

地震力

設計港灣設施時需考量地震影響進行耐震設計，應考量施工地點的地盤條件、地震活動度及設施重要度，計算地震力以震度法為基準。震度法是將不規則振動的地震振動引起外力，以物體重量乘以設計震度作為地震力的方法，通常只考量水平震度。

1) 預想地震動

預想地震動分成下列 2 級：

- 1 級地震動：供用期間發生機率 1~2 次的地震動強度
- 2 級地震動：發生機率極低的強烈地震動強度

將地震動強度以**再現期**表示時則分別為 75 年及 100 年。直下型地震不考量再現期，皆視為 2 級地震動。

1 級地震動即再現期為 75 年地震動，結構物耐用年數為 50 年時，在耐用期間發生超過此地震動的**遭遇機率**為 50%。針對 1 級地震動的耐震設計，現行設計法以震度法為基準。

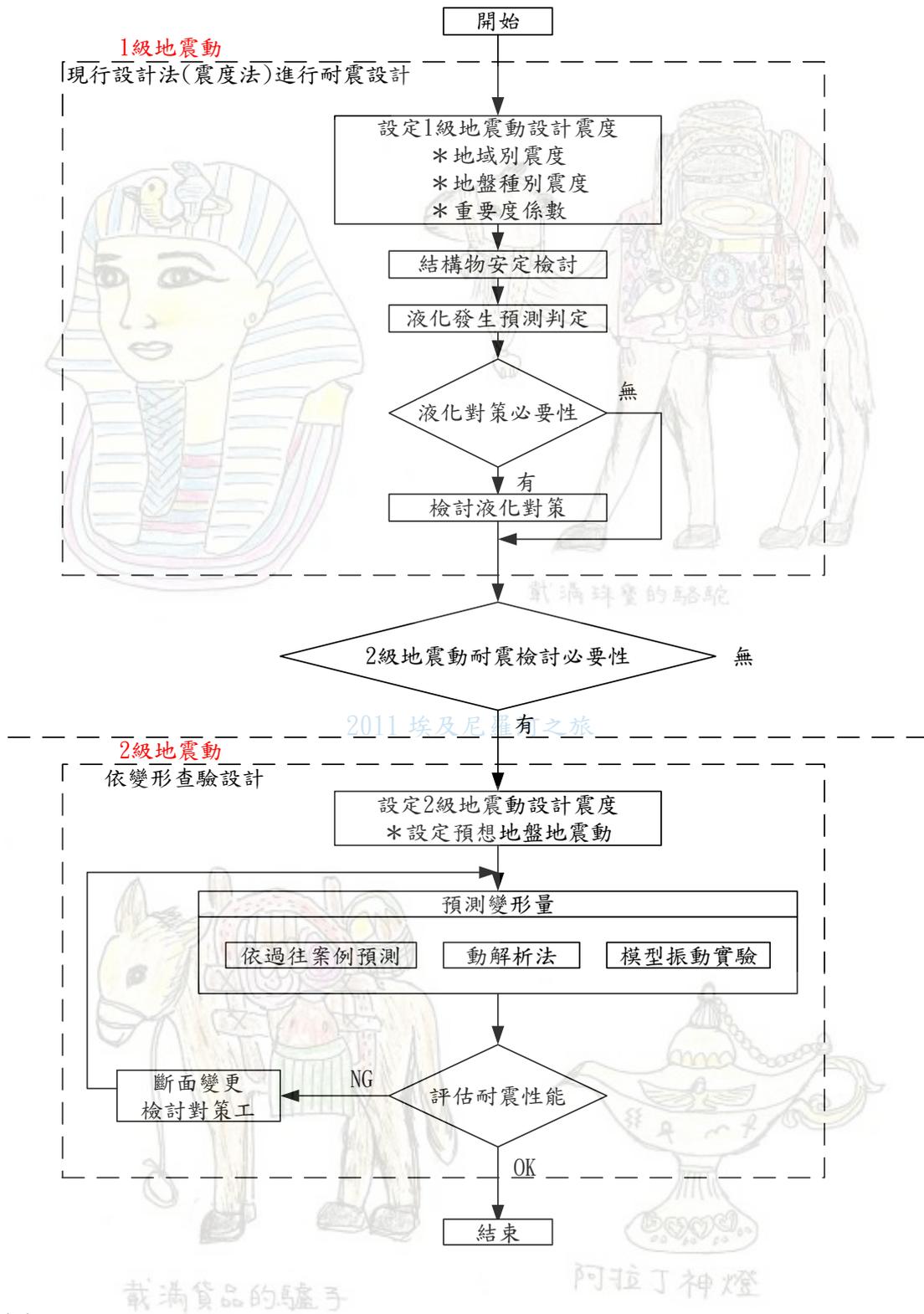
設定 2 級地震動，應參考地域防災計畫中設定的預想地震動，考量地域防災整體性，未設定時，依預想地震規模、預想地震斷層與建設地點間的距離等決定。

2) 耐震設計順序

港灣海岸設施中，設計上必要考量地震時舉動的設施分成堤防、防波堤、護岸、胸牆等土木設施及水門、閘門、抽水站等機械設施

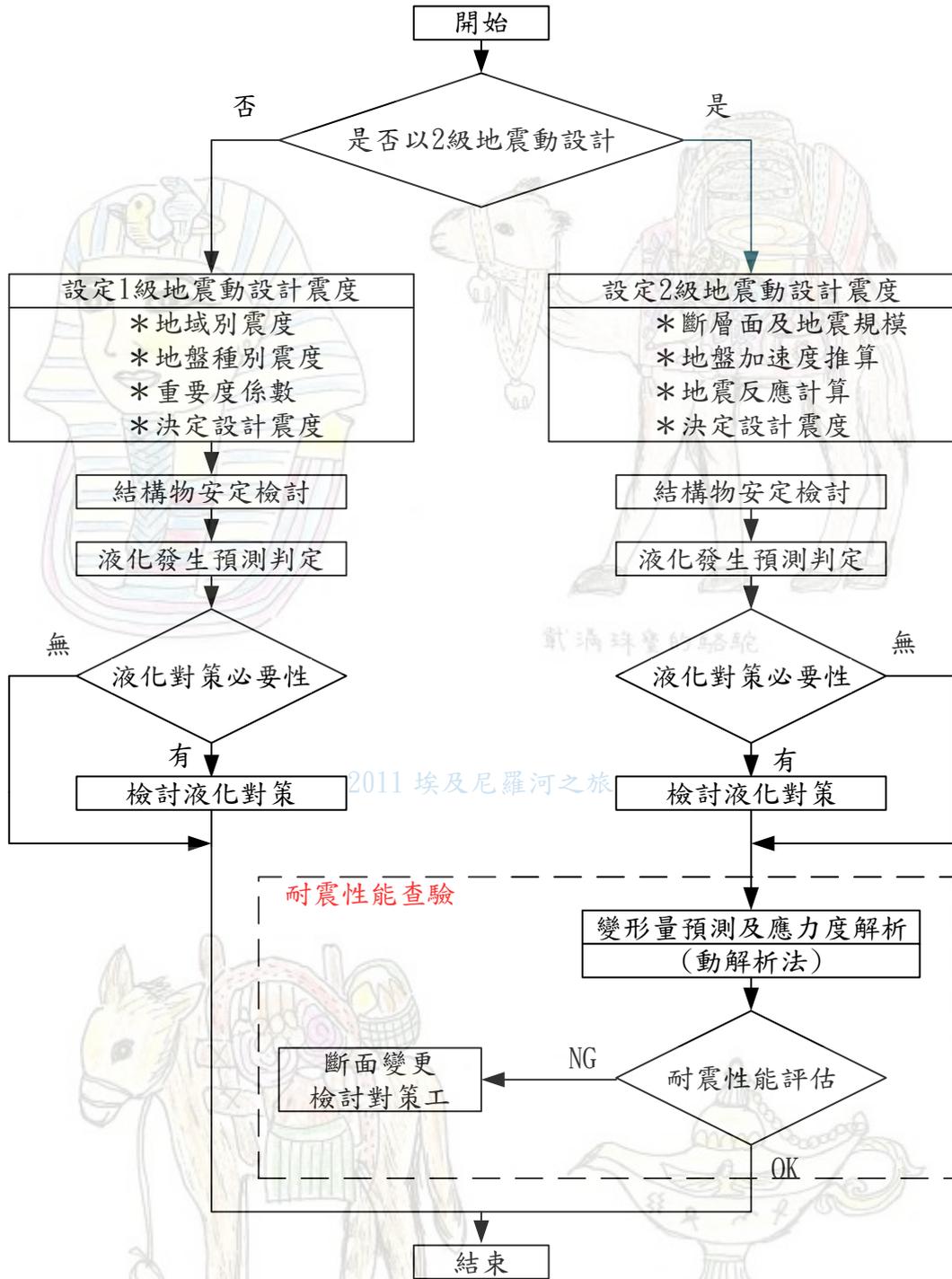
(1) 堤防、防波堤、護岸、胸牆等耐震設計順序

堤防、防波堤、護岸、胸牆等設施，即使因地震致使發生些許程度的變形，一般尚能維持期待機能，通常如下表，首先針對 1 級地震動，以現行設計法(震度法)進行耐震設計並檢討液化，決定基本結構斷面。進而針對 2 級地震動，評估此設計斷面是否具有充分耐震性能，評估結果判定無法維持期待機能時，應檢討斷面變更、地盤改良等對策。



(2) 水門、閘門、抽水站等耐震設計順序

水門、閘門、抽水站等機械、電機設備比重大的港灣海岸設施，土木結構部分些微變形被害，可能會使機械、電機設備喪失機能，因此其耐震設計有別於土木設施，耐震設計順序如下表。



3) 耐震性能查驗

港灣海岸設施總長通常很長，欲對全總長維持相同的耐震性能，可能會造成經濟上負擔，或耐震性能過低的可能。為解決此問題，應考量設施機能及背後地重要度等，針對必要性高區間進行2級地震動的耐震性能查驗，提出重點式強化該區間的耐震性能的對策。作為具體方法之一，可判斷為對2級地震動

的耐震性能查驗必要性高的條件是背後地重要度、地形條件(背後地地盤高)及直下型地震發生可能性等 3 個條件，可將之分類如下表所示 2 層級。

設施重要度

A 級(重要度高)	人口集中、資產集積、設有重要設施地區、地震會造成極多人命財產喪失及對災害復原具重要任務地區。
B 級(重要度通常)	A 級以外地域

地形因素區分

低地盤高	低於朔望平均高潮位的低地盤高區域
高地盤高	高於朔望平均高潮位的區域

直下型地震判定

I 級	以直下型地震為 2 級地震動(依活斷層分類判定)
II 級	以非直下型地震為 2 級地震動(依活斷層分類判定)

組合上述 3 個條件，從對 2 級地震動有無耐震性能查驗觀點，實際實施耐震檢討可依下表優先進行耐震設計。

2011 埃及尼羅河之旅

(1) 水門、閘門、抽水站等

		背後地重要度	
		A	B
直下型地震判定	I	L ₂	L ₁ (L ₂)
	II	L ₁ (L ₂)	L ₁

L₁: 1 級地震動設計

L₂: 2 級地震動設計

L₁(L₂): 1 級地震動設計，同時對 2 級地震動(海洋型或直下型)的變形及應力度進行查驗

(2) 堤防、防波堤、護岸、胸牆等

	背後地重要度	A		B	
	地形因素	低地盤高	高地盤高	低地盤高	高地盤高
直下型地震判定	I	L ₂	L ₁ (L ₂)	L ₁ (L ₂)	L ₁
	II	L ₁ (L ₂)	L ₁	L ₁	L ₁

4) 容許變形量

耐震性能查驗，如上所述，查驗設施的耐震性能是否滿足。堤防、防波堤、護岸、胸牆等土木設施的耐震性能主要依地震後殘留變形量，查驗項目有下陷、傾斜、向海側位移、接縫開裂、堤體損傷等。土木設施首要機能為防止海水入侵背後地，因此適宜以設施下陷量(維持防止海水入侵背後地必要頂高)作為容許變形量。接縫開裂雖然是滲水主要原因之一，由於接縫開裂主因大部分為設施下陷，故查驗項目可選定設施下陷量。設定容許下陷量，考量是以防止暴潮、波浪起因的海水入侵為目的，故可以下式設定。

$$\text{容許下陷量} \leq \text{計畫堤頂高} - \text{朔望平均高潮位} - 10 \text{年機率波必要高}$$

5) 耐震強化碼頭

作為震災發生後輸送緊急物質或避難人員，比一般碼頭加強耐震性碼頭稱為耐震強化碼頭，其耐震設計依耐震法，設計震度依地震反應解析，估算設計震度依下列程序：

(1) 設定預想發生地震 2011 埃及尼羅河之旅

- ① 地區防災計畫等已設定預想發生地震，採取該值。
- ② 地區防災計畫等未設定預想發生地震時，依下列程序設定 2 級地震動(大規模地震動，再現期為數 100 年以上地震動)為預想發生地震。

2 級地震動容許某程度輕微災損，可迅速恢復原有功能。

(2) 設定 2 級地震動，判定板塊邊界型地震(海洋型)或板塊內地震(內陸型)。

- ① 參照過去地震發生記錄或活斷層分佈圖，選定建設預想地可能發生基盤最大加速度的較大地震，作為預想發生地震。
- ② 計算預想發生地震在建設預想地的基盤最大加速度
基盤最大加速度依斷層面距離及地震規模，依下式計算

$$\log_{10}(\alpha_{\max}) = 0.53M - \log_{10}(X + 0.0062 \times 10^{0.53M}) - 0.00169X + 0.524$$

α_{\max} : 基盤最大加速度(Gal, cm/s^2)

X : 斷層面距離(km)

M : 地震規模

- ③ 對上式所得基盤最大加速度中，取最大的基盤最大加速度的地震為 2 級設計地震動。
 - ④ 參照過去地震發生記錄及台灣周邊板塊邊界位置，判別屬板塊邊界型地震(海洋型)或板塊內地震(內陸型)。
- (3) 設定地震反應解析的輸入地震動
- ① 依上式設定基盤最大加速度 α_{Bmax}
 - ② 選定地震波形
 - ③ 依地震反應解析計算地表面最大加速度
依基盤最大加速度 α_{Bmax} ，及地震波形進行地震反應解析，計算地表面最大加速度 α_{max}
 - ④ 設定設計震度
依下式設定設計震度

$$k_h = \frac{1}{3} (\alpha_{max} / g)^{1/2} \quad : \alpha_{max} > 200(Gal, cm / s^2)$$

$$k_h = \alpha_{max} / g \quad : \alpha_{max} \leq 200(Gal, cm / s^2)$$

g : 重力加速度(Gal, cm/s²)



回港灣設施設計

載滿貨品的驢子



回港灣設計參考資料

阿拉丁神燈