Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 15, No. 6 pp. 3923-3930, 2014

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.6.3923
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

고화처리공법이 적용된 연약점토지반의 침하 및 지지력 개선에 관한 사례연구

기완서[1], 김선학[2*]
[1]조선이공대학교 토목건설과, [2](주)우영기술단건축사사무소

A case Study on Settlement and Bearing Capacity Improvement for Soft Clay Applying the Reinforcement Method using Stabilized Soil

Wan-Seo Ki[1] and Sun-Hak Kim[2*]
[1]Department of Civil Construction Engineering, Chosun College of Science & Technology
[2]Woo Young Engineering & Construction

요 약 본 연구에서는 광양 ○○산업단지 공사현장내의 도로 및 구조물 시공구간 중 연구대상 3구간을 선정하여 지반의 물리·역학적 특성을 분석하고 구조물 시공조건, 고화처리 단면조건에 따라 Midas-GTS를 통해 압밀해석과 지지력 산정을 수행하였다. 도로 및 구조물이 시공되는 연약점토지반의 침하 및 지지력 개선방안으로 고화처리공법 적용 시 지반의 안정성 개선효과와 고화처리단면에 따른 침하 및 지지력 개선효과를 분석하였다. 연약점토지반에 고화처리공법을 적용 시 침하 및 지지력 개선효과가 뛰어난 것으로 나타났으며 특히, 고화처리공법 적용 후 압밀침하량이 최소 53%에서 최대 82%까지 감소하여 압밀침하 억제효과가 우수한 것으로 나타났다. 고화처리 폭이 설치 구조물 폭의 2배 이상인 경우 고화처리 폭이 증가하여도 압밀침하 억제효과는 1~7%정도로 미소한 것으로 나타났다. 또한, 고화처리 폭 6m, 심도 1m이상 적용시 고화처리 전보다 허용지지력이 2.3~3.3배정도 크게 증가한 것으로 나타나 고화처리공법을 적용하면 지지력 증대효과가 매우 우수함을 알 수 있었다.

Abstract In this study, the physical and dynamic characteristics of soil were analyzed by selecting 3 sections as research subjects among road and structure construction sections in the construction site of the Gwangyang OO industry area, and conducted consolidation analysis and bearing capacity assessments through Midas-GTS according to the construction conditions of the structures and section conditions of reinforcement using stabilized soil. The effects of improving the settlement and bearing capacity according to the improved effects of the stability and sections of reinforcement using stabilized soil in applying the reinforcement method using stabilized soil were analyzed as a solution for improving the settlement and bearing capacity of soft clay for constructing roads and structures. The improvement effects of the settlement and bearing capacity were outstanding when the reinforcement method using stabilized soil to the soft clay was applied. After applying the reinforcement method using stabilized soil, the holdback effect of the consolidation settlement was excellent by decreasing the volume of the consolidation settlement from a minimum of 53% to a maximum of 82%. When the width of the reinforcement using stabilized soil was twice the width of the constructed structure, it was found that the holdback effect of the consolidation settlement ranged from 1% to 7% through the width of reinforcement using stabilized soil. In addition, when applying reinforcement more than 6m in width and 1m in depth using stabilized soil, it was found that the increase in the allowable bearing capacity was 2.3 to 3.3 times more than that before applying the reinforcement, which suggests that the increase in bearing capacity by applying the reinforcement method using stabilized soil was significant.

Key Words : Soft Clay, Reinforcement Method, Stabilized Soil, Settlement, Bearing Capacity

*Corresponding Author : Sun-Hak Kim(Woo Young Engineering & Construction)
Tel: +82-10-6631-8075 email: sun93k@naver.com
Received April 23, 2014 Revised June 11, 2014 Accepted June 12, 2014

1. 서론

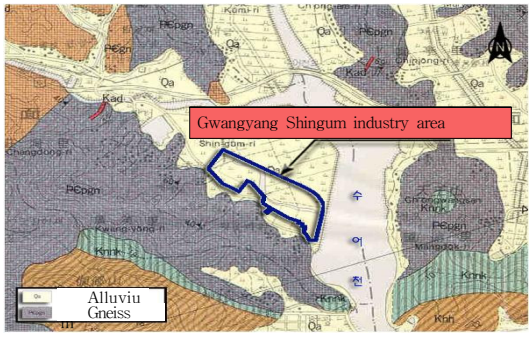
최근 친환경적인 자원 및 재활용기술 개발이 부각되고 있다. 고화처리공법은 현장에서 사용하지 못하고 사토되는 점토에 대하여 고화처리를 통해 지반을 안정시키며 강도개선 및 지지력을 증진시킴으로써 흙의 공학적 특성을 효율적으로 개선하는 공법이다. 신은철 (2009, 2011) 및 김준영(2011) 등은 연약지반개량을 위하여 시멘트 및 고화재의 강도개선효과와 고화처리를 위한 최적 배합 조건에 관한 연구를 수행하였으며, 박민철(2011)은 강우강도별 침투율 실내시험과 일축압축강도실험을 하여 벤토나이트매트공법, 혼합토공법, 고화토공법의 현장 적용성에 대한 연구를 수행하였다[1-4]. 연약점토지반에 시공되고 있는 도로 및 구조물의 침하량이 목표침하량보다 과다하게 발생되거나 지지력의 부족으로 문제가 많이 발생되고 있는 실정이다. 연약점토지반에 시공되고 있는 도로 및 구조물의 침하 및 지지력의 개선방안으로 고화처리공법을 적용할 때 여러 요인들에 의해 영향을 받겠지만 고화처리 폭과 깊이는 침하 및 지지력 개선효과에 필수적으로 고려해야 할 중요한 항목이라 할 수 있다.

본 연구에서는 광양 ○○산업단지 공사현장내의 도로 및 구조물 시공구간 중 연구대상 3구간을 선정하여 지반의 물리·역학적 특성을 분석하고 구조물 시공조건, 고화처리 단면조건에 따라 유한요소해석프로그램 Midas-GTS를 통해 압밀해석과 실내 및 현장시험결과를 바탕으로 지지력 산정을 수행하였다[5,6]. 도로 및 구조물이 시공되는 연약점토지반의 침하 및 지지력 개선방안으로 고화처리공법 적용 시 지반의 안정성 개선효과와 고화처리 단면에 따른 침하 및 지지력 개선효과의 특성을 분석하였다.

2. 연구대상지 현황

2.1 지형 및 지질 현황

여수반도는 한반도의 남해안 중앙부에 위치하고 있으며 광양만을 안은 모양으로 남해군과 해협을 이루며 광양만 동측은 노량해협을 통하여 남해와 연결되어 있다. 본 해안선 주변부는 리아스식 침강해안선으로 노년기 지형에 해당하며 지질구조와 암상에 따라 그 양상을 달리하고 있다. 광양만은 하나의 반폐쇄적 지형으로서 만내에는 요도, 금호도, 태인도, 우순도 등을 비롯한 20여개의 크고 작은 섬들이 분포한다. 이 만은 대체로 길죽한 장방형이며 그 면적은 230km^{2}에 달하고 있다. 만의 서측과 북측은 수심이 5m이하로 얕고, 동측의 노량해협에서 동서측의 여수만 입구로 이어지는 부분은 수심이 20m이상으로 깊다. 여수반도지역의 대체적인 지질개요는 변성암류, 퇴적암류, 관입암류 및 분출암류로 구성되어 있다. 이 중 변성암류가 광양지역에 넓게 있으며 백악기에 형성된 관입암류가 가장 적은 분포를 나타내고 있다. 본 지역의 기저를 이루고 있는 선캠브리아기의 편마암, 편암류와 고생대의 변성퇴적암류는 중생대에 걸쳐 일어났던 화산암류의 분출작용과 화성암류의 관입작용 등으로 광역변성작용과 그 후에 일어난 화강암화작용등을 받아 변성되어 넓은 지역에서 나타나고 있다. 이의 상부는 누층군에 속하며 하부로부터 화성암류가 거의 포함되지 않은 신동층군, 대부분 화산암류로 구성된 유천층군은 관입, 분출의 관계를 갖는다. 누층군과 그의 상부에 관입한 불국사화강암류는 광양지질도폭의 북부와 동남부에 소규모의 암체로서 존재하며 변성암류와 화산암류를 관입하였다. 제4기의 충적층은 경상계 지층과 부정합 관계를 이루고 지질과 지형적인 발달 상태에 따라 형성된 계곡부를 중심으로 발달된 하천을 따라 분포되어 있으며 이의 층후 발달은 최대 20m를 넘지 못하고 있다[6][Fig. 1].



[Fig. 1] Geological map of the study area

2.2 지반개량 현황

연구대상현장은 구간별로 설계하중에 따라 PBD공법을 적용하여 지반개량을 실시하고 있는 상태였으며 목표침하량이 발생되지 않는 구간에 대해 추가 선행재하공법을 적용하여 침하를 촉진시킨 후 도로 및 구조물 시공구간에 허용침하량 및 허용지지력의 조건을 만족하도록 고

화처리공법을 적용하려는 상황이었다. Table 1은 선행재하공법을 적용하기 전 설계하중을 고려한 구간별 목표침하량, 발생침하량, 잔류침하량, 압밀도를 나타낸 것이다.

[Table 1] Goal settlement considering the design load

Division	A section	B section	C section
Goal settlements(㎝)	258.7	197.5	366.9
Occurs settlement(㎝)	198.4	149.7	283.0
Residual settlement(㎝)	60.3	47.8	83.9
Degree of consolidation(%)	76.7	75.8	77.1

A구간 258.7㎝, B구간 197.5㎝, C구간 366.9㎝를 목표침하량으로 설계를 한 후 PBD공법을 적용하여 연약지반 개량 중이었으며, 현 시점에서 압밀해석을 수행하고 해석상 산정된 목표침하량을 기준으로 A, B, C 구간의 압밀도를 산정한 결과 76.7%, 75.8%, 77.1%로 나타났다. 잔류침하량이 허용침하량 이상으로 나타나 장기간에 침하를 유도하는 선행재하공법을 적용하기엔 공기가 부족한 현장이란 점을 고려하여 추가적인 대책공법이 필요한 상황이었으며 이에 대한 대안으로 연약점토지반의 침하 및 지지력을 개선하고자 일정기간 추가여성으로 선행재하공법을 적용 후 고화처리공법을 적용하고자 하였다.

2.3 고화처리공법

고화처리공법은 스테아린산염, 수산화나트륨, 실리카 및 트리포리인산염의 혼합물을 토양안정제로 하여 연약지반의 안정화를 위하여 토질에 대한 보강 충진제로서 경화제 등을 연약지반토질과 혼합하여 안정된 지반조성을 위하여 시공하는 공법이다. 사질토, 점성토 등 현지 토사를 사용 처리가 가능하며 노상이나 보조기층, 기층에서 요구하는 지지력을 충족시킬 수 있으며 노반의 침하 및 침수방지 등 강도가 우수하다[7].

[Table 2] Standard mixing ratio of the stabilized soil

Division	Application Soil	Mixing ratio (%)	Remarks
stabilized soil	Clay (HC)	6.0~19.0	Standard mixing ratio $\gamma_{max} = 16kN/m^3$

본 연구대상구간에서는 도로시공구간 하부 PC BOX 구조물이 설치되는 연약점토지반에 시공심도 1.0m 이상, 압축강도 180kPa 이상 확보되도록 시공기준이 적용되었으며 고화토층의 표준배합비는 Table 2와 같다.

3. 지반 및 해석조건

3.1 지반조건 및 토질정수

3.1.1 원지반조건 및 토질정수

광양 ○○산업단지 조사지역의 기반암 풍화대 상부에 풍화토층, 사력층, 해성퇴적층, 매립토층이 분포하고 있다. 그 분포심도, 연경도(N치) 및 토질특성은 Table 3과 같다.

[Table 3] Ground conditions of the study area

Division	Characteristics	N Value
Fill soil	The fields soils, Bank soil	1/30~4/30
Sedimentary soil	Dark gray silt(ML)	0/30~4/30
	Dark gray marine clay(CL)	0/30~2/30
Weathered soil	Sand layer(SP), Silty sand(SM)	2/30~50/12
Weathered rock	Granodiorite	50/12 below

연구대상현장의 도로 및 구조물 시공구간 중 연구대상 A, B, C 구간의 연약점토층의 기본물성과 토질정수를 파악하기 위해 각 구간별로 물리 및 역학적 실험을 수행하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

[Table 4] Soil parameters of the soft clay

Division	A section	B section	C section
Depth of soft clay(m)	16.0	16.8	10.4
Specific gravity(G_s)	2.708	2.703	2.692
Water content(%)	64.7	61.7	61.0
Unit weight(γ_t, kN/m^3)	15.99	16.16	16.14
Initial void ratio(e_0)	1.697	1.606	1.593
Compression index(C_c)	0.738	0.698	0.743
Preconsolidation stress(P_c, kPa)	107.8	127.4	114.7
Cohesion(C, kPa)	28.2	32.8	30.7

3.1.2 고화처리 시 해석에 적용된 토질정수

광양 ○○산업단지 현장내의 도로 및 구조물 시공구간 중 연구대상 A, B, C 구간의 고화처리 시 해석에 적용된 지반물성 및 매개변수는 Table 5 ~ Table 7과 같다.

[Table 5] Soil parameters applied to the analysis

Division	Fill soil	stabilized soil	Weathered residual soil
Modulus of elasticity(E, kPa)	1.96×10^4	6.566×10^6	1.86×10^4
Poisson's ratio(ν)	0.35	0.20	0.35
Wet unit weight (γ_t, kN/m^3)	17.64	18.82	18.62
Saturated unit weight (γ_{sat}, kN/m^3)	18.13	19.31	19.11
Cohesion (C, kPa)	9.8	-	14.7
Internal friction angle(Ø, °)	25	-	30
Coefficient of permeability (k, m/day)	1.2	0.0000795	1.0

[Table 6] Soil parameters of the clay applied to the analysis

Division	A section	B section	C section
Modulus of elasticity (E, kPa)	5.49×10^3	5.49×10^3	5.49×10^3
Poisson's ratio(ν)	0.38	0.38	0.38
Wet unit weight (γ_t, kN/m^3)	15.76	15.94	15.98
Saturated unit weight (γ_{sat}, kN/m^3)	16.15	16.34	16.38
Cohesion (C, kPa)	35.48	30.48	39.40
Internal friction angle (Ø, °)	0	0	0
Coefficient of permeability(k, m/day)	0.00219	0.00373	0.00115

[Table 7] Parameters of modified Cam-Clay model

Division	A section	B section	C section
λ	0.078	0.125	0.072
K	0.005	0.008	0.005
Γ	2.768	2.777	2.568
M	0.772	0.772	0.772

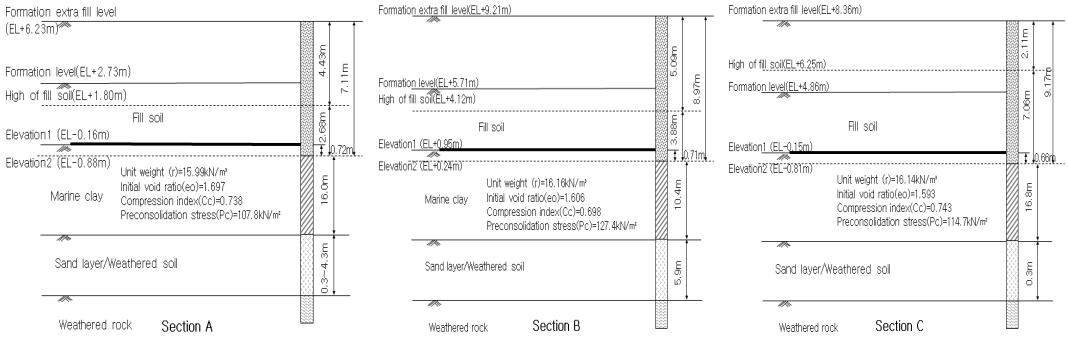
3.2 침하 및 지지력 해석조건

3.2.1 고화처리 전 침하 및 지지력해석

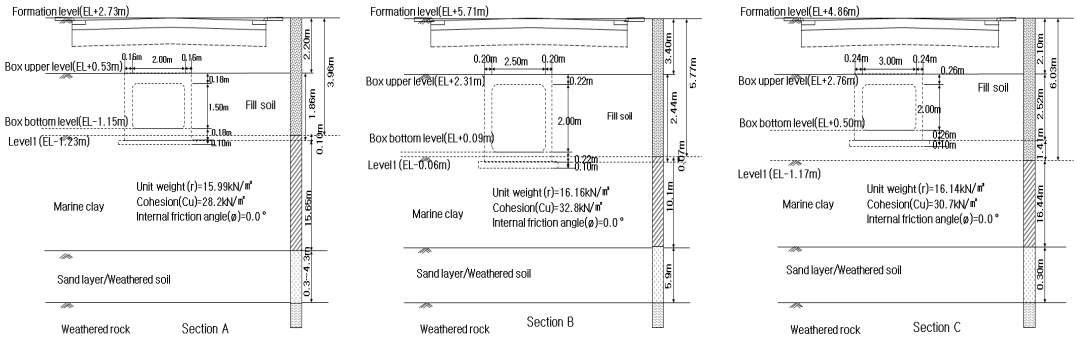
연직배수공법(PBD)으로 개량중인 연약점토지반에 계획여성고까지 선행재하공법을 적용시킨 후 Barron의 압밀이론에 의거 평균압밀도를 산정하였으며 시료교란을 고려하여 C_v와 C_h의 값을 동일하게 적용하였다. 또한, 지지력은 단일토층의 경우 Terzaghi식과 Meyerhof식으로 산정하였으며 이질토층의 경우 Meyerhof의 이질토층식으로 산정하였다[8-10]. 연구대상 A, B, C 구간의 각 구간별 계획여성에 따른 압밀침하 해석단면과 도로시공구간 하부에 PC BOX 구조물 하부기초지반의 지지력 해석단면을 Fig. 2 ~ Fig. 3에 나타내었다.

3.2.2 고화처리 후 침하 및 지지력해석

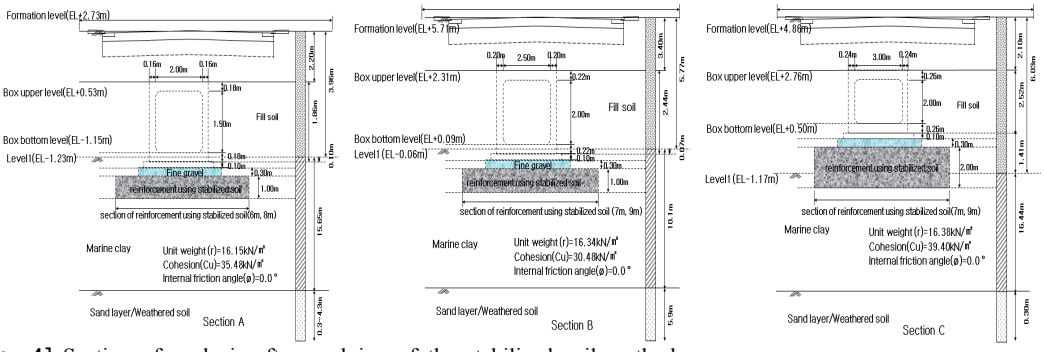
침하와 지지력에 대한 안정성을 확보할 수 있는 적합한 고화처리층의 폭과 심도를 변화하여 수치해석을 실시하였으며, Table 8은 계획여성까지 선행재하공법 적용 후 침하 및 지지력을 확보하고자 PC Box 시공저면에 적용된 고화처리층 해석단면조건을 나타낸 것이다. 수치해석프로그램 Midas-GTS를 이용하여 풍화잔류토, 성토재 및 고화처리층은 탄성재료, 점토지반은 수정 Cam-Clay 모델을 이용하여 탄점소성재료로 모델링하여 2차원 압밀



[Fig. 2] Section of consolidation analysis when embankment



[Fig. 3] Section of bearing capacity analysis before apply of the stabilized soil method



[Fig. 4] Section of analysis after applying of the stabilized soil method

해석을 수행하였다. 각 구간별 지지력은 단일토층의 경우 Terzaghi식과 Meyerhof식으로 산정하였으며 이질토층의 경우 Meyerhof의 이질토층식으로 산정하였다. 각 구간에 적용된 고화처리층 해석단면은 Fig. 4와 같다.

[Table 8] Width and depth of the stabilized soil method

Division	A section	B section	C section
Width(B, m)	6, 8	7, 9	7, 9
Depth(D, m)	1	1	2

4. 결과 및 분석

4.1 침하해석결과

4.1.1 고화처리공법 적용 전 침하해석결과

연직배수공법(PBD)으로 지반개량중인 연약지반에 계획여성고까지 선행재하공법을 적용하고 구조물 시공시까지 압밀도를 산정하여 발생침하량을 산정한 결과 Table 9와 같은 결과를 얻었다.

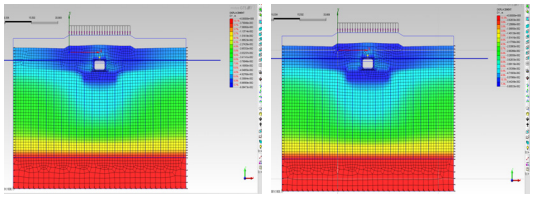
[Table 9] Results of settlement analysis before apply of the stabilized soil method

Division	A section	B section	C section
Consolidation settlement(㎝)	99.6	72.9	110.9
Horizontal degree of consolidation(U_h, %)	29.0	32.1	26.9
Vertical degree of consolidation(U_v, %)	8.3	13.5	10.3
Average degree of consolidation(U_{av}, %)	34.9	41.3	32.4
Occurs settlement(㎝)	34.8	30.1	36.0
Residual settlement(㎝)	25.5	17.7	48.0

2차 선행재하공법을 적용 후 A, B, C 구간의 잔류침하량은 25.5㎝, 17.7㎝, 48.0㎝로 기준허용침하량 10㎝이상으로 산정되었으며 잔류침하량으로 인한 도로구간의 침하 문제가 발생될 것으로 판단되어 이에 대한 추가적인 대책공법으로 고화처리공법을 적용하여 연약지반에 대한 압밀해석을 수행하였다.

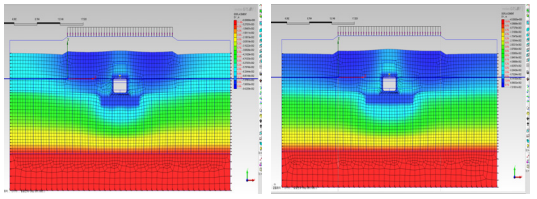
4.1.2 고화처리공법 적용 후 침하해석결과

PC Box 및 도로시공 후 최종 계획단면에서 지표최대침하량에 대해 고화처리 단면에 따라 해석을 수행하였으며 Fig. 5 ~ Fig. 7은 Midas-GTS를 이용하여 해석한 결과를 나타내며, Table 10에 압밀해석결과 값을 나타내었다.



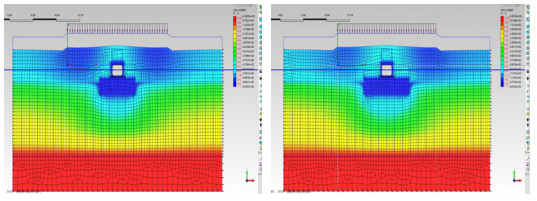
(a) (b)

[Fig. 5] Result of analysis of A section
(a) Width(B=6.0m), Depth(D=1.0m) (b) Width(B=8.0m), Depth(D=1.0m)



(a) (b)

[Fig. 6] Result of analysis of B section
(a) Width(B=7.0m), Depth(D=1.0m) (b) Width(B=9.0m), Depth(D=1.0m)



(a) (b)

[Fig. 7] Result of analysis of C section
(a) Width(B=7.0m), Depth(D=2.0m) (b) Width(B=9.0m), Depth(D=2.0m)

해석결과 A구간의 폭 6m, 심도 1m의 경우 6.1㎝, 폭 8m, 심도 1m의 경우 5.8㎝의 침하량이 발생하는 것으로 평가되었으며, B구간의 폭 7m, 심도 1m의 경우 8.4㎝, 폭 9m, 심도 1m의 경우 7.0㎝의 침하량이 발생하는 것으로 평가되었다. 또한, C구간의 폭 7m, 심도 2m의 경우 9.2㎝, 폭 9m, 심도 2m의 경우 8.8㎝의 침하량이 발생하는 것으로 평가되었다. 고화처리공법이 적용된 A, B, C 모든 구간에서 설계하중 재하시 침하량이 억제되어 허용침하량 이내로 발생되는 것으로 나타났으며 동일구간에서 고화처리 폭이 클수록 침하량이 감소되는 것으로 나타났다.

[Table 10] Results of settlement analysis after applying of the stabilized soil method

Division	Stabilized soil	Settlement (㎝)	Allowable settlement(㎝)
A section	B=6m, D=1m	6.1	10
	B=8m, D=1m	5.8	10
B section	B=7m, D=1m	8.4	10
	B=9m, D=1m	7.0	10
C section	B=7m, D=2m	9.2	10
	B=9m, D=2m	8.8	10

4.2 지지력산정결과

4.2.1 고화처리공법 적용 전 지지력산정결과

연직배수공법(PBD)으로 개량중인 연약점토지반에 계획여성고까지 선행재하공법을 적용시킨 후 도로시공구간 하부에 PC BOX 구조물 기초지반의 지지력을 산정한 결과 A구간의 극한지지력은 259.60~335.06kN/㎡, 허용지지력은 86.53~111.72kN/㎡으로 산정되었으며 안정검토에는 86.53kN/㎡을 적용하였다. B구간의 극한지지력은 311.84~414.64kN/㎡, 허용지지력은 103.98~138.57 kN/㎡으로 산정되었으며 안정검토에는 103.98kN/㎡을 적용하였다. 고화처리공법 적용 전 C구간의 경우 기초저면이 이질토층으로 극한지지력은 344.67kN/㎡, 허용지지력은 114.86kN/㎡으로 산정되었으며 안정검토에는 114.86kN/㎡을 적용하였다[Table 11].

[Table 11] Results of bearing capacity analysis before apply of the stabilized soil method

Division		Ultimate bearing capacity(kN/m^2)	Ultimate bearing capacity(kN/m^2)	Load (kN/m^2)
A	Terzaghi	259.60	86.53	83.50
	Meyerhof	335.06	111.72	
B	Terzaghi	311.84	103.98	112.50
	Meyerhof	414.64	138.57	
C	Heterogeneous	-	-	91.83
	Meyerhof	344.67	114.86	

4.2.2 고화처리공법 적용 후 지지력산정결과

고화처리공법 적용 시 고화처리층을 지지층으로 지지력을 산정하였다. 각 구간별 허용지지력 산정시 극한지지력의 안전율 3을 적용하여 산정하였으며, 지지력을 산

정한 결과 A구간의 극한지지력은 1108.38~1466.04 kN/㎡, 허용지지력은 369.46~488.68kN/㎡으로 산정되었으며 안정검토에는 369.46kN/㎡을 적용하였다. B구간의 극한지지력은 1142.04~1568.49kN/㎡, 허용지지력은 380.68~522.83kN/㎡으로 산정되었으며 안정검토에는 380.68kN/㎡을 적용하였다. C구간의 극한지지력은 1120.44~1402.98kN/㎡, 허용지지력은 373.48~467.66 kN/㎡으로 산정되었으며 안정검토에는 373.48kN/㎡을 적용하였다[Table 12].

[Table 12] Results of bearing capacity analysis after applying of the stabilized soil method

Division		Ultimate bearing capacity(kN/m^2)	Ultimate bearing capacity(kN/m^2)	Load (kN/m^2)
A	Terzaghi	1108.38	369.46	83.50
	Meyerhof	1466.04	488.68	
B	Terzaghi	1142.04	380.68	112.50
	Meyerhof	1568.49	522.83	
C	Terzaghi	1120.44	373.48	91.83
	Meyerhof	1402.98	467.66	

4.3 침하 및 지지력 결과분석 및 고찰

고화처리공법 적용 전 A, B, C 구간의 잔류침하량은 25.5㎝, 17.7㎝, 48.0㎝로 기준허용침하량 10㎝ 이상으로 나타나 침하에 대해 불안정한 것으로 나타났다. 고화처리공법 적용 후 침하해석결과 A구간에서 고화처리 폭 6m의 경우 6.1㎝, 폭 8m의 경우 5.8㎝ 침하량이 발생하여 기준허용침하량 10㎝ 보다 작은 값으로 나타나 침하에 대해 안정성을 확보하였다. 고화처리 전보다 침하량이 76~77% 감소하였으며 고화처리 폭이 2m 확대되면 침하량이 1% 정도 더 감소하는 것으로 나타났다. B구간에서 고화처리 폭 7m의 경우 8.4㎝, 폭 9m의 경우 7.0㎝ 침하량이 발생하여 기준허용침하량 10㎝ 보다 작은 값으로 나타나 침하에 대해 안정성을 확보하였다. 고화처리 전보다 침하량이 53~60% 감소하였으며 고화처리 폭이 2m 확대되면 침하량이 7% 정도 더 감소하는 것으로 나타났다. 또한, C구간에서 고화처리 폭 7m의 경우 9.2㎝, 폭 9m의 경우 8.8㎝ 침하량이 발생하여 기준허용침하량 10㎝ 보다 작은 값으로 나타나 침하에 대해 안정성을 확보하였다. 고화처리 전보다 침하량이 81~82% 감소하였으며 고화처리 폭이 2m 확대되면 침하량이 1% 정도 더 감소하는 것으로 나타났다. 고화처리공법이 적용된 A, B, C 모든 구간에서 설계하중 재하시 침하량이 억제되어 허용침하량 이내로 발생되는 것으로 나타났으며 동일구간에서 고화처리 폭이 2m 확대되면 침하량이 1~7% 더 감소하는 경향을 보였다. 본 연구대상 모든 구간에서 고화처리 전보다 고화처리 후 압밀침하량이 최소 53%에서 최대 82%까지 감소하여 압밀침하억제효과가 우수한 것으로 나타났으나 일정 개량 폭 이상인 경우 개량 폭이 증가하여도 압밀침하 억제효과는 최소 1%에서 최대 7%정도로 미소한 것으로 나타났다.

고화처리공법 적용 전 A, B, C 구간의 PC BOX 구조물 기초지반의 검토 허용지지력은 86.53kN/㎡, 103.98 kN/㎡, 114.86kN/㎡로 산정되었으며 A, C구간의 경우 각 구간의 상부하중 83.50kN/㎡, 91.83kN/㎡보다 크게 산정되어 안정한 것으로 나타났으나 B구간의 경우 상부하중 112.50kN/㎡보다 작게 산정되어 불안정한 것으로 나타났다. 고화처리공법 적용 후 지지력해석결과 A구간의 검토 허용지지력의 경우 369.46kN/㎡으로 상부하중 83.50kN/㎡ 보다 큰 값으로 나타나 지지력에 대해 안정한 결과로 나타났다. 고화처리 전보다 허용지지력이 3.3배정도 증가한 것으로 나타났다. B구간의 검토 허용지지력의 경우 380.68kN/㎡으로 상부하중 112.50kN/㎡ 보다 큰 값으로 나타나 지지력에 대해 안정한 결과로 나타났다. 고화처리 전보다 허용지지력이 2.7배정도 증가한 것으로 나타났다. 또한, C구간의 검토 허용지지력의 경우 373.48kN/㎡으로 상부하중 91.83kN/㎡ 보다 큰 값으로 나타나 지지력에 대해 안정한 결과로 나타났다. 고화처리 전보다 허용지지력이 2.3배정도 증가한 것으로 나타났다. 고화처리공법이 적용된 A, B, C 모든 구간에서 고화처리 전보다 검토 허용지지력이 2.3~3.3배정도 크게 증가한 것으로 나타나 고화처리공법이 지지력 증대효과가 매우 우수한 것으로 확인되었다.

5. 결론

본 연구에서는 도로 및 구조물이 시공되는 연약점토지반의 침하 및 지지력 개선 방안으로 고화처리공법 적용 시 고화처리단면에 따른 침하 및 지지력 개선효과의 특성을 파악하고자 사례현장의 침하 및 지지력해석을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 도로 및 구조물이 시공되는 연약점토지반에 고화처리공법을 적용 시 침하 및 지지력 개선효과가

뛰어난 것으로 나타났다.

(2) 고화처리공법 적용 전보다 고화처리공법 적용 후 압밀침하량이 최소 53%에서 최대 82%까지 감소하여 압밀침하억제효과가 우수한 것으로 나타났다.

(3) 고화처리공법 적용 시 고화처리 폭이 설치 구조물 폭의 2배 이상인 경우 고화처리 폭이 증가하여도 압밀침하 억제효과는 1~7%정도로 미소한 것으로 나타났다.

(4) 고화처리 폭 6m, 심도 1m이상 적용시 고화처리 전보다 허용지지력이 2.3~3.3배정도 크게 증가한 것으로 나타나 고화처리공법을 적용하면 지지력 증대효과가 매우 우수함을 알 수 있었다.

References

[1] E. C. Shin, J. G. Gang, D. H. Oh, B. H. Lee, B. H. Kim, S. P. Jung, “Effect of Chemical Improvement by Hardening Agent on Soft Soil”, Conference of Korean Geo Environmental Society, pp.4442-4445, 2009.

[2] E. C. Shin, Y. G. Lim, S. H. Oh, “A Study on Reinforcement Method on Surface of Soft Ground by Stabillized Soils”, Conference of Korean Geo Environmental Society, pp.361-364, 2011.

[3] J. Y. Kim, E. R. Jang, C. K. Jung, “The Optimum Mixture Condition for Stabilization of Songdo Silty Clay”, Journal of Korean Geo Environmental Society, Vol. 27, No. 5, pp.5-15, 2011.
DOI: http://dx.doi.org/10.7843/kgs.2011.27.5.005

[4] M. C. Park, S. G. Kim, N. K. Kwak, H. H. Shin, S. Lee, “A Study for Field Application of Environmental-friendly Waterproof Method for Riverbed”, Journal of Korean Geo Environmental Society, Vol. 12, No. 1, pp.71-80, 2011.

[5] MIDAS/GTS User's Guide, "Analysis Reference", MIDAS Information Technology, Co., Ltd. 2013.

[6] Namyoung Construction, Co., Ltd. “Review Report for Stabilization of Soft Ground of Gwangyang Shingum industry area”, pp.1-96, 2011.

[7] B. S. Chun, J. Y. Lim, “A Study on the Optimal Mixture Ratio on the Stabilized Layer by Statistical Method”, Journal of Korean Civil Engineers Society, Vol. 20, No. 1, pp.79-90, 2000.

[8] J. E. Bowles, "Foundation analysis and Design", Mograw-Hill Kogakusha, pp.240-294, 1982.

[9] Meyerhof, "The Bearing Capacity of Foundations under Eccentric and Inclined Loads", Proc. 3rd ICSMFE, 1953.

[10] Meyerhof, "Some Recent Researches on Bearing Capacity of Foundation", Journal of Canadian Geotechnical, Vol.1, 1963.
DOI: http://dx.doi.org/10.1139/t63-003

기 완 서(Wan-Seo Ki) **[정회원]**

- 1989년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 토목건설과 교수

<관심분야>
사면안정, 연약지반, 가설구조물

김 선 학(Sun-Hak Kim) **[정회원]**

- 2001년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 조선대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 토목공학과 겸임교수
- 2011년 12월 ~ 현재 : (주)우영기술단건축사사무소 이사

<관심분야>
사면안정, 연약지반, CM