

**MEMBUKTIKAN ANGGAPAN ANALISA GEOTEKNIK
(TEKANAN SISI TANAH)
MENGUNAKAN MODEL FIZIKAL**

Oleh

Salmia binti Beddu

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

ABSTRAK

Tujuan kajian ini dijalankan ialah untuk membuktikan anggapan analisa geoteknik yang berkaitan dengan tekanan sisi tanah menggunakan model fizikal. Model yang digunakan dalam kajian ini diperbuat daripada perspeks dan juga kayu. Hasil kajian mendapati bahawa tekanan sisi pasir yang dibebani pada permukaan semakin berkurang dengan pertambahan kedalaman. Walaupun keputusan ini bertentangan dengan teori tekanan sisi tanah semasa pegun, namun ia dapat menerangkan teori kesan tekanan akibat pembebanan. Selepas penambahbaikan dilakukan, taburan tekanan sisi tanah tanpa beban pada permukaan meningkat dengan pertambahan kedalaman. Selepas beban dikenakan pada permukaan pasir, kesan tindanan didapati berlaku akibat gabungan taburan tekanan sisi pasir tanpa beban dengan kesan tekanan akibat pembebanan. Adunan tepung juga digunakan sebagai bahan ujikaji dan keputusan ujikaji menunjukkan bahawa tekanan sisi semakin meningkat dengan pertambahan kedalaman. Ujian kegagalan pasif adunan tepung gandum membuktikan teori Rankine. Ujikaji yang melibatkan tanah laterit sukar dilaksanakan.

ABSTACT

The purpose of this research is to verify certain geotechnical assumptions for associated with lateral earth pressures using physical modeling. The model used of this study is made of wood and Perspex. The static test with loading on top of sand decrease with depth which is in contradiction with the theory. This result however can be explained by considering the stress bulb theory where pressure due to loading generally reduces with depth. After some improvement, the pressure distribution for sand without extra loading on top show a result of lateral earth pressure which increase with depth. Furthermore, by adding a load on top of the sand, a superimposed effect was observed which is the stress bulb distribution plus the normal static lateral pressure distribution. A dough of wheat flour was also used as the material and the result shows a pressure distribution increase with depth and partially verifies the passive Rankine pressure. Test involving laterite material were too difficult to conduct.

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Allah s.w.t kerana dengan izinnya saya dapat menyapkan projek tahun akhir dengan jayanya. Terima kasih yang tidak terhingga kepada Prof. Madya Ir. Dr. Razip Selamat selaku penyelia projek tahun akhir di atas bimbingan dan sokongan yang beliau berikan sepanjang menjalankan projek ini.

Terima kasih juga kepada juruteknik makmal geoteknik yang berpengalaman iaitu En. Ahmad Halmi Ghazali dan En. Dziauddin Zainol Abidin yang banyak membantu dalam menyiapkan model ini. Tanpa bimbingan dari mereka, projek ini tidak akan berjalan lancar.

Tidak lupa juga kepada rakan sekerja, Cik Akhtarul Norfaiza Che Nen yang telah sama-sama bekerja keras dalam menyiapkan projek akhir ini. Akhir sekali terima kasih kepada keluarga yang sentiasa memberikan galakan dan inspirasi bagi melengkapkan laporan ini dengan jayanya.

Salmia binti Beddu

KANDUNGAN

| ISI KANDUNGAN | MUKA SURAT |
|--|------------|
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRAC | iii |
| PENGHARGAAN | iv |
| KANDUNGAN | v |
| SENARAI RAJAH | viii |
| BAB 1 PENGENALAN | |
| 1.0 Pengenalan | 1 |
| 1.1 Objektif Kajian | 3 |
| 1.2 Skop Kajian | 3 |
| 1.2.1 Bidang Teori | 3 |
| 1.2.2 Bahagian kerja | 3 |
| BAB 2 KAJIAN ILMIAH | |
| 2.1 Tokoh dalam revolusi kajian mekanik tanah dan geoteknik | 4 |
| 2.2 Tekanan Sisi Tanah pada Keadaan Pegun | 7 |
| 2.3 Teori Rankine | 10 |
| 2.3.1 Teori Tekanan Aktif Rankine | 10 |
| 2.3.2 Teori Tekanan Pasif Rankine | 14 |
| 2.3.3 Kesan teori Rankine terhadap tembok penahan | 18 |
| 2.3.4 Tanah tambak – tanah tak jelekit dengan permukaan mengufuk | 20 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.3.5 | Tanah tambak – tanah jelekkit dengan permukaan mengufuk | 22 |
| 2.4 | Teori Coulomb | 27 |
| 2.3.1 | Keadaan Aktif | 27 |
| 2.3.2 | Kes Pasif | 30 |
| BAB 3 | METODOLOGI KAJIAN | |
| 3.1 | Penentukuran Transduser | 32 |
| 3.2 | Ketumpatan Pasir | 33 |
| 3.3 | Ujian Ricih Terus | 33 |
| 3.4.1 | Pembinaan Model | 35 |
| 3.4.2 | Ujikaji tekanan sisi tanah | 36 |
| BAB 4 | KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN | |
| 4.1 | Ujian Ricih Terus | 38 |
| 4.2 | Mengukur tekanan sisi tanah menggunakan model | 39 |
| 4.2.1 | Mengukur tekanan sisi pasir | 40 |
| 4.2.2 | Mengukur tekanan sisi pasir selepas penambahbaikan | 45 |
| 4.2.3 | Mengukur tekanan sisi tanah laterit selepas penambahbaikan model | 50 |
| 4.2.4 | Mengukur tekanan sisi tanah di lapangan | 51 |
| 4.2.5 | Mengukur tekanan sisi tepung selepas penambahbaikan | 52 |
| 4.2.6 | Ujikaji kegagalan pasif tepung gandum | 53 |

| | | |
|------------|-------------------------|----|
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN CADANGAN | 55 |
| 5.1 | Kesimpulan | 55 |
| 5.2 | Cadangan | 57 |
| RUJUKAN | | 58 |
| LAMPIRAN A | GAMBAR | |
| LAMPIRAN B | DATA CERAPAN | |

SENARAI RAJAH

| Rajah | Tajuk | Muka Surat |
|-------|--|------------|
| 2.1 | Tekanan Tanah dalam keadaan pegun | 8 |
| 2.2 | Agihan tekanan tanah pada keadaan pegun | 9 |
| 2.3 | Tekanan sisi aktif Rankine | 14 |
| 2.4 | Tekanan sisi pasif Rankine | 17 |
| 2.5 | Tembok penahan | 18 |
| 2.6 | Kesan putaran tembok licin dari dasar | 20 |
| 2.7 | Agihan tekanan tembok licin untuk tanah tak jelekit dengan permukaan tanah tambak yang rata | 21 |
| 2.8 | Agihan tekanan aktif Rankine di belakang tembok penahan dengan tanah jelekit | 24 |
| 2.9 | Agihan tekanan pasif Rankine di belakang tembok penahan dengan tanah jelekit | 26 |
| 2.10 | Tekanan aktif Coulomb | 27 |
| 2.11 | Tekanan pasif Coulomb | 30 |
| 3.1 | Transduser dan tembok perspeks | 32 |
| 3.2 | Dimensi model perspeks | 35 |
| 3.3 | Ringkasan Kajian | 37 |
| 4.1 | Model menggunakan penghadang | 40 |
| 4.2 | Taburan tekanan sisi pasir semasa ujikaji dan analisis secara teori dengan beban 10.3263 kg | 41 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.3 | Taburan tekanan sisi pasir semasa ujikaji dan analisis secara teori dengan beban 20.317 kg | 41 |
| 4.4 | Taburan tekanan sisi pasir semasa ujikaji dan analisis secara teori dengan beban 30.349 kg | 42 |
| 4.5 | Taburan tekanan menegak isobar di bawah beban seragam segiempat | 43 |
| 4.6 | Taburan tekanan pasir pada tembok perspeks | 44 |
| 4.8 | Model dengan bingkai kayu | 45 |
| 4.9 | Taburan tekanan sisi pasir tanpa beban semasa ujikaji dan analisis secara teori | 46 |
| 4.10 | Taburan tekanan sisi pasir semasa ujikaji dan analisis secara teori dengan beban 10.3263 kg | 46 |
| 4.11 | Taburan tekanan sisi pasir semasa ujikaji dan analisis secara teori dengan beban 20.317 kg | 47 |
| 4.12 | Taburan tekanan sisi pasir semasa ujikaji dan analisis secara teori dengan beban 30.349 kg | 47 |
| 4.13 | Kesan tindanan ke atas tembok penahan | 48 |
| 4.14 | Jangkaan taburan tekanan pasir selepas penbebanan selama 6 bulan. | 49 |
| 4.15 | Mengukur tekanan tanah lateriet untuk perspeks yang menggunakan bingkai kayu | 50 |
| 4.16 | Mengukur taburan tekanan tanah di lapangan | 51 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.17 | Taburan tekanan sisi tepung gandum tanpa beban semasa ujikaji dan analisis secara teori | 52 |
| 4.18 | Taburan tekanan tepung gandum pada tembok perspeks | 53 |
| 4.19 | Graf Tekanan melawan Anjakan | 54 |

BAB 1

PENGENALAN

2.0 Pengenalan

Tanah merupakan suatu bahan atau sumber utama bumi, sama ada untuk perindustrian ataupun pembinaan. Dalam istilah kejuruteraan, secara umumnya, tanah boleh didefinisikan sebagai butiran mineral agregat longgar serta bahan organik reput di mana terdapat cecair dan gas yang menduduki ruang kosong di antara partikel pepejal. Tanah secara nisbinya adalah lembut, longgar dan tidak terikat serta dapat dikorek dengan tangan atau menggunakan peralatan mudah. Ia terbentuk daripada penyepaian batu sebagai akibat tindakan pelbagai agen semulajadi seperti air, angin, fros, pertukaran suhu dan graviti. Oleh itu, tanah terdiri daripada satu rangkaian zarah pepejal yang memagari lompong atau liang. Lompong mungkin dipenuhi air atau udara atau kedua-duanya sekali.

Dalam bidang kejuruteraan awam, tanah adalah sumber utama dalam pembinaan yang berfungsi menyokong struktur asas. Sebelum membina sesuatu struktur seperti bangunan atau jalan raya, jurutera awam perlu mempelajari ciri-ciri tanah seperti kekuatan ricih, keupayaan galas dan sebagainya bagi memastikan rekabentuk yang selamat dalam jangka masa yang panjang.

Pada masa yang lampau, kemahiran dalam kejuruteraan tanah hanya berdasarkan kepada pengalaman yang lepas. Namun begitu, perkembangan sains dan teknologi telah menyedarkan kita bahawa rekabentuk struktur dan pembinaan semakin kritikal dan memerlukan pengetahuan yang lebih baik dan rekabentuk yang lebih ekonomikal. Oleh itu,

perkara-perkara seperti ini memerlukan pemerhatian yang lebih terperinci iaitu mengenai sifat semulajadi tanah yang berkaitan dengan kejuruteraan.

Bidang mekanik tanah sebenarnya telah wujud sejak beberapa dekad yang lalu disebabkan keperluan terhadap bidang ini. Usaha memulihkan situasi bermula hampir serentak di Amerika Syarikat dan Eropah, dan dalam masa yang singkat, mereka menyumbangkan maklumat yang begitu teratur dan boleh digunakan.

Permulaan kejayaan bidang aplikasi sains ini juga telah menggalakkan kewujudan satu lagi cabang analisis struktur yang perlu dilakukan. Akibatnya, teori penyiasatan telah meningkat dengan begitu pesat sekali dan pelbagai kajian telah dibangunkan untuk tujuan aplikasi. Tanpa keputusan penyiasatan yang teliti, pendekatan secara rasional kepada masalah kejuruteraan kerja tanah tidak dapat diatasi.

Dalam menyelesaikan masalah kejuruteraan tanah dan kejuruteraan kaji tanah biasanya bergantung kepada pengalaman yang telah dipraktikkan di tapak. Rakabentuk sokongan tanah dan struktur penyokong adalah bergantung kepada analisis yang dibuat secara empirikal. Namun begitu, peraturan seperti ini hanya dapat diaplikasikan oleh jurutera yang berpengalaman. Untuk mencapai kualiti yang memuaskan dalam rakabentuk dan pembinaan, kajian demi kajian perlu dijalankan bagi membuktikan anggapan-anggapan yang telah dibuat oleh para saintis.

Ujikaji dengan menggunakan model fizikal merupakan salah satu cara yang dibuat bagi membuktikan sejauh mana kebenaran anggapan analisa geoteknik yang telah lama dipraktikkan.

1.3 Objektif Kajian

- ❖ Mengkaji dan membuktikan taburan tekanan tanah menggunakan model.
- ❖ Mengkaji dan membuktikan taburan tekanan tanah di lapangan.
- ❖ Menentukan sudut kegagalan tanah, ϕ menggunakan ujian ricih terus.
- ❖ Membandingkan nilai tekanan menggunakan transduser dengan pengiraan menggunakan rumus teori.

1.4 Skop Kajian

1.4.1 Bidang Teori

Melibatkan pemahaman terhadap konsep tekanan tanah yang merangkumi teori Rankine dan teori Coloumb. Ia juga melibatkan pemahaman mengenai kaedah, jenis ujian dan alatan ujikaji yang akan digunakan bagi mengukur tekanan, menentukan sudut kegagalan ricih, ϕ dan juga ketumpatan bagi pasir dan tanah lateriet.

1.4.2 Bahagian kerja

Dalam ujikaji ini, pengukuran tekanan dibuat dalam keadaan pegun, meletakkan pemberat di atas tanah yang digunakan dan menolak tembok menggunakan tangan sebagai aplikasi teori tekanan aktif dan pasif Rankine. Selain itu ujian ricih terus digunakan untuk menentukan nilai ϕ .

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Tokoh dalam revolusi kajian mekanik tanah dan geoteknik

Tanah merupakan bahan yang tertua dan paling kompleks. Manusia pada zaman purba telah menggunakan tanah sebagai bahan binaan tapak pengebumian, perlindungan banjir dan juga tempat mereka berteduh. Dalam tamadun Barat, orang-orang Roman dipercayai merupakan golongan pertama yang membuat kajian bagi mengenali kepentingan tanah dalam kestabilan struktur. Jurutera-jurutera Roman terutamanya Vitruvius yang berkhidmat pada zaman pemerintahan Maharaja Augustus pada kurun pertama, telah memberi perhatian terhadap jenis-jenis tanah seperti pasir, batu dan sebagainya serta rekabentuk dan pembinaan melalui cara cuba jaya.

Charles Augustin Coulomb (1736 – 1806) telah menulis teks mengenai mekanik tanah. Dalam penulisan tersebut, beliau telah menerbitkan persamaan kekuatan ricih tanah yang dikenali sebagai Persamaan Mohr-Coulomb. Anggapan yang dibuat ialah kekuatan berkaitan dengan geseran iaitu berkadar dengan daya mampatan. Huraian menarik yang ditulis beliau meliputi setiap isu dalam geoteknik. Disebabkan huraian ini, beliau masih dinobatkan sebagai orang pertama yang menemui prinsip kekuatan ricih dan teori tekanan sisi tanah.

Coulomb yang mengambil kira faktor kejelekitan sebenarnya tidak pernah menulis persamaan kekuatan ricih dengan jelas. Beliau telah melakarkan rajah kegagalan permukaan sebagai lengkung tetapi bagi memudahkan pengiraan, beliau menggunakan

permukaan rata, dan membuktikan formula daya dan momen. Seterusnya, melibatkan pembezaan daya sepanjang tembok. Pembezaan ini menghasilkan agihan tekanan berbentuk segitiga.

Coulomb sebenarnya tidak membuktikan pekali tekanan sisi tanah Coulomb seperti yang ada pada hari ini. Tschebotarioff (1906) dalam bukunya menyatakan bahawa formula tersebut telah dibuktikan oleh Muller-Breslau pada tahun 1906. Menurut Tschebotarioff lagi, fungsi trigonometri telah digunakan oleh Coulomb dalam menyelesaikan masalah tekanan sisi tanah.

William John Maquorn Rankine (1820 – 1872) merupakan pengerusi bidang kejuruteraan di Universiti Glasgow (Cook, 1950 - 1951). Beliau mengkaji keadaan tekanan pada titik kegagalan pada tanah tak jelek dan berkaitan tekanan utama semasa gagal (1957) iaitu daya tindak balas yang terhasil pada tembok penahan.

Rankine tidak hanya mengambil kira faktor kejelekitan tetapi beliau juga membantah pernyataan bahawa kejelekitan adalah keadaan sementara dan berkemungkinan dimusnahkan oleh kesan atmosfera.

Coulomb dan Rankine telah menggunakan istilah aktif dan pasif. Coulomb menamakan graviti sebagai daya aktif dan geseran sebagai daya pasif. Rankine pula telah mengubahsuai istilah ini dan menamakannya sebagai daya sisi sebagai daya pasif. Walaubagaimanapun, kedua-duanya menceritakan mengenai falsafah sifat-sifat daya.

Karl von Terzaghi (1883 – 1963) bukan sahaja membuat penyelidikan di lapangan tetapi juga banyak menyumbangannya melalui eksperimen dan teori mekanik tanah. Beliau telah memperkenalkan konsep tekanan berkesan. Tulisan pertama beliau mengenai tekanan sisi tanah pada tahun 1920 menyatakan bahawa tekanan sisi tanah di belakang tembok panahan bergantung kepada ketumpatan tanah tambak.

Pada tahun 1934, Terzaghi telah mendapati bahawa terdapat perbezaan yang ketara di antara pasir longgar dan padat. Beliau telah cuba mengukur pekali tekanan sisi tanah sebenar. Idea ini adalah daripada konsep sudut pada keadaan rehat yang wujud sebelum penulisan esei Coulomb. Coulomb memberi contoh pengiraan tekanan tanah dengan melibatkan sudut pada keadaan rehat iaitu sudut ϕ tanpa membuat penerangan mengenainya. Terzaghi yang menggunakan konsep yang sama, merupakan orang pertama yang membuktikan kebenaran mengenai sudut pada keadaan rehat. Menurut beliau, ia selalunya 34 darjah, tetapi ϕ boleh melebihi 40 darjah, bergantung kepada darjah pepadatan pasir.

2.2 Teori Tekanan Sisi Tanah pada Keadaan Pegun

Tanah pada keadaan pegun boleh digambarkan seperti dalam Rajah 2.1. Satu jisim tanah dianggap ditahan oleh tembok licin AB pada kedalaman tertentu. Merujuk kepada Rajah 2.1, tanah pada kedalaman z dengan tekanan berkesan secara menegak dan juga mengufuk, σ_o' dan σ_h' . Dalam kes ini, tanah dianggap kering iaitu

$$\sigma_o' = \sigma_o$$

dan

$$\sigma_h' = \sigma_h$$

di mana σ_o dan σ_h adalah jmlah tekanan secara menegak dan mengufuk tanah. Perlu diketahui bahawa tiada tegasan ricih pada satah menegak dan satah mengufuk.

Tembok dikatakan pegun apabila ianya tidak bergerak ke mana-mana arah. Dalam keadaan ini, jisim tanah berada pada keadaan keseimbangan anjal iaitu ketegangan mengufuk adalah sifar. Nisbah tekanan mengufuk berkesan kepada tekanan menegak berkesan dinamakan pekali tekanan sisi tanah pegun, K_o iaitu :

$$K_o = \frac{\sigma_h'}{\sigma_o'} \quad (2.1)$$

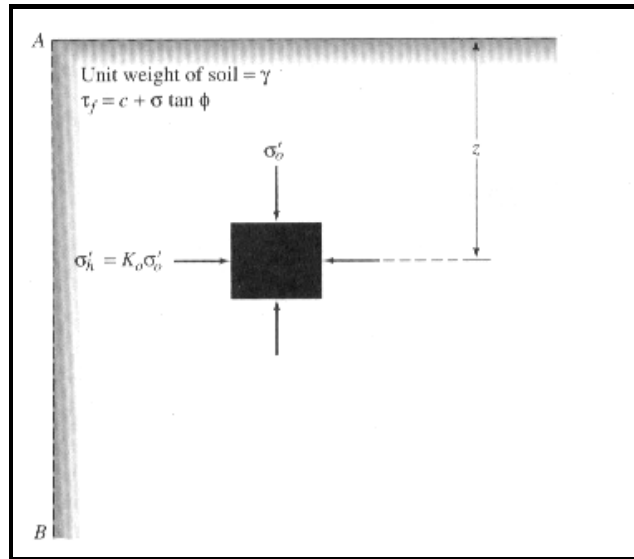
oleh kerana $\sigma_o' = \gamma z$, didapati bahawa

$$\sigma_h' = K_o (\gamma z) \quad (2.2)$$

Untuk pasir berbutir kasar boleh dinyatakan menggunakan hubungan secara empirik (Jaky, 1944)

$$K = 1 - \sin \phi \quad (2.3)$$

di mana ϕ = sudut geseran berkesan tanah.



Rajah 2.1 : Tekanan Tanah dalam keadaan pegun (*daripada Das, 2000*)

Menurut Terzaghi, nilai K_o bergantung kepada ketumpatan bandingan pasir dan juga cara ianya diproses serta didapati. Sekiranya proses ini tidak melibatkan pemadatan buatan maka nilai K_o berada dalam julat 0.40 untuk pasir padat dan 0.50 untuk pasir longgar. Pemadatan lapisan akan meningkatkan nilai K_o sehingga 0.8.

Untuk tanah berbutir halus, biasanya tanah terkukuh, (Massarsch (1979) mencadangkan persamaan K_o seperti berikut :

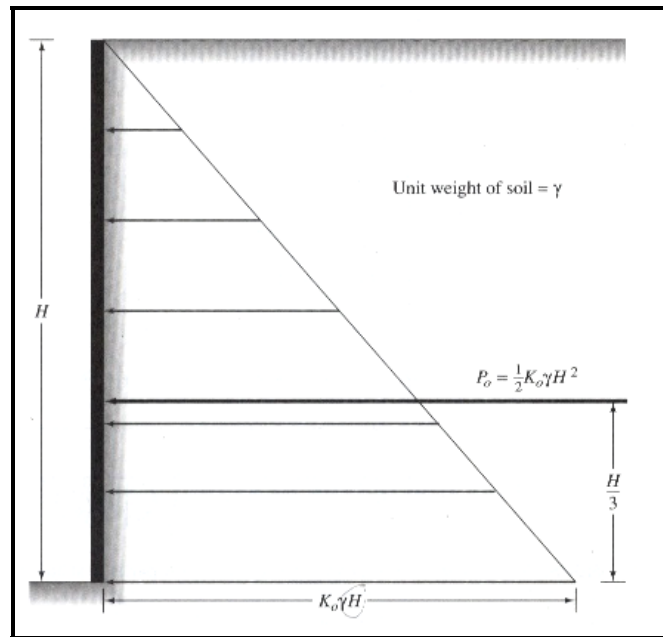
$$K_o = 0.44 + 0.42 \left[\frac{PI(\%)}{100} \right] \quad (2.4)$$

Nilai K_o bagi jenis-jenis tanah ditunjukkan dalam jadual 2.1

Jadual 2.1 : Nilai K_0 bagi beberapa jenis tanah

| Jenis Tanah | K_0 |
|--------------------|--------------------------|
| Berbutir, Longgar | 0.5 – 0.6 |
| Berbutir, Padat | 0.3 – 0.5 |
| Tanah liat, Lembut | 0.9 – 1.1 (tak tersalir) |
| Tanah liat, Keras | 0.8 – 0.9 (tak tersalir) |

(daripada McCarthy, 2002)



Rajah 2.2 : Agihan tekanan tanah pada keadaan pegun (daripada Das, 2000)

Rajah 2.2 menunjukkan taburan tekanan sisi tanah pada keadaan pegun pada tembok penahan dengan kedalaman H . Jumlah daya per unit panjang tembok, P_o adalah sama dengan luas kawasan segitiga dalam Rajah. Oleh itu,

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H^2 \quad (2.5)$$

2.3 Teori Rankine

Pada tahun 1857, William J.M. Rankine telah membuat satu teori untuk mengira tekanan pada tembok penahan. Teori ini digunakan terutamanya bagi tanah yang homogenus dan tidak boleh dipadatkan serta tanah yang tidak jelekit. Teori Rankine ini mengabaikan geseran yang berlaku di antara tanah dan tembok. Menurut Rankine, tekanan sisi tanah boleh dibahagikan kepada dua iaitu tekanan aktif dan tekanan pasif. Istilah keseimbangan plastik tanah merujuk kepada keadaan tanah pada setiap titik jisim tanah di pinggir kegagalan. Rankine (1857) telah mengkaji keadaan tekanan tanah pada keadaan keseimbangan plastik ini.

2.3.1 Teori Tekanan Aktif Rankine

Rajah 2.3a menunjukkan keadaan tanah yang sama sebagaimana yang diilustrasikan dalam Rajah 2.1. Ia disokong oleh tembok licin AB pada kedalaman tertentu. Tekanan utama menegak dan mengufuk pada kedalaman z ialah σ_o' dan σ_h' . Apabila tembok penahan bergerak ke hadapan dari tanah timbus di bawah tekanan sisi tanah, maka tekanan berkesannya akan berkurangan sehingga kepada nilai minimum (iaitu pada tahap kegagalan). Pada peringkat ini, tekanan mengufuk akan menjadi

$\sigma'_a = K_a \sigma_o$ dengan K_a ialah pekali tanah aktif. σ_o disebut sebagai tekanan tanah aktif oleh kerana ia merupakan tekanan sisi yang dikenakan oleh tanah apabila semua tekanan ricih telah dikerah sepenuhnya. Ia dapat ditunjukkan melalui bulatan Mohr b pada Rajah 2.3b. Nilai ini dikenali sebagai tekanan aktif. Daripada Rajah 2.3b, rumus di bawah dapat diterbitkan :

$$\sin \phi = \frac{CD}{AC} = \frac{CD}{AO + OC}$$

tetapi

$$CD = \text{jejari kegagalan bulatan} = \frac{\sigma'_o - \sigma'_a}{2}$$

$$AO = c \cot \phi$$

dan

$$OC = \frac{\sigma'_o + \sigma'_a}{2}$$

maka

$$\sin \phi = \frac{\frac{\sigma'_o - \sigma'_a}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma'_o - \sigma'_a}{2}}$$

atau

$$c \cos \phi + \frac{\sigma'_o + \sigma'_a}{2} \sin \phi = \frac{\sigma'_o - \sigma'_a}{2}$$

atau

$$\sigma'_a = \sigma'_o \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} - 2c \frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} \quad (2.6)$$

tetapi

$$\sigma'_o = \text{tekanan tegak} = \gamma z$$

$$\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

dan

$$\frac{\cos \phi}{1 + \sin \phi} = \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

daripada persamaan 2.6

$$\sigma'_a = \gamma z \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.7)$$

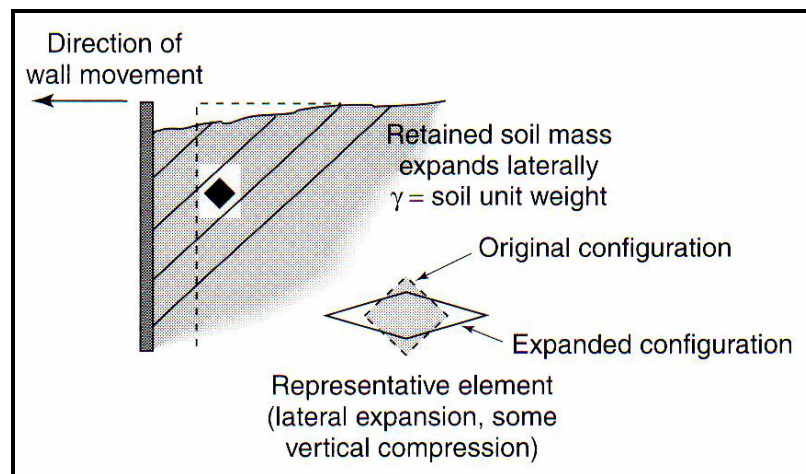
Perubahan nilai σ'_a mengikut kedalaman ditunjukkan dalam rajah 2.3c. Untuk tanah tak jelekit, $c = 0$

$$\sigma'_a = \sigma'_o \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.8)$$

Nisbah σ'_a kepada σ'_o dinamakan pekali tekanan tanah aktif Rankine, iaitu

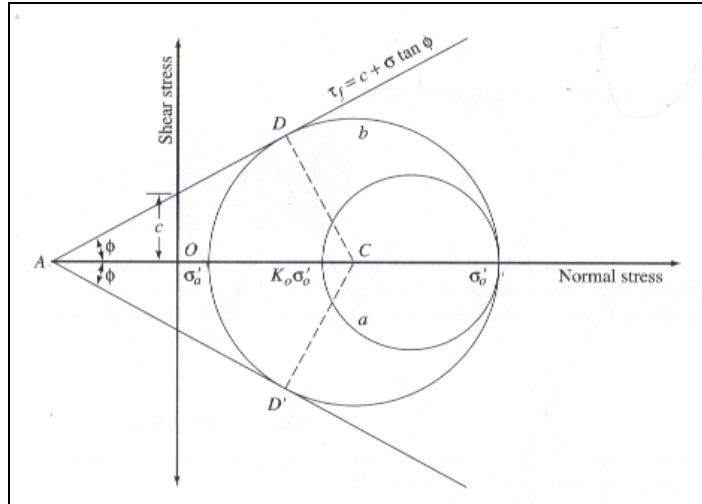
$$K_a = \frac{\sigma'_a}{\sigma'_o} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.9)$$

Dalam Rajah 2.3b juga, dapat dilihat satah kegagalan tanag membentuk $\pm(45 + \frac{\phi}{2})$ -darjah sudut dengan arah satah mengufuk. Salah kegagalan ini ialah satah gelinciran dan dapat ditunjukkan dalam rajah 2.3d

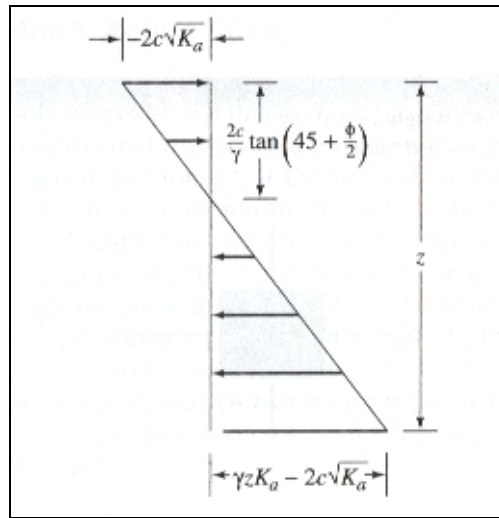


(daripada David F. McCarthy, 2002)

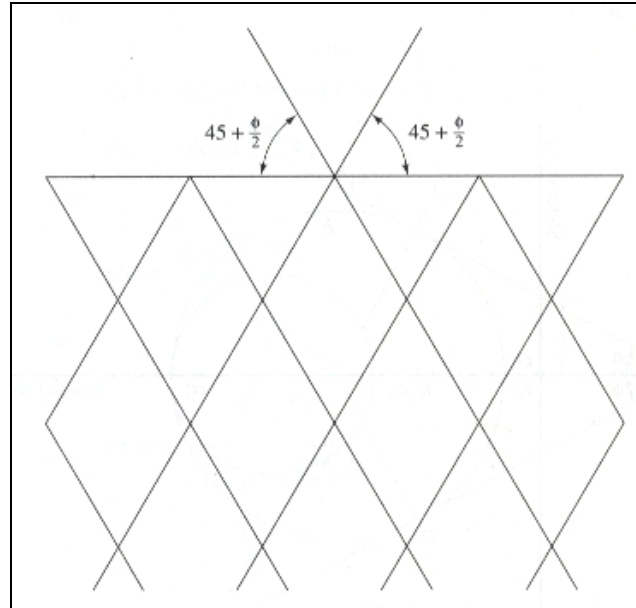
(a)



(b)



(c)



(d)

Rajah 2.3 : Tekanan sisi aktif Rankine (*daripada Das, 2000*)

2.3.2 Teori Tekanan Pasif Rankine

Tekanan Pasif Rankine digambarkan dalam Rajah 2.4. AB ialah tembok licin pada kedalaman tertentu. Tekanan tanah pada keadaan pegun ditunjukkan melalui bulatan Mohr a dalam Rajah 2.4b. Apabila tanah didedahkan kepada mampatan sisi, rintangan mengufuk, σ'_h akan meningkat apabila rintangan ricih dikerahkan sehinggalah keadaan keseimbangan plastik tercapai iaitu $\sigma'_p = K_p \sigma'_o$ dengan K_p ialah pekali rintangan pasif. σ'_p dikenali sebagai rintangan tanah pasif (atau tekanan pasif) dan mewakili rintangan maksimum terhadap anjakan sisi, yang membolehkan tanah bertahan apabila rintangan ricih dikerahkan. Keadaan ini dapat digambarkan dalam bulatan Mohr pada Rajah yang sama. Mampatan selanjutnya tidak akan menambahkan nilai σ'_p tetapi akan mengakibatkan pergerakan zarah-zarah tanah. Rintangan tanah pasif boleh dikira menggunakan persamaan berikut ;