الجامعة التقنية الجنوبية
المعهد التقني في العماره

Civil TECHNIQUES

ميكانيك التربة

المرحلة الثانية 2016 - 2017

Design & Print | Mohammad Hussein Kadhim

Mohammad Mohsen Abode

التقنيات المدنية

ميكانيك التربة

المرحلة الثانية

مقدمة

بسم الله لا إله الا هو الحي القيوم الذي رسخ لنا العقول وكان نوراً في كل الابداع الذي يحققه الأنسان وتقدمه في العلوم والمعارف التي تساهم في تبسيط الحياة اليومية والتي تساهم في انماء المهارات التعليمية والعلمية والتطور لأجل مستقبل زاهر راق للعالم. استهل مشروعي بتقنية علمية وفنية وذلك لتطوير المناهج الدراسية لقسم التقنيات المدنية كوني احد طلبتها كما الوح الى تطوير كافة التقنيات الدراسية وذلك كون الطلبة الجيل الواعد لعراق تملؤه وتتفاخر به بسمة التطور في مجال البناء والإنشاءات والتصاميم الهندسية والبحوث العلمية والمشاريع لأن العراق فخر الحضارات ولكي اجمع ما هو مبعثر وغير واضح من مواد والمعاناة للطلبة من المناهج التدريسية والتي بصراحة قد لا تكون كاملة او قد لا تكون واضحه اثناء الطباعة وذلك بجمعها وتدوينها ووضع التصاميم والتخطيط لكيفية وضعها في كتاب واحد واتمنى ان ينال رغبة الطالب بصورة عامة والتدريسي بصورة خاصة راجين من الله ان ينال المشروع خير قبولكم ...

والله ولي التوفيق

التصميم والطباعة

محمد حسين كاظم الساعدي محمد محسن عبود الدراجي

الجامعة التقنية الجنوبية

المعهد التقني في العمارة

قسم التقنيات المدنية

٢٠١٦ - ٢٠١٧

أصل تكوين التربة

تكونت الكره الأرضية نتيجة الانفجارات الكونية التي حصلت في الكون منذ ملايين السنين ومنذ ذلك الحين ولحد الان تعاني الكره الأرضية من عوامل تعريه مستمرة ومتغيره نتيجة الرياح الشديدة، الامطار، الانفجارات البركانية، الحرارة، الضغط العالي... الخ.

وفيما يلي بعض انواع الصخور الرئيسية:

١- الصخور النارية البركانية: حيث يعود أصلها الى الانفجارات البركانية التي تحدث في الكره الأرضية ومن امثلتها (الكرانيت).

٢- الصخور الرسوبية: هي التي تكونت من ترسبات الانهار ومن اهمها (الحجر الجيري).

٣- الصخور المتحولة: وهي صخور تحولت اما من الصخور النارية او الرسوبية ولفترات زمنيه طويلة ومن أمثلتها الصخور الرسوبية الرخامية.

خواص التربة الأساسية:

تختلف طبيعة التربة عن غيرها من المواد كونها في الغالب عبارة عن نسيج من الترب وعلى العموم يمكن اعتبار العناصر الثلاث الأساسية لكل نموذج تربه وكما مبين:

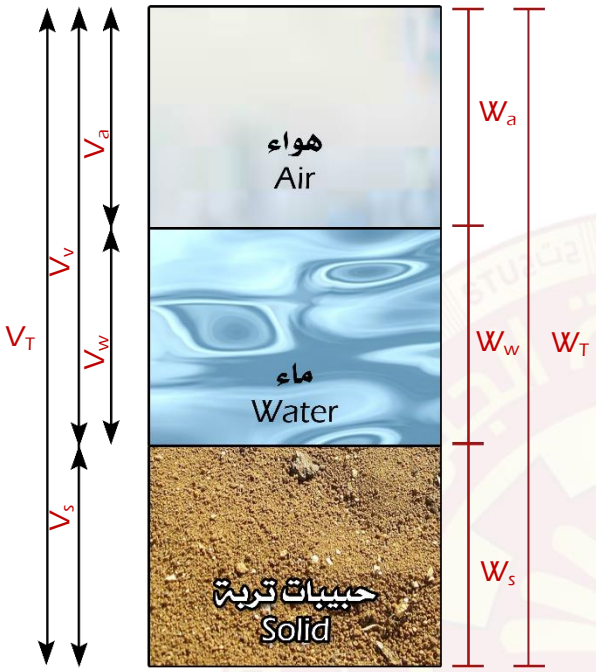
اولا: الجزء الصلب: والمتمثل في حبيبات التربة.

ثانيا: الجزء السائل: والمتمثل بالماء.

ثالثا: الغاز: المتمثل بالهواء.

العلاقات الفيزياوية

تعتبر العلاقات الفيزيائية (الوزنية والحجمية) من الأمور المهمة التي ساهمت في استنتاجات الكثير من خواص التربة وتصرفاتها ومعرفه التغيرات التي قد تحدث لها ولغرض توضيح وتسهيل هذه العلاقات يمكن اعتبار نموذج التربة العشوائي السابق الى نموذج هندسي موضع بالشكل التالي:



نموذج تربة هندسي

الحجم الكلي (سم^3): V_T

حجم الحبيبات: V_s

حجم الماء: V_w

حجم الهواء: V_a

حجم الفجوات: V_v

الوزن الكلي (غم): W_T

وزن الحبيبات: W_s

وزن الماء: W_w

وزن الهواء = صفر دائما: W_a

$$V_v = V_a + V_w$$

$$V_v = V_s + V_v$$

$$V_T = V_s + V_a + V_w$$

$$W_T = W_s + W_w$$

على اعتبار وزن الهواء = صفر

طباعة وتصميم : محمد حسين كاظم – محمد محسن عبود

العلاقات الوزنية

١- المحتوى المائي او محتوى الرطوبة (w)؛ وهو النسبة المئوية بين وزن الماء والمحصور بين الفجوات (W_w) الى وزن الجزء الصلب لعينه التربة (W_s).

$$\text{محتوى الماء } \% = \frac{W_w}{W_s} \times ١٠٠\%$$

$$w\ \% = \frac{(\text{وزن التربة الجافة} - \text{وزن التربة الرطبة})}{(\text{وزن التربة الجافة})}$$

٢- الكثافة الكلية او وحده الوزن (Unit Weight)؛ وهي نسبه الوزن الكلي الى الحجم الكلي في الحالة الطبيعية.

$$\gamma_T = \frac{W_T}{V_T}$$

ووحداته:

Kg/m^3	Ton = 1000 Kg
Kw/m^3	Kg = 1000 g
g/cm^3	كثافة الماء = $1000\ Kg/m^3$
T/m^3	

ملاحظه: عند تحويل الكميات الكبيرة الى كميات صغيرة نستخدم عمليه الضرب والعكس نستخدم عمليه القسمة (أي عندما نحول الكميات الصغيرة الى كبيرة).

$$\gamma_w = 1000\ Kg/m^3 = \frac{1000 \times 1000}{100 \times 100 \times 100} \rightarrow g/cm^3$$

٣- الكثافة الجافة او وحده الوزن الجاف (Dry Unit Weight)؛ وهي نسبه وزن الحبيبات الصلبة (W_s) الى الحجم الكلي للعينه ولها نفس وحدات الكثافة الكلية.

$$\gamma_d = \frac{W_T}{V_T}$$

٤- الوزن النوعي (Specific Gravity)؛ وهو النسبة بين وحده وزن الحبيبات الصلبة لتربه معينه الى وحده وزن الماء المقطر عند درجه حرارة (٤ درجة مئوية):

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s \times \gamma_w}$$

العلاقات الحجمية

١- نسبه الفجوات (Void Ratio): وهي النسبة بين حجم الفراغات او الفجوات (V_v) الى حجم الجزء الصلب (V_s)لعينه التربة.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$ وهي بدون وحدات

٢- نسبة المسامية (Porosity): وهي النسبة بين حجم الفراغات (V_v) الى الحجم الكلي (V_T).

$$n = \frac{V_v}{V_T}$$

س/ ما هي العلاقة بين (n) و (e)؟

e, n

$$e = \frac{V_v}{V_s} \text{ , } n = \frac{V_v}{V_T}$$

$$n = \frac{V_v}{V_T}$$

$$n = \frac{V_v}{V_{s+v}} \quad \text{..... } \div V_v$$

$$n = \frac{\frac{V_v}{V_v}}{\frac{V_s}{V_v} + \frac{V_v}{V_v}}$$

$$n = \frac{1}{\frac{1}{e}+1}$$

$$n = \frac{e}{e+1}$$

٣- درجه التشبع (Degree of Satiation): وهي النسبة المئوية بين حجم الماء (V_w)الحجم الفراغات (V_v).

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

٤- الكثافة النسبية (D_r): يستخدم مصطلح الكثافة النسبية لوصف حاله التربة الغير متماسكة مثل الرمل لمعرفه مدى صلاحيتها للاستعمالات الهندسية وهي تعتمد على نسبه الفراغات الطبيعية لتربه الموقع (e) ومقارنتها مع نسبه الفراغات القصوى والدنيا (e_{max}،e_{min}) على التوالي والتي يمكن تحديدهما من خلال العلاقة التأليه:

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100\%$$

بعض العلاقات الرئيسية المستنتجة من خواص التربة ومن العلاقات الفيزياوية

G_s: الوزن النوعي (بدون وحدات)

γ_d: الكثافة الجافة (كغم/م^3)

γ_w: كثافة الماء (كغم/م^3)

γ_T: الكثافة الكلية

W: محتوى الرطوبة (المحتوى المائي) (نسبة احتواء الماء) (بدون وحدات)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_T}{1+w} \qquad \gamma_T = \frac{G_s+w}{1+e} \times \gamma_w \qquad \gamma_d = \frac{G_s}{1+e} \times \gamma_w$$

مثال/ أناء مملوء بتربة رطبة وزنه (168 g) عند التجفيف يزن (142 g)، الوزن النوعي (2.65) وحجم الإناء (90 cm^3)

أوجد:

١- W%
٢- γ_d
٣- γ_T
٤- e
٥- n

الحل/

1- $$W\ \% = \frac{(\text{وزن التربة الجافة} - \text{وزن التربة الرطبة})}{(\text{وزن التربة الجافة})} \times 100\%$$

$$W\ \% = \frac{(168-142)}{(142)} \times 100\%$$

$$= 18.3\ \%$$

2- $$\gamma_d = \frac{W_S}{V_T}$$

$$= \frac{142}{90}$$

$$= 1.57\ g/cm^3$$

3- $$\gamma_T = \frac{W_T}{V_T}$$

$$= \frac{168}{90}$$

$$= 1.86\ g/cm^3$$

4- $e = \frac{V_v}{V_s}$ .....

5- $G_s = \frac{W_s}{V_s \times \gamma_w}$

$2.65 = \frac{142}{1 \times V_s}$

$2.65\ V_s = 142$

$V_s = \frac{142}{2.65}$

$= 53.6\ cm^3$

- $V_T = V_s + V_v \rightarrow V_v = V_T - V_s$

$= 90 - 53.6$

$= 36.4\ cm^3$

$e = \frac{36.4}{53.6}$

$= 0.67$

$n = \frac{e}{1+e}$

$= \frac{0.67}{1+0.67}$

$= 0.4$

أو من قانون آخر يمكن إيجاد (n) وحسب الحل التالي:

$n = \frac{V_v}{V_T}$

$= \frac{36.4}{90}$

$= 0.4$

مثال/ عينة مشبعة من تربة طينية غير عضوية حجمها ($17.4\ cm^3$) وتزن ($29.8\ g$) بعد التجفيف أصبح وزنها ($19.6\ g$) أحسب ما يلي:

١- **نسبة احتواء الماء** (w).
٢- **الوزن النوعي** (G_s).
٣- **نسبة الفجوات** (e).

الحل/

1- $$W\ \% = \frac{(\text{وزن التربة الجافة} - \text{وزن التربة الرطبة})}{(\text{وزن التربة الجافة})} \times 100\%$$

$$W\ \% = \frac{(29.8 - 19.6)}{(19.6)} \times 100\%$$

$$= 52\ \%$$

2- $$G_s = \frac{W_s}{V_s \times \gamma_w}$$

$V_v = V_w$ → (لأن العينة مشبعة)

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$$

$$1 = \frac{(\text{وزن التربة الجافة} - \text{وزن التربة الرطبة})}{V_w}$$

$$1 = \frac{29.8 - 19.6}{V_w}$$

$V_w = 10.2\ cm^3$

- $V_v = V_w = 10.2$

$V_s = V_T - V_v$

$= 17.4 - 10.2$

$= 7.2\ cm^3$

$$G_s = \frac{19.6}{1 \times 7.2}$$

$= 2.7$

3- $$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$e = \frac{10.2}{7.2}$$

$= 1.4$

H.W عينة مشبعة من تربة طينية تزن (530 g) بعد التجفيف أصبح وزنها (455 g) ووزنها النوعي يساوي (2.69) أحسب:

١- المحتوى المائي.
٢- المسامية.
٣- الكثافة الكلية.
٤- نسبة الفجوات.

****

H.W مكعب من تربة طينية مجففة طول ضلعة (3 cm) ويزن (46 g). نفس المكعب عندما يشبع دون تغير بالحجم يزن (56.5 g). استخرج معدل الوزن النوعي ووحدة الوزن الجافة ووحدة وزن الماء؟

****

سؤال/ اشتق علاقة تعبر عن درجة التشبع لتربة ما بدلالة المحتوى المائي والوزن النوعي ووحدة الوزن الجافة ووحدة وزن الماء؟

الحل/

$$S = \frac{v_w}{v_v} \qquad \dots\dots\dots v_v = v_T - v_s$$

$$S = \frac{v_w}{v_T - v_s} \qquad \dots\dots\dots v_w = \frac{w_w}{\gamma_w}$$

$$S = \frac{w_w}{\gamma_w\,(v_T - v_s)} \qquad \text{بعد التعويض}$$

$$S = \frac{w_w}{\gamma_w \times v_T - \gamma_w \times v_s} \qquad (\div W_s)$$

$$S = \frac{\frac{w_w}{w_s}}{\frac{\gamma_w \times v_T}{w_s} - \frac{\gamma_W \times v_s}{w_s}}$$

$$s = \frac{w}{\gamma_w \times \frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{G_s}}$$

مؤشر السيولة Liquid index (L.I)

وهو عبارة عن مقياس مقارن للدونة التربة مع نسبه الماء في الحالة الطبيعية الموجودة في الحقل.

$$L.I = \frac{W - L.L}{P.I}$$

حيث:

W: المحتوى المائي.

L.L: حد السيولة (Liquid Limit).

P.I: مؤشر اللدونة (Plastic Index).

- حد السيولة (Liquid Limit): وهو محتوى الرطوبة الذي يفصل بين حالة التربة السائلة والحالة اللدنة وتظهر التربة هنا مقاومه قص قليلة.

- حد اللدونة (plastic limit): وهو محتوى الرطوبة الذي يفصل بين حالة التربة اللدنة وحالتها عندما تكون شبة صلبه وحد اللدونة كقيمة اقل من حد السيولة.

- مؤشر اللدونة (P.I) (Plastic Limit): وهو محتوى الرطوبة الذي تكون عنده التربة لدنة ويساوي الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة.

$$P.I = L.L - P.L$$

- حد التقلص (الانكماش) (S.L) (shrinkage limit): وهو عبارة عن نسبه الماء في التربة التي لا يتقلص عندها حجم التربة او لا يقل الحجم مع استمرارية التجفيف.

$$S.L = \frac{(\forall_1 - \forall_2)\gamma_w}{W_d} \times 100\%$$

$$S.L = \frac{W_w}{W_s}$$

سؤال/ في تجربه حد الانكماش (التقلص) وزن عينه مشبعة من تربه طينية يساوي (46 g) بعد التجفيف بالفرن قل حجم العينة الى ثابت المقدار ($16\ cm^3$) استخراج حد الانكماش للتربة إذا علمت ان وزنها النوعي مساويا الى (2.72) ومحتواها المائي الاصلي قبل التجفيف (65%)؟

الحل/

$$W\ \% = \frac{(\text{وزن التربة الجافة} - \text{وزن التربة الرطبة})}{(\text{وزن التربة الجافة})} \times 100\%$$

$$0.65 = \frac{(116 - W_s)}{(W_s)}$$

$$W_s = 27.85\ g$$

$$S.L = \frac{W_w}{W_s}$$

$$S.L = \frac{46-27.85}{27.85}$$

$$S.L = 46\ \%$$

****

H.W عينه من الطين مشبعة اشباعا كاملا حجمها الابتدائي ($26\ cm^3$) وتزن (46.5 g) بعد التجفيف انخفض الحجم الى ($16\ cm^3$) والوزن أصبح (32.5 g) استخرج المسامية للعينة وحد التقلص والوزن النوعي؟

****

الماء في التربة

١- الماء الحر (free water): وهو ذلك الماء الذي يتميز بحريه الحركة خلال التربة في المسامات الموجودة بين ذرات التربة وتكون هذه الحركة خاضعة لتأثير الجاذبية الارضية وهو جزء الماء الذي يتسبب في تكوين ظواهر فيزيائية كثيرة منها الجدول الارضي.

٢- الماء الممسوك (held water): وهو جزء من الماء لا يمكن تحريكه بحريه بفعل تأثير الجاذبية ويقسم الى انواع:

- الماء الذي يدخل في تركيب الحبيبات: يدخل هذا الماء في تركيب بلورات معدن التربة الطينية وبذلك يعتبر جزءا لا يتجزأ من الحبيبات وليس بالسهل التخلص منه دون اتلاف التركيب الداخلي للحبيبات ويتواجد بكميات ضئيلة جدا.
- الماء الملتصق: وهو الماء الذي يقوم بتغليف لذرات التربة ويكون هذا الالتصاق في بعض انواع التربة الغروية اللزجة القوام بتأثير شحنات كهربائية ينتج عنها قوة كهروكيميائية.
- الماء الشعري: وهو جزء من الماء يتواجد في التربة بتأثير الخاصية الشعرية وعاده ما يوجد هذا الجزء فوق مستوى الجدول الارضي.

النفاذية وسرعة الجريان داخل التربة

جريان الماء داخل التربة وقانون دارسي (Darcy Law):

أن الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة تكون مرتبطة ببعضها البعض وتشكل أنابيب متصلة ومستمرة تسمح بمرور الماء من خلال. في عام (1856) وبعد العديد من التجارب توصل العالم الفرنسي (دارسي) في ايجاد علاقة سميت بعد ذلك بقانون (دارسي) تربط العلاقة بين سرعة الماء (v) مع الميل الهيدروليكي (i).

حيث ان (v):

$$v = k \times i$$

(k): معامل النفاذية للتربة (وحدات سرعة).

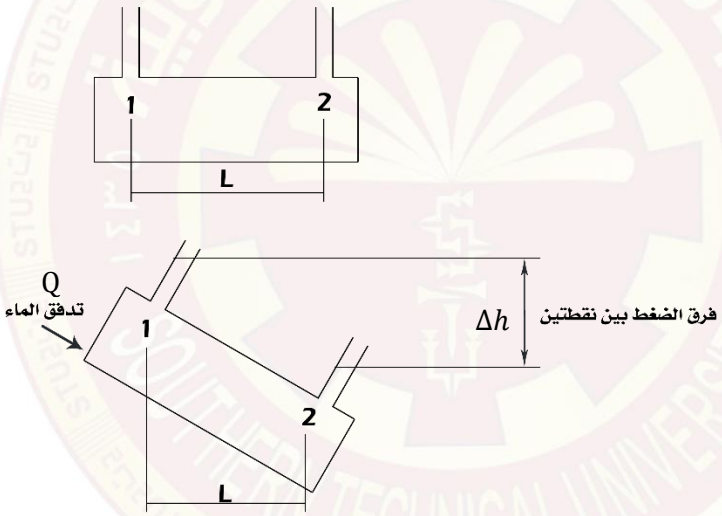
(i): الميل الهيدروليكي (بدون وحدات).

لأن:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

(Δh): فرق الضغط بين نقطتين.

(L): المسافة بين نقطتين.



$$Q = k \times i \times A$$

(Q): كمية المياه المتدفقة (m^3/s).

(A): مساحة مقطع التربة العمودي على اتجاه حركة التدفق.

قانون دارسي: هي علاقة رياضيه توصل اليها العالم دارسي بعد العديد من التجارب والتي تربط العلاقة بين سرعة الماء (v) مع الميل الهيدروليكي (i).

افتراضات قانون دارسي:

١- إن التربة تعتبر متجانسة.
٢- تدفق الماء بشكل مستمر وطباقي.
٣- يعتبر سريان الماء خطي بشكل مستقيم.

سؤال/ طبقه من التربة سمكها (2 m) ومعامل نفاذيتها (6×10^{-3} m/s) ويتدفق من خلالها الماء لمسافه طولها (L = 300 m) احسب كمية الماء المتدفق (التصريف) خلال هذه الطبقة في اليوم الواحد؟

الحل\

$Q = k \times i \times A$

$i = \frac{\Delta h}{L}$

$= \frac{9}{300}$

$= 0.03$

$Q = 6 \times 10^{-3} \times 0.03 \times 2$

$= 0.000036\ m^3/s$

$0.000036\ m^3 = 0.000036 \times 24 \times 60 \times 60$

$Q = 3.11\ m^3/day$

قياس معامل النفاذية

١- تحديد معامل النفاذية مختبريا:

- طريقة عمود الماء الثابت (constant head test).
- طريقه عمود الماء المتغير (falling head test).

وفي كلا الطريقتين لا يخلو تحديد معامل النفاذية من بعض العيوب اهمها:

- ان الفحوصات المختبرية لا تعكس نفاذية التربة في الطبيعة بشكل دقيق.
- في المختبر يتم قياس نفاذية التربة العمودية فقط دون تحديد معامل نفاذية التربة الافقية.
- قد تتعرض القياسات في المختبر للخطأ نتيجة عدم دقة الاجهزة أو التسجيل الخاطئ لبعض القراءات.
- نتائج الفحوصات المختبرية تتأثر بعده عوامل مثل درجة الحرارة ودرجة تشبع التربة ونسبة الفجوات في النموذج.

١- طريقة عمود الماء الثابت: تستخدم هذه الطريقة عادة في تحديد معامل النفاذية للتراب الغير متماسك (الحصو والرمل) وتعتمد هذه الطريقة على كمية الماء المارة من خلال عينة التربة التي مساحة مقطعها العمودي على الماء (A) وطول العينة (L) خلال فترة زمنية مقدارها (t) مع الحفاظ على عمود الماء ثابت ويستخدم المعادلة التالية:

$$K = \frac{Q \times L}{A \times \Delta h \times t}$$

٢- طريقة عمود الماء المتغير: تستخدم هذه الطريقة في قياس معامل النفاذية للترب المتماسكة (الطين والغرين) يتم عمليه تقليل النفاذية بعد تهيئة النموذج المراد فحصة وكما في المعادلة التالية:

$$K = 2.3 \times \frac{a \times L}{A \times t} \text{Log} \frac{h_1}{h_2}$$

مثال/نموذج من تربه غير متماسكة أجري عليها فحص النفاذية وثابت الارتفاع لتحديد معامل النفاذية. احسب معامل النفاذية لهذه العينة من خلال المعلومات التالية:

١- **طول العينة** (L) (120 mm).
٢- **فرق الضغط** (Δh) (60 mm).
٣- **قطر العينة** (D) (100 mm).
٤- **كمية الماء المتجمعة** (Q) (350 mm).
٥- **فترة فحص النموذج** (t) (2 min).

الحل/

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (100)^2$$

$$= 7850 \text{ mm}^2$$

$$Q = 350 \times 10 \times 10 \times 10$$

$$= 350000 \text{ mm}^3$$

$$K = \frac{Q \times L}{A \times \Delta h \times t}$$

$$K = \frac{350000 \times 120}{7850 \times 60 \times 2}$$

$$= 44.85 \text{ mm/min}$$

****

مثال/عينة من تربة متماسكة طينية أجري علية فحص النفاذية متغير الارتفاع. احسب معامل النفاذية للعينة (ثانية /m) من خلال المعلومات التالية:

١- **ارتفاع عمود الماء قبل البدء بالتجربة** (h_1) (1350 mm).
٢- **ارتفاع عمود الماء النهائي** (h_2) (550 mm).
٣- **طول العينة** (L) (140 mm).
٤- **قطر العينة** (D) (100 mm).
٥- **قطر الأنبوب المدرج** (d) (10 mm).
٦- **فترة فحص النموذج** (t) (3 min).

الحل/

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (100)^2$$

$$= 7850 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\pi}{4} \times (10)^2$$

$$= 78.5 \text{ mm}^2$$

$$K = 2.3 \times \frac{78.5 \times 140}{7850 \times 3} \text{Log} \frac{1350}{550}$$

$$K = 0.418 \text{ mm/min}$$

$$= 0.418 \times \frac{\frac{1}{1000}}{60}$$

$$= 0.418 \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{60}$$

$$= 0.000007106 \text{ m/s}$$

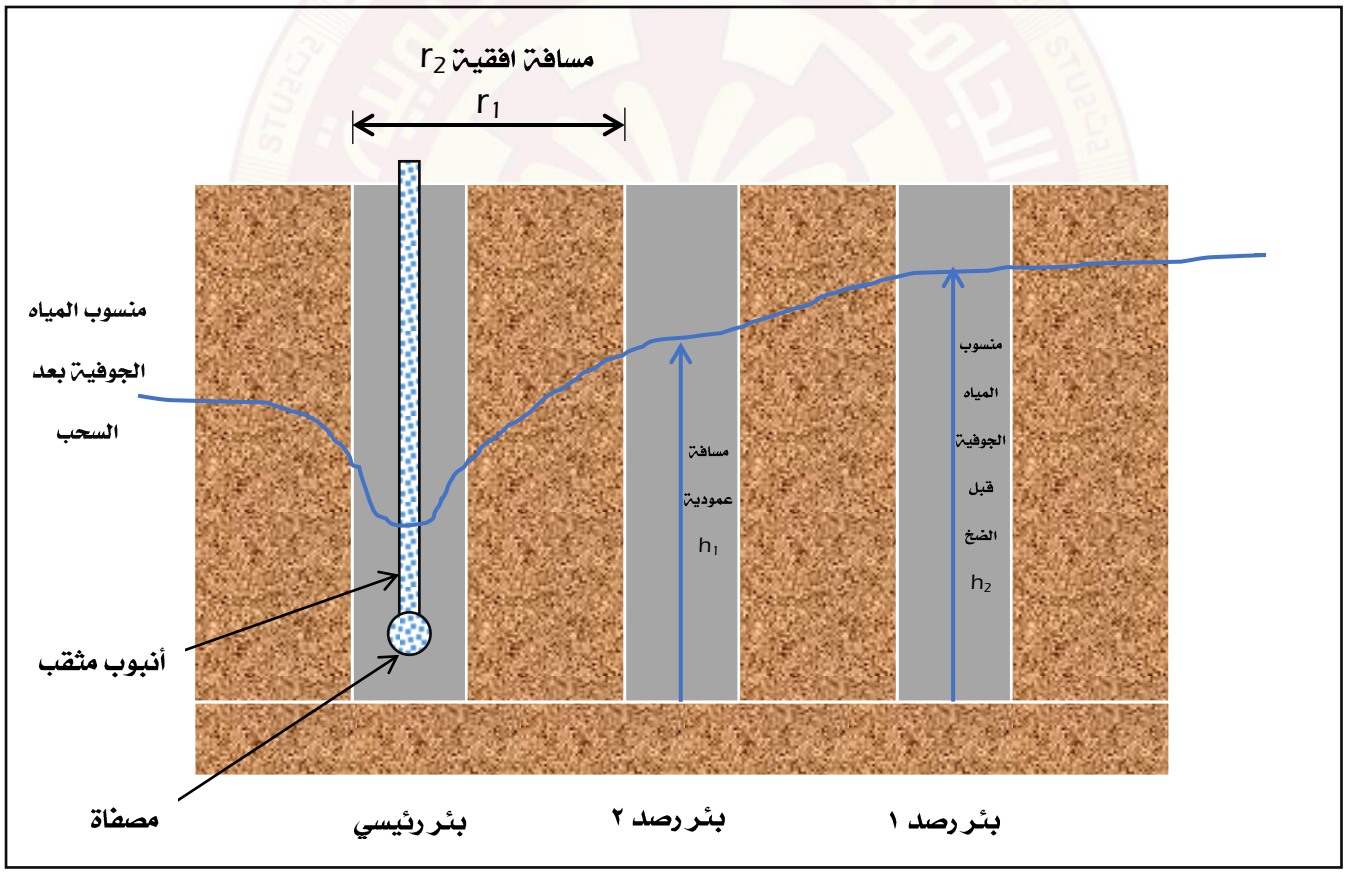
٢- تحديد معامل النفاذية موقعيا:

هناك عدة طرق يمكن استخدامها في تحديد معامل النفاذية موقعيا منها فحص الضخ. يعتبر هذا الاسلوب أكثر ملائما في تحديد معامل حيث يعتمد الاسلوب فحص النفاذية في الموقع أكثر دقة وأقرب الى الواقع من الفحوصات المختبرية وللأسباب التالية:

- كونه يجري بالموقع حيث طبيعة الارض الحقيقية المكونة من عدة طبقات مختلفة الخواص في كثير من الاحيان.
- يؤخذ في نظر الاعتبار تدفق الماء الافقي والعمودي في أن واحد.

يتم فحص الضخ في الموقع من خلال حفر بئر رئيسي بقطر مناسب يغرس خلاله أنبوب حديدي مثقب من جميع الجهات ليسمح بدخول الماء ولمنع انهيار التربة (الرملية او الحصوية وأحيانا التربة الناعمة) داخل البئر الرئيسي ويؤدي الى غلقه وتقليل كفاءاته كما يتم حفر آبار مراقبة حول البئر الرئيسي وبأقطار لا تقل عن عشرة اضعاف قطر الانبوب الرئيسي لمتابعة تدفق الماء وخاصة عند سحب الماء من داخل الانبوب الرئيسي بواسطة المضخات الخاصة بذلك.

الشكل ادناه يمثل كيفية إجراء الفحص وباستخدام معادلة خاصة يمكن حساب معامل النفاذية في الموقع.



$$K = \frac{Q \times Ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{\pi\left(h_2^2 - h_1^2\right)}$$

سؤال/يتم اجراء فحص الضخ موقعيا لطبقة من تربة رملية منسوب المياه الجوفية فيها قبل السحب هو (11.2 m) عن الطبقة الغير النفاذة السفلى. احسب معامل النفاذية لهذه الطبقة من التربة أذا توفرت لديك المعلومات التالية:

١- مقدار كمية الماء المسحوبة من البئر الرئيسي ($6.2\ m^3/min$).
٢- منسوب المياه الجوفية في بئر الرصد القريب بعد السحب (5.15 m).
٣- منسوب المياه الجوفية في بئر الرصد البعيد بعد السحب (2.48 m).
٤- المسافة الافقية بين البئر الرئيسي وبئر الرصد الأول (r_1) (4.33 m).
٥- المسافة الافقية بين البئر الرئيسي وبئر الرصد الثاني (r_2) (45.86 m).

ملاحظة: الكمية المصبوبة من البئر دائما تستعمل بوحدات (m^3/s).

ملاحظة:

- (h_1) = منسوب المياه الجوفية في البئر الرئيسي – منسوب المياه الجوفية في بئر الرصد الأول.
- (h_2) = منسوب المياه الجوفية في البئر الرئيسي – منسوب المياه الجوفية في بئر الرصد الثاني.

الحل/

- نحول الكمية المسحوبة من المتر المكعب في الدقيقة الى المتر المكعب في الثانية.

$Q = 6.2\ (m^3/min) \rightarrow (m^3/sec)$

$= 6.2 \times \frac{1}{60}$

$= 0.103\ m^3/s$

$r_1 = 4.33\ m,\ r_2 = 45.86\ m$

$h_1 = 11.2 - 5.15 = 6.05\ m$

$h_2 = 11.2 - 2.48 = 8.72\ m$

$$K = \frac{0.103 \times Ln\left(\frac{45.86}{4.33}\right)}{\pi\left(8.72^2 - 6.05^2\right)}$$

$= 0.0019\ m/s$

مشبك الجريان ومقدار التسرب المائي

ينتقل الماء خلال التربة النافذة من الضغط العالي الى الضغط الواطئ على شكل خطوط وهمية مستمرة متوازية مشكلة سلسلة من الممرات المائية تسمى خطوط الجريان (flow lines) يرمز له (Nf) كما يمكن رسم خطوط الطاقة الكامنة ويرمز له (Nd) وهي خطوط وهمية تتقاطع مع خطوط الجريان بزوايا قائمة ما يسمى بشبكة الجريان:

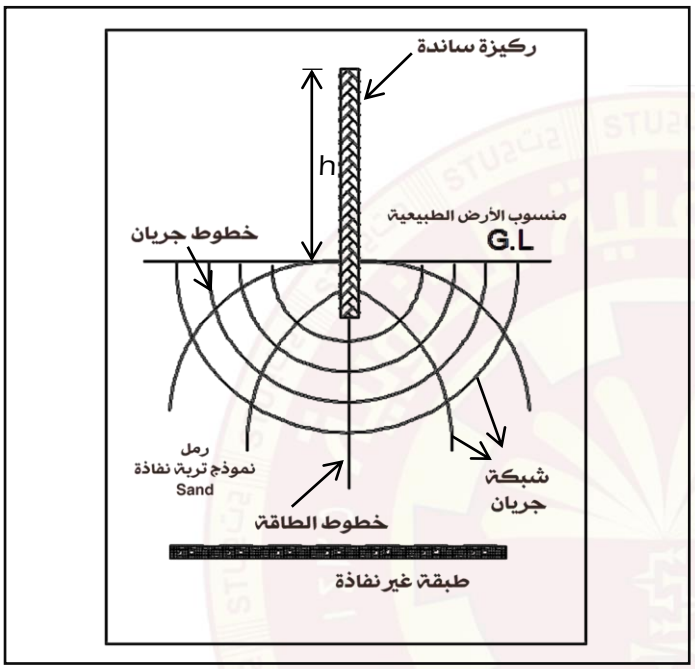
$$q = k \times h \times \frac{Nf}{}$$

حيث:

K: معامل النفاذية (m/sec^2).

h: ارتفاع الماء (m).

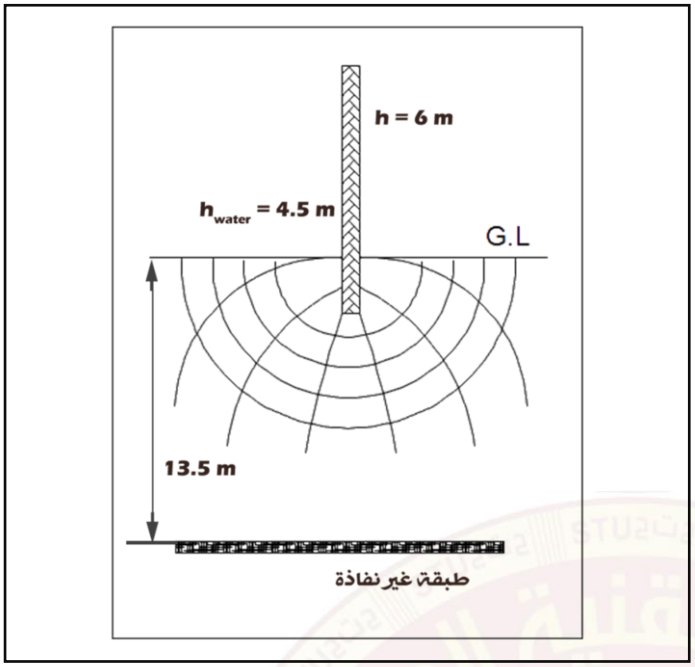
Nf, Nd: عدد بدون وحدات.



سؤال/بالشكل التوضيحي التالي تم غرس ركيزة لوحيه داخل طبقة تربة نفاذة كحاجز مائي فإذا توفرت لديك المعلومات التالية:

١- طول الركيزة المغروزة داخل التربة النفاذة (6 m).
٢- معامل نفاذية التربة النفاذة ($k = 6 \times 10^{-3}$ mm/s).
٣- ارتفاع الماء على أحد جانبي الركيزة (h = 4.5 m).
٤- سمك الطبقة النفاذة (13.5 m).

احسب مقدار التسرب المائي خلال التربة النفاذة بوحدات متر مكعب باليوم؟



الحل/

Nf = 4, Nd = 8

$$q = 6 \times 10^{-3} \times \frac{\frac{1}{1000}}{60 \times 60 \times 24} \times 4.5 \times \frac{4}{8}$$

$$q = \frac{3}{1000} \times \frac{1}{10} \times 36 \times 24 \times 4.5$$

$$= 0.00003 \times 36 \times 24 \times 4.5$$

$$= 0.116\ m^3/day$$

تصنيف التربة

يقصد بتصنيف التربة هو اعطاء هوية للتربة الموضع في التربة في مجاميع كل مجموعه تحمل نفس الخواص والسلوكيات الفيزياوية.

الجدول التالي يوضح تصنيف التربة

١- حسب حجم حبيباتها:

تصنيف التربة	حجم الحبيبات (Size) (ملم)
حصى (Graved)	أكبر > 2
رمل (Sand)	2 > Sand > 0.074
غرين (Silt)	0.074 > Silt > 0.002
طين (Clay)	أصغر < 0.002

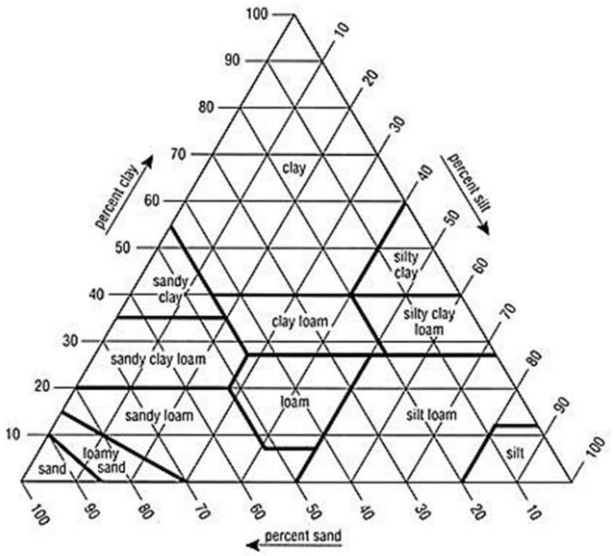
جدول يوضح احجام التربة (ملم):

طين (Clay)			غرين (Silt)			رمل (Sand)			حصى (Graved)		
ناعم	وسط	خشن	ناعم	وسط	خشن	ناعم	وسط	خشن	ناعم	وسط	خشن
F	M	C	F	M	C	F	M	C	F	M	C
0.0002	0.006	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60

سؤال/إذا علمت ان احجام التربة كالاتي صنف التربة حسب حجم حبيباتها:

- قطر الحبيبة (0.07).
- قطر الحبيبة (0.003).

٢- طريقة التمثيل المثلثي للتربة:



مثال \ صف التربة أذا علمت أن (30%) هي رمل و (50%) طين و (40%) غرين؟

٣- التصنيف الموحد للتربة:

تصنيف التربة	الصفة والرمز
حصى (G)	جيد التدرج (w)
رمل (S)	سيئ التدرج (p)
غرين (M)	حد السيولة > 50% لدونة عالية (H)
طين (C)	حد السيولة < 50% لدونة واطئة (L)
تربة عضوية (O)	
تربة نباتية (Pt)	

مثال/ تربة رملية جيدة التدرج ------- (Sw).

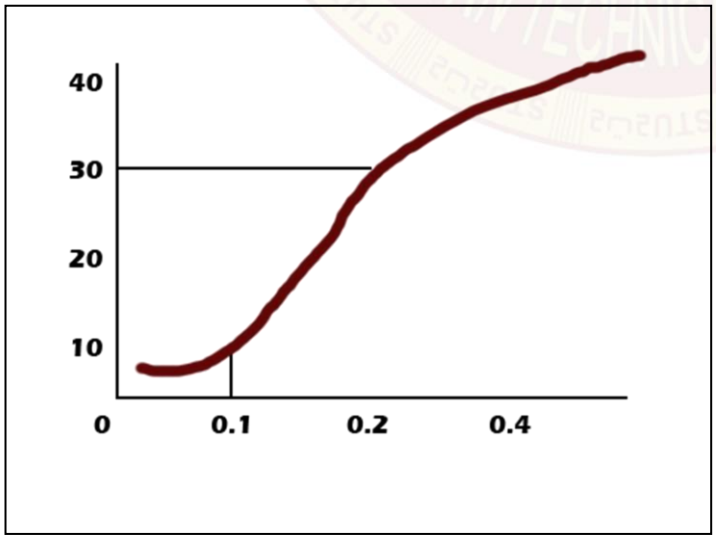
تربة سيئة التدرج وحد السيولة لها (40%)---------- (pL).

٤- منحني تدرج الحبيبات:

يتم الحصول على منحني تدرج الحبيبي لعينة التربة من خلال أجراء فحص التحليل المنخلي والتحليل الهيدرومتري ودمج نتائج هاتين التجربتين في رسم منحني واحد على ورق خاص نصف لوغارتيمي بحيث يمثل المحور الافقي اللوغارتيمي اقطار الحبيبات (mm) بينما المحور العمودي يمثل نسبة الحبيبات العابرة المارة من كل منخل.

مصطلحات عامة

١- **القطر الفعال (D_{10}):** يعرف بأنه قطر الحبيبات التي تنفذ بما يعادل نسبة (10%) من نسبة المار من عينة التربة.



D_{10} = 0.12 mm

٢- معامل الانتظام (Ca):

$$Ca = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

المفروض يكون أكبر من (6) ويعني إذا كان معامل الانتظام اقل من (6) فالتربة تعتبر غير منتظمة.

$$Ca = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$= \frac{0.29}{0.12}$$

$= 2.5 < 6$ **غير منتظمة**

٣- معامل التدرج (Cc):

$$Cc = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$$

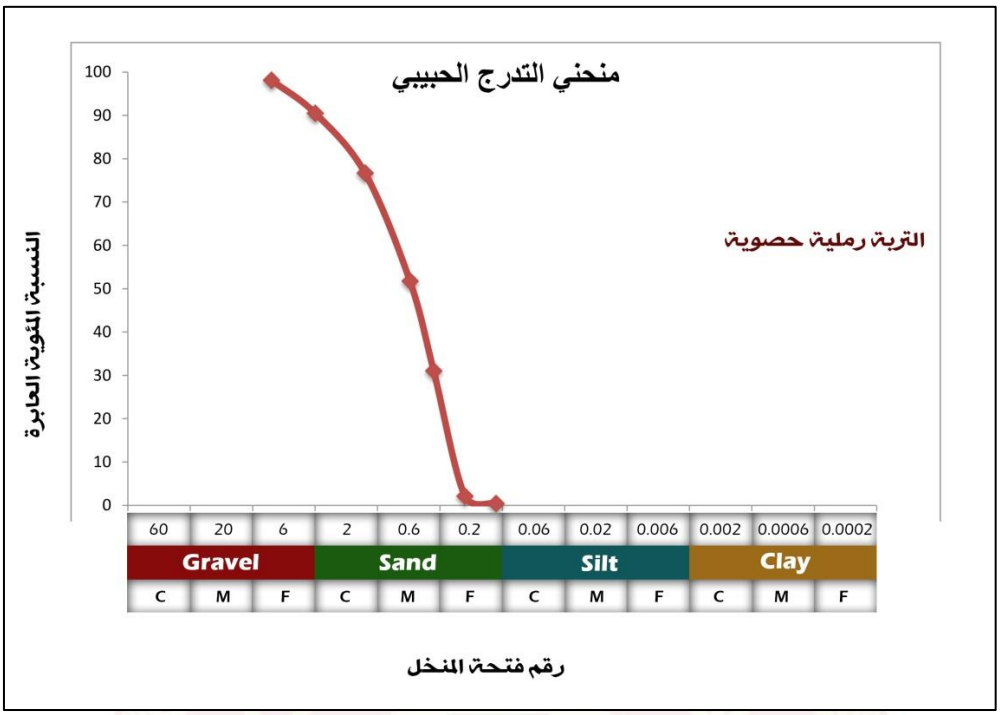
$$= \frac{0.17}{0.12 \times 0.29}$$

$= (1 - 3)$

$= 4.8 > (1 - 3)$ **غير جيدة التدرج**

سؤال/الجدول أدناه يمثل تجربة اجريت لمعرفة نوع التربة والمطلوب تصنيف التربة حسب التوزيع الحبيبي المنخلي أذا علمت أن الوزن الكلي للتربة(519g).

فتحة المنخل	وزن التربة المتبقية (g)	النسبة المئوية المتبقية (%)	النسبة المئوية التراكمية	النسبة المئوية العابرة
4.75	9.7	1.87	1.87	98.13
2.000	39.5	7.61	9.48	90.52
0.84	71.7	13.82	23.30	76.70
0.425	129.32	24.92	48.22	51.78
0.25	107.4	20.69	68.91	31.09
0.15	150.0	28.90	97.81	2.19
0.075	8.5	1.64	99.45	0.46
الوعاء	2.88	0.55	100	0



H.W استخدمت عينة من التربة وزنها (2000g) في فحص المناخل وكانت النتائج كالتالي:

فتحة المنخل	وزن التربة
32	91
16	108
8	224
4	221
2	203
1	260
0.5	410
0.25	366
0.125	97
0.074	15
الوعاء	5

جد كل من:

١- النسبة المئوية المتبقية.
٢- النسبة التراكمية.
٣- النسبة المئوية العابرة.
٤- رسم منحني التدرج الحبيبي مبينا نوع التربة.

رص التربة (الحدل)

يمثل رص التربة أحد المتطلبات المهمة خاصة في المشاريع التي تشكل التربة فيها عنصر اساسي (اعمال الطرق والسدود الترابية واساسات المنشآت).

ويعرف حدل التربة: الطاقة الميكانيكية المسلطة على التربة والتي تؤدي الى زيادة كثافتها بطرد الهواء الموجود بين حبيباتها.

أهداف الحدل:

أن عملية الحدل تهدف الى تحسين خواص التربة الهندسية وإلى تحقيق المتطلبات التالية:

١- زيادة مقدار تحمل التربة.
٢- تقليل الهبوط في التربة وذلك بتقليل نسبة الفراغات بين حبيباتها.
٣- التحكم بالتغيرات الحجمية للتربة من حيث الانكماش والانتفاخ.
٤- تقليل نفاذية التربة.
٥- زيادة معامل النفاذية.

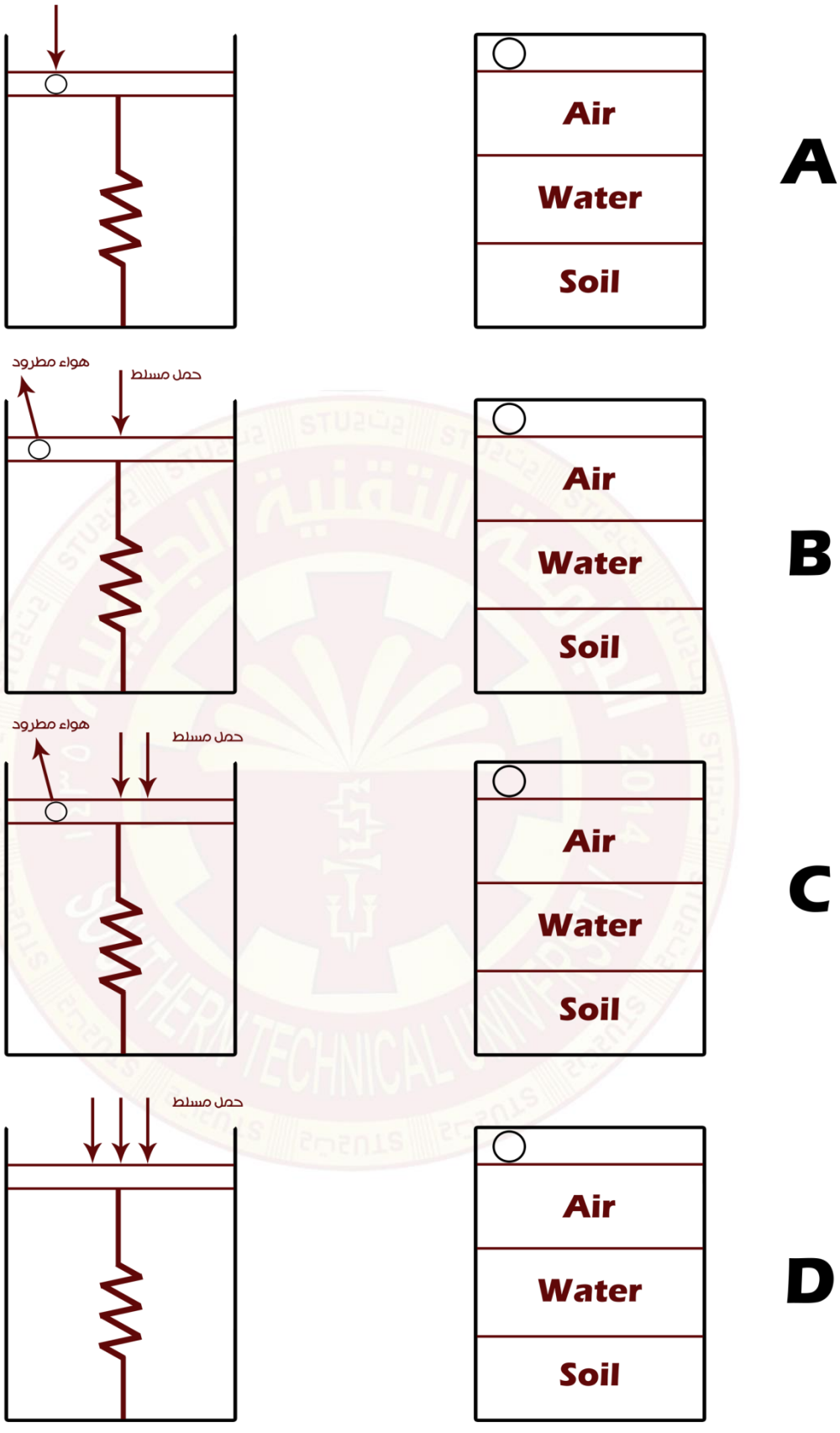
في عام (1930) استخدمت فكرة الحدل بشكل هندسي من قبل عالم امريكي يدعى (بروكتر) أستطاع هذا العالم أن يحدد مجموعة من العوامل ترتبط بعملية الحدل منها:

- كثافة التربة الجافة (γ_d).
- المحتوى المائي (w).
- الجهد المبذول للرص (طاقة الرص).
- نوع التربة.

نظريه الحدل:

تجري عملية الحدل للتربة المشبعة بالماء جزئيا ويتم ذلك من خلال تسليط احمال عليها والهدف من ذلك هو طرد الهواء من داخل الفجوات الموجودة بين حبيبات التربة شبه المشبعة بالماء وتقريبا الجزئيات بعضها من بعض الأخر. أن نظرية الحدل تنص:

"على أن كثافة التربة تتغير حسب محتواها المائي عند تسليط جهد معين وإن كثافة التربة تزداد تدريجيا عند زيادة المحتوى المائي لها وذلك من خلال طرد أكبر كمية من الهواء من داخل الفجوات تتناسب مع الجهد المبذول حيث يترك ذلك امكانية لحبيبات التربة أن تنزلق أحدهما بجانب الاخرى مما يؤدي الى تقارب بين الجزيئات وبالتالي زيادة الكثافة عند استمرار الزيادة من المحتوى المائي حتى تصل الى نسبة المحتوى المائي التي بعدها يتناقص فيها كثافة التربة وهذه النسبة تسمى المحتوى المائي الامثل. وهذا يدل على ان كمية الماء بدأت تزداد لدرجة بدأت الحبيبات تطفو مع الماء مما يؤدي تباعدها وهذا بدوره يقلل الكثافة وهو شيء غير مرغوب به هندسيا".



مخطط يوضح نظرية الحدل

العوامل المؤثرة على الحدل

١- **نوع التربة:** تأثر عملية الحدل اعتمادا على التربة المحدولة وخواصها الهندسية وحجم حبيباتها وتوزيعها الحبيبي وخاصة الحبيبات الناعمة وأهمها التربة الطينية التي يكون توزيعها الحبيبي شامل ويضم معظم المجاميع لتعطي نتائج جيدة وخاصة عند السيطرة على المحتوى المثالي لها.

٢- **طاقة الرص:** ان الزيادة في طاقة الرص تؤدي الى زيادة في الكثافة الجافة القصوى ونقصان في نسبة المحتوى المائي لجميع انواع الترب ولهذا السبب ضرورة الفحص (بروكتر) القياسي الى المعدل.

$$E = \frac{Nb \times N_1 \times h \times wh}{V_m}$$

حيث إن:

E: طاقة الرص.

NB: عدد الضربات في كل طبقة.

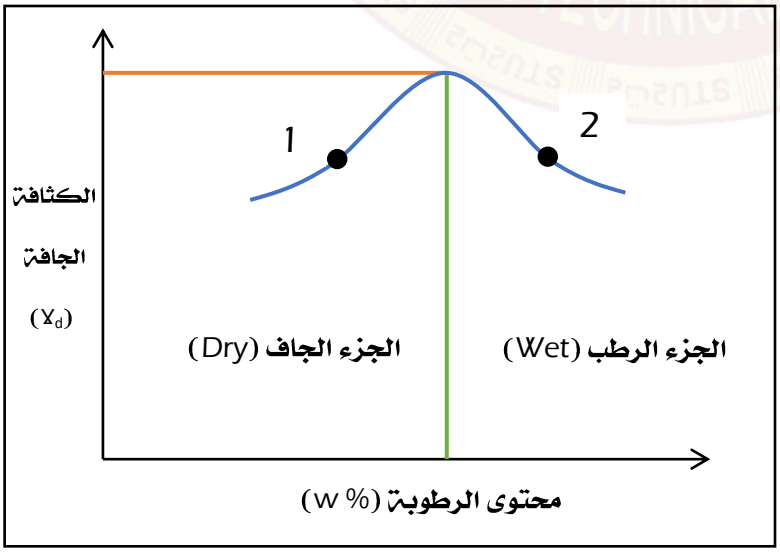
N_1: عدد الطبقات.

h: ارتفاع السقوط الحر.

wh: وزن المطرقة.

V_m: حجم القالب.

٣- **المحتوى المائي:** يعتبر المحتوى المائي للتربة العامل الاساسي للحصول على الكثافة الجافة القصوى لها أثناء عملية الحدل و خاصة عند الاقتراب من المحتوى المائي الأمثل حيث تعطي نتائج الحدل للنموذج أعظم حالاته وهي الحصول على الكثافة الجافة القصوى من رسم العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى الرطوبة (المائي) تظهر قسما لمحتوى المائي لنفس الكثافة الجافة الاعتيادية أحدهما في الجانب الجاف والاخرى في الجانب الرطب ولكن عند الكثافة الجافة القصوى تظهر قيمة واحد للمحتوى المائي تسمى المحتوى المائي الأمثل كما في الشكل أدناه:



فحوصات الحدل المختبرية

١- **فحص بروكتر القياسي:** يتم الفحص من خلال تحضير أربع الى خمس عينات من التربة من خلال زيادة نسبة المحتوى المائي لها وتعدل هذه النماذج في قالب بروكتر خاصه والذي يحمل مواصفات خاصة (101.6 mm) قطر وارتفاعها (116.4 mm) وحجمه ($943.3\ cm^3$) ووزن المطرقة له (2.5 Kg) ولها ارتفاع سقوط حر مقداره (30.5 cm) وبعد اكمال التجارب على النماذج المفحوصة باستخدام العلاقة التالية يمكن حساب الكثافة الكلية:

$$\text{الكثافة الكلية} = \frac{\text{وزن التربة الكلي}(w)}{\text{حجم القالب}(V_m)}$$

مثال/يتم أجراء فحص بروكتر القياسي لنماذج التربة لموقع معين وكانت نتائج الفحص كما مبين في الجدول التالي. المطلوب أيجاد الكثافة الجافة القصوى للنموذج محتوى الرطوبة الامثل المناظرة له؟

	1	2	2	4	5	6
وزن التربة الرطب (g)	1847.71	2000.37	2163.13	2188.75	2097.81	2012.74
كثافة التربة الرطبة (g/cm^3)	1.96	2.12	2.29	2.32	2.22	2.13
المحتوى المائي (%)	6	8	10.58	12.89	15.68	17.78
الكثافة الجافة (g/cm^3)	1.85	1.96	2.07	2.055	1.922	1.811

- إذا علمت ان حجم القالب ($943.3\ cm^3$)

ملاحظة/ ١- المحتوى المائي يقسم على (100). ٢- في بعض الأسئلة قد لا يعطي المحتوى المائي.

الحل/

$$\Delta\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1+w\%}$$

1- $\Delta\gamma_1 = \frac{1.96}{1+0.06} = 1.85\ g/cm^3$

2- $\Delta\gamma_2 = \frac{2.12}{1+0.08} = 1.96\ g/cm^3$

3- $\Delta\gamma_3 = \frac{2.29}{1+0.1058} = 2.07\ g/cm^3$

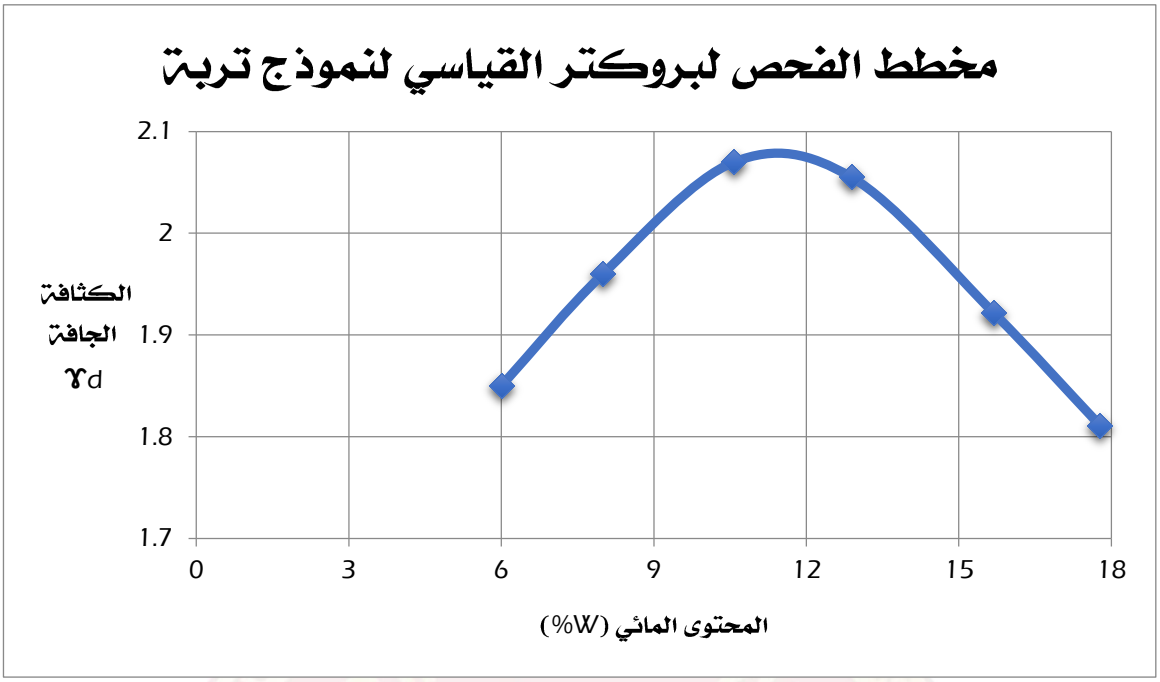
4- $\Delta\gamma_4 = \frac{2.32}{1+0.1289} = 2.055\ g/cm^3$

5- $\Delta\gamma_5 = \frac{2.22}{1+0.1568} = 1.922\ g/cm^3$

6- $\Delta\gamma_6 = \frac{2.13}{1+0.1778} = 1.811\ g/cm^3$

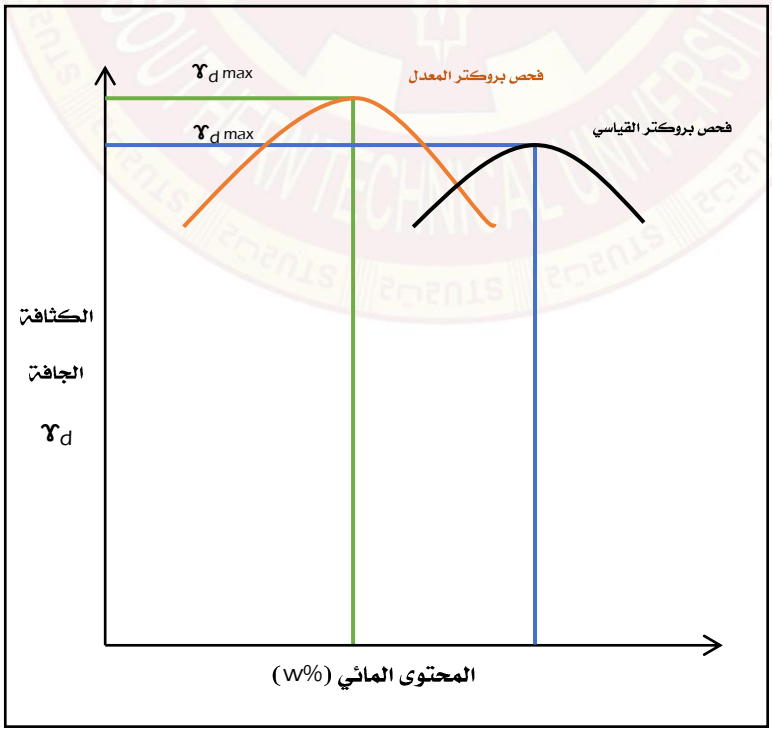
جهاز بروكتر القياسي والمعدل

طباعة وتصميم : محمد حسين كاظم – محمد محسن عبود



٢- **فحص بروكتر المعدل:** يعد هذا الفحص طريقة مطورة ومعدلة لفحص بروكتر القياسي ويتم فيه استخدام قالب القياسي السابق ولغرض الحصول على نتائج أفضل للحدل من فحص بروكتر القياسي يتم تغيير بعض المواصفات وكما مبين أدناه:

- عدد طبقات الرص داخل القالب خمسه طبقات بدل من ثلاث طبقات.
- وزن المطرقة (4.5 Kg) بدلاً من (2.5 Kg).
- ارتفاع السقوط الحر (45 cm) بدلاً من (30 cm).



درجه الحدل النسبي (R.C)

بالنظر الى التفاوت الكبير بين ظروف الحدل في الموقع حيث الظروف المناخية الطبيعية وكذلك حجم العمل مقارنة بالفحص داخل المختبر حيث يمكن السيطرة نسبيا على الظروف التي يتم فيها الفحص ولغرض ضمان كفاءة الحدل في الموقع استخدام أسلوب نسبة الحدل النسبي:

$$R.C = \frac{\gamma_d(Field)}{\gamma_{d\,max}(Lab)}$$

$\gamma_d(Field)$: كثافة جافة في موقع.

$\gamma_{d\,max}(Lab)$: الكثافة الجافة القصوى في المختبر.

الإجهادات في التربة

أن المقصود بهذه الاجهادات هي تلك الاجهادات الناتجة عن الاحمال السطحية بسبب المنشآت أو المباني المختلفة و أن هذه الاحمال تتناسب عكسيا مع المسافة العمودية و الافقية بين نقطة التأثير أو النقطة المؤثرة عليها ، أن اكثر الطرق التحليلية في حساب هذه التأثيرات تعتمد في الاساس على استعمال نظرية المرونة و الافتراضات التالية :

١- تعتبر كتلة التربة وسطا مرنا حيث تكون فيه العلاقة بين الاجهاد والانفعال ثابتة .
٢- أن كتلة التربة بما فيها من مكونات ومركبات تعتبر مادة متجانسة .
٣- تكون الخواص الهندسية لكتلة التربة متشابهة في جميع الاتجاهات .
٤- تعتبر كتلة التربة ذات حدود باتجاه واحد فقط وهو الافقي .

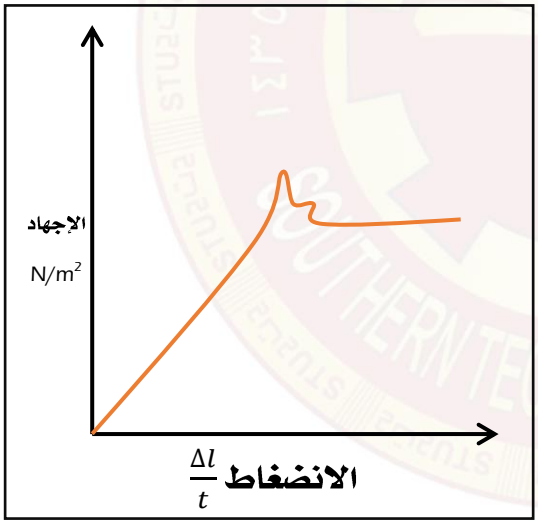
$$Q_t = \frac{\emptyset}{Z^2} \times \frac{3}{2\pi} \times \left[\frac{1}{1+\left(\frac{r}{z}\right)^2}\right]^{5/2}$$

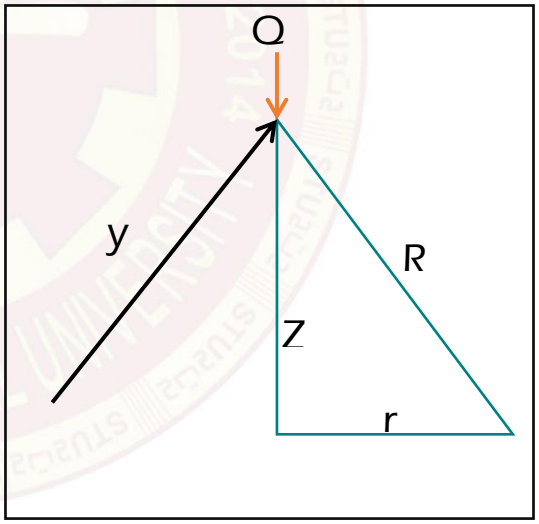
Q : الإجهاد والضغط الشاقولي.

Ø : الثقل المركز.

Z : العمق.

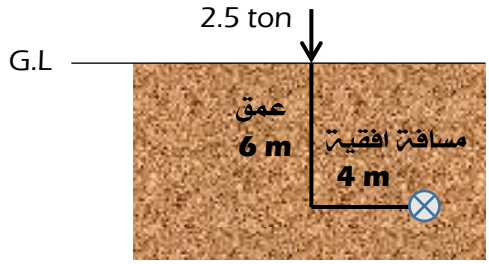
z : المسافة الأفقية.





طباعة وتصميم : محمد حسين كاظم – محمد محسن عبود

سؤال/ ثقل مركز مقداره (2.5 ton) يؤثر على سطح وسط مرن. جد الضغط الشاقولي على عمق (6m) تحت الثقل مباشرة و كذلك جد الاجهاد في نقطة تبعد (4m) أفقيا عن محور التحميل و على نفس العمق ؟



الحل/

$$1-\ \partial_1 = \frac{\emptyset}{Z^2} \times \frac{3}{2\pi} \times \left[\frac{1}{1+\left(\frac{r}{z}\right)^2}\right]^{5/2}$$

$$= \frac{2.5}{6^2} \times \frac{3}{2(3.14)} \times \left[\frac{1}{1+\left(\frac{0}{6}\right)^2}\right]^{5/2}$$

$$= 0.033\ ton/m^2$$

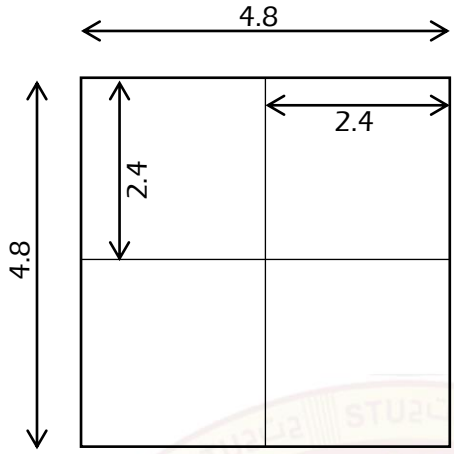
$$2-\ \partial_2 = \frac{\emptyset}{Z^2} \times \frac{3}{2\pi} \times \left[\frac{1}{1+\left(\frac{r}{z}\right)^2}\right]^{5/2}$$

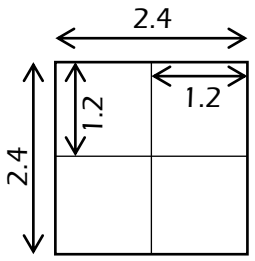
$$= \frac{2.5}{6^2} \times \frac{3}{2(3.14)} \times \left[\frac{1}{1+\left(\frac{4}{6}\right)^2}\right]^{5/2}$$

$$= 0.033 \times 0.39$$

$$= 0.012\ ton/m^2$$

مثال\ جد الاجهاد الشاقولي في نقطة على عمق (6m) تحت مركز مساحة محملة ابعادها (4.8m * 4.8m) عليها ثقل موزع مقداره (15 ton/m^2) وذلك عن طريق توزيع المساحة الى اربع وحدات مساحة وابدال الثقل الموزع بثقل مركز مكافئ؟





الحل/

$\emptyset = 15\ ton/m^2 \times (2.4 \times 2.4)m^2$

$\emptyset = 86.4\ ton$

$r = \sqrt{(1.2)^2 + (1.2)^2} \rightarrow r = 1.69\ m$

$$\partial_1 = \frac{\emptyset}{Z^2} \times \frac{3}{2\pi} \times \left[\frac{1}{1+\left(\frac{r}{z}\right)^2}\right]^{5/2}$$

$$= \frac{86.4}{6^2} \times \frac{3}{2(3.14)} \times \left[\frac{1}{1+\left(\frac{1.69}{6}\right)^2}\right]^{5/2}$$

$= 0.945\ ton/m^2 \times 4$

$= 3.78\ ton/m^2$

الانضمام و الهبوط في التربة

الانضمام في التربة عبارة عن التقليص الحجمي التدريجي في التربة المشبعة و يكون ذلك واضحا في التربة الطينية و يتم التقلص بسبب تسرب ماء التربة في المنطقة المعرضة لتسليط الاحمال الخارجية للمنشآت كالأبنية و ما شابة ذلك و عند تعرض منطقة ما الى ضغوط ناتجة عن تحميل يؤدي ذلك الى انضغاط الطبقات الارضية وفقا لطبقة تكوينها فإذا كان مقدار الانضمام كبيرا فأن ذلك يسبب الهبوط للمنشآت عند سطح التربة. والهبوط في المباني يكون على نوعين أولهما الهبوط الكلي و ثانيهما هبوط التفاوت و لكل نوع من هذين النوعين و أضراره على المنشآت .

نظرية ترزاكي في انضمام التربة

لقد وضعت تحليلات ترزاكي النظرية الاولى لتحديد معدل حركة الانضمام للتربة و أهم فرضياته كانت:

١- أن تكون التربة مشبعة اشباعا كاملا و متجانسة تماما.
٢- إن حبيبات التربة بما فيها من الماء مادة غير قابلة للانضغاط.
٣- يمكن تطبيق قانون دارسي على سرعة جريان الماء في التربة.
٤- يكون معامل تنافذ الماء ثابتا خلال عملية الانضمام.
٥- تكون التربة محصورة بالاتجاه الأفقي و بذلك يكون انضغاطها باتجاه واحد فقط وهو الشاقولي.
٦- يتم تصريف ماء الفجوات الاضافي فقط باتجاه العمودي.

- **الانضمام المرن أو الاني:** ويتم في اقصر وقت ويكون في التربة الرملية .
- **الانضمام طويل الامد:** وهذا يحدث في التربة الطينية المشبعة و يعتمد على معرفة معامل الانضغاط أو معامل التغير الحجمي للتربة و يتكون هذا القسم من جزئين:-

أ- الانضمام الاولي او الابتدائي.

ب- **الانضمام الثانوي:** و يكون مقداره صغيرا جدا و يستغرق وقتا طويلا و لا يؤخذ بنظر الاعتبار في حساب الهبوط للمنشآت .

سؤال/ طبقة طينية سمكها (5m) لها نسبة مسام ابتدائي (1.2) فإذا وجد أن معامل الانضغاط (Cc) لهذا النوع من الطين (0.35) أستخرج الهبوط أذا علمت أن معدل الحمل على التربة أزداد من ($1.5\ kg/cm^2$) الى ($2.5\ kg/cm^2$)؟

الحل:

$$S = H \times \frac{Cc}{1+e} \times \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

حيث ان:

ΔP : فرق الضغط ($P_2 - P_0$).

P_0: الضغط الابتدائي.

e : نسبة المسام.

Cc: معامل الانضغاط.

H : سمك الطبقة.

S: الهبوط.

$$S = 5 \times \frac{0.35}{1+1.2} \times \log \frac{1.5+1.0}{1.5}$$

$$= 0.177\ m$$

$$= 17.7\ cm$$

****

سؤال/ طبقة طينية سمكها (3m) تقع على عمق (7m) تحت سطح التربة ، فوق وتحت هذه الطبقة الطينية يوجد رمل مرصوص الحبيبات مساميته (0.35) ووزنه النوعي (2.72) ومستوى جدول الماء الارضي على عمق (3 m) من سطح التربة ودرجة تشبع الرمل فوق مستوى الجدول هي (0.40) ما هي قيمة الهبوط النهائي أذا علمت أن الضغط في منتصف طبقة الطين أزداد بمقدار ($1.5\ Kg/cm^2$) وحد السيولة للطين هو (50) ووحده الوزن مشبعة له ($1.95\ ton/m^2$) ووزنه النوعي (2.65).

الحل/

$\gamma_{sub(Clay)} = \frac{G_s - 1}{1+e} \times \gamma_w$ ..... $\gamma_{sub(Clay)}$ = الكثافة المغمورة للطين

$\gamma_{sub(Clay)} = \gamma_{Sat} - \gamma_w$ ..... γ_{Sat} = الكثافة المشبعة (وحدة الوزن المشبع)

$\gamma_{sub(Clay)} = 1.95 - 1 \rightarrow \gamma_{sub(Clay)} = 0.95\ ton/m^3$

$0.95 = \frac{2.65-1}{1+e} \times 1$

$e_{(Clay)} = 0.74$

ملاحظة/ لحساب الضغط الابتدائي على طبقة الطين (P_o) نحسب الكثافة لكل طبقة ونضربها في سمك الطبقة ثم نجمع حاصل الضرب باستخراج الضغط الابتدائي.

$\gamma_{1\ Sand\ (Dry)} = \frac{G_s + Sr + e}{1+e} \times \gamma_w$ ..... $\gamma_{1\ Sand}$ الرمل الجاف فوق مستوى الماء الأرضي

$e_{Sand} = \frac{n}{n-1} = \frac{0.35}{1-0.35} = 0.54$

$\gamma_{1\ Sand\ (Dry)} = \frac{2.72 + 0.4 + 0.54}{2 + 0.54} = 1.91\ ton/m^3$

ملاحظة/ (Gs) هو نفسه للرمل الجاف والمشبع لأن له نفس الخواص الفيزياوية.

ملاحظة/ الطبقة الطينية التي نحسب بها الهبوط تحسب من نصفها (3/2 = 1.5) الطبقة السفلى.

$\gamma_{(Sub\ Sand2)} = \frac{G_s - 1}{1+e} \times \gamma_w$

$\gamma_{(Sub\ Sand2)} = \frac{2.72 - 1}{1+0.54}$

$\gamma_{(Sub\ Sand2)} = 1.12\ ton/m^3$

$P_o = 3 \times 1.91 + 4 \times 1.12 + 1.5 \times 0.95$

$P_o = 11.63\ ton/m^3$ يحول

$P_o = \frac{11.63 \times 1000}{100 \times 100}$

$P_o = 1.163\ kg/m^2$

$S = H \times \frac{Cc}{1+e} \times \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$

$S = 3 \times 100 \times \frac{0.28}{1+0.74} \times \log \frac{1.63 + 1.5}{1.163}$

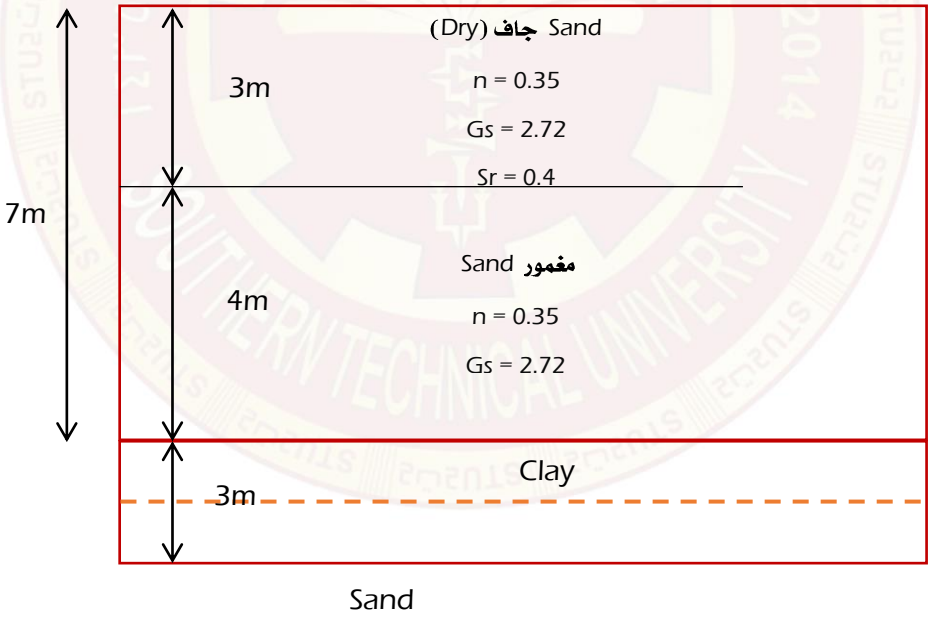
$S = 17.3\ cm$

في حالة عدم إعطاء معامل الانضغاط (Cc) نحسبه من العلاقة التالية :

$Cc = 0.007\ (L.L - 10)$

$= 0.007\ (50 - 10)$

$= 0.28$



سؤال/ أقترح أنشاء طريق على تربة تتألف من (4m) من الطين الهش تعلوه طبقة سمكها (12 m) من الرمل و تحتها طبقة صخر غير نفاذ. جدول الماء الارضي على عمق (3m) من سطح الأرض. وحدة الوزن الجاف والوزن النوعي للرمل (2.65 , $1.62\ ton/m^3$) **وللطين** (2.72 , $1.32\ ton/m^3$).

فإذا وجد أن الطريق يحتاج تعلية ترابية ارتفاعها (5 m) لكي تصبح بنفس مستوى الطريق الاصلي وإذا كانت وحدة وزن المواد المستعملة في التعلية هي ($1.65\ ton/m^3$) **إذا علمت أن دليل الانضغاط** ($Cc = 0.43$) **جد الهبوط النهائي ؟**

الحل/

$$S = H \times \frac{Cc}{1+e} \times \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}$$

$$\gamma_{d\ (Clay)} = \frac{G_s}{1+e} \times \gamma_w$$

$$1.32 = \frac{2.72}{1+e} \times 1$$

$$e_{(Clay)} = 1.06$$

$$\gamma_{d\ (Sub\text{المغمور})} = \frac{G_s - 1}{1+e} \times \gamma_w$$

$$\gamma_{d\ (Sand)} = \frac{G_s}{1+e} \times \gamma_w$$

$$1.62 = \frac{2.65}{1+e} \times 1 \rightarrow e_{Sand} = 0.635$$

$$\gamma_{d\ (Sub\ Sand2)} = \frac{G_s - 1}{1+e} \times \gamma_w$$

$$\gamma_{d\ (Sub\ Sand2)} = \frac{2.65 - 1}{1+0.635}$$

$$\gamma_{d\ (Sub\ Sand2)} = 1.01\ ton/m^3$$

$$\gamma_{(Sub\ Clay)} = \frac{G_s - 1}{1+e} \times \gamma_w$$

$$\gamma_{(Sub\ Clay)} = \frac{2.72 - 1}{1+1.06}$$

$$\gamma_{(Sub\ Clay)} = 0.835\ ton/m^3$$

$$P_o = 3 \times 1.62 + 9 \times 1.01 + 2 \times 0.835$$

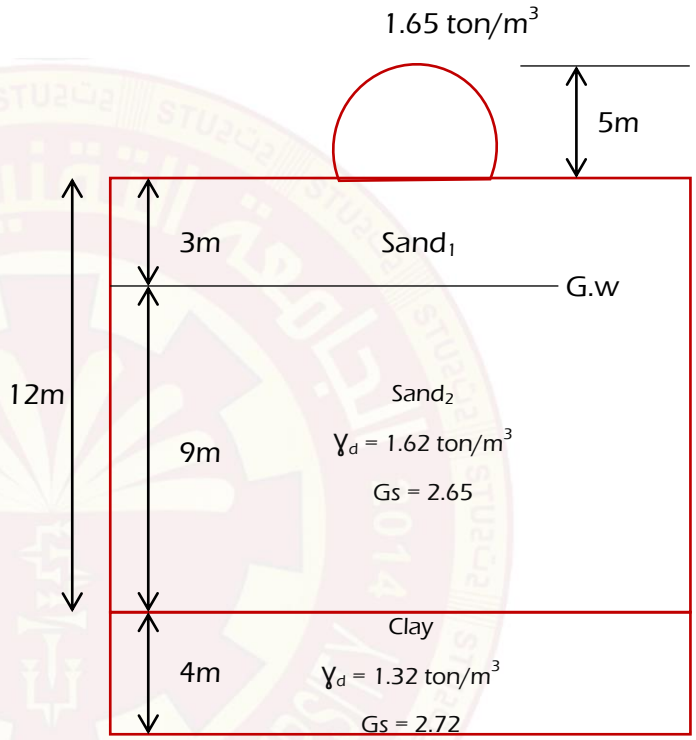
$$P_o = 15.62\ ton/m^2$$

$$\Delta P = 5 \times 1.65\ (\text{السمك} \times \text{الكثافة})$$

$$\Delta P = 8.25\ ton/m^3$$

$$S = 4 \times 100 \times \frac{0.43}{1+1.06} \times \log \frac{15.62+8.25}{15.62}$$

$$S = 13.2\ cm$$



مقاومة القص في التربة

أن التربة لا تقاوم الاثقال المسلطة بقابليتها أو مقاومتها في القص. وسواء كانت تلك القوه مسببه للضغط أو الشد فأن مقاومة التربة تبقى واحدة على العكس من المواد الهندسية . أن معرفة و تحديد مقاومة القص لتربة تساعد في تحليل مسائل استقراريه المنشآت المختلفة وكذلك استقراريه كتلة التربة نفسها.

تتولد قوه القص في التربة من جراء تسليط الاثقال عليها التي تؤدي في البداية الامر الى تحريك أو انزلاق أو تفتيت الحبيبات الترابية على بعضها البعض و في حالة التربة الرخوة أو المفككة يصعب ذلك تقليص في حجم كتله التربة ينتج عنة صغر المسام بين الحبيبات الى الحد الادنى و يعقب ذلك انزلاق تلك الحبيبات مع زيادة في الحجم وفي حالة التربة المتراصة نلاحظ زيادة في حجم التربة عند انزلاق الحبيبات الترابية من ذلك يمكن التوصل الى أن مقاومة القص تتكون من مركبتين أساسيتين هما:

١- التماسك في حالة التربة الطينية .
٢- الاحتكاك في حالة التربة الرملية و تحتوي التربة الغرينية تلك المركبتين و هكذا توصل العالم (كولومب) الى التعبير عن مقاومة القص الكلي في التربة بمعادلته المعروفة.

سؤال/ ماهي نظرية مقاومة القص؟

$$T_f = C + \sigma_n \tan \emptyset$$

حيث:

T_f: مقاومة القص الكلي للتربة.

C: التماسك بين حبيبات التربة.

∂_n: الإجهاد العمودي.

tan: معامل الاحتكاك.

Ø: زاوية الاحتكاك الداخلي بين الحبيبات.

ضغط التراب الجانبي والمنشآت الساندة

lateral earth pressure and retaining

$$P = \gamma \times h$$

يتوزع الضغط في حالة المواد السائلة (الماء)عند اي عمق معين بالتساوي في جميع الاتجاهات و يعادل هذا الضغط حاصل ضرب ارتفاع العمود في وحدة الوزن تلك المادة أما في التربة فأنه الضغط العمودي (الضغط المحمول) يختلف عن الضغط الجانبي (الاحتكاك و التماسك)الذي يتولد عنة في نقطة ما.

ضغط التربة

- هو عبارة عن القوة أو الضغط الذي ينتج من التربة عند حدودها بينما يؤثر هذا الضغط على جانبي جدار ساند يعرف بأنه ضغط التربة الجانبي. وتسلط التربة ثلاث انواع من الضغوط على الجدار الساند هي:

- **ضغط السكون :** يتمثل هذا النوع من الضغط عندما يكون الجدار ثابتا في حالة انعدام الحركة حيث تكون التربة في حالة سكون تام و تحصل مثل هذه الحالة في جدران الاسس العميقة و كذلك في مساند الجسور الجانبية ودعاماتها.

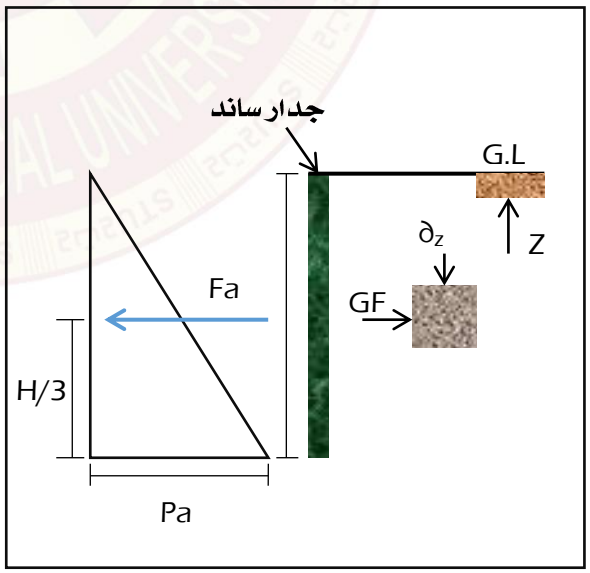
- **الضغط الفعلي :**

- نظرية رانكن في ضغط التربة: لقد أعتبر رانكن أن توازن جزيئة التربة ضمن كتلة التربة المحصورة بين الحدود شبيهه باللانهاية . واعتمدت هذه النظرية على الفرضيات التالية:
  ١. أن كتلة التربة ذات حدود شبيه باللانهاية ، متجانسة التكوين ، جافة وغير متماسكة .
  ٢. يكون سطح التربة بمثابة مستوى أفقي أو منحدر .
  ٣. يكون ظهر الجدار الساند أملس و لا يحصل أي احتكاك بينه وبين التربة الساندة .
  ٤. تكون كتلة التربة في حالة التوازن اللدن .

بالرغم أن هذه الافتراضات تقوم بتبسيط التفاعل الداخلي بين الجدران و التربة الا أنها أقرب الى المثالية وبعيدة عن الواقع العملي .

- **الضغط الفعلي للتربة الغير متماسكة :**

١. **التربة الجافة بدون تحميل سطحي:**



$$Ka = \frac{1 - \sin \emptyset}{1 + \sin \emptyset}$$

$$Fa = 1/2\ Ka \times \gamma H^2$$

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

$$\text{القوة} = \text{الضغط} \times \text{المساحة}$$

$$F = A \times P$$

$$= A \times \gamma H$$

$$P = \gamma H$$

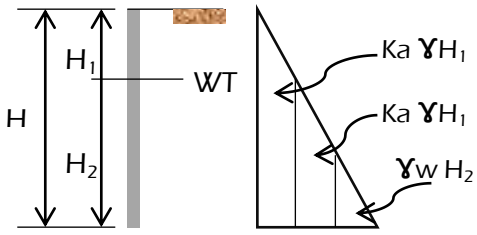
$$A = 1/2\ P \times H$$

$$= 1/2\ \gamma H \times H$$

$$A = 1/2\ \gamma H^2$$

٢. الضغط الجانبي في حالة الانغمار الجزئي للتربة:

$$Pa = Ka\ [\ \gamma H_1 + \gamma H_2\ ] + \gamma w\ H_2$$



سؤال/ جدار ساند عمودي بارتفاع (6m) يسند تربة رملية ذات سطح افقي بارتفاع الجدار ووحدة وزن التربة المسندة ($1.75\ ton/m^3$) وبزاوية احتكاك داخلي ($Ø = 30^o$)

١- **أوجد الضغط الفعلي باستعمال طريقة رانكن بحالة التربة الجافة .**

٢- **ما هو مقدار الزيادة في الضغط الكلي عندما يرتفع الجدول الارضي الى مستوى سطح التربة على فرض أن وحدة وزن التربة المغمورة هو ($1.1\ ton/m^3$) ؟**

الجواب/

$$Ka = \frac{1-\sin Ø}{1+\sin Ø}$$

$$Ka = \frac{1-\sin 30}{1+\sin 30}$$

$Ka = 1/3$

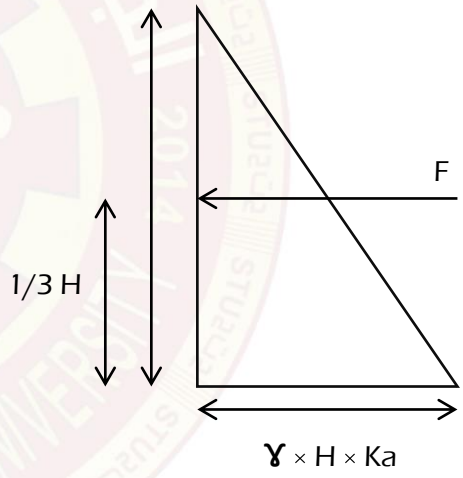
$Ka = 0.334$

القاعدة $= \gamma \times H \times Ka$

الضغط $=$ **الارتفاع** $\times$ **القاعدة** $\times 1/2$

$= 1/2 \times (1.75 \times 6 \times 0.334) \times 6$

$= 10.5\ ton/m^2$



$F_1 = 1/2 \times (P_1) \times H$

$= 1/2 \times (\gamma \times H \times Ka) \times H$

$= 1/2 \times (1.1 \times 6 \times 0.334) \times 6$

$= 6.6\ ton/m^2$

$F_2 = 1/2 \times (P_2) \times H$

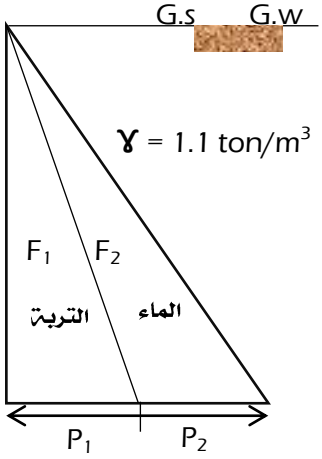
$= 1/2 \times (\gamma \times H) \times H \rightarrow F_2 = 1/2 \times (1 \times 6) \times 6$

$= 18\ ton/m^2$

$F_{Total} = 6.6 + 18 \rightarrow F_{Total} = 24.6\ ton/m^2$

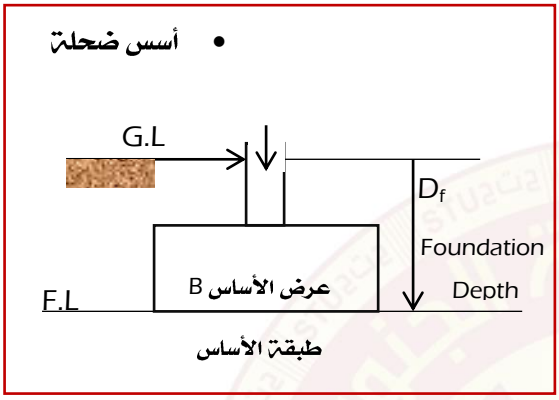
الزيادة في الوزن $= 24.6 + 10.5$

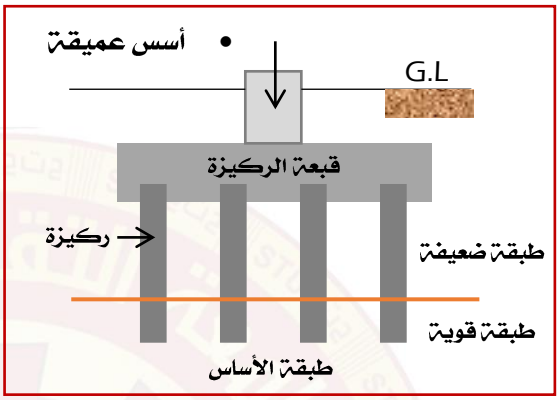
$= 14.1\ ton/m^2$



قابلية تحمل التربة و أنواع الاسس الضحلة

تنتقل الاحمال الموجودة في الهياكل الانشائية (السقوف ، الجسور ، الاعمدة) و غيرها من العناصر الانشائية الى الاسس و بالتالي تنتقل هذه الاسس تلك الاحمال الى التربة ، لذا اصبح من الضروري ان تختار نوع وشكل و حجم هذه الاسس لنقل تلك الاحمال و بشكل أمين لطبقة التربة ، بشكل عام تنتقل أحمال المنشآت الانشائية الى الاساسات ثم الى طبقة التربة القوية لتحمل هذه الاثقال قريبة من سطح الأرض فتسمى بالأسس الضحلة أما أذا كانت طبقة التربة القادرة على تحمل الأثقال بعيدة عن سطح الأرض فتسمى بالأسس العميقة.





- أن الغرض من دراسة قابلية تحمل التربة (B.C) هو تحديد قابلية التحمل الأقصى للتربة (qu)وهو يمثل الإجهاد الذي يؤثر على طبقة الأساس و يحدث عنده انهيار بالقص في هذه الطبقة. المقصودة بالانهيار هنا هو انقسام التربة الى أجزاء منفصلة ومنزلقة بعضها على بعض و لمسافات مختلفة تعتمد على عدة أمور مثل العمل المسلط ، نوع التربة وغيرها.
- أن الهدف الأساس لحساب قابلية التحمل القصوى (qu) لتربة الأساس هو تحديد المساحة المطلوبة للأسس و كذلك قابلية تحمل التربة للأحمال المسلطة عليها دون حدوث انهيار أو هبوط كبير غير مسموح به للأسس.

- **حساب قابلية التحمل القصوى للتربة**

أساس شريطي ---------- $qu = CN_C + q_o N_q + 0.5\gamma BN_\gamma$

أساس مربع ---------- $qu = 1.3CN_C + q_o N_q + 0.4\gamma BN_\gamma$

أساس دائري ---------- $qu = CN_C + q_o N_q + 0.3\gamma DN_\gamma$

حيث ان:

C : اجهاد التماسك للتربة.

C : اجهاد التماسك للتربة.

N_c , N_q , N_γ : معامل قابلة التحمل حيث يعتمد على زاوية الاحتكاك الداخلي (Ø) ويمكن ايجادها من جدول او رسومات بيانية خاصة.

q_o : اجهاد طبقة فوق الأساس ($q_o = \gamma * d_f$).

γ : كثافة التربة تحت الأساس.

d_f : عمق الأساس.

طباعة وتصميم : محمد حسين كاظم – محمد محسن عبود