

# 표층처리공법으로 개량된 초연약지반의 침하거동에 미치는 영향인자 분석

## Evaluation of Influencing Factors on Settlement Behavior of Very Soft Ground with Reinforced Surface

유 승 경<sup>1</sup> You, Seung-Kyong

이 종 선<sup>2</sup> Lee, Jong-Sun

함 태 규<sup>3</sup> Ham, Tae-Gew

양 기 석<sup>4</sup> Yang, Kee-Suk

조 삼 덕<sup>5</sup> Cho, Sam-Deok

최 항 석<sup>6</sup> Choi, Hang-Seok

### Abstract

It is necessary to develop a rational design method for surface reinforcement of very soft ground because most current design works rely on merely crude empirical correlations. In this paper, the mechanical behavior of very soft ground that is surficially reinforced was investigated with the aid of a series of numerical analyses. Several material properties of each dredged soft ground, reinforcement and backfill sand mat have been exercised in the numerical analysis. The result of numerical analysis was compared with those of the laboratory model test. Through the matching process between the numerical and experimental result, it is possible to determine representative material properties of the dredged soft ground, reinforcements and backfill sand mat. These verified material properties permit to evaluate the effect of the stiffness of reinforcement and the thickness of sand mat on the overall deformation of the reinforced soft ground.

### 요 지

현재 국내외에는 준설매립지반과 같은 초연약지반에 적용하고 있는 표층처리공법에 대한 명확한 설계법이 미흡하며 따라서 경험적인 설계가 주를 이루고 있는 실정이다. 본 논문에서는 표층처리공법의 합리적 설계법 확립의 일환으로 표층 보강된 초연약지반의 거동을 수치해석적 방법을 통해 살펴보았다. 이를 위해 수치해석에서는 초연약지반 및 보강재, 복토재 등의 거동을 모사할 수 있는 적절한 구성모델을 설정하고 기존의 실내모형실험에 의한 결과와의 비교, 분석을 통하여 이 재료들의 적절한 물성치를 설정하였으며 그에 대한 타당성을 검토하였다. 또한 일련의 수치해석 결과들로부터 초연약지반의 강도 및 표층보강재의 강성, 복토의 두께에 따른 초연약지반의 침하거동 특성을 분석하였다.

**Keywords** : Dredged soil, Ground surface reinforcement method, Numerical analysis, Settlement, Very soft ground

1 정회원, 명지전문대학 토목과 부교수 (Member, Associate Prof., Dept. of Civil Engrg., Myongji College, yousk@mjc.ac.kr, 교신저자)

2 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정 (Graduate Student, Dept. of Civil, Environmental & Architectural, Korea Univ.)

3 정회원, 한국건설기술연구원 토질 및 기초연구실 선임연구원 (Member, Senior Researcher, Geotechnical Eng. Division, Korea Institute of Construction Technology)

4 정회원, 한국항만기술단 기술연구소장 (Member, Chief Researcher, Korea Port Eng.)

5 정회원, 한국건설기술연구원 토질 및 기초연구실 책임연구원 (Member, Chief Researcher, Geotechnical Eng. Division, Korea Institute of Construction Technology)

6 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 부교수 (Member, Associate Prof., Dept. of Civil, Environmental & Architectural, Korea Univ.)

\* 본 논문에 대한 토의를 원하는 회원은 2009년 6월 30일까지 그 내용을 학회로 보내주시기 바랍니다. 저자의 검토 내용과 함께 논문집에 게재하여 드립니다.

## 1. 서론

준설매립에 의해 조성된 초연약지반은 일반적으로 고함수비, 고압축성의 특성을 가지므로 사용 목적에 맞는 소정의 강도를 갖는 지반으로 개량하는 것이 필수적이다. 이를 위해 초연약지반의 심층개량이 요구되고 있으며 심층개량장비의 주행성을 확보하기 위해 표층처리공법을 실시하게 된다.

최근 국내에서는 준설매립에 의한 부지조성 공사가 활발히 이루어지고 있으며 이에 따라 표층처리에 대한 공법도 다양하게 발전되고 있다. 일반적으로 표층처리공법에는 geotextile 등을 이용한 시트공법이 주로 이용되고 있으나 이를 적용할 수 있는 명확한 설계지침이 전무하며 Yamanouchi(1985)가 제안한 지반의 지지력공식을 참고하여 경험적인 설계가 이루어지고 있는 실정이다. 시트에 의해 보강된 초연약지반에 대한 Yamanouchi의 지반지지력 산정식은 Terzaghi의 지지력 이론을 기본으로 하고 있으며 여기에 시트의 인장력 및 소성유동에 인한 근입효과를 도입한 것으로서 사용되는 입력정수의 결정이 어려워 적합한 설계기준으로 제시하기 어렵다. 따라서 현재 표층처리공법에는 경험적인 설계가 주를 이루고 있으며 그에 대한 연구 또한 미흡한 실정이다. 초연약지반에 작용하는 단기하중에 대한 역학적 거동 및 보강재의 보강효과를 적절히 반영할 수 있는 합리적인 설계법 개발이 필요한 실정이다.

초연약지반의 거동 및 표층보강재에 의한 보강효과를 적절히 표현할 수 있는 수치해석방법의 개발은 합리적인 설계법의 기초를 세우고 표층보강재로 개량된 초연약지반의 거동을 예측하는데 있어 매우 중요하다. 현재 일반적인 수치해석 프로그램은 구조적인 해석을 바탕으로 지반 및 토질문제에 적용하여 발전하고 있는 단계이며, 초연약지반과 같은 저응력 상태에서 대변형이 발생하는 문제나 재료의 인장강성에 의해 연직하중을 지지하는 표층보강재의 거동에 대한 문제를 적절히 표현하는데 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 일반적인 수치해석방법으로 표현할 수 없는 초연약지반의 거동을 모사하기 위하여 적절한 수치해석 모델 및 물성치를 설정하고 실내모형실험의 결과와 비교·분석을 통하여 그 타당성을 확인하였다. 또한 다양한 경우에 대한 수치해석을 실시하여 초연약지반의 강도 및 표층보강재의 강성, 복토의 두께가 초연약지반의 침하거동에 미치는 영향을 살펴보았다.

## 2. 수치해석

### 2.1 수치해석 개요

본 연구에서 수행한 수치해석 방법의 타당성을 검증하기 위하여 기존에 수행한 연약지반 표층보강재의 인장강도와 복토두께의 지지력개선효과에 관한 실험(함태규, 2008)의 결과를 이용하여 수치해석결과를 비교, 평가하였다. 그림 1은 모형실험의 개요도를 나타내고 있다. 모형실험에서는 초연약지반을 광양항 준설점토를 사용하여 조성하였으며 무보강 및 표층보강에 대한 하중재하시험을 실시하였다. 표 1은 광양항 준설점토의 물리적 특성을 나타낸 것이다. 본 연구의 수치해석에서는 상용 유한요소해석 프로그램인 Midas GTS(ver 2.5.0)를 사용하였으며 초연약지반 및 표층보강재의 변형거동을 파악하기 위해 실내모형실험에 기초한 3단계의 수치해석을 실시하였다. 1단계 수치해석에서는 무보강 실

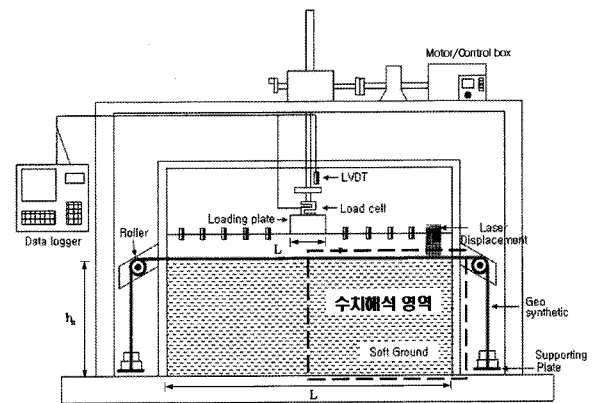


그림 1. 실내모형실험장치 및 수치해석 영역(함태규, 2008)

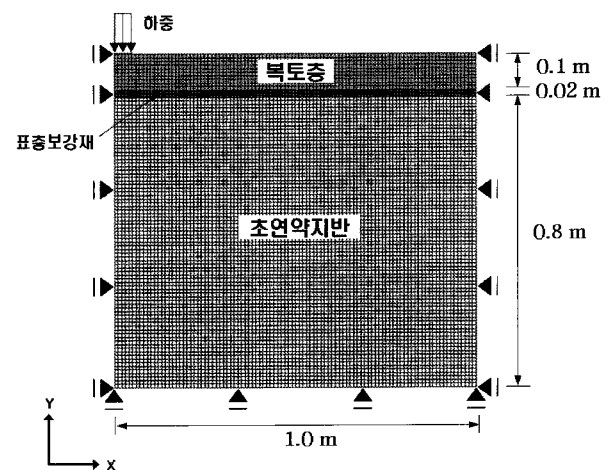


그림 2. 수치해석 모델

내모형실험을 통한 하중-변위 관계와 수치해석의 결과를 비교, 검토하여 초연약지반의 적합한 물성치를 결정하였다. 수치해석 2단계에서는 1단계에서 결정한 초연약지반의 모델링에 추가하여 표층보강재를 모델링하였으며 지오텍스타일로 보강된 초연약지반에 대한 실내모형실험 결과와의 비교를 통해 수치해석의 표층보강재에 대한 물성치를 결정하였다. 마지막으로 수치해석 3단계에서는 1단계와 2단계에서 결정된 초연약지반과 표층보강재에 대한 수치해석 모델에 대하여 현장과 같이 복토 포설이 완료된 상태를 추가적으로 모델링 하였다. 수치해석에 사용한 복토재의 물성치는 1, 2단계에서와 마찬가지로 동일한 조건에서 수행된 실내모형실험 결과와의 비교를 통하여 결정하였다. 수치해석 모델은 실내모형실험에서 모형지반의 대칭적 거동을 고려하여 그림 1과 2에 나타난 바와 같이 모형지반의 반단면을 평면변형률조건으로 설정하였다.

## 2.2 해석재료의 모델화 및 검증

### 2.2.1 무보강 초연약지반

본 수치해석에서는 초연약지반의 비배수 상태에서의 단기 변형거동을 확인하기 위해 초연약지반을 탄소성체로 가정한 von-mises 모델을 사용하였다. 표 2는 무보강 초연약지반의 수치해석에 적용된 입력정수를 나타낸 것이다. 그림 3은 무보강 초연약지반의 수치해석 결과 및 실내시험결과를 나타낸 것이다. 2.5kPa 이내의 하중에서 실내모형실험에 의한 하중-침하량 관계와 유사함을 확인하였으며 하중이 증가할수록 급격한 침하가 이루어짐을 나타내고 있다. 이는 고풍수비의 초연약지반의 특성을 잘 표현하고 있는 것으로 판단되며 수치해석에 적용한 초연약지반의 구성모델 및 물성치가 적합함을 확인할 수 있다.

표 1. 광양항 준설 점토의 물리적 특성

시 료	비 중	단위중량( $kN/m^3$ )	액성한계(%)	소성한계(%)	흙 분류(통일분류법)	초기 함수비(%)
광양항 준설 점토	2.65	16.82	45.9	21.7	CL	95
						126

표 2. 초연약지반에 대한 수치해석 조건 및 입력정수

해석 케이스	구성모델	$\gamma_s$ ( $kN/m^3$ )	E (kPa)	$\nu$	w (%)
NR-95	von-mises	17	20	0.45	95
NR-126		17	11	0.45	126

### 2.2.2 표층 보강된 초연약지반

표층보강재로 사용된 geotextile에 대한 해석모델은 일반적으로 geogrid 요소를 적용할 수 있다. 그러나 이러한 요소는 축강성을 가진 탄성체로 인장력을 계산할 수 있으나 연직하중에 의한 변형 및 응력계산에 한계가 있으므로 본 연구에서는 표층보강재를 소정의 두께를 가진 유한 요소로 가정하고 Strain-Softening 구성모델을 적용하였다. 이 구성모델은 재료가 파괴 후 잔류강도 상태에 도달하는 연화거동을 나타내리라 생각되는 표층보강재를 모사하기 적합하며 모형지반 전체 거동에 대한 하중-변형관계의 비선형성을 표현하기 용이하다. 수치해석모델에서는 실내모형실험에서 보강재의 양 단부를 고정시켜 수행한 케이스를 모사하기 위하여 보강재 우측면의 수직 및 수평 변위를 고정하였으며 좌측면은 수평 변위를 고정시켰다. 표 3은 2단계 수치해석에 사용된 입력정수를 나타낸 것으로 SR-GT는 geotextile에 의해 보강된 경우에 대한 입력정수이며 SR-SB는 대나무를 모사한 강봉에 의해 보강된 경우에 대한 수치해석 입력정수이다. 기존에 실시한 표층 보강된 초연약지반의 실내모형실험은 함수비 126%인 시료를 사용하였으므로 수치해석에서도 초연약지반의 물성치는 그에

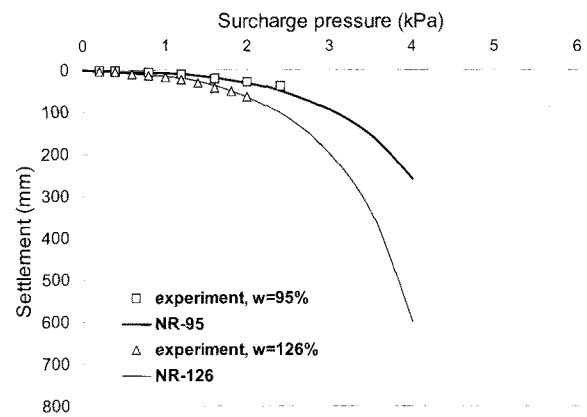


그림 3. 무보강 초연약지반의 상재하중에 따른 침하거동

다른 수치해석조건(NR-126)을 적용하였다.

그림 4는 표층 보강된 초연약지반에 대한 수치해석 및 실내모형실험 결과를 나타낸 것이다. SR-GT의 경우 수치해석 결과는 실내모형실험의 범위 내에서 유사한 선형관계를 보이고 있으며 상재하중이 10kPa 이상에서 비선형 거동을 나타내고 있다. 또한 SR-SB의 경우도 실내시험결과를 잘 모사하고 있음을 알 수 있으며 따라서 본 수치해석에서 사용한 각 표층보강재의 물성치는 그 거동을 모사하기에 적절하다고 생각할 수 있다.

### 2.2.3 복토 보강 초연약지반

표층 처리된 초연약지반 상에 복토재가 포설된 경우에 대한 모델링에서는 복토재(모래)에 대하여 입상재료의 역학거동을 적절히 모사할 수 있는 Drucker-Prager타입의 구성모델을 적용하였다. 복토재는 기존의 실내모형실험과 같은 조건으로 표층보강재 상부에 두께 0.1m로 설치되도록 설정하였고 양측면의 수평 변위를 고정시켰다. 표 4는 3단계 수치해석에 사용된 입력정수를 나타낸 것이다. 실내모형실험에서는 초연약지반의 함수비가 126%인 경우에 대하여 geotextile로 표층 보강된 조건으로 실험을 수행하였으므로 초연약지반에 대한 물

성치는 NR-126, 표층보강재는 SR-GT에 의해 결정된 값을 사용하였다. 그림 5는 복토 포설된 모델의 수치해석 및 실내모형실험의 결과를 나타낸 것이다. 3kPa 이상의 하중에서 하중-변위관계의 비선형성 거동을 잘 모사하고 있음을 알 수 있다. 종합적으로 본 수치해석 결과들은 표층 보강재 및 복토가 설치된 실내모형실험의 초연약지반 변형거동을 적절히 모사하고 있으므로 수치해석의 각 단계별로 결정된 초연약지반 및 표층보강재, 복토재의 물성치가 합리적이라고 판단할 수 있다.

### 2.3 초연약지반의 응력분포 특성

그림 6은 초연약지반에 대한 각각의 보강 조건에 따른 모델지반의 수직응력 분포를 나타내고 있다. 무보강 초연약지반은 NR-126, 표층보강 초연약지반은 SR-GT, 복토포설 표층보강 초연약지반은 ER-10에 대한 수치해석 결과이다. 또한 무보강 초연약지반은 1kPa 하중에 의한 응력분포를 나타내고 있으며 표층보강재 및 복토는 50kPa의 상재하중에 대한 응력분포를 나타내고 있다. 무보강 초연약지반의 경우 하중 재하부에 응력집중이 발생함을 알 수 있으며 표층이 보강된 경우에는 연직응

표 3. 표층보강재에 대한 수치해석 조건 및 입력정수

해석 케이스	구성모델	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	E (kPa)	$\nu$
SR-GT	Strain-Softening	17	$8 \times 10^4$	0.1
SR-SB		17	$3 \times 10^6$	0.1

표 4. 복토재에 대한 수치해석 조건 및 입력정수

해석 케이스	구성모델	복토두께 (cm)	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	E (kPa)	$\nu$	c (kPa)	$\phi$ ( $^\circ$ )
ER-10	Drucker-Prager	10	17	$2.5 \times 10^4$	0.3	0	30

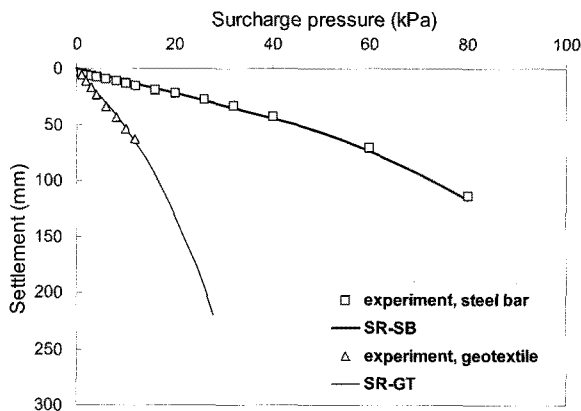


그림 4. 표층 보강된 초연약지반의 상재하중에 따른 침하거동

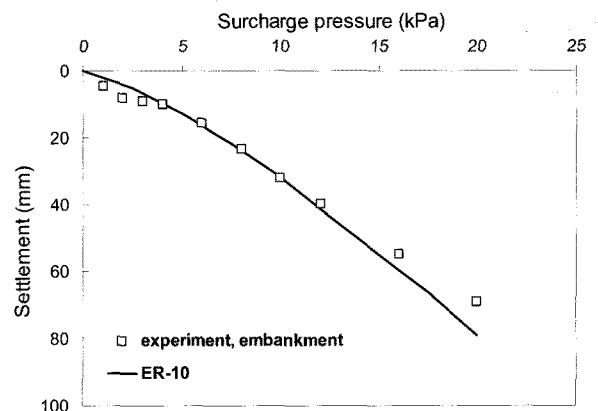


그림 5. 복토된 표층보강 초연약지반의 상재하중에 따른 침하거동

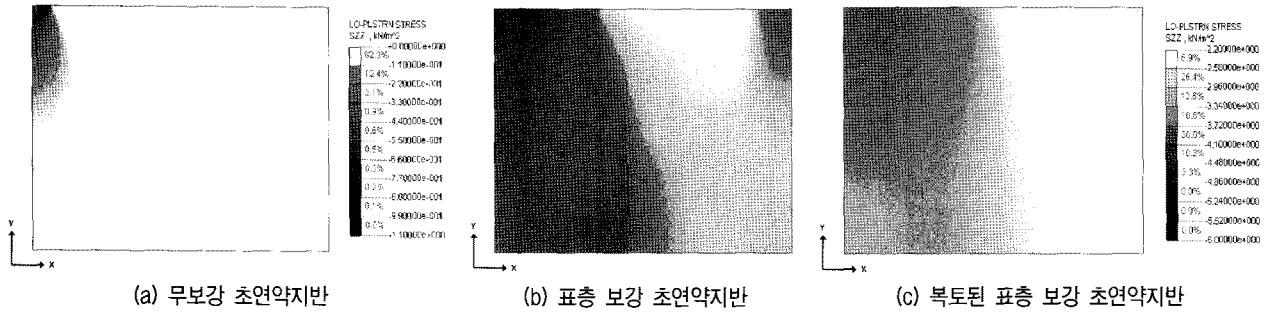


그림 6. 보강 조건에 따른 수직응력 분포

력이 초연약지반의 수평 방향으로 분산되어 발생됨을 알 수 있다. 또한 복토를 포설하였을 때 초연약지반에서 발생하는 연직응력이 가장 작음을 알 수 있다.

### 3. 초연약지반 침하거동에 미치는 영향인자 분석

#### 3.1 초연약지반 강도의 영향

그림 7은 광양항 점토의 함수비에 따른 비배수전단강도를 나타내고 있다. 여기서 비배수전단강도는 함수비를 변화시킨 점토시료에 대한 베인전단시험의 결과를 나타내고 있다. 그림으로부터 비배수전단강도와 함수비의 관계를 도출하면 식 (1)과 같다.

$$C_u = 177.5e^{-0.043w} \quad (1)$$

여기서  $C_u$ 는 비배수전단강도,  $w$ 는 함수비(%)를 나타낸다. 상기 수치해석에서 이용한 실내모형시험의 함수비를 식 (1)에 대입하여 얻은 비배수전단강도와 수치해석에 의해 결정된 탄성계수의 관계를 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

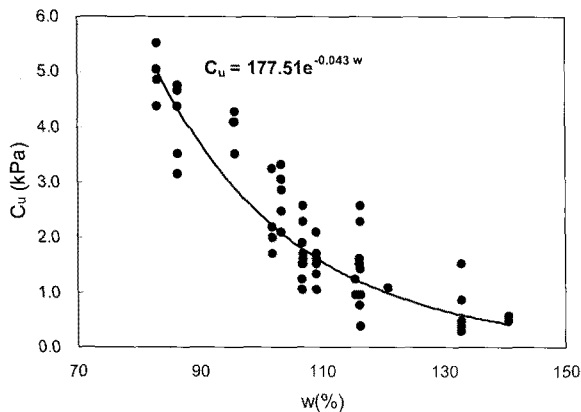


그림 7. 광양항 점토의 함수비에 따른 비배수전단강도

$$E = 4.1C_u + 7.76 \quad (2)$$

식 (1), (2)를 이용하여 초연약지반의 탄성계수와 함수비의 관계를 나타내면 식 (3)과 같다.

$$E = 727.5e^{-0.043w} + 7.76 \quad (3)$$

표 5는 식 (3)을 이용하여 초연약지반의 각 함수비에 따른 탄성계수를 산정한 것을 나타낸 것이며 이를 이용하여 초연약지반의 비배수전단강도에 따른 초연약지반의 침하량 변화를 검토하였다. 그림 8은 무보강 초연약지반의 비배수전단강도의 차이에 따른 상재하중과 침하량의 관계를 나타낸 것이다. 초연약지반의 비배수전단강도가 감소함에 따라 침하량이 급격하게 증가함을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 수치해석을 통하여 초연약지반의 함수비에 따른 탄성계수를 파악하고, 이에 따른 침하량 관계를 확인할 수 있었으며 전단강도-함수비 관계 및 탄성계수-전단강도 관계에 대한 다양한 실험 및 수치해석을 실시하여 추후에 더욱 정확한 함수비-탄성계수 관계를 파악하는 것이 필요할 것이다.

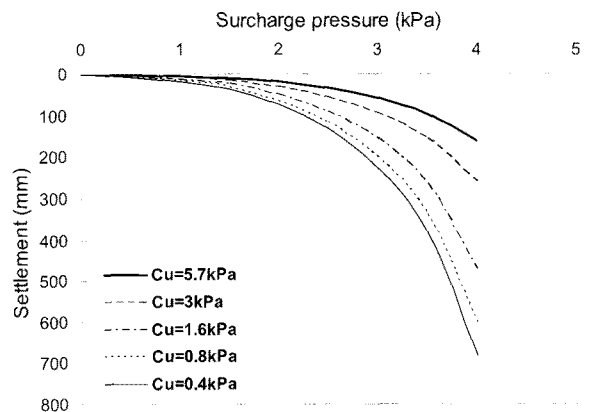


그림 8. 무보강 초연약지반의 비배수전단강도 차이에 따른 상재하중과 침하량 관계

표 5. 무보강 초연약지반에 대한 수치해석 조건

해석 케이스	구성모델	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	E (kPa)	$\nu$	함수비 (%)	Cu (kPa)
NR-80	von-mises	17	31	0.45	80	5.7
NR-95		17	20	0.45	95	3
NR-110		17	14	0.45	110	1.6
NR-126		17	11	0.45	126	0.8
NR-140		17	10	0.45	140	0.4

### 3.2 표층보강재 강성의 영향

본 연구에서 결정한 표층보강재의 물성치를 기초로 하여 다양한 강성을 지닌 표층보강재를 상정하여 수치 해석을 실시하였다. 표 6은 수치해석에 사용한 표층보강재의 물성치를 나타낸 것이다. 그림 9는 표층보강재 강성에 따른 하중별 표층보강 초연약지반의 침하거동을 나타낸 것으로 초연약지반의 물성치는 표 5의 NR-126을 사용하였다. 그림으로부터 상재하중의 증가에 따른 침하량의 변화는 표층보강재의 강성에 관계없이 비선형성을 나타냄을 확인할 수 있으며 표층보강재의 강성이 증가함에 따라 침하량이 감소하며 강성이 약 600MPa 이하일 경우 침하량이 급격히 증가함을 알 수 있다. 그림 10은 상재하중이 20kPa인 경우에 대한 초연약지반의 강도 및 표층보강재의 강성에 따른 침하량을

나타낸 것으로 초연약지반의 강도와 표층보강재의 강성이 클수록 침하량이 작게 나타나고 있다. 또한 그림으로부터 표층보강재의 강성이 증가할수록 초연약지반의 강도가 침하량의 변화에 미치는 영향은 미비하나, 표층보강재의 강성이 작은 경우 침하량 변화에 상당한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

### 3.3 복토 두께의 영향

본 연구에서 결정한 복토재의 물성치를 기초로 하여 복토 두께의 변화에 따른 표층 보강된 초연약지반의 거동을 살펴보았다. 표 7은 복토 두께의 영향을 검토하기 위하여 수행한 수치해석 조건을 나타내고 있다. 그림 11은 상재하중 증가에 따른 복토 된 초연약지반의 침하거동을 나타낸 것으로 초연약지반 및 표층보강재의 물성

표 6. 표층 보강된 초연약지반에 대한 수치해석 조건

해석 케이스	구성모델	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	E (kPa)	$\nu$
SR-SB	Strain-Softening	17	$3 \times 10^6$	0.1
SR-1		17	$2.2 \times 10^6$	0.1
SR-2		17	$1.4 \times 10^6$	0.1
SR-3		17	$6 \times 10^5$	0.1
SR-GT		17	$8 \times 10^4$	0.1

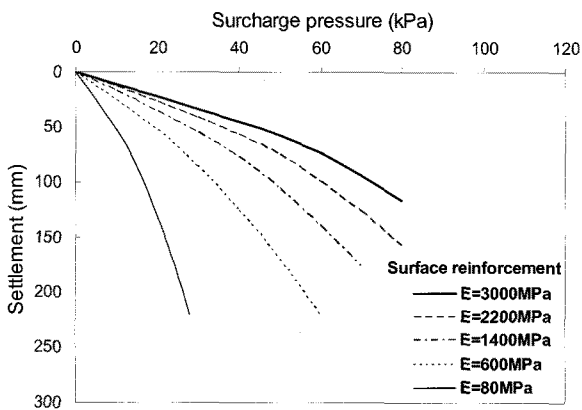


그림 9. 표층보강재 강성의 차이에 따른 상재하중과 초연약지반의 침하량 관계

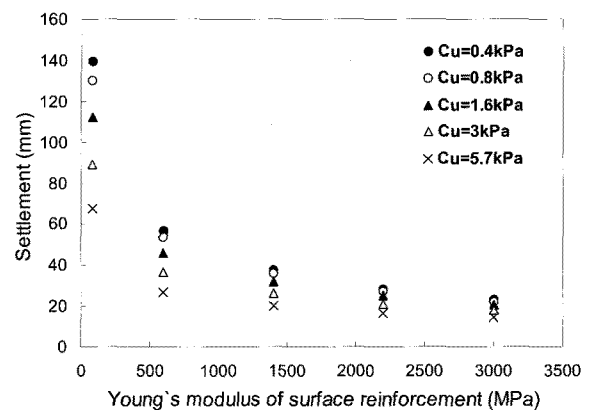


그림 10. 표층보강재 강성과 침하량의 관계(상재하중 20kPa)

표 7. 복토 포설된 초연약지반에 대한 수치해석 조건

해석 케이스	구성모델	복토두께 (mm)	$\gamma_t$ ( $kN/m^3$ )	E (kPa)	$\nu$	c (kPa)	$\phi$ ( $^\circ$ )
ER-50	Drucker-Prager	50	17	$2.5 \times 10^4$	0.3	0	30
ER-75		75					
ER-100		100					
ER-125		125					
ER-150		150					

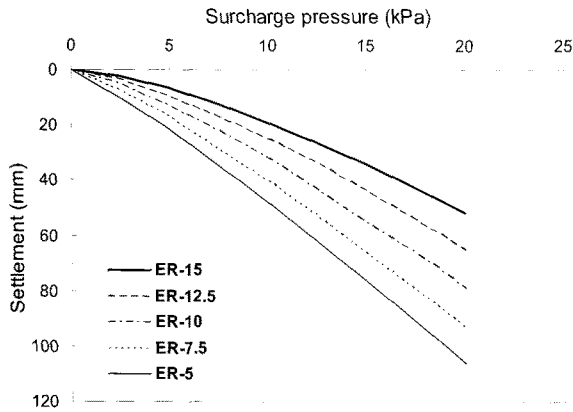


그림 11. 상재하중 증가에 따른 복토된 초연약지반의 침하거동

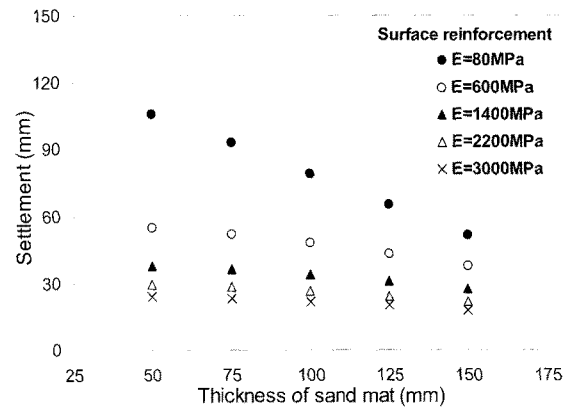


그림 12. 복토 두께와 침하량의 관계(상재하중 20kPa)

치는 각각 NR-126, SR-GT를 사용하였다. 모든 경우에 대하여 상재하중이 증가함에 따라서 침하량이 증가하고 있으나 복토 두께가 두꺼워질수록 침하량은 적게 나타나고 있다. 그림 12는 20kPa의 상재하중에서 표층보강재의 강성에 따른 복토 두께와 침하량의 관계를 나타낸 것이다. 그림으로부터 표층보강재의 강성이 작은 경우에 복토 두께의 증가에 따라 침하량의 감소효과는 급격히 나타나고 있으나 표층보강재의 강성이 클수록 복토 두께의 증가에 따른 침하량의 변화는 작게 나타나고 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 광양항 준설점토를 이용한 실내모형 실험 결과를 근거로 하여 표층처리공법에 적용할 수 있는 초연약지반 및 표층보강재와 복토재료에 대한 수치해석적 모델 및 공학적 물성치를 결정하고 표층보강에 의한 초연약지반의 거동을 확인하였으며 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 본 연구를 통해 초연약지반 함수비에 따른 비배수 전단강도를 이용하여 탄성계수-함수비 관계를 확인할 수 있었다. 향후 다양한 실험 및 수치해석방법을

통하여 보다 정량적인 탄성계수-함수비 관계를 파악한다면 표층처리공법의 합리적 설계법 확립에 기여할 수 있으리라 판단된다.

- (2) 본 수치해석방법에 의해 초연약지반의 강도가 감소할수록 침하량 변화는 하중증가에 따라 비선형적으로 증가하고 표층보강재의 강성이 증가할수록 표층보강된 초연약지반의 침하량은 하중증가에 따라 비선형적으로 감소함을 정성적으로 확인할 수 있었다. 또한 복토의 두께증가에 따라 침하량은 비례적으로 감소함을 확인하였다.
- (3) 본 수치해석에 의해 표층 처리된 초연약지반의 침하 거동에 대하여 표층보강재의 강성이 크게 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었으며 표층보강재의 강성이 클 경우 초연약지반의 침하거동은 복토 두께에 큰 영향을 받지 않음을 확인하였다.
- (4) 표층 보강된 초연약지반의 거동을 모사하기 위하여 본 논문의 수치해석에서 적용한 구성모델 및 물성치가 타당함을 확인할 수 있었으며 본 연구결과로부터 얻은 표층보강재의 강성 및 복토의 두께에 따른 초연약지반의 거동특성을 이용하여 초연약지반 표층처리 공법의 합리적 설계법 확립을 기대할 수 있다고 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 한국건설교통기술평가원이 시행하는 건설 핵심기술연구개발사업 “초연약지반 표층처리를 위한 최적설계기법 연구”(‘06~’09) 2차년도 연구결과의 일부입니다.

## 참고 문헌

1. 양기석, 강명찬, 김윤하 (2004), “초연약지반의 표층처리를 위한 대나무망 공법”, *한국구조물학회지*, 제8권 제2호, pp.46-52.
2. 함태규, 조삼덕, 양기석, 유승경 (2008), “연약지반 표층보강재의

인장강도와 복토두께의 지지력개선효과에 관한 실험적 연구”, *한국토목섬유학회 봄 학술발표회 논문집*, pp.77-90.

3. 善 功企, 笠間 清伸, 深江 良輔, 江頭 和彦, 東 俊夫 (2002), “超軟弱埋立地盤の強制置換による中仕切堤の築造事例-ジオテキスタイルの効果に関する考察-”, *粘土地盤における最近の研究と実際に関するシンポジウム*, pp.199-206.
4. Tanabasi, Y., Kamuro, K., Hirao, K., Takaoka, K., Nishimura, J. and Yasuhara, K. (1992), “Numerical analysis for bearing capacity improvement of soft reinforced with geotextile”, *proceedings of International Symposium on Earth Reinforcement, Earth Reinforcement Practice, Vol.1*, pp.701-706.
5. Yamanouchi (1970), “Experimental study on the improvement of the bearing capacity of soft ground by laying a resinous net”, *Proc. Symp. on Interbedded Sands*, pp.144-150.

(접수일자 2008. 9. 22, 심사완료일 2008. 12. 15)