

# 性能設計法簡介

蔡瑤堂

台北市水利技師公會贊助會員

## 一、前言

近十幾年來構造物性能設計(Performance-Based Design, 簡稱PBD)理念已在國際工程界蓬勃發展, 歐洲及日本已採用其精神與內涵, 做為制定技術規範的基本架構。

性能設計已是國際潮流, 也是未來的設計方法, 台灣是WTO的會員國, 有責任與國際間採用相似設計技術及規範, 以降低國際貿易障礙, 同時也要讓我國的技術與國際接軌, 才能拓展國際市場。

國內已在建築、結構、橋樑、大地、及碼頭等陸續做了不少有關性能設計的研究, 但最終必須把性能設計帶入設計手冊及規範, 供工程師使用。因此行政院公共工程委員會於2009年辦理「公共工程性能設計準則之研究」, 期望國內各設計規範能盡早納入性能設計概念。

目前除有關事業機構尚在辦理性能設計之設計手冊及規範研究外, 交通部台灣區國道工程局已於2012年出版「公路橋梁耐震性能設計規範研究」, 交通部運輸研究所也於2014年出版「碼頭耐震性能設計手冊」, 這都是這兩單位歷經多年的研究成果。

除了構造物的性能設計, 防火安全於1980年代中期就由日本及英國首先揭開防火安全性能設計的概念, 使防火安全設計更加合理有效, 能針對建築物的火災問題提供最適切的解決方案。台灣在防火方面也已進入性能設計, 故內政部建築研究所已編撰「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊(2004)」及「建築物構造防火性能驗證手冊(2008)」。(最近爭議的台北大巨蛋廠商就是採用「防火避難性能設計」)

水利技師將來勢必也要走入性能設計的新領域, 尤其氣候異常帶來的極端洪水、颱風、波浪及土石流等現象, 性能設計就顯得更重要。

有些技師先進可能已在從事有關性能設計的研究, 但有些可能還沒機會參與, 故以此文簡單介紹性能設計法與水利技師先進分享。

## 二、甚麼是性能設計

### 1. 功能與性能的差別

- 功能(function): 是指物品能做什麼(what);
- 性能(performance): 是指功能的程度(how much or how many)。

### 2. 性能設計的起源

構造物性能設計是一個新興的設計法, 係受1990年代地震造成的破壞教訓逐步研發出來, 其目的是要克服傳統地震設計的局限。在現行傳統設計法是在某一安全係數下, 以力的平衡(force-balance)觀念來決定構造物尺寸及材料性

## 《經驗交流》

### 性能設計法簡介

質，但卻未能明確說明超過設計條件時，構造物是否還具備原有之性能，或其性能還有多少之可靠度等之問題，以現行設計法將無法回答。性能設計就是試著要來回答這個問題。

#### 3.性能設計

構造物性能設計，是指構造物設計必須滿足特定條件下具有特定的性能表現。以橋樑耐震性能設計為例，特定條件指的是橋梁的重要性、設計使用年限及地震等級等描述橋樑使用狀況的項目。性能表現或等級 (performance level or grade)則是指安全性、使用性及可修復性等橋樑於地震後的功能維持程度。性能表現或等級是在設計時就可預設的。

因此性能設計是要設計一個構造物在某一設計條件下會符合預設的性能表現 (predetermined performance level)。也可對一「終極事件(ultimate event)」預設一性能表現，此終極事件是可合理預期的事件，一般以強度及其發生機率、再現期、或頻率表示。

性能設計是由建築地震設計研發出來的，經十幾年的發展已不限於地震性能設計。其他自然災害如洪水、颱風、波浪、海嘯、土石流、野火等均可採用性能設計。

圖 1 為橋樑地震性能設計示意圖，來說明性能設計的內涵。此橋樑之性能表現或等級(performance level)以

- 可全面使用的(fully operational)—輕微的衝擊(mild impact)
  - 可使用的(operational)-----中度的衝擊(moderate impact)
  - 生命安全(life safety)-----高度的衝擊(high impact)
  - 倒塌(collapse)-----嚴重的衝擊(severe impact)
- 等來表示。

而在各等級相對應的修復費用佔的比例(replacement)、傷亡人員的比例(casualty rate)及橋樑封閉時間(downtime)都可在設計時估計出來。可供決策者根據性能等級及其相關的風險來決定採用哪一個等級的設計。

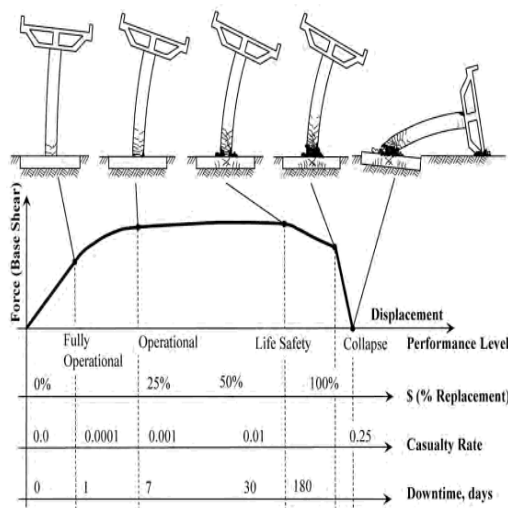


圖 1 橋樑性能地震設計示意圖

### 三、性能設計基本架構

圖 2 為性能階層及性能驗證架構，此架構由目的(objective)、性能要求(performance requirements)、性能規定(performance criteria)及性能驗證(performance verification)所組成。其中目的、性能要求及性能規定由上而下構成性能階層，均屬性能需求，也是基本性能準則的要項。有些研究者單獨用目的、或性能表現、或性能等級、或性能可接受標準當作性能需求。

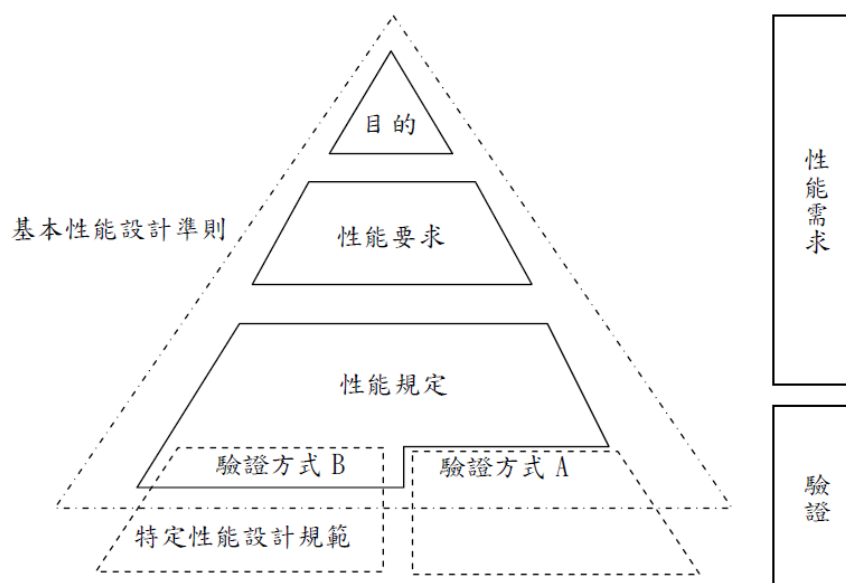


圖 2.性能階層及性能驗證架構

架構上四個主要元素：目的、性能要求、性能規定、及性能驗證等分別說明如下：

#### 1.目的

是說明業主需要建此構造物的「理由」。例如建一座貨櫃碼頭、或一座鐵路橋樑...等。

#### 2.性能要求

是指以一般普通的言語，說明為達到設施建造目的，此設施所需具備之性能。例如結構的反應、構造物的尺寸、可施工性、可維護性...等。而結構的反應是根據其容許損壞程度，把性能要求分為使用性、可修復性、及安全性。

#### 3.性能規定

是把「性能要求」用一組技術規則表達出來，如規範，作為驗證性能要求的依據。構造物性能經驗證後，若符合性能規定，即符合性能要求。

#### 4.性能驗證

是驗證設計是否滿足性能要求的動作。沒有特別強制的驗證方法，若設計者自己設定性能規定供性能驗證，並能證明能滿足性能要求，則可假設此設施符合性能規定(如驗證 A)。一般則按特定性能規範中所定的性能要求及規定做為驗證的依據(如驗證 B)。

## 《經驗交流》

### 性能設計法簡介

因此按此架構執行性能設計時，根據業主所要的結構物及其性能要求，先假設構造物之尺寸後，依性能規定進行驗證工作，若未符合性能要求，則修改設計，重新驗證，直到符合性能要求為止。所以整個設計過程是一反覆分析的工作。

#### 四、 參考文獻

1. 行政院公共工程委員會(2009)，「公共工程性能設計準則之研究」，pp.426。
2. 交通部運輸研究所(2014)，「碼頭耐震性能設計手冊」，pp.377。
3. “Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds, Chapter 2 Performance-Based Design”  
[http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1530-20490-8554/424\\_ch2\\_web.pdf](http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1530-20490-8554/424_ch2_web.pdf)
4. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, U.S.A. (2013), “Performance-Based Seismic Bridge Design” pp.126。
5. Susumu Lai, Port and Airport Research Institute, “Seismic Performance-Based Design of Port Structures and Simulation Techniques”。  
<http://engineering.case.edu/eciv/proceedings/iwes/paper/lai.pdf>
6. The Oversea Coastal Area Development Institute of Japan (2009), “Technical Standards and Commentaries for Port and Harbor Facilities in Japan” pp.998。

#### 謝誌

因交通部運輸研究所港灣研究中心給予作者參與「性能設計」相關研究的機會，始對性能設計有些皮毛的認識與大家分享，特此致謝。

投稿 104.04.20  
校稿 104.04.24  
定稿 104.04.28