

摘要

關鍵詞：低勞力建築工法、鋼管結構、低矮建築結構

一、研究緣起

受到少子化的影響，營造業基層勞動人力招募不易，且未來人力缺乏的情況會越來越嚴重。現今勞動市場逐漸邁向高齡化，需要高勞動力的鋼筋混凝土構造建造時間及成本逐漸高漲。

鋼結構可以在工廠製作桿件、在工地吊裝，桿件製作可以系統化，加上工地吊裝迅速，不但可以縮短施工時間，也可以大幅降低人力需求。鋼管鋼網牆系統適用於 12 m 以下之低樓層街屋結構，由鋼管支架、免拆模鋼網牆及樓版組成，過去的研究結果顯示，鋼管鋼網牆系統是不但具有施工便利性、省工、美觀同時具有使用性佳等特性，值得進一步研發並推廣之。

不過要落實於實際結構，尚須了解其強度與韌性容量，並建立設計方法，提供結構設計時參考。台科大於 2017 年研究單一單元鋼管鋼網牆的結構試驗結果[3]顯示，鋼管鋼網牆單元擁有相當高的強度，且耐震設計時之結構系統韌性容量 R 可以達到 3.2 以上。結構分析與設計時，每一單元的鋼網牆在可以採用等值斜撐模擬之，當單一單元鋼管鋼網牆中水平鋼管兩端近似固接時，牆腹強度可完全發揮。

二、研究方法及過程

過去的試驗雖然已經求得等值斜撐之相關設計參數，只是試驗試體的數量偏少。有鑑於此，本研究規劃 3 組單一單元鋼管鋼網牆試體進行反復載重結構試驗，以增加單一單元鋼管鋼網牆試驗結果，進一步提高等值斜撐設計參數的準確性與可靠性。一棟房屋之結構由多個鋼管鋼網牆單元組成，因此多單元鋼管鋼網牆系統的強度與韌性需要進一步探討，以確認多單元鋼管鋼網牆系統具有足夠的強度與韌性。此外，結構分析之分析模型也必須經由試驗結果來評估其準確性及可靠性。因此，本研究規劃 1 組一層三跨鋼管鋼網牆試體，探討含有內柱之鋼管鋼網

降低營建人力需求構造研發-多單元鋼管鋼網牆之強度與韌性

牆系統受力行爲，以及規劃 1 組二層二跨鋼管鋼網牆試體，探討兩層樓之鋼管鋼網牆系統受力行爲。

本研究之工作包括資料蒐集與整理、試體設計、試體製作、試體側推行為試驗、材料性質試驗、實驗數據整理與分析及報告撰寫等步驟。採用的研究方法敘述如下：1. 文獻之收集與整理；2. 試體之側推行為實驗；3. 試驗結果之分析與探討；4. 報告之撰寫。

三、重要發現

經過實際案例之工程成本與工期分析，可發現相較於傳統 RC 結構，鋼管鋼網牆系統節省 54% 的施工人力及 58% 的建造時間。若國內每年興建之 1~4 層樓的房屋構造中有 10% 使用鋼管鋼網牆系統，估計未來每年可減少 6,840 個營建人力需求。

本研究完成 5 座鋼管鋼網牆試體之載重試驗，另外整合過去研究所完成之 6 座單一單元試體，一共有 11 座鋼管鋼網牆試體，其中包含 9 座一層一跨試體、1 座一層三跨試體及 1 座二層二跨試體。綜合上述試體之試驗結果發現：(1) 以等值斜撐分析方法進行多單元鋼管鋼網牆結構系統之設計為一可行的方式；(2) 等值斜撐強度 $P_n = A \times f_c'$ ，其有效面積 $A = td / 7.4$ ， t 為牆體寬度， d 為牆體對角線長度，設計強度 $P = 0.65P_n$ ；(3) 水平鋼管與垂直鋼管連接可以採用簡易接頭或是直接銲接，採用簡易接頭之結點垂直剪力強度 $P_m = 149tf$ ；採用銲接且水平鋼管斷面為 RHS 100×100 之結點垂直剪力強度 $P_m = 194tf$ ；採用銲接且水平鋼管斷面為 RHS 200×100 估算其垂直剪力強度為 $P_m = 291tf$ ，設計強度 $P_v = 0.7P_m$ ；(4) 根據試驗及分析結果，建議結構設計時系統韌性容量 R 取 3.0。(5) 鋼管鋼網牆系統之開發，乃基於模組化之考量，研究成果之應用需要在所設定之範圍內，符合本報告所設定材料、桿件尺寸、單元尺寸等限制。

經過本案研究，鋼管鋼網牆系統可以有效降低營建人力需求及工時，也證實分析模型之可行性，且取得各項設計參數。鋼管鋼網牆街屋已經有數個實例，施工性佳，本報告亦提出設計方法及一個設計案例，供工程師參考。整體而言，鋼管鋼網牆系統的發展已漸成熟，值得積極推廣之。

四、主要建議事項

本研究進行鋼管鋼網牆單元側推結構試驗，提出下列具體建議。

建議一

立即可行建議：推廣鋼管鋼網牆系統施工及設計方法。

主辦機關：中華民國全國建築師公會、中華民國土木技師公會全國聯合會、中華民國結構技師公會全國聯合會

協辦機關：無

鋼管鋼網牆系統與傳統 RC 結構相比，可降低 58% 的建造時間，節省建造人力 54%，具有施工現場管理容易及使用性佳等優點，具有相當高的發展潛力。且經過結構試驗證實使用等值斜撐設計方法是一個可行的方式。

建議二

立即可行建議：辦理「新型版柱系統強度與變形能力」研究

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：無

相較傳統梁柱構架系統，版柱系統具有優勢包含(1)降低樓層高度，因為少了梁高，在同樣高度限制下，使用版柱系統可以增加樓層數目，進而增加總樓地版面積；(2)模版與鋼筋綁紮容易施作，除了可以縮短工時，更可以有效因應目前缺工的大環境；(3)後置管線相對容易，再次增加施工的便利性，(4)總造價降低，縱合上述各優勢，版柱系統單位造價較低，因此版柱系統在國外被廣泛的使用作為主要重力系統。然而該系統需要注意接合部穿透剪力破壞，因為穿透剪力破壞一旦觸發是脆性的破壞模式且可能造成連續崩塌。建議可發展新型版柱系統，採用強版弱柱的概念，以避免版之穿透剪力破壞，即可發展新型版系統以滿足剪力強度增加且不損失構件韌性，有助於因應國內缺工的大環境問題。

Abstract

Keyword: low-rise building, steel tube structure, steel tube construction

The steel tube-RC wall structural system is composed of steel frames with tubular steel members, infilled RC walls that uses small hole wire mesh sheets as side mold, and RC floor slab. Compared to the traditional RC structure, the steel tube-RC wall system is easier to fabricate and can effectively reduce construction time.

According to the analysis of several completed projects, the system can save up to 54% of labor force needed and 58% of construction time compared to the traditional RC structures.

In this study, cyclic loading test of 2 multiple-unit and 3 single-unit steel tube-RC wall specimens were completed. In addition to the 5 specimens tested, the test results of 6 single-unit specimens for previous research are collected and analyze to obtain the conclusion as follows : (1) the accuracy and reliability of the analytical method using equivalent bracing member established in this study are quite satisfactory; (2) Equivalent bracing member strength can be calculated as $P_n = A \times f_c'$, where $A = td / 7.4$ is the effective area of the equivalent bracing, t is the width of the wall, d is the diagonal length of the wall; (3) Horizontal and vertical steel tube members can be connected by using the new type shear connection, as shown in Ref. [1], or using welded connection. The vertical shear strength of the connections is $P_{vn} = 149tf$ for the new type shear connection. And, the vertical shear strength of the welded connection $P_{vn} = 194tf$ when RHS 100×100 is used for the horizontal steel tube member and $P_{vn} = 291tf$ when RHS 200×100 is used for the horizontal steel tube member. (4) It is suggested that a response modification factor R for the steel tube-RC wall structural equals to 3.0 can be used. (5) The steel tube-RC wall system with its configuration within the limits described in this report, a design guide-line and a design example are provided.

The steel tube-RC wall system is easy to construct and is able to reduce construction time. Current and previous research results show the feasibility of the analysis model established and design parameters obtained. The constructability is also confirmed by actual cases. This report presents a design method and a design case for engineer reference. On the whole, the steel tube-RC wall system is ready for further promotion.