

PRESTASI PIEZOMETER DALAM LEMPUNG LEMBUT

EDAYU BINTI SALEH @ AMAN

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

PRESTASI PIEZOMETER DALAM LEMPUNG LEMBUT

EDAYU BINTI SALEH @ AMAN

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH IJAZAH
SARJANA SAINS

FAKULTI KEJURUTERAAN
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2006

ABSTRAK

Di dalam pembinaan jalan raya atau benteng di atas lempung lembut, masalah utama yang perlu diberi perhatian oleh pereka bentuk geoteknik selain daripada kestabilan ialah pegenapan. Tekanan air liang merupakan salah satu parameter penting dalam menilai kelakuan pegenapan benteng. Tujuan kajian adalah untuk melihat prestasi pelbagai jenis piezometer apabila dikenakan beban yang berubah dengan masa. Satu benteng percubaan dengan ketinggian 2.7 m dibina di atas lempung lembut dipasang dengan 31 bilangan piezometer yang terdiri daripada piezometer paip tegak terdedah, pneumatik, tolok terikan dawai bergetar dan optik gentian pada kedalaman 2 m dan 5 m. Tapak kajian ialah di Kandang, Melaka menerusi Projek Menaik Taraf Jalan Simpang Ampat-Alor Gajah-Muar, Melaka. Pemantauan bacaan dilakukan selama setahun untuk melihat corak pelepasan tekanan air liang lebihan pada setiap jenis piezometer yang dipasang. Kajian juga dibuat untuk melihat prestasi piezometer yang dipasang menggunakan kaedah konvensional dan turapan. Kaedah konvensional menggunakan pasir sebagai zon pengambilan manakala melalui kaedah turapan, keseluruhan lubang gerek diturap menggunakan bancuhan air, simen dan bentonit dengan nisbah tertentu. Lapan (8) bancuhan turapan telah direka bentuk di makmal dan 2 bancuhan yang mempunyai kekuatan dan kebolehtelapan yang hampir sama dengan keadaan di lapangan telah dipilih. Selain itu, ramalan tekanan air liang dibuat menggunakan kaedah yang dikemukakan oleh *Skempton* dan perisian PLAXIS menggunakan model *Mohr-Coulomb* dan model tanah lembut digunakan untuk dibandingkan dengan keadaan sebenar di lapangan. Hasil daripada kajian yang dijalankan, didapati piezometer jenis paip tegak terdedah memberikan bacaan tekanan air liang lebihan yang lebih tinggi berbanding piezometer jenis lain. Bacaan piezometer yang menggunakan kaedah konvensional dan turapan memberikan nilai yang hampir sama. Ini menunjukkan dengan menggunakan bancuhan yang bersesuaian, kaedah pemasangan piezometer menggunakan turapan boleh digunakan di lempung lembut di Malaysia. Ramalan menggunakan kaedah *Skempton-Bjerrum* dengan anggapan modulus *Young* antara 100 hingga 150 S_u (kekuatan ricih tak tersalir) memberikan corak pegenapan yang hampir sama dengan di lapangan. Keseluruhan ramalan menggunakan kaedah yang dinyatakan memberikan nilai tekanan air liang lebihan yang lebih tinggi daripada di lapangan.

PERFORMANCE OF PIEZOMETERS IN SOFT CLAY

ABSTRACT

The main problem in construction of embankments on soft clay other than stability is settlement. Usually the more important parameters that govern the consolidation process is pore water pressure. The objective of this study is to evaluate the performance of various type of piezometers under loading which changes with time. A 2.7 m high trial embankment constructed on top of soft clay was installed with 31 piezometers from four different types; standpipe, pneumatic, vibrating wire and fiber optic. The instruments were installed at 2.0 and 5.0 m depths. A site in Kandang, Melaka was chosen as a research area under a JKR project entitled "Menaik Taraf Jalan Simpang Ampat - Alor Gajah - Muar - Melaka". The performances of the piezometers were observed for one year to monitor excess pore water pressure patterns. The study was also conducted to observe the performance of the piezometers under different type of installation methods: conventional and grout-in method. In the conventional method, sand was used as intake zone whereby in the grout-in method, water, cement and bentonite mix was used to grout the whole borehole. Eight (8) different mixes were prepared in the laboratory and only 2 mixes which have similar strength and permeability characteristics with the surrounding ground were chosen for use at the site. In addition, in order to predict pore water pressure, two approaches were used, i.e. the conventional method (Skempton's) and the computer software, PLAXIS using the Mohr Coulomb and soft soil models. The results of the study indicated that the standpipe piezometer gave higher excess pore water pressure readings compared to the other types of piezometer. The piezometer readings for the two methods of installation gave the same results. This shows that with suitable mixes, installation of piezometer using grout-in method can be practically used in Malaysia. Prediction using the Skempton-Bjerrum method with assumption of 100 to 150 S_u (undrained shear strength) as Young's modulus provides good agreement of the settlement patterns with the field results. The overall prediction of excess pore water pressures using the above method gave higher values compared to the field results.

KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL	xvi
BAB I PENGENALAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Objektif Penyelidikan	3
1.3 Skop Kajian	3
BAB II KAJIAN LITERATUR	
2.1 Pengenalan	5
2.2 Teori Tekanan Air Liang	7
2.2.1 Pembentukan Tekanan Air Liang	8
2.3 Ramalan Penganapan Benteng Dan Tekanan Air Liang	9
2.3.1 Ramalan Penganapan Benteng	9
2.3.2 Ramalan Tekanan Air Liang	10
2.3.3 Ramalan Penganapan Benteng Dan Tekanan Air Liang Menggunakan Perisian PLAXIS	11
2.4 Piezometer	13
2.4.1 Jenis-Jenis Piezometer	13
2.4.2 Kelebihan dan Kekurangan Pelbagai Jenis Piezometer	19
2.4.3 Prestasi Pelbagai Jenis Piezometer Daripada Rekod Yang Lepas	19
2.4.4 Punca-Punca Ralat Dalam Pengukuran Tekanan Air Liang	21
2.4.5 Masa Kelengahan Hidro Statik	21
2.5 Kaedah Pemasangan Piezometer Di Dalam Lubang Gerek	23
2.5.1 Pemasangan Piezometer Menggunakan Kaedah Konvensional	24

2.5.2	Pemasangan Piezometer Menggunakan Kaedah Turapan	24
2.5.3	Piezometer Dipasang Pada Pelbagai Aras	26
2.6	Turapan	27
2.6.1	Bahan Turapan	27
2.6.2	Reologi Turapan	29
BAB III	METODOLOGI	
3.1	Pengenalan	31
3.2	Tapak Kajian	31
3.2.1	Latar Belakang Projek	34
3.3	Penyiasatan Tanah di Tapak	34
3.3.1	Lubang Gerek	35
3.3.2	Ujian Ricih Bilah	35
3.4	Ujian-Ujian di Makmal	36
3.4.1	Ujian-Ujian untuk Sampel Tanah	36
3.4.2	Ujian-Ujian untuk Bancuhan Turapan	36
3.5	Jenis-Jenis Piezometer Yang Digunakan Di Lapangan	43
3.5.1	Piezometer Paip Tegak Terdedah	43
3.5.2	Piezometer Pneumatik	44
3.5.3	Piezometer Tolok Terikan Dawai Bergetar	44
3.5.4	Piezometer Optik Gentian	46
3.6	Pemasangan Piezometer Di Tapak Kajian	48
3.6.1	Pemasangan Piezometer Menggunakan Kaedah Konvensional	51
3.6.2	Pemasangan Menggunakan Kaedah Konvensional Pada Pelbagai Aras	53
3.6.3	Pemasangan Piezometer Secara Turapan	54
3.6.4	Pemasangan Ekstensometer Bermagnet	55
3.6.5	Ujian Kebolehtelapan di Tapak	55
3.6.6	Kerja Penambakan Benteng	56
3.6.7	Pengambilan Bacaan Piezometer	57
3.6.8	Pengukuran Pengeapan Benteng Di Tapak	57
3.6.9	Masalah Semasa Pemasangan Dan Pemantauan Bacaan Piezometer Di Lapangan	57
3.7	Kaedah Ramalan Pengeapan Benteng dan Tekanan Air Liang	58
3.7.1	Ramalan Pengeapan Benteng Menggunakan Kaedah Skempton Dan Bjerrum (1957)	59
3.7.2	Ramalan Tekanan Air Liang Menggunakan Kaedah Skempton (1954)	59
3.7.3	Ramalan Pengeapan Benteng Dan Tekanan Air Liang Menggunakan Perisian PLAXIS	60

BAB IV	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pengenalan	63
4.2	Keputusan Penyiasatan Tanah di Tapak Kajian	63
4.2.1	Lubang Gerek	63
4.2.2	Ujian Ricih Bilah	64
4.2.3	Ujian Kebolehtelapan di Tapak	65
4.3	Keputusan Ujian Tanah Di Makmal	66
4.3.1	Pengelasan Tanah	67
4.3.2	Parameter Mampatan	69
4.3.3	Kekuatan Tanah	73
4.3.4	Pekali Kebolehtelapan	74
4.4	Kriteria Pemilihan Bancuhan Turapan	74
4.5	Keputusan Ujian Turapan di Makmal	76
4.5.1	Sifat Bentonit	76
4.5.2	Sifat Reologi Turapan	77
4.5.3	Masa Pengerasan	82
4.5.4	Kekuatan	84
4.5.5	Pekali Kebolehtelapan	86
4.6	Pemilihan Bancuhan Untuk Digunakan Di Lapangan	88
4.7	Keputusan Ujian Bancuhan Turapan Yang Digunakan di Lapangan	89
4.8	Prestasi Piezometer Di Bawah Bebanan di Lapangan	90
4.8.1	Pengenalan	90
4.8.2	Prestasi Pelbagai Jenis Piezometer Pada Fasa Tak Tersalir	91
4.8.3	Prestasi Pelbagai Jenis Piezometer Pada Fasa Pelesenan	110
4.8.4	Kesimpulan	115
4.9	Ramalan Pengekapan Dan Tekanan Air Liang Lebihan	116
4.9.1	Pengekapan Benteng	116
4.9.2	Tekanan Air Liang Lebihan	122
4.9.3	Kesimpulan	126
BAB V	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	Pengenalan	127
5.2	Kesimpulan	127
5.3	Cadangan	129
RUJUKAN		131

LAMPIRAN

A	Kebaikan Dan Kelemahan Pelbagai Jenis Piezometer	138
B	Kerja Penyiasatan Tanah Di Tapak Kajian	140
C	Spesifikasi Simen Dan Bentonit Yang Digunakan Dalam Kajian	141
D	Peralatan Yang Digunakan Untuk Ujian Bancuhan Turapan	143
E	Spesifikasi Piezometer Yang Digunakan Dalam Kajian	145
F	Kerja Pemasangan Piezometer Di Tapak Kajian	149
G	Data Bacaan Piezometer Di Tapak Kajian	152
H	Penentuan Parameter A Daripada Ujian Tiga Paksi Terkukuh Tak Tersalir	188
I	Keputusan Ujian Penyiasatan Tanah Di Tapak Kajian	190
J	Data Ujian Kebolehtelapan Di Tapak	196
K	Keputusan Ujian Sampel Tanah Di Makmal	203
L1	Keputusan Ujian Bagi Bancuhan Turapan Di Makmal	209
L2	Keputusan Ujian Bagu Turapan Yang Digunakan DI Tapak	217
M	Data Ramalan Pengerapan Benteng Dan Tekanan Air Liang Lebihan	221

BAB I

PENGENALAN

1.1 LATAR BELAKANG

Di dalam pembinaan jalan raya atau benteng di atas lempung lembut, dua masalah utama yang perlu diberi perhatian oleh pereka bentuk geoteknik selain masalah kestabilan ialah pengenapan benteng. Bagi menilai kadar pengenapan benteng, tekanan air liang merupakan salah satu parameter penting yang perlu diketahui.

Kebiasaannya penilaian tekanan air liang secara teori yang diperolehi semasa reka bentuk adalah tidak sama dengan nilai sebenar yang diukur di tapak. Ini kerana tekanan air liang secara teori ditentukan berdasarkan kepada pengalaman pereka bentuk dalam memilih parameter-parameter tanah dan andaian-andaian yang dibuat. Kadang kala parameter-parameter yang digunakan adalah tidak sama dengan keadaan sebenar di tapak. Oleh itu, semakan nilai tekanan air liang sebenar di tapak adalah penting untuk membuat penilaian semula terhadap reka bentuk yang telah dibuat (Smith 1990).

Untuk mengetahui nilai tekanan air liang sebenar di tapak, satu alat yang dikenali sebagai piezometer digunakan. Ia merupakan peralatan yang digunakan oleh jurutera geoteknik untuk mengukur tekanan air liang pada paras tertentu. Terdapat pelbagai jenis piezometer yang berada di pasaran seperti piezometer paip tegak terdedah, hidraulik, pneumatik, tolok terikan dawai bergetar dan yang terbaru di pasaran ialah optik gentian yang dibekalkan oleh banyak pembekal peralatan geoteknik di seluruh dunia. Pelbagai spesifikasi dan kelebihan setiap jenis piezometer diberikan oleh pembekal-pembekal instrumen ini. Walau bagaimanapun setiap jenis piezometer mempunyai kelebihan dan kekurangannya sebagai alat untuk mengukur tekanan air liang (Dunnicliff 1993).

Piezometer biasanya dipasang di dalam lubang gerek, di mana di dalam kaedah konvensional, tip piezometer diletakkan di zon yang mempunyai kebolehtelapan yang tinggi yang kebiasaannya adalah pasir. Lubang gerek akan dilindungi dengan bahan yang mempunyai kebolehtelapan yang rendah berbanding tanah di sekelilingnya bertujuan untuk menghalang aliran pugak bendalir di sepanjang lubang gerek (Vaughan 1969). Bahan yang biasa digunakan ialah butiran bentonit kerana kebolehtelapannya yang rendah.

Kebanyakan piezometer yang digunakan sekarang menggunakan sistem tertutup yang hanya memerlukan sedikit sahaja perubahan isipadu air untuk mendapatkan pengukuran tekanan air liang. Dengan ini zon yang mempunyai kebolehtelapan yang tinggi di tip piezometer yang dipasang secara konvensional dapat diabaikan dan kaedah turapan adalah lebih sesuai digunakan. Ini kerana kebanyakan jurutera geoteknik sekarang lebih gemar memilih peralatan yang boleh dipasang dengan cepat, senang untuk dipasang dan dapat menjimatkan kos selain dapat memberikan bacaan yang tepat. Kaedah turapan dapat memenuhi ciri-ciri yang disebutkan di atas (McKenna 1995).

Pemasangan piezometer menggunakan kaedah turapan telah mula diperkenalkan semenjak tahun 1969 lagi oleh Vaughan (McKenna 1995). Walaupun kaedah ini telah lama diperkenalkan dan telah banyak digunapakai di kebanyakan negara luar tetapi ianya belum pernah digunakan dan tiada kajian yang dibuat dari segi keberkesanan penggunaannya di Malaysia. Di dalam pemasangan piezometer menggunakan kaedah turapan, bancuhan yang biasa digunakan terdiri daripada bentonit, simen *Portland* biasa dan air. Nisbah bancuhan yang perlu digunakan adalah bergantung kepada keadaan tanah di tapak. Faktor penting dalam penentuan nisbah bancuhan yang digunakan ialah kebolehtelapan dan kekuatan tanah. Kebolehtelapan turapan mestilah hampir sama atau lebih rendah daripada kebolehtelapan tanah di tapak untuk mengelakkan berlakunya aliran pugak di sepanjang lubang gerek. Kekuatan bancuhan turapan mestilah hampir sama dengan kekuatan tanah di tapak untuk memastikan mendapan yang seragam diperolehi apabila beban dikenakan (Littlejohn 1982).

Piezometer yang dipasang menggunakan kaedah turapan telah dibuktikan dapat memberikan keputusan yang tepat, lebih murah, senang dan cepat berbanding kaedah konvensional. Penyelidikan yang dibuat oleh McKenna (1995) dan Mekkelson (2002) telah membuktikan piezometer yang dipasang menggunakan kaedah ini dapat beroperasi dengan baik.

Menurut Brand dan Premcit (1989), perubahan tekanan air liang yang berlaku di kawasan lempung lembut apabila dikenakan beban adalah sukar untuk diramal walaupun menggunakan kaedah yang canggih. Ramalan yang dibuat kebiasaannya adalah lebih besar daripada yang diukur di tapak.

1.2 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini dijalankan adalah untuk :

1. Membuat perbandingan prestasi pelbagai jenis piezometer apabila dikenakan beban pada satu jangka masa tertentu di tapak.
2. Membuat perbandingan prestasi pelbagai jenis piezometer yang dipasang secara konvensional dan turapan apabila dikenakan beban pada satu jangka masa tertentu di tapak.
3. Membuat perbandingan pengenapan benteng dan pengukuran tekanan air liang lebihan dari pelbagai jenis piezometer di tapak dengan nilai yang diperolehi secara teori