

# 台中盆地中地錨錨碇行為

## Anchorage Behavior of Anchors in Taichung Basin

朝陽科技大學 營建工程系

報告人：許世宗

中華民國九十五年三月九日

# 內容

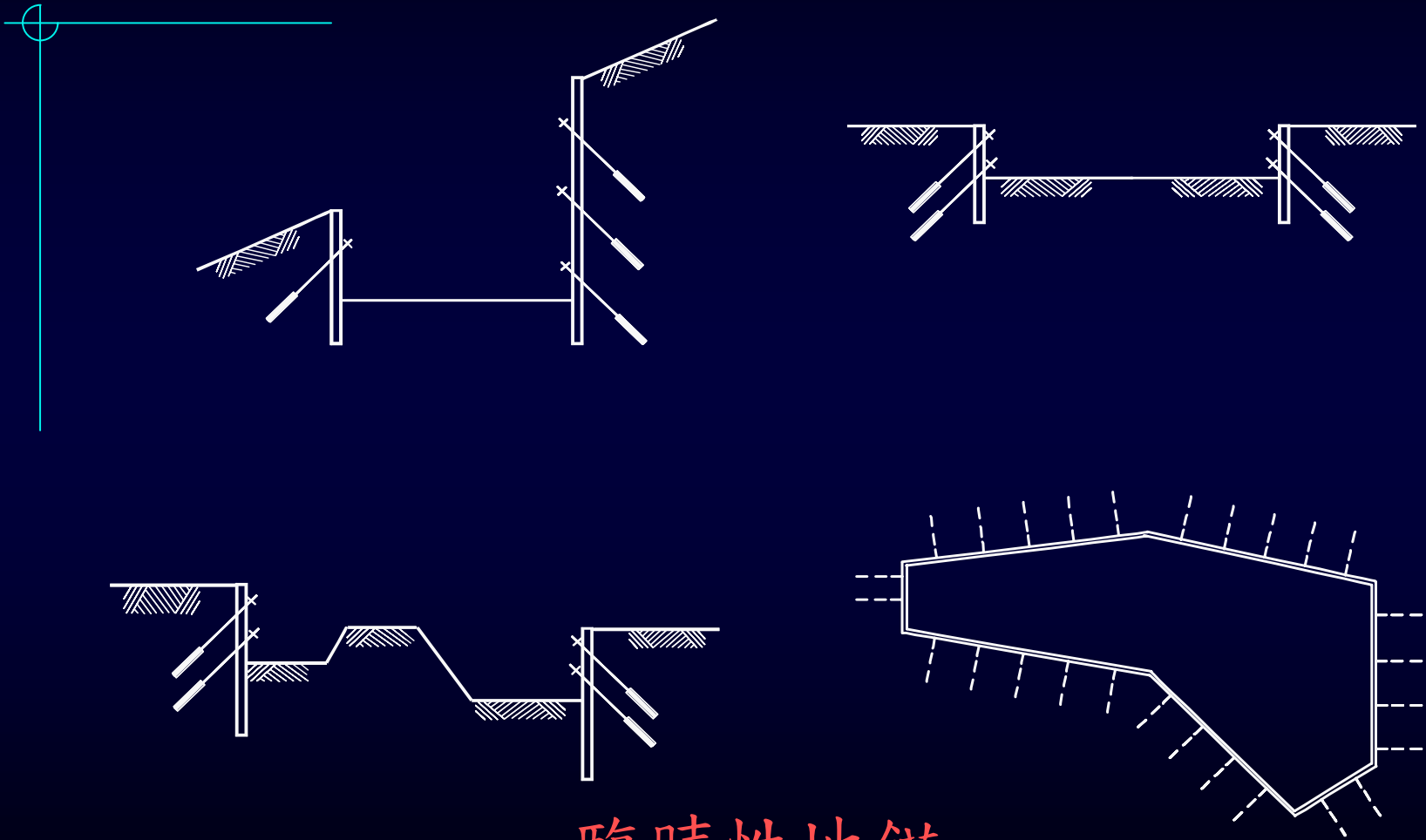
- 一、緒論
- 二、地錨構造與型式
- 三、地錨設計
- 四、地錨施工與試驗
- 五、卵礫石層中地錨受力行為之研究
- 六、結論與建議

# 緒論 1/3

## 簡介

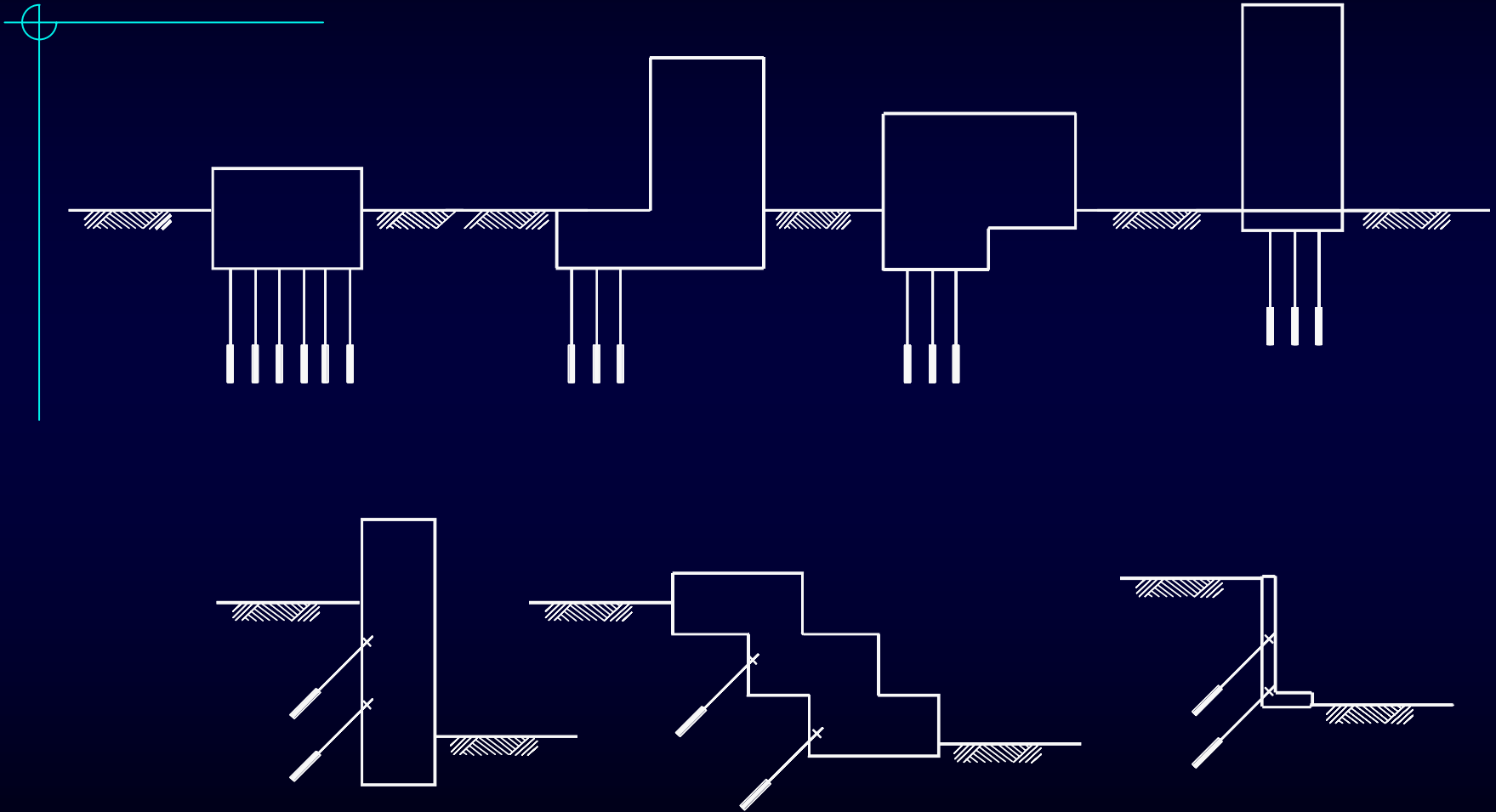
- ❖ 背拉式地錨可取代深開挖之內支撐系統
- ❖ 地錨可用於抵抗高地下水水位區之上浮力
- ❖ 目前較完整之地錨受力行為之研究仍著重於「砂質」土壤，對卵礫石層中地錨研究則較少著墨

# 緒論2/3



## 臨時性地錨

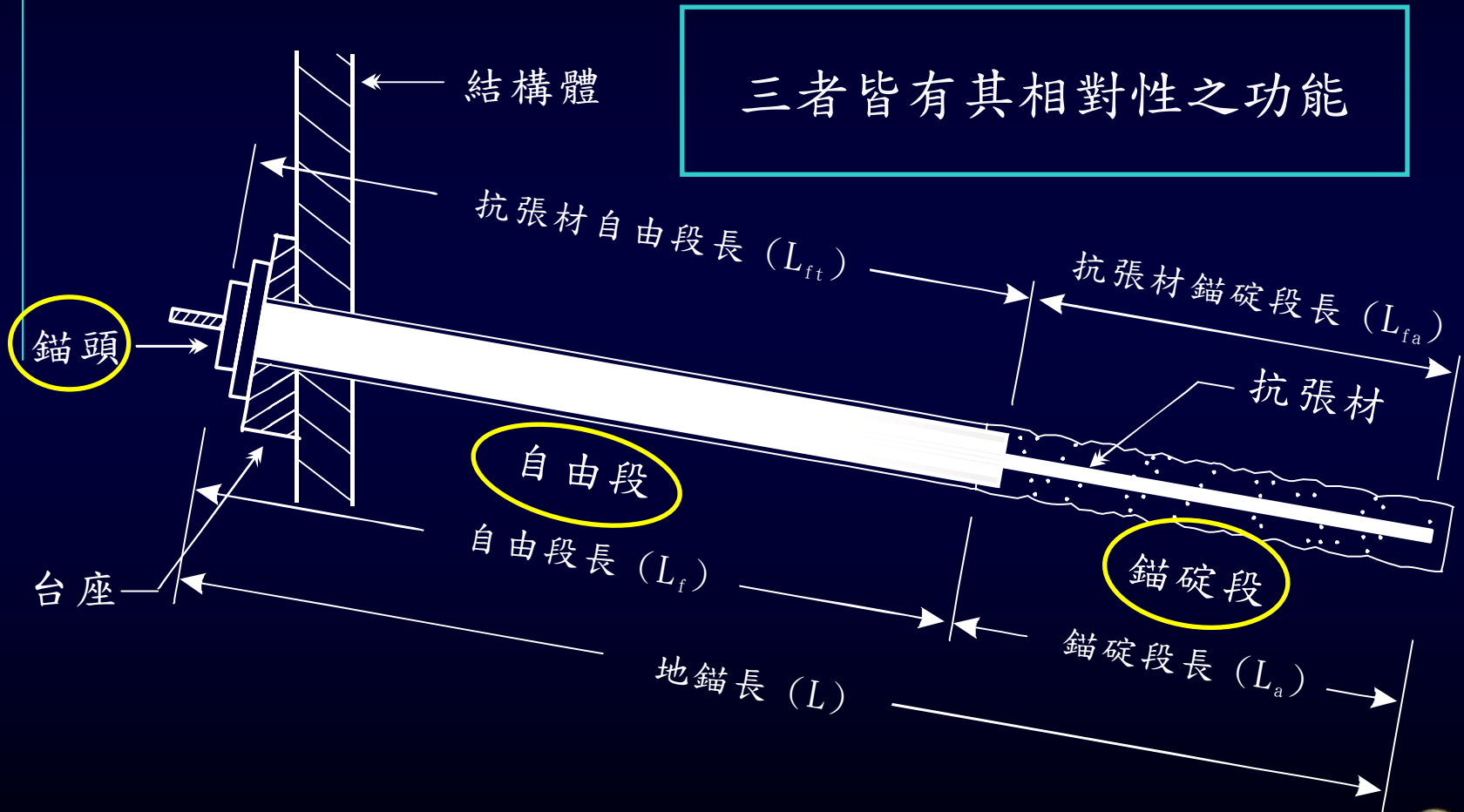
# 緒論3/3



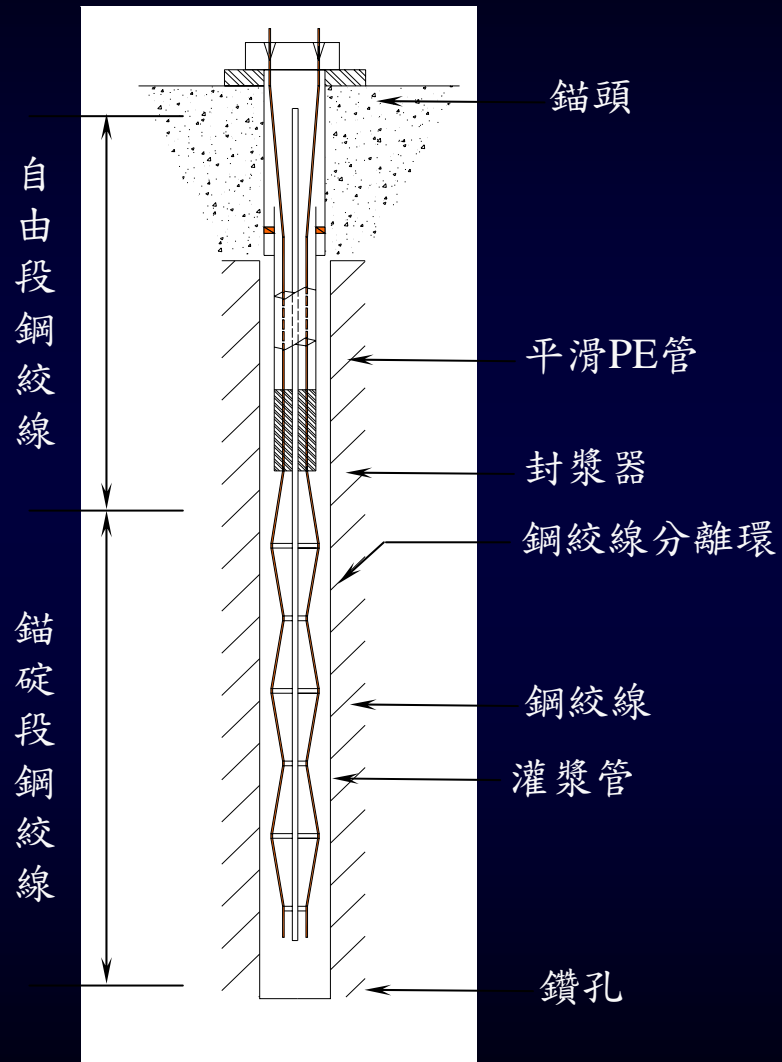
# 地錨之構造與型式

## 地錨功能

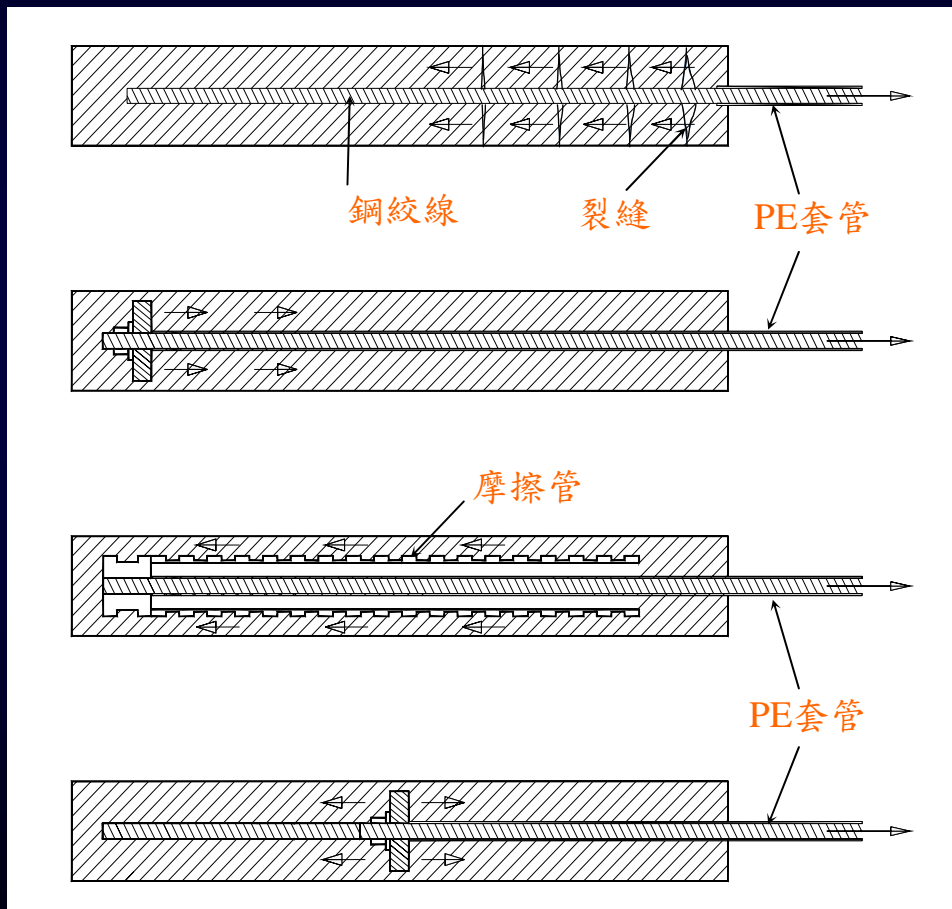
三者皆有其相對性之功能



# 地錨構造



## 地錨型式1/2：錨碇段受力方式



(a) 承拉式地錨

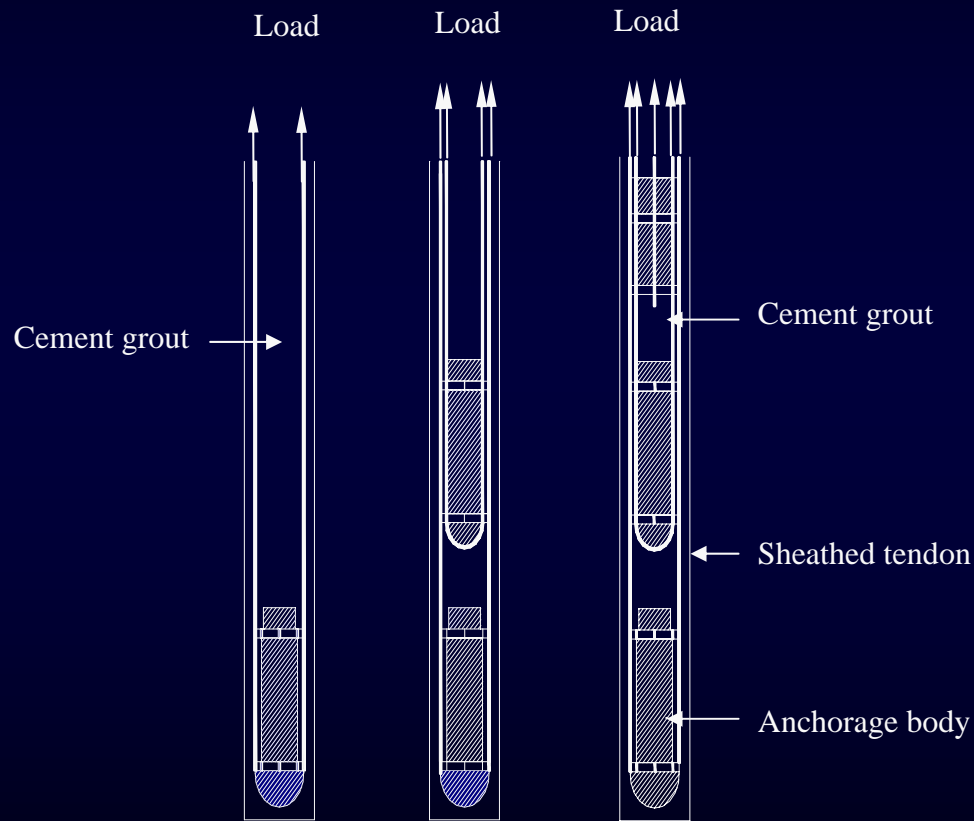
(b) 承壓式地錨

(c) 承壓式地錨加摩擦管

(d) 複合式地錨



# 地錨型式2/2：可回收型地錨



(a) 單段錨碇

(b) 兩段錨碇

(c) 三段錨碇

# 地錨之設計

## (一) 安全係數

分類	最小安全係數 $T_u/T_w$	
	抗張材	地層/漿體介面
臨時性地錨使用期限在六個月內，且破壞時不致影響或危及公共安全者	1.4	2.0
臨時性地錨使用期限不超過二年，且在無預警狀況下發生破壞時，雖然影響較嚴重，但尚不致危及公共安全者	1.6	*2.5
永久性地錨，或臨時性地錨其銹蝕危害度較高者、或破壞時有嚴重影響者	2.0	+3.0

## (二) 設計時之一般考量

(1) 地錨傾角需在水平面±10°以外。

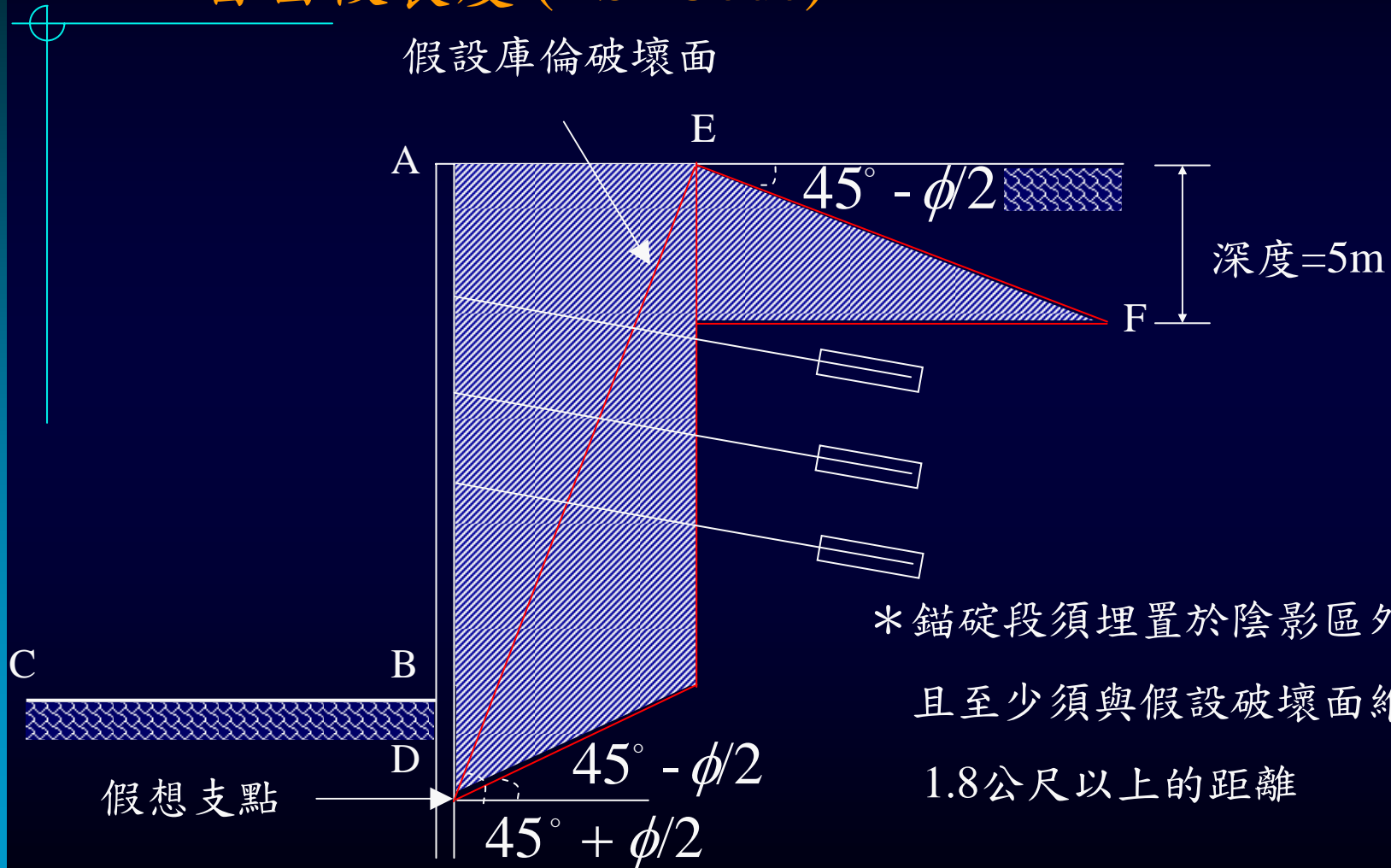
(2)

相關規範	最小間距建議值
FIP (1982)	4倍之錨碇段直徑，或一般不小於1.5公尺
BSI (1989)	4倍之錨碇段直徑以上，一般採用之最小間距範圍為1.5公尺至2公尺
PTI (1980)	6倍之錨碇段直徑以上，1.2公尺(4呎)
AASHTO (1992)	4倍之錨碇段直徑以上，1.2公尺(4呎)
DIN (1988)	工作荷重達70噸(700 kN)之地錨，其錨碇段中心距最小為1公尺；達130噸(1300 kN)之地錨，其錨碇段中心距最小為1.5公尺，否則須併用鄰近數支地錨，同時進行加載，並觀測之。

(3) 自由段長度之設計(至少 >4 m)。

# ① 自由段長度 (BSI Code)

假設庫倫破壞面



\* 錨碇段須埋置於陰影區外，  
且至少須與假設破壞面維持  
1.8公尺以上的距離

## ② 鋼絞線支數：

◎ 7 股蕊成之鋼絞線( Common used in Taiwan):

直徑 12.7 mm $\phi$

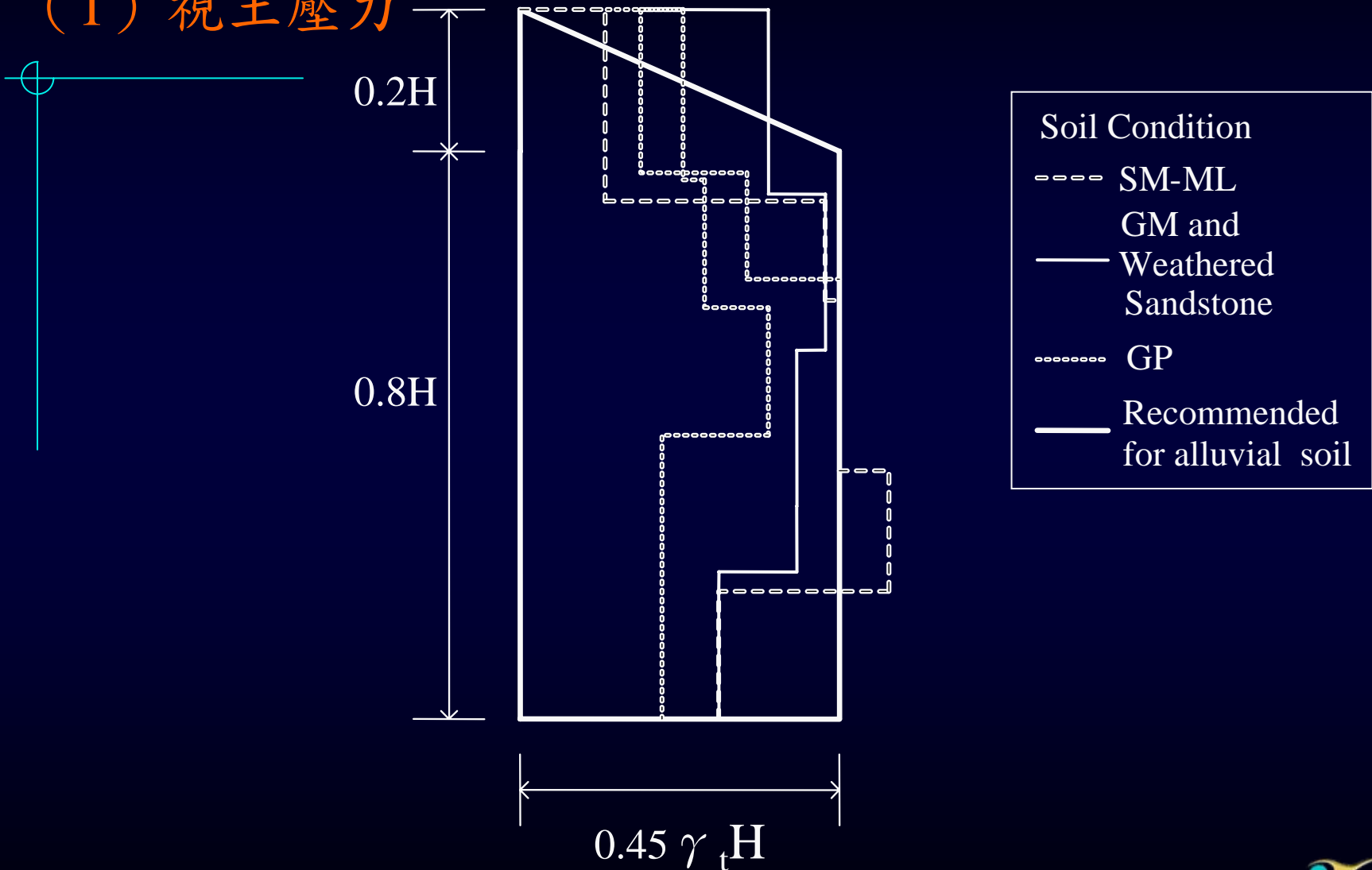
斷面積 = 98.71 mm<sup>2</sup>

$$T_u \left( \frac{\text{kgf}}{\text{kN}} \right) = 18,700 [183.384] ;$$

$$T_y \left( \frac{\text{kgf}}{\text{kN}} \right) = 15,900 [155.926] \circ$$

### (三) 錨碇段長度之設計

#### (1) 視土壓力



## (2) 錨碇段長度之上下限值

不宜小於3m

不宜大於20 m (For Taipei silty sand)

### 傳統摩擦型地錨：

$$(a) Q_{\tau} = L_a \cdot n \cdot \tan\phi' \quad (\text{for } D \approx 12\text{cm})$$

$$n = 13 \frac{t}{m} \sim 16 \frac{t}{m} \quad \dots\dots\dots \text{細至中粗砂}$$

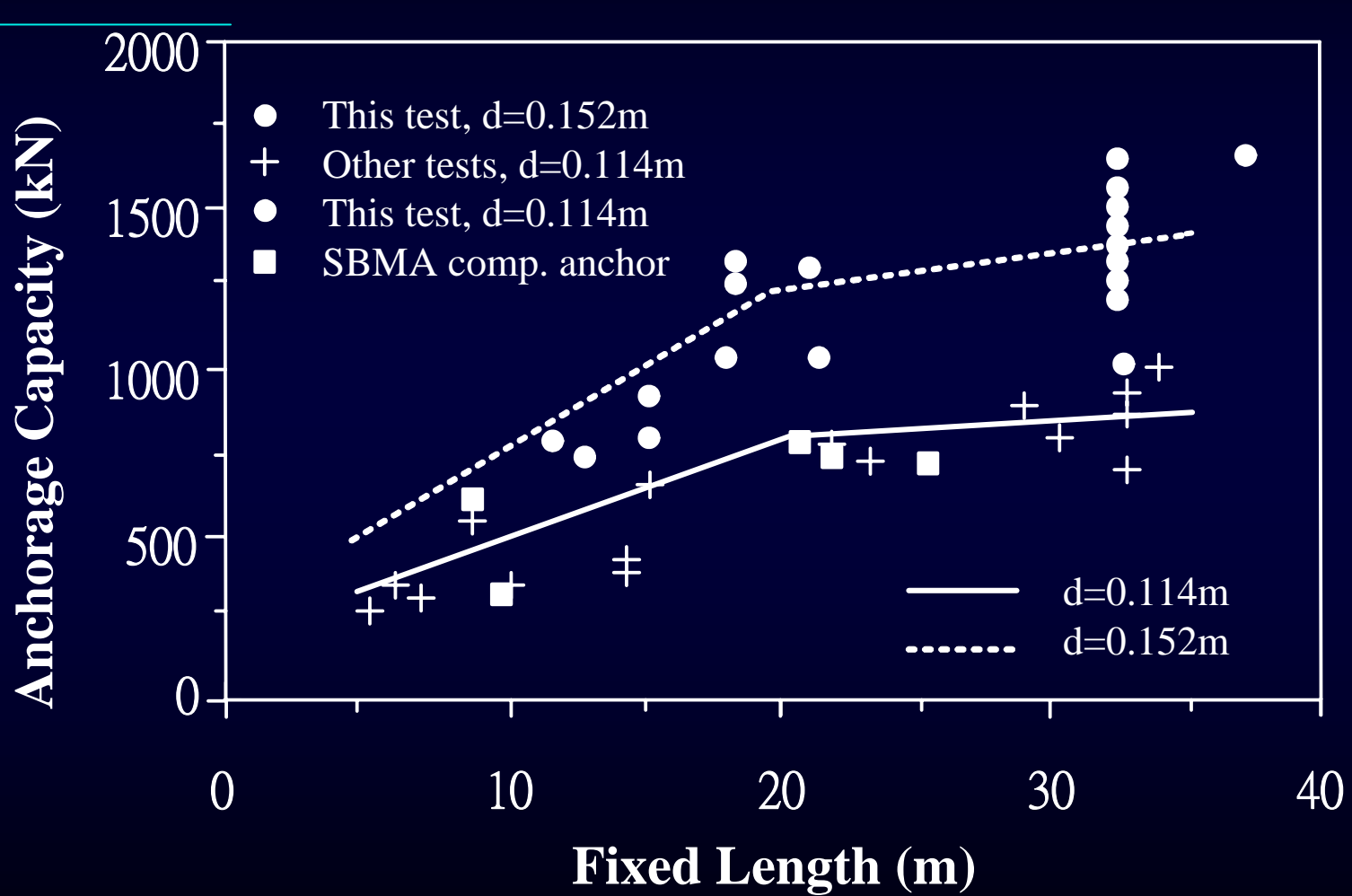
$$n = 40 \frac{t}{m} \quad \dots\dots\dots \text{礫石 (Littlejohn, 1970)}$$

$$(b) Q_{\tau} = \pi \cdot D \cdot L_a \cdot \tau_u$$

地層種類		極限摩擦應力 (kg / cm <sup>2</sup> )	
岩盤	硬岩	15~25	
	軟岩	10~15	
	風化岩	6~10	
砂礫	N 值	10	1.0~2.0
		20	1.7~2.5
		30	2.5~3.5
		40	3.5~4.5
		50	4.5~7.0
砂	N 值	10	1.0~1.4
		20	1.8~2.2
		30	2.3~2.7
		40	2.9~3.5
		50	3.0~4.0
黏性土		1.0 c (c : 凝聚力)	



(c) 沉泥質砂土(直接查圖, Liao et. al)

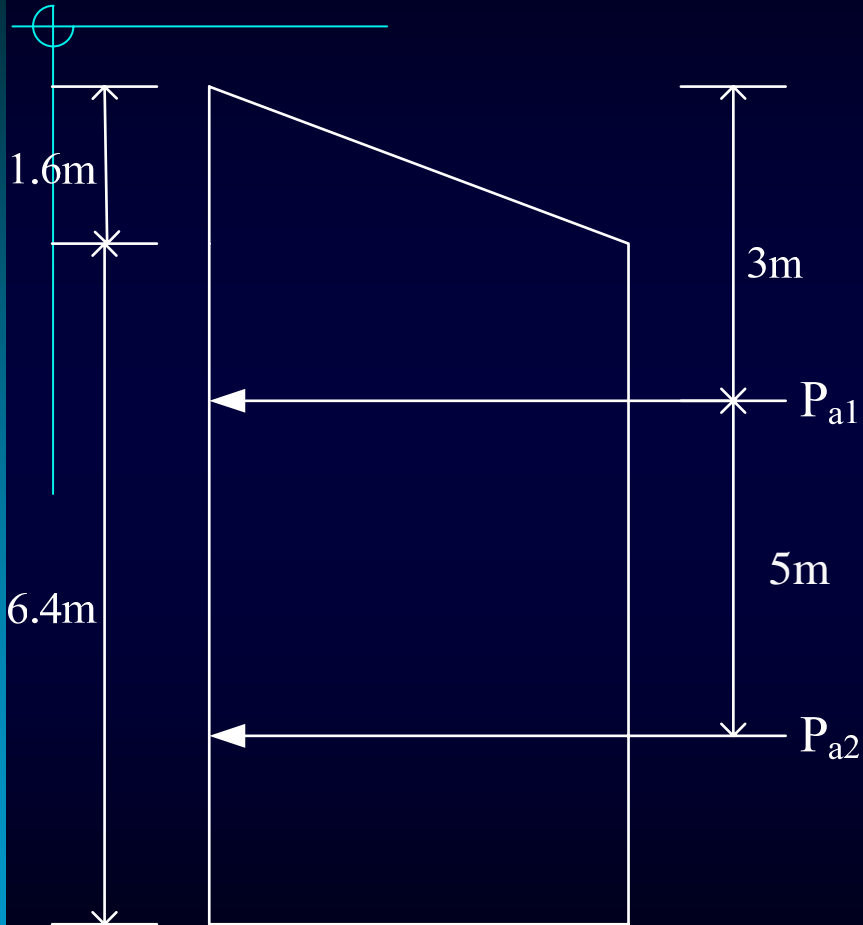


## 設計案例

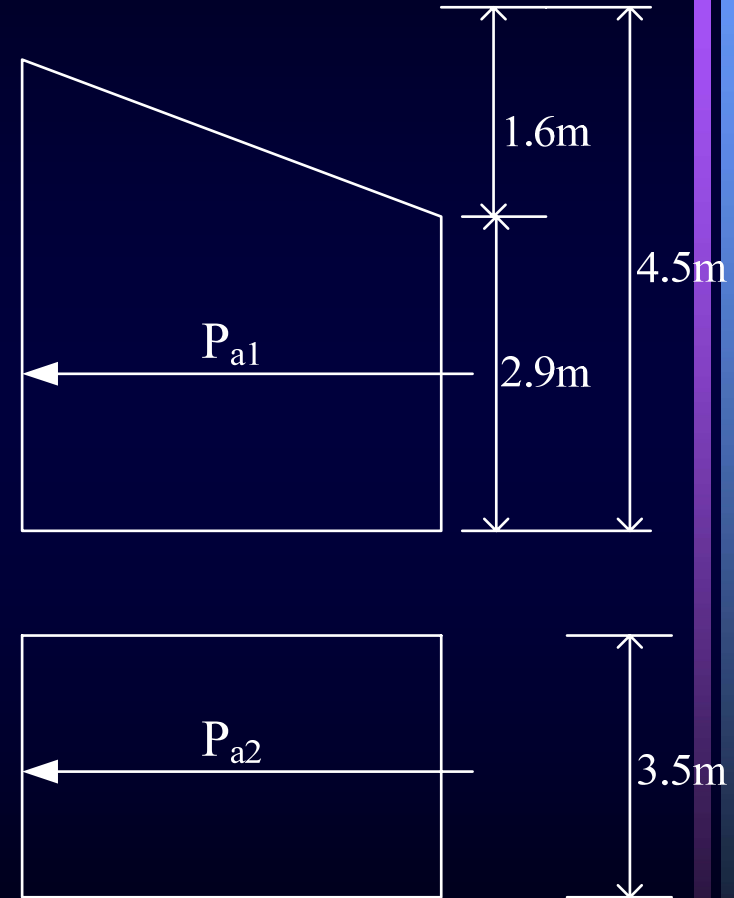
- 某地下開挖之預定深度為8 m，現地土壤之單位重 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ ，主要之土層為沉泥質砂土， $c=0$ ， $\phi = 30^\circ$ ，地錨採傳統摩擦型地錨，試設計此工地之地錨。  
(臨時性，工期1.5年)

sol :

(一) 視土壓力:



(二) 採1/2分割法:



$$0.45 \times 1.8 \times 8 = 6.48 \frac{t}{m^2}$$

(三) 採兩層地錨設計，地錨水平間距2 m，傾角20°，第一層地錨位於距地表3 m處，第二層地錨距地表6 m處。

(四) 計算各層地錨之水平土壓力

$$P_{a1} = \left( \frac{1}{2} \times 6.48 \times 1.6 + 6.48 \times 2.9 \right) \times 2 = 48t$$

$$P_{a2} = 6.48 \times 3.5 \times 2 = 45.4t$$

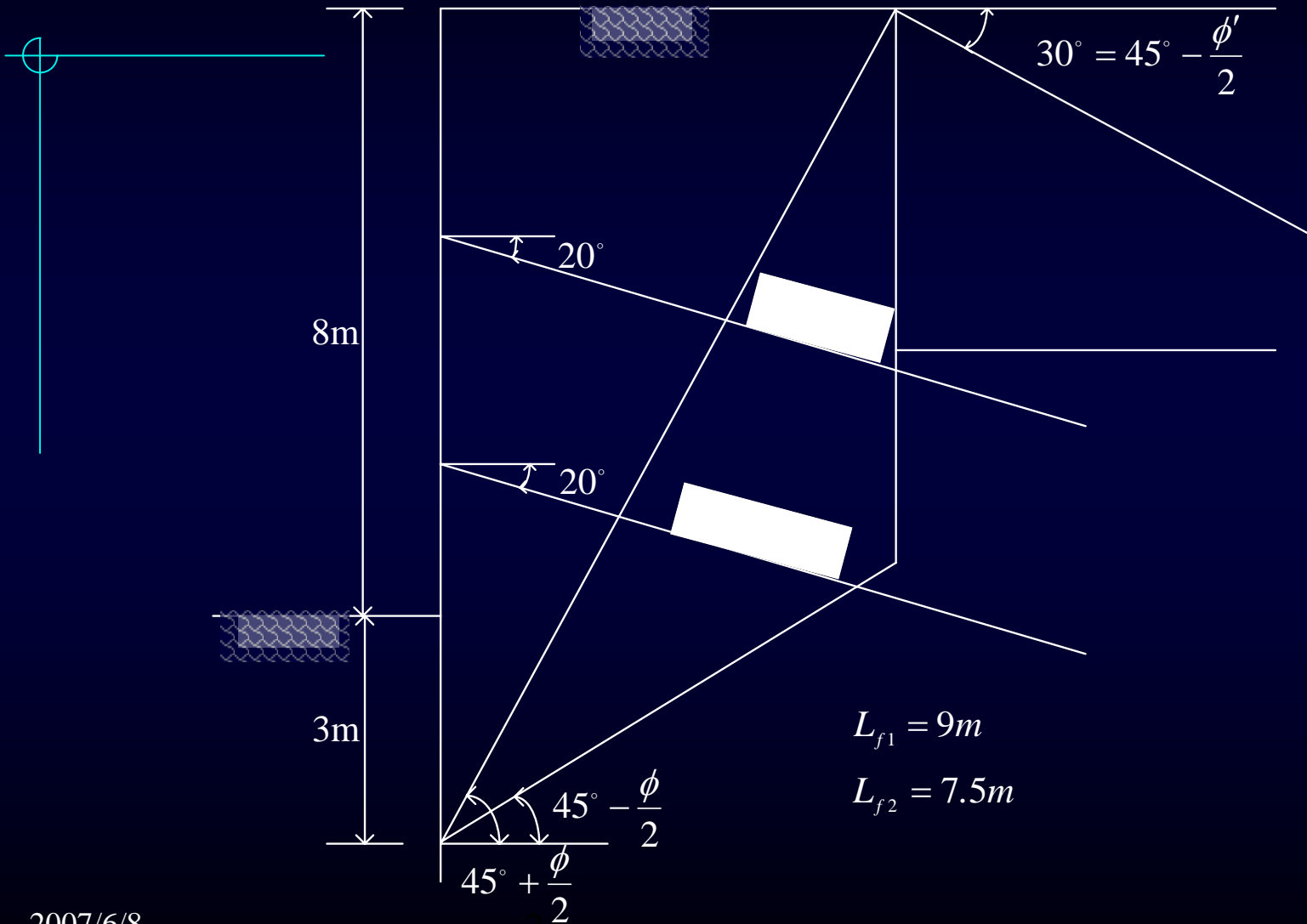
(五) 計算各層地錨所需之鋼鍵數：選7股12.7 mm  $\phi$

$$FS = \frac{n \cdot T_u \cdot \cos \theta}{P_a}$$

第一層：  $1.6 = \frac{n \times 18.7 \times \cos 20^\circ}{48} \Rightarrow n = 4.37$  採用5支

第二層：  $1.6 = \frac{n \cdot 18.7 \cdot \cos 20^\circ}{45.4} \Rightarrow n = 3.65$  採用4支

# (六)計算自由段長度



## (七)設計錨碇段長度

計算各層地錨所需提供之錨碇力  $T_u \Rightarrow FS = \frac{T_u \times \cos \theta}{p_a}$

第一層： $2.5 = \frac{T_{u1} \times \cos 20^\circ}{48} \Rightarrow T_{u1} = 127.7t$ ，採15cm，28m

第二層： $2.5 = \frac{T_{u2} \times \cos 20^\circ}{45.4} \Rightarrow T_{u2} = 120.78t$ ，採15cm，21m

# 地錨之施工



2007/6/8



# □ 地錨施工



2007/6/8

## □ 地錨施工



2007/



# □ 地錨施工



2007/6/8

## □ 地錨施工



2007/6/8



# □ 地錨施工



2007/6/8

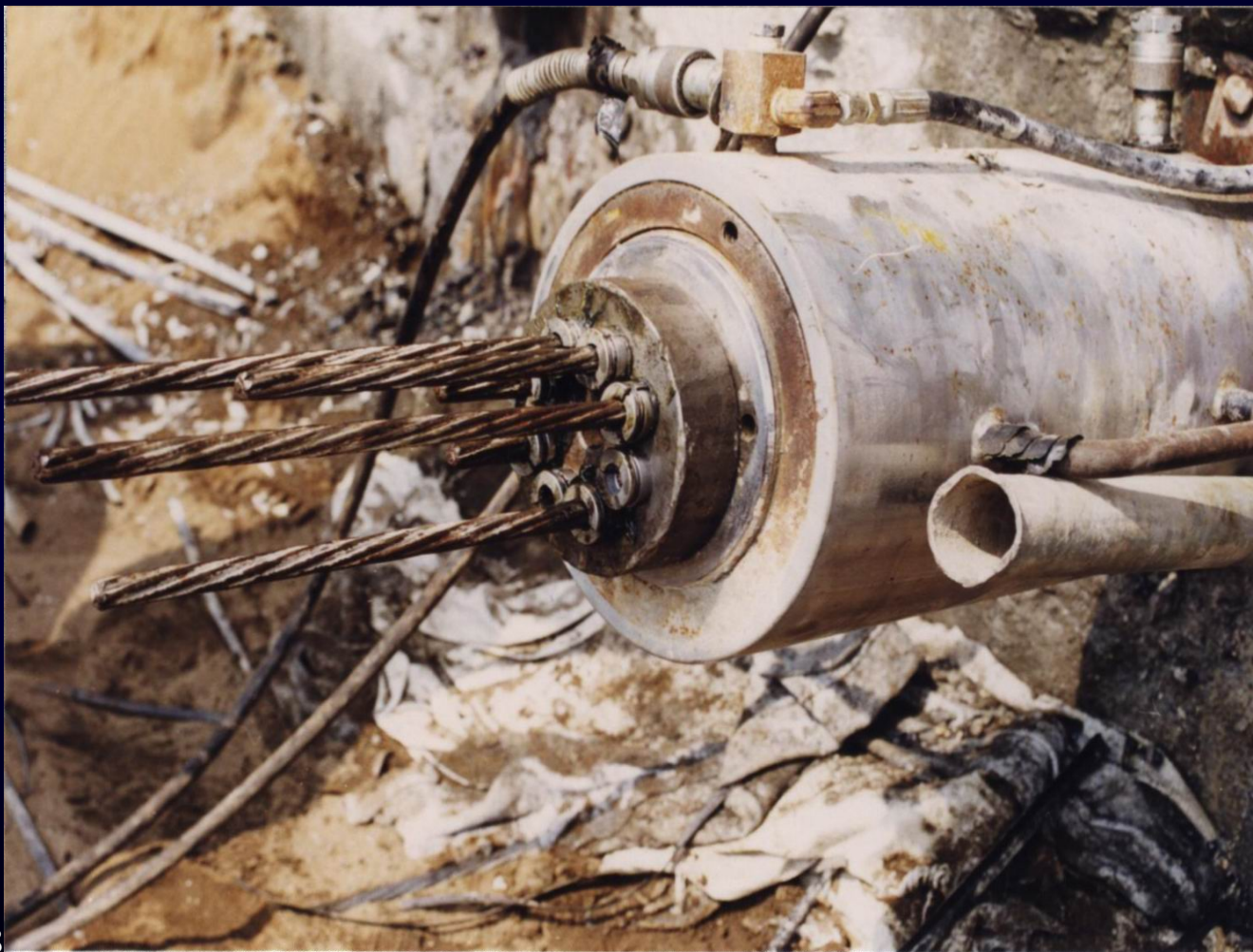
## □ 地錨施工



2007/6/



## □ 地錨施工



2007/6/8

# □ 地錨施工



2007/6/8



# 地錨試驗

試驗種類	目的	主要項目	實施時機和對象
證明試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 瞭解地錨極限荷重和潛變極限荷重，求取地錨設計參數。</li> <li>2. 檢驗地錨之潛變行為，確認該工區使用地錨之可靠性。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 從荷重~變位量特性求取地錨極限荷重(<math>T_u</math>)。</li> <li>2. 從荷重~潛變係數關係圖求取地錨潛變極限荷重(<math>T_k</math>)。</li> <li>3. 地錨特殊試驗。</li> </ol>	於地錨設計前或地錨尚未全面施工前實施，適用於專供試驗用之地錨。
適用性試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 確認依設計圖示施工後地錨之適用性。</li> <li>2. 辨別施工方法、施工技術之良窳。</li> <li>3. 提供地錨驗收試驗之檢核基準。</li> </ol>	從試驗結果，推算有效自由段長度、摩擦損失荷重、滑動損失荷重、及潛變極限荷重。	施工初期實施，適用於工作地錨。
驗收試驗	確認施工後之地錨是否符合設計要求。	將試驗結果與適用試驗結果比較，確認是否可接受。	施工中實施，適用於工作地錨。

# 一、試驗種類

## (1)證明試驗 (Proving Test)

本項試驗係於設計階段地錨尚未施工前所進行之現場試驗，求取地錨設計所需參數之試驗。(至少三支)

## (2)適用性試驗 (Suitability Test)

確認施工後地錨能否完全符合設計要求；而其試驗結果將被作為驗收試驗之執行依據。

(六個月以內：1%，二年以內：2%，永久：3%。且不得少於3支)

## (3)驗收試驗 (Acceptance Test) (每一支地錨皆須進行)

將施工後之工作地錨與設計要求相比較，證明地錨能符合實際設計使用需求之一種試驗。而依試驗步驟之不同，可分為特別驗收試驗（取1/10）和例行驗收試驗兩種。

## 二、試驗荷重之決定：

試驗種類	最大試驗荷重*		
證明試驗	不超過抗張材極限拉力之 80%		
適用性試驗	永久性地錨	不超過設計荷重之1.5倍	不超過抗張材極限拉力之80%
	臨時性地錨	不超過設計荷重之1.2倍	
驗收試驗	永久性地錨	不超過設計荷重之1.5倍	不超過抗張材極限拉力之80%
	臨時性地錨	不超過設計荷重之1.2倍	

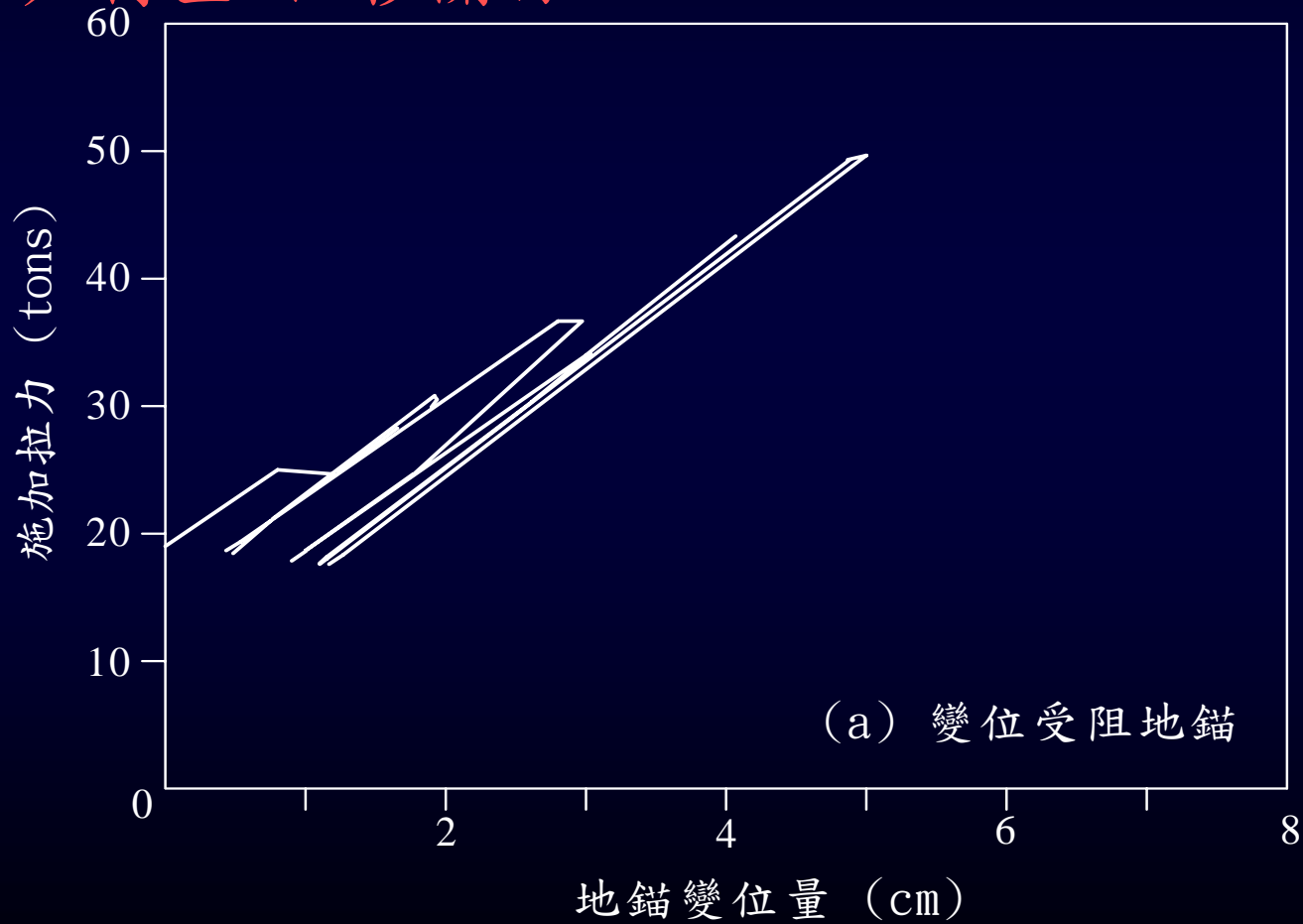
### 三、證明試驗與適用性試驗之荷重循環階段與最少測觀時間建議值 (DIN,1988)

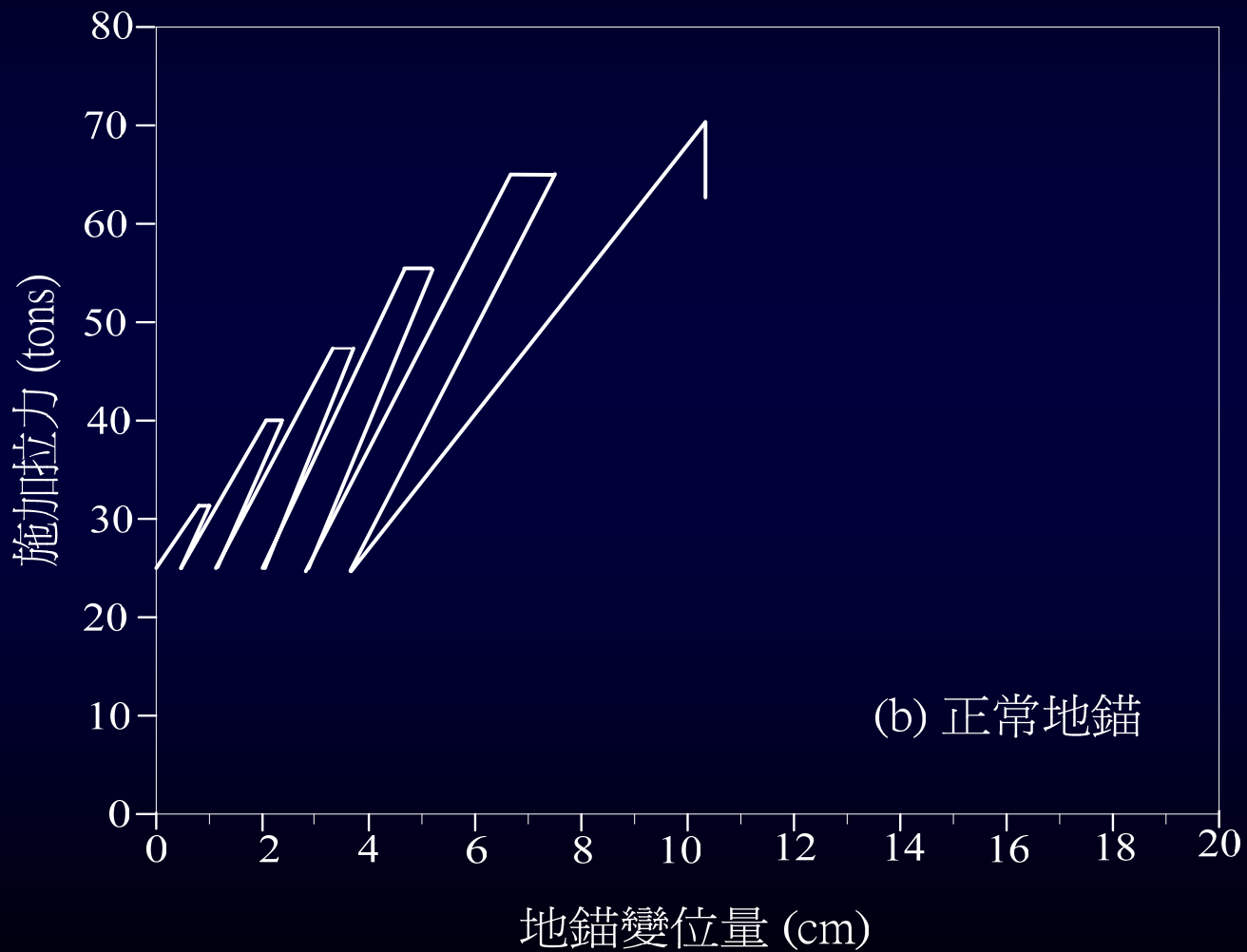
循環荷重	證明試驗或適用性試驗	
	最少觀測時間 (分)	
	永久性地錨或臨時性地錨	
	粗粒土層或岩層	細粒土層
$T_i \leq 0.2T_w$	1	1
$0.5T_w$	15	30
$0.75T_w$	15	30
$1.0T_w$	60	120
$1.25T_w$	60	180
$1.5T_w \leq 0.8T_{us}$	120	1,440

## 四、證明試驗

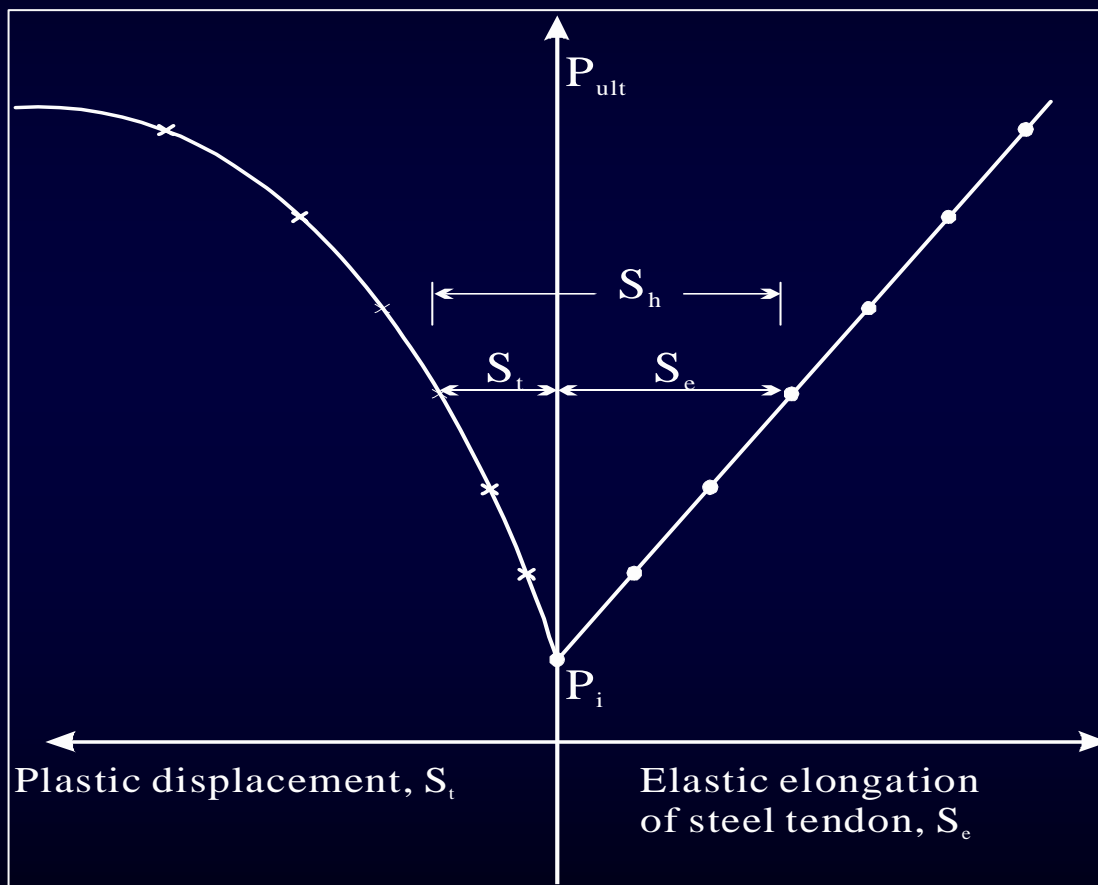


### (一) 荷重-位移關係

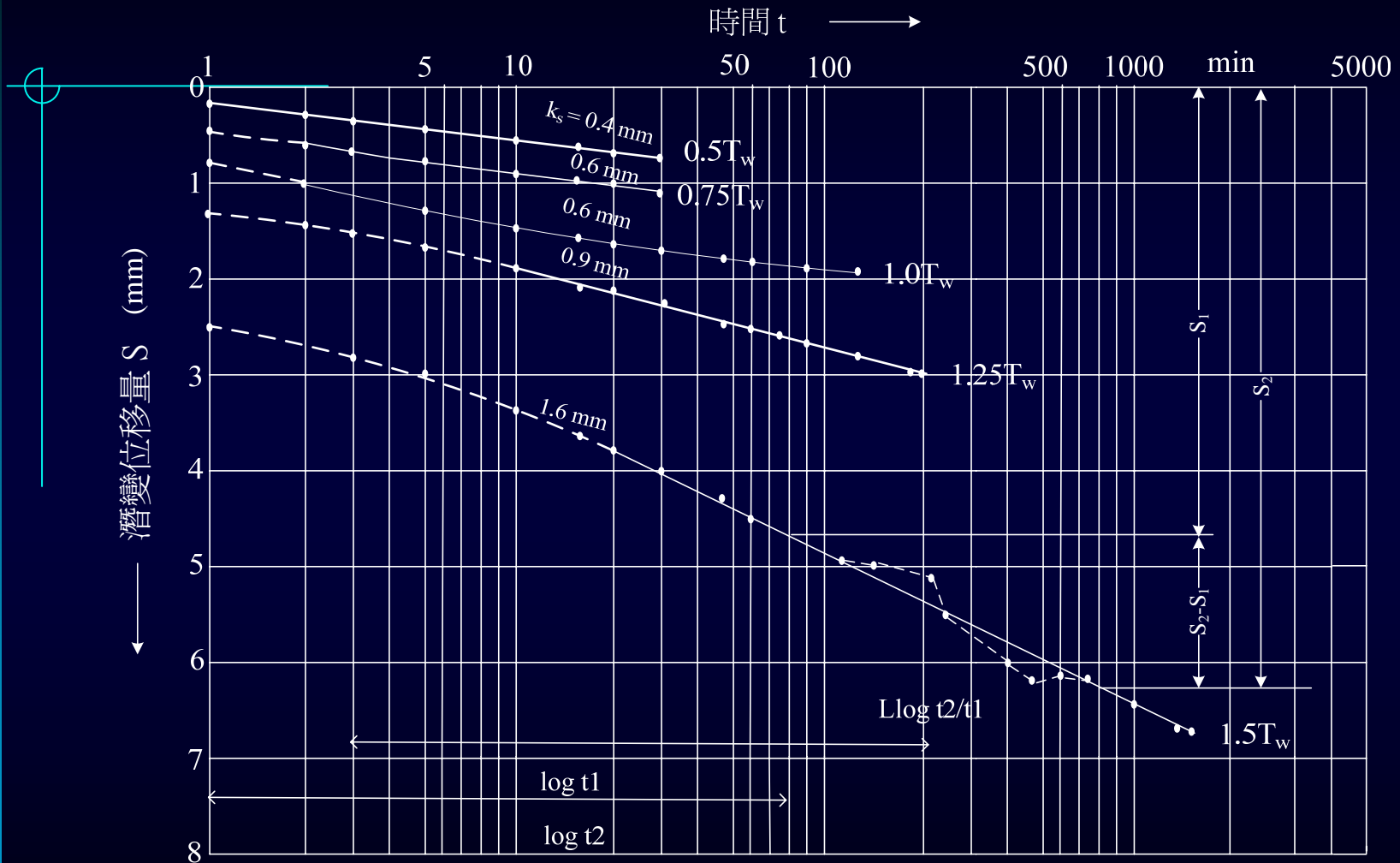




## (二) 地錨極限荷重(JIS)



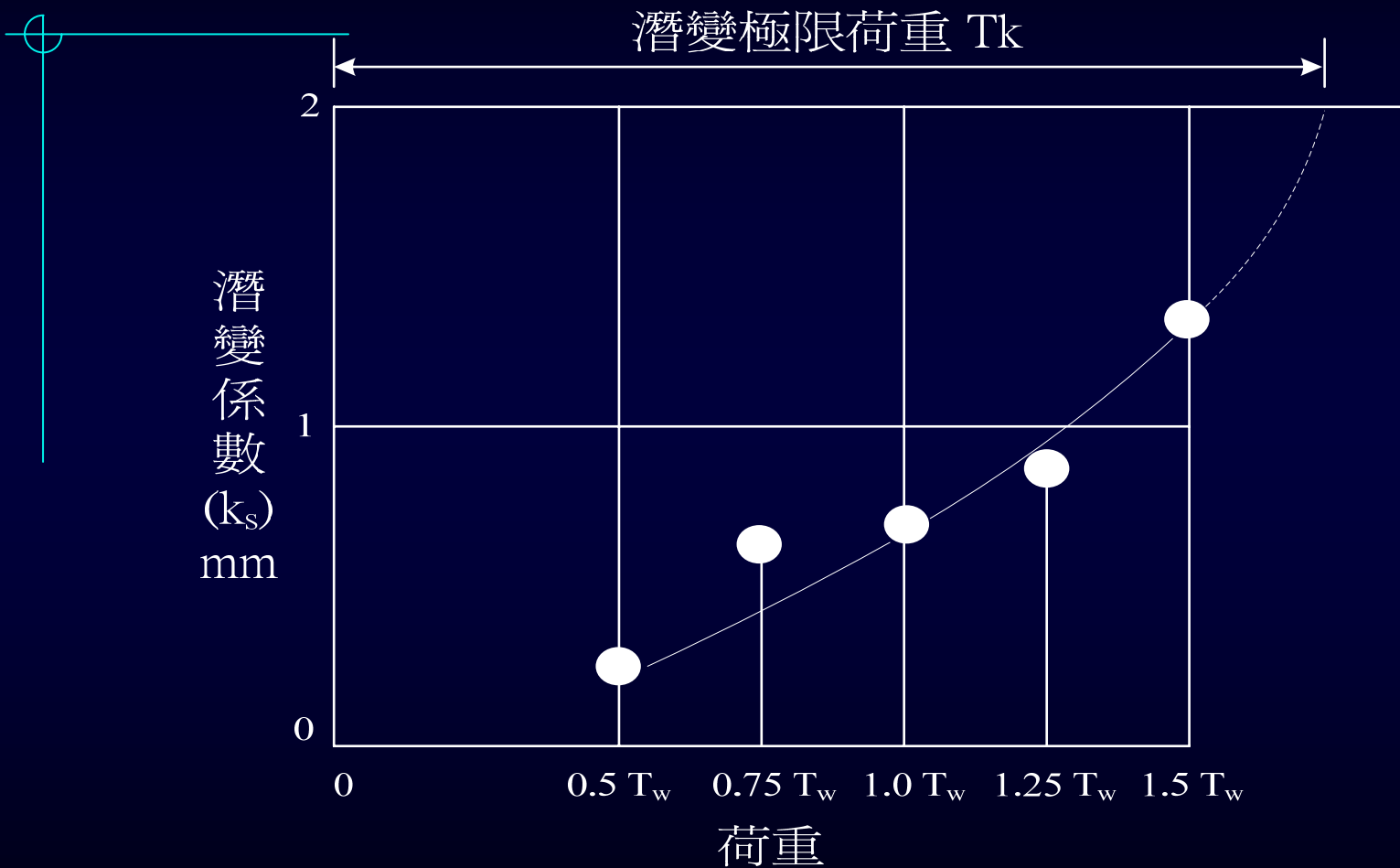
### (三)地錨潛變係數(DIN Code) : $K_s = (S_2 - S_1) / \log(t_2/t_1)$



各階段荷重維持時間內潛變位移量 ~ 對數時間圖

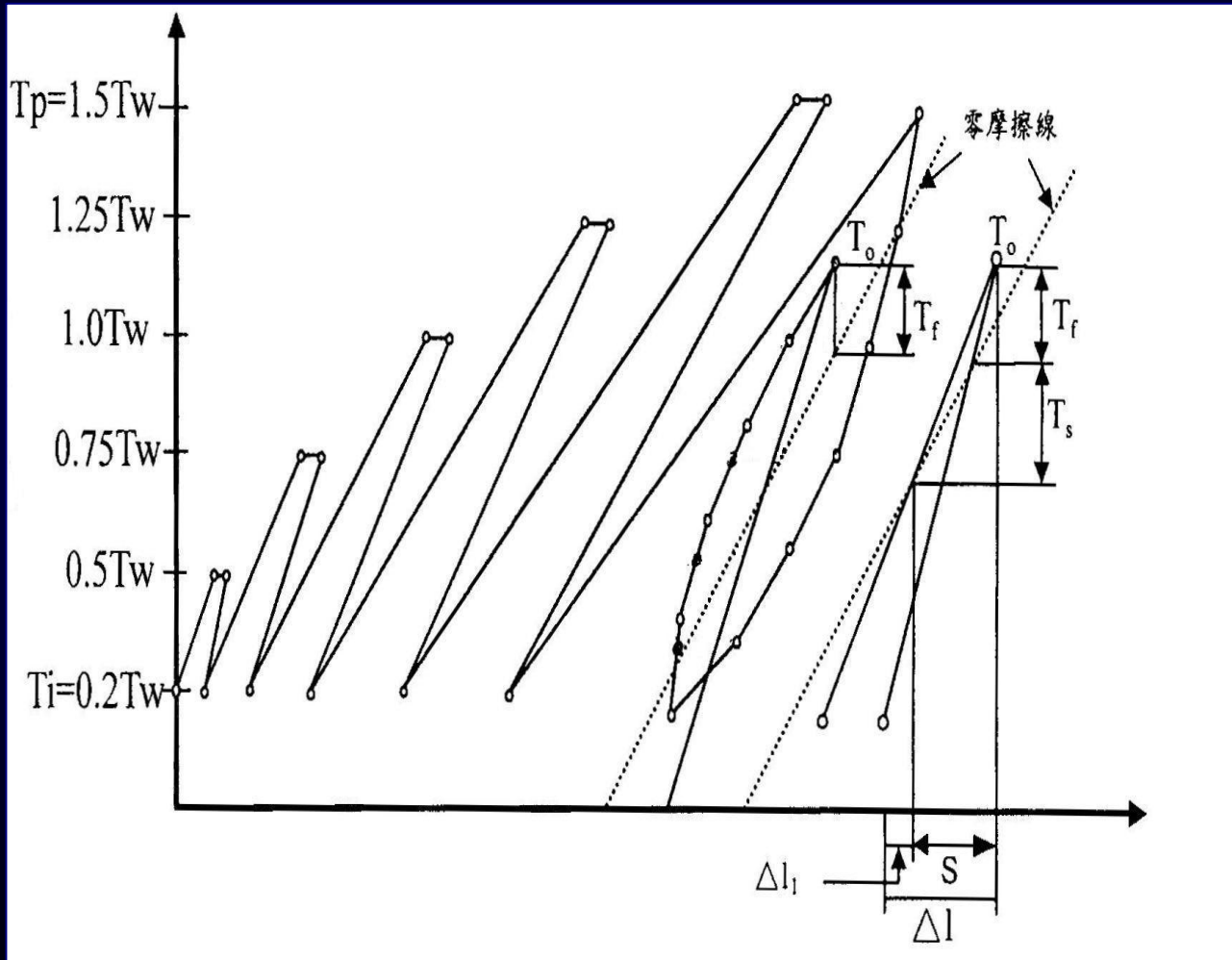


## (四) 地錨潛變極限荷重



荷重 ~ 潛變係數關係圖

# 五、適用性試驗



## (一)有效自由段長度

$$L_{ef} = \frac{\Delta l(x)}{\Delta T} \times A_s \times E_s$$

$$0.9L_{ft} \leq L_{ef} \leq L_{ft} + 0.5L_{at} \text{ For tension anchors}$$

$$0.9L_{ft} \leq L_{ef} \leq 1.1L_{ft} \text{ For compression anchors}$$

(二)摩擦損失:  $T_f$

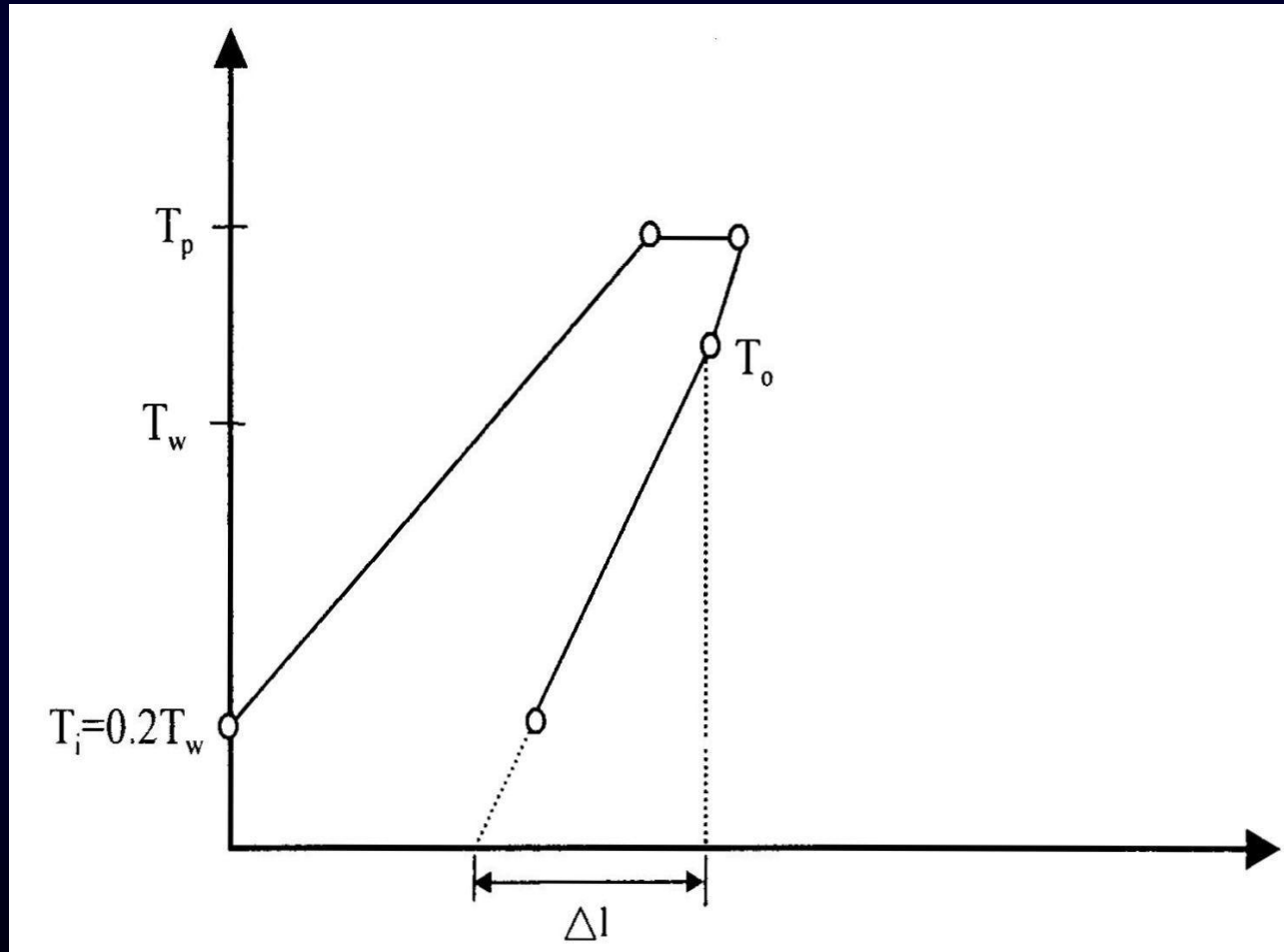
(三)滑動損失:  $T_s$

(四)鎖定荷重:  $T_0 = T_w + T_f + T_s$

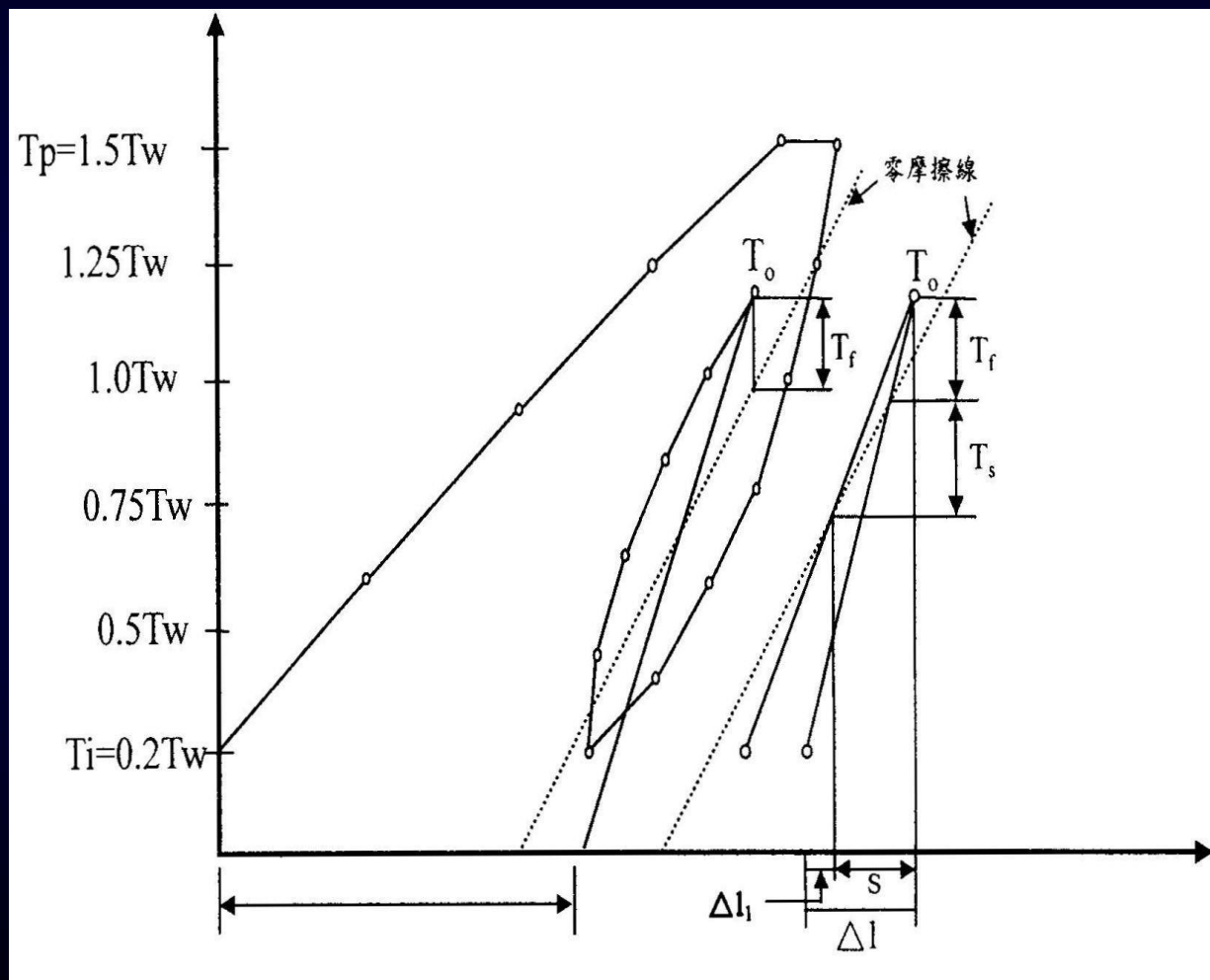
(五)最大試驗荷重下,  $K_s < 2.0\text{mm}$

## 六、驗收試驗

### (一) 例行性驗收試驗



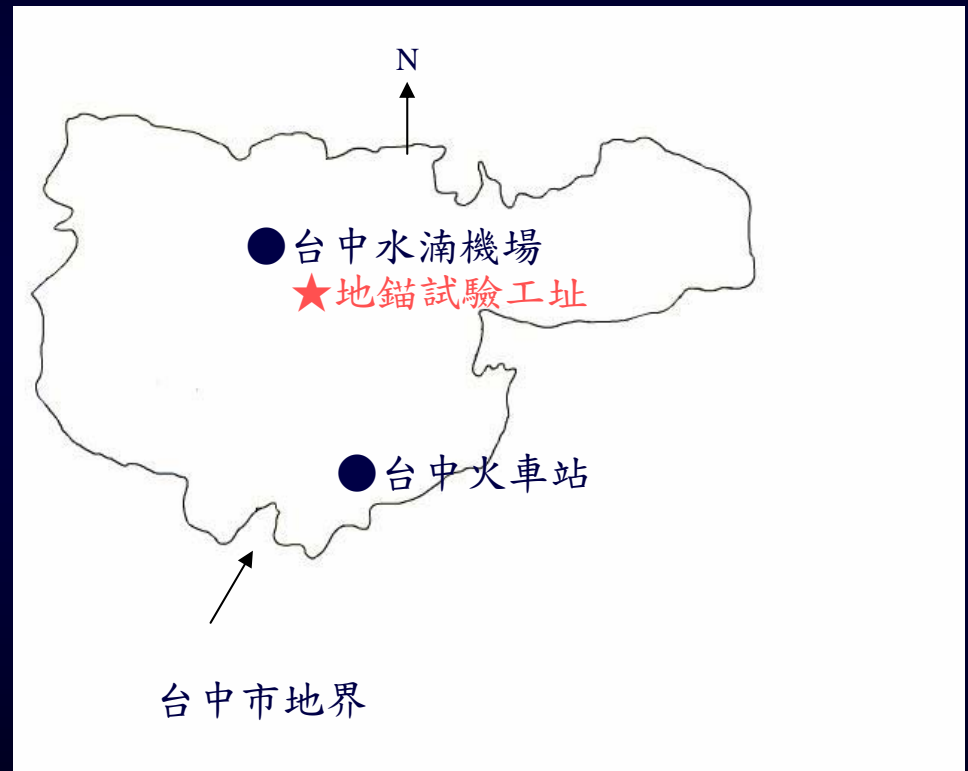
## (二) 特別驗收試驗



# 卵礫石層中地錨受力行為之研究

## 研究方法與目的

- 於卵礫石中進行地錨之現地拉拔試驗
- 探討卵礫石層中地錨受力行為
- 探討承拉式地錨錨碇力與相關參數之關係
- 提出相關之設計圖表

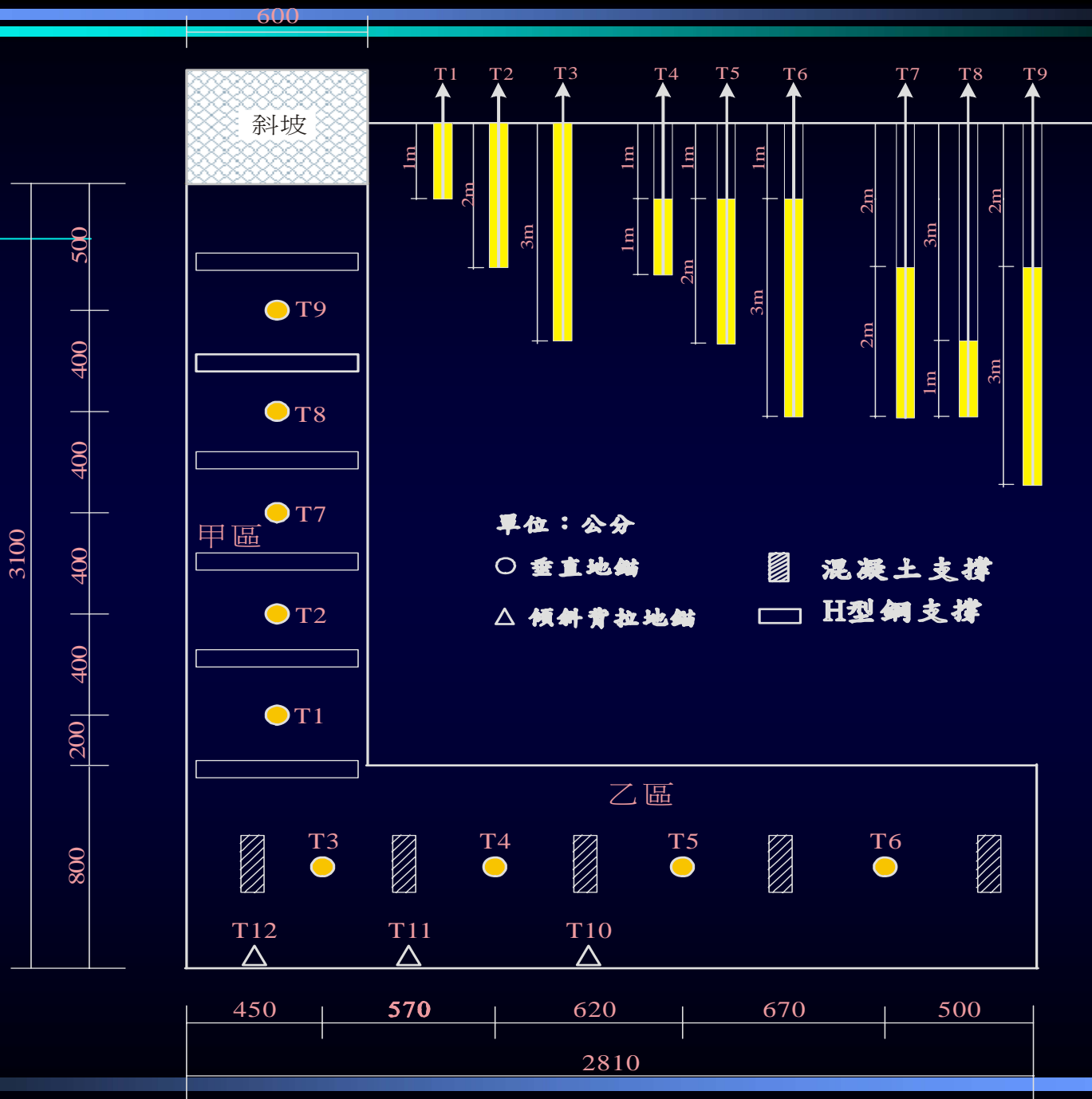


# 卵礫石層中地錨受力行為之研究

本試驗將地錨進行下列研究

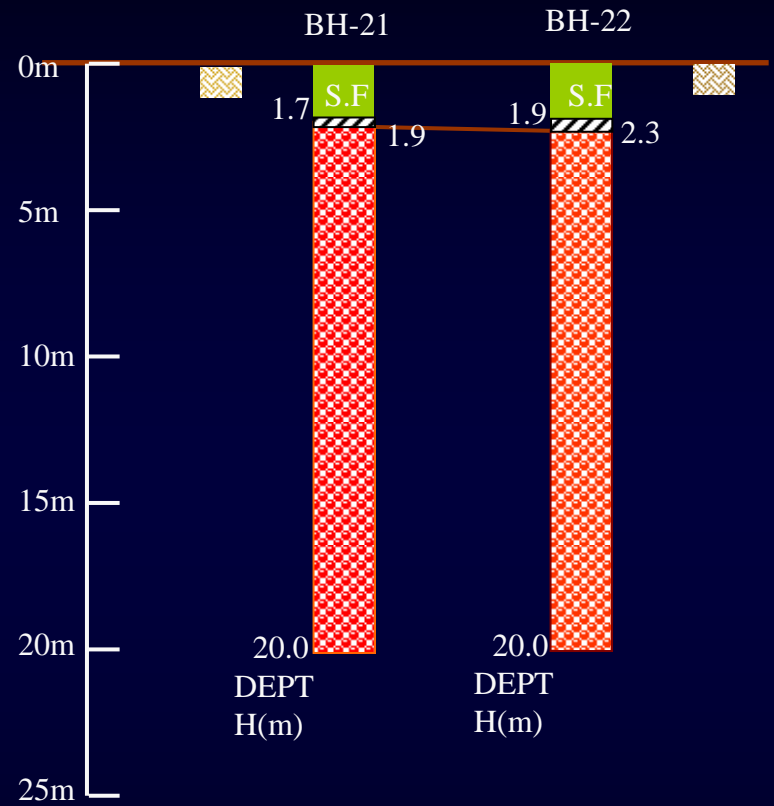
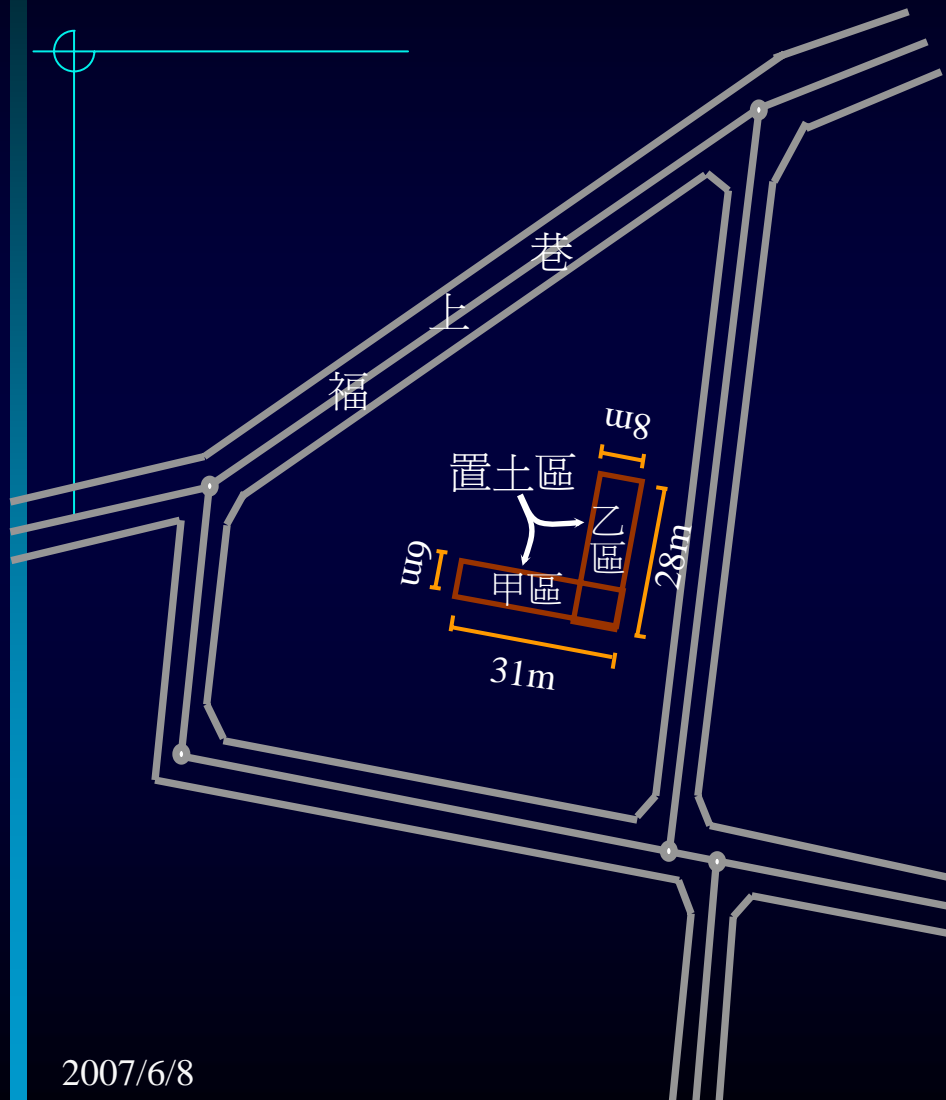
- 淺層地錨破壞面之觀察
- 不同覆土深度之錨碇力
- 不同錨碇段長度對錨碇力之影響
- 總長度相同但錨碇段長度不同
- 傾斜地錨錨碇行為

# 地錨配置示意圖





# 工址地質狀況

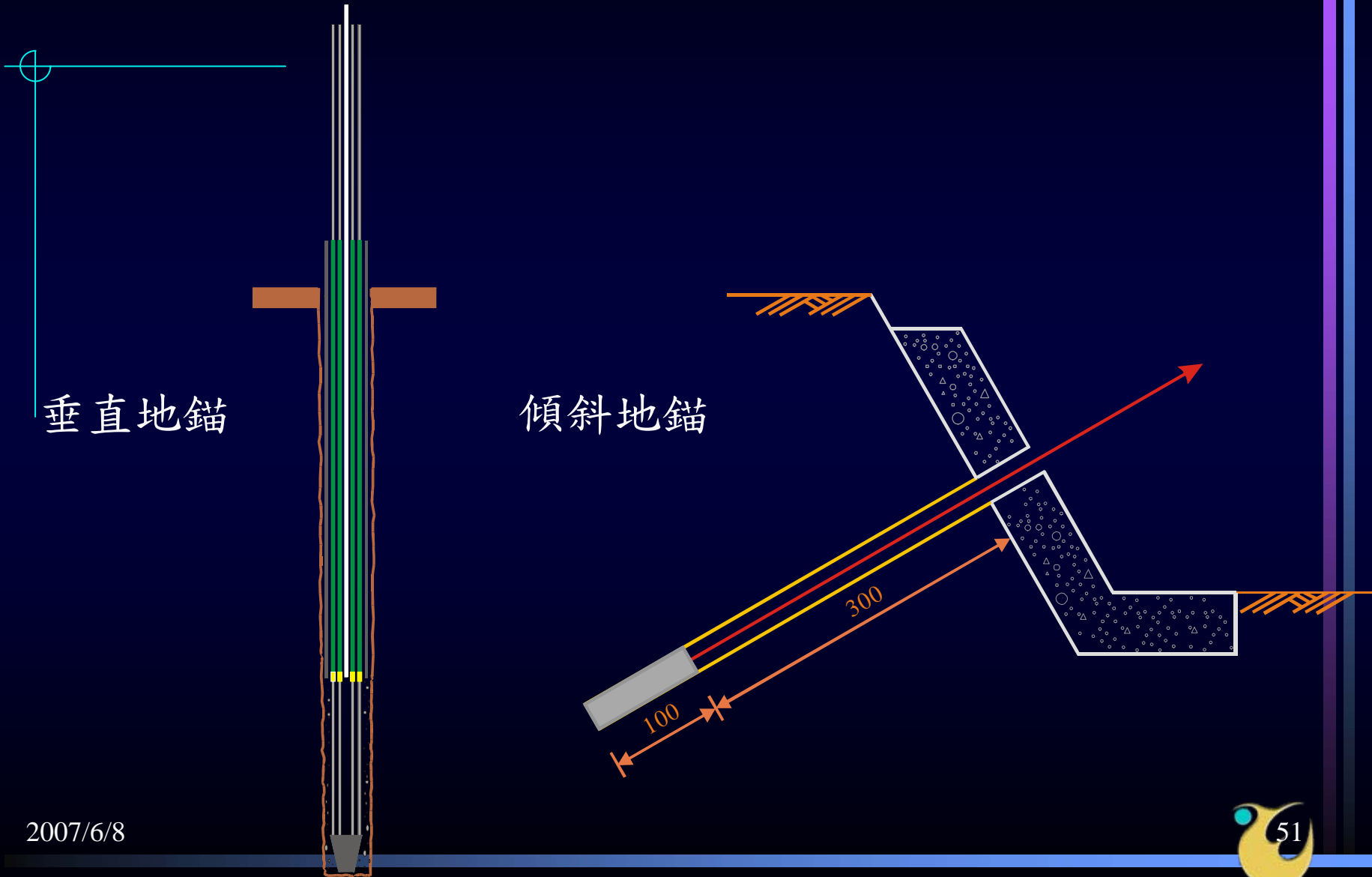


- 級配不良之礫石(GP)
- 粗粒料含量85%以上

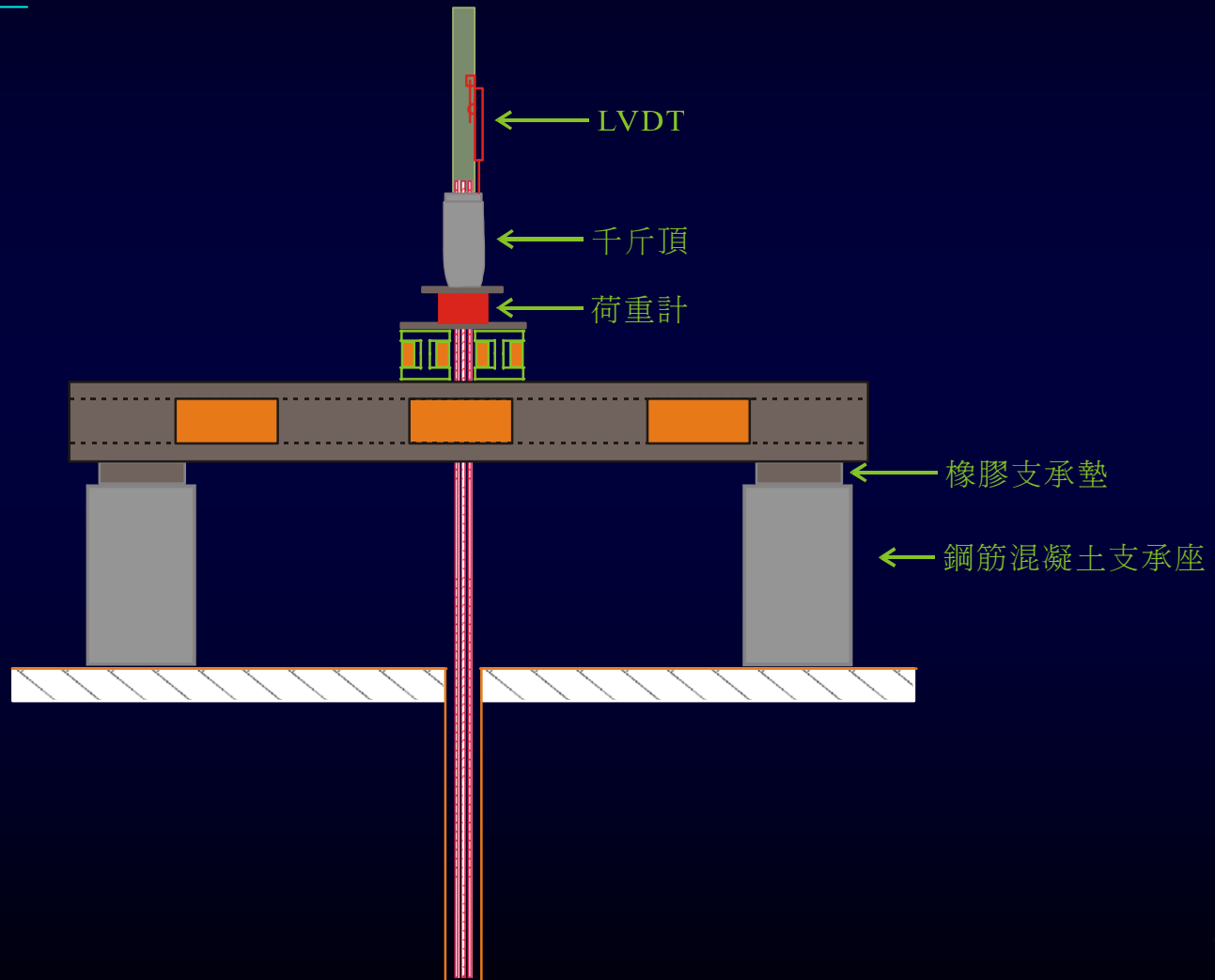
## 試驗工址應注意事項

1. 覆土影響：表土清除
2. 土層擾動影響：高程控制
3. 反力座影響：適當距離
4. 群錨效應影響：採4m
5. 鑽機影響：乾鑽，空壓清渣

# 現地試驗地錨型式



# 試驗儀器架設步驟



# 試驗工址

# 垂直地錨



# 傾斜地錨

# 淺層地錨地表隆起





# 試驗結果

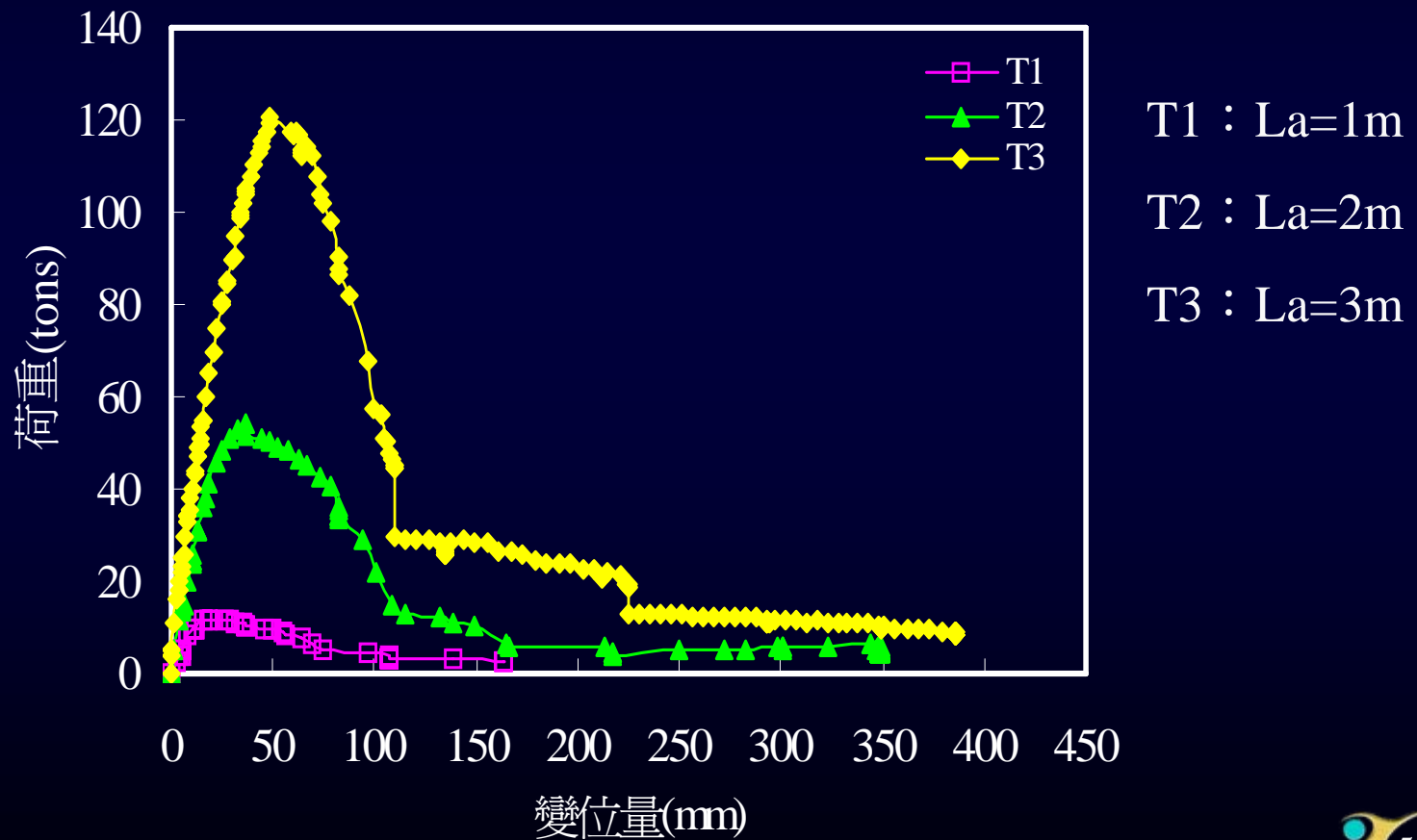
- T1~T3，T10 達尖峰荷重時Ks甚小；T6無法求出
- T4、T5、T11短地錨之潛變極限荷重反而有大於尖峰荷重之不合理現象

- 註：1. T10~T12為傾斜地錨，傾角為25°，符號「\*」代表傾斜地錨之自由段長度。
2. T6地錨施拉過程中承壓鋼梁產生嚴重變形，且達尖峰荷重後不久鋼腱產生斷裂。
3. 表中T9地錨之尖峰荷重係鋼腱斷裂時之荷重，故分析時不列入計算。

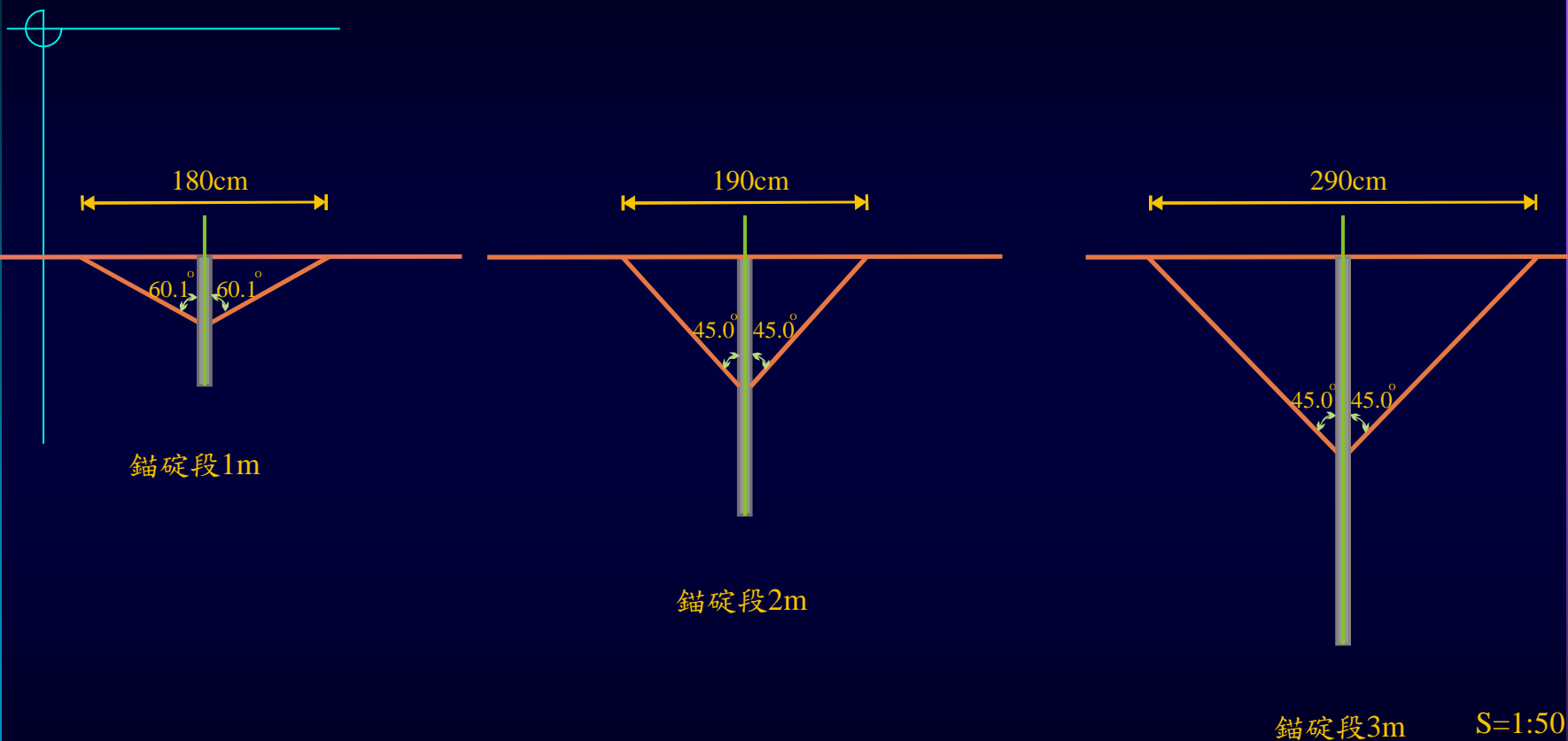
地錨編號 (1)	覆土深度(m) (2)	錨碇段長度(m) (3)	尖峰荷重 (kN) (4)	殘餘荷重 (kN) (5)	潛變極限荷重 (kN) (6)	塑性變位量(mm) (7)	破壞情況 (8)
T <sub>1</sub>	0	1	116.7	29.4	—	24.09	拉脫破壞
T <sub>2</sub>	0	2	528.8	130.5	—	28.99	拉脫破壞
T <sub>3</sub>	0	3	1177.2	283.5	—	34.26	拉脫破壞
T <sub>4</sub>	1	1	450.3	169.7	485.6	21.68	拉脫破壞
T <sub>5</sub>	1	2	829.8	307.8	951.6	28.55	拉脫破壞
T <sub>6</sub>	1	3	1618.7	—	—	—	鋼腱斷裂
T <sub>7</sub>	2	2	1281.2	956.5	1167.4	38.42	拉脫破壞
T <sub>8</sub>	3	1	964.3	724	814.2	39.41	拉脫破壞
T <sub>9</sub>	2	3	1687.3	—	1422.5	37.32	鋼腱斷裂
T <sub>10</sub>	* 3	1	353.2	263	—	25.58	拉脫破壞
T <sub>11</sub>	* 2	2	595.5	270.8	676.9	40.26	拉脫破壞
T <sub>12</sub>	* 1	3	612.1	357.1	539.6	48.10	拉脫破壞

# 試驗結果(覆土深度=0)

## 淺層地錨荷重與變位量關係圖(Z=0)



# 淺層地錨破壞時地表破壞面延伸情形

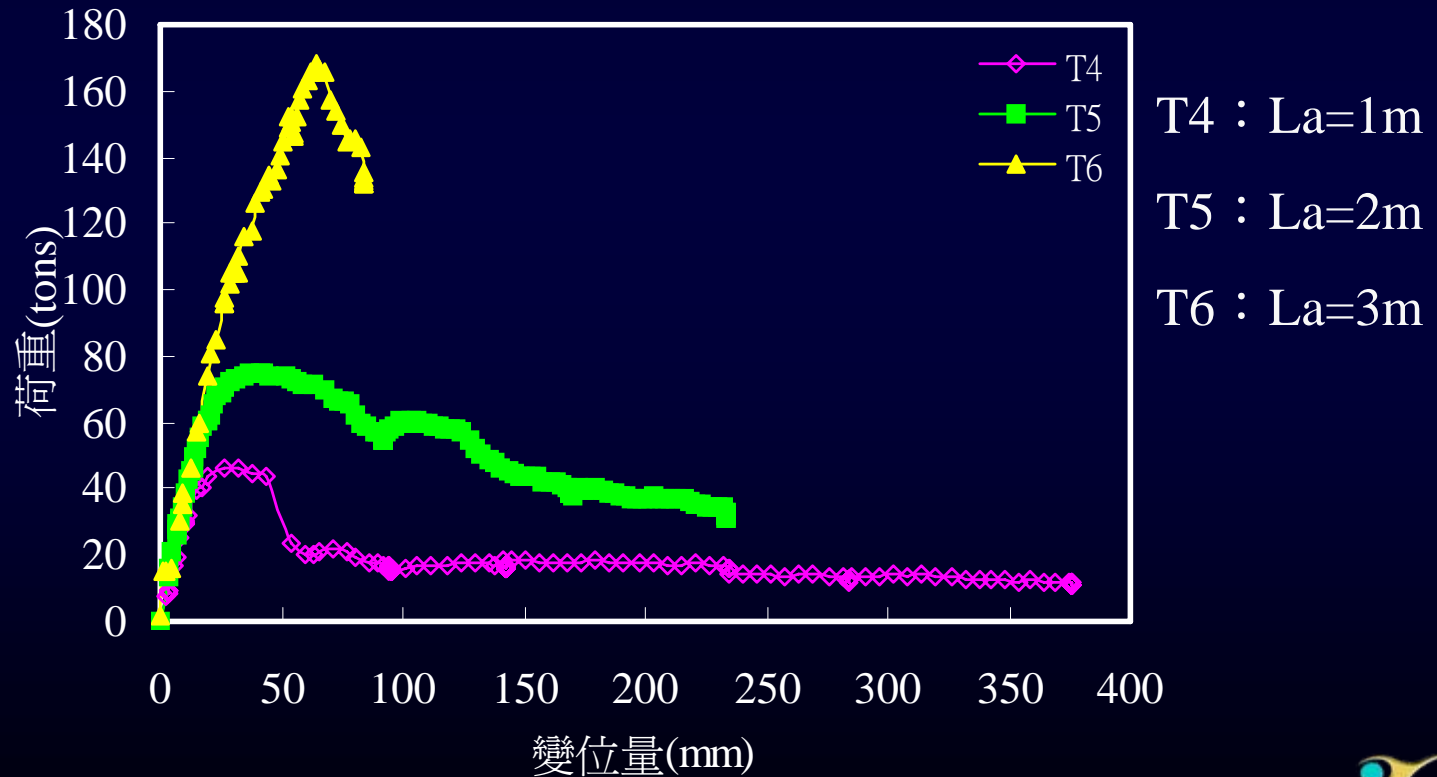


延伸範圍大於規範之規定

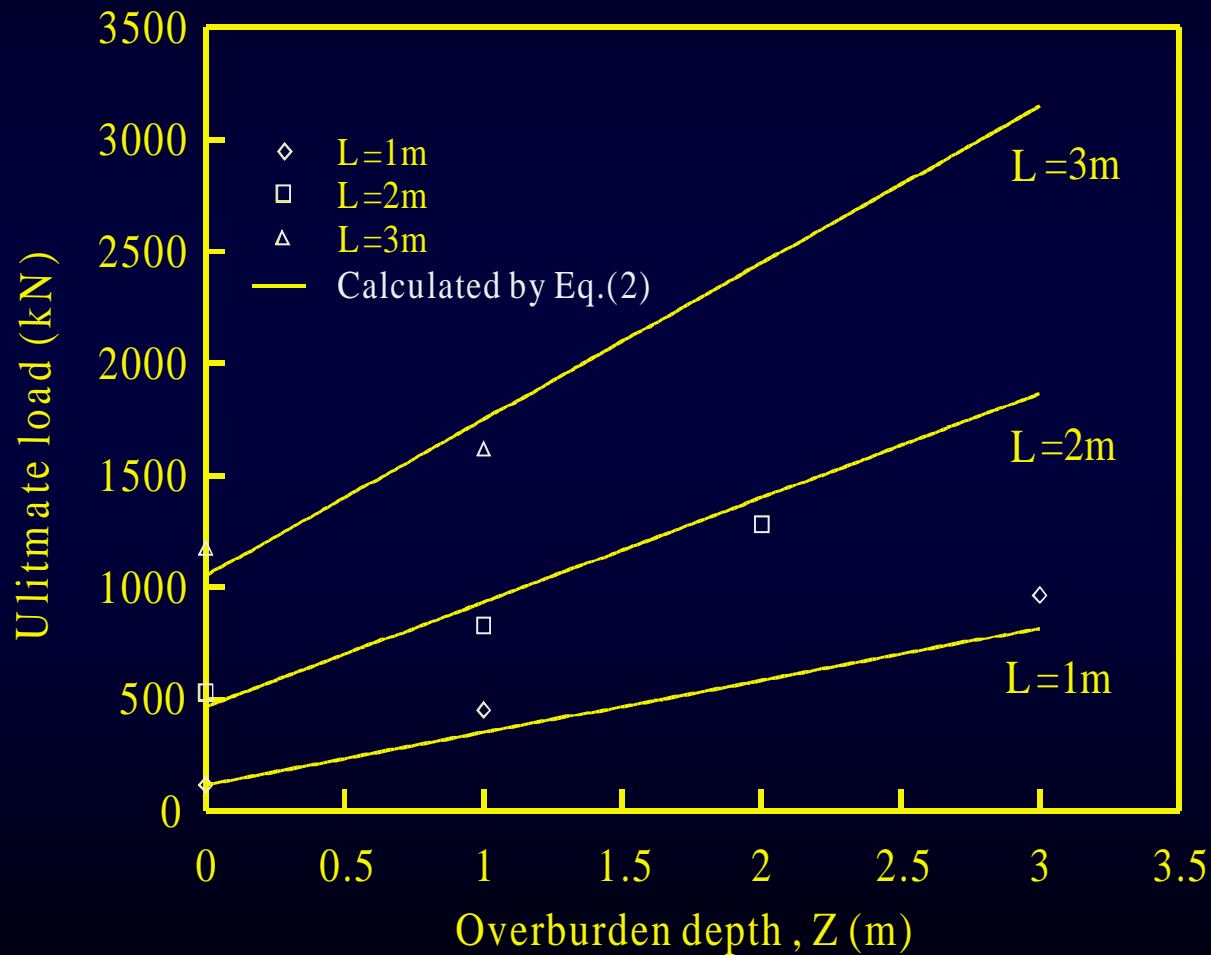


# 試驗結果(覆土深度=1m)

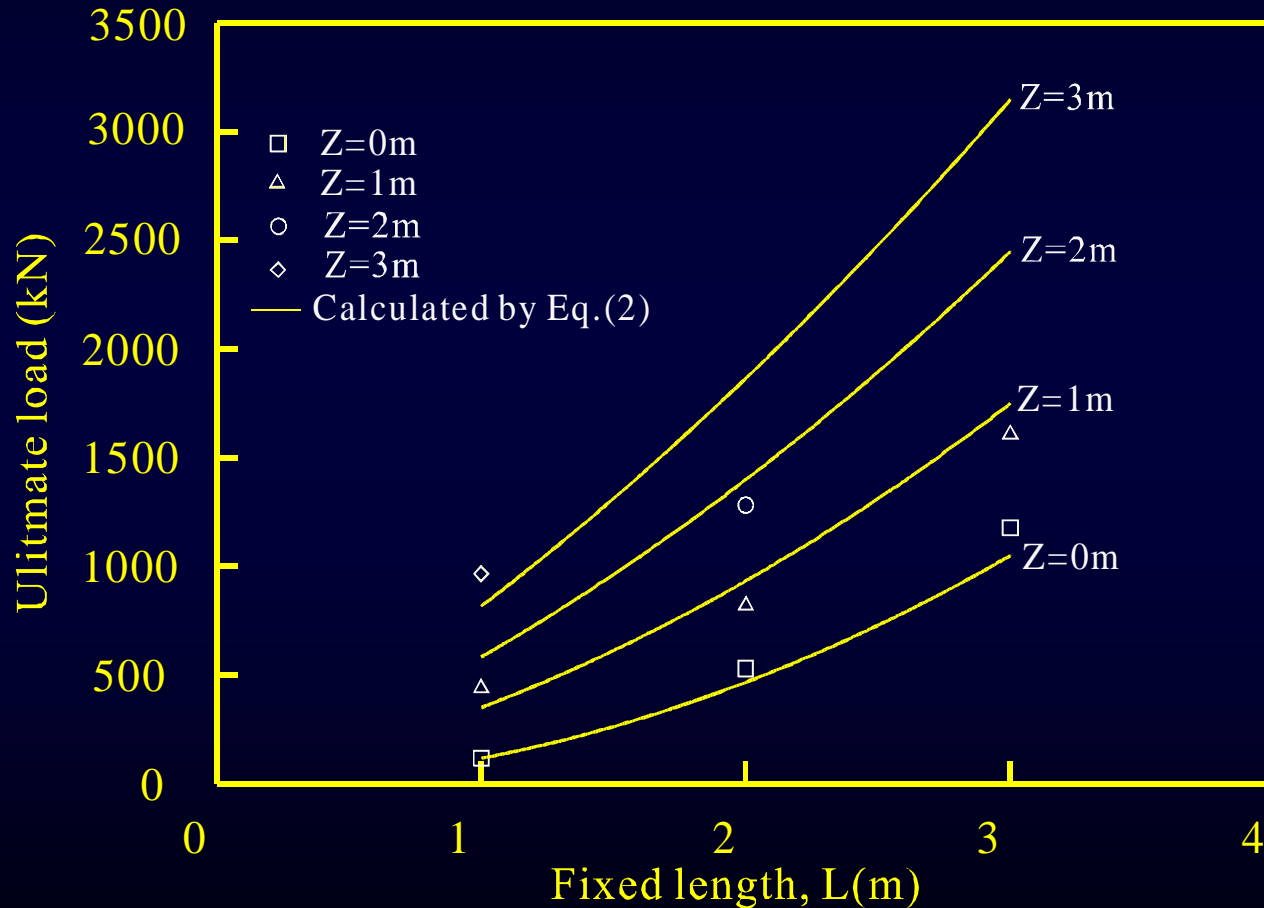
📖 深層地錨荷重與變位量關係圖



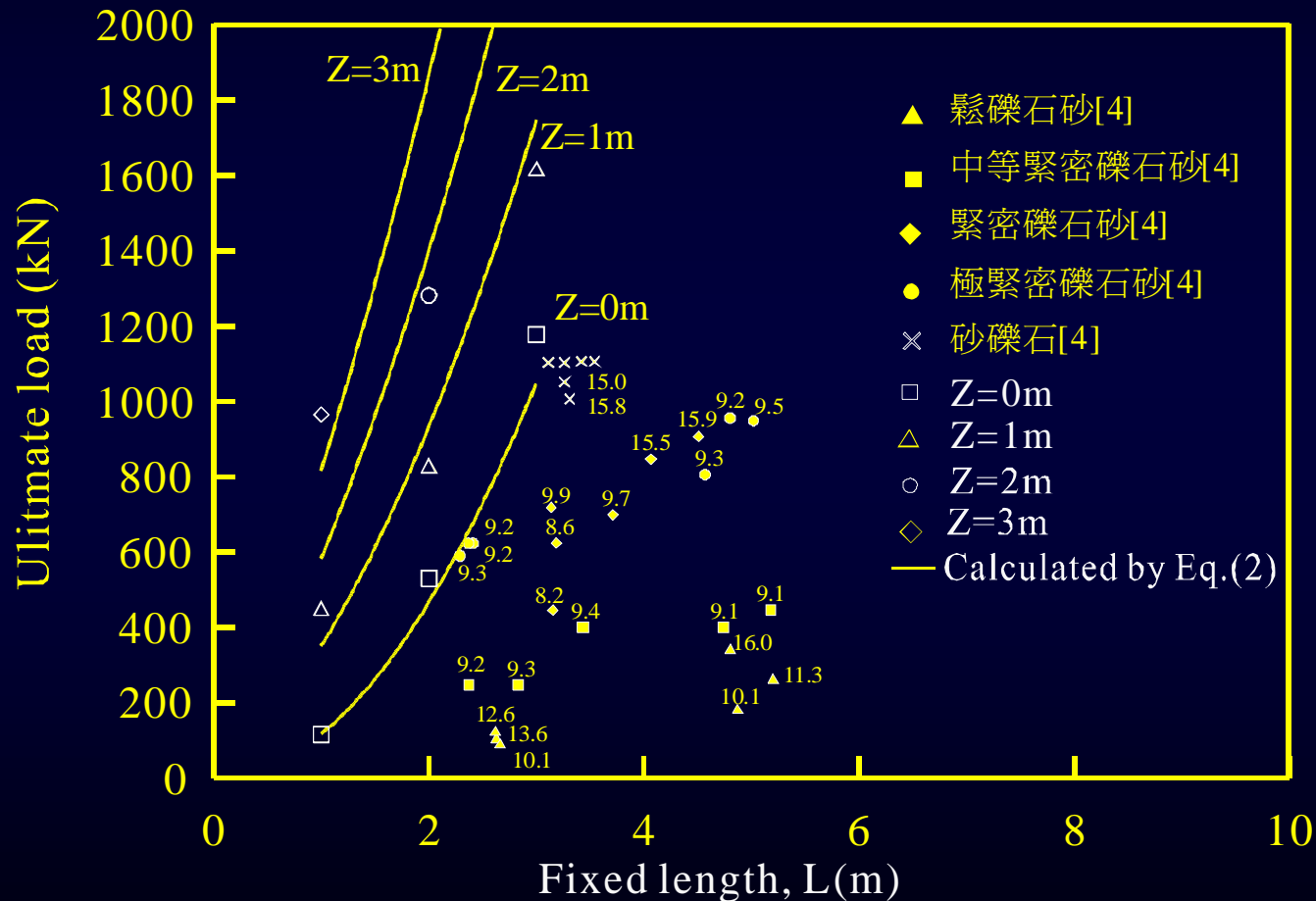
# 覆土深度與極限拉拔力



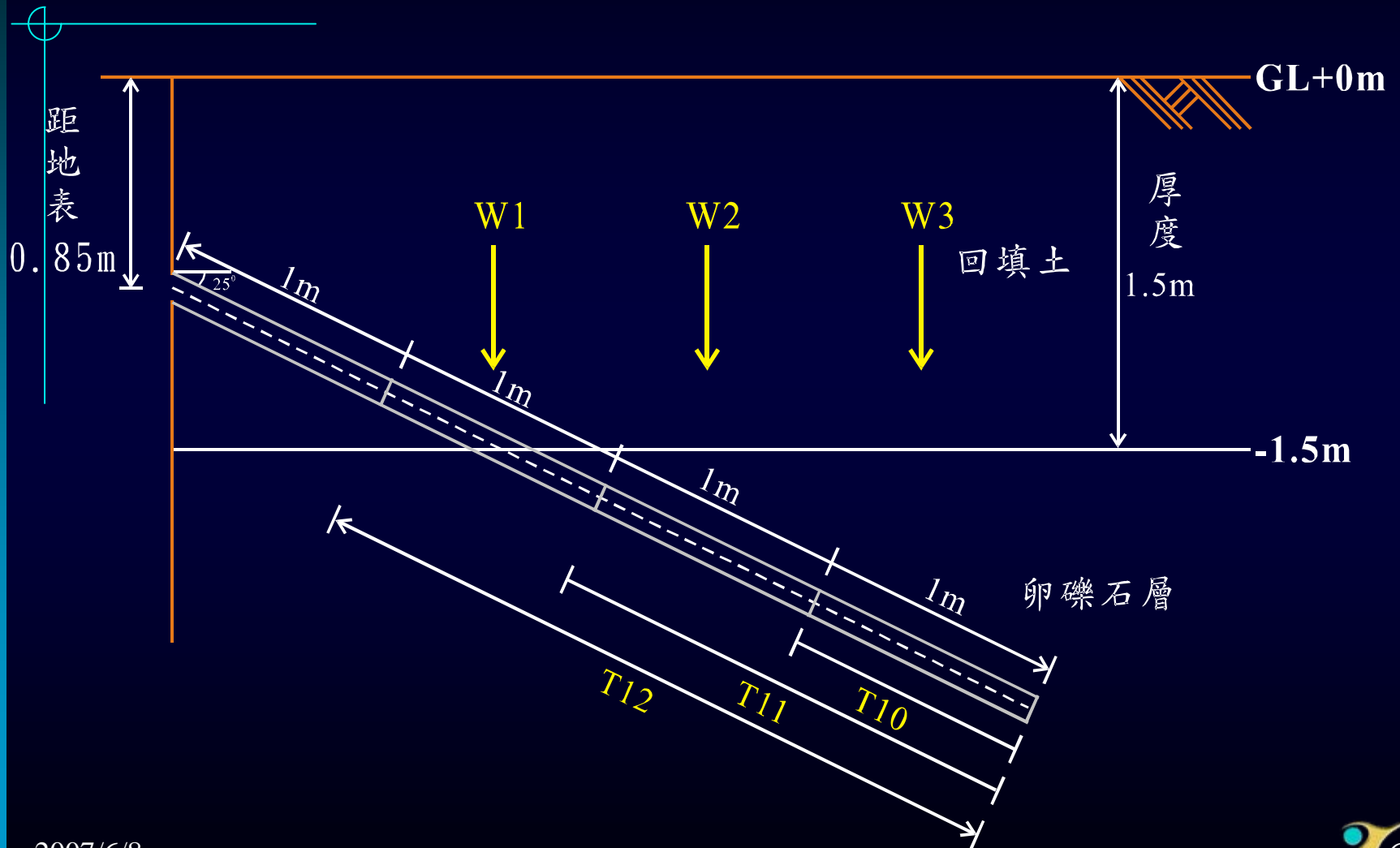
# 錨碇段長度與極限拉拔力



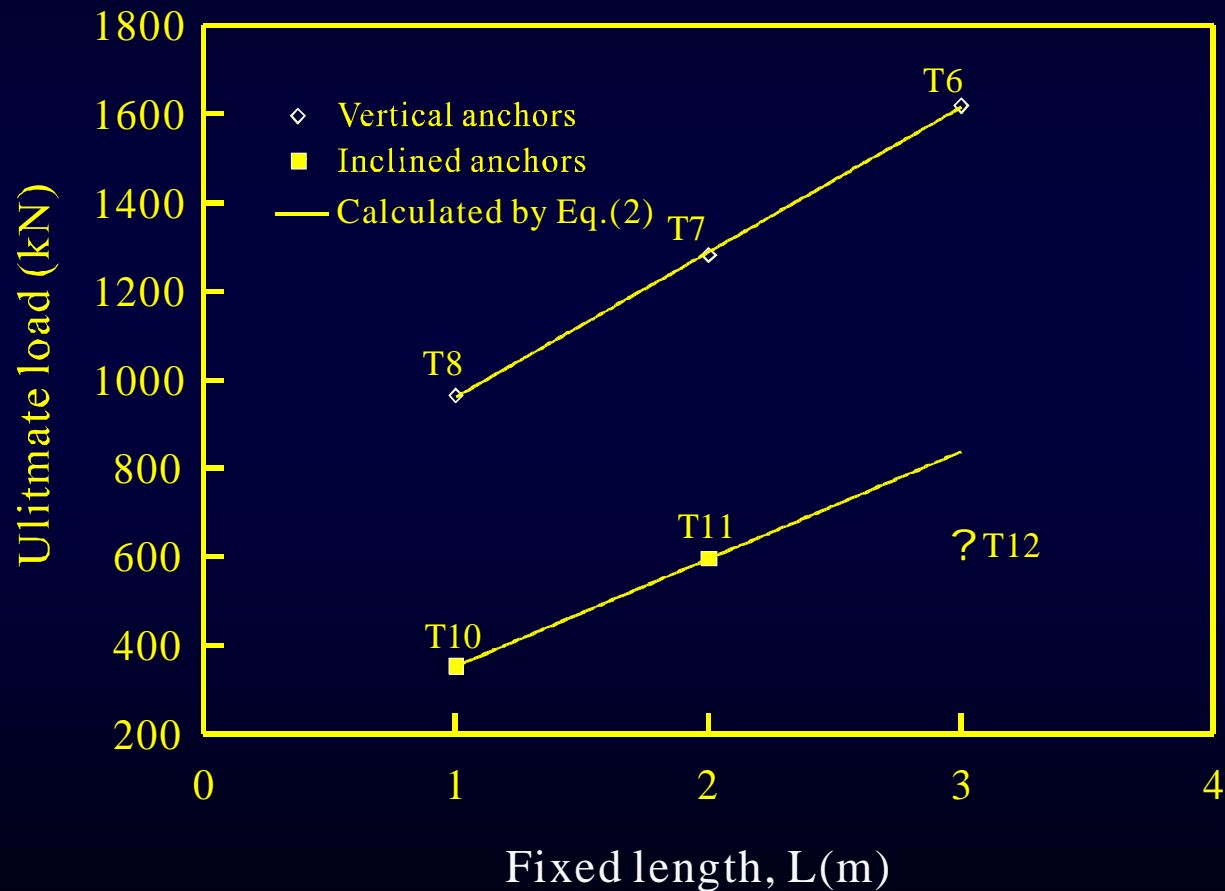
# 本研究與Ostermayer et. al [4]的研究結果



# 傾斜地錨與地層剖面關係圖

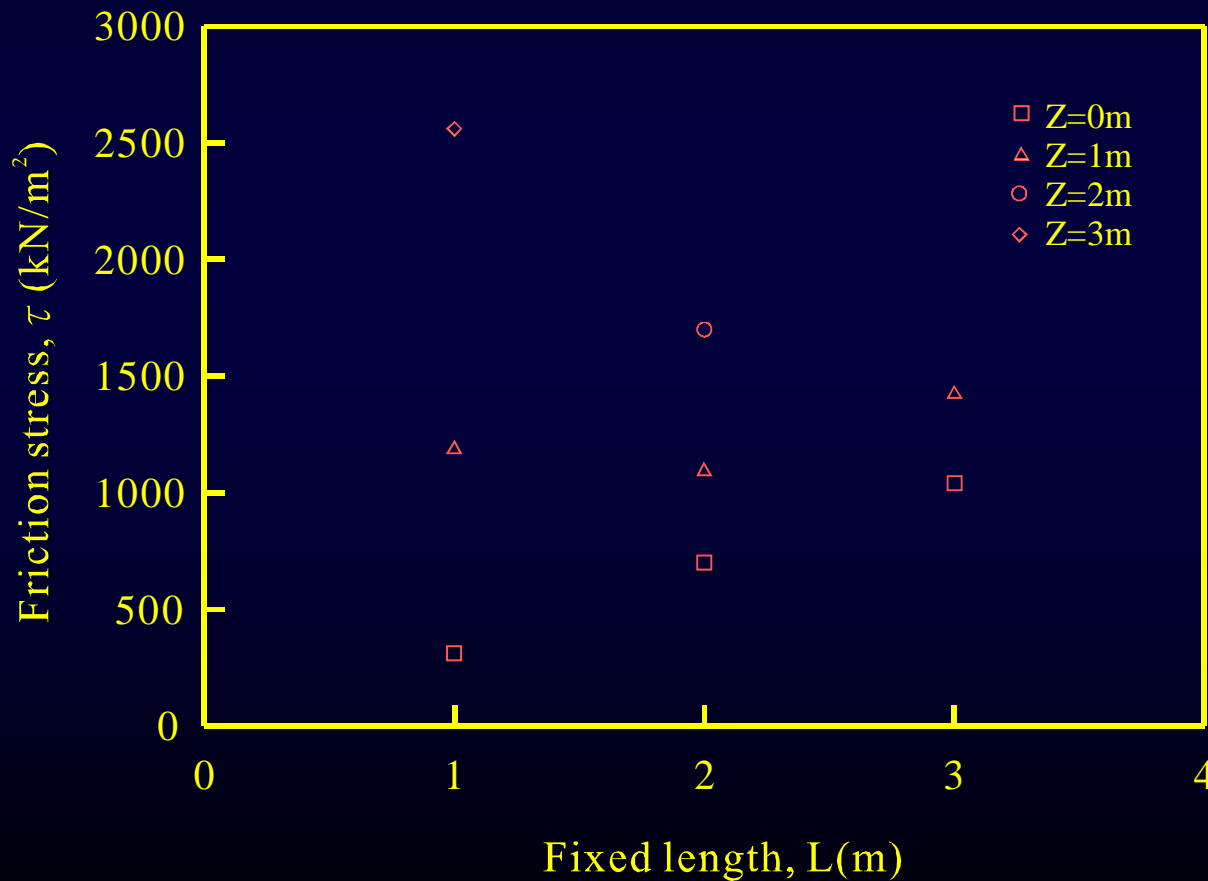


# 相同總長度 (4m) 下垂直地錨與傾斜地錨 錨碇力之比較



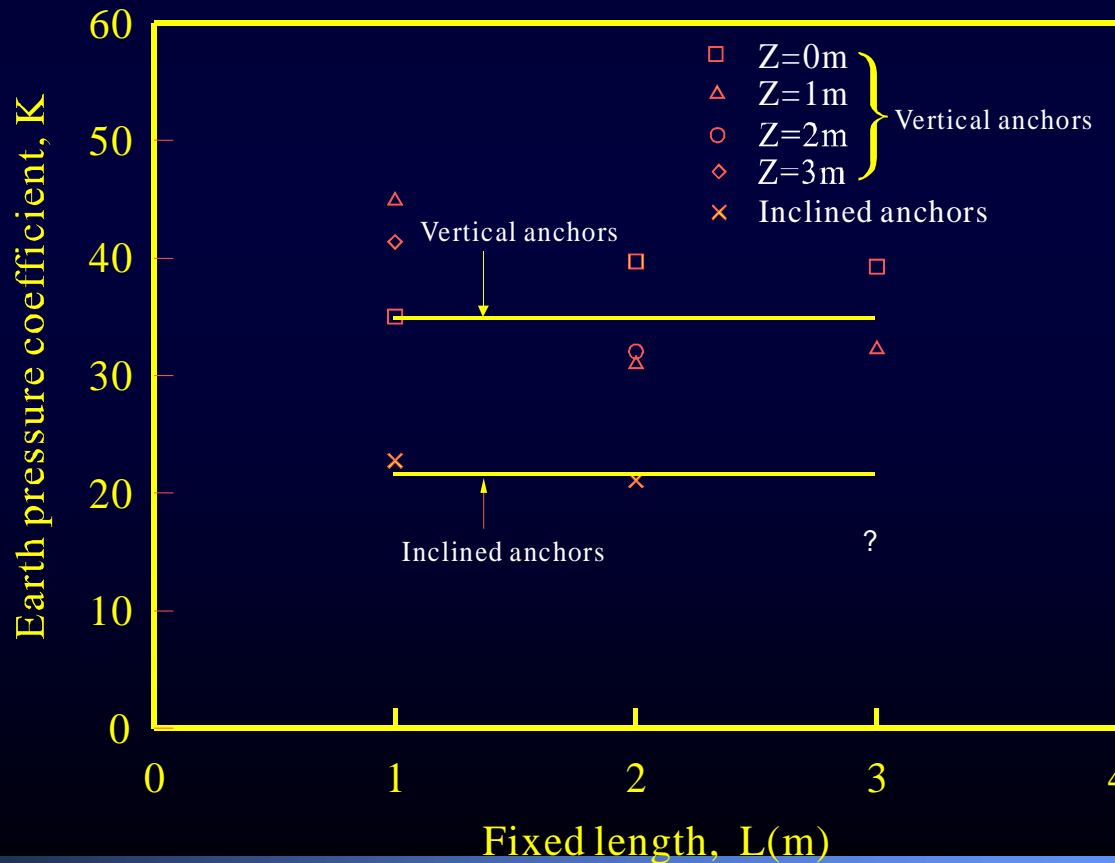
# 地錨之錨碇力

$$Q_{\tau} = \tau * \pi * D * L \dots(1)$$



# 地錨之錨碇力

$$Q_{\tau} = K * \sigma'_v * \tan \phi * \pi * D * L \dots (2)$$





## 結論 1/2

本研究針對台中盆地進行12支地錨現地拉拔試驗，包括9支垂直地錨和3支傾斜地錨。

由試驗之過程觀察淺層地錨破壞時地表隆起情形和破壞錐與錨碇體間之夾角。從試驗之結果探討覆土深度與錨碇段長度對地錨錨碇力的影響。

- ❖ 結果顯示：破壞面在地表延伸直徑與地錨錨碇段長度有關，介於170cm~290cm，大於各規範之規定；破壞面與錨身夾角介於 $45^{\circ}$ ~ $60^{\circ}$ 。

## 結論 2/2

- ❖ 增加地錨覆土深度、錨碇段長度皆能有效地增加地錨之錨碇力。
- ❖ 對直徑為12 cm之地錨而言，錨碇長度僅為3 m，即可發揮1100kN以上之錨碇力。
- ❖ 錨碇長度太短時，因潛變係數 $K_s$ 太小，會造成需以外插方式求得潛變荷重，而造成潛變極限荷重大於地錨極限荷重之不合理情形。
- ❖ 卵礫石層中垂直地錨周圍之土壓力係數 $K$ 可達35；傾斜地錨則為22。

## 建議

1. 注意型鋼（承壓版）之尺寸與跨距。
2. 台中卵礫石層錨碇力極佳（與施工方式有關），建議設計時應特別考量抗張材強度與水泥漿體強度，俾使錨碇力能有效發揮。
3. 建議傾斜地錨在鑽孔完成後灌漿前，不可將套管拔出，以防止坍孔。
4. 規範對卵礫石層中地錨之受力行爲（如最小間距，潛變極限荷重之求取方式）有另定的空間。

報告完畢  
恭請不吝指正！

