การวิเคราะห์กำลังรับแรงเฉือนไม่ระบายน้ำของดินถมบ่อถูกปรับปรุงด้วยวิธี Vacuum Consolidation Method

Estimated Strength Properties of Soft Clay Lump Backfilled in a Pond Improved by Vacuum Consolidation Method.

ศาสตร์ศิลป์ ภักดีเมฆ[1], ปิยวัฒน์ เงินบำรุง[2] และ สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์[3]

[1] นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ sartsin.p@gmail.com
[2] นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย piyavat.ng@gmail.com
[3] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ Soralump_s@yahoo.com

บทคัดย่อ

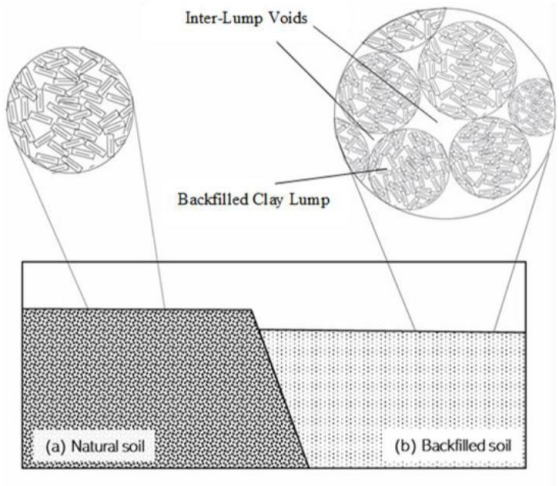
Abstract

1. บทนำ

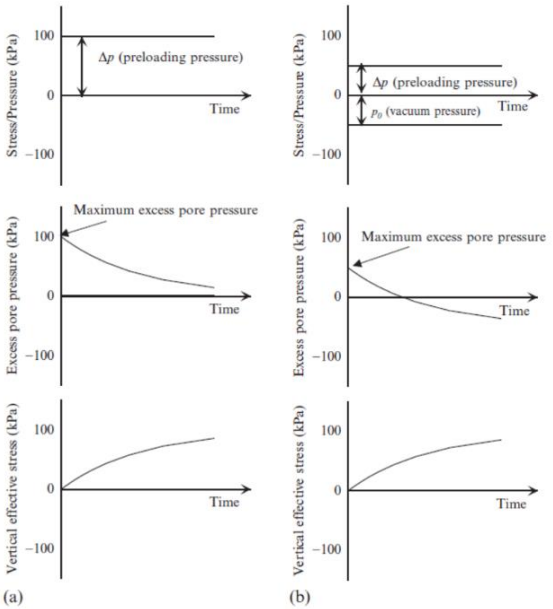
ญ ฆ ญ
ฆ -J hjxx Utvjy Uvjyxxzvjy ฆญ ฆ ฆ
ฆ ญ ฆ ฆ -Nsyjvxqzr u tm
ญญ ฆ ฆ ฆ -Gfhpkmqji Hof
Qzr u ฆ ฉ ฆ ฆ Mfwyqjs fsi Nsljvx
-6 =6 Qjzsl jyfq3-7556 ฆ ฉ ฉ
ญ ฆ ญ ฆ ฆ 6
ฆ ญ ฆ ฆ ฆ 7
ฆ ฉ ฆ ฆ
-Zsi vfrnsji mjfw yvjyslym1 z ง ฉ ฆ ฆ
ฆ ฆ ฉ - fyjwHtsyjsy1
s ญ ฆ ฆ
ง ฉ ฉ ฆ ฉ ฆ ฆ ฆ ฉ
ฆ -[fhzzr Htsxtqmfyrts Rjymti1[HR
[fhzzr Htsxtqmfyrts Rjymti ฆ
Pojqqrfs -6 : 7 hfwvgtfwv rmpi vfrnsx ฆ ฆ
ฆ ฆ ฉ ง ฆ
Uvjykfgwmfyji jwymfqi vfrns -U[I x ฉ
-Gjwfi.t jyfq3 17557 ฆ ฉ
[HR ฆ ฆ ฆ ฆ ฆฆ
ญ ฆ ฆ ฆ ฉ ฆ ฆ
ฆ ฆญ ฆ U[I x Fnwytmy
r jr gvfsj ฆ ฆ ฆง ฆ
ฆ Fnwytmyr jr gvfsj ฆ ฆ -
ฆ ฆ ฆ ฆ ฆ ฆฆ ง
ญ ฆ [HR ฆ ง ง ฉ ฉ
-[jwymfqjkkjhynj xyvjyxx 8 ฆ
ฆ ฆ ฆ ฆ
[fhzzr uvjyqtfinsl ฆ [HR ฆ ง
ฉ ฆ - tyfqxyvjyxx ฉ ญ ง -Nsi vfvvfysf
jyfq3 1755: ฆ ฆ ง



รูปที่ 1 ง ฉ ฆ
- 17: 7



รูปที่ 2 ง ฉ ฆ
- 17: 7



รูปที่ 3 ฆ ฆ ฆ ฆ ฆ ฉ ฆ ฆ ฆ
-f ฆ ฆ -g [fhzzr uvjyqtfinsl
-Nsi vfvvfysf jyfq3 1755:

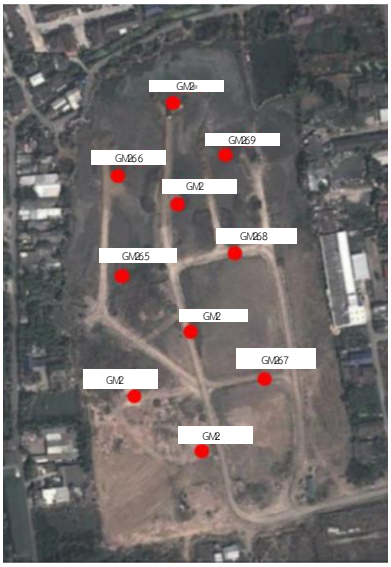
ญ ฆ ฆ ง ง ฆ ง
ฆ [HR ฆ ฉ ญ ฆฆ
Htsj Ujsjyvfvyrts jxy ฆ ญ ฆ ฆ ฆ
ญ ฆ ง Rjxwmfsi Pmfs -7566
ฆ ญญ ฆ ง ง ฆ
ง ฆ ฆ ฉ ง
ฆ ง ญ ฆฆ

2. ข้อมูลพื้นฐาน

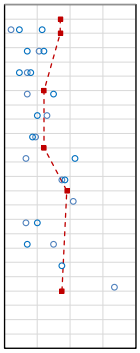
2.1 คุณสมบัติของดินถมบ่อก่อนปรับปรุงคุณภาพ

ญ ฆ ฆ ญ ญ ฆ ญ
ญ ฉ ฆ ๏ฆ ญ 9
ฉ ง ฉ : ฉ ง
- jfymjviyi Hvzxy 63 ฆ -[jw
xtkyhof ง ฆ -Rjinzr xmoy hof
6 ฉ ง - yrkk hof ฉ 8
ฉ ฉ
jfymjviyi Hvzxy ฉ ฆ 5263

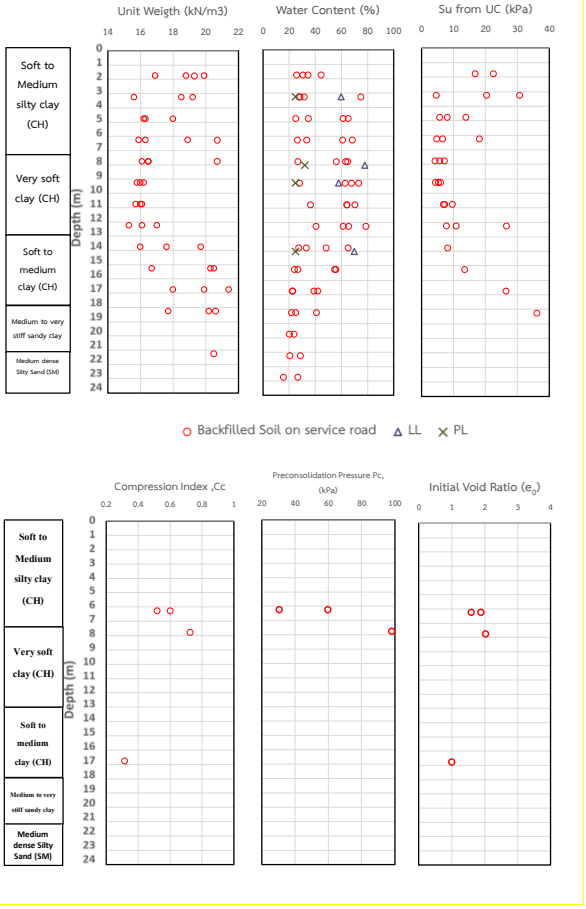
[jw tkyyt tkyMtmUofxyrhmy Hof -HM ฆ
ฉ ฆ 63266 ฉ
- s ๏: ๏ 1ง ฆ -QQ =5 ง ฆ ฆ -UQ 8: 1
Uofxyrhmy rsij -UN 9: 1ฉ ง 6 pS4r 8
ฉ ฆ ฉ ฆ 75 pUf
ฆ ฆ ญ ฉ ฉ ฉ ฆ
tkyyt Rjinzr MtmUofxyrhmy Hof -HM ฉ ฆ
6626 ฉ ๏ - s 7: 2=5 1ง ฆ
๏ -QQ = ง ฆ ฆ -UQ 8: 1Uofxyrhmy rsij -UN: 7 1
ฉ ง 6: 26= pS4r 8 ฉ ฆ
: 285 pUf ฆ -Rjinzr
ljsxj Hof j fsi 6 8 ฆฆ ญ ฉ
ฆ
yrkk Qt Uofxyrhmy Hof -HQ ฉ ฆ 6 2763
ฉ ๏ - s 7: 2 5 1ง ฆ -QQ
: 7 ง ฆ ฆ -UQ 79 1Uofxyrhmy rsij -UN 7= 1ฉ
75277 pS4r 8
Rjinzr๏ yt [jw ljsxj moy fsi - R ฆ
ฉ ฆ 763 ฉ
- s 6: 275 1ฉ 75277 pS4r 8
ฉ ๏ฆ ฆ 3 37: :
9 ฉ ง ฉ ฆ ญ ฆ
๏ ฉ ฆ ฉ
ฆ ฆง ฉ ฆ
ฆ ญ ฆ ฆ ญ ฆฆ
ฆง ฆฉ ฆ ฆ ฆ ฆ



รูปที่ 4 ๏ ญ ญฆ ฉ



๏ **รูปที่ 5** ฉ ฆ ง



รูปที่ 6 ฉ ฆ ง ฆ

ญ ฆ ฆ ญ ญ ญ ฉ ฆ
ฉ ฆ ฆ ฉ ฆ
ญ ฉ ฆ ง ฉ ฆ
ฉ ฆ 75 pUf ง ฉ
ฆ ฆ ฉ 75 pUf ฉ
ญ ฆ ฆ ฆ
ฆ ฆ
ฆ ญ ฆ ฆ
ฆ ฆ ฆญ GM2= GM269 ญ ฆ
ฉ ฆ ฆ
ฉ ฆ

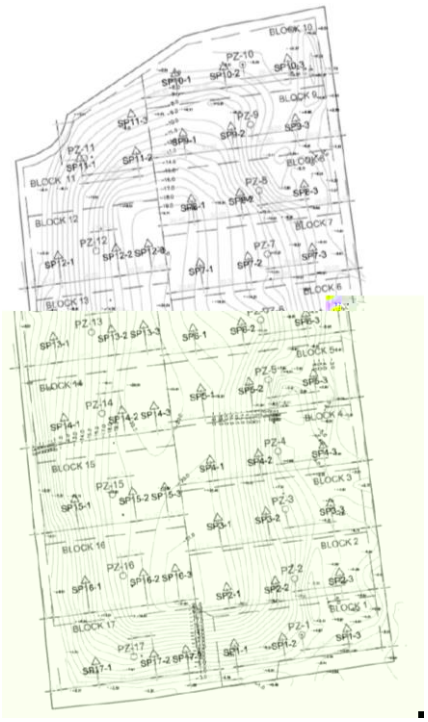
2.2 การปรับปรุงคุณภาพดินด้วยวิธีสุญญากาศ (Vacuum Consolidation Method)

ฆ ฉ [HR ง
81987 ฉ ง 75 ญ ฆ
ฆ 6 ง ฆ
ฉ ญ ฆ = ฆ ฆ 25
pUf ฆ ฆ ฆฆ 5 pUf ฆ 83
-ฉ ง 75 pS4r [8] ฆ - zvkmfvwj

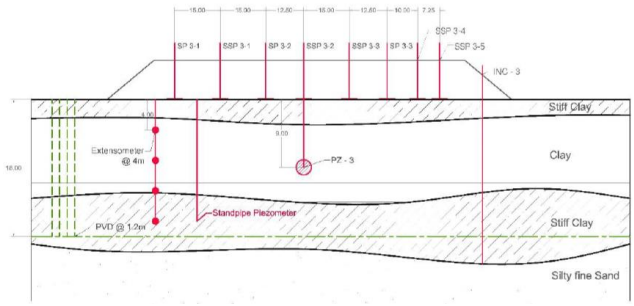
ฆ Qtfi ฉ 6263 ฆ ฉ
ง U[lx ง -f g 655 :
ง Rfsivjvq ฆ ง - q6:5
9: ฆ ฆ ญ - vzfvjy
Ufyyjvsv 6 ง ฆ ฆ ฆ [HR
U[lx - zvkmfvwj Qtfirsl
6

1 ฆ ฆ ฆ ฉ ฆ

Sand Blanket	0.5 ฆ ฆ PVDs
PVDs	PVDs ฉ ฆ 275 ฉ ฆง
PVDs	PVDs ฆ ญ ฆ
Airtight Sheet	ฆ ฆ ฆง ฆ
ฉ ญ	ฉ ญ ฆ ญ ฉ ฆ
VCM	ฆ ฆญ ฆ ญ ฆ ฆ 5 ง ญ
Surcharge Loading	635263 ฆ ฉ



รูปที่ 7 ฆ ฆ ฉ ญ



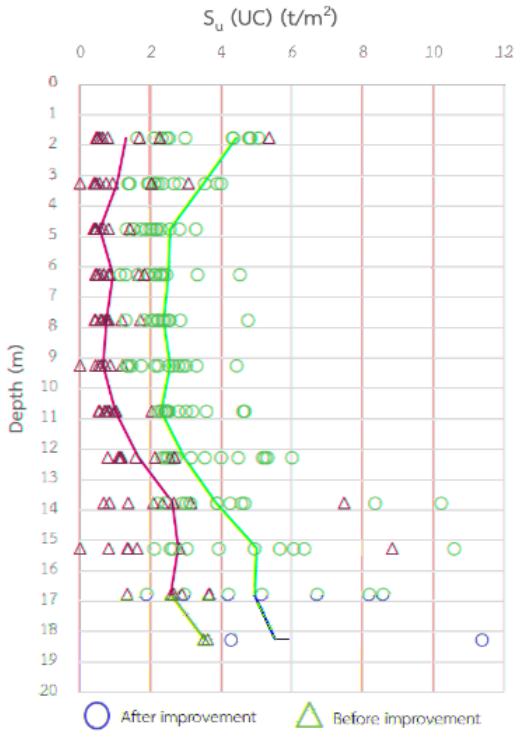
รูปที่ 8 ง ญ ฆ [HR ฆฉ

2.3 พฤติกรรมดินถมบ่อที่ถูกปรับปรุงด้วยวิธี VCM

2.3.1 พฤติกรรมการทรุดตัว

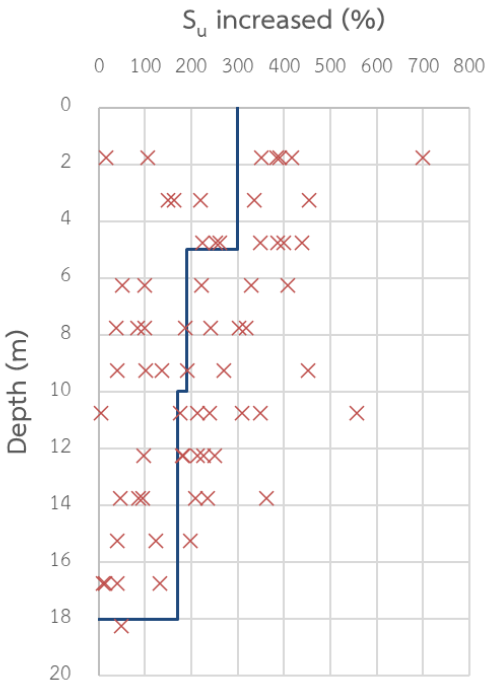
ฆ ฆ ง ฆ ง ญ ฆ ฆ ญ ฆ ฆ ฆ

ฆ Zshtskrsji htr uvjxxrts yjxy ฉ ง ฉ
ง ๐ -6= 75 66 ฆ ง ง
ฆ ๐ ฉ ฆ 52 ง ญ ฆ : 265 pUf
๐ 7: 29: pUf ฉ ฆ ง 7 : ญ ฆฆ
๐ ฉ ๐ [HR ญ ฆ ญ ฆ
fhzzr ฆ xzvwmfwj qtfi
ฆ ง ง ฆ ฉ ฆ : 265
ง ญ ฆ : 265 pUf 7: pUf ฉ ฆ ง
7.68 ญ ฆ fhzzr ฉ ฆ 652
6= ง ญ.ฆ 6528: pUf 782 : pUf ฆ ง
ญ ฆ fhzzr ญ ฉ ฆ
ฉ ฆฆ ฉ ฆ ฉ ฆ
ง ญ ฆฆ



รูปที่ 11 ฉ ฆ ฆ
[HR -Unf fy1756

๐ ฆ ฉ ฆ ญ ฆ
ฆฆ ง ง ฉ ฆ ญ
ฉ ๐ฆ ฆ ง ฉ ฆ 52 ญ ง 855
๐ ฉ ฆ : 265 ๐ ง 6 5 6526 ญ ง
6 5 67



รูปที่ 12 ง ฆ ง ง ฉ ฆ ง
-Unf fy1756

3.2 วิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของค่ากำลังรับแรงเฉือนไม่ระบายน้ำด้วยวิธี Mesri and Khan (2011)

R jxwmfsi Pnsfs -7566 ฆ ฉ ฆ ง ง ฆ
ญ ฆฆ ฆ ฆ
6 ง jwfilmmjyfq-6 ฆ ฆ ฆ
ง ฆฆ

$$s_u = \frac{s_{u0}}{\sigma'_p}\sigma'_v \qquad -6$$

S_u ฉ ฉ ฆ
S_{u0} ฉ ฉ ฆ
σ'_p ฉ ฆ
σ'_v.ฉ

ฉ ฆ -S_u) ญ ฉ ฆ ฉ ฆ
-S_{uo}) *recompression* ญ $'_{vo}$ $'_p$
$'_v$ ฉ ๐ฆ $'_p$ ฉ ฆ ญ ฉ ง
$'_v$ = $'_{vo}$ 0 $_v$ ฆ ฆ ฆ ฆ
$'_v$ = $'_{vo}$ 0 $|p_{vm}|$ ฆ ฆ *vacuum preloading*

ฉ ’p/ ’vo Suo/ ’p ฉ v
ฉ Su/Suo

$$\frac{S_u}{S_{u0}} = \frac{1}{\sigma'p/\sigma'_{v0}} + \frac{1}{\sigma'p/\sigma'_{v0}}\frac{\Delta\sigma'_v}{\sigma'_{v0}} \quad -7$$

$$\frac{S_u}{S_{u0}} = \frac{1}{\sigma'p/\sigma'_{v0}} + \frac{S_{u0}}{\sigma'p}\frac{\Delta\sigma'_v}{S_{u0}} \quad -8$$

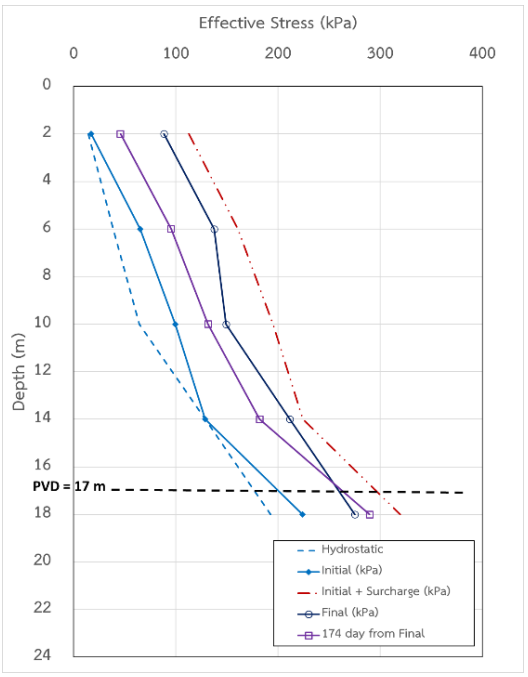
ฆ 7 8 Su/Suo ฉ ฆ ง ง
ฺ ’vo ฉ ฆ ฆ ง ง Suo ญ v
/pvm/ ฉ f ฆ ง ง ฆ ง
ฉ ฆ

$$S_u - S_{u0} = (\Delta\sigma'_v - (\sigma'_p - \sigma'_{v0}))\frac{S_{u0}}{\sigma'_p} \quad -9$$

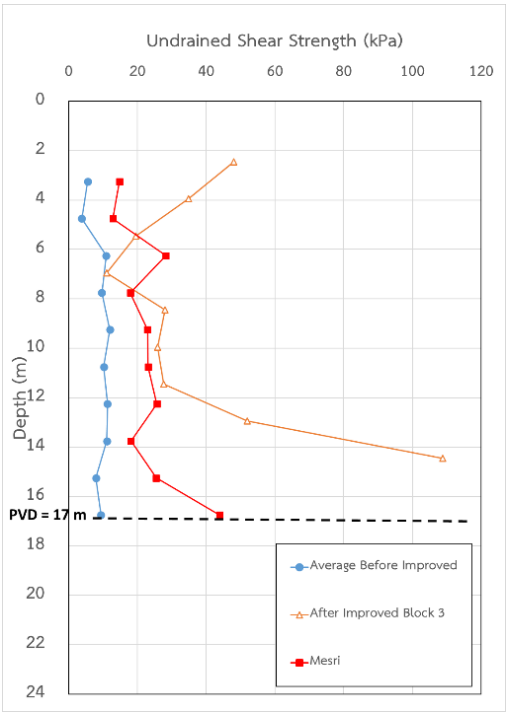
$$S_u - S_{u0} = (\Delta\sigma'_v - \frac{1}{\sigma'_{v0}}\left(\frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} - 1\right))\frac{S_{u0}}{\sigma'_p} \quad -:$$

f

ญ ฆ ฆ ฉ ฉ ฆ ญ ฆฆ
[HR ฺ ฆ 2 5 pUf ฆ
xzvwmfvwj qfi ง 6 f ฉ
75 pUf ฉ ฉ ง ฉ GM2
8 ฉ ฆ -σ'p
ฉ ฆ ญ ฆฉ f ฆ 65
ฺ ฉ ง ญ ฆฆ ง
ฺ 68 ฆ ง ง ฆ
ฆ ฉ ฆ ฆ ง ง ฉ ฆ
69 ฉ ง ฆ ฆ ฆ ญ ฆ
ฆ 26 52 ญ ฉ ฆ
ฆ ญ ฆ ญ ฺ ญฆ ฉ
ฆ ญ ฆ f ฆ
ง 82 ฉ 73 267 ฉ
ง ฺ 7 6726 ฉ ง 8
ฺ ญ ฆฆ ฉ ฉ ฆ ฆ ง ง ฆ
ง Rjxwmfsi Pmfs -7566 ญ ฆฆ ง
ฺ ฆ ฆ ง ง ฆ ฉ
ง ฆ ง UfIx
ฆ ฆ ง ญ ฆ ฆ
ญ ฆ ฆ



รูปที่ 13 ญ ฆฆ ง -
17: 7



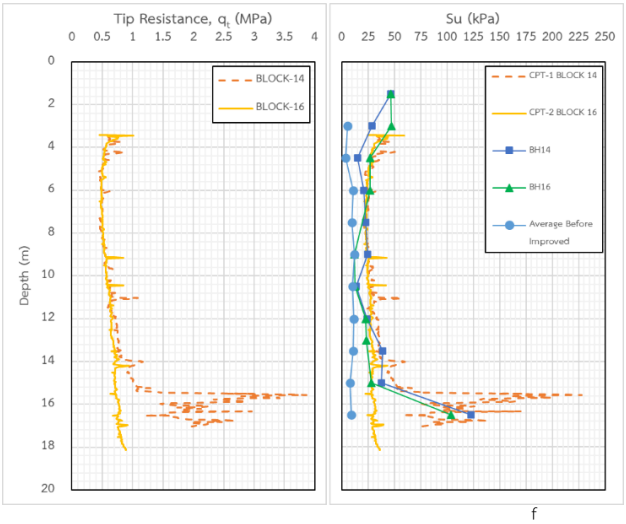
รูปที่ 14 ฆ ฉ ฆ ง ง ฆ
Rjxwmfsi Pmfs -7566 - 17: 7

3.3 วิเคราะห์กำลังรับแรงเฉือนไม่ระบายจาก Cone Penetration Test

Hfr ufsjqpf fsi Wtgjwxts -6 == ฆ ฉ ฆ
ญ ฆฉ ฉ ง htsj -vw ฆ
ญ ฆ - $_{VO}$ htsj kfhyt w-S_P ฆ

$$S_u = (q_t - \sigma_{v0})/N_{KT} \quad -$$

ฆ Htsj Ujsjywfryts jxy ญ ฆฆ
ฉ [HR ฆ 7
ฆ ฉ ฆ ฉ ญ ญ ญ ฆ ฉ [HR
69 6 C8 zsnyxfpzqjyfcp-7565 ฉ htsj kfhyt w
ฆ ฉ ฆ 6: 3 ญ ฆฆ ฉ ฉ
htsj kfhyt wv ฆ 6: ฉ ฆ
ฉ ฆฆ ฉ ฆ
ญ ฆ Zshtskrsji Htr uvjyxxrts jxy



f

ฉ **รูปที่ 15** ฆ ฉ ฆ ง ง ฆ
Htsj Ujsjywfryts jxy S_{py} B 6: 3

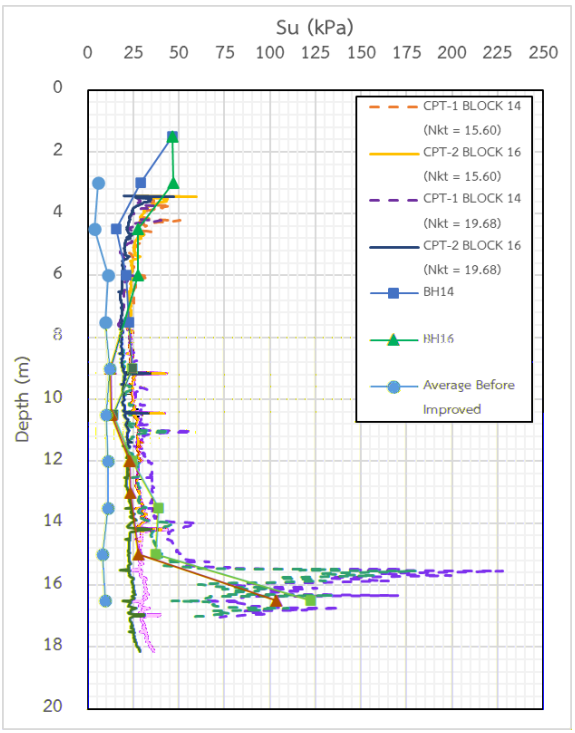
ฉ htsj kfhyt w ฆ ฆ ฉ
ฉ htsj kfhyt wv ญ ฆฆ ฉ ฆ ญ ฆ ฆ
ฆ ฆ ฆ ฉ 7
ฉ ง htsj kfhyt w ฉ ฆ 6 3 = ญ ฆ
ฆ ฉ ฉ ฆ ฉ ฆ ฆ 6

$$N_{KT} = (q_t - \sigma_{v0})/S_{u,UC} \quad -$$

2 ฆ ฉ ฆ ฉ cone factor ง

No.CPT	Depth (m)	$q_t - \sigma_{v0}$ (kPa)	Su,uc (kPa)	N_{KT}
CPT-1 BLOCK 14	4.50	439.53	15.40	28.54
	6.00	476.21	21.19	22.47
	7.50	346.38	22.76	15.22
	9.00	400.74	24.53	16.34
	10.50	444.60	14.03	31.69
	12.00	529.23	24.33	21.75
	13.50	634.30	38.75	16.37
	15.00	795.92	37.67	21.13
	16.50	1263.36	122.63	10.30
CPT-2 BLOCK 16	4.50	423.51	27.27	15.53
	6.00	375.24	27.27	13.76
	9.00	385.74	12.36	31.21
	10.50	400.80	12.85	31.19
	12.00	454.13	23.15	19.61
	13.50	441.82	23.44	18.84
	15.00	448.40	27.96	16.04
	16.50	464.79	103.69	4.48
Average of N_{KT}				19.68

ญ ฆ ฆ ฉ ฉ ฆ ญ ฆฆ
Htsj Ujsjywfryts jxy ฉ htsj kfhyt w ญ ฆฆ ฉ
ฆ ฉ ฉ ฆ ฉ ฆ ญ ฆฆ
Zshtskrsji Htr uvjyxxrts jxy ฆ ง ง ฉ ฆ
ฆ ฆ ฆ
Zshtskrsji Htr uvjyxxrts jxy ฆ ฉ ฆ ง ฉ
ง Ul x ง Ul x ฆ ง ญ ฆฆ ง
ญ ฉ ฆ =267 ฉ ญ ฆฆ
Htsj Ujsjywfryts jxy ฉ ฆ ญ ฆ ญ ฆ
ฆ ฆ ฆ ฆ



รูปที่ 16 ฆ ฉ ฆ ง ง ฆ
Htsj Ujsjywfyrts jxy Sp B 6 3 = ญ ฆฆ ฉ ฆ

4. สรุปผลการศึกษา

ญ ฆ ฆ ฉ ฆ ฆ ฆ
ฆ Zshtskrsji Htr uvjyxxrts
jxy-ZH ฆ Htsj Ujsjywfyrts jxy-HU
ฆ ฆ ฉ ญ ฆ ง Rjxwmfsi Pmfs -7566 ฆ
ฆ ง ง ฆ ฆ [fhzzr
Htsxtqinfyrts Rjymti -[HR
ฉ ฆ ง ฆ ฉ
[HR ฉ ฆ ญ ฆ ฆ ง ฉ ฉ
ฆ ง ฉ ฆ ฆ ญ ฆ
ฆ ฆ ฆ ง ฉ ฆ
ฆ ฆ ญ
ฆ ฆ ฆ ฆ xmjfwkdq
ง ฉ ฆ ฆ ฉ 75
pUf ฉ ญ ฆ ฆ ฆ
ฆ ฆ
ฆ ฉ ฆ ง ง ฆ
ง Rjxwmfsi Pmfs -7566 ฉ ฆ ฉ ฆ ฆ ญ ฆ
Zshtskrsji Htr uvjyxxrts jxy ฆ Htsj
Ujsjywfyrts jxy ฉ Htsj kfhytw ฆ 6 3 = ฆ ง
ฉ ฆ ฆ ง 52 ฆ
ง 728 : 265 ฆ ง 7 6526
ญ ง 7

ญ ฆ ฆ ง ง ฉ ฆ
ฆ ฆ ญ ฆฆ ฆฆ
xzwmfwj qfi ญ ฆ ญ ฆฆ ง ง ฆ
ญ ฉ ฆฆ ฆ ง U[Ix ฆ ฉ ฆ
ง ฉ ฆ
ง ญ ง U[Ix ฆ ฉ
ง Rjxwmfsi Pmfs -7566 ญ ฆฆ ง ง
ญ ฆฆ ง

กิตติกรรมประกาศ

ฉ ฆ ญ ฆ ญ ฆ -
ญ ฆ ญ ฆ
ฆ

เอกสารอ้างอิง

6b Mfwyqjs1O31+ Nsljwx1H3-6 =6 3Qfsi Wjhqfr fyrts Zxrsl Krsj2 Lwfrsji Iwjilji Rfyjwmfq3 *Proceedings of 1 0 th, International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*1 Gfqpjr f1 Wtyyjwfr 1 61 69: 269=3

7b Qjzsl1H3K31 tsl1O3H31Rfsnfsfss1W31+ fs1 3F3-7556 3 J ujwr jsyfqJ fqzfyrts tk Htsxtqinfyrts Gjmf rtwtk yrkk Hqf Qzr ux rs Wjhqfr fyrts Krqp3 *Geotechnical Testing Journal*1L OTI O1 79-7 1 69: 26:

8b Gjwfi t1I 3 31Gfqfxzgwfr fsnfr 1F3 31Qtsfymfs Kfsrs1W31 + Mtqy1W3I 3-7 5 5 7 3 Uvjykfgwmfyji jwymfqi wfrsx rs xtky Gfslptp hqf F hfxj xyzi tk ymj sj Gfslptp Nsyjwsfyrtsfq Fnwutwy uwtqjhy3 *Canadian Geotechnical Journal*1 6=-8 1 8592 86: 3

9b Nsi wfwfysf1G31Wzqmpfypfr ctws1H31Gfqfxzgwfr fsnfr 1F3 31+ rqj fpzqfxzwmf1[3-755: 3Uvjirmyrtsx fsi tgxjwfyrtsx tk xtky hqf ktzsi fyrtsx xyfgrqn1ji rymljtx symjymi wfrsx fsi fhzzr xzwmfwj3 *Ground Improvement - Histories Book*1 tq83Jqxj rjwtQtsi ts1 81 6 27853

:b ฆ ซ3-7: 7 3ฆ ฉ ฆ
ฆ ง ฆ [HR 3
ฆ 1 ฆ
ง ฆ 3

b Rjxwt1L31+ Pmfs1F3V3-7566 3Nshwjfxj rs mjfw ywjslym Izjyt [fhzzr Uvjqtfi rsl3 *Proceeding of 2011 Pan-An CGS Geotech Conference, Canadian Geotechnical Society, Toronto, Canada.*

b Hfr ufsjopf1 W3L 31+ Wtgjwyxts1U3P3-6 == 3Hzwiysy xyfyzx tkymj urj°tr jyjwyjxy3Ujsjywfyrts jxyrsl, *I Sopt De Ruiter (ed.) Balkema, Rotterdam, 93-116.*

=b Unf fy Sljwsgzr wzsl3-756 3 *Strength Improvement of Bangkok Soft Clay Backfilled in Lake with Vacuum PVD Technique.* -R 33ymjxnx1Fxrf Nsxyryzyj tk jhmstopl 3

b zsryxfpzo1 C1 f fyufwsrhm1F31fsi Furr jyjjyfr wtsl1 3 -7565 3Gfxrh xtrquwtvujwyrjx kwtvr HU rs Gfslptp hof ktw mrhm f ijxrhs3 7si r utxrzr ktw Htsj Ujsjywfyrts jxyrsl1Rf 26517565 1Mzsyrslyts Gjfhm1Hfopktwsrf3