

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

高層建築及橋塔抗風減振 TLCD 系統之研發

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2622-E-009-011-CC3

執行期間：93年05月01日至94年04月30日

執行單位：國立交通大學土木工程學系(所)

計畫主持人：王彥博

計畫參與人員：李建良,陳連杰,張恩杰

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 94 年 8 月 1 日

國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

- 學門領域：土木工程（結構營建）
- 計畫名稱：高層建築及橋塔抗風減振 TLCD 系統之研發
- 計畫編號：NSC 93 - 2622 - E - 009 - 011 - CC3
- 執行期間：93 年 5 月 1 日至 94 年 4 月 30 日
- 執行單位：國立交通大學土木工程系
- 主持人：王彥博
- 參與學生：李建良、陳連杰、張恩杰

姓名	年級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩博士論文)	工作內容
李建良	博士	高效能結構防震質塊制動系統	試驗建置
陳連杰	碩士二	高樓抗風 TLCD 系統之分析與試驗	數值模擬分析與試驗結果分析、試驗
張恩杰	碩士一		試驗協助

■ 合作企業簡介：

一、合作企業名稱：制震科技股份有限公司

二、計畫聯絡人：胡宗和

三、資本額：伍佰萬元

四、產品簡介：

1. 各式隔震、制振設備之分析、設計
2. 協助隔震、制振工程的分析與設計
3. 最佳的隔震、制振裝置選用評估
4. 完整的隔震、制振工程規劃與施工指導
5. 協助耐震診斷、耐震補強之分析與評估
6. RESP 結構非線性地震歷時分析
7. TDV/RM 各式橋樑(斜張橋、吊橋)設計與分析(含風效應評估)
8. 各類建物在不同振動環境下的抗震能力評估 (如辦公大樓、集合住宅、高層建築物、學校、通訊設備、博物館、美術館等。

五、網址：Mail.sivec@msa.hinet.net 電話：02-252-30768

■ 研究摘要(500 字以內)：

中文摘要

高樓建築具有質量輕、強度高、高寬比大且自然振動頻率及阻尼較低等特性，故對風力所造成的擾動十分敏感。因此，如何降低風力所引起的結構變位及加速度以改善其舒適性，遂為土木結構工程領域之重要課題。調諧水柱消能系統(TLCD)為單自由度之非線性動力系統，具備調頻容易、兼具消防及抗振功能等優點。本研究的目的將建立調諧水柱消能系統 TLCD 系統之非線性動力分析模式，並製作等斷面 TLCD 與變斷面 VTLCD 裝置以進行元件試驗與性能試驗。元件試驗結果顯示，TLCD 及 VTLCD 系統之理論振動頻率與元件試驗所得之頻率均十分吻合，而水頭損失係數則與閘門孔徑大小、擾動頻率有關。性能試驗結果顯示，結構安裝之 TLCD 與 VTLCD 系統當閘門開口率 0.36 時，則無論在自由振動試驗或地表簡諧波擾動試驗中均有良好的減振效果。最後，本文完成台北 101 大樓安裝 TLCD 系統之抗風減振性能評估，確認 TLCD 系統可達到與諧調質塊阻尼系統 (TMD) 相當的減振效果。

關鍵字：調諧水柱消能系統、高層建築、水頭損失係數、抗風

ENGLISH ABSTRACT

High-rise buildings possess characteristics of light-weighted, high strength, large aspect ratio, long period and low damping. They are therefore quite sensitive to wind disturbances. As a result, it has become a critical issue in the field of civil and structural engineering to try to reduce wind-induced displacement and acceleration responses for serviceability. Tuned Liquid Column Damper (TLCD) is a nonlinear single-degree-of-freedom system possessing advantageous features such as easy-tuning and dual functions for fire protection and vibration control. The objective of this study is to establish an analytical model for dynamic analysis of nonlinear TLCD systems, and fabricate both a TLCD and VTLCD device for component tests as well as performance tests. Results by component tests indicate good agreement of the fundamental frequency with the theoretical prediction, and the headloss is found to be dependent on both the orifice size and disturbing frequency. Performance tests, regardless of free vibration or harmonic

excitation tests, indicate both the TLCD and VTLCD are effective in vibration control provided that the opening ratio Φ is greater than 36%. Finally, this study assesses the performance of TLCD system in wind-induced vibration control of Taipei 101, confirming that TLCD achieves equivalent control effectiveness as the TMD system.

Keyword: Tuned Liquid Column Damper, High-rise Buildings, Headloss Coefficient, Wind-resisting

■ 人才培育成果說明：

1. 結構抗風工程與地震工程知識之啟發。
2. 瞭解風力頻譜與風力歷時之製作。
3. 完整之 TLCD 理論分析與系統設計能力。
4. 從事大型結構試驗之經驗累積。
5. 資料擷取系統操作與訊號處理能力之建立。
6. 參與學術討論與團隊工作之養成教育。
7. 增加未來就業競爭力與創業的可能性。

■ 技術研發成果說明：

1. TLCD 理論重建—建構均勻及非均勻或雙重斷面 TLCD 系統之結構控制理論與水頭損失係數之識別模型。
2. 針對 TLCD 之非線性結構動力系統，發展數值解析模式與分析軟體。
3. 完成 TLCD 元件之特性研究與最佳化設計。
4. 完成 TLCD 控制結構之振動台試驗與理論驗證。
5. 完成超高層結構-台北 101 大樓安裝 TLCD 系統進行抗風減振之數值模擬分析。

■ 技術特點說明：

1. 概念簡單 (Conceptually simple) — TLCD 之動力行為可模擬成單自由度系統；TSWD 的理論分析模式則複雜得多 (多模態液體激盪系統)，結構動力特性較難掌握。

原

2. 調頻容易 (Easy-tuning) — 無論 TLD 或 TMD，均係利用結構動力學原理—當控制系統與結構產生共振時，控制系統會將大部分能量吸收過去

而達到減振作用，因此，調頻(frequency-tuning)之精準度將影響控制效能。TLCD 之自振頻率主要與水柱之長度或斷面積比例相關，動力特性明確，設計參數容易決定；TSWD 則有多個振頻，設計參數不易調控掌握。

3.效能佳 (Efficient) — TSWD 只有接近水槽表面部分因激盪運動(sloshing motion)而有減振貢獻；TLCD 則整個 U 型連通管內之水柱都為有效質量，換言之，TLCD 可以較少的水量達到較 TSWD 更佳之控制效能。

■ 可利用之產業及可開發之產品：

1. 可利用之產業包括：營建業。
2. 可開發之產品：高樓抗風裝置、橋塔、燈塔、細長型結構、特殊工業設備減振等。

■ 推廣及運用的價值：

1. 提供傳統產業轉型方向與新題目，提昇技術服務層次，協助產業升級。
2. 引進結構控制新觀念與新技術於高樓抗風設計。
3. 協助國內廠商建立 TLCD 之本土研發技術，增進國際競爭力，爭取商機。
4. 防止國外廠商挾其技術優勢而漫天要價，TLCD 市場將因多元競爭而更為自由化、合理化，企業可少花冤枉錢、公共建設則節省公帑。

