

점토지반 샌드매트의 간극수압 거동

Behaviour of the Excess Pore Pressure Induced by Sand Mat on the Soft Clay

김 형 주¹ Kim, Hyeong-Joo

이 민 선² Lee, Min-Sun

백 필 순³ Paek, Pil-Soon

전 혜 선⁴ Jeon, Hye-Sun

Abstract

The design of sand mat should be reviewed by the behaviour of excess pore pressure which is obtained by combining characteristics of soft ground with the permeability of sand mat. In this paper, in order to investigate the distribution of hydraulic gradient of sand mat, a banking model test was performed using dredged sand as materials of sand mat, and these results were compared by the numerical analysis results utilizing Terzaghi's consolidation equation. The results show that the pore pressure was influenced by the settlement increasing in the central area of sand mat as the height of embankment increases, and uprising speed of excess pore pressure due to residing water pressure is delayed compared with the results of numerical analysis. Finally, the construction of sand mat should be spreaded to reduce the increased hydraulic gradient at the central area of embankment.

요 지

샌드매트의 설계는 연약지반의 압밀침하특성과 매트 투수성이 상호 결합된 연성압밀해석에 의해 얻어지는 간극수압거동에 의해 검토되어야 한다. 본 연구에서는 샌드매트의 수두분포에 대하여 Terzaghi 1차원 압밀방정식을 이용한 수치해석을 실시하여 준설모래를 샌드매트 재료로 이용한 성토모형실험의 결과와 비교분석하였다. 실험결과 단계 성토가 증가하면서 간극수압은 성토중심부에서 증가되는 침하량의 영향을 받고 있다. 그리고 잔류된 간극수압 영향으로 간극수압의 상승속도가 수치해석결과보다 지연되고 있다. 따라서 최종적으로 샌드매트 시공은 성토중심부에서 증가되는 동수구배를 저감시키도록 포설되어야 한다.

Keywords : Banking model test permeability, Hydraulic gradient, Sand mat, Settlement, Soft ground

1. 서 론

최근 연안지역의 과도한 해사 채취로 인하여 해안 생태계의 불균형이 초래되고 어획고가 감소하여 어민들의 민원이 크게 증가되고 있다. 따라서 건설재료용 골

재를 지속적으로 공급하기 위해 배타적 경제수역의 모래자원을 적극 개발하고 있으나 깊은 수심으로 인해 양질의 해사확보도 어렵고 채취비용도 크게 증가하고 있다.

이러한 상황에 의해 연약지반 처리에 필요한 배수

1 정희원, 군산대학교 토목환경공학부 교수 (Member, Prof., School. of Civil & Environmental Engrg., Kunsan National Univ., kimhj@kunsan.ac.kr, 교신저자)

2 정희원, 군산대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (Graduate Student, Dept. of Civil Engrg., Kunsan National Univ.)

3 정희원, 군산대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (Graduate Student, Dept. of Civil Engrg., Kunsan National Univ.)

4 정희원, 군산대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (Graduate Student, Dept. of Civil Engrg., Kunsan National Univ.)

* 본 논문에 대한 토의를 원하는 회원은 2007년 2월 28일까지 그 내용을 학회로 보내주시기 바랍니다. 저자의 검토 내용과 함께 논문집에 게재하여 드립니다.

재의 확보는 우선적인 콘크리트 골재의 공급의 중요성에 비추어 뒤쳐지게 되어 연약지반 개량공사는 더욱 더 어려운 상황에 직면하고 있다. 그러므로 경제적이고 효율적인 연약지반개량을 위해 입도기준에 다소 부적합하고 배수기능이 저하된 준설토를 활용할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 이러한 연구를 위하여 이송 등(2005)은 잔골재 또는 Fiber Mat재료의 연약지반 배수재로서의 활용성을 실내시험을 통하여 검토하였다. 또한 천병식 등(1998)은 준설토를 샌드매트로 활용하는 경우 수평배수 기능의 중요성을 강조하고 있으므로, 골재자원의 효율적인 활용을 위해 연약지반 처리시 필요한 샌드매트의 수평배수 기능 및 배수 메카니즘에 대한 연구가 더 한층 필요하다. 따라서 점토층의 압밀특성과 샌드매트의 배수특성을 상호 결합한 샌드매트 배수기능을 향상시키기 위한 시공기술의 개발이 지속적으로 요구되고 있다.

본 연구에서는 부족한 연약지반 처리용 모래 대체용으로 준설토를 활용하기 위해, 준설토를 샌드매트 재료로 이용시 수두거동 및 기능성을 검토하고자 실내모형 실험을 실시하였다. 그 결과 샌드매트 내의 간극수압 확산형태를 Terzaghi 압밀방정식에 의해 분석 비교됨으로써 샌드매트의 기능과 역할을 고려한 효율적인 설계 및 시공기술을 제시할 수 있었다.

2. 이론에 의한 샌드매트의 수압분포

일반적으로 연약점토지반에 포설되는 샌드매트의 간극수압은 Terzaghi 일차원 압밀이론에 의해 점토층의 침하량과 비례하여 증가하게 된다. 증가된 과잉간극수압은 샌드매트의 투수성에 의해 성토체 외측으로 빠르게 배수된다. 그러나 그림 1과 같이 샌드매트의 투수성이 작고 연약점토지반의 침하가 큰 경우 성토체 중앙부는 배수가 지연되어 압력수두가 증가된다.

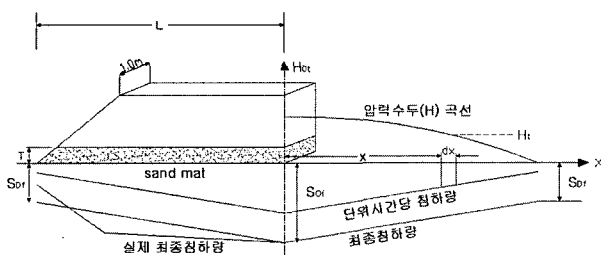


그림 1. 샌드매트 압력수두 분포도

그림 1은 성토에 의해 발생한 포화 점토층의 압밀침하량은 일차원으로 변화되고 압밀 간극수가 포화된 샌드매트를 통해 제체 외인 수평방향으로 완전 배수된다고 가정하고 있다. 그러므로 포화점토지반은 Terzaghi 일차원 압밀방정식에 의해 점토층의 압밀침하는 평균압밀도(U)와 시간(t)의 함수로 나타낼 수 있다. 따라서 샌드매트 수평거리(x)에서 발생하는 압력수두(H)는 Terzaghi 일차원 압밀방정식에 의해 식 (1)과 같이 제시된다.

$$H = \frac{\gamma_w}{2k \cdot T} \cdot \frac{dU(t)}{dt} \cdot \left(S_{of} \cdot x - \frac{S_{of} - S_{Df}}{2L} \cdot x^2 \right) dx \quad (1)$$

여기서 $dU(t)/dt$ 는 점토층의 침하속도, S_{of} 는 성토중심부의 최종침하량, S_{Df} 는 성토사면부의 최종침하량, T 는 샌드매트 두께, k 는 샌드매트 투수계수, $2L$ 은 샌드매트 횡단전폭, γ_w 는 물의 단위중량이다. 식 (1)은 샌드매트 간극수의 수평일차원 흐름만을 가정하고 있으므로 샌드매트 경계부 $x=L$ 에서 압력수두 $H=0$ 이다. 따라서 식 (1)에서 성토중심부의 최대 압력수두를 H_{0t} , 횡단방향의 평균압력수두를 H_t 로 표시하면, 각각의 압력수두는 식 (2)와 식 (3)으로 제시된다.

$$H_{0t} = \frac{\gamma_w}{2k \cdot H} \left(\frac{S_{of}}{3} + \frac{S_{Df}}{6} \right) L^2 \cdot \frac{dU(t)}{dt} \quad (2)$$

$$H_t = \frac{\int_0^L h \cdot dx}{L} = \frac{\gamma_w \cdot L^2}{2k \cdot T} \left(\frac{5S_{of}}{24} + \frac{S_{Df}}{8} \right) \frac{dU(t)}{dt} \quad (3)$$

식 (2), 식 (3)에서 샌드매트의 압력수두는 침하속도 $dU(t)/dt$, 최종침하량(S_{of} , S_{Df}), 샌드매트 두께(T)와 투수계수(k), 성토폭($2L$)에 의해 변화되고 있다. 여기서 압밀도 변화량에 대한 침하속도는 다음과 같이 Terzaghi 일차원 압밀방정식의 압밀도(U)와 시간계수(T_v)관계의 근사식과 측정 침하량에 의해 구한다.

$$S_f = \frac{C_c}{1 + e_0} \times H \times \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \quad (4)$$

$$U(\%) = \sqrt{\frac{4}{\pi} T_v} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{C_v \cdot t}{H^2}} = \frac{S_t}{S_f} \times 100 \quad (5)$$

식 (4), 식 (5)에서 S_{of} 는 최종침하량, S_t 는 임의시간의 침하량이고 그 외의 계수는 Terzaghi 일차원 압밀방정식에 관련된 계수와 동일한 기호이다.

한편 일반적으로 국내 연약지반 설계에 있어서는 식 (2)과 식 (3)보다 간략식인 식 (6)을 적용하여 개략적

으로 샌드매트 두께(T)를 결정하고 있다(도로설계요령, 1992).

$$H_t = \frac{L^2 \cdot S}{2k \cdot T} \quad (6)$$

- 여기서, k = 투수계수 (cm/day)
- S = 압밀층의 평균침하속도 (cm/day)
- L = 수평배수거리 (cm)
- T = 샌드매트 두께 (cm)
- H_t = 샌드매트 내의 압력수두 (cm)

식 (6)의 간략식은 설계시에 일반적으로 H_t ≤ T로 하여 샌드매트 두께를 결정하고 있다. 이 경우 설계시에 중앙부의 압밀침하량만을 고려하므로 성토사면부와 중앙부의 침하단차에 의한 동수구배 영향을 무시하게 된다. 따라서 침하가 크게 발생하는 연약점토지반의 경우 잔류간극수압에 의해 압밀침하가 지연되므로 압밀침하속도와 침하단차를 고려한 식 (2)와 식 (3)에 의해 검토되어야 한다.

3. 샌드매트 간극수압 거동에 대한 실내모형시험

3.1 실험장치 및 방법

모형실험은 그림 2와 같이 300cm×70cm×70cm의 토조 양옆에 샌드매트내의 지하수위를 일정하게 유지할 수 있도록 수두장치가 고안되었고, 또한 성토 재하시 샌드매트와 점토층의 침하량 및 간극수압을 측정할 수 있도록 간극수압계 4개, 소형 다이얼 게이지 침하판 3개, 토압계 2개를 각각 설치하였다. 샌드매트 하부의 연약점토는 간이토조에서 전기교반기로 증류수를 이용하여 충분히 교반한 후 슬러리 상태로 공기가 유입되지 않도록 플라스틱 바가지를 이용하여 서서히

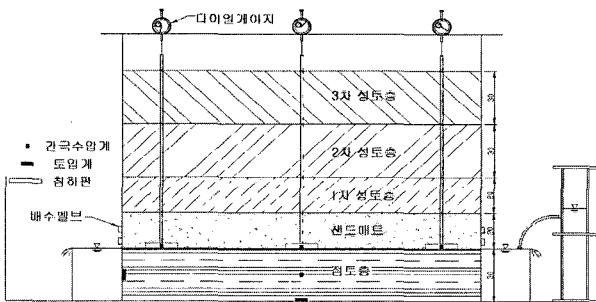


그림 2. 샌드매트 동수구배 발생 모형실험(단위 : cm)

30cm높이까지 투입하였다. 그리고 포화수를 수두장치에 의해 정상상태가 될 때까지 약 일주일동안 공급하였다. 이어서 시트를 깔고 상단에 샌드매트 대응으로 준설토를 20cm 높이로 포설한 후 그림 2의 좌우측의 배수밸브를 닫고 하루 동안 포화수를 공급하였다. 그리고 서서히 풍화토를 사용하여 3단계까지 포설재하였다.

3.2 샌드매트와 점토지반의 물리·역학적 성질

실험에 사용한 준설토의 물리적 성질 및 입도분포를 표 1과 그림 3에 나타내었으며, 그림 3은 국내 연약지반 설계에 적용되는 샌드매트 재료 시방기준의 입도분포도 함께 표시하였다. 본 실험에 이용된 준설토는 샌드매트 재료기준의 세립 하한치에 근접하고 있어 양질의 모래보다는 다소 뒤떨어지고 있으나 국내의 부족한 골재 자원을 효율적으로 활용하는 측면에서는 샌드매트 대체 재료로 활용가치가 있다고 판단된다(김형주 등, 2003). 실험에 사용된 하부점토의 압밀특성은 과압밀된 균산점토를 교반기에 의해 슬러리상태로 성형 후 재압밀 장치에 의해 압밀시료를 제작하였다. 제작 시험시료의 표준압밀 특성과 모형토조에 투입된 슬러리 상태의

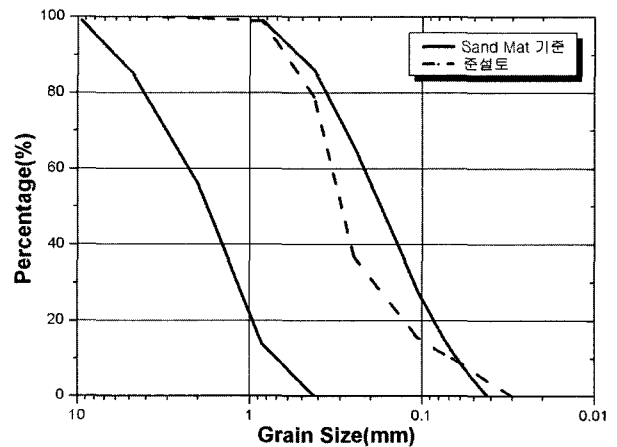


그림 3. 실험 샌드매트의 입도와 설계기준

표 1. 실험에 이용된 샌드매트의 물리적 성질

함수비(%)	17.6
소성지수	NP
비중(GS)	2.60
#200체 통과량(%)	9.5~13.3
정수위 평균 투수계수	1.34×10^{-3} cm/sec
USCS	SM

투입함수비(ω_n) 등은 표 2와 같다.

3.3 단계성토에 따른 침하특성

단계성토는 쌍곡선법에 의해 압밀도 90% 이상을 확인하고 11일 동안 총 100cm의 높이까지 3단 분할 재하를 하였다. 점토지반의 침하에 따른 압밀도는 압밀시험의 재원을 이용하여 계산된 최종침하량과 모형실험에 의해 측정된 실측 침하량 비에 의해 평가 하였다. 여기서 최종침하량은 재하하중이 과압밀 영역이므로 팽창지수(C_s)와 투입함수비에 의한 초기 간극비 및 각각의 성토하중에 대한 점토층 하단의 토압계에서 측정된 지중응력(Δp)에 의해 계산하였다. 그림 2의 모형실험장치에서 단계성토에 따른 중앙부 토압계의 측정치(Δp)와 중심부, 좌우선단부의 침하다이얼계이지에 의해 측정된 침하량 S_{Dr} 와 S_{Df} 를 각각 표 3에 표시하였다.

4. 샌드매트의 간극수압 수치해석

4.1 샌드매트 투수계수 및 두께변화에 의한 간극수압

표 2의 압밀계수와 점토층의 두께 30cm를 식 (5)에 대입하여 얻어지는 초기압밀도(U) 3%에 대한 침하속도 ($dU(t)/dt$)와 표 3의 3차성토시 측정된 성토중심부의 침하량 S_{Dr} 와 성토 외측부의 침하량 S_{Df} , 포설두께(T) 20cm를 각각 식 (2)에 대입하고 투수계수 k 가 $10^{-4} \sim 10^{-2}(\text{cm}/\text{sec})$ 까지 변화하는 경우 샌드매트 수평거리에 따른 압력수두 H_t 에 대한 수치계산 결과를 그림 4에 표시하였다. 그림에서와 같이 샌드매트의 투수계수가 작을수록 중앙부에서 동수수배가 증가되므로 압력수두도 크게 증가하고 있다. 특히 샌드매트 투수계수가 $10^{-4}(\text{cm}/\text{sec})$ 이하는 간극수의 배수가 지연되어 수두상승이 크다. 또한 전과 동일하게 식 (2)에 압밀도 3%의 침하속도와 표 3의 3차성

표 2. 재성형 실험 점토의 물리 및 역학적 특성

ω_n (%)	γ_t (kN/m ³)	Gs	CONSOLIDATION				USCS
			e_0	C_c	C_v (cm ² /sec)	P_c (kPa)	
				C_s			
54.5	16.61	2.600	1.261	0.380 0.159	1.56×10^{-4}	10	CL

표 3. 단계성토시 측정된 침하량과 지중응력

측정치	재 하	Sand Mat (20cm)	1차성토 (30cm)	2차성토 (30cm)	3차성토 (30cm)
S_{Df} (cm)		0.89	1.35	1.76	2.04
S_{Dr} (cm)		1.33	1.87	2.32	2.62
Δp (kPa)		3.4	3.6	5.1	5.1

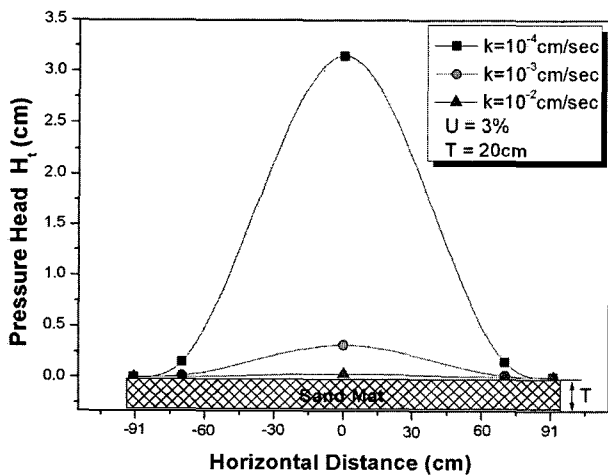


그림 4. 투수계수 변화에 의한 수두곡선

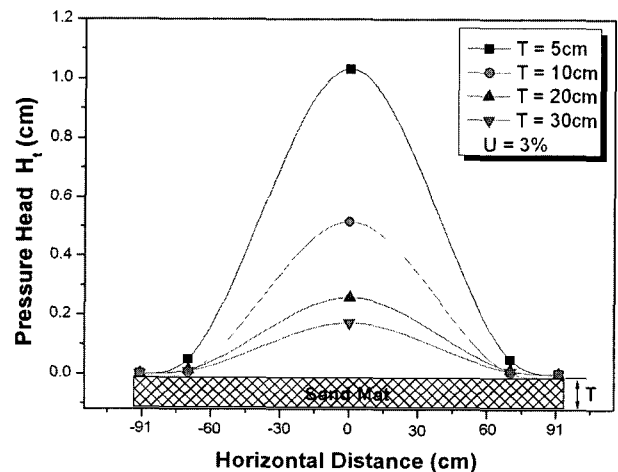


그림 5. 샌드매트 두께 변화에 의한 수두곡선

토시 측정된 성토중심부의 침하량 S_{0r} 와 성토 외측부의 침하량 S_{0l} 를 각각 대입하고 투수계수 k 를 10^{-3} (cm/sec)로 일정하게 하여, 샌드매트 두께(T)를 5~30cm까지 변화시 압력수두에 대한 수치해석 결과를 그림 5에 나타내었다. 그림에서 샌드매트 두께가 증가하면서 점진적으로 압력수두가 저하되고 성토단부에서는 동수구배의 영향을 덜 받기 때문에 수두변화가 작다. 따라서 동일한 투수계수를 가진 샌드매트는 포설두께가 증가하는 경우 동수구배가 저하되므로 압력수두도 감소한다.

4.2 점토층 압밀계수(C_v)에 의한 샌드매트 간극수압

하부점토층의 침하속도에 따른 샌드매트 압력수두를 분석하기 위하여 점토층의 침하속도인자로서 압밀계수(C_v)를 선택하였다. 전과 동일하게 초기압밀도(U) 3%를 기준으로 점토층의 압밀계수(C_v)를 $10^{-5} \sim 10^{-3}$ (cm^2/sec)까지 변화시 식 (5)에서 임의 압밀계수에 대한 압밀소요 시간(t)이 각각 산정되므로 압밀도에 대한 침하속도 $dU(t)/dt$ 를 구할 수 있다. 따라서 표 3의 3차성토시 측정된 성토중심부의 침하량 S_{0r} 와 성토 외측부의 침하량 S_{0l} , 포설두께(T)는 20cm, 투수계수 k 는 10^{-3} (cm/sec)을 각각 식 (2)에 대입하여 샌드매트에 발생하는 간극수압을 구하여 그림 6에 제시하였다. 그림에서 점토층의 압밀계수가 클수록 성토중심부에서 압력수두가 증가되나 성토단부에서는 크게 감소되고 변화도 작다. 이러한 원인은 성토중앙부에서 응력증가에 의해 점토층의 침하속도가 증가되어 압밀배수량이 증가되기 때문이다.

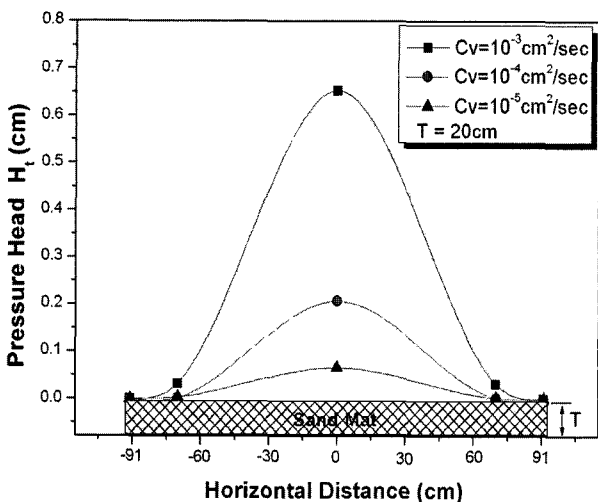


그림 6. 압밀계수 변화에 의한 수두곡선

5. 실험결과 분석 및 고찰

5.1 단계별 성토고에 따른 샌드매트 간극수압

그림 7의 상단은 단계성토 재하시 경과시간에 따른 샌드매트층 좌측, 중앙, 우측에 설치한 침하계이지에서 읽어드는 침하량을 표시하였고, 그림 하단은 샌드매트층 내부 및 점토층 중심에 설치한 간극수압계에 의해 측정된 결과를 각각 나타낸 것이다. 성토고가 증가되면서 점토층 중앙부가 좌우측보다 침하량이 크게 발생하고 있다. 또한 단계성토시 발생하는 점토층과 샌드매트층의 간극수압을 비교하면 점토층에서 간극수압이 크게 증가하고, 샌드매트층은 중앙부가 크고 좌우측은 작게 발생하고 있다. 이러한 원인은 점토층의 중앙부가 응력이 집중되어 증가된 잔류간극수압이 동수구배를 증가시키고 있기 때문이다. 그리고 더 나아가 재하직후는 점토층의 투수계수가 작기 때문에 급격하게 과잉간극수압이 증가되지만 시간이 경과하면서 샌드매트의 투수에 의해 감소되고 있다.

그림 8~그림 11은 모형실험에 의해 점토층과 샌드매트에 설치된 간극수압계에 의해 측정된 간극수압을 단계별성토에 따라 상세하게 나타내었다. 그림 8은 포화 연약점토층 상단에 잔류되어 있는 지하수위와 다소의 지반교란에 의해 간극수압이 급격하게 상승되었다. 샌드매트 중앙부에서는 1.6kPa까지 크게 간극수압이 상

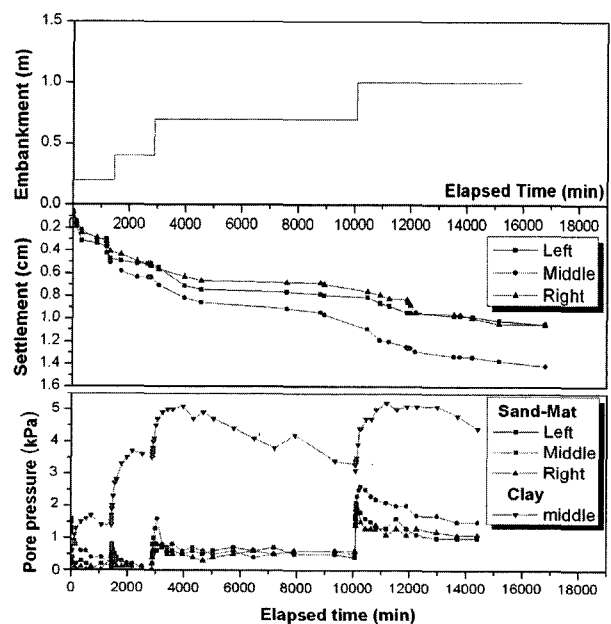


그림 7. 성토고와 샌드매트 및 점토지반의 간극수압과 침하량

승되지만 시간이 경과되면서 서서히 감소하고 400분 경과시점에서 중앙부는 최소 0.4kPa로 수렴한다. 그러나 양쪽 경계 배수지역에서는 간극수압이 미소하게 증가된 후 빠르게 소산되고 있다.

그림 9는 1차 성토시 측정된 간극수압으로 샌드매트 재하시 보다 중앙부에서 최대 상승값이 작고 좌우측에서 다소 지연되는 것은 하부점토층이 재하시 불안정한 상태에서 서서히 안정단계로 진입하여 정상적인 압밀 침하가 발생되기 때문이다. 그림 10은 2차성토시 측정된 간극수압으로 재하초기에 중앙부가 최고 1.6kPa까지 상승하나 시간이 경과하면서 좌우, 중앙부와 유사한 0.5kPa 부근에 근사되고 있는 것은 2차성토시 까지 하부 점토지반이 균등하게 침하되면서 샌드매트도 수평기능을 유지하기 때문이다. 그러나 그림 11은 최종성토시 수평 샌드매트의 간극수압 변화를 표시한 것으로 재하초기에는 확연하게 중앙부가 2.6kPa까지 좌우는 2kPa까지 간극수압이 2차성토시보다 상승하였다. 그리고 재하후

시간이 경과하면서 샌드매트 중앙부의 간극수압이 좌우측보다 크고 동시에 일정한 값으로 근사되는 것은 성토 중앙부에서 침하가 증가되고 좌우측이 연동적으로 거동을 하여 샌드매트가 오목한 모양을 형성함으로써 간극수가 배출되지 못하고 잔류되고 있기 때문이다.

5.2 점토층 압밀도에 따른 샌드매트 수두

단계성토시 점토층의 압밀도에 대한 샌드매트 수두 경향을 이론과 실험에 의해 비교 파악하기 위하여 샌드매트에 설치된 간극수압계에 의해 측정된 수두와 식 (2)에 의해 예측된 압력수두를 그림 12, 13에 표시하였다. 압력수두는 실험 점토층의 압밀계수와 두께를 대입하여 소정의 압밀도에 대한 침하속도 $dU(t)/dt$ 를 식 (5)에 의해 구해 식 (2)에 대입하여 산정하였다. 여기서 단계별성토에 따른 침하량은 표 3의 제원을 이용하였다. 그리고 모형실험에 의해 측정된 침하량(S_t)과 식 (4)에 의

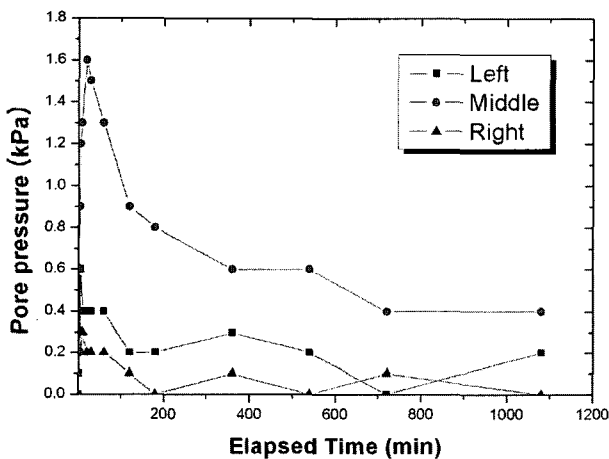


그림 8. 샌드매트 포설시 간극수압 변화

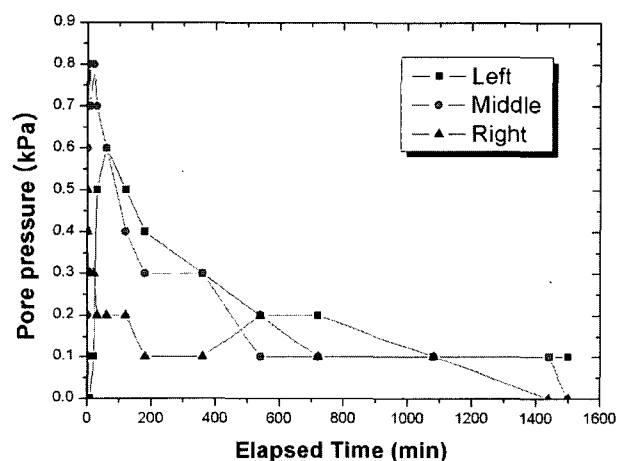


그림 9. 1차 성토시 간극수압 변화

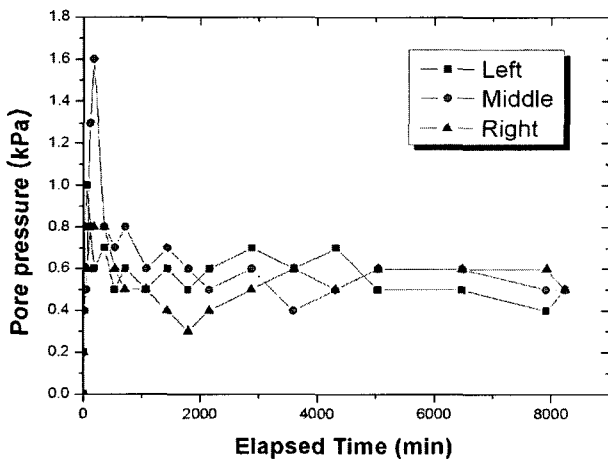


그림 10. 2차 성토시 간극수압 변화

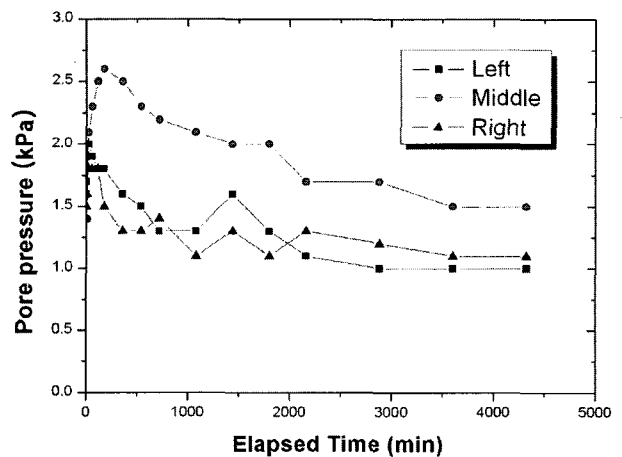


그림 11. 최종 성토시 간극수압 변화

해 계산된 최종침하량(S_f)의 비에 의해 점토지반의 압밀도를 각각 구하였다. 그리고 소정의 압밀도에 대응하는 실험점토지반의 간극수압도 동시에 그림 12, 13에 표시하였다.

여기서 대표적으로 간극수압이 크게 증가되는 2단 성토와 3단 성토에 대하여 분석하면 그림 12는 2단성토시 모형실험에 의해 측정된 샌드매트의 간극수압이 압밀도가 증가하면서 수치해석 결과보다 전반적으로 크게 나타나고 있으며 측정된 간극수압은 중앙부에서 압밀도 26%에서 최대이고 좌우측은 압밀도 14%에서 최대이다. 그리고 수치해석결과는 압밀도 5%에서 최대치를 나타내고 있다. 그림 13은 3단성토시 측정된 중앙부의 간극수압은 압밀도 14%에서 최대이고 좌우측은 압밀도 5%와 14%에서 최대이다. 수치 해석은 2, 3단 성토와 동

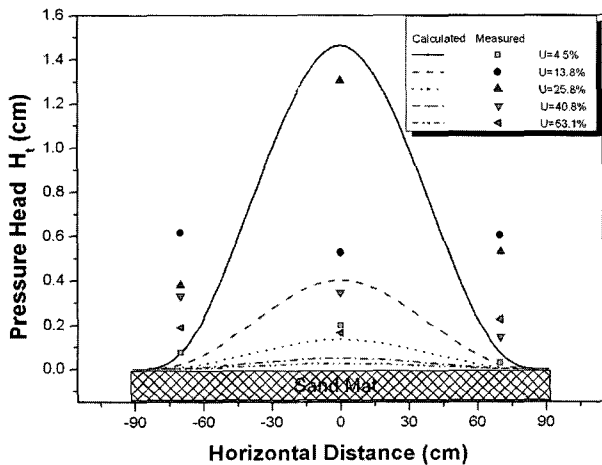


그림 12. 2차 성토시 압밀도에 따른 간극수압 수치해석과 실험결과의 비교

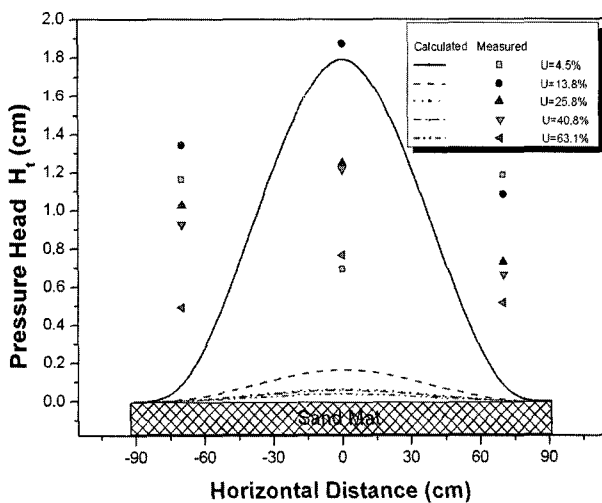


그림 13. 3차 성토시 압밀도에 따른 간극수압 수치해석과 실험결과의 비교

일하게 압밀도 5%에서 최대이다. 전반적으로 성토고가 증가하는 3단성토의 경우는 좌우측에서 측정된 간극수압이 2단성토시 보다 크게 잔류되고 있고 압밀도가 증가 할수록 샌드매트 좌우측에서는 측정치가 수치해석 결과보다 크게 나타나고 있다. 이러한 원인은 간극수압이 성토고가 증가 할수록 샌드매트의 중앙부가 침하가 크게 증가되면서 연동적으로 좌우측으로 전이되어 샌드매트가 변형됨으로 간극수가 원활하게 배수가 되지 못하기 때문이다. 따라서 시공시에는 사전에 중앙부와 좌우측의 침하량을 예측하여 침하 보정도를 사전에 포설한 후에 상단에 샌드매트를 시공하는 것이 동수구배 및 샌드매트 수평수두저항을 감소시킬 수 있다. 따라서 본 실험 및 수치해석을 통하여 얻어진 연구결과를 요약하여 샌드매트 시공방법을 그림 14와 같이 제안하였다. 그림에서 기존 샌드매트 포설방법은 성토중앙부의 응력집중에 의해 침하량이 크게 증가하므로 포설된 샌드매트가 침하량만큼 지표면 하부로 침하되어 오목한 모양을 형성하게 되어 간극수가 잔류된다. 따라서 성토시 발생하는 침하량만큼 사전에 경제성과 지반개량기계의 트래피키빌리티를 확보할 수 있는 실트질 준설토와 양질의 토사로서 점토지반보다 투수계수가 큰 재료를 침하 보정도로 사용하면 하부점토층의 압밀간극수가 상부의 샌드매트로 전달되고 수평구배가 유지됨으로 측구를 향해서 배수가 가능하다.

일반적으로 점토지반의 샌드매트 포설 두께는 약 50cm가 널리 적용되고 있으나 매우 연약한 지반의 경우 샌드매트가 하부지반으로 혼입되어 수평배수기능을 유지하지 못하고 작업기계의 연직도 조차도 확보가 매우 어려운 경우가 종종 발생되고 있다. 본 시공방법은 점토지반 상부에 경제성과 지지력이 확보되는 침하 보정도를 장비의 진입이 곤란한 점토지반 상부에 고가의 모래 대신 먼저 포설되고 그 상부에 샌드매트가 포설되기 때문에 샌드매트가 점토지반에 함몰되거나 절단될 가능성이 적어 수평배수기능을 유지할 수 있다.

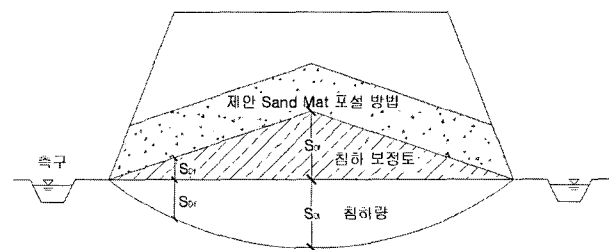


그림 14. 본 연구에서 제안된 샌드매트 시공방법

6. 결론

본 연구에서는 점토층 상단에 포설되는 샌드매트의 압력수두 분포상태를 하부점토층의 침하단차가 고려된 Terzaghi 일차원 압밀이론에 의하여 분석하였다. 또한 연약 점토층 침하특성이 상부 샌드매트층의 간극수압 분포에 미치는 영향을 모형재하실험에 의해 검토하였다. 전체적으로 연구를 통하여 얻어진 내용을 요약하면 아래와 같다.

- (1) 샌드매트의 간극수압 분포는 점토층의 침하단차에 의한 동수구배 영향을 고려할 수 있는 식 (3)에 의해 평가되어야 한다.
- (2) 점토층의 압밀침하 속도와 침하단차가 고려된 Terzaghi 1차원 압력수두식은 샌드매트의 투수계수와 두께 및 점토층의 압밀계수에 의해 크게 영향을 받고 있다. 또한 성토중양부의 침하단차는 압력수두를 증가시키므로 샌드매트의 수평배수를 저하시킨다.
- (3) 모형실험에 의한 단계별 2단과 3단 성토시 측정된 샌드매트의 간극수압은 중앙부에서 점토층의 압밀도 26%와 14%에서 최대이고, 샌드매트 좌우측에서는 각각 압밀도 14%에서 최대이다. 수치해석은 동일하게 압밀도 5%에서 최대이다. 시험측정값이 수치해석결과보다 간극수압 상승속도가 지연되는 것

은 성토중양부에서 크게 증가된 침하가 좌우로 전이되면서 동수구배를 증가시키기 때문이다.

- (4) 성토중양부에서 증가된 침하에 의해 발생하는 수평 동수구배를 저감시키기 위해서는 그림 14와 같이 성토중양부 및 사면 어깨부에서 발생하는 예측침하량 만큼 침하보정도를 성토한 후에 상단에 샌드매트를 포설하면 수평배수 구배가 충분하게 유지된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부(한국과학재단) 특정기초연구(과제번호:R01-2005-000-11088-0) 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 김형주, 이민선, 이용주, 김대우 (2003), “준설토의 체적변화 및 2차원 퇴적특성에 관한 연구”, *한국지반공학회 논문집*, 제19권, 제4호, pp.155-165.
2. 도로설계요령 (1992), *토공 및 배수*, 한국도로공사, pp.244-247.
3. 이송, 정용은 (2005), “Fiber Mat의 샌드매트의 대체가능성 평가를 위한 실험적 연구”, *한국지반공학회 논문집*, 제21권, 제5호, pp.225-230.
4. 천병식, 여유현, 장기수 (1998), “준설토의 샌드매트 재료 적합성 평가를 위한 시험시공사례 연구”, *한국지반공학회 가을학술발표회 논문집*, pp.373-380.

(접수일자 2006. 2. 6, 심사완료일 2006. 7. 27)