와 일축압축강도의 관계를 도시화한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0029] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의

해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 연약지반 개량 성토층을 나타내는 단면도이다. 그리고, 도 2는 본 발명에 따른 연약지반에 시멘트기반층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고, 도 3은 경량기반층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고, 도 4는 시멘트고화표층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고, 도 5는 경량성토층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이고, 도 6은 토사층이 형성되는 상태의 일례를 설명하기 위한 단면도이다.
- [0032] 본 발명은 연약지반 개량 방법으로써, 경량혼합토를 이용하여 연약지반의 하중을 경감시키고 지지능력을 높일 수 있는 개량 공법에 대한 것이다. 이러한 본 발명은 연약지반에 시멘트기반층(10), 경량기반층(20), 시멘트고화표층(30), 경량성토층(40) 및 토사층(50)을 형성하는 단계를 거쳐서, 도 1에 나타난 바와 같은 연약지반 개량층, 개량 구조, 또는 개량 토사층을 형성하는 것이다.
- [0033] 본 명세서에서 "연약지반"이라 함은 해안이나 하천, 호수, 항만 지역에서 간척이나 준설 또는 매립에 의하여 형성시킨 지반, 또는 지표면이 물과 점성토 또는 물과 썩이 혼합된 습지를 형성하고 있는 지반, 또는 내부에 간극수를 내재하여 지반의 전체적인 강도가 매우 약하게 된 지반을 포함하고, 예를 들어 갯벌이나 습지, 또는 뿔층일 수 있으며, 이러한 지반이 굴착된 공동구 또는 그것의 매립지를 포함하는 개념이다.
- [0034] 먼저, 본 발명에 따른 연약지반 개량 방법은, 연약지반을 굴착하여 공동구를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 이는 기존의 연약지반을 개량하여 새로운 시멘트층과 경량층을 형성하기 위한 것으로, 연약지반을 굴착하는 방법이나 그렇게 형성된 공동구의 크기는 특별히 제한되지 않는다.
- [0035] 구체적으로, 본 발명은 연약지반(1)의 하단에 시멘트기반층(10)을 형성하는 단계(도 2);를 포함한다. 즉, 상기한 연약지반(1)의 바닥에 시멘트고화층을 지반으로 형성하는 것이다. 종래에 연약지반(1) 바닥에 바로 경량혼합토를 적층시키는 경우, 연약지반(1)의 토사 또는 물이나 습기가 상기 경량혼합토에 침투하여 지반이 침하되는 문제가 있었던바, 본 발명은 연약지반(1)의 바닥에 시멘트를 이용하여 시멘트기반층(10)을 형성함으로써 지지능력을 높이고, (부동)침하를 방지하고자 하였다. 상기 시멘트기반층(10)은 시멘트나 시멘트 몰탈(모래 및/또는 물을 더 포함)을 이용하여 형성할 수 있으며, 상기 시멘트의 종류나 형성방법은 이 기술분야에 알려진 모든 것을 포함할 수 있다. 다만, 상기 시멘트기반층(10)은 50~100cm 범위, 바람직하게는 70~80cm 범위 내의 두께를 가지는 것이 적합한데, 두께가 너무 얇으면 상층의 무게 압력에 의해 파괴될 수 있고, 두께가 너무 두꺼우면 시멘트기반층(10) 자체의 무게 때문에 하중이 증가하여 지반 침하가 발생할 수 있다.
- [0036] 그리고, 본 발명은 상기 시멘트기반층(10) 상에 경량혼합토를 적층하여 경량기반층(20)을 형성하는 단계(도 3);를 포함한다. 즉, 본 발명은 내구성 및/또는 압축강도가 높으면서 동시에 무게가 가벼운 경량혼합토를 이용하여 연약지반을 개량하는 것을 기본으로 한다. 그래서, 상기 경량기반층(20)은 상기 시멘트기반층(10)보다 더 큰 체적 또는 더 두꺼운 두께를 가지는 것이 바람직하다. 상기 경량혼합토는 연약지반의 현장 굴착토를 이용하고, 기존의 토사 또는 성토제에 비하여 가볍기 때문에 하중 경감 효과를 줄 수 있고, 동시에 기존의 습지 또는 갯벌에 비하여 높은 내구성 및/또는 압축강도를 가진다. 이러한 본 발명에 따른 경량혼합토를 연약지반(또는 연약지반에 축조되는 도로 또는 철도 등의 성토제)에 이용하는 경우, 기존 성토제 대비 하중 경감 효과가 기대되므로 연약지반 침하량을 감소시키면서 연약지반 성토제로서 일정한 강도발현이 가능하다. 따라서, 추가적인 연약지반 안정화 공법이 불필요하므로 연약지반 시공이 간소화되고, 침하 촉진 공법 등에서 필요한 공사기간을 단축시킬 수 있다. 상기 경량혼합토는 공기가 포함된 기포혼합경량토 및/또는 타이어 성분이 포함된 타이어 혼합경량토일 수 있고, 상기 기포혼합경량토는 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 공기로 이루어질 수 있으며, 상기 타이어혼합경량토는 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 페타이어 분말로 이루어진 것이 가능하다. 이러한 경량혼합토에 대해서는 후술하여 자세하게 설명한다.
- [0037] 그런 다음, 본 발명은 상기 경량기반층(20) 상에 시멘트고화표층(30)을 형성하는 단계(도 4);를 포함한다. 즉, 상기 경량기반층(20)의 아래 뿐만 아니라 위에도 시멘트고화층을 형성하여, 상기 경량기반층(20)이 침하되는 것을 방지하고, 이를 포함하는 연약지반의 지지능력을 증가시키고자 하는 것이다. 또한, 상기 시멘트기반층(10) 및/또는 시멘트고화표층(30)은 연약지반의 하중을 저감시키고, 동상을 방지하여 도로노반보호가 가능하며, 비용 절감과 토사활용성을 높일 수 있는 효과가 있다. 이러한 시멘트고화표층(30)은 상기한 시멘트기반층(10)처럼 시멘트 또는 시멘트 몰탈을 이용하여 형성할 수 있으며, 그 두께 역시 50~100cm 범위, 바람직하게는 70~80cm 범

위 내의 두께를 가지는 것이 적합하다.

- [0038] 상기 시멘트기반층(10), 경량기반층(20) 및 시멘트고화표층(30)은 기존의 연약지반을 대체하는 것으로, 지표면 아래에 위치하여 본 발명에 따른 개량층의 지지기반을 형성하는 것이 바람직하다. 다만, 상기 시멘트고화표층(30)의 전부 또는 일부는 지표면 위의 높이까지 형성될 수 있고, 시간이 지나면서 경량기반층(20)의 압축 및/또는 응축에 의해 다소 높이가 낮아질 수도 있다.
- [0039] 이어서, 본 발명은 상기 시멘트고화표층(30) 상에 경량혼합토를 적층하여 경량성토층(40)을 형성하는 단계(도 5);를 포함한다. 이는 기존의 성토재에 비해 경량의 혼합토를 이용하여 시공함으로써, 연약지반(1)에 미치는 하중을 경감시켜 연약지반(1)의 침하량을 감소시킬 수가 있다. 이러한 경량성토층(40) 형성에 사용되는 경량혼합토는 상기 경량기반층(20)에서 사용한 경량혼합토와 동일하거나 다른 것을 사용할 수 있고, 바람직하게는 상기 경량성토층(40) 형성에 사용되는 경량혼합토를 더 가벼운것으로 사용하여, 하중을 최소화하는 것이 적합하다. 상기 경량성토층(40)의 높이는 연약지반 상에 축조되는 도로 또는 철도 등의 축조물에 따라 다르게 할 수 있다.
- [0040] 계속해서, 본 발명은 상기 경량성토층(40) 상에 토사를 적층하여 토사층(50)을 형성하는 단계(도 6);를 포함한다. 즉, 상기 경량성토층(40)상에 기존의 성토재인 흙 또는 모래 등의 토사를 적층하는 것이다. 이러한 본 발명은 경량혼합토를 연약지반상에 형성한 후에 기존의 성토재를 적층함으로써, 도로 또는 철도 축조시 요구되는 높이를 확보함과 동시에 하중을 감소시켜 연약지반의 침하량을 감소시킬 수 있다.
- [0041] 이와 함께, 본 발명은 상기 토사층(50) 위에 포장층으로 보조기층 및 기층을 쌓고, 그 위에 아스팔트재로 도로 포장을 하여 연약지반상의 아스팔트 보강공사를 완료하는 것이 가능하다.
- [0042] 이러한 본 발명은 경량층과 시멘트층이 교대로 적층된 구조를 가지는 연약지반 개량 성토층을 형성함으로써, 연약지반에 미치는 하중을 경감시키는 것과 함께 연약지반의 지지능력을 높일 수 있는 효과가 있다.
- [0043] 한편, 본 발명에 따른 연약지반 개량 방법은, 도 1에 나타난 바와 같이, 상기 연약지반(1) 측단에 수직방향으로 트렌치(trench)를 굴착하고, 상기 굴착한 트렌치에 경량혼합토를 타설하여 진동이나 소음 저감용 경량트렌치부(110)를 형성하는 단계;를 더 포함하는 것이 가능하다.
- [0044] 즉, 본 발명에 따른 경량혼합토는 압축강도가 높으면서, 동시에 기포나 페타이어에 의해 형성된 미세 공극을 다수 가지는바, 진동이나 소음을 차단할 수 있는 기능을 가지고 있다. 이에, 본 발명에서는 이러한 경량혼합토를 연약지반(1)의 외측에 지표면으로부터 수직한 방향으로 매설함으로써, 상기 연약지반(1) 또는 그위에서 발생하는 진동이나 소음의 주변으로의 확산을 방지하기 위한 것이다.
- [0045] 이를 위하여, 본 발명은 상기 연약지반(1)의 일부나 주변, 또는 상기 연약지반(1)이 굴착된 공동구의 내부 둘레나 측면, 또는 상기 연약지반(1)의 공동구와 접하거나 그로부터 소정의 범위만큼 떨어진 위치에 트렌치를 굴착한다. 상기 트렌치의 폭이나 깊이는 특별히 제한되지 않는다. 그리고는, 상기 트렌치에 경량혼합토를 부어서 경량트렌치부(110)를 형성할 수 있다. 이와 같은 경량트렌치부(110) 형성 단계는, 연약지반(1)의 굴착 이후 언제든지 수행될 수 있다. 즉, 상기 시멘트기반층(10), 경량기반층(20), 시멘트고화표층(30), 경량성토층(40) 및 토사층(50)의 형성과는 별도로 그 전이나 그 중간 또는 그 이후에 수행될 수 있다.
- [0046] 여기서, 상기 경량트렌치부(110)를 형성함에 있어서는, 상기 굴착한 트렌치의 일 측면에 시멘트를 타설하여 시멘트측단부(120)를 함께 또는 별도로 형성하는 것이 가능하다. 바람직하게는, 상기 트렌치의 일부 측면에 먼저 시멘트를 타설하여 시멘트측단부(120)를 형성한 다음, 상기 트렌치의 나머지 공간에 경량혼합토를 부어서 경량트렌치부(110)를 형성하는 것이 적합하다.
- [0047] 이와 같이, 본 발명은 연약지반(1) 측단의 트렌치에 경량혼합토를 타설하여, 도로나 철도 등에서 발생하는 진동이나 소음이 상기 연약지반(1) 주변으로 확대되는 것을 저감시킬 수 있고, 상기 트렌치에 시멘트측단부(120)를 함께 형성함으로써, 연약지반이 측방으로 부동침하되는 것도 막을 수 있는 효과가 있다.
- [0048] 여기서, 상기 시멘트측단부(120)는 경량트렌치부(110)를 중심으로, 또는 상기 경량트렌치부(110)에 대하여 연약지반(1)의 반대편에 위치하는 경우, 경량기반층(20)의 면적을 확대하는 효과를 가지고, 동시에 상기 시멘트측단부(120)를 통하여 외력에 대항할 수 있어서 더욱 바람직하다.

- [0049] 본 발명의 다른 실시형태는, 연약지반(1) 하단에 형성된 시멘트기반층(10); 상기 시멘트기반층 상에 경량혼합토가 적층되어 형성된 경량기반층(20); 상기 경량기반층 상에 형성된 시멘트고화표층(30); 상기 시멘트고화표층 상에 경량혼합토가 적층되어 형성된 경량성토층(40); 및 상기 경량성토층 상에 토사가 적층되어 형성된 성토층(50);을 포함하는 경량혼합토를 포함하는 연약지반 개량 성토층일 수 있다.
- [0050] 상기 연약지반(1), 시멘트기반층(10), 경량기반층(20), 시멘트고화표층(30), 경량성토층(40) 및 토사층(50)은 상술한 바와 같다.
- [0051] 본 발명은 이와 같이 경량층과 시멘트층이 교차로 적층된 구조를 가짐으로써, 연약지반에 미치는 하중을 경감시키는 것과 함께 연약지반의 지지능력을 높일 수 있는 연약지반 개량층, 개량 구조, 또는 개량 성토층을 제공할 수 있다.
- [0052] 본 발명에서 사용하는 경량혼합토는 주재료인 토사에 기포 및/또는 페타이어 분말과 시멘트가 혼합되어 이루어질 수 있고, 슬러리 형태를 가질 수 있으며, 이를 위하여 물을 더 포함하는 것도 가능하다.
- [0053] 상기 토사(土沙)는 자연에 산재되어 있는 일반 토사, 실트질흙과 건설공사장 등에서 발생하는 건설 잔토일 수 있고, 이외에 준설토사 및 풍화잔토 등을 포함하는 것도 가능하며, 건설폐기물을 파쇄, 선별, 입자 조정 등의 물리적, 화학적 처리 과정을 거쳐 건설공사에 사용하게 만든 순환골재를 이용할 수도 있다. 도로 및 지반구조물을 건설하기 위해서는 대량의 토사를 필요로 하고 있으나, 종래처럼 산에서 모래를 대량으로 채취하여 사용하는 것이 점점 어렵게 된 상황과 건설현장에서 발생하는 건설잔토 및 발생토사의 처리 및 처분이 큰 문제로 대두되고 있는 상황에서는, 건설현장에서 발생하는 건설토사 등을 도로 건설시 동상방지층의 핵심 지반재료로 재활용하는 것이 바람직하다.
- [0054] 그리고, 본 발명에 따른 경량혼합토는 시멘트를 더 포함하고, 이는 점성질 토사에 시멘트가 더 포함되어 고결력을 가짐으로써 불투수력을 높여줄 뿐만 아니라, 경량기반층(20) 및/또는 경량성토층(40)이 침하되거나 함몰되지 않도록 최소한의 압축강도를 갖게 하기 위한 것이다. 본 발명에서 시멘트는 경량혼합토의 경화와 강도를 증대시키는 역할을 하는 것으로, 1종 보통 포틀랜드(Portland) 시멘트가 사용될 수 있고, 이 대신에 고로나 슬래그 시멘트나 굴폐각 고화재등을 이용하는 것도 가능하다.
- [0055] 또한, 본 발명에 따른 경량혼합토는 기포를 더 포함할 수 있는데, 이러한 경량기포혼합토 내부에서 기포는 독립적인 구조로 서로 연속되거나 관통되지 않아 상기 시멘트에 의한 고결력과 불투수성을 유지하면서도, 경량기포혼합토 자체의 무게를 가볍게 할 수 있고, 나아가 상기 기포에 의해 형성된 공극으로 지진이나 진동에 의한 소음 및 충격을 완화할 수 있는 기능을 가진다. 이와 함께, 본 발명에 따른 경량기포혼합토는 주재료인 토사에 기포를 물리적으로 혼합시키기 위한 기포제를 더 포함하여 이루어진 것일 수도 있다. 상기 기포제는 물과 혼합되어 주재료인 토사 또는 시멘트에 배합될 수 있고, 이는 계면 활성 작용을 이용하여 물리적으로 기포를 혼합하는 것이며, 구체적인 예시로는 동물성, 식물성, 합성유계 등이 있다. 이에 따라, 본 발명은 상기 경량기포혼합토의 중량비와 함수율에 따라 상기 기포제의 함량을 조절함으로써 불투수력을 조절하는 것을 특징으로 하는 매설방법일 수 있다. 또한, 본 발명은 상기 경량기포혼합토의 토사성분이나 지하수 유입차단제의 양을 조절하는 것도 가능하다. 즉, 상기 기포제에 의해 매 m^3 당 기포혼합량을 30~50%까지 조정하여 경량성을 확보하고 시멘트 혼입율의 증감에 따라 강도를 조절하며, 혼합되는 물의 양을 조정하여 100~200m의 유동성을 확보함으로써, 자기수평(self-leveling) 및 자기다짐(self-compacting)의 시공성과 재료의 충전성을 향상시킬 수가 있다.
- [0056] 더불어서, 본 발명에 따른 경량혼합토는 주재료인 토사에 시멘트, 그리고 페타이어 분말이 더 혼합되어 이루어진 경량타이어혼합토인 것도 가능하다. 또한, 본 발명에 따른 경량혼합토는 주재료인 토사에 기포와 시멘트, 그리고 페타이어 분말이 더 혼합되어 이루어진 것일 수도 있다. 페타이어는 각종 차량에 장착되는 모든 종류의 페타이어가 사용가능하며, 페타이어를 분쇄하여 분말로 만들어 사용한다. 상기 페타이어 분말은 그 크기가 0.5cm보다 작게 분쇄하고 분말로 만드는 경우 가공비용이 증가한다. 상기 페타이어 분말은 본 발명에 따른 경량기포혼합토와 함께 주변 흙의 변형과 같은 정도의 연성으로 거동함으로써, 높은 응력을 견딜수 있게 하는 이점을 가지고 있다. 또한, 상기 페타이어 분말은 매설관에서 유출된 오염물질을 흡착하여, 오염물질이 주변 토양으로 확산되는 것을 방지할 수도 있다.
- [0057] 이와 함께, 본 발명에 따른 상기 경량혼합토는 슬러리 형태를 가질 수 있다. 즉, 슬러리 상태의 토사에 기포와 고화재 등이 혼합된 지반재료로써, 액성한계 이상으로 가수해서 슬러리화시킨 현장발생토나 준설토 등의 원료토에 시멘트와 같은 고화재 및 기포등의 경량재를 첨가, 혼합하여 제조한 경량(기포)혼합토일 수 있다. 이러한

경량(기포)혼합토는 기포의 혼합량과 고화재량을 변화시키는 것에 따라 목적에 맞는 단위체적중량과 강도를 조절할 수 있다는 이점을 가지고 있다. 건설발생토사, 준설토사 및 풍화잔토 등의 원재료토에 해수, 경량화재, 고화재 등을 혼합해 제작되는 혼합물은 제작 직후에는 유동성이 우수하여 장소가 협소한 공사현장에도 쉽게 진입하여 매설이 가능하고, 시멘트와 같은 고화재의 반응에 의해 최종적으로는 양질의 흙재료와 동등, 혹은 그 이상의 강도특성을 가진 일종의 고화처리토가 될 수 있다.

[0058] 이와 같이 토사에 시멘트 및 기포, 페타이어 분말 등이 혼합된 경량혼합토의 구체적인 예로는, 본 출원인 및 발명자에 의해 출원된 대한민국 공개특허 제10-2004-0100704호(발명의 명칭: 경량기포혼합토 제조방법 및 경량기포혼합토를 이용한 지반개량공보)에 기재된 방법에 따라 제조된 경량기포혼합토를 이용할 수 있다. 여기에는 준설토나 현장발생토에 시멘트와 기포를 첨가하여 형성되는 경량기포혼합토의 구체적인 제조방법이 기재되어 있고, 이렇게 제조된 경량기포혼합토는 우수한 경량특성과 함께, 뛰어난 단열성, 흡음성, 내열성, 가공성, 경제성, 친환경성의 특성을 가진다.

[0059] 나아가, 본 발명자들은 후술하는 실시예에서 확인할 수 있는 바와 같이, 상기 기포혼합경량토의 습윤단위중량 (γ_g)이 $11(kN/m^3)$ 일때, 시멘트 함량이 전체에 대하여 22~28중량% 범위 내, 바람직하게는 24~26중량% 범위 내로 포함되는 경우, 압축강도를 최대로 높일 수 있음을 확인하였다.

[0060] 일반적으로, 경량혼합토의 경우 단위중량과 시멘트비가 높아질수록 일축압축강도가 증가하는 경향을 보이지만, 특별히 기포혼합경량토의 경우 목표 습윤단위중량 $9 kN/m^3$ 와 $11 kN/m^3$ 에서 시멘트비 24% 일 때보다 32%일 때, 일축압축강도와 비압밀-비배수 삼축압축강도가 낮게 측정되었다. 생각건대, 그 이유는 시멘트비가 높아질수록 더 많은 기포가 들어가야 하기 때문에, 기포로 인한 간극이 강도에 많은 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.

[0061] 이에 따라, 본 발명의 또 다른 실시형태는, 시멘트, 물, 골재나 준설토, 및 공기로 이루어지고, 습윤단위중량 (γ_g)이 $11(kN/m^3)$ 일때, 상기 시멘트 함량이 전체에 대하여 22~28중량% 범위 내인 것을 특징으로 하는 기포혼합경량토이다.

[0062] 본 발명은 하기의 실시예에 의하여 보다 더 잘 이해 될 수 있으며, 하기의 실시예는 본 발명의 예시 목적을 위한 것이며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 한정되는 보호범위를 제한하고자 하는 것은 아니다.

[0063] 본 실시예에서는 경량화 재료인 기포를 혼합한 기포혼합경량토와 페타이어 분말을 혼합한 타이어혼합경량토를 연약지반의 개량, 진동차폐재 및 교대의 뒷채움재 등으로 활용하기 위하여 공학적 특성을 조사하였다. 본 발명자들은 목표 습윤단위중량과 시멘트 혼합비 변화에 따른 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 강도특성과 변형 특성을 일축압축시험과 비압밀-비배수 삼축압축시험으로 분석하였다. 동일한 습윤단위중량($13 kN/m^3$)에서 2종류의 경량혼합토 강도특성을 비교한 결과, 일축압축시험에서는 같은 조건에서 비슷한 압축강도특성을 보였으나 비압밀-비배수 삼축압축시험 결과에서는 타이어 분말의 탄성특성으로 인한 영향으로 타이어혼합경량토가 기포혼합경량토 보다 큰 압축강도를 보였다. 그리고 2종류의 경량혼합토는 습윤단위중량과 시멘트량의 증가에 따라 일축압축강도와 삼축압축강도가 증가하였으나 습윤단위중량 $11 kN/m^3$ 이하의 기포혼합경량토는 일정한 기포혼합비 수준에서는 시멘트량이 증가해도 기포에 의한 간극의 영향으로 경량혼합토의 강도는 증가하지 않거나 저하되는 것으로 나타났다.

[0064] 실시예 1: 경량혼합토 배합

[0065] 1.1 기포혼합경량토

[0066] 목표 습윤단위중량에 따른 기포혼합경량토의 배합 방법은 흙의 삼상구조의 개념으로 접근하였다. 기포혼합경량

토는 시멘트, 물, 골재와 공기로 이루어져 있다. 기포혼합경량토의 목표 습윤단위중량은 $\gamma_g = W/V$ 로써, 시멘트, 물, 골재의 중량과 비중 그리고 공기의 부피가 결정되면 단위중량을 산정할 수 있다. 기포혼합경량토에 배합되는 경량기포는 공기로 대체될 수 있고, 원료토에 있는 공기는 무시한다. 이를 식으로 표시하면 식 (1)과 같다. 여기서, γ_g 는 목표 습윤단위중량, W_{os} 는 원시료에 포함된 흙의 중량, W_{ow} 는 원시료에 포함된 물의 중량, W_{aw} 는 추가한 물의 중량, W_c 는 시멘트의 중량, G_s 는 흙의 비중, G_w 는 물의 비중(4℃), G_c 는 시멘트의 비중, V_{fa} 는 경량기포의 체적이다. 경량기포의 체적(V_{fa})은 식 (2)에 의해 구할 수 있다.

$$\gamma_g = \left(\frac{W_{os} + W_{ow} + W_{aw} + W_c}{\frac{W_{os}}{G_s} + \frac{W_{ow} + W_{aw}}{G_w} + \frac{W_c}{G_c} + V_{fa}} \right) \quad (1)$$

$$V_{fa} = \frac{W_{fa}}{\gamma_{fa}} \quad (2)$$

여기서, W_{fa} = 기포의 중량

γ_{fa} = 기포의 단위중량

1.2 타이어혼합경량토

타이어혼합경량토의 배합 방법은 기포혼합경량토의 배합 절차와 같다. 다만, 기포가 아닌 타이어 분말을 혼합함으로써 흙의 구조가 재구성된다. 타이어혼합경량토에서는 타이어 분말이 경량재료로 작용을 하며, 타이어 분말의 혼합물이 경량화에 중요한 역할을 한다. 타이어혼합경량토의 배합식은 식 (3)과 같다. 여기서, 기호는 식

(1)과 같고, W_t 는 타이어 분말의 중량, G_t 는 타이어 분말의 비중이다.

$$\gamma_g = \left(\frac{W_{os} + W_{ow} + W_{aw} + W_c}{\frac{W_{os}}{G_s} + \frac{W_{ow} + W_{aw}}{G_w} + \frac{W_c}{G_c} + \frac{W_t}{G_t}} \right) \quad (3)$$

실시예 2 : 경량혼합토 제작

2.1 재료 특성

본 실시예에서는 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 공학적 특성을 분석하기 위해 양산에서 채취한 준설토 시료를 사용하였다. 시험에 사용된 준설토는 통일분류법에 의해 CL-ML로 분류된다.

[0077] 기포제는 식물성 기포제를 사용하였으며, 기포제와 물의 비율을 1:20으로 혼합하여 한국해양연구원에서 개발한 기포발생장치(그림 1)를 사용하여, 공기압 3~4 kg/cm^2 하에 발포시킨 기포를 사용하였다. 이 때, 발포된 기포의 단위중량은 0.37 kN/m^3 로 측정되었다.

[0078] 고화제는 KS L 5201에 규정된 규격에 맞춰진 국내 S사의 보통포틀랜드 시멘트(비중 3.15)를 사용하였으며, 페타이어 분말은 동결조(Freezer, -120℃)에 투입하여 유리온도(Tg= -69℃)이하에서 동결, 분쇄하여 제작된 것을 사용하였다. 본 연구를 위하여 실내시험에서 구한 페타이어 가루의 입자는 0.10~0.42mm 사이이며, 진비중은 1.2로 측정되었고 겉보기 비중은 0.85로 측정되었다.

[0079] 2.2 공시체 제작 및 시험

[0080] 본 실시예에서는 경량혼합토 공시체를 제작하기 위해 기포 소포의 영향을 고려하여 직경 5cm, 높이 11cm인 분리 가능한 PVC몰드를 제작하였다. 그리고 몰드 내면은 경량혼합토가 양생되면서 부착되는 것을 방지하기 위하여, 그리스(grease)를 얇게 도포하였으며, 바닥은 투명 아크릴 판으로 PVC 본드를 사용하여 밀봉하였다. 일축압축시험 및 삼축압축시험은 Geocomp사의 자동화기기를 사용하였다. 본 시험기의 실험과정은 사용자가 초기에 입력한 수치에 따라서 컴퓨터가 제어하고 측정된 결과를 자동 저장하는 자동화 시스템이다. 자동화 계측을 위한 시스템은 Load Tracell, Flow Tracell, Teste Cell, Arc-net, CPU로 구성되어 있다. 경량혼합토 공시체 제작을 위한 초기 함수비는 70%로 고정시켰으며, 시멘트는 원료토의 건조 중량에 대하여 16%, 24% 그리고 32%로 변화시켰다. 또한, 시험 초기의 목표 습윤단위중량은, 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 비교를 위해 9, 11, 13 kN/m^3 으로 설정하였다. 하지만, 타이어 분말의 높은 비중으로 인해 9, 11 kN/m^3 의 타이어혼합경량토 제작에 무리가 있다고 판단되어, 타이어혼합경량토에 대해서만 13, 15 kN/m^3 으로 재설정하였다.

[0081] 기포혼합경량토 공시체를 제작할 때에는, 기포의 소포를 최소화 하기 위해 발포시킨 기포를 5분 이내에 배합하였다. 또한, 몰드 해체는 공시체 제작 후 72시간 이내에 하였으며, 양생은 초기함수비가 높은 시료의 특성상 수축균열이 일어나지 않도록 $20 \pm 2^\circ C$ 를 유지하면서 수중양생을 하였다. 일축압축 및 삼축압축시험은 변형률 1%/min으로 같은 조건의 공시체에 대하여 3~4회 반복 수행하였다.

[0082] 2.3 경량혼합토 배합비

[0083] 경량혼합토 제작을 위한 배합비는 식 (1)과 식 (3)을 이용하였다. 목표 습윤단위중량과 시멘트 비(%)에 대한 경량혼합토 $1m^3$ 의 배합비는 각각 표 1, 2와 같다. 표 1은 기포혼합경량토의 배합비이고, 표 2는 타이어혼합경량토의 배합비이다.

표 1

γ_g (kN/m^3)	C (%)	W_s (kN)	W_w (kN)	W_c (kN)	V_s (m^3)	V_w (m^3)	V_c (m^3)	V_f (m^3)
9	16	6.44	1.77	0.77	0.344	0.177	0.025	0.455
	24	6.18	1.70	1.11	0.330	0.170	0.035	0.465
	32	5.96	1.64	1.43	0.318	0.164	0.046	0.472
11	16	7.88	2.16	0.94	0.421	0.216	0.030	0.333
	24	7.53	2.07	1.35	0.402	0.207	0.043	0.348
	32	7.27	2.00	1.75	0.389	0.200	0.056	0.356
13	16	9.31	2.56	1.12	0.497	0.256	0.036	0.211
	24	8.93	2.45	1.61	0.477	0.245	0.051	0.227
	32	8.59	2.36	2.06	0.459	0.236	0.066	0.240

[0084]

표 2

γ_g (kN/m ³)	C (%)	W_s (kN)	W_w (kN)	W_c (kN)	W_t (kN)	V_s (m ³)	V_w (m ³)	V_c (m ³)	V_t (m ³)
13	16	6.69	1.84	0.80	3.68	0.357	0.184	0.026	0.433
	24	6.25	1.72	1.12	3.90	0.333	0.172	0.036	0.460
	32	5.96	1.64	1.43	4.02	0.318	0.164	0.046	0.473
15	16	9.59	2.63	1.15	1.60	0.512	0.263	0.037	0.188
	24	8.99	2.47	1.62	1.89	0.480	0.247	0.051	0.222
	32	8.57	2.35	2.06	2.06	0.457	0.235	0.065	0.242

[0085]

[0086] 여기서, γ_g 는 목표 습윤단위중량, C는 건조시료에 대한 시멘트 비(%), W_s 는 준설토의 중량, W_w 는 추가한 물의 중량(목표 함수비 70%), W_c 는 시멘트의 중량, W_t 는 타이어 분말의 중량, V_s 는 준설토의 체적, V_w 는 추가한 물의 체적, V_c 는 시멘트의 체적, V_j 는 기포의 체적, V_t 는 타이어 분말의 체적을 나타낸다.

[0087]

실시예 3 : 일축압축강도 분석

[0088]

3.1기포혼합경량토의 일축압축강도 특성

[0089]

기포혼합경량토의 일축압축강도는 시멘트 고화재 영향에 의하여 재령 7일과 28일의 일축압축강도를 비교 하였을 때, 평균 68.5%증가하는 경향을 나타내고 있다(표 3참조).

표 3

목표 습윤단위 중량 (kN/m^3)	시멘트 비 (%)	일축압축강도(kPa)		
		7일	14일	28일
9	16	25.1	31.8	38.4
	24	44.7	63.2	72.4
	32	34.7	59.5	65.8
11	16	43.5	59.9	69.8
	24	79.1	108.9	180.9
	32	42.9	50.1	70.0
13	16	110.3	154.3	180.5
	24	193.1	221.7	287.4
	32	320.8	390.3	471.4

[0090]

[0091]

또한, 동일 시멘트 비에 따른 목표 습윤단위중량의 영향을 비교하였을 경우에도 목표 습윤단위중량이 $9\ kN/m^3$ 에서 $13\ kN/m^3$ 로 증가할수록 재령 28일을 기준으로 4~7.2배 정도 증가하는 현상을 보이고 있다.

[0092]

도 7은 기포혼합경량토의 목표 습윤단위중량과 시멘트 비에 따른 재령 28일의 일축압축강도를 도시화한 것이다. 도 7에서 알 수 있듯이 $13\ kN/m^3$ 의 목표 습윤단위중량에서는 시멘트비의 증가에 따른 일축압축강도가 뚜렷이 증가하는 경향을 보였으나, 그 이하의 목표 습윤단위중량에서는 시멘트 비의 증가에 따른 일축압축강도의 증가가 부진한 결과를 나타냈다. 특히, 목표 습윤단위중량 $11\ kN/m^3$ 에서 시멘트 비가 24%일 때보다 시멘트 비 32%의 강도가 낮은 경향을 나타내었다. 이러한 이유는 목표 습윤단위중량을 기준으로 배합하였을 때, 시멘트 비가 높아질수록 슬러리의 단위중량이 높아져 기포혼합경량토의 단위중량 조절에 핵심이 되는 기포의 양이 증가하여 연속적인 간극을 형성하였기 때문이라고 판단된다.

[0093]

3.2 타이어혼합경량토의 일축압축강도 특성

[0094]

타이어혼합경량토의 일축압축시험은 기포혼합경량토와 같은 조건 아래에서 수행되었다. 타이어혼합경량토의 일축압축강도는 재령 7일과 28일의 일축압축강도를 비교 하였을 때, 평균 45.3% 증가하는 경향을 나타내고 있다 (표 4참조).

표 4

목표 습윤단위 중량 (kN/m^3)	시멘트 비 (%)	일축압축강도(kPa)		
		7일	14일	28일
13	16	119.8	154.6	186.7
	24	189.4	240.4	288.5
	32	265.6	325.8	374.9
15	16	270.4	309.9	377.6
	24	426.4	527.3	625.5
	32	640.9	700.6	873.2

[0095]

[0096]

또한, 동일 시멘트 비에 따른 목표 습윤단위중량의 영향을 비교 하였을 때에도 목표 습윤단위중량이 13 kN/m^3 에서 15 kN/m^3 로 증가할수록 재령 28일을 기준으로 2~2.3배 정도 일축압축강도가 증가하는 현상을 보이고 있다.

[0097]

도 8은 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량과 시멘트 비에 따른 재령 28일의 일축압축강도를 도시화 한 것이다. 타이어혼합경량토의 일축압축강도는 목표 습윤단위중량 13 kN/m^3 보다 15 kN/m^3 에서 시멘트 비의 증가에 따라 더욱 증가하는 경향을 나타내고 있다.

[0098]

3.3 일축압축특성 비교

[0099]

본 실시예의 본래 목적은 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량 9, 11, 13 kN/m^3 에 대해서 비교 평가하기로 하였으나, 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량 9, 11 kN/m^3 에서 타이어 분말이 과하게 배합되어 공시체의 자립이 되지 않는 등의 문제로 13 kN/m^3 에 대해서만 비교 평가하였다.

[0100]

도 9는 기포혼합경량토(air foam mixed)와 타이어혼합경량토(tire powder mixed)의 목표 습윤단위중량 13 kN/m^3 의 시멘트 비에 따른 응력-변형률 곡선(재령 28일)을 나타낸 것이다. 두 종류의 경량혼합토는 시멘트 비 32%를 제외하고, 일축압축강도가 비슷한 경향을 나타내었다. 하지만, 기포혼합경량토는 뚜렷한 파괴점을 보이는 반면에 타이어혼합경량토는 뚜렷한 파괴점 없이 완만한 곡선을 보여주고 있다. 따라서 타이어 분말은 시멘트 고화에 의한 취성적인 성질을 연성적으로 개선하는 효과가 있다고 판단된다. 또한, 도 10은 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량 13 kN/m^3 의 시멘트 비에 따른 일축압축강도를 도시화한 그림이다.

[0101]

도 11은 기포혼합경량토와 타이어혼합경량토의 목표 습윤단위중량 13 kN/m^3 에서 재령 28일의 변형계수

(E_{50})와 일축압축강도의 관계를 도시화한 것이다. 변형계수와 일축압축강도와의 그래프에서 기포혼합경량토보다 타이어혼합경량토의 기울기가 더 급한 것을 알 수 있다. 이와 같은 관계를 수식화해 보면 기포혼합경량토에 대해서는 식 (4)와 타이어혼합경량토에 대해서는 식 (5)와 같다.

[0102]
$$E_{50} = 43q_u \quad (4)$$

[0103]
$$E_{50} = 67q_u \quad (5)$$

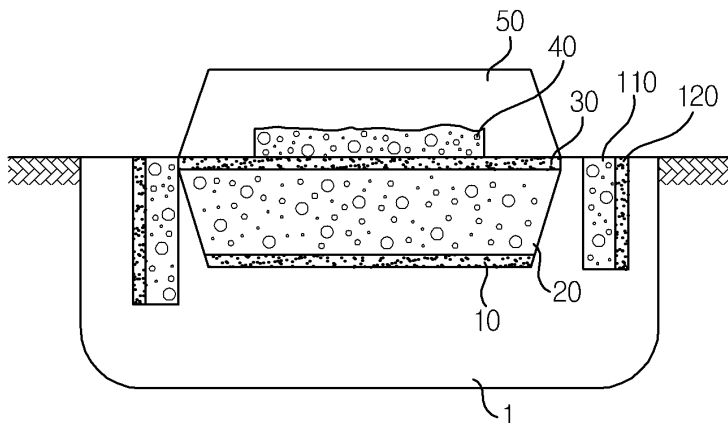
[0104] 한편, 상기에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 마련되는 본 발명의 기술적 특징이나 분야를 이탈하지 않는 한도 내에서 본 발명이 다양하게 개조 및 변화될 수 있다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백한 것이다.

부호의 설명

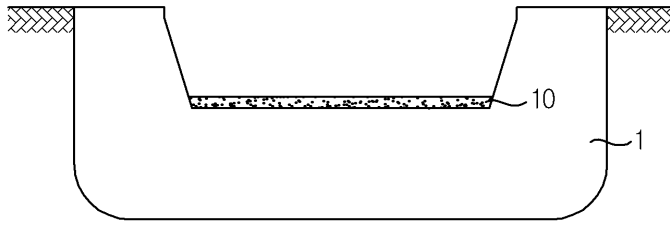
- [0105]
- 1 : 연약지반
 - 10 : 시멘트기반층
 - 20 : 경량기반층
 - 30 : 시멘트고화표층
 - 40 : 경량성토층
 - 50 : 토사층
 - 110 : 경량트렌치부
 - 120 : 시멘트측단부

도면

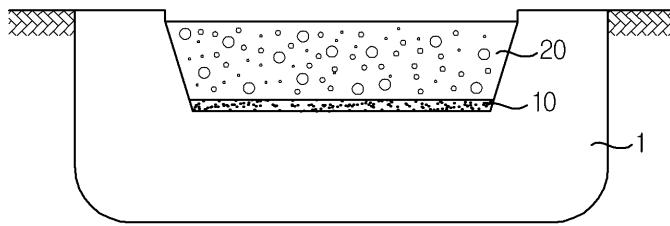
도면1



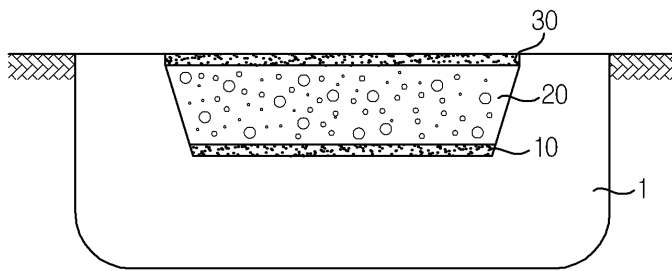
도면2



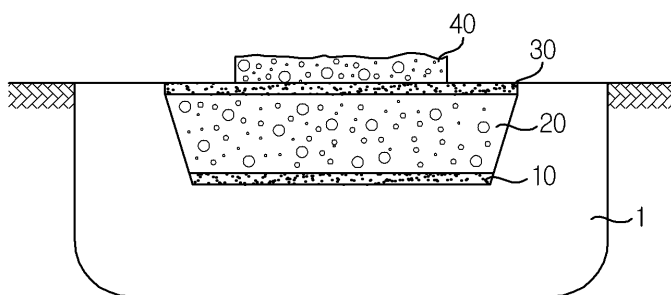
도면3



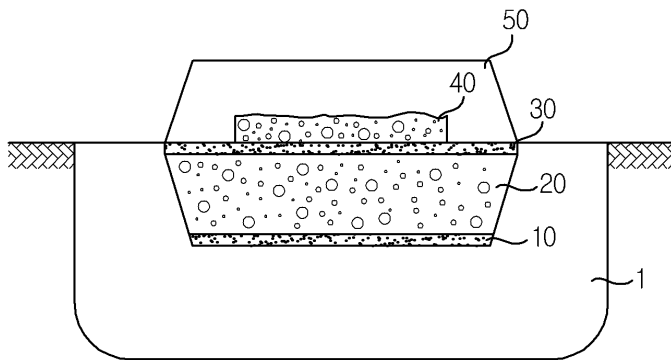
도면4



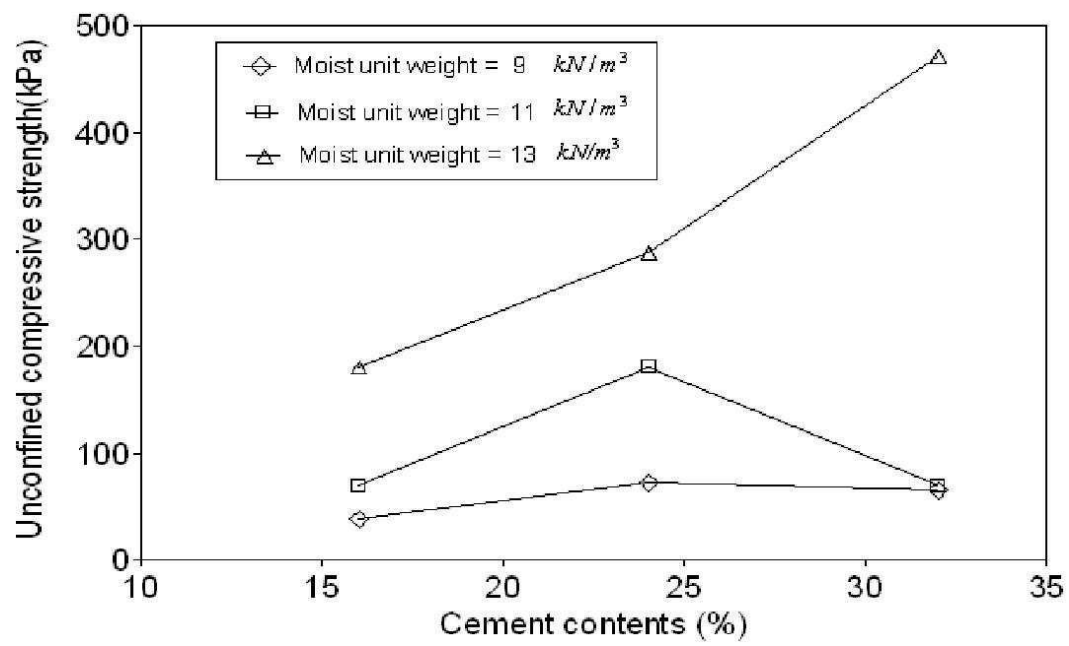
도면5



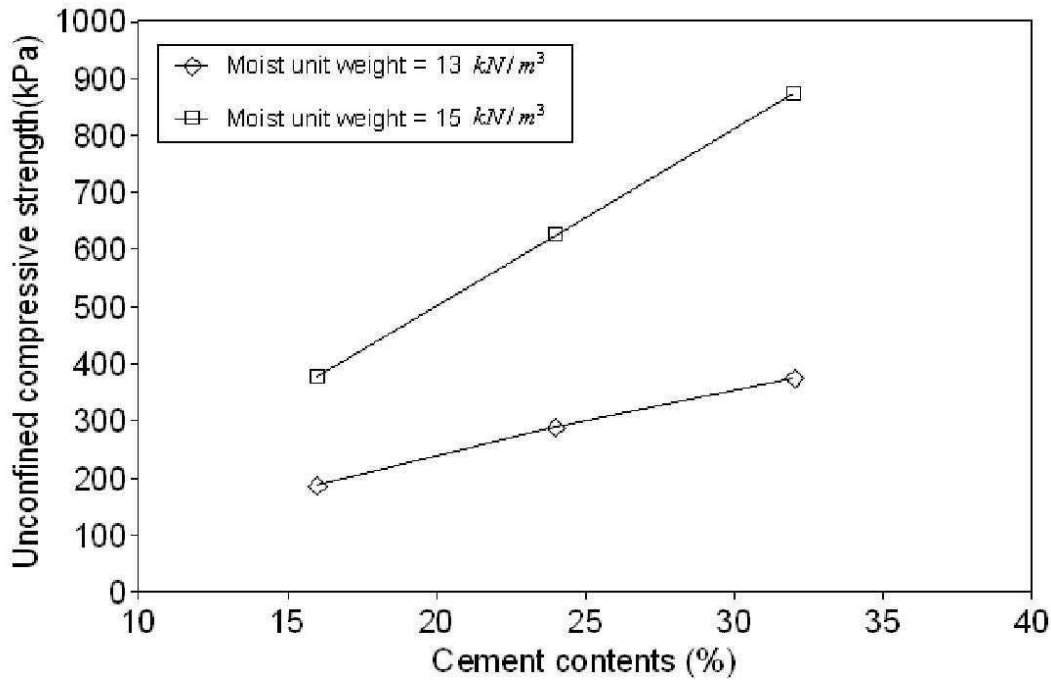
도면6



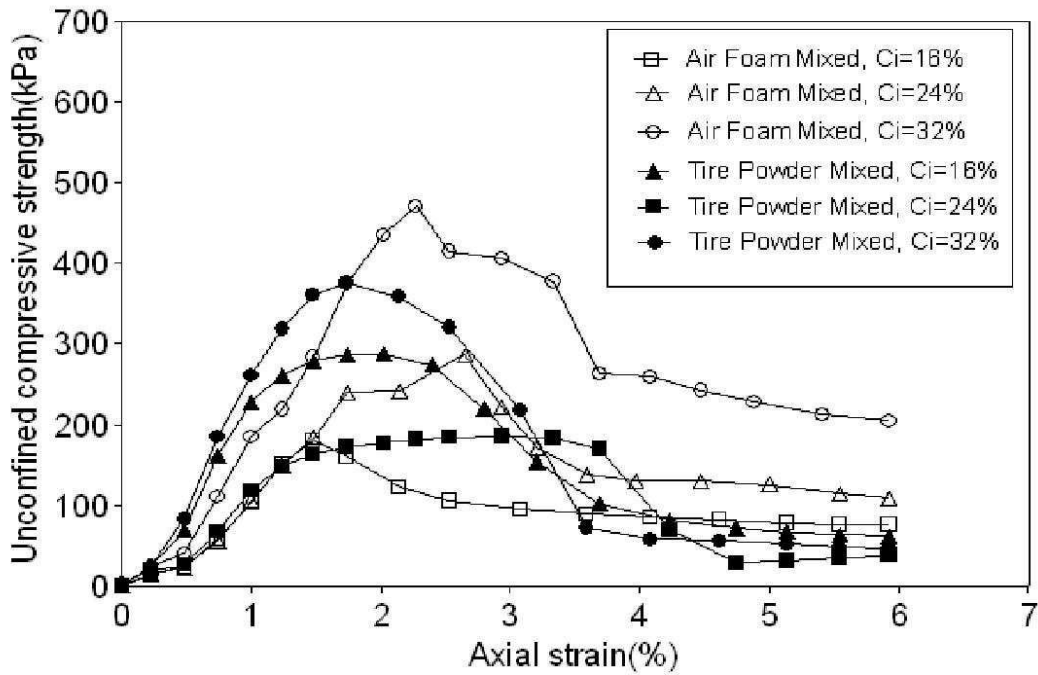
도면7



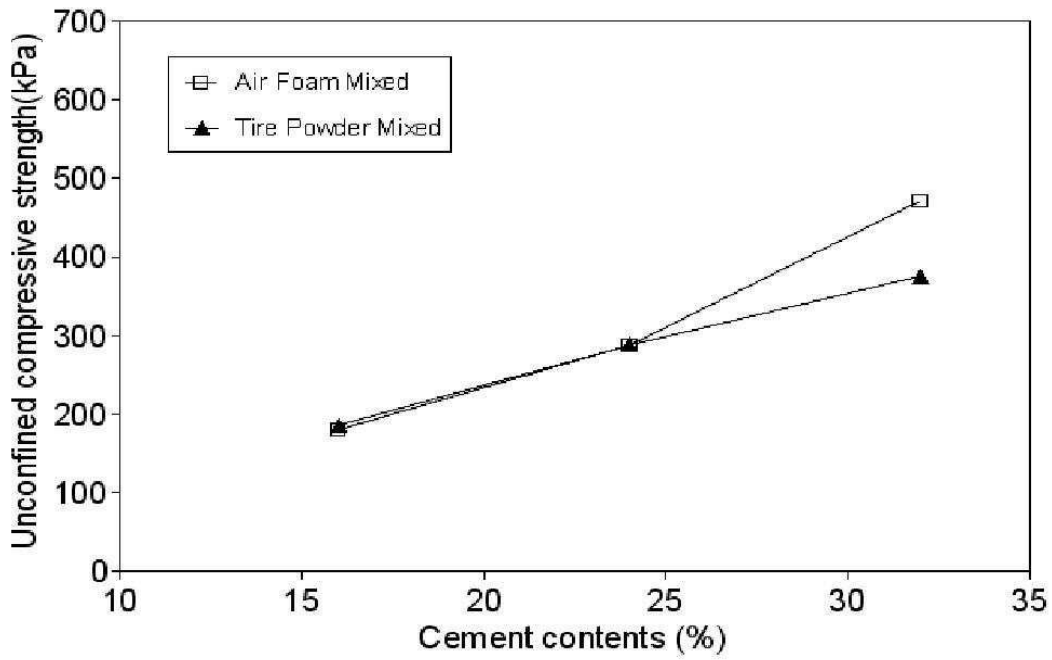
도면8



도면9



도면10



도면11

