

# 土壤受限模數 (Constrained Modulus), M

楊麗文\*

土壤受限模數定義為，在側向受限壓縮(Confined Compression)情況下，軸向應力和軸向應變之比值。如圖一所示，由於側向受限，變形  $\epsilon_x = \epsilon_y = 0$ ，而由彈性力學觀點

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{\mu}{1-\mu} \sigma_z$$

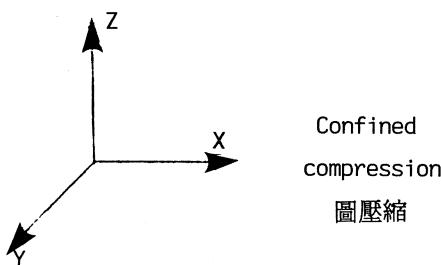
$$\epsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y))$$

則受限模數

$$M = \left( \frac{\sigma_z}{\epsilon_z} \right) \text{ 當 } \epsilon_x = \epsilon_y = 0$$

$$= \frac{E(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}$$

由上式中可知，土壤的受限模數 M 和其彈性模數 E 及柏松比  $\mu$  相關，故影響 E 和  $\mu$  值的因素，即為影響 M 值的因素。有關之影響因素，請參考土壤彈性模數之名詞解釋。



圖一 土壤受限模數定義示意圖 (引自 Lambe & Whitman (1969))

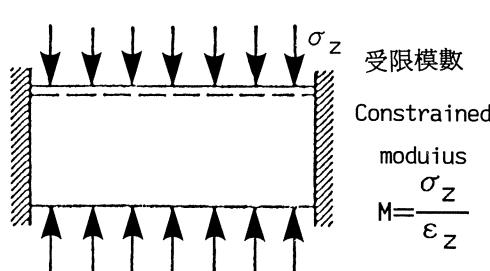
最常用以求取土壤受限模數 M 的試驗，為單向度壓密試驗，其試驗結果所得之土壤體積壓縮係數 ( $m_v$ ) 的倒數，即為受限模數；亦即  $M = 1/m_v$ 。土壤單向度壓密試驗之應力路徑 (Stress Path) 如圖二所示，由於側向無位移，其側向應力和垂直應力之比值，即為靜止土壓力係數 ( $K_0$ )，其應力路徑為  $K_0$ -Line。此試驗中雖也產生剪應力和剪應變，但不發生剪力破壞，而主要應變由壓力產生，這種應變現象也和許多現場狀況一致，即為單向度沉陷，請參考圖三。土壤受限模數 M 用以推求土壤單向度沉陷 (S)，之基本公式為：

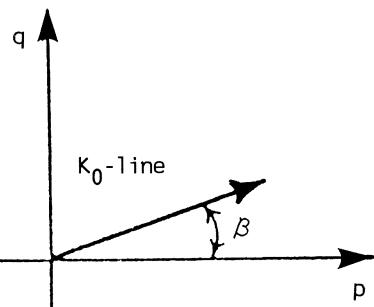
$$S = (\Delta \sigma_1 / M) \cdot H$$

其中  $\Delta \sigma_1$  為增加之垂直向應力

H 為推估沉陷之土層厚度。

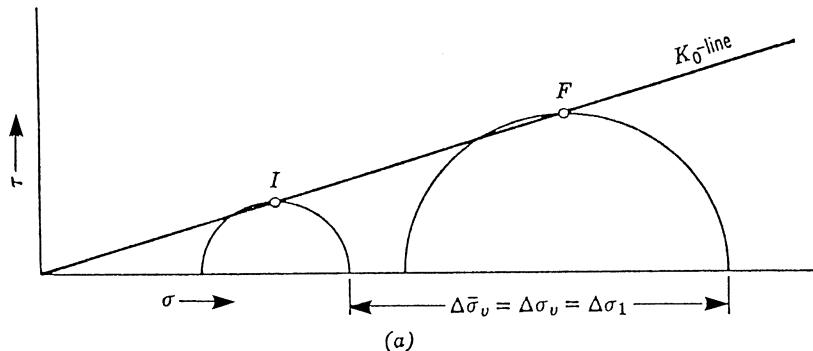
詳細請參考 Marchetti & Crapps (1981)。



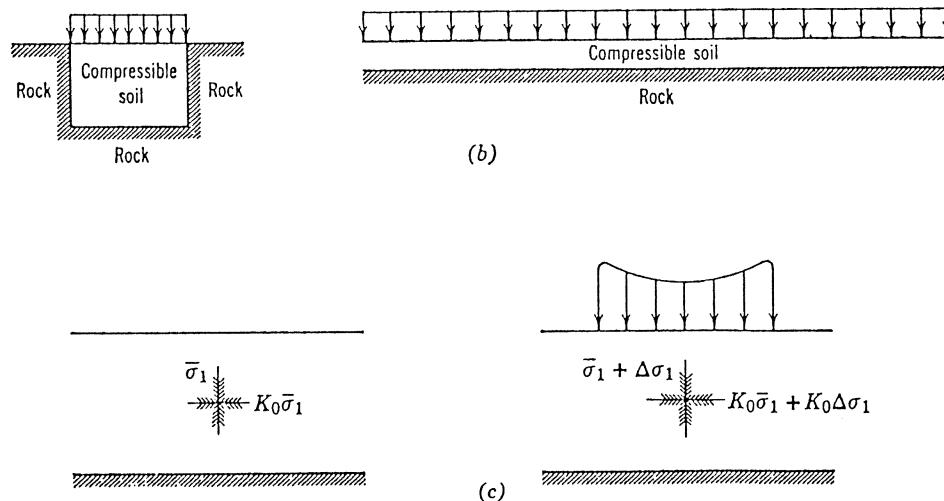


圖二 土壤單向度壓密試驗之應力路徑

除了由土壤單向度壓密試驗，及已知的彈性模數和柏松比計算，以求取  $M$  值外。有些現場試驗，如圓錐貫入試驗、平釩膨脹儀試驗等，已建立了其試驗和受限模數的相關式 (Lunne et al., 1989)，用以推求  $M$  值。惟其中大部分的相關式中的  $M$ ，是指單向度壓密試驗的切線排水受限模數，由於是現場試驗，故其應力範圍，在現場覆土應力和所增



(a)



圖三 單向度沉陷 (a)單向度應變 (b)由界限產生之單向度沉陷  
(c)  $K_0$  狀況之單向度沉陷 (引自 Lambe & Whitman(1969))

加的有效應力間，且都和應力歷史，現在的平均應力( $\sigma'_0$ )及相對密度相關。在應用這些相關式時，應注意其在不同地域之應用性。

## 參考文獻

- LUNNE, T., ROD, N.S., LACASSE, S. & D'ECOURT, L. (1989), "SPT, CPT, Pressuremeter Testing, and Recent Developments on In Situ Testing", 12th ICSMFE, *Session 2, General Report.*
- MORCHETTI, S. & CRAPPS, D.K. (1981), "Flat Dilatometer Manual", *Ch.5, Schmertman & Crapp Inc.*, Florida.

# 地震危害度分析 (Seismic Hazard Analysis)

柯鎮洋\* 陳麗秋\*

重要工程結構物之工址若位於地震活動頻繁地區，則必須對地震發生時，結構體可能產生破壞之機率預作評估，以爲耐震設計之參考。

因爲目前尚無可靠之科學方法可預測地震發生之時、地、規模及引致之地表加速度，耐震工程設計乃發展出地震危害度分析法，也就是利用或然率及散漫(Probability and Random Vibration)理論，評估結構物在某一特定強度之地震發生時，產生破壞之或然率P(F)。此P(F)涵蓋下列之主要參數，即：

$$P(F)=P(F/O) \times P(O/S) \times P(S/I) \times P(I/E) \times P(E)$$

式中：

$P(F/O)$ =結構物發生顯著的系統破壞（或超越容許強度之或然率）。

$P(O/S)$ =工程場址發生超越了設計反應譜(spectral response)地震時，結構物之應力超越法規容許應力之或然率。

$P(S/I)$ =工程場址之地震強度(Intensity)所產生之反應譜超越工程設定之或然率。

$P(I/E)$ =地震發生時，工程場址發生超越設定之地震強度的或然率。

$P(E)$ =超越設定地震之發生或然率。

由上述說明，可以瞭解地震危害度分析，係由地震事件(Seismic event)，地震強度(Site intensity)，設計地震反應譜(Spectral response)，超越法規應力(Overstress)及系統破壞(System Failure)等一系列地質工程學、地震工程學、耐震工程學結構動力學及結構分析與設計所組成之有系統之分析技巧。