

101-48-7620

MOTC-IOT-100-H1DB006

港灣構造物耐震性能設計架構及 安全檢查評估之研究(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

101-48-7620

MOTC-IOT-100-H1DB006

港灣構造物耐震性能設計架構及 安全檢查評估之研究(1/4)

著者：賴瑞應、柯正龍、張 權、薛 強、徐偉誌
廖振程、張嘉峰、李賢華、簡臣佑

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣構造物耐震性能設計架構及安全檢查評估之研究(1/4)

/賴瑞應等著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，

民 101.04

面 ； 公分

ISBN 978-986-03-1999-6 (平裝)

1. 港埠工程 2. 防震

443.33

101004251

港灣構造物耐震性能設計架構及安全檢查評估之研究(1/4)

著 者：賴瑞應、柯正龍、張權、薛強、徐偉誌、廖振程、張嘉峰、李賢華
簡巨佑

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 101 年 4 月

印 刷 者：科藝彩色製版印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：350 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010100424

ISBN：978-986-03-1999-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：港灣構造物耐震性能設計架構及安全檢查評估之研究(1/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-03-1999-6 (平裝)	政府出版品統一編號 1010100424	運輸研究所出版品編號 101-48-7620	計畫編號 100-H1DB006
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：賴瑞應 共同主持人：柯正龍 研究人員：謝大勇、陳義松、 李昭明、何木火、魏瓊蓉 聯絡電話：04-26587170 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：財團法人中興工程顧問社 財團法人臺灣營建研究院 計畫主持人：張權 共同主持人：廖振程 研究人員：薛強、徐偉誌、張嘉峰、李賢華 地址：10570 台北市南京東路五段 171 號 新北市新店區中興路二段 190 號 11F 聯絡電話：(02)27692131、02-89195000		研究期間 自 100 年 1 月 至 100 年 12 月
關鍵詞：港灣構造物、耐震性能設計、檢測標準、執执行程序			
摘要： 性能設計理念是目前國際工程界研訂技術規範的重要議題，為順應此國際潮流，本計畫參照公共工程委員會所提出之公共工程性能設計準則，對港灣構造物耐震設計之性能化進行研究，期能研擬出港灣構造物之耐震性能設計架構以供未來制訂性能設計規範之參考。 另外，臺灣對外經貿運輸主要以海運為主，港埠設施之完善、營運正常與安全，攸關貨物之流暢與經濟發展，故港灣設施需建立安全檢測與維護機制，以確保能安全營運。因此，如何確保港灣構造物維持安全堪用，落實安全檢查評估制度(包括建立現地檢測、安全分析、效能評估及維護管理系統)，實為重要之研究課題。本計畫主要以五大國際商港現有之港灣構造物進行安全檢查評估，主要工作包現地檢測、安全分析與效能評估，並蒐集及研擬維修工法，建置維護管理系統資料庫，以利於日後現地人員檢測及管理自動化作業。 因此，本計畫於 100 年度完成 (1)國內設計基準回顧 (2)美國、日本、歐洲性能設計準則比較探討 (3) 建立各種等級地震危害下所具有之性能目標(要求)及性能可接受標準(規定) (4) 編列港灣構造物檢測標準 (5) 建置港灣構造物檢測執执行程序 (6) 研擬結合目視與儀器檢測之新式評估方法。期望相關研究成果可供未來產官學界等相關單位未來設計及維護碼頭之參考。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
101 年 4 月	420	350	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Performance-Based Seismic Design Framework and Evaluation of Security Checks for Harbor Structures (1/4)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-03-1999-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010100424	IOT SERIAL NUMBER 101-48-7620	PROJECT NUMBER 100-H1DB006
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jui-Ying Lai COMMON INVESTIGATOR: Jeng-Long Ko PROJECT STAFF: :Da-Yung.Hsieh, Y. S. Chen , Z. M. Lee, M. H. Ho, Q. R. Wei PHONE: (04) 26587170 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2011 TO December 2011
RESEARCH AGENCY: SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chyuan Jhang Co-PRINCIPAL INVESTIGATOR: J. C. Liao PROJECT STAFF: Qiang Xue, W.C. Hsu, C.F. Chang, H. H. Lee ADDRESS: 171, NanKing E. RD., Sec. 5, Taipei 10570, Taiwan, R.O.C. PHONE: (02) 27692131			
KEY WORDS: harbor structure, performance-based seismic design, inspection standard, inspection procedure			
ABSTRACT: Performance is an international engineering design specifications set out important research topic. This project refers to the performance design criteria that was proposed by Public Construction Commission for public works to do case studies. We look forward to developing the performance-based seismic design framework for harbor structures for developing performance design specifications in the future. In addition, Taiwan's foreign trade transportation is mainly by shipping. Improvement of port facilities, the normal operation and safety are very important to the flow of goods and economic developme. Therefore, harbor facilities need to establish safety inspection and maintenance of mechanisms to ensure safe operation. Implementation of the safety inspection and evaluation system (including the establishment of in situ detection, security analysis, performance assessment and maintenance management system) becomes an important research topic. The project starts with five major international commercial port existing structures for safety inspection and evaluation. Its main tasks are to detect, security analysis and performance assessment, and methods to collect and develop maintenance workers, building maintenance management system database to facilitate the management of detection and management automation in the future. Therefore, this project carries out the following at 100 year, including : (1) reviewing the state of current design code, (2) comparing the design guideline of foreign countries such as USA, Japan and Europe, (3) establishing the performance objectives and corresponding acceptance criteria of the damage parameters, (4) editing an appropriate harbor structure inspection standard, (5) establishing execution procedures of harbor structure inspection, (6) studying a new evaluation method combined vision and equipments inspections. With expectation the research results provide reference for terminal design and maintenance in the future.			
DATE OF PUBLICATION April 2012	NUMBER OF PAGES 420	PRICE 350	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣構造物耐震性能設計架構及安全檢查 評估之研究(1/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	VII
表目錄	XV
第一章 計畫背景	1-1
1.1 研究緣起	1-1
1.2 研究目的	1-2
1.3 研究範圍	1-2
1.4 研究方法	1-2
1.5 研究內容與流程	1-3
第二章 國內設計基準之概況	2-1
2.1 公共工程性能設計準則	2-1
2.2 本國港灣構造物設計基準	2-4
第三章 美、歐、日性能設計準則比較探討	3-1
3.1 美國橋梁耐震性能設計規範概況	3-1
3.2 日本橋梁耐震性能設計規範概況	3-29

3.3 歐洲 Eurocode 性能設計準則概況	3-49
3.4 國際航海協會港灣構造物耐震設計準則	3-54
3.5 日本港灣施設技術基準・同解説	3-62
3.6 小結	3-81
第四章 耐震性能設計要求之探討	4-1
4.1 碼頭性能目標概述	4-1
4.2 地震等級、性能水準及重要度分類	4-3
4.3 現行規範之性能目標	4-9
4.4 國內港灣碼頭性能目標制定之建議	4-12
4.5 現行規範與本研究建議性能目標之差異性探討	4-16
4.6 土壤液化防治之目標	4-17
第五章 耐震性能規定探討	5-1
5.1 重力式碼頭性能可接受標準	5-1
5.2 板樁式碼頭性能可接受標準	5-4
5.3 圓筒式碼頭性能可接受標準	5-7
5.4 棧橋式碼頭性能可接受標準	5-10
5.5 碼頭起重機性能可接受標準	5-16
第六章 耐震性能驗證方法探討	6-1
6.1 各類驗證方法之應用時機	6-1
6.2 重力式碼頭耐震性能分析法	6-5
6.3 板樁式與圓筒式碼頭耐震性能分析法	6-21

6.4 棧橋式碼頭耐震性能分析法	6-34
6.5 土壤液化評估	6-56
第七章 港灣構造物目視檢測標準制訂	7-1
7.1 國外港灣構造物目視檢測標準研析	7-1
7.2 國內港灣構造物目視檢測標準研析	7-12
7.3 港灣構造物目視檢測標準制訂	7-23
7.4 小結	7-33
第八章 港灣構造物檢測程序與手冊研擬	8-1
8.1 國內外港灣構造物維護管理程序文獻	8-1
8.2 港灣構造物檢測程序建置	8-20
8.3 港灣構造物檢測手冊研擬	8-32
8.4 小結	8-59
第九章 港灣構造物實作模擬訓練	9-1
9.1 基隆港西 14 號碼頭目視檢測	9-1
9.2 基隆港西 14 號碼頭設施評價	9-11
第十章 港灣結構安全檢測評估方式	10-1
10.1 實驗規劃	10-9
10.2 試驗材料基本性質分析及模具介紹	10-10
10.3 各項參數選定	10-19
10.4 試體製作過程	10-23
10.5 試驗項目	10-29

10.6 試驗設備介紹10-33

10.7 實驗結果分析討論10-38

第十一章 結論與建議.....11-1

11.1 研究目的與問題11-1

11.2 結論11-1

11.3 建議11-2

參考文獻..... 參-1

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖.....	1-4
圖 2.1 公共工程性能設計準則之架構.....	2-2
圖 2.2 性能要求、驗證及規範之階層概略圖.....	2-2
圖 2.3 液化潛能分析流程圖.....	2-12
圖 3.1 SEAOC Vision 2000 結構性能矩陣.....	3-2
圖 3.2 AASHTO (2009) 設計反應譜.....	3-11
圖 3.3 AASHTO (2009) 設計流程.....	3-17
圖 3.4 Caltrans (2009) 設計流程.....	3-27
圖 3.5 Caltrans (2009) 橋柱之 P- Δ 效應.....	3-29
圖 3.6 JRA (2002) 耐震設計流程.....	3-39
圖 3.7 RTRI (1999) RC 構件之力與位移關係圖.....	3-45
圖 3.8 RTRI (1999) 基礎結構之力與位移關係圖.....	3-46
圖 3.9 RTRI (1999) 土壤參數之折減係數.....	3-47
圖 3.10 RTRI (1999) 性能檢核流程.....	3-48
圖 3.11 Eurocode 章節之相互關係.....	3-50
圖 3.12 INA 液化整治的基礎策略.....	3-59
圖 3.13 INA 液化整治的標準程序.....	3-59
圖 3.14 INA 耐震性能評估的流程圖.....	3-62
圖 3.15 日本港灣性能層次的定位和性能驗證.....	3-63
圖 3.16 日本港灣性能水準的分類.....	3-65

圖 3.17 日本港灣作用力年超越機率與損壞程度.....3-66

圖 3.18 日本港灣等級二地震的計算程序.....3-67

圖 3.19 日本港灣構造物土壤液化可能性範圍[55].....3-75

圖 3.20 日本港灣等效 N 值的計算圖.....3-75

圖 3.21 日本港灣等效 N 值與等效加速度土層區分.....3-76

圖 3.22 日本港灣等級一(Level 1)的地震之驗證流程.....3-80

圖 3.23 日本港灣等級二(Level 2)的地震之驗證流程.....3-81

圖 3.24 美日橋梁耐震性能設計流程綜整比較.....3-84

圖 4.1 四港區平均地震危害度曲線.....4-5

圖 4.2 國內現行規範的耐震性能目標區域圖.....4-12

圖 4.3 本研究建議的港灣碼頭耐震性能目標區域圖.....4-15

圖 4.4 研究建議與現行規範之港灣碼頭耐震性能目標區域比較4-17

圖 5.1 重力式碼頭之性能參數.....5-2

圖 5.2 重力式碼頭之破壞模式.....5-4

圖 5.3 板樁式碼頭之破壞模式.....5-5

圖 5.4 板樁式碼頭之性能參數.....5-6

圖 5.5 圓筒式碼頭之破壞模式.....5-8

圖 5.6 圓筒斷面變形之破壞模式.....5-8

圖 5.7 圓筒式碼頭之性能參數.....5-9

圖 5.8 棧橋式碼頭之破壞模式.....5-11

圖 5.9 棧橋式碼頭之性能參數.....5-12

圖 5.10 棧橋式碼頭理想的破壞次序.....	5-13
圖 5.11 龍門起重機的圖例說明	5-17
圖 5.12 龍門起重機的破壞模式.....	5-18
圖 5.13 龍門起重機的性能參數.....	5-19
圖 6.1 本研究建議之碼頭耐震性能驗證流程.....	6-4
圖 6.2 背填土壤未液化之重力式碼頭示意圖.....	6-6
圖 6.3 背填土未液化之重力式碼頭受力示意圖.....	6-7
圖 6.4 重力式碼頭受震傾覆穩定性分析示意圖.....	6-9
圖 6.5 重力式碼頭工址土壤可能液化狀態.....	6-12
圖 6.6 Newmark 之滑動塊體分析法的觀念.....	6-13
圖 6.7 重力式碼頭簡便動力分析(滑動塊體分析法)評估流程圖	6-14
圖 6.8 以 FLAC 程式模擬重力式碼頭之分析流程圖	6-19
圖 6.9 板樁式碼頭示意圖.....	6-22
圖 6.10 鋼板樁圓筒式碼頭示意圖.....	6-23
圖 6.11 地震時背填土壤未液化板樁式碼頭受力示意圖.....	6-24
圖 6.12 作用於版樁之水壓力分布示意圖.....	6-26
圖 6.13 板樁最大彎矩分析模式示意圖.....	6-28
圖 6.14 板樁式碼頭工址填土可能液化狀態.....	6-29
圖 6.15 地震時背填土壤未液化鋼版樁圓筒式碼頭受力示意圖	6-30
圖 6.16 圓筒式碼頭平面應變分析模式等值拉桿計算示意圖	6-31
圖 6.17 假想地表面示意圖.....	6-36

圖 6.18 棧橋基樁之特徵長度示意圖	6-37
圖 6.19 容量震譜法分析簡介圖	6-39
圖 6.20 等位移法則示意圖	6-43
圖 6.21 等能量法則示意圖	6-44
圖 6.22 工址彈性反應譜	6-44
圖 6.23 彈性地震需求震譜	6-45
圖 6.24 非彈性地震需求震譜	6-45
圖 6.25 ATC-40 等效阻尼比折減法	6-46
圖 6.26 雙線性模式之遲滯迴圈	6-48
圖 6.27 ATC-40 彈性需求震譜之折減示意圖	6-50
圖 6.28 棧橋式碼頭基底剪力與頂層位移關係圖	6-52
圖 6.29 棧橋式碼頭結構容量震譜(Capacity spectrum)	6-52
圖 6.30 ATC-40 迭代計算性能點流程圖	6-53
圖 6.31 ATC-40 疊代計算性能點示意圖	6-54
圖 6.32 R-T- μ 修正法疊代計算性能點流程圖	6-55
圖 6.33 現行港灣構造物設計基準土壤粒徑與土壤液化分析圖	6-61
圖 6.34 液化潛能分析流程圖	6-64
圖 7.1 服務年限內成本/效益比最大化的維護管理方法示意圖	7-7
圖 7.2 重力或板樁式構件層級	7-24
圖 7.3 棧橋式構件層級	7-28
圖 8.1 生命週期維護管理之概念	8-1

圖 8.2 設施資產維護管理系統架構圖.....	8-8
圖 8.3 重要的資產管理架構必要條件.....	8-9
圖 8.4 新南威爾斯省航海局與碼頭所有人所扮演之角色.....	8-10
圖 8.5 各公共渡輪碼頭之安全檢查及核定程序步驟.....	8-11
圖 8.6 港灣構造物安全檢測實施流程圖.....	8-16
圖 8.7 維護管理工作流程圖.....	8-19
圖 8.8 碼頭設施維護管理程序.....	8-23
圖 8.9 港灣設施各類型維修程序.....	8-23
圖 8.10 重力與板樁式碼頭編碼示意.....	8-24
圖 8.11 重力或板樁式碼頭俯視圖.....	8-25
圖 8.12 重力或板樁式碼頭正視圖.....	8-25
圖 8.13 棧橋式碼頭編碼示意.....	8-25
圖 8.14 棧橋式碼頭岸肩底部梁版編號示意.....	8-26
圖 8.15 港灣防波堤設施檢測方式說明.....	8-26
圖 8.16 港灣設施檢測巡查時機與程序.....	8-32
圖 8.17 單一構件設施評價說明.....	8-34
圖 8.18 整體設施評價說明.....	8-35
圖 8.19 防水箱涵示意.....	8-51
圖 8.20 灌漿管示意.....	8-52
圖 8.21 特密管於墩柱海床交接面之修復.....	8-53
圖 8.22 使用微細混凝土於牆面構造修復示意.....	8-53

圖 8.23 使用微細混凝土於梁修復示意	8-54
圖 8.24 碼頭鋼板(管)樁犧牲陽極法示意圖	8-55
圖 8.25 碼頭鋼板(管)樁外加電流法示意圖	8-55
圖 8.26 沉箱重整工法示意圖	8-56
圖 8.27 沉箱分離式工法示意圖	8-57
圖 8.28 樁式碼頭構造工法示意圖	8-58
圖 8.29 棧橋式碼頭修復工法示意圖	8-59
圖 9.1 基隆港西 14 號碼頭單元示意	9-1
圖 9.2 基隆港西 14 號碼頭(重力式)整體評價	9-19
圖 9.3 基隆港西 14 號碼頭(棧橋式)整體評價	9-19
圖 10.1 鋼筋混凝土梁之累積變形計算示意圖	10-6
圖 10.2 細粒料級配曲線圖	10-12
圖 10.3 模具上視示意圖	10-13
圖 10.4 模具 3D 示意圖	10-14
圖 10.5 模具照片	10-14
圖 10.6 養護齡期及抗壓強度圖	10-21
圖 10.7 鋼筋量 0.03 之配筋示意圖	10-22
圖 10.8 鋼筋量 0.015 之配筋示意圖	10-23
圖 10.9 鎖上兩邊夾板	10-25
圖 10.10 將一邊側板推至最底	10-26
圖 10.11 以粉筆在底板上標記鋼筋位置	10-26

圖 10.12 將鋼筋以熱熔膠固定在底板並加以補強.....	10-27
圖 10.13 確定寬度是否正確.....	10-27
圖 10.14 側板突出部分開口處與根部數值一樣即為鉛直.....	10-28
圖 10.15 疲勞破壞試驗示意圖	10-31
圖 10.16 以螺絲系統將 RC 柱鎖死於底板上	10-32
圖 10.17 Strain Gauge 擺放位置	10-32
圖 10.18 直徑 12cm 標準圓柱鐵模.....	10-34
圖 10.19 電子秤	10-34
圖 10.20 電子游標尺.....	10-35
圖 10.21 圓筒式混凝土拌合機.....	10-35
圖 10.22 MTS 油壓系統致動器.....	10-36
圖 10.23 MTS 控制器及訊號接收器	10-36
圖 10.24 單軸雙線應變規.....	10-37
圖 10.25 應變規訊號接收器.....	10-37
圖 10.26 萬能材料試驗機.....	10-38
圖 10.27 H2-1 力量位移圖.....	10-41
圖 10.28 H2-2 力量位移圖.....	10-42
圖 10.29 H2-3 力量位移圖.....	10-42
圖 10.30 M2-1 力量位移圖	10-43
圖 10.31 M2-2 力量位移圖	10-43
圖 10.32 M2-3 力量位移圖	10-44

圖 10.33 L2-1 力量位移圖10-44

圖 10.34 L2-2 力量位移圖10-45

圖 10.35 L2-3 力量位移圖10-45

圖 10.36 H4-1 力量位移圖.....10-46

圖 10.37 H4-2 力量位移圖.....10-46

圖 10.38 H4-3 力量位移圖.....10-47

圖 10.39 M4-1 力量位移圖10-47

圖 10.40 M4-2 力量位移圖10-48

圖 10.41 L4-1 力量位移圖10-48

圖 10.42 L4-2 力量位移圖10-49

圖 10.43 L4-3 力量位移圖10-49