

《土壤力學與基礎設計》

一、請回答下列關於夯實試驗的問題：

- (一) 請敘述土壤夯實的原理。(5分)
- (二) 標準夯實試驗模具體積為 1000 cm^3 時，請依下表實驗結果繪製標準夯實曲線圖，並標明最大乾單位重及最佳含水量值。(5分)
- (三) 請敘述影響夯實能量的相關參數，(5分) 若夯實能量增加對夯實曲線、最佳含水量及最大乾單位重的影響為何？(10分)

溼土質量 (g)	含水量 ω (%)	乾土單位重 (kN/m^3)
1669	5.3	
1891	7.8	
2013	9.7	
2046	12.9	
2021	13.8	
1977	17.0	

試題評析	1. 每個人畫的圖略有差異，例如有的人覺得OMC=11%，合理就好，不必太緊張。 2. 畫圖打線應該用方格尺，早就講過要買要練習用，歐陽上課都有講。 3. 應該儘量畫圖回答。
考點命中	歐陽老師《解說基礎工程》例題6-2.1。

解：

(一) 夯實(Compaction)是排除土體內空氣的過程，使土體變得更緊密的方法。

含水量極少時，空氣孔隙多，乾單位重較小。含水量升高到適當值時，水扮演潤滑作用，降低摩擦阻力使顆粒容易移動到較緊密位置，逐漸加水與夯打，提高含水量並且夯擊擠走空氣，降低總體體積，或水佔據空氣的位置，水的單位重比空氣大，故整體單位重逐漸提升，逐漸達到 OMC 狀態，如下圖的體積 V_2 所示。含水量過高時(超過 OMC)，再加水夯打不太能再擠走空氣，反而因加水總體積增加，水的單位重比土顆粒小，故乾土單位重降低了，如下圖的 V_4 所示。因此，夯實曲線呈鐘型，凹口向下。

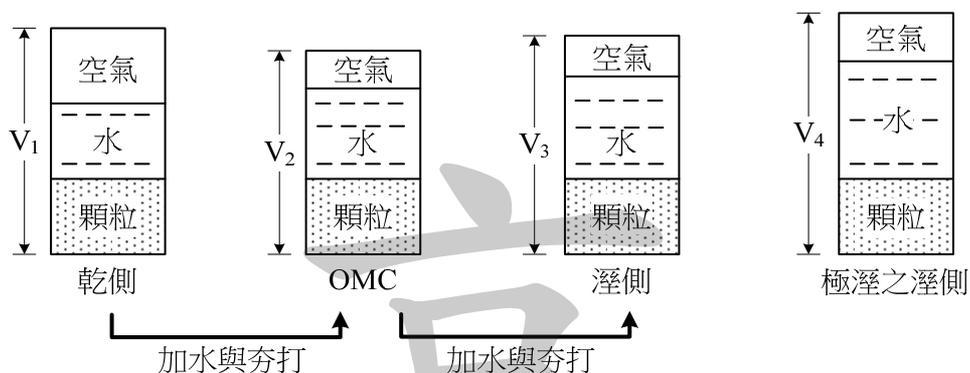


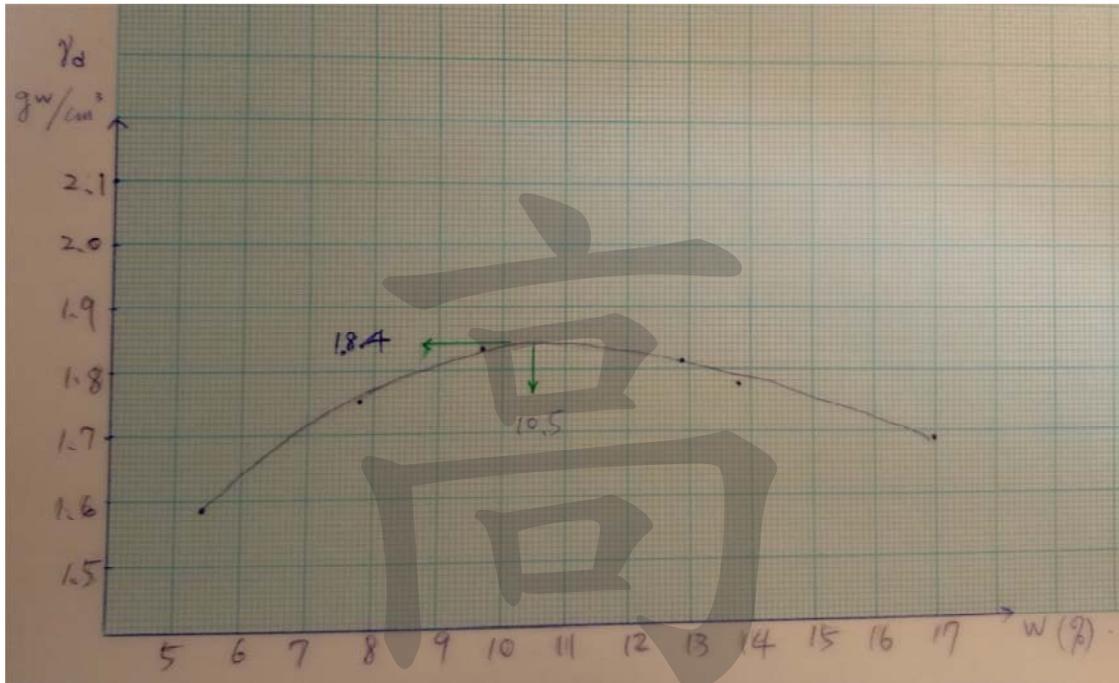
圖 6-3 (注意體積變化)

夯實後，土壤顆粒更加接近，整體更堅硬，提高承載力，避免受載後土壤過度下陷，並且降低滲透係數。夯實也可以使邊坡密實，增加正向應力或變成OC可以提高抗剪強度，降低土壤膨脹、收縮等對結構物有負面影響的行為。

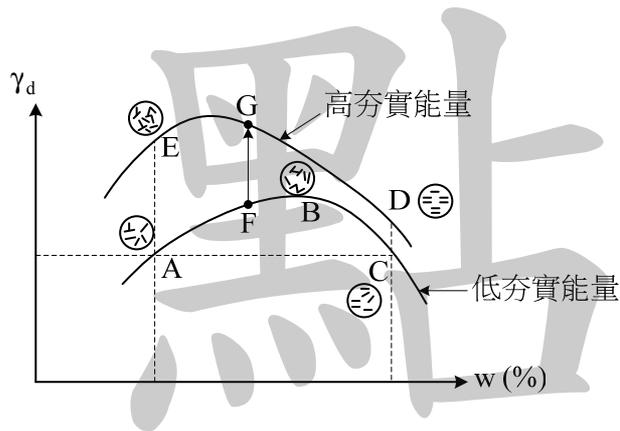
(二)依公式 $\gamma_m = \gamma_d(1+w)$ ，計算出 γ_d ，製表如下

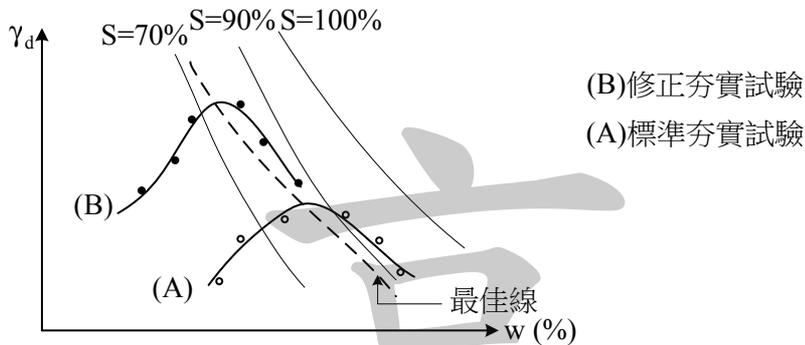
濕土單位重(gw/cm ³)	含水量w(%)	乾土單位重(gw/cm ³)
1.669	5.3	1.585
1.891	7.8	1.754
2.013	9.7	1.835
2.046	12.9	1.812
2.021	13.8	1.776
1.977	17.0	1.6

夯實曲線繪製如下，依圖判讀得 $OMC=10.5\%$ ， $\gamma_{d,max}=1.84 \text{ gw/cm}^3=18.05 \text{ kN/m}^3$



(三)提高落距、增加落錘重量與增加落錘次數，均可增加夯實能量。提高夯實能量，則夯實曲線往左上方移，最大乾單位重會上升，OMC會減少，可是新曲線溼側的範圍反而增加，土體可能從「位於乾側」跑到「位於溼側」，例如從F移到G，這樣抗剪強度反而下降，此現象稱為**過度夯實(Overcompaction)**，是典型弄巧成拙。過度夯實使得土體破碎率提高，大顆粒成分減少，細顆粒成分增加，不利於承壓抗剪。





修正夯實試驗的夯實能量比較大，導致夯實曲線移位，可參考圖。

二、試敘述何謂加勁擋土結構（Reinforced Soil Structures 或稱 Mechanically Stabilized Earth Walls），包含加勁土壤的原理、加勁材料種類、依使用目的而區分的結構種類；（10分）加勁擋土牆與一般擋土牆設計時的不同處在於需進行內穩定檢核，試繪圖並說明加勁擋土牆內穩定可能會發生的 5 種破壞模式（failure modes）及原因。（15分）

試題評析 本題算是比較冷門的問答題，就儘量寫，不唬爛會沒分數。

考點命中 歐陽老師《解說基礎工程》§1-9節。

解：

(一)加勁擋土牆主要是靠加勁材與土壤間的摩擦力，維持系統穩定。

材料可用鋼條(metal strips)、鋼片、點銲鋼絲網、土工格網或土工織物(geotextiles)。土工織物是聚酯類的產品，俗稱不織布。

依使用目的而區分的結構種類：

- (1)重力或半重力式擋土牆，包含框籠式擋土牆與蛇籠。
- (2)非重力式擋土牆，如版樁牆、主樁橫板條式擋土牆、連續壁、預壘樁式擋土牆
- (3)錨定式擋土牆，如地錨加混凝土隔梁。
- (4)加勁式擋土牆。
- (5)現場加勁，如微型樁牆(micropile wall)、土釘牆(soil nail wall)。

(二)(1)加勁條被抽拉出土壤的拉拔破壞。(Pull Out，握裹力失敗)

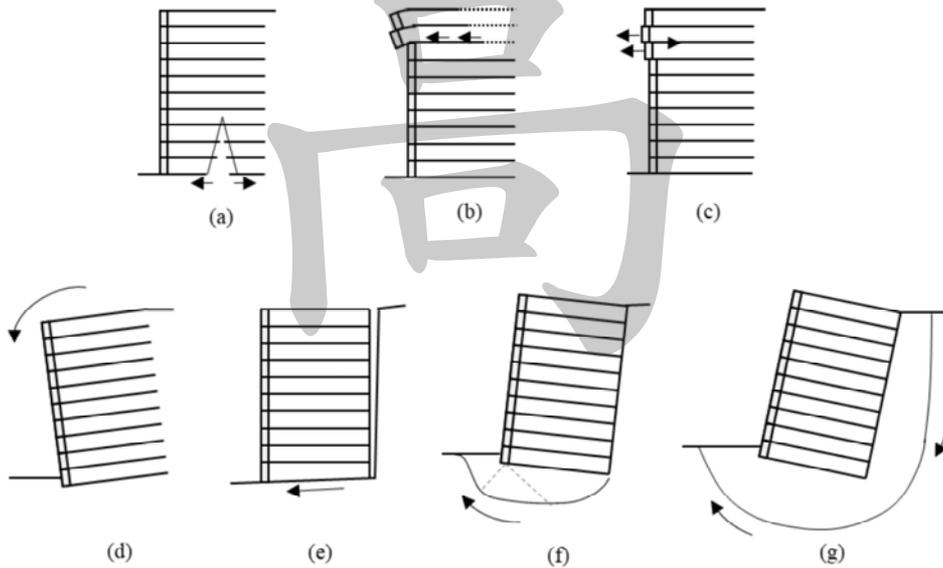
(2)加勁條本身被拉斷的斷裂破壞。(Tensile Strength)

(3)兩層間夯實不良，層與層之間的相對滑動破壞。(Internal Sliding)

(4)面版本身強度。

(5)面版與加勁材之間的接合強度。

(6)面版、加勁材本身耐久性(抗日曬雨淋、植物破壞、生物破壞能力)。



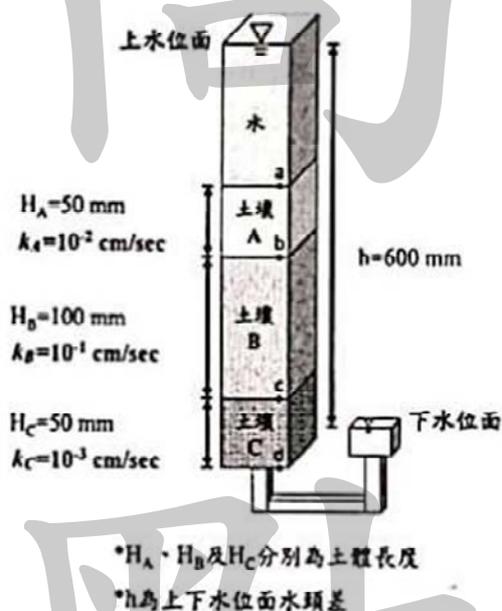
圖(a)是加勁條斷裂，圖(b)是加勁條被拉出，也包含層與層之間的相對滑動破壞。圖(c)是面版與加勁材之間的接合強度失敗，也包含面版本身破壞。圖(d)是加勁擋土牆傾覆，圖(e)是加勁擋土牆滑動，圖(f)是加勁擋土牆底部承载力失敗，圖(g)是加勁擋土牆深層滑動之整體失敗。

三、如下圖上、下水位面水頭差 600 mm，流經 A、B、C 三種土壤（斷面 50 mm × 50 mm，高度分別為 $H_A = 50$ mm、 $H_B = 100$ mm、 $H_C = 50$ mm），滲透係數分別為 10^{-2} cm/sec、 10^{-1} cm/sec、 10^{-3} cm/sec，若以下水位面處為基準，請問 a、b、c、d 四個位置的水頭高各是多少 mm？（15分）並計算 5 小時後的總流量 Q 是多少立方公尺？（10分）

相關公式：

$$K_{v(eq)} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{K_i}}$$

其中， H 為土層厚度； K 為土層滲透係數



試題評析	1.命題者所問的水頭，像是問總水頭，若您擔心，就製表全寫。 2.送分題，拿不到者，基本上考不到。
考點命中	歐陽老師《解說土壤力學》§5-7節。

解：

$$\begin{aligned}
 (1) \Delta h_A : \Delta h_B : \Delta h_C &= \left(\frac{L}{Ak}\right)_A : \left(\frac{L}{Ak}\right)_B : \left(\frac{L}{Ak}\right)_C = \frac{1}{k_A} : \frac{2}{k_B} : \frac{1}{k_C} \\
 &= \frac{1}{10^{-2}} : \frac{2}{10^{-1}} : \frac{1}{10^{-3}} = 5 : 1 : 50 = \frac{5}{56} \times 600 : \frac{1}{56} \times 600 : \frac{50}{56} \times 600 \\
 &= 53.57 \text{ mm} : 10.71 \text{ mm} : 535.71 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

各點總水頭如下表 (unit : mm)

	總水頭	=	位置水頭	+	壓力水頭
a	600		200		400
b	546.43		150		(396.43)
c	535.71		50		(485.71)
d	0		0		0

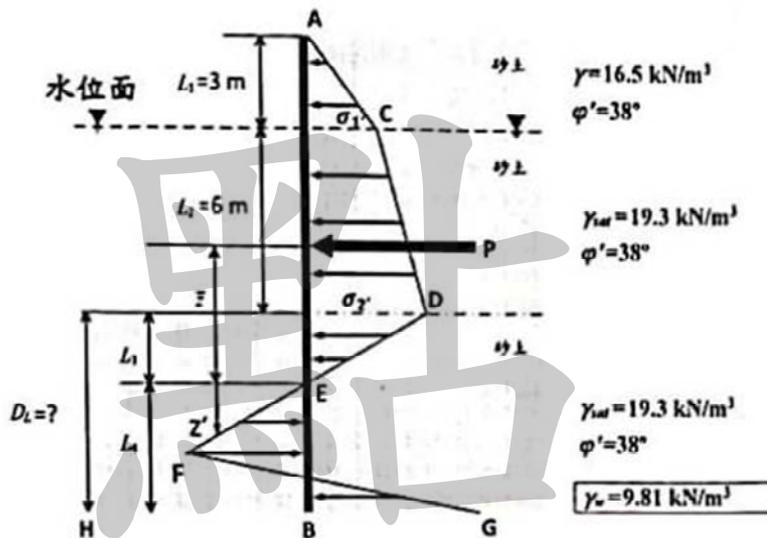
$$(2) \frac{H}{k_{eq}} = \frac{H_1}{k_1} + \frac{H_2}{k_2} + \frac{H_3}{k_3}$$

代入數據得 $\frac{200}{k_{eq}} = \frac{50}{1 \times 10^{-2}} + \frac{100}{1 \times 10^{-1}} + \frac{50}{1 \times 10^{-3}} = 56000$

解出 $k_{eq} = 3.5714 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$

$$Q = q t = k_{eq} i A t = 3.5714 \times 10^{-3} \times \frac{600}{200} \times (5 \times 5) \times 5 \times 3600 = 4821.4 \text{ cm}^3 = \underline{4.8214 \times 10^{-3} \text{ m}^3}$$

四、請計算下圖中鋼板樁貫入至砂土層時，在安全係數為 1 時的最小臨界深度 D_L 。
(25分)



試題評析

1. 本題沒有說P是什麼，基本上從A2到A4就算不出來，除非你大地超強，自己已經知道，否則敝人建議向考選部要求合理送分。
2. 如果你不想落榜，你就做一些事啊！人多力量大，請揪想上榜的朋友一起做。
3. P力是ACDEA的面積。

解：

$$(1) K_a = \tan^2\left(45 - \frac{38^\circ}{2}\right) = 0.238$$

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{38^\circ}{2}\right) = 4.204$$

$$K_p - K_a = 3.966$$

$$\gamma = 16.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = 19.3 - 9.81 = 9.49 \text{ kN/m}^3$$

$$C \text{ 點 } \sigma'_1 = 3 \times 16.5 \times K_a = 11.781 \text{ kPa}$$

$$D \text{ 點 } \sigma'_2 = [3 \times 16.5 + 6 \times 9.49] K_a = 25.333 \text{ kPa}$$

$$L_3 = \frac{\sigma'_2}{(K_p - K_a)\gamma'} = \frac{25.333}{3.966 \times 9.49} = 0.673 \text{ m}$$

$$P = \frac{1}{2} \times 3 \times 11.781 + \frac{1}{2} \times 0.673 \times 25.333 + \frac{6}{2} (11.781 + 25.333) = 137.539 \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{1}{P} \left[\frac{1}{2} \times 3 \times 11.781 (0.673 + 6 + 1) + \frac{1}{2} \times 0.673 \times 25.333 \times \frac{2}{3} \times 0.673 \right.$$

$$\left. + 11.781 \times 6 \times (3 + 0.673) + (25.333 - 11.781) \times \frac{6}{2} \times (2 + 0.673) \right] = \frac{507.721}{137.539} = 3.691 \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{(\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + \gamma' L_3 (K_p - K_a)}{\gamma' (K_p - K_a)}$$

$$\text{其分子} = 4.204(3 \times 16.5 + 6 \times 9.49) + 9.49 \times 0.673(3.966) = 472.804 \text{ kPa}$$

$$\text{故 } A_1 = \frac{472.804}{9.49 \times 3.966} = 12.562$$

$$A_2 = \frac{8P}{\gamma' (K_p - K_a)} = \frac{8 \times 137.539}{9.49 \times 3.966} = 29.235$$

$$A_3 = \frac{6P [\gamma' (K_p - K_a) (2\bar{z} + L_3) + (\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p]}{[\gamma' (K_p - K_a)]^2}$$

$$\text{其分子} = 6 \times 137.539 [9.49 \times 3.966 \times (2 \times 3.691 + 0.673) + (16.5 \times 3 + 9.49 \times 6) 4.204]$$

$$= 6 \times 137.539 \times 751.395 = 620076.933$$

$$\text{故 } A_3 = \frac{620076.933}{[9.49 \times 3.966]^2} = 437.731$$

$$A_4 = \frac{P [6\bar{z}(\gamma L_1 + \gamma' L_2) K_p + 6\bar{z} \gamma' L_3 (K_p - K_a) + 4P]}{[\gamma' (K_p - K_a)]^2}$$

$$\text{其分子} = 137.539 [6 \times 3.691 \times (16.5 \times 3 + 9.49 \times 6) 4.204 + 6 \times 3.691 \times 9.49 \times 0.673 \times 3.966 + 4 \times 137.539]$$

$$= 137.539 \times 11020.867 = 1515798.96$$

$$\text{故 } A_4 = \frac{1515798.96}{[9.49 \times 3.966]^2} = 1070.049$$

$$\text{依據 } (L_4)^4 + A_1(L_4)^3 - A_2(L_4)^2 - A_3(L_4) - A_4 = 0$$

$$\text{得 } (L_4)^4 + 12.562(L_4)^3 - 29.235(L_4)^2 - 437.731(L_4) - 1070.049 = 0$$

依試誤法，解出 $L_4 = 6.45 \text{ m}$

$$(2) D_L = L_3 + L_4 = 0.673 + 6.45 = \underline{7.123 \text{ m}}$$

高點