



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0090356
(43) 공개일자 2020년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.) E02D 3/00 (2006.01) E02D 17/18 (2006.01)	(71) 출원인 한국경량혼합토 주식회사
(52) CPC특허분류 E02D 3/00 (2013.01) E02D 17/18 (2013.01)	(72) 발명자 홍성관
(21) 출원번호 10-2019-0007279	서울특별시 종로구 율곡로 53(안국동, 해영빌딩)
(22) 출원일자 2019년01월21일 심사청구일자 2019년01월21일	(74) 대리인 특허법인 충무

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법

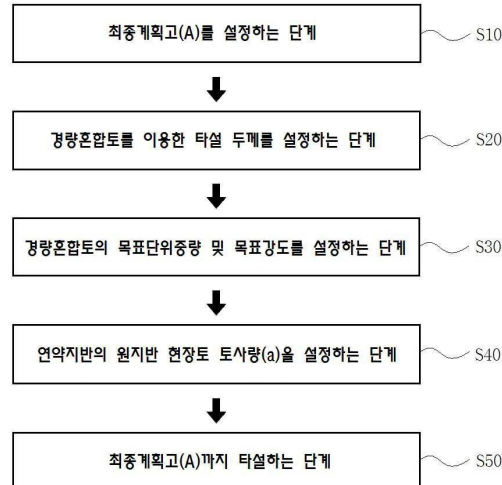
(57) 요약

본 발명은 해양, 하천, 호수, 항구 등의 바닥으로부터 토사를 펌프로 뽑아내어 조성된 투기장 또는 지반이 연약한 지역 또는 성토가 필요한 지역에서 현장토 또는 외부로 부터 공급되는 다양한 토사를 유효활용할 수 있고,

표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 발휘함으로써, 종래 표층처리, 지반개량 또는 성토를 수행하는 과정에서 발생하는 복합적인 문제를 한꺼번에 해결할 수 있으며,

공법적인 측면에서 종래 공법의 부족한 부분을 개선하여 안정성을 확보할 수 있고, 환경 개선 및 경제적인 측면에서도 뛰어난 효과를 보임으로써 토목분야의 혁신적 신기술이라 할 수 있는, 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
E02D 2250/00 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,

상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,

상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,

연약지반의 원지반 현장토 토사량(a)을 설정하는 단계(S40)와,

상기 현장토를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50)를 포함하여 이루어지는 것임을 특징으로 하는 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법.

청구항 2

표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,

상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,

상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,

외부반입토사량(b)을 설정하는 단계(S40-1)와,

외부반입토사를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50-1)를 포함하여 이루어지는 것임을 특징으로 하는 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법.

청구항 3

표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,

상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,

상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,

연약지반의 원지반 현장토 토사량(a)과 외부반입토사량(b)을 설정하는 단계(S40-2)와,

상기 현장토와 외부반입토사를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50-2)를 포함하여 이루어지는 것임을 특징으로 하는 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

최종지반계획고(A)는

표층처리를 목표로 하는 경우, 0.3 ~ 2.0 m,

지반개량을 목표로 하는 경우, 0.3 ~ 3.0 m,

성토를 목표로 하는 경우, 0.3 ~ 30.0 m이며,

타설된 경량혼합토의 일축압축강도 50 kpa ~ 2 Mpa, 단위중량 0.6 ~ 1.3 톤/m³임을 특징으로 하는 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 3 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

타설하고자 하는 경량혼합토의 목표단위중량이 10 KN/m³ 이하이면서, 연약지반의 지표면에 10 cm 이상 높이의 물(water)이 있는 경우에는, 상기 물(water)의 높이가 10 cm 미만인 되도록 제거한 후, 상기 경량혼합토를 타설 하되 별도의 다짐작업 없이 시공완료를 이루는 것임을 특징으로 하는 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법.

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 3 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

경량혼합토의 FLOW 값은 140 ~ 260 mm임을 특징으로 하는 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 3 중 선택되는 어느 한 항에 있어서,

경량혼합토는 연약지반 현장토 또는 외부반입 토사 중 선택되는 어느 1종 또는 2종의 토사와 고화재를 혼합하여 혼합토를 제조한 후, 상기 혼합토를 연약지반(20)까지 배관(100)을 통해 압송하는 과정 중에 기포를 공급하여 제조되는 것으로서,

상기 고화재는 시멘트계 재료, 굴껍질, 산업부산물을 활용한 고화재, 친환경 토양안정제 NSS(natural stabilizer soil) 중 선택되는 어느 1종 또는 2종 이상임을 특징으로 하는 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 해양, 하천, 호수, 항구 등의 바닥으로부터 토사를 펌프로 뽑아내어 조성된 투기장 또는 지반이 연약한 지역 또는 성토가 필요한 지역에서 현장토 또는 외부로 부터 공급되는 다양한 토사를 유효활용할 수 있고,
- [0002] 표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 발휘함으로써, 종래 표층처리, 지반개량 또는 성토를 수행하는 과정에서 발생하는 복합적인 문제를 한꺼번에 해결할 수 있으며,
- [0003] 공법적인 측면에서 종래 공법의 부족한 부분을 개선하여 안정성을 확보할 수 있고, 환경 개선 및 경제적인 측면에서도 뛰어난 효과를 보임으로써 토목분야의 혁신적 신기술이라 할 수 있는, 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0004] 발명의 배경이 되는 기술에 대해 살펴보기에 앞서, 본 발명에서 사용되는 '표층처리', '지반개량', '성토', '스마트 지반개선' 및 'FLOW 값'의 용어에 대해 먼저 살펴보도록 한다.
- [0005] 1. 표층처리: 표층처리란 주로 사람 또는 차량의 이동이 쉽지 않아 작업을 수행하기 어려운 경우 작업성(workability) 또는 작업차량 및 장비의 진출입이 가능하도록(trafficability) 지반을 개선하는 것을 말하는 것으로서, 본 발명에서는 영구적 지반의 안정성을 목적으로 개량하기보다는 임시적으로 지반을 개선하는 것을 의미한다.
- [0006] 2. 지반개량: 본 발명에서의 지반개량이란 상기 표층처리는 물론 영구적 목적의 지반 개선을 의미한다. 또한, 경량혼합토의 경우 지하수 등에 의하여 지반의 체적이 증감하거나 액상화되어 지반이 약해지는 현상이 발생하지 않기 때문에 상기 경량혼합토 지반 위에 영구구조물을 설치할 수 있도록 지반을 개선한다는 의미까지 포함한다.
- [0007] 그리고 상기 경량혼합토를 활용하여 지반개량을 할 경우 표층처리 및 성토 등의 목적행위도 동시에 달성되므로, 상기 지반개량은 표층처리 및 성토 등의 의미도 포함된다고 볼 수 있다.
- [0008] 3. 성토: 표층처리 또는 지반개량을 하게 되면 지표고가 높아지는데 이때 낮은 지반을 높여 표고가 높아지는 것을 성토 및 매립성토라 한다. 경량혼합토의 경우 소량의 토사를 체적 즉, 부피를 증가시킴으로써 성토의 의미를 내포한다.
- [0009] 4. 표층처리/지반개량/성토형 지반개선: 준설토 또는 다양한 토사를 활용하여 경량혼합토로 개량하는 경우 소량의 토사를 원료토로 하여 고화제, 물 및 기포와 혼합함으로써 상기 원료토 단위체적의 50 ~ 150 % 이상에 상당하는 체적을 증가시키는 것이 가능하므로 기존토사에 비하여 단위중량이 감소하면서 체적이 증가하게 된다.
- [0010] 이때 체적이 증가함에도 강도는 감소하지 않고 오히려 강도가 증가하게 됨에 따라, 본 발명에서 제시하는 공법을 활용하여 표층처리, 지반개량 또는 성토 등 어떠한 목적의 기반개선을 하더라도 표층처리, 지반개량 및 성토의 3가지 모두의 의미를 동시에 내포한다. 따라서 본 발명에 따른 지반개선을 '표층처리/지반개량/성토형 지반개선'으로 표현한다.
- [0011] 5. FLOW 값: 내부지름 80 mm, 높이 80 mm의 원통관에 원료 토사의 슬러리 또는 원료토와 고화제가 혼합된 상태의 슬러리 또는 제조 직후의 경량혼합토 슬러리를 넣은 상태에서 상기 원통관 제거시 원통관 내에 있던 슬러리가 퍼지는 지름의 길이를 측정한 값이다.
- [0012] 이하, 본 발명과 관련하여 배경이 되는 기술에 대해 살펴보도록 한다.
- [0013] 다양한 토사와 다양한 지반조건에서 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 공법을 적용하고자 할 때, 기존에는 토사가 부족하거나, 지반조건이 다양하고, 점성토 등 매우 불량한 토사가 있을 경우에는 공법 적용이 쉽지 않아 복잡한 설계와 복잡한 공정이 필요하였으며, 이로 인한 공법 적용의 한계 및 경제적인 측면에서 상당한 문제를 갖고 있었다
- [0014] 또한 기존 공법의 경우, 계획단계와 실제 시공단계에서의 지반여건 및 작업여건의 차이로 인하여 공사비가 상승할 뿐 아니라, 뿔층을 이루는 저밀도 상태의 지반 상부에 고비중의 흙 또는 모래를 사용하여 지반을 조성함으로써, 하부층과 상부층의 비중 차이로 인해 시공 후 안전성이 확보되지 않으며, 시공과정에서 투입되는 모래는 지진 등의 재난시 액상화를 가속화하는 공법적 결함을 갖는다.
- [0015] 이와 같은 문제에도 불구하고 기존 공법은 공법적용의 한계, 공사비 상승 등의 문제로 인해 뿔층 등의 연약지반에 불가피하게 대나무, 매트, 모래골재 및 양질의 토사를 사용하여 표층처리 또는 성토를 하고 있으며, 이러한 과정에서 산림파괴와 하천 및 해양생태계의 파괴가 심각한 실정이다.
- [0016] 이외에 기존 공법은 점토 등 다양한 토사를 유효하게 활용할 수 없어 2차, 3차의 또다른 문제들을 야기하고 있다.
- [0017] 따라서 모래, 양질의 토사 등 골재의 반입을 최소화하거나 또는 불필요하게 함으로써 골재 부족의 문제를 해결하며, 공법적인 측면에서 안정성을 증가시키고, 환경성, 경제성을 확보할 수 있는 획기적 대안의 공법이 절실히 요구되고 있는 실정이다.
- [0018] 또한 기존에 경량혼합토를 이용한 지반개량 등에 관한 몇몇 방법 또는 공법들이 소개되기도 했으나, 이와 같이 소개된 기술들은 경량혼합토 토설 또는 포설 전에 골재 또는 콘크리트 등을 먼저 포설하고 그 위에 경량혼합토

를 타설하는 공법으로서, 지반하중증가, 지반개량비증가, 포설한 골재의 틈새로 하부토사가 유입됨에 따른 지반 침하 증가 등의 많은 문제를 갖고 있어, 공법적인 측면에서나 경제성의 측면에서 현실성이 없고 활용성에 많은 문제를 갖고 있다.

- [0019] 경량혼합토에 활용되는 토사의 종류에 있어서도 같은 현장내의 토사라 할지라도 발생위치 등에 따라서 함수비와 토질 등의 상황이 매우 다양하기 때문에, 토사를 기준으로 토사, 물, 고화제 및 기포의 모든 재료간의 배합비와 이송거리 등을 감안하여 배합을 현장작업조건에 맞게 적용하여 최종적으로는 목표단위중량과 목표강도가 달성되도록 해야함에도, 기존에는 현장의 토사상태와, 제조된 경량혼합토의 배관을 통한 운송거리 등을 고려하지 않고 단순히 정규화계수와 회기식에 의존하는 재료별 배합비에 따라 작업조건을 맞추어야 함으로써, 경량혼합토 제조를 위한 재료간 경량혼합토 제조방법의 복잡성은 물론 품질관리가 어려워 이 또한 공법적 신뢰성을 확보하기 어렵고, 무엇보다 경제성 측면에서 고비용 구조여서 대규모 지반개량, 표층처리, 성토 등에는 활용하기가 부적합하여, 기존의 다양한 공법을 대체하는데 어려움이 있다.
- [0020] 즉, 기존의 경량혼합토 제조방법은 품질이 일정한 특정 준설토를 표본으로 하여 실내실험을 통한 강도 및 단위중량을 측정하여 정규화계수와 회기식을 도출함으로써 실제 현장에서 발생하는 현장토양의 다양성과 이송거리 등 다양한 조건에 대응하기가 어려웠다.
- [0021] 이러한 이유는 비선형적 품질결과를 가져오는 재료간 배합비의 품질결과와 배관을 통해 이송하여 타설하는 경량혼합토의 특성, 즉 원재료 토사의 다양한 현장 함수비, 유동성(FLOW 값), 고화제투입비율, 물의 투입비율, 타설시 최종 경량혼합토의 단위 중량 등 핵심 변수 변화로 최소 3,125개(5의 5승) 결과값이 나올 수 있는 상황을 간과했기 때문이다.
- [0022] 제조된 경량혼합토의 배관을 통한 이송거리 등을 고려하지 않으므로써 기존의 경량혼합토 배합방식으로는 시공 현장 적용이 무의미하다고 할 수 있다. 즉 기존의 경량혼합토 제조를 위한 재료배합 방식으로는 토사의 조건이 바뀌는 경우와 이송거리에 따른 기포혼합비율의 변화를 고려하지 않은 방식으로는 현장 작업자는 재료배합비 문제로 작업을 효율적으로 할 수가 없는 상황이 발생한다.
- [0023] 특히 골재회사에서 배출되는 석분이나 조립질이 많이 함유된 토사를 사용하는 경우는 단위중량관리 또는 함수비 조절시 특정토사를 바탕으로한 정규화계수 및 회기식을 통해 얻은 동일한 토사, 물 및 고화제의 단순배합방식으로는 이들 토사의 다양성과 이송거리에 따른 문제에는 대응하기 어려운 문제점이 있었다.
- [0024] FLOW값이 같더라도 경량혼합토제조에 투입될 원료인 토사는 종류에 따라 함수비가 10 ~ 300 % 까지 다양하여 기존 방식에 따른 재료투입비 결정은 현장에 전혀 적용하는데 많은 문제점이 있었다.
- [0025] 즉 재료혼합시 함수비 100 %를 투입하고도 배관을 통한 경량혼합토 이송시 이송이 불가능한 경우도 발생하여 재료배합 과정 중 기포를 혼합하여 배합하는 것 자체가 어려워 경량혼합토의 제조 및 타설이 불가능한 경우가 발생하여 다양한 환경조건에서도 적용가능하고 손쉽게 경량혼합토를 제조할 수 있는 방법이 필요하였다.
- [0026] 본 발명은 기존의 다양한 지반개량, 표층처리, 성토 과정에서 발생할 수 있는 복합적인 문제를 해결하기 위하여 아래의 사항과 함께 제시되는 것이다.
- [0027] 첫째. 경량혼합토를 활용한 지반개량, 표층처리, 성토를 위해 경량혼합토 타설 또는 포설시, 경량혼합토 포설 또는 타설 전에 수행하던 자갈 등의 골재포설이나 콘크리트 포설과정이 없다. 만약 이미 자갈 등 골재가 포설되어 있는 경우에는 시공시 경량혼합토의 FLOW값을 200 ~ 260 mm로 제조하여 자갈 등의 골재의 틈새 공극을 메운다. 골재 틈새가 메워진 경우에는 160 ~ 220 mm의 FLOW 값을 갖는 경량혼합토를 제조하여 지반개량, 표층처리, 성토를 수행한다.
- [0028] 둘째. 경량혼합토 제조를 위한 재료배합 방식은 토사의 종류와 상관없이 현장에서 배합비 결정에 어려움이 없도록 모든 원료토사의 복잡한 특성이 반영되어 나타난 FLOW값을 바탕으로 하여 재료배합비를 결정하여 경량혼합토를 제조하고, 또한 이를 통하여 지반개량, 표층처리, 성토 등을 설계, 시공한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0029] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 10-2004-0100704(공개일자 2004.12.02)

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 10-2016-0029477(공개일자 2016.03.15)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0030] 종래 문제를 해결하고자 본 발명은,
- [0031] 첫째, 연약지반 내 점성토는 물론 외부로부터 공급될 수 있는 다양한 토사류를 활용하여 지반개량, 표층처리, 성토 등 연약지반에서 발생될 수 있는 모든 공정을 한꺼번에 해결할 수 있는 공법을 제공하고자 하는 것을 발명의 목적으로 한다.
- [0032] 둘째, 토질 및 기초가 공학적으로 우수하여 지반문제를 해결할 수 있는 공법을 제시하여, 모래, 양질의 토사 등 골재의 반입을 최소화하거나 또는 불필요하게 함으로써 골재 부족 문제를 해결하며, 공법적인 측면에서 안정성, 환경성, 경제성을 확보할 수 있는 획기적 대안 공법을 제공하고자 하는 것을 발명의 목적으로 한다.
- [0033] 셋째, 공법적인 측면에서나 경제성의 측면에서 현실성이 없고 활용성이 떨어지는 기존 경량혼합토를 이용한 지반개량 방식을 대체할 수 있는 공법을 제공하고자 하는 것을 발명의 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0034] 상기 목적을 달성하고자,
- [0035] 본 발명은 제1실시예로서,
- [0036] 표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,
- [0037] 상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,
- [0038] 상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,
- [0039] 연약지반의 원지반 현장토 토사량(a)을 설정하는 단계(S40)와,
- [0040] 상기 현장토를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50)를 포함하여 이루어지는, 연약지반 현장토를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법을 제공한다.
- [0041] 본 발명은 제2실시예로서,
- [0042] 표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,
- [0043] 상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,
- [0044] 상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,
- [0045] 외부반입토사량(b)을 설정하는 단계(S40-1)와,
- [0046] 외부반입토사를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50-1)를 포함하여 이루어지는, 외부반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법을 제공한다.
- [0047] 제3실시예로서,
- [0048] 표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,
- [0049] 상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,

- [0050] 상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,
- [0051] 연약지반의 원지반 현장토 토사량(a)과 외부반입토사량(b)을 설정하는 단계(S40-2)와,
- [0052] 상기 현장토와 외부반입토사를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50-2)를 포함하여 이루어지는, 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법을 제공한다.

발명의 효과

- [0053] 본 발명에 따른 효과는 다음과 같다.
- [0054] 첫째, 토사의 단위중량을 낮추고 액상화 우려가 없이 점토질과 같은 토사의 강도를 높여 매립이나 부지조성에 필요한 토사의 양을 획기적으로 줄일 수 있다.
- [0055] 둘째, 외부로부터 모래, 토사 등 골재의 반입없이 점토 등 토질이 불량한 투기장 내의 토사만을 활용하여 표층처리, 지반개량, 성토가 가능하다.
- [0056] 셋째, 점성준설토를 비롯한 모든 토사를 활용하여 표층처리, 지반개량, 성토재로 활용이 가능하다.
- [0057] 넷째, 표층처리 등에 사용된 토사의 낮은 단위중량은 연약지반의 장기침하를 최소화하며, 모래를 사용하지 않음으로 인하여 지진 등 재난시 피해를 최소화할 수 있다.
- [0058] 다섯째, 투기장과 같은 준설토로 매립된 지반은 지진 등의 재난발생시 지반의 액상화로 막대한 재산적 피해가 예상된다. 본 발명에 따른 표층처리, 지반개량, 성토는 이러한 재난에 대비하는 최적의 방법이다.
- [0059] 여섯째, 모래 또는 양질의 토사확보과정에서 하천, 해양, 산림 등 생태계를 파괴하는 행위를 근절할 수 있다.
- [0060] 일곱째, 이미 발생된 석분, 슬러지, 고합수비 점토 등 다양한 토사를 환경적으로 안정화하여 활용함으로써 2차, 3차 토질오염문제를 해결할 수 있다.
- [0061] 여덟째, 표층처리, 지반개량, 성토 과정에서 발생하는 원지반 토사에 대한 하중증가의 문제가 없으므로 개량된 하부지반의 즉시 또는 장기 지반침하우려를 최소화할 수 있다.
- [0062] 아홉째, 본 발명에 따라 표층처리, 지반개량, 성토된 토사는 강도가 증가하고, 하나의 판구조를 이루는 지반이므로 개량된 지반 위에 적용하는 상재하중은 개량된 지반에서 분산되므로 개량지반하부의 연약지반 침하를 최소화할 수 있다.
- [0063] 열 번째, 기존공법에서는 지반조사 결과의 오류와 시공시의 기상조건에 따른 지반조건의 변화 등에 의하여 발생하는 시공비의 오류 등 많은 문제점을 해소하므로 예정공사비의 착오 문제와 공법변경에 대한 우려가 없다.
- [0064] 열한 번째, 기존 공법에서와 같은 개량 후 일정기간 압밀과정의 시간이 불필요함으로 공기단축이 가능하다.
- [0065] 열두 번째, 지하수 및 우천 등에 의하여 개량된 지반의 변형문제를 최소화하고 장기침하문제를 해결할 수 있다.
- [0066] 열세 번째, 기존공법에서와 같은 복잡한 설계과정이 불필요하여 설계가 매우 간단하다.
- [0067] 열네 번째, 기존공사비와 비교시 현격한 공사비의 절감이 가능하다.
- [0068] 열다섯 번째, 경량혼합토로 조성된 부지에서 공장, 도로, 매설관로 등의 시공시 별도의 지반개량 등 기초토목공사가 불필요하여 비용을 현격히 절감하는 것이 가능하다.
- [0069] 열여섯 번째, 지반공사 관련 발주처 또는 시공입찰에 참여하고자 하는 건설사는 제공된 지반상태의 정보오류 등에 따른 공사비의 변동성 증가와 하자 발생 등 분쟁의 위험을 해소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0070] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 스마트형 연약지반 개선공법에 따른 순서도.
- 도 2는 본 발명의 제2실시예에 따른 스마트형 연약지반 개선공법에 따른 순서도.
- 도 3은 본 발명의 제3실시예에 따른 스마트형 연약지반 개선공법에 따른 순서도.

도 4는 본 발명에 따른 스마트형 연약지반 개선공법을 적용하기 전 상태의 일반적 연약지반을 예시적으로 보인 도면.

도 5는 도 4에 도시된 연약지반 작업현장 내의 토사를 활용하여 작업할 경우의 시공계획을 나타낸 도면.

도 6은 도 4에 도시된 연약지반 작업현장 내의 토사를 활용하지 않고 외부로부터 반입된 토사를 활용하여 작업할 경우의 시공계획을 나타낸 도면.

도 7은 연약지반 작업현장 내의 토사를 토취하거나, 부족시 외부로부터 추가반입할 경우의 시공계획을 나타낸 도면.

도 8은 도 6 및 도 7에 도시된 시공계획에 근거하여 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 시공과정을 나타낸 도면.

도 9는 도 8에 도시된 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 시공완료 후의 상태를 나타낸 도면.

도 10은 본 발명의 스마트형 연약지반 개선공법을 위해 경량혼합토 플랜트로부터 연약지반까지 경량혼합토를 이송하는 과정을 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0071] 해안 또는 하천 주변이나 인공적으로 조성된 준설토투기장 등은 지반이 약하고 연약지반내 점토성 토질은 지반 재료로는 매우 부적합하여 장비진입이 어렵고, 도로 또는 건축물을 건설하는게 불가능하다.
- [0072] 이러한 불량지반에 장비가 진입하기 위해서는 표층처리를 하여야 하고, 도로 또는 건축물을 건설하기 위해서는 지반의 안정화와 지반의 성토가 필요하다.
- [0073] 기존에는 이러한 표층처리, 지반개량, 성토를 위해 외부로부터 모래와 양질의 토사를 반입하여 이러한 공정을 수행하였다.
- [0074] 본 발명에서는 불량지반 현장 내에 있는 점성토를 포함한 모든 토사를 활용하여 단위체적을 증가시키고 별도의 다짐공정 없이 강도 또는 다짐도를 증가시켜 표층처리, 지반개량, 성토 등 연약지반에서 발생될 수 있는 모든 공정을 한꺼번에 해결할 수 있는 공법을 제시함으로써 기존 공법의 지닌 단점과 불량토질에서 발생하는 공법적 한계를 극복하고자 한다.
- [0075] 앞서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따른 스마트형 연약지반 개선공법은 세 가지의 실시형태로 제시될 수 있다.
- [0076] 첫 번째, 제1실시예로서,
- [0077] 도 1에 도시된 바와 같이, 표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,
- [0078] 상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,
- [0079] 상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,
- [0080] 연약지반의 원지반 현장토 토사량(a)을 설정하는 단계(S40)와,
- [0081] 상기 현장토를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50)를 포함하여 이루어지는, 연약지반 현장토를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법을 제공한다.
- [0082] 두 번째, 제2실시예로서,
- [0083] 도 2에 도시된 바와 같이, 표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,
- [0084] 상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,
- [0085] 상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,
- [0086] 외부반입토사량(b)을 설정하는 단계(S40-1)와,

- [0087] 외부반입토사를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50-1)를 포함하여 이루어지는, 외부반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법을 제공한다.
- [0088] 세 번째, 제3실시예로서,
- [0089] 도 3에 도시된 바와 같이, 표층처리, 지반개량 및 성토의 효과를 동시에 갖는 연약지반 개선을 위한 최종지반계획고(A)를 설정하는 단계(S10)와,
- [0090] 상기 최종지반계획고(A)와 부지이용도를 고려하여 경량혼합토를 이용한 타설 두께(A')를 설정하는 단계(S20)와,
- [0091] 상기 경량혼합토의 목표단위중량 및 목표강도를 설정하는 단계(S30)와,
- [0092] 연약지반의 원지반 현장토 토사량(a)과 외부반입토사량(b)을 설정하는 단계(S40-2)와,
- [0093] 상기 현장토와 외부반입토사를 상기 설정된 목표단위중량 및 목표강도에 맞춰 경량혼합토로 개량하여 토사의 종류에 따라 체적을 30 ~ 200 %로 증가시킨 후 상기 최종지반계획고(A)까지 타설하는 단계(S50-2)를 포함하여 이루어지는, 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법을 제공한다.
- [0094] 이하, 상기 세 가지 실시형태로 제시된 스마트형 연약지반 개선공법에 대한 구체적인 기술 내용을 도면과 함께 살펴보도록 한다.
- [0095] 도 4는 본 발명에 따른 스마트형 연약지반 개선공법을 적용하기 전 상태의 일반적 연약지반을 예시적으로 보인 도면으로서,
- [0096] A는 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 공법을 통해 기존의 부지 또는 지반보다 표고가 높아져야 할 부분, 즉 최종지반계획고를 나타낸 것이다.
- [0097] b는 A 높이 만큼의 표층처리/지반개량/성토형 지반개선에 필요한 외부반입토사의 양을 나타낸 것이다.
- [0098] a는 a 만큼의 원지반의 현장발생토를 활용하여 a+b 또는 a+A높이 만큼의 표층처리/지반개량/성토형 지반개선에 필요한 토사의 양을 나타낸 것이다.
- [0099] 설계 또는 시공자는 연약지반 또는 성토가 필요한 부지에 대하여 성토부의 최종지반계획고(A), 외부토사 반입시 필요한 토량인 외부반입토사량(b), 현장토 활용시 토취할 필요토량인 현장토 토사량(a) 등 토사확보 계획을 수립 또는 확인하고, 경량혼합토를 활용한 표층처리/지반개량/성토형 지반개선을 위한 두께 또는 높이, 강도(kpa), 단위중량(KN/m³), 경제성, 기타 필요한 사항을 기본계획, 설계 및 시공단계에서 종합적으로 검토하여야 한다.
- [0100] 도 5는 도 4에 도시된 연약지반 작업현장 내의 토사를 활용하여 작업할 경우의 시공계획을 나타낸 도면으로서, 현장토 토사량(a) 만큼을 토취하여 체적증가 및 강도개선의 경량혼합토로 개량한 후, 지반개선된 두께, 즉 타설 두께(A') 만큼 표층처리/지반개량/성토형 지반개선을 이룬다.
- [0101] 도 6은 상기 도 4도시된 연약지반 작업현장 내의 토사를 활용하지 않고 외부로부터 반입된 토사를 활용하여 작업할 경우의 시공계획을 나타낸 도면이다.
- [0102] 상기 도 6은 지반설계자가 현장토를 활용하지 않고 외부에서 토사를 반입하여 표층처리/지반개량/성토형 지반개선을 하고자 하는 경우 최종지반계획고(A) 높이에 필요한 외부반입토사량(b)의 관계를 나타냈으며, 이때 설계자는 외부로부터 반입될 토사의 단위중량, 1.3 ~ 2 톤/m³(루베)를 대략 파악한 후 개량된 경량혼합토의 단위중량, 0.6 ~ 1.2 톤/m³(루베)를 설정하고 상기 최종지반계획고(A) 높이 만큼의 토사가 아니라 외부반입토사량(b) 만큼의 외부토사반입을 예측하여 표시한다. 도 6에 도시된 A'는 지반개선된 두께, 즉 타설 두께를 나타낸다.
- [0103] 예를 들어, 외부로부터 반입될 토사의 단위 중량이 1.5 톤/m³(루베)이고 개량된 경량혼합토의 단위 중량을 1 톤/m³(루베)로 설계하고자 할 경우,
- [0104] 실제 외부반입토사량은 약 0.65 ~ 0.75 톤/m³(루베)가 필요하다. 단 물과 고화제 첨가는 0.25 ~ 0.35 톤/m³(루베)가 필요하다.
- [0105] 최종지반계획고(A) 높이까지 표층처리/지반개량/성토형 지반개선이 필요한 경우에는 상기 최종지반계획고(A) 높

이 만큼의 토사반입계획을 수립해서는 안되고, 외부반입토사량(b)을 추정하여 산정해야 한다.

- [0106] 상기 최종지반계획고(A)는 표층처리를 목표로 하는 경우, 0.3 ~ 2.0 m, 지반개량을 목표로 하는 경우, 0.3 ~ 3.0 m, 성토를 목표로 하는 경우, 0.3 ~ 30.0 m로 한다.
- [0107] 또한 개량된 경량혼합토의 목표강도(kpa)는 50 kpa ~ 2 Mpa의 범위에서 내에서 결정한다.
- [0108] 일반적으로 표층처리/지반개량/성토형 지반개선을 하고자 할 경우 200 kpa ~ 500 kpa이면 무난하다.
- [0109] 500 kpa를 초과하거나 2 Mpa 미만인 경우에는 경제성 등을 고려하여 신중하게 결정하여야 하고, 2 Mpa 이상인 경우에는 개량된 경량혼합토의 재사용시 폐기물로 간주될 우려가 있으므로 특별한 경우가 아닌 경우는 표층처리/지반개량/성토형 지반개선의 목적으로 사용하지 않는 것이 좋다.
- [0110] 도 7은 연약지반 작업현장 내의 토사를 토취하거나, 부족시 외부로부터 추가반입할 경우의 시공계획을 나타낸 도면으로서,
- [0111] 연약지반내 현장발생토 또는 현장발생토와 외부에서 반입한 토사를 활용하여 현장토 토사량(a) 만큼 터파기된 부분과 최종지반계획고(A) 높이까지 표층처리/지반개량/성토형 지반개선을 하고자 할 경우를 나타낸 것이다. 도 7의 b는 외부반입토사량을 나타낸다. 이때 설계방법은 도 6을 통해 제시되는 방법과 동일하다.
- [0112] 도 8은 상기 도 6 및 도 7에 도시된 시공계획에 근거하여 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 시공과정을 나타낸 도면이다.
- [0113] 도 5 내지 도 8을 통해 제시된 본 발명의 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 공법에 대해 보다 구체적으로 살펴보도록 한다.
- [0114] 먼저, 시공전 현장을 답사하여 외부반입토사량(b) 또는 현장토 토사량(a)에 따른 토사를 채취하고, 실내 시험을 통하여 설계된 목표강도(kpa), 단위중량(KN/m^3 (루베))의 확보와 작업조건을 고려하여 토사, 물, 고화제, 기포제의 배합비를 결정하고 또한 FLOW값을 현장상황을 고려하여 검토한다.
- [0115] 이때 토사는 10 KN/m^3 (루베) 기준 대비 5 ~ 7 KN/m^3 (루베)로 한다.
- [0116] 그리고 토사의 함수비가 10 ~ 300 %로 다양하나 FLOW값은 260 mm 이내의 토사를 기준으로 한다.
- [0117] 첨가제를 포함하는 물과 고화제의 배합물은 2.5 ~ 3.5 KN/m^3 (루베) 범위로 하며, 만약 원료토의 토사 상태가 FLOW값이 260 mm 이상이 되어 별도의 물 첨가가 불필요하다고 판단될 경우는 원료토사를 1루베(m^3)당 7KN이상 투입이 가능하다. 이때 첨가제를 포함하는 고화제가 1.8 KN/m^3 (루베) 이상으로 투입될 경우에는 목표강도가 1 Mpa의 가능성이 있으므로 경제성 등을 고려하여야 한다.
- [0118] 또한 개량된 경량혼합토의 강도가 지나치게 높을 경우, 재활용의 어려움으로 인해 폐기물로 분류될 수 있으므로 이를 유의하여 배합비를 결정하여야 한다.
- [0119] 시공시는 작업성 등을 고려하여 FLOW값을 140 ~ 260 mm 범위 내에서 결정하나, 품질의 안정성을 고려하여 180 ~ 220 mm 범위를 유지하는 것이 바람직하다.
- [0120] 이를 벗어난 값으로 시공하고자 하는 경우에는 현장에서 현장토의 특성과 작업조건을 확인한 후 현장배합비를 최종결정하여 품질확인 후 경량혼합토를 제조한다.
- [0121] 이렇게 제조된 경량혼합토는 타설시에 별도의 다짐작업이 불필요하다.
- [0122] 그리고 설계시 정한 목표단위중량이 10 KN/m^3 (루베) 이하인 경우에는, 타설시 지표면에 10 cm 이상 높이의 많은 물이 있는 경우에는 물을 제거한 후 타설한다.
- [0123] 즉, 상기 물(water)의 높이가 10 cm 미만이 되도록 제거한 후, 상기 경량혼합토를 타설하되 별도의 다짐작업 없이 시공완료료를 이룬다.
- [0124] 도 9는 도 8에 도시된 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 시공완료 후의 상태를 나타낸 도면이다.
- [0125] 미세한 토질인 점성준설토 등으로 표층처리/지반개량/성토형 지반개선이 이루어진 지반을 별도의 아스팔트 포장 등이 없이 차량통행을 할 경우 미세먼지가 바람에 날리지 않도록 일반 비포장도로와 같이 작업차량 진출입시 자주 물을 뿌려주어야 한다.
- [0126] 이상에서 살펴본, 본 발명에 따른 표층처리/지반개량/성토형 지반개선 방법은 점성준설토를 포함한 다양한 종류

의 토사를 활용할 수 있으며, 기존에 수행되던 여성토에 의한 압밀축진과 PBD(플라스틱 보드 드레인)을 이용한 지반내 함수를 배출할 필요가 없다.

- [0127] 또한 연약지반이 액상화를 일으키고, 골재 채취과정에서 환경파괴를 일으키는 모래 등의 골재 반입이 필요없다는 매우 큰 장점을 갖는다.
- [0128] 기존 방식은 준설토 투기장 등 연약지반의 부지조성 후 활용을 위하여, 투기장의 장기방치, 양질토사반입, PBD 공법적용, 모래포설, 성토재하, 성토 제거 등을 통해 부지를 조성하였으며, 이는 부지 조성에 상당한 시간과 비용이 소요되는 문제를 일으켰다.
- [0129] 그러나 본 발명에서 제시하는 방식을 적용하게 될 경우 투기장의 점성준설토와 같은 매우 연약한 부지에서도 별도의 압밀과정의 시간이 필요없이 부지를 조성할 수 있다는 큰 장점을 갖는다.
- [0130] 본 발명은 연약지반의 표층처리/지반개량/성토형 지반개선을 수행함에 있어, 도 5 내지 도 7을 통해 제시하고 있는 바와 같이, 연약지반 내의 현장토 토사 또는 외부반입토사를 경량혼합토로 개량하여 활용하거나, 또는 현장토 토사와 외부반입토사를 혼용한 후 경량혼합토로 개량하여 활용하는 방법은 토사확보, 모래채취, 대나무 남용 등에 따른 자원부족문제를 해결할 수 있다.
- [0131] 또한 상기 도 5 내지 도 7의 현장토 토사량(a) 또는 외부반입토사량(b)에 따른 토사의 종류를 선택하고자 할 시 점의 함수비 상태는 매우 다양하며 수시로 변하는 가변적이다.
- [0132] 또한 토질은 토취위치에 따라 매우 상이하고 다양하여 실제 경량혼합토 제조를 위한 원료토사의 재료투입비 결정에 많은 어려움이 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 발명에서는 FLOW값을 적용하여 배합비 문제를 단순화할 수 있도록 하였다.
- [0133] 즉 기존의 배합방식은 사용시점의 토사 함수비가 5 ~ 300 %로 다양하고 토질 또한 매우 다양하다는 것을 간과하고, 또한 배관을 통하여 이송타설하는 상황을 간과함으로써 현장 적용의 현실성이 떨어진다.
- [0134] 본 발명은 이와 같이 다양한 토사를 활용하여 경량혼합토로 개량하여 압밀과정없이 표층처리, 지반개량, 성토의 문제를 동시에 해결할 수 있는 설계 및 시공방법을 제시한 것이다.
- [0135] 상기 경량혼합토는 도 10에 도시된 바와 같이, 경량혼합토 플랜트(10)를 통해 제조된 후, 상기 경량혼합토 플랜트(10)로부터 연약지반(20)까지 연결된 배관(100)을 통해 공급된다.
- [0136] 상기 경량혼합토는 연약지반 현장토 또는 외부반입 토사 중 선택되는 어느 1종 또는 2종의 토사와 고화제를 혼합하여 혼합토를 제조한 후, 상기 혼합토를 연약지반(20)까지 배관(100)을 통해 압송하는 과정 중에 기포를 공급함으로써 완성된다.
- [0137] 상기 고화제는 소정의 강도를 확보하기 위하여 첨가하는 것으로서, 시멘트계 재료, 굴껍질, 산업부산물을 활용한 고화제, 친환경 토양안정제 NSS(natural stabilizer soil) 중 선택되는 어느 1종 또는 2종 이상을 사용할 수 있다. 준설토로부터 제조된 경량혼합토의 강도는 상기 고화제의 첨가량이 많은 영향을 미친다.
- [0138] 상기 시멘트계 재료로는 1종 또는 2종 포틀랜드 시멘트 및 고로슬래그가 주로 사용된다. 시멘트의 혼합비는 기 대하는 개량효과나 흙의 종류에 따라 다르지만, 대부분 경량혼합토의 전체 중량에 대해 6 ~ 18 wt% 범위 내로 하는 것이 바람직하다. 이때 흙 속에 점토성분 및 함수비에 따라 시멘트의 양도 증감한다.
- [0139] 시멘트의 고화 메카니즘은 물리적 혼합이 아니라 화학적 상호작용에 의해 이루어지는 것으로서, 시멘트는 클링커 구성광물이라는 시멘트 화합물이 물과 반응하는 수화반응을 통해 수화물을 생성하면서 응결하고 경화된다.
- [0140] 시멘트의 주성분 클링커광물은 알루미늄산 3석회($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3, \text{C}_3\text{A}$), 규산 3석회($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2, \text{C}_3\text{S}$), 규산 2석회($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2, \text{C}_2\text{S}$), 알루미늄산 철산 4석회($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{C}_4\text{AF}$)이며 이러한 클링커광물에 따라 수화반응으로 생성되는 수화물은 수화에 따라 알루미늄산 석회($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{nH}_2\text{O}$), 규산석회($\text{mCaOSiO}_2\text{nH}_2\text{O}$), 철산석회($\text{CaOFe}_2\text{O}_3\text{nH}_2\text{O}$) 등의 수화물을 만들며 수산화석회($\text{Ca}(\text{OH})_2$)를 유리시켜 콜로이드상에서 결정상으로 성장시켜 경화가 진행된다.
- [0141] 수화작용은 장기에 걸쳐 진행되며 초기의 응결과정을 거쳐서 경화과정으로 진행된다. 이 기간은 전체에서 보면 단기간이나 시멘트의 결합력에 있어서 중요하다.
- [0142] 또한 준설토에 고화제를 첨가하면 수화반응에 의해서 발생한 가변성을 띤 Ca^{+2} 이온이 증가하게 되어 칼륨(K^+),

나트륨(Na^+) 이온을 완전히 대체하게 되는데, 이는 양전하를 띤 Ca^{+2} 이온이 음전하를 띤 토립자의 표면으로 흡착되는 현상이다.

- [0143] 흙과 고화재의 상호작용은 주로 응집력을 증가시키고 고화재 함량이 증가할수록 고화재의 수화작용으로 인하여 흙덩어리 사이의 공극을 채우게 되는 결과가 되어 역학적으로 큰 강도와 불투수성인 흙 포장에 된다.
- [0144] 시멘트로는 광의의 시멘트에 포함되는 종류는 많으나 시멘트, 고로시멘트, 공업용 석회 및 소석회를 주요 대상으로 한다. 이 밖에 실리카 시멘트, 도로마이트석회, 고로슬러그를 주재료로 하는 것과 카바이트재 등이 있다.
- [0145] 상기 시멘트를 이용한 고화재의 기능을 향상시키기 위해, 플라이애쉬 등의 포졸란 물질을 첨가제로 사용되기도 한다.
- [0146] 상기 굴뚝질은 초음파 수세 후에 건조한 것을 열처리하여 분쇄한 평균 입경이 35~45 μm 인 것을 사용한다.
- [0147] 굴뚝질은 광물상이 Calcite로 96 % 이상이 CaCO_3 이다. 굴뚝질을 수직으로 파단하여 단면을 살펴보면 치밀적 판상구조인 sheet layer와 비표면적이 큰 다공성 구조의 bulky layer로 구성되어 있다. 이 두 층의 화학조성과 미구조가 다른 점을 이용하여 bulky layer 부분만 탈탄산함으로써 Silica와의 수열 처리시 Tobermorite 나 Xonotlite와 같은 결합상을 형성하도록 하고 탈탄산이 되지 않은 sheet layer 부분은 미반응 Silica와 함께 경화체에 남아 골재역할을 하도록 한 것이 굴뚝각 고화재이다.
- [0148] 상기 산업부산물을 활용한 고화재는 고로슬래그 미분말을 기본재료로 인산석고 및 알칼리 복합 활성화제를 이용하여 제작된 비소성 무기결합재(non sintering binder)로서, CaO 45.4 wt%, SiO_2 29.8 wt%, Al_2O_3 10.2 wt%, SO_3 7.3 wt%, MgO 4.0 wt%, Fe_2O_3 1.1 wt%, K_2O 0.8 wt%의 성분조성을 포함한다.
- [0149] 시멘트를 제조하는 과정에서 발생하는 석회석의 부분별한 채굴로 인한 자연 훼손과 이산화탄소의 배출을 저감시킨다는 점에서 일반 시멘트보다 경제적이며 친환경적이라는 장점을 꼽을 수 있다.
- [0150] 상기 친환경 토양안정제 NSS(natural stabilizer soil)는 천연섬유와 추출한 단섬유와 석회를 혼합한 재료를 주원료로 하는 것으로서, 흙의 전단강도를 증가시켜 지반의 지지력과 내구성을 향상시키며, 침수와 동해를 동시에 방지하는 특징이 있다.
- [0151] 상기 기포는 경량화재로서, 지반재료를 경량화하기 위해 혼합하는 재료이다. 상기 기포는 기포제를 물, 해수 또는 담수에 희석하여 발포한 후에 사용한다.
- [0152] 경량성과 유동성 확보를 위해 사용되는 기포제는 공기압, 온도, 유기물 함량, 발포 후 경과시간, 제조된 경량혼합토의 이송거리 등에 큰 영향을 받는다.
- [0153] 기포제의 종류에는 동물성 단백질 형태의 기포제와 표면장력에 의해 기포가 형성되는 계면활성제가 있으며 기포제는 형상에 관계없이 시멘트가 응결하고 경화될 때까지 기포를 안정되게 유지되어야 한다.
- [0154] 더욱 구체적으로는, 기포의 생성을 위하여 기포제와 물을 1:20의 중량비율로 혼합하고 사전에 발포시켜 사용한다. 상기 기포제는 합성계면활성제 기포제로서 고급 Alcohol 유황 에스테르계 화합물이다.
- [0155] 상기 기포제에는 동물성, 식물성, 합성유계 등이 있으며 계면 활성 작용을 이용하여 물리적으로 기포를 도입한 것이다.
- [0156] 기포를 발생시키는 방법은 기포기를 이용하여 물리적으로 사전에 발포를 시키는 방법과 발포제를 시료에 혼합시켜 수화반응에 의해 가스를 발생시키는 방법으로 구분된다. 이때 기포제는 경량성과 유동성을 확보하기 위해서 기포를 내부에 균일하게 분산시키는 것이 중요하므로 온도의 영향을 크게 받는 발포제를 혼합시키는 방법은 거의 사용하지 않는다.
- [0157] 상기 동물성 기포제의 경우, 비중 1.2, pH(4℃) 7.0, 비누화값 210, 침전값 10, 염분농도 4.2 %이고,
- [0158] 식물성 기포제의 경우, 비중 1.03, pH(4℃) 7.1, 비누화값 5.3, 침전값 0, 염분농도 1.7 %이다.
- [0159] **식물+동물성 기포제**의 경우, 비중 0.95 ~ 1.05, pH(4℃) 6 ~ 8, 고형분은 약25 %이다.
- [0160] 합성 계면활성제의 수용액은 발포가 용이하여 기포제로서 많이 사용된다. 기포제로서 사용되는 계면활성제는 형상에 관계없이 기포를 시멘트가 응결 경화할 때까지 안정되게 유지하여야 한다. 양성 계면활성제는 산성, 알칼리성에 관계없이 계면 활성 작용을 나타내므로 기포제로서 우수한 성능을 나타내고 있다. 비이온 계면활성제는

이온성에 영향을 받지 않아 기포제로서 사용할 수 있지만 전반적으로 기포성이 약하고 슬러리 중의 기포 안전성이 불안정하여 단독으로 사용되지 않는다.

- [0161] 상기 제시된 고화제 종류 외에 철강슬래그를 사용할 수도 있다. 단 이때의 배합비율은 슬래그 판매사별 성분의 차이가 있으므로 현장배합비로 결정한다. 또한 필요시 시멘트를 첨가할 수도 있다.
- [0162] 상기 철강슬래그는 고로슬래그와 제강슬래그로 나뉜다.
- [0163] 고로 슬래그는 용광로에서 철광석이 코크스 석회석과 함께 넣어져 용융되는 과정에서 얻어지는데 조강 톤당 약 정도의 슬래그가 얻어진다. 이때 약 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 용융되는데 사용된 냉각방식에 따라 서냉슬래그 급냉슬래그로 나뉜다.
- [0164] 급냉슬래그는 포틀랜드 시멘트와 구성 성분이 비슷해 시멘트 원료로 사용되기도 하고 잠재수경성이 있어서 시멘트의 혼합재로도 사용된다 하지만 서냉슬래그는 공기 중에서 냉각될 때 안정한 물질로 결정화되기 때문에 도로 노반재나 콘크리트용 굵은 골재 등으로 사용되고 있다.
- [0165] 준설토 철강슬래그 혼합토의 일축압축강도는 순수 준설토의 일축압축강도 보다 크게 나타났고 양생일수 및 혼합물이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 또한 강도는 슬래그 20 ~ 40 % 혼합시 순수 준설토에 비해 약 2.27 ~ 11.77 배 증가한다.
- [0166] 준설토 철강슬래그 혼합토의 지지력은 순수 준설토의 지지력에 비해 크게 나타났고 양생일수 및 혼합물이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보인다 또한 지지력은 슬래그 20 ~ 40 % 혼합시 순수 준설토에 비해 약 7.6 ~ 33.6 배 증가한다.
- [0167] 경량혼합토는 단위 중량과 전단 강도를 사용목적에 맞게 조절할 수 있다. 사용재료의 단위 중량을 줄이기 위하여 기포(air-foam)를 혼합하고, 원하는 전단강도의 발현을 위하여 고화제인 시멘트 등을 사용한다.
- [0168] 단위 중량은 해안가에서 사용될 때 경량토가 물에 뜨는 것을 방지하기 위하여 $10 \text{ kN/m}^3 \sim 14 \text{ kN/m}^3$ 으로 설계하고, 표층처리, 지반개량, 매립성토재로 사용할 경우 일축압축강도의 범위를 $50 \text{ kPa} \sim 1 \text{ MPa}$ 가 되도록 설계한다.
- [0169] 이때 단위중량 및 강도는 설계자의 요구에 따라 10 kN/m^3 미만 또는 1 MPa 초과한 값으로 조절할 수도 있다.

산업상 이용가능성

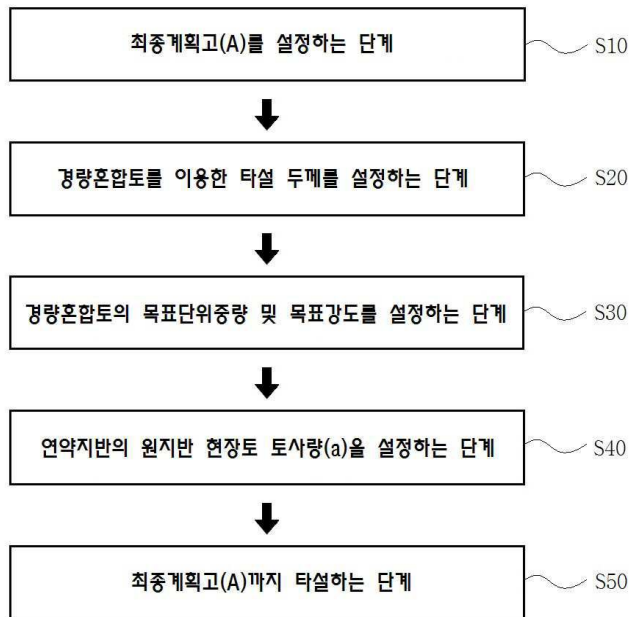
- [0170] 본 발명에 따른 연약지반 현장토 또는 외부 반입 토사를 개량하여 표층처리, 지반개량 및 성토 효과를 동시에 갖는 스마트형 연약지반 개선공법은
- [0171] 연약지반 내 점성토는 물론 외부로부터 공급될 수 있는 다양한 토사류를 활용하여 지반개량, 표층처리, 성토 등 연약지반에서 발생될 수 있는 모든 공정을 한꺼번에 해결할 수 있는 공법을 제시하고,
- [0172] 토질 및 기초가 공학적으로 우수하여 지반문제를 해결할 수 있는 공법을 제시하여, 모래, 양질의 토사 등 골재의 반입을 최소화하거나 또는 불필요하게 함으로써 골재 부족 문제를 해결하며, 공법적인 측면에서 안정성, 환경성, 경제성을 확보할 수 있는 획기적 대안 공법을 제공함으로써 산업상 이용가능성이 크다.

부호의 설명

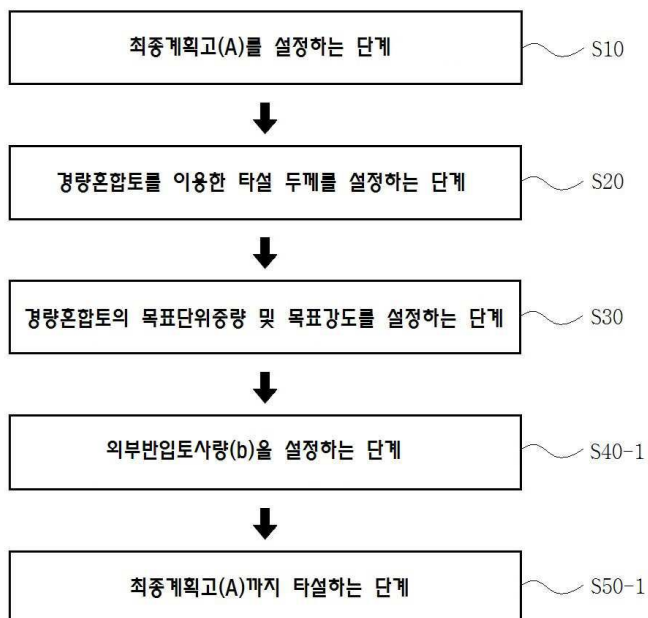
- [0173] 10 : 경량혼합토 플랜트
- 20 : 연약지반
- 100: 배관

도면

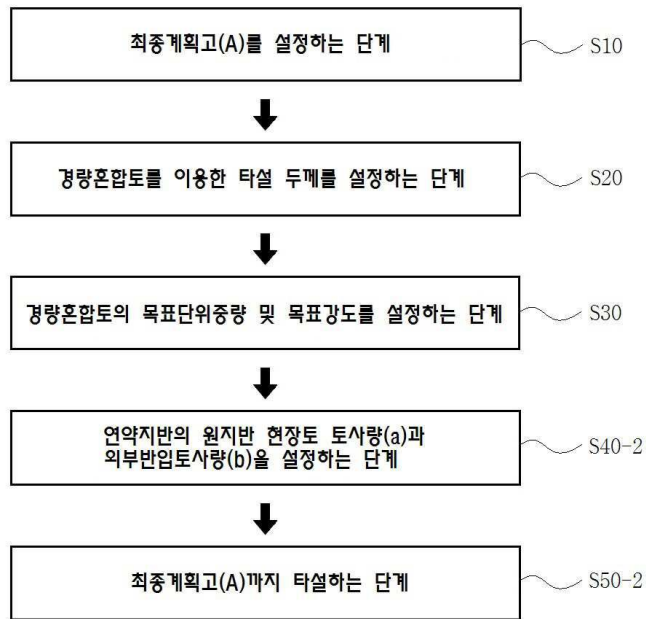
도면1



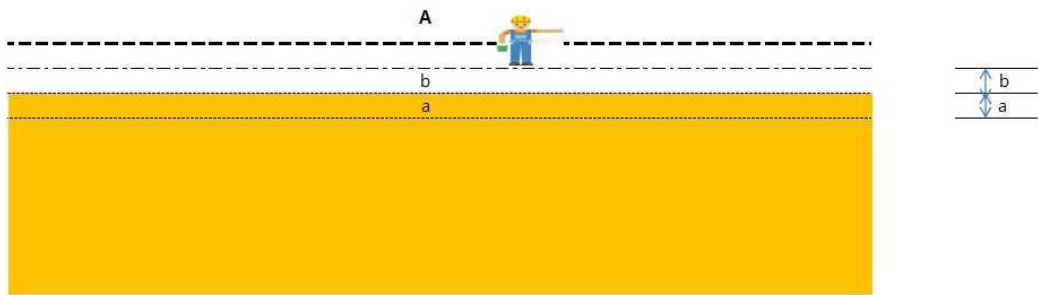
도면2



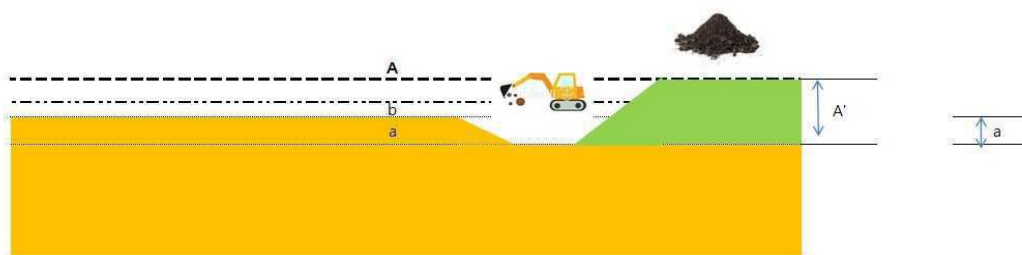
도면3



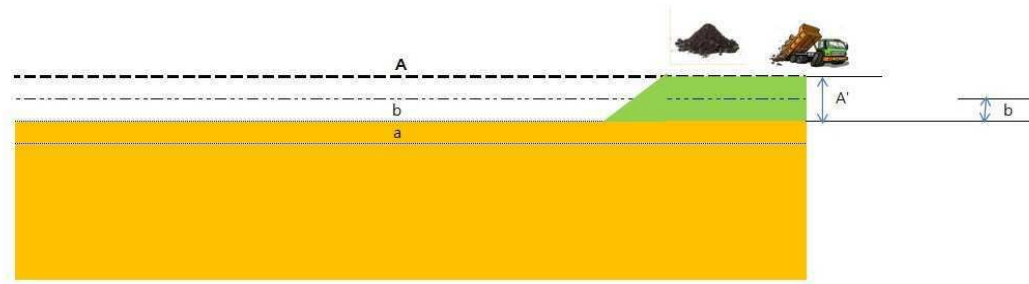
도면4



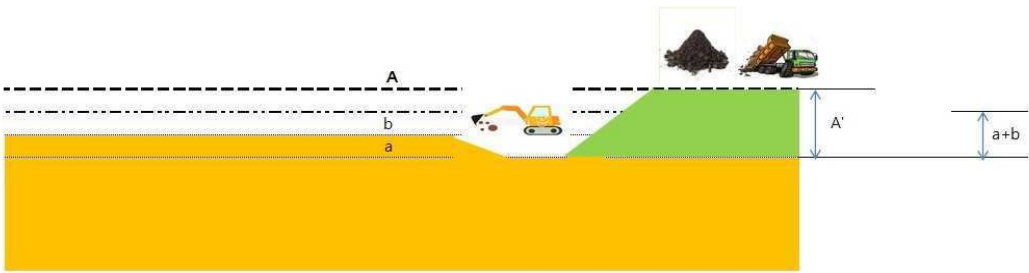
도면5



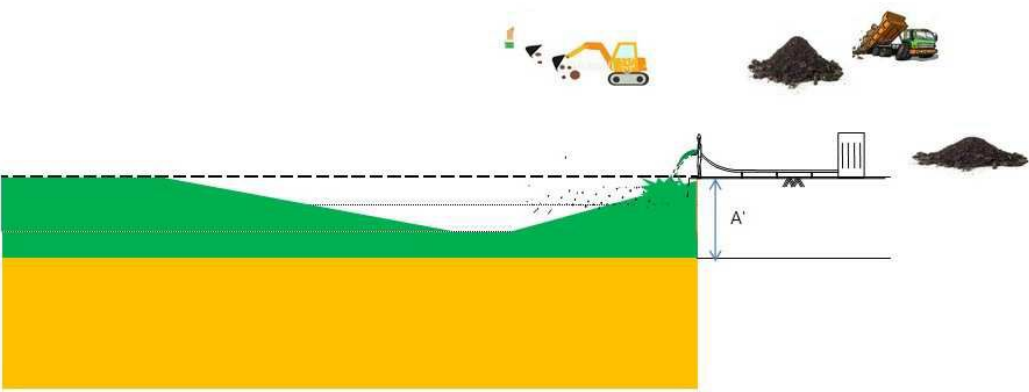
도면6



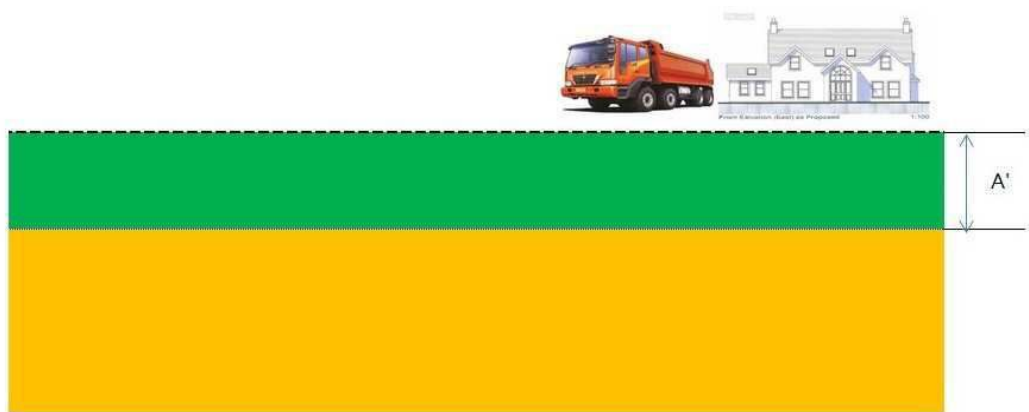
도면7



도면8



도면9



도면10

