(17)

وليد صبابي

تابع :

Consolidation
التصلد

ملزمة (8)

Part II

* تابع : تحليل نتائج التجربة .

- المجموعة الثانية من النتائج — ص2 : ص3
- تطبيقات على تحليل المجموعة الثانية من النتائج — ص3
  - (A) $S - \log t$ لإيجاد المعامل c_v — ص3 : ص4
  - (B) $S - \sqrt{t}$ ~ ~ ~ — ص5
  - (C) مكونات الجوط . — ص6
  - (D) حساب t_{layer} بمعلومية t_{sample} . — ص6
- Example (3) — ص7
- Example (4) — ص8 : ص10
- Example (5) — ص11
- Example (6) — ص12

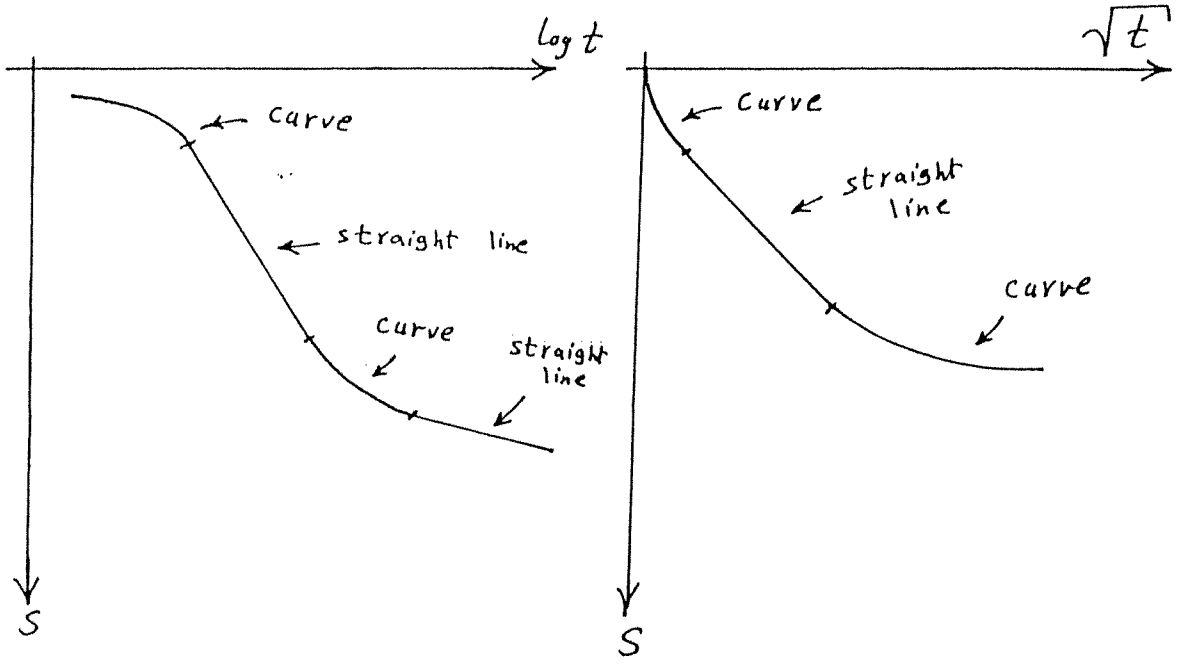
* تابع: تحليل نتائج تجربة الـ Consolidation :-

- المجموعة الثانية من النتائج [$S - \log t$ or $S - \sqrt{t}$] :

- حصلنا من التجربة على جدول نتائج [Table (2)] وهو يمثل قيم الهبوط المختلفة وتتزايد مع الزمن [خلال 24 hrs] تحت تأثير نفس الإجهاد [وتبقى ثابتة $P = \text{ثابت}$].

Time	✓	✓	✓	✓	✓
Settlement (mm)	✓	✓	✓	✓	

- ويتم رسم علاقة بيانية بين الهبوط (Settlement) والزمن (time) بإحدى الطريقتين التاليتين:



- وقد سبق [في ص 7,8 المذكرة السابقة (رقم 13)] تعريف القيم التالية:

- **degree of Consolidation** $U = \dfrac{S_{at\ any\ time}}{S_{final}} \times 100$ %

وهي تعبر عن مدى اقتراب (أو ابتعاد) نقطة ما عن الـ Consolidation

- time factor T_v

هناك جدول يربط بين قيم T_v عند القيم المختلفة لـ (U)

$$T_v = \frac{\pi}{4}\left[\frac{U\%}{100}\right]^2 \quad \ldots\ldots \quad U \leq 60\%$$

$$T_v = 1.781 - 0.933 \log[100 - U\%] \quad \ldots\ldots \quad U > 60\%$$

والقيمتين المقابلتين لـ T_v يكفي استخدامها

كفظ

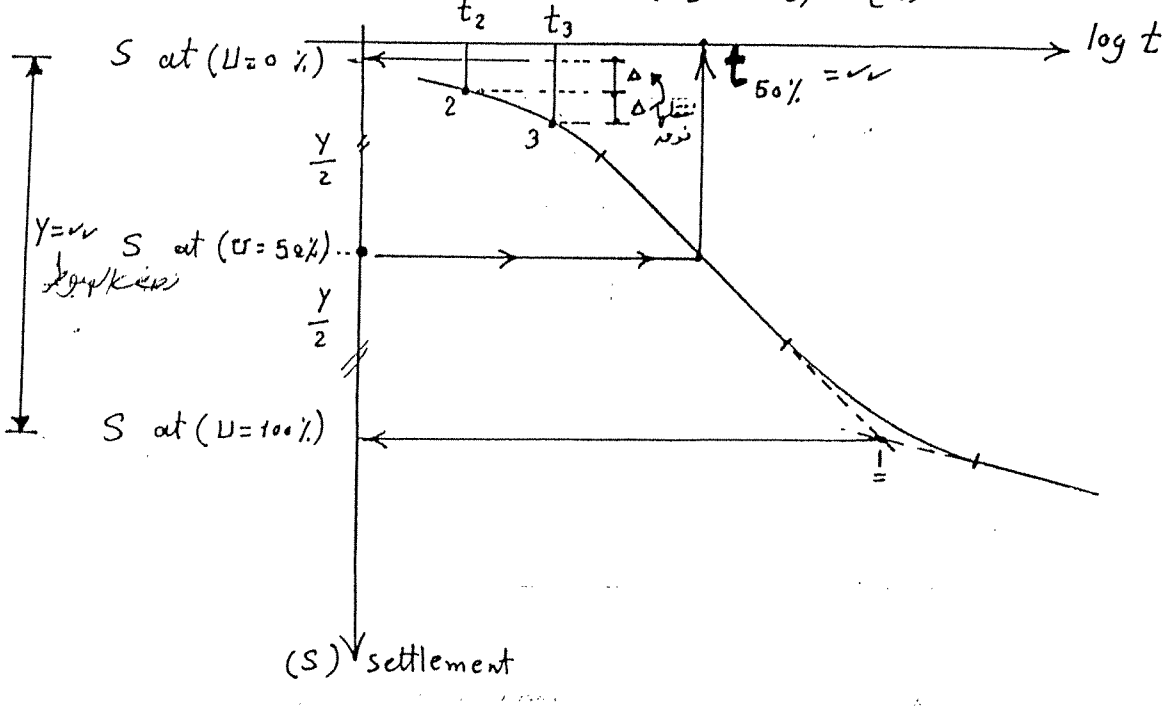
U	50 %	90 %
T_v	0.197	0.848

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2}$$

- تطبيقات على تحليل المجموعة الثانية من النتائج :

(A) لإيجاد قيمة المعامل C_v من الرسم الخاص بالعلاقة بين S : log t

$(t_3 = 4t_2) \rightarrow$ [مثلاً $\frac{1}{4}$, 1]



ويتم ذلك طبقاً للخطوات التالية :

1- نحدد الجزئية [شبه المستقيمة] من العلاقة بين S, log t فيلتقيان عند نقطة ← وتكون قيمة S المناظرة لكل من [S at U=100%] أي إتجاه الهبوط عند إتمام عملية Consolidation .

2- نوجد على الجزء العلوي (المنحنى) نقطتين 2, 3 [المناظرتين لأي تيمتين إختياريتين من الزمن t_2 و t_3 بشرط أن $(t_3 = 4\,t_2)$] ونوجد المسافة Δ من الرسم .

3- ننقل المسافة Δ فوقها مباشرة ← وتكون قيمة S المناظرة لكل من [S at U=0%] .

4- ننصف المسافة الرأسية (Y) التي تقع بين الخطوتين 2, 3 وتكون نقطة المنتصف هي قيمة [S at U=50%] .

5- الزمن المقابل لـ $S_{50\%}$ ← يصبح هو $t_{U=50\%}$ = ر ر أصبح معلوماً .

6- نعوض في المعادلة التالية :

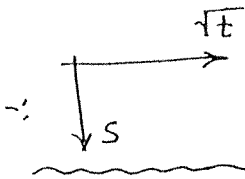
$$T_U = \frac{C_v \cdot t_{50\%}}{d^2}$$

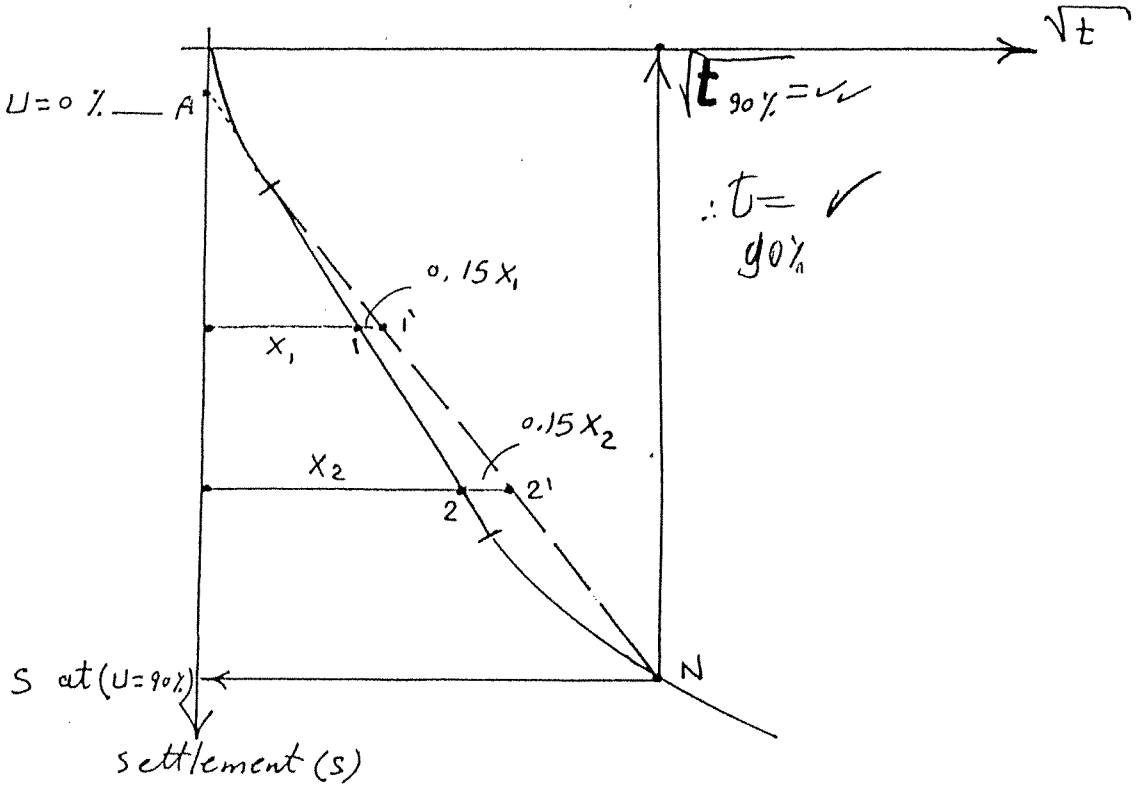
(T_U = 0.197 عند U = 50%) ، C_v = ر ب ، $t_{50\%}$ = ر ر ، $d = \frac{H_0}{2}$

[حيث : H_0 = ارتفاع العينة في جهاز Consolidation]

$\therefore C_v$ = ر ب

(B) إيجاد قيمة المعامل C_v من الرسم الخاص بالعلاقة





١- نحدد أى نقطتين على الجزء المستقيم من العلاقة البيانية [مثل نقطتى 1,2] ثم نأخذ جهة اليمين مسافتين $0.15\,X_1$ ، $0.15\,X_2$ ونحدد النقطتين 1', 2' (على يمين 1, 2).

٢- نصل النقطتين الجديدتين 1', 2' فنحصل على خط مستقيم يقطع الجزء المنحنى من العلاقة البيانية فى نقطة N ← وتكون نقطة N مناظرة لقيمة [S at U = 90 %].

٣- الزمن المقابل لـ $S_{90\%}$ (النقطة N) ← يصبح هو $t_{U=90\%}$ = ؟ اصبح معلوماً.

٤- نعوض فى القانون التالى:

$$T_U = \frac{C_v \cdot t_{90\%}}{d^2}$$

(T_U عند U = 90 %) 0.848 =

[حيث: H_0 = ارتفاع العينة فى التجربة] $d = \frac{H_0}{2}$

$t_{90\%}$ تم إيجاده من الرسم

∴ C_v = ؟

• ملحوظة:

نقطة A هى تقاطع امتداد الجزء المستقيم من العلاقة البيانية مع محور Y وهى تكون [S at U = 0 %].

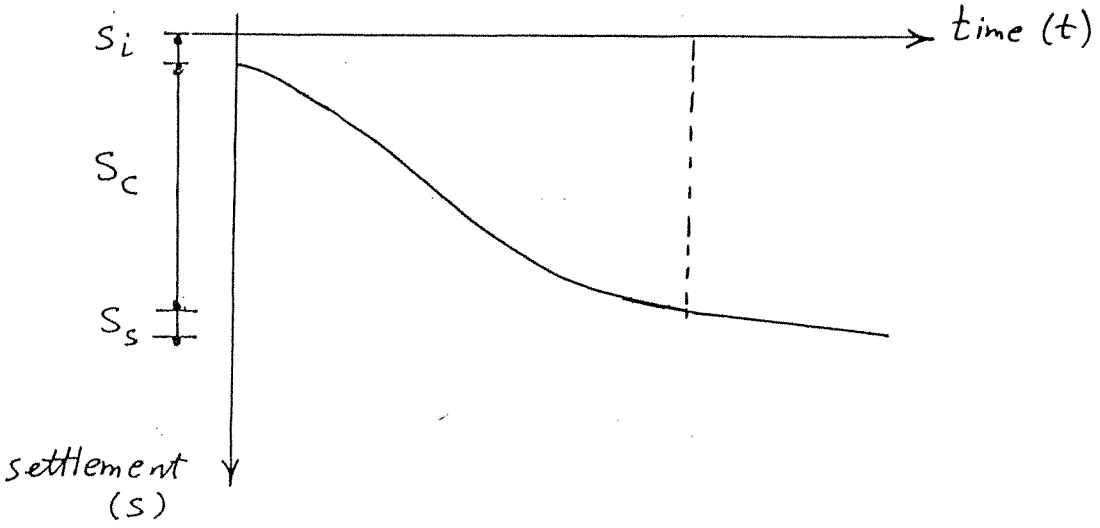
C :- Settlement Components

1- Initial (elastic) settlement (S_i)

2- Consolidation (primary) settlement (S_c)

3- Secondary settlement (S_s)

$$S_{total} = S_i + S_c + S_s$$



D :- حساب t_{layer} بمعلومية t_{sample}

at the same (U) عند نفس درجة التصلد
ونفس نوعية الـ soil

$$t_{layer} = t_{sample} \left[\frac{d_{layer}}{d_{sample}} \right]^2$$

مع مراعاة تثبيت الوحدات لجميع المعادلات

t_{layer} = الزمن اللازم لحدوث درجة معينة من التصلد U .

t_{sample} = الزمن المستغرق في التجربة المعملية على العينة للوصول الى نفس درجة التصلد U .

d_{layer} = drainage path للطبقة الموجودة في الطبيعة .

d_{sample} = ~ ~ للعينة في التجربة المعملية .

* Example (3):

The time required for 50 % consolidation of a 25 mm thickness clay sample (drained from top and bottom) in the laboratory is 2 min. 20 sec. How long (in days) will it take for a 3 ms thickness clay layer [of the same clay] in the field under the same pressure increment to reach 50% consolidation? In the field, there is a rock layer at the bottom of the clay.

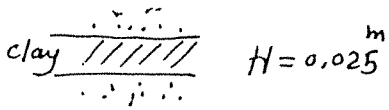
---

for the same clay, the same $U = 50\%$.

$$\therefore \quad t_{layer} = t_{sample} \left[\frac{d_{layer}}{d_{sample}} \right]^2$$

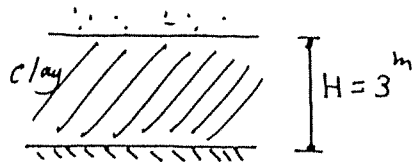
Clay
m, sec.

in Lab.



$$d = \frac{H}{2} = \frac{0.025}{2} \ m$$

in field



$$d = H = 3 \ m$$

$$\therefore \ t_{layer} = (140)^{sec.} \left[\frac{3}{\left(\frac{0.025}{2}\right)} \right]^2 = 8'064'000 \text{ sec.}$$

$$= \frac{8'064'000}{60 \times 60 \times 24} = \boxed{93.33 \text{ days}}$$

---

* Example (4): [sheet 6 / مثال 2]

$G_s = 2.7$ ، H_f = الارتفاع النهائي للعينة = 13.61 mm

وعندنا جدول قراءات dial (R) مع الزمن نحصل على الجدول التالي بين t , S

time (min.) =	0.0	0.25	0.5	1.0	2.25	4	9	16	25
$S_i = \lvert R_o - R_i \rvert (C)$ = (mm)	0.0	0.33	0.38	0.47	0.59	0.72	0.99	1.25	1.5
$\sqrt{t}$	—	0.5	0.71	1.0	1.5	2	3	4	5
time (min.) =	36	49	64	81	100	200	400	1440	—
S (mm) =	1.72	1.85	1.94	2	2.04	2.16	2.24	2.39	—
$\sqrt{t}$	6	7	8	9	10	14.1	20	37.9	—

لاحظ: طالما أعطى قراءات dial بال (mm) ← نعتبر C = 1

الهبوط النهائي للعينة (أو الكفاءة سابقة)

S_f = final settlement = قراءة أول آخر قراءة $5.0 - 2.61 = 2.39$ mm

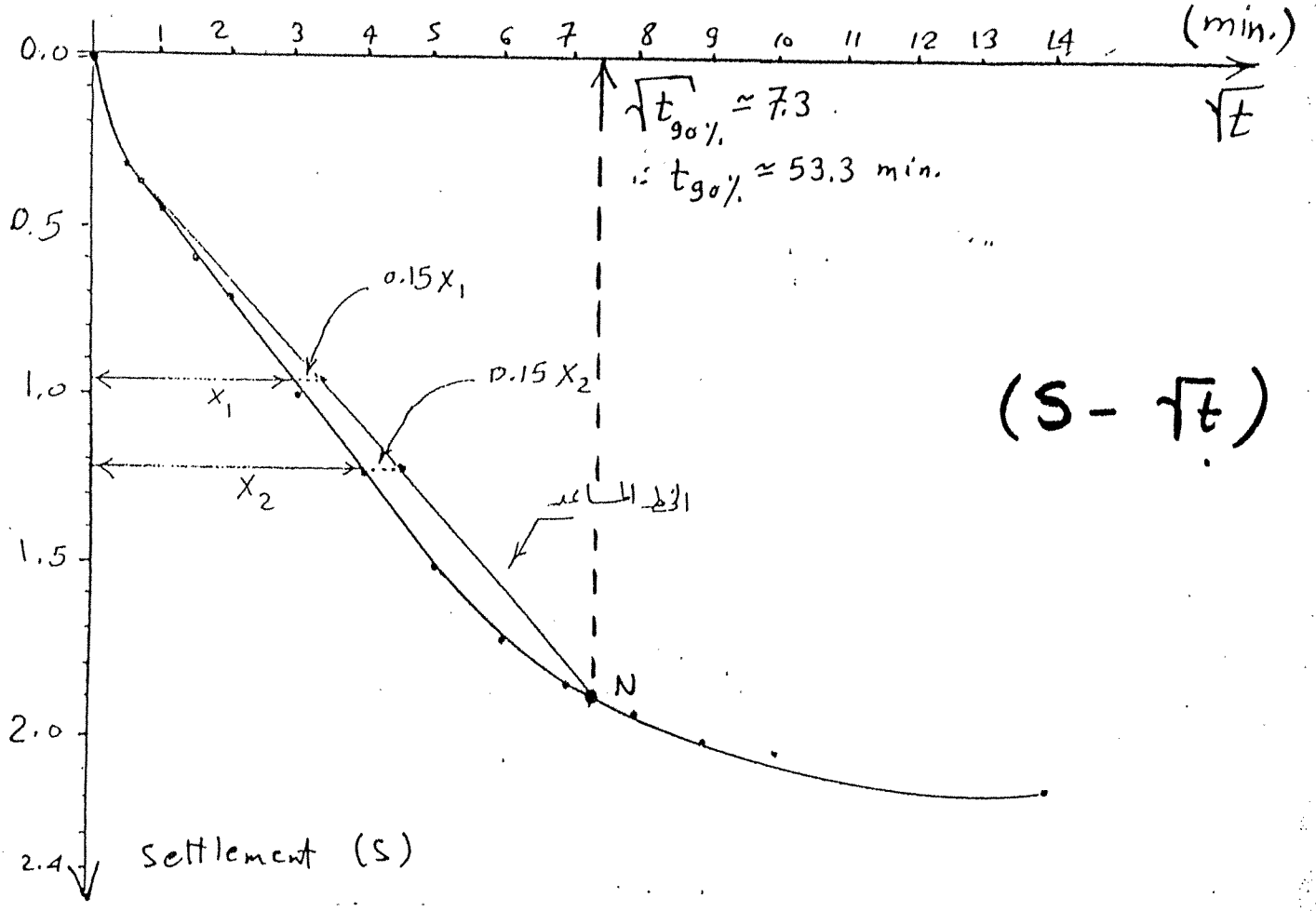
السمك الابتدائي

H_o = initial thickness = $H_f + S_f = 13.61 + 2.39 = 16.0$ mm

ولو رسم العلاقة بين S و $\sqrt{t}$ ← نوجد منها C_v

ومن آخر رسم العلاقة بين S و $\log t$ ← نوجد منها C_v

$\log t$: log scale



$7.3 \simeq \sqrt{t_{90\%}}$ من الرسم نجد أن

$\therefore t_{90\%} \simeq 53.3$ min.

T_v (at $U = 90\%$) $= 0.848$

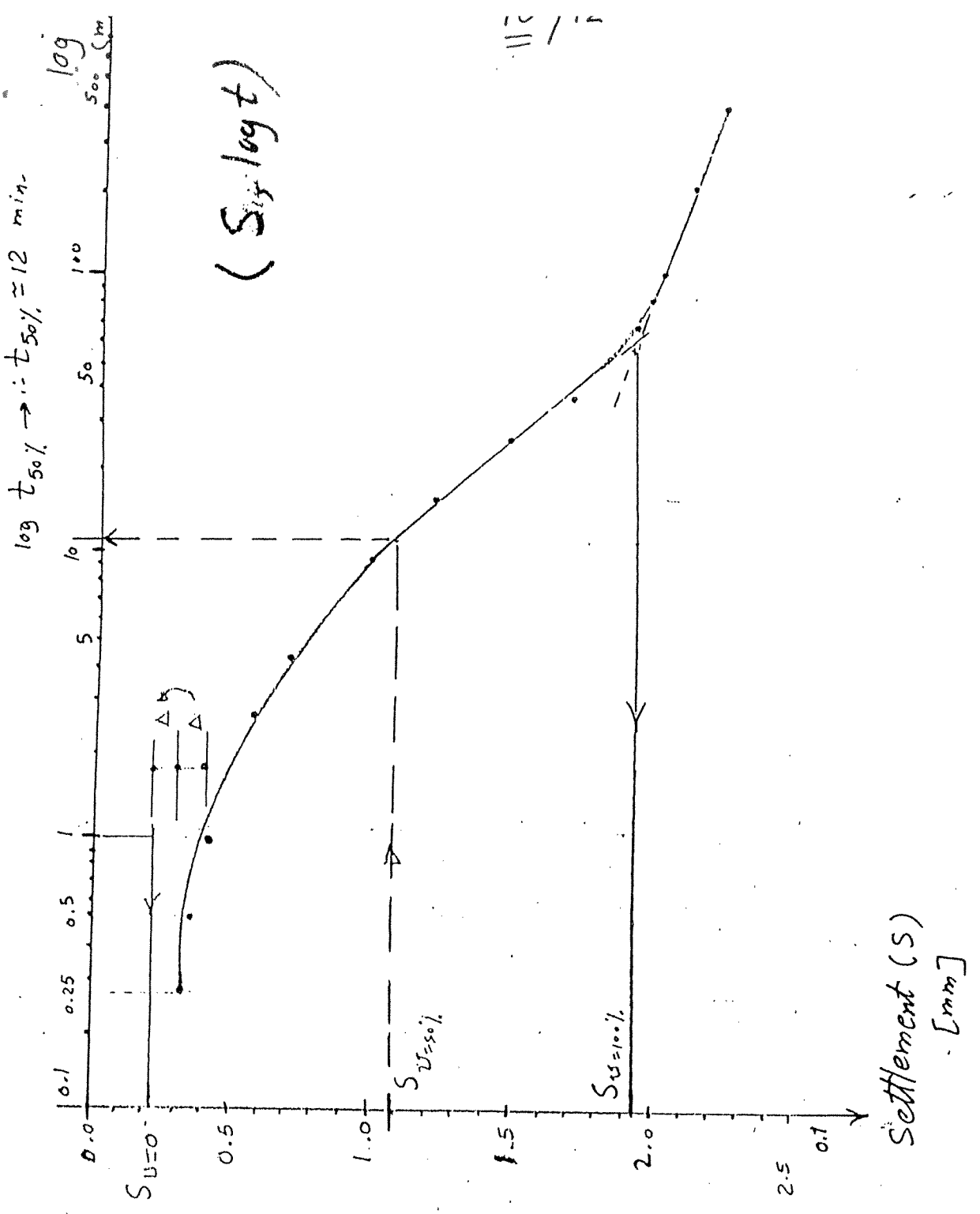
drainage path $= d = \dfrac{H_{av.}}{2}$ [لأنه أثناء التجربة تكون البريمة للأعلى والأسفل]

where; $H_{av.} = \dfrac{H_o + H_f}{2} = \dfrac{16.0 + 13.61}{2} \simeq 14.80$ mm

$\therefore d \simeq 7.4$ mm.

ونوجد قيمة C_v من القانون $T_v = \dfrac{C_v \cdot t}{d^2}$ وبالتعويض عن (t و T_v و d) نجد أن

$$C_v = \frac{T_v \cdot d^2}{t} = \frac{(0.848)(7.4)^2}{53.3} = 0.871 \quad \frac{mm^2/min.}{\text{الدقيقة}}$$



$t_{50\%} \simeq 12$ min.

T_v (at $U = 50\%$) $= 0.196$

$d \simeq 7.4$ mm

$$C_v = \frac{T_v \cdot d^2}{t} = \frac{(0.196)(7.4)^2}{12} \simeq 0.894 \text{ mm}^2/\text{min.}$$

* Example (5): [sheet 6/4 حل تمرين]

given: $H_o = 25$ mm

$p'_1 = 50$ kN/m² $\longrightarrow e_1 = 0.92$

$p'_2 = 120$ kN/m² $\longrightarrow e_2 = 0.78$

$t_{50\%} = 2.5$ min. $(T_v = 0.196)$, double drainage

req.: K = coef. of permeability

لحساب قيمة K لابد من ايجاد m_v بدلالة e, p'
وايجاد C_v بدلالة d, T_v, t

m_v

$$a_v = -\frac{\Delta e}{\Delta p'} = \frac{0.14}{70} \simeq 0.002$$

$$\therefore m_v = \frac{a_v}{1+e_1} = \frac{0.002}{1+0.92} \simeq 0.00104 \quad m^2/kN$$

e_1 ← المناظرة للإجهاد الأقل

(لو المطلوبة KN, m, min.)

C_v

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} \rightarrow \therefore C_v = \frac{T_v \cdot d^2}{t}$$

[لأن المياه تتسرب لأعلى وأسفل] $d = \frac{H_o}{2} = 12.5$ mm $= 12.5 \times 10^{-3}$ m

$$\therefore C_v = \frac{(0.196)(12.5\times10^{-3})^2}{2.5} \simeq 12.25 \times 10^{-6} \quad m^2/min.$$

K

$$K = m_v \cdot C_v \cdot \gamma_w$$

$$= (1.04\times10^{-3})(12.25\times10^{-6})(9.81)$$

$$\simeq 1.25 \times 10^{-7} \quad m/min.$$

* Example (6): (sheet (6)/5 مسألة)

in lab. (المعمل)
- $H_o = 25$ mm , single drainage
- $t_{50\%} = 11$ min.

in field (الموقع)
- $H = 1.0$ m. , double drainage
- $U = 70\%$

$t_{70\%} = ??$

المعمل في C_v بحساب يلزم الموقع في Consolidation لـ 70% نسبة لحل

$C_v \Rightarrow$ at $t_{50\%} = 11$ min. $\rightarrow T_v = 0.196$

[لأن البصرف سيكون باتجاه واحد فقط] $d = 25$ mm $= 25 \times 10^{-3}$ m.

الوحدات m, min.

$$\therefore T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} \rightarrow \therefore C_v = \frac{T_v \cdot d^2}{t}$$

$$C_v = \frac{(0.196)(25\times10^{-3})^2}{11} \simeq 1.114 \times 10^{-5} \ m^2/min.$$

$(t_{70\%})_{field} \Rightarrow U = 70\%$

$$\therefore T_v = 1.781 - 0.933 \log(100-70) \simeq 0.4028$$

$(1.114 \times 10^{-5} \ m^2/min.) =$ المعمل في $C_v =$ الموقع في C_v

[لأن البصرف سيكون في اتجاهين] $d = \frac{H}{2} = \frac{1.0}{2} = 2.0$ m

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2} \rightarrow \therefore t = \frac{T_v \cdot d^2}{C_v}$$

$$t = \frac{(0.4028)(2.0)^2}{(1.114\times10^{-5})} = 144648 \ min.$$

$$\simeq \boxed{100.45 \ days}$$