

# 港灣構造物耐震性能設計架構之研究

## A Study on Performance-Based Seismic Design Framework of Port Structures

主管單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心  
 合作單位：財團法人中興工程顧問社土木水利及軌道運輸研究中心

計畫主持人：張權 博士、賴瑞應 研究員 協同主持人：薛強 博士  
 計畫參與人：陳正忠、徐偉誌、石豐銘

### 摘要

性能設計法之目標在於使構造物之設計、評析及營建能確保它在各種規模的荷載作用時，其性能可滿足業主、使用者與社會的各種需求。本研究首先介紹性能設計法之基本理念、設計流程及相關內容；接著回顧國內設計基準之概況，比較美國、日本、歐洲性能設計準則，探討各種港灣構造物之破壞型式，建立各種等級地震危害下所具有之性能等級一即性能要求，確定相關性能規定；然後探討性能設計由簡易到複雜之分析方法及其適用性；最後對今後相關研究課題提出建議。本研究結果可以提昇國內產官學研界之相關設計與研究水準，以因應技術發展及國際化之需求。

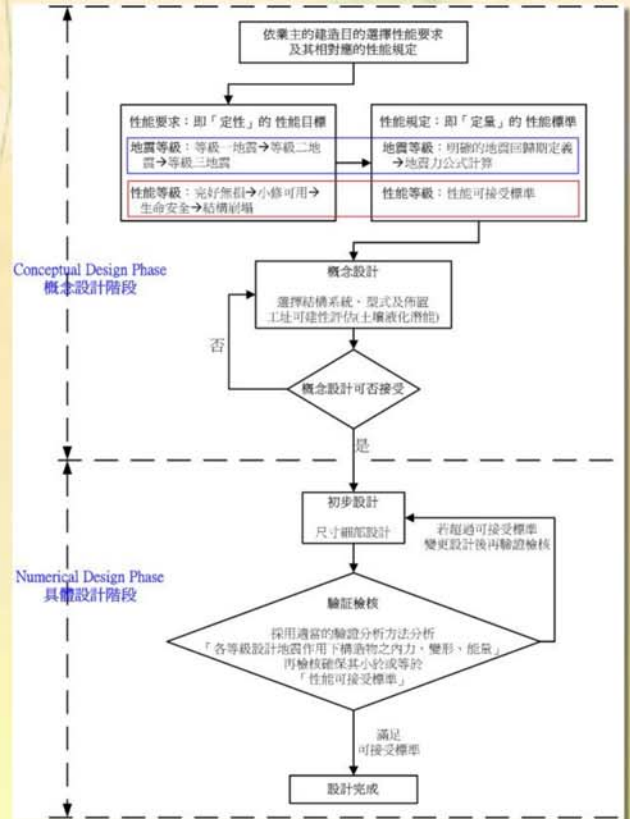
### 性能設計精神

以往耐震設計規範係要求構造物設計須滿足「小震不壞」、「中震可修」、「大震不倒」的原則，因而耐震設計規範採用構造物之用途係數 I 來間接表達其預期性能，該耐震要求僅定性地隱含在傳統強度設計法中，並未明確加以量化，然而性能設計法則要求以直接透明之參數來表達構造物之破壞狀態或性能，使設計者、業主及使用者能充分瞭解未來在不同等級地震作用時，構造物可能產生的損失程度及破壞狀況與使用性，性能設計法同時考量結構整體、構件與附屬設施在不同等級地震危害下之多等級耐震要求，構造物在某一設計地震危害下被期望具有的耐震性能、重要性或經濟性，並且加以量化（即性能規定 Performance Criteria），如此構造物之耐震性能即可採用『在各設計地震作用下分析構造物之強度、變形、能量或其他破壞指標 = 性能規定』的方式進行檢核。

### 研究成果

在耐震性能設計中最重要的是耐震性能要求的訂立，若耐震性能要求確定，則後續之性能可接受標準及性能驗證便有所依循，因此本研究初期對於如何訂立適合國內碼頭之耐震性能要求探討甚多，並得到下列具體成果：

- 經由現行規範之地震等級與其他規範比較探討後發現，中度地震設定太低，因此修正改用橋梁規範之中度地震力。
- 新建議的碼頭性能要求與規定，係採用同等級地震作用下之結構反應程度定義性能要求，而現行規範則採用同性能等級下以用途係數 (I=0.8-1.5) 調整地震力大小作檢核設計，兩者相較後，新建議的碼頭性能要求可明確掌握碼頭結構行為與性能，較不易出現不經濟太過保守之設計。
- 採用性能設計後，未來港區若遭遇災難性地震，則港區管理單位將可立即得知尚有何些碼頭功能良好，何些碼頭可快速修復，則可即時規劃外援物資的運輸及復舊工程的進行。
- 新建議的碼頭性能要求區域涵蓋範圍較大，工程師若熟悉此性能設計方法，將可準確的按業主對新建碼頭功能上的要求，選用最經濟合宜的碼頭等級做設計，在整體港區碼頭新建規劃上將更為經濟。
- 土壤液化防治的設計要求為「不可因土壤液化而造成應有性能喪失」。



### 性能目標

地震等級	性能水準			
	第 I 級	第 II 級	第 III 級	第 IV 級
等級一 (中度地震)	A級 B級	C級	—	—
等級二 (475年回歸期地震)	特定級	A級	B級	C級
等級三 (2500年回歸期地震)	—	特定級	A級	B級

### 準定性性能規定

損壞等級	使用性	修復性	安全性
第 I 等級	功能正常	不需修復	結構保持彈性
第 II 等級	短期功能喪失	可快速修復	損壞輕微
第 III 等級	長期功能喪失	修復非常困難	結構不倒以維持生命安全 (未超過韌性容量)
第 IV 等級	無法恢復營運	須拆除重建	結構崩塌 (超過韌性容量)

### 碼頭重要度等級分類

等級	碼頭之特性
特定	明顯具有A級結構物之特性1至3項之情形者
A	1.結構物在遭受地震災害時，將有可能造成多數人命及財產之損失者。 2.負有震災後復建工作之重要任務者。 3.儲存有害或危險物品之結構物，在遭受地震災害時，將可能造成人命或財產之重大損失者。 4.結構物在遭受地震災害時，對於相關區域之經濟與社會活動將造成重大影響者。 5.結構物在遭受地震災害時，其復舊作業經預測將相當困難者。
B	凡不屬於特定、A級、C級者
C	特定及A級以外之小規模結構復舊作業容易者。

### 設計地震力等級

地震等級	地震力計算公式
等級一地震 (中度(常發生)地震)	●
等級二地震 (475年回歸期地震)	● $V_D = \frac{1}{1.2\alpha_r} \left( \frac{S_{D0}}{F_r} \right) W$
等級三地震 (2500年回歸期地震)	● $V_M = \frac{1}{1.2\alpha_r} \left( \frac{S_{M0}}{F_{M0}} \right) W$

註：剛性結構  $\Gamma=1.0$  → 根據上述準則分三等級