

연약지반의 배수설계 기법에 관한 연구

A Study on the Method of Design of Drainage in Soft Clay

지 인 택*
Ji, In Taeg

Summary

In this study, examined influence of consolidation effect that had affected by location of pump inlet that was set collection well for drainage of pore water discharged by embankment on soft ground through the field test. The results of this study are summarized as follows;

1. Initial consolidation curve value were larger than theoretic value, the cause of these phenomena were thought influence of secondary consolidation and three dimensional strain of soft clay.

2. The settlement value of Hosino method was larger than that of Hyperbolic method, but settlement value of Hyperbolic method was accurate more than that of Hosino method in the prediction of settlement.

3. When pump inlet in collection well came down from GL+0.3m to GL-1.5m, settlement value increased about 10cm and when the ground water level was made insitu after pumping had completed, settlement was expanded about 7~8cm. So it is found that location change of pump inlet had an influence on settlement remarkably.

4. If location of pump inlet in collection well for large scale estate or wide road site is lowered than original ground level, the settlement will be accelerated effectively, and at this stage automatic pump must be used in pumping.

I. 서 론

현장에서 연약지반의 압밀침하량과 압밀시간은 지반구성의 복잡성과 불균일성 등으로

인하여 압밀시험 결과에 의한 압밀이론을 적용시켰을 때 침하추정예측은 좀처럼 실제와 일치하지 않는 경우가 많다.

따라서 실제 침하계측을 실시하고 장래의

* (주)경동기술공사

키워드 : 연약지반, 수평배수, 침하량 예측, 집수정, 도로, 단지

침하량을 추정함으로써 과재성토고를 수정하거나 과재성토의 재하기간이나 제거시기의 수정을 현장에서는 지속적으로 시행하여야 한다.

정³⁾ 등은 기존의 장래침하량 추정기법의 문제점을 해결하기 위하여 Casagrande & Fadum에 의해서 제안된 logt 방법을 기본으로 하여 설계단계부터 이용할 수 있는 새로운 침하량 추정기법을 제안하는 등 현장 계측 결과를 이용하거나 설계시험자료로부터 압밀침하량을 예측하려는 연구는 매우 활발하게 진행되고 있으나 관측된 압밀침하량이 압밀이론과 차이가 발생하는 원인에 대해서는 일반적인 수준을 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

만일 설계에서 요구하는 압밀침하량에 도달하지 못할때는 지반의 강도증진 효과가 미약하므로 한계성토고 이상의 과재하중이 작용하여 지반의 전단파괴가 발생할 수 있으며 교량 배면은 측방유동 현상이 발생하여 구조물에 막대한 피해를 가져올 수 있다.

현장관측침하량이 압밀이론과 차이가 발생하는 원인은 불량한 배수재의 사용, sand seam 등 여러 요인등이 있겠으나 과잉공극수를 대기압 상태로 유도하기 위한 배수체계의 불량 이 큰 요인으로 작용할 수 있다.

따라서 연약층의 압밀침하로 인한 지반의 공극수를 vertical drain을 통하여 sand mat에 의한 수평방향으로 원활하게 배출하기 위해서는 sand mat의 두께, 투수계수, 수평배수거리 및 시간당 압밀량 등이 압밀속도에 큰 영향을 미치므로 이에대한 검토가 필요하다.

즉, 동수구배차를 구하여 sand mat 두께와

비교함으로써 압밀침하로 인한 공극수가 sand mat를 통하여 원활하게 배출되는지를 판단해야 한다.

그러나 최근 도로의 폭이 넓어지고 성토고가 높아지면서 도로 중앙의 침하량과 도로사면 비탈부의 침하량 차가 커지면서 sand mat만으로는 공극수의 배출은 불가능해졌고 따라서 배수층 중간에 집수정을 설치하여 배수층을 통해서 흘러든 공극수를 펌핑하는 방법을 채택하는 사례가 늘어나고 있다.

대단위 연약지반 처리지구에서 공극수를 처리하기 위해서는 집수정외에 유공관을 일정한 간격으로 배치시켜 집수정으로 유도하는 과정이 필요하다.

이와같은 과정이 적정하게 설치되지 않으면 모래층내에 공극수가 배출되지 않아서 압밀침하가 저해받게 될 수 있다.

본 논문은 집수정에서 펌프흡입구의 위치가 압밀침하 효과에 어떠한 영향을 미치는가를 현장시험을 통하여 분석한 것으로 택지, 단지 등과 같은 대단위 연약지반 처리에 대한 배수설계시 기초자료가 될 것으로 판단된다.

II. 재료 및 시험방법

1. 재 료

본 조사는 충청남도 서천군 서천읍 당선리 일원의 금강 하구둑 관광지 조성사업 현장에서 실시되었으며 조사지역의 지반특성은 다음과 같다.

Table-1. Physical properties and soil parameters

Soil parameters	Water content (%)	Gs	Atterberg limits, (%)		Consolidation test		Passing the No. 200 sieve (%)	USCS
			LL	PI	P _c (kg/cm ²)	C _c		
range	33.1~64.4	2.65~2.71	30.0~49.1	5.6~25.5	0.58~1.4	0.28~0.7	85~96	CL
average	39.2	2.67	38.4	14.4	1.37	0.3	94.5	CL

2. 시험구역 선정

시험구역은 연약점토층의 분포가 5.0m (zone A), 8.0m(zone B), 10.0m(zone C), 11.0m(zone D)되는 위치에서 Fig. 1과 같은 집수정과 유공관, 침하판을 설치하여 실시되었다.

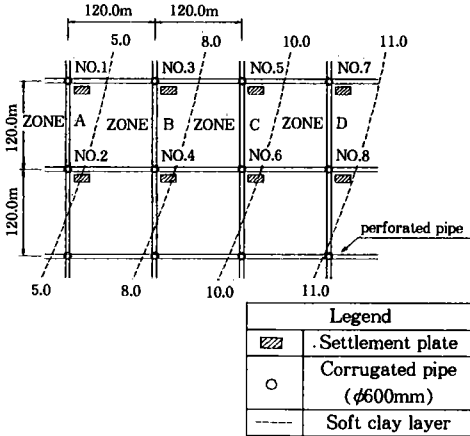


Fig. 1. Layout of the drain design in sand mat

지반상에 포설된 sand mat는 배출된 공극수의 수평 배수로의 역할을 하도록 계획되어 있으나 sand mat 층만을 이용하여 배수를 시킬 경우 배수로의 길이가 길어지게 되고 또한 sand mat로 사용한 사질토의 입도가 불량할 경우 배수기능이 저하하게 된다.

따라서 금번 시험은 sand mat내에 별도의 배수층을 두어 배출된 공극수의 원활한 배수가 이루어지도록 하였다.

또한 집수정간을 연결하는 주관의 배수구배는 2% 내외가 되도록 하였으며 집수정내에는 motor pump를 설치하여 지반내의 과잉공극수를 원활하게 외측으로 방출할 수 있도록 하였다.

집수정의 설치는 격자형으로 배치된 주관이 만나는 교차지점에 설치하였으며 간격은 120m를 유지하였고 집수정 재질은 φ600mm 주름관(corrugated pipe)를 이용하였다.

3. 시험방법

집수정에 설치한 수중 pump의 위치에 따라서 지반침하에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 점토층의 분포위치를 5.0m, 8.0m, 10.0m, 11.0m의 4개소로 구분하여 성토 초기 단계에서는 pump의 흡입구를 Fig. 1의 No.1~No.8은 집수정 위치 모두에서 원 지반상단 0.3m 위치(GL+0.3m)에 분포시켜 강제 펌핑하였고 성토완료 150일이 지난 시점부터는 펌프의 흡입구를 집수정 번호 1, 3, 5, 7 위치에서는 원 지반 하단 -1.5m(GL-1.5m)까지 내려 강제 펌핑하였으며 나머지 집수정 번호 2, 4, 6, 8에서는 흡입구의 위치를 GL+0.3m로 일정하게 유지하였다.

이상의 내용을 표로 나타내면 Table-2와 같다.

Table-2. Summary of pump setting

Zone	Soft layer(m)	Corrugated pipe	Location of pump inlet(m)	Term of the operation of pump
A	5.0	No. 2	GL+0.3	'95. 2. 4~'96. 4. 13
		No. 1	GL+0.3 GL-1.5	'95. 2. 4~'96. 9. 19 '95. 9. 19~'96. 4. 13
B	8.0	No. 4	GL+0.3	'95. 2. 4~'96. 4. 13
		No. 3	GL+0.3 GL-1.5	'95. 2. 4~'96. 9. 19 '95. 9. 19~'96. 4. 13
C	10.0	No. 6	GL+0.3	'95. 2. 4~'96. 4. 13
		No. 5	GL+0.3 GL-1.5	'95. 2. 4~'96. 9. 19 '95. 9. 19~'96. 4. 13
D	11.0	No. 8	GL+0.3	'95. 2. 4~'96. 4. 13
		No. 7	GL+0.3 GL-1.5	'95. 2. 4~'96. 9. 19 '95. 9. 19~'96. 4. 13

(GL : ground level)

그리고 수중 motor pump의 규격은 지반개량 구간에 설치된 집수정에서 간극수를 배송용 호스(φ50mm, 비닐 pipe)로 양수하여 개량지역외로 배출시켰으며 양수거리에 따라 pump 용량을 산정하였다.(펌프용량 : 0.96HP)

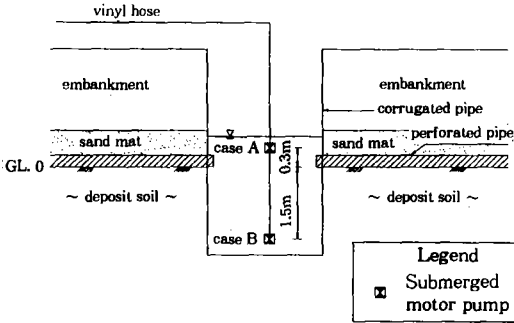


Fig. 2. Submerged motor pump

III. 장래침하량 추정

연약지반상에 계측기기를 이용하여 침하량을 측정하고 공극수압의 소산을 확인할 때 시간의 경과에 따른 압밀침하량을 측정해보면 이론적인 계산 결과와 일치하지 않는 경우가 있다.

김⁴⁾은 이와같은 원인이 지반의 불균질성, 토질시험시 토질정수의 결정상의 문제, sand seam의 존재, 2차 압밀 등에 있다고 하였다.

본 논문에서는 상기원인이 배수처리 불량에도 크게 영향을 받는다고 판단하여 과잉공극수의 배수조건에 따른 침하량 예측을 다음과 같은 방법으로 추정하였다.

1. 쌍곡선법

쌍곡선법은 성토가 완료되고 하중이 일정할 때 이후의 침하속도가 쌍곡선적으로 감소한다는 가정에서 유도되었으며 침하량은 다음식과 같은 방법으로 추정한다.

$$S_t = S_0 + \frac{t - t_0}{a + b(t - t_0)} \dots\dots\dots (1)$$

$$S_f = S_0 + \frac{1}{b} \dots\dots\dots (2)$$

여기서, S_t : 재하개시부터의 경과시간 t 의 침하량(cm)

S_0 : 검토개시점의 침하량(cm)

S_f : 최종침하량(cm)

t : 재하개시부터의 경과시간 (day)

t_0 : 검토를 개시한 시간(day)

a, b : 계수

식 (1)을 다시 기술하면 다음과 같다.

$$\frac{t - t_0}{S_t - S_0} = a + b(t - t_0) \dots\dots\dots (3)$$

여기서 세로축에 $(t - t_0 / S_t - S_0)$ 를 가로축에 $(t - t_0)$ 로 측정치를 도시하면 Fig. 4와 같은 직선이 된다.

여기에 a 는 세로축 절편, b 는 직선의 기울기로 구한다. a, b 가 구해지면 식 (1)에 의해 임의시각의 침하량을 추정하는 것이 가능하다.

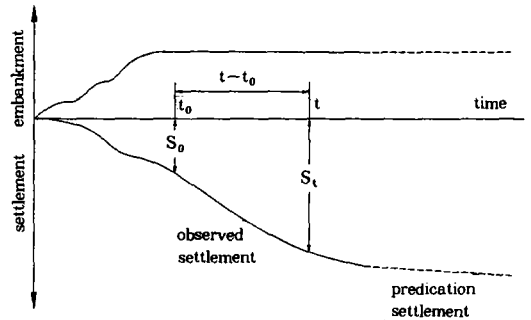


Fig. 3. Prediction of settlement by the hyperbolic method

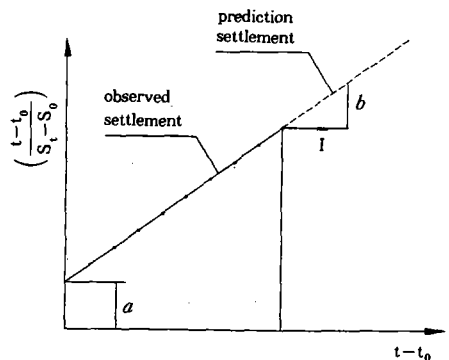


Fig. 4. Coefficient a, b by the hyperbolic method

식 (1)에서 $t \rightarrow \infty$ 로 하면 식 (2)가 구해지며, $1/b$ 는 t_0 이후의 압밀이 완료하기까지의 침하량이 된다.

2. Hoshino법

Terzaghi의 압밀이론에 의하면 압밀의 초기 침하곡선은 시간의 함수로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{U}(T) = 2(T/\pi)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

그런데 현장에서 여러 실측치를 검토한 결과 전단에 의한 유동변형을 포함한 전침하량은 시간의 평방근에 비례한다는 것이 인정되었다. Hoshino는 이를 기본원리로 하여 $t = \infty$ 에서 일정한 값이 되도록 경과시간-침하량관계를 다음과 같은 식으로 표시하였다.

$$S_t = S_0 + S_d = S_0 + \frac{AK(t-t_0)^{1/2}}{[1+K^2(t-t_0)]^{1/2}} \dots\dots (5)$$

여기서

- S_t : 경과시간 t 에서의 침하량
- S_0 : 성토종료직후의 침하량
- S_d : 시간의 경과와 더불어 증가하는 침하량
- t_0 : S_0 에 대응하는 경과시간
- t : 경과시간(S_t 에 대응)

A, K : 실측침하량으로부터 구하는 계수
식 (5)를 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\frac{t-t_0}{(S_0-S_t)^2} = \frac{1}{A^2 K^2} + \frac{1}{A^2}(t-t_0) = \alpha + \beta(t-t_0) \dots\dots\dots (6)$$

이 식은 $(t-t_0)/(S_t-S_0)^2 \sim (t-t_0)$ 의 관계에서 기울기 $\beta=1/A^2$ 인 직선임을 의미한다. 이 관계를 이용하여 미지수 A, K 를 구할 수 있다. 이상과 같이 결정한 A, K, t_0, S_0 의 값을 식 (5)에 대입하면 임의의 시간 t 에 대응하는 S_t 를 구할 수 있다. 한편 압밀침하량 S_f 는 식 (5)에서 $t = \infty$ 가 가정하면 다음 식으로 구해진다.

$$S_f = S_0 + A = S_0 + (1/\beta)^{1/2} \dots\dots\dots (7)$$

이밖에 실측침하곡선으로부터 얻어진 자료로부터 최종침하량과 침하속도를 구할 수 있는 방법이 Asoka¹⁾에 의해 제안되었다.

그는 Mikasa⁸⁾에 의해 과잉공극수압 대신 연직방향의 변형을 ϵ_v 를 기본으로 하여 유도된 압밀의 편미분방정식

$$C_v \frac{\partial^2 \epsilon_v}{\partial z^2} = \frac{\partial \epsilon_v}{\partial t} \dots\dots\dots (8)$$

을 다음과 같은 미분방정식의 형태로 바꾸어서 개략적으로 나타낼 수 있음을 증명하였다.

$$S_c + a_1 \frac{dS_t}{dt} + a_2 \frac{d^2 S_c}{dt^2} + \dots\dots + a_n \frac{d^n S_c}{dt^n} = b \dots\dots\dots (9)$$

여기서

- S_c : 압밀침하량
 - a_1, a_2, a_n : 토층의 경계조건에 의존하는 상수
- 그리고 vertical drain으로 연약지반 처리를 하는 경우 특히 문제되되는 C_h 를 재하중 초기의 실측침하량으로부터 직접 현장에서의 C_h

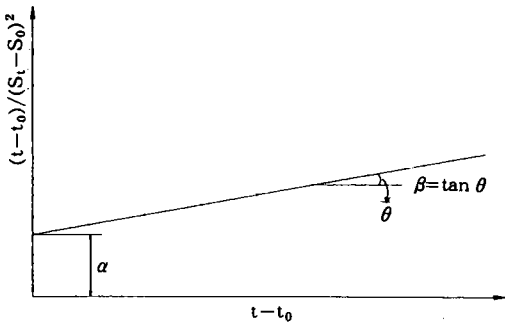


Fig. 5. Coefficient α, β by the Hoshino method

를 정하여 장래의 침하량을 예측하는 방법을 門田⁹⁾ 등이 제시하였다.

이것은 $T_h \cdot \log U/U_0$ 관계에서 직선이 된다는 것을 이용한 것이다.

3. Kjellman 이론에 의한 예측

실험자료는 점증하중에 대한 보정을 실시하였으며 연약지반 처리공법으로 채택한 paper drain 공법의 수평배수시간을 정리하여 예측하였다.

또한 paper drain에 의한 압밀도 시간과의 관계는 다음 식 (10)과 같은 Kjellman⁶⁾ 이론을 이용하였다.

$$U = 1 - \exp\left[-\frac{2C_h \cdot t}{R^2 \left(\ln \frac{L}{r\sqrt{\pi}} - \frac{3}{4}\right)}\right] \dots\dots (10)$$

C_h : 압밀계수

L : drain board 타설간격

r : drain board 환산반경

R^2 : $\frac{L^2}{\pi}$ (정사각형 배치의 경우)

IV. 결과 및 고찰

본 지역의 연약지반 개량공법으로 적용한 공법은 paper drain 공법이며 배치간격은 1.5m의 정사각형으로 타설하였다.

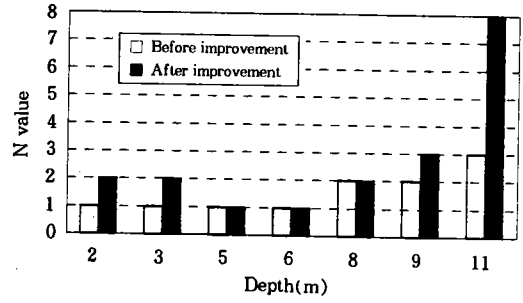
성토고는 구간에 따라 4.0~5.0m이다.

1. 표준관입시험

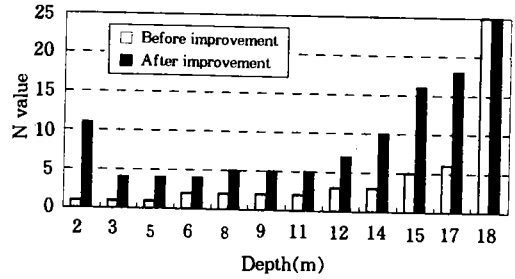
Fig. 6은 동일 위치에서 실시한 연약지반 개량전·후의 N치의 변화이다.

Fig. 6의 결과에서 zone A의 위치에서는 N치의 개량정도가 미미하나 zone B 위치에서는 현저하게 개량된 것을 알 수 있다.

상기 원인은 여러 가지가 있겠으나 zone B가 zone A에 비하여 상대적으로 하천에 인접하여 sand seam이 발달되어 있고 이와같은



(a) zone A



(b) zone B

Fig. 6. Variation of N values in zone A, B

조건으로 인하여 압밀이 zone A보다 촉진된 것도 하나의 원인이 될 수 있을 것이다.

그러나 표준관입시험치에 의해서 연약지반의 개량 정도를 판단하는 것은 신뢰도가 낮으므로 실내시험 결과치와 비교하여 종합분석하는 것이 타당하다고 판단된다.

2. 지반강도정수의 변화

Fig. 7은 시험구간내에 실시한 실내삼축압축시험 결과치를 심도별로 표기한 것이다.

Fig. 7에서 설계시 지반강도정수는 0.14kgf/cm²~0.16kgf/cm²이었으나 지반개량후 지반강도 정수는 $S_u=0.29\sim0.41\text{kgf/cm}^2$ 으로 현저한 지반개량 효과가 있음을 알 수 있다.

여기서 지반개량후의 강도정수가 소요목표치에 도달하였는지를 개략적으로 추정하면 다음과 같다.

$$C = C_0 + C/P \cdot \Delta P \cdot I \cdot U$$

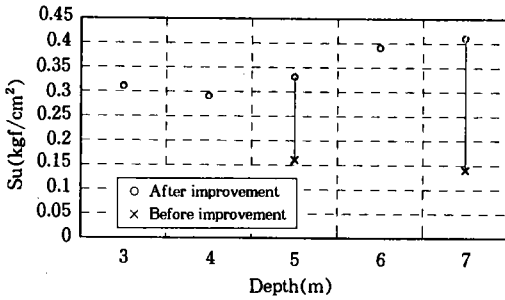


Fig. 7. Variation of strength of soft clay

C : 지반개량후 강도정수

C_o : 원지반 강도정수 (평균 1.5tf/m^2)

C/P : 강도증가율 (0.2이용)

ΔP : 성토하중 ($r_t \times h$)

I : 영향계수 (단지 이므로 1)

U : 압밀도 (90%)

성토고(h) : 4.5m (평균치)

$$C = 1.5 + 0.2 \times 4.5 \times 1.9 \times 1 \times 0.9 = 3.0\text{tf/m}^2$$

이나 개량후 $C_u = 2.9 \sim 4.1\text{tf/m}^2$ 이므로 소요목표치에 도달하였다고 판단된다.

3. 침하분석

가. 침하예측

침하예측방법은 계획된 성토고가 완료된 임의의 시점에 대한 실측침하 데이터로부터 향후에 발생하는 침하량을 추정하기 위해 제안된 것이다.

Fig. 8~Fig. 11에서 Hyperbolic method와 Hoshino method는 실측자료와 매우 일치하는 경향을 타나냈으나 이론예측자료는 실제와 큰 차이를 나타내고 있다.

이와같은 원인은 설계시 지반의 강도정수를 너무 안전측으로 적용하기 때문에 나타난 결과로서 실험자료에 의한 예측은 지역별로 지반특성을 대표할 수 있는 자료를 이용해야 한다고 생각된다. Balasbramanian and Brenner²⁾도 실내시험용 시료는 다른 지역보다 연약한 층에서 채취되므로 설계시 예측값이 실측치보다 크다고 하였다.

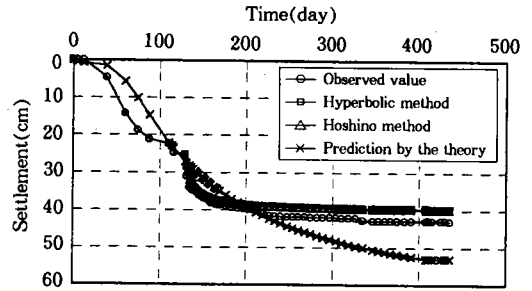


Fig. 8. Prediction of the settlement in zone A (No. 2)

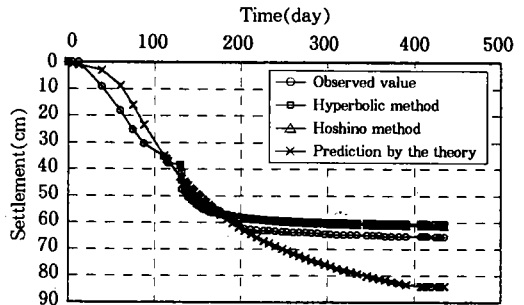


Fig. 9. Prediction of the settlement in zone B (No. 4)

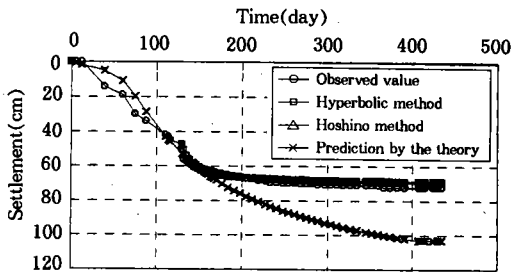


Fig. 10. Prediction of the settlement in zone C (No. 6)

실제로 실험자료에 의해서 적용된 압축지수는 0.67로서 이와같은 값은 본 지역의 압축지수 평균치가 0.3인 점을 감안할 때 너무 큰 값을 적용하였다고 생각한다.

또한 초기 침하곡선도 성토기간을 보정하여 추정한 이론곡선이 현장 관측치와 큰 차이를 나타내고 있어 실제로 성토단계에서의 초기침

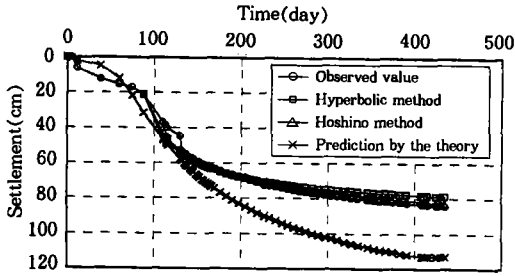


Fig. 11. Prediction of the settlement in zone D (No. 8)

Table-3. Analysis of total settlement

Prediction	Fig.	(Unit : cm)			
		8	9	10	11
Hyperbolic method		40.2	61.6	69.6	85.8
Hoshino method		40.5	62.7	70.7	97.0
theory by W. Kjellman		53.0	84.0	103	113.0
observed values		43.0	65.4	72.3	84.1

하는 이론보다 크게 일어난다는 것을 알 수 있다.

이와같은 원인은 점토의 2차 압밀 및 3차원 변형에 기인한 것으로 판단된다.

Table-3은 Fig. 8~Fig. 11에 의한 최종침하량 분석결과를 나타낸 것이다.

Table-3에 의하면 Hoshino법이 쌍곡선법보다 침하량이 크게 나타나고 있고 예측정도는 쌍곡선법이 더 높은 경향을 보이고 있다.

이⁷⁾는 잔류침하량 추정에 Asaoka법은 전반적으로 침하량이 작게 나타나고 Hoshino법은 초기에 침하량이 작게 나타나지만 전반적으로 침하량이 크게 나타나며 두 방법은 쌍곡선법에 비하여 예측정도가 낮은 경향을 보인다고 하였다.

나. 펌프의 흡입구가 침하에 미치는 영향

Fig. 12~Fig. 15는 펌프의 흡입구에 따라서 지반침하에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위해서 성토 초기 단계에서는 펌프의 흡입구를 원지반 상의 0.3m 위치(GL+0.3m)에

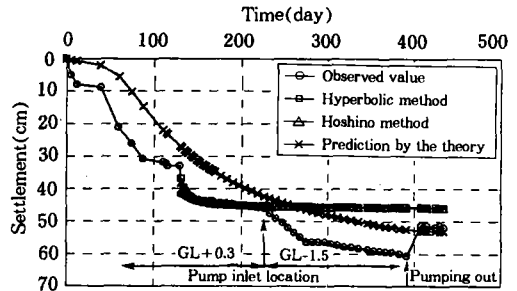


Fig. 12. Influence of consolidation affected by location of pump inlet in zone A (No. 1)

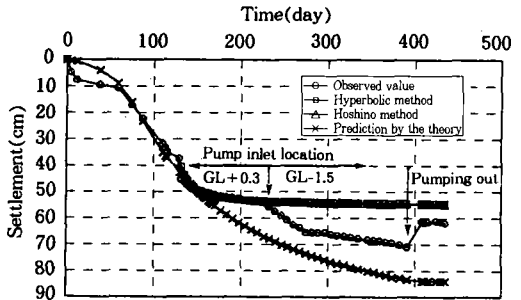


Fig. 13. Influence of consolidation affected by location of pump inlet in zone B (No. 3)

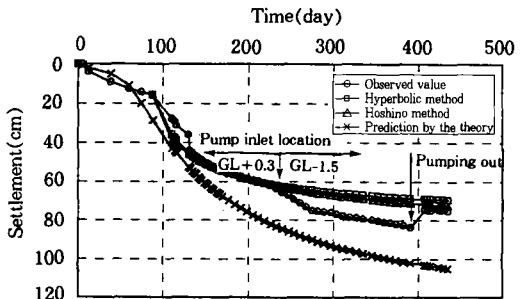


Fig. 14. Influence of consolidation affected by location of pump inlet in zone C (No. 5)

분포시켜 강제 펌핑하였고 성토완료 150일이 지난 시점부터는 펌프의 흡입구를 원지반 하의 -1.5m(GL-1.5m)까지 내려 강제 펌핑시켰을 때의 침하곡선이다. 그 결과 침하량은 펌

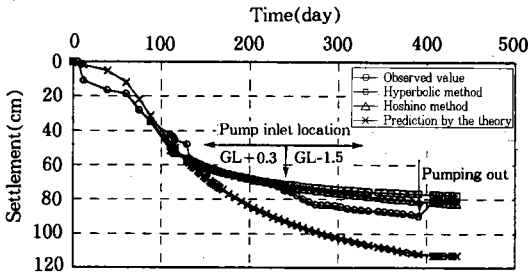


Fig. 15. Influence of consolidation affected by location of pump inlet in zone D (No. 7)

프의 흡입구를 GL+0.3에 위치시켰을 때 비하여 약 10cm정도 더 발생하였으며 소요압밀 종료후 지하수위를 원 위치로 회복 시켰을 때 지반은 7~8cm 정도 팽창하였다.

이와같은 현상은 서해안 금강 하구 지역의 지반특성이 Silt 성분이 많기 때문에 수위변동이 타 지역보다 더 급격하게 일어났기 때문에 나타나는 현상이며 이 현상이 지반 전체에 동일하게 일어날지는 미지수이나 펌프의 흡입구 위치의 변화가 침하변동에 현저한 영향을 미친다는 것은 본 논문결과로서 입증되었다.

이와같은 현상은 최근에 모래골재원의 고갈로 인하여 수평배수재인 sand mat의 재질저하가 우려되고 있는 실정이며 sand mat의 재질이 불량할 경우 Yoshikuni¹⁰⁾가 지적한 바와 같이 압밀지연 현상이 있을 수 있음을 고려할 때 배수시설에 의해서 침하가 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

따라서 대단위 단지 또는 폭이 넓은 도로부지에서 집수정 펌프의 흡입구 위치는 원 지반선 보다 하향위치에서 펌핑하는 것이 침하축진 효과가 크며 펌핑은 반드시 자동펌프를 이용해야 할 것이다.

김⁵⁾등은 침하가 큰 경우의 유공관은 시간의 경과에 따라 효과가 감소할 수 있으므로 유공관과 집수정의 접합부의 침하오차가 클

경우에는 별도의 대책을 강구해야 한다고 하였다.

펌프 위치선정과 동시에 압밀지연 현상을 방지하기 위해서는 집수정의 위치가 매우 중요하다. 도로와 같이 포장면과 비탈면의 성토하중이 다른 곳에서는 침하량의 차이가 크게 나타나므로 이와같은 위치에서는 집수정의 위치를 최대 침하가 발생하는 도로 중앙부에 설치하여야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 논문은 연약지반상의 성토하중에 의해서 배출된 공극수의 원활한 배수를 위해서 설치한 집수정에서 펌프흡입구의 위치가 압밀효과에 어떠한 영향을 미치는가를 현장시험을 통해서 규명한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 압밀초기곡선은 이론치보다 크게 나타나고 있으며 이와같은 원인은 점토의 2차압밀 및 3차원 변형에 기인한 것으로 판단된다.

2. Hoshino 법이 쌍곡선법보다 침하량이 크게 나타나고 있고 예측정밀도는 쌍곡선법이 더 높은 경향을 나타냈다.

3. 집수정 펌프의 흡입구를 (GL+0.3)에서 (GL-1.5)로 하향 조정할 때 침하량은 약 10cm 정도 더 발생하였으며 펌핑 종료후 지하수위가 복원되었을 때 지반은 7~8cm 정도 팽창하였다. 따라서 펌프흡입구 위치 변화가 침하변동에 현저한 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

4. 대단위 단지 또는 폭이 넓은 도로부지에서 집수정 펌프의 위치는 원 지반보다 하향 위치에서 펌핑하는 것이 침하축진 효과가 크게 나타났고 펌핑은 반드시 자동펌프를 이용하여 연속적인 배수기능이 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

1. Asoka, A., 1978, Observation procedure of settlement prediction, Soils and Foundation, 18(4) : 87-101
2. Blasbranium.A.S., and E.W., Brenner, 1981, Consolidation and settlement of soft clay, Soft Clay Engineering, Elsevier : 479-566
3. 정형식, 황영철, 권덕우, 1996, 연약지반 성토관리시 장래 침하량 추정기법에 관한 연구, 학술발표회 논문집(III), 대한토목학회 : 495-498
4. 김상규, 1993, 토질역학-이론과 응용, 청문각 : 411
5. 김영남, 이강일, 1996, 연직배수공법, 연약지반처리 위원회 현지 세미나, 한국지반공학회 : 1-19
6. Kjellman, W., 1948, Accelerating consolidation of fine grained soil by means of cardboard wicks, Proceeding of the 2nd int, Conf. on SMFE, Rotterdam : 302-305
7. 이문수, 1996, 유한요소법에 의한 PACK DRAIN 공법의 압밀침하량 예측, 토지개발기술(겨울호), 한국토지공사 : 42-63
8. Mikasa, M., 1963, The Consolidation of Soft Clay-A new consolidation theory and its applications, Kajima-suppan-Kai, Tokyo
9. 土質工學會, 1978, 地盤改良の 調査設計から施工まで, 現場技術者の 土と 基礎シリーズ 3卷 : 5-72
10. Yoshikuni, H. and H., Nakanodo, 1974, Consolidation of soils by vertical drain walls with finite permeability, Soils and Foundation, Vol 14, No. 2 : 35-46

(접수일자 : 1997년 4월 24일)