

出國報告(出國類別:其他)

美國加州大學聖地牙哥分校(UCSD)
隔震器實體試驗參訪及會驗
出國報告

服務機關:內政部營建署

姓名職稱:葉時旻 副組長

黃承傑 工務所主任

派赴國家:美國

出國期間:112年6月5日至12日

報告日期:112年7月24日

摘要

本報告特別匯報了我們對美國加州大學聖地牙哥分校 (University of California, San Diego, 以下簡稱 UCSD) 進行的隔震器實體試驗的參訪經歷及相關收穫。本次參訪的主要目標是深入了解隔震技術在結構工程領域的應用以及 UCSD 在此領域實驗的領先地位，並驗證我們將在工程建案中所使用的避震器是否符合國際規範及建築標準。

在 UCSD 的參訪過程中，我們有幸與該校的專家、教授和研究團隊進行了深入的討論和知識交流。首先，我們參觀了 UCSD 的隔震器實驗室，這個設施擁有先進的設備和技術，用於模擬地震等自然災害對建築結構的影響。我們得以親眼目睹並學習到如何進行隔震器的實際測試以及評估其性能和效能。

在實驗室的專家指導下，我們學習了各種隔震器的類型、特性和適用範圍。他們向我們演示了不同隔震器在模擬地震條件下的反應，包括水平位移、振動傳遞和結構保護效果等。這些實際展示讓我們更直觀地了解了隔震技術在減少地震對建築物造成的破壞和保護人身安全方面的重要性。

總結而言，我們此次參訪 UCSD 的隔震器實體試驗的經歷非常豐富且具有深遠的意義。我們深入了解了隔震技術在結構工程領域的應用，確信這種技術可以在地震活躍地區提供有效的結構保護。同時，為確保故宮國寶文物修復展示館使用之隔震墊性能，在該實驗室的測試，證實其是否符合國際規範和建築標準。

我們將把這次參訪的所見所聞與我們的團隊和利益相關方分享，並將相關知識應用於我們未來的工程項目中。我們堅信這次參訪將對我們的工程實踐和結構安全提供寶貴的指導和啟示，同時也促使我們繼續關注和支持隔震技術的發展。

在此，我們向 UCSD 的專家和研究團隊表達最誠摯的感謝，他們的專業知識和熱情使得這次參訪成為一次難忘且富有成效的經驗。我們期待未來的合作機會，並將致力於在結構工程領域的隔震技術應用中取得更大的成就。

目次

一、行程	5
二、背景	6
三、目的	8
四、參訪實驗室及試驗過程	17
五、心得及建議	19

一、行程

日期	地點	行程
2023/6/5(一)	台北	搭機啟航
2023/6/6(二)	抵達舊金山機場轉機 至聖地牙哥	入住聖地牙哥
2023/6/7(三)	加州大學聖地牙哥分 校(UCSD)	SMRD 實驗室進行 T4 隔震器試驗
2023/6/8(四)	加州大學聖地牙哥分 校(UCSD)	拆卸裝載 T5 隔震器 參訪 UCSD 校園
2023/6/9(五)	加州大學聖地牙哥分 校(UCSD)	SMRD 實驗室進行 T5 隔震器試驗
2023/6/10(六)	前往舊金山	入住舊金山
2023/6/11(日)	舊金山啟程往台北	啟程返臺
2023/6/12(一)	返抵台北	舊金山-台北

二、背景

地震是地球上發生的一種自然現象，由於地殼運動導致的地震波的釋放而產生。地震可以造成巨大的破壞，包括倒塌建築物、地面裂縫和人員傷亡等。

為了減少地震對建築物和結構的影響，地震工程領域致力於研究和開發抗震技術。其中，避震器是一種重要的抗震設備，被廣泛應用於建築物和橋樑等結構中。

避震器是一種能夠減少地震能量傳遞的裝置，通過在結構和地基之間添加彈性元件來實現。當地震發生時，避震器能夠吸收和耗散地震能量，從而減輕地震對結構的影響。它可以降低建築物的振動幅度，提高結構的穩定性和安全性。

避震器可以分為不同類型，包括摩擦型避震器、液體阻尼器、彈簧避震器等。每種類型的避震器都有其特定的工作原理和應用場景。它們的設計和選擇需要考慮結構的特點、地震活動水平和設計要求等因素。

避震器的使用已經在許多地震頻發的地區得到廣泛應用，如日本、美國、紐西蘭等。它們被應用於高層建築、橋樑、核電站等重要結構，為這些結構提供了更大的抗震能力和安全性。

通過研究和發展避震器技術，地震工程領域不斷努力提高結構的抗震能力，減少地震災害的損失。避震器的應用也不斷演進和創新，以滿足不同地區和結構的抗震需求。

總體來說，避震器作為一種重要的抗震技術，在地震工程中發揮著關鍵作用。通過減少地震對結構的影響，避震器能夠保護人員的生命安全和減少財產損失。隨著科技的進步和研究的深入，避震器技術將繼續發展和創新，為地震防災提供更有效的解決方案。

三、目的

我們選擇參訪位於 UCSD 的 SMRD 實驗室隔震器實體試驗是基於以下目的：

1. 技術了解與驗證：UCSD 在隔震技術研究方面享有盛譽，其實驗室擁有先進的設備和專業的研究團隊。我們希望通過實際參觀和學習，深入了解不同類型隔震器的工作原理、設計方法以及在不同地震條件下的效能。同時，我們將確保將於工程中所使用的避震器符合國際規範和標準，以驗證其性能和安全性。
2. 實踐經驗：通過實驗示範和與專家的交流，我們獲得了實際應用隔震技術的寶貴經驗。這將有助於我們未來在實際項目中更好地應對地震風險並提高結構的抗震能力。同時，我們將利用參訪機會進行試驗，以驗證所使用的避震器的性能和可靠性。
3. 學術交流和合作機會：UCSD 作為一所國際知名的研究機構，聚集了眾多地震工程領域的專家和學者。我們希望通過與他們的交流，擴展自身的學術網絡，尋找合作和學術交流的機會，促進雙方的共同發展。

4. 驗證故宮南院國寶館隔震器的功能是否與設計規範相符, 因此, 這次會驗相當重要, 尤其是針對摩擦單擺隔震器, 經過 UCSD 測試機, 模擬地震時的高速位移測試, 可以了解在不同地震加速度及位移下, 驗證隔震器的性能, 其性能包括了阻尼比, 有效剛度, 消能迴圈等等, 下表為本案隔震器實體測試項目及測試中的相關照片。

項目 \ 型號	T1	T2	T3	T4	T5
數量	40	32	30	29	16
滑動面等效曲率半徑 (單位:mm)	5000	5000	5000	5000	5000
標稱摩擦係數值	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
有效勁度 k_{eff} (水平位移290mm下) (單位:tonf/m)	38.7 (垂直載重120 tonf條件下)	81.5 (垂直載重250 tonf條件下)	114.2 (垂直載重350 tonf條件下)	179.4 (垂直載重550 tonf條件下)	262.0 (垂直載重800 tonf條件下)
等效阻尼比 β_{eff} (水平位移290mm下)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
隔震元件最小位移容量 (單位:mm)	500	500	500	500	500
隔震元件設計位移量 (單位:mm)	280	280	280	280	280
常態垂直載重(DL+0.5LL) (單位:ton)	120	250	350	550	800
短期垂直載重(DL+LL+EQM) (單位:tonf)	251	548	761	848	1018
水平剪力容量 (單位:tonf) (常態垂直載重及水平位移500mm下)	17	34	48	74	110
隔震元件最小旋轉角容量 (單位:deg)	2	2	2	2	2



隔震器運抵 SMRD 實驗室



隔震器安裝至測試機前準備



隔震器安裝至測試機前準備



測試機與隔震器連接板準備



在測試前，解說測試機控制系統



隔震器安裝至測試機，進行高速位移測試



隔震器進行高速位移測試時, 影片紀錄



隔震器測試完後, 拆卸出測試機

基於以上背景和目的，我們組織了此次參訪活動，旨在通過實地參觀、與專家的交流能夠深入了解隔震器實體試驗的最新進展，並驗證所研發的避震器是否符合國際規範和標準。

同時，此次參訪也將加強我們對地震災害防範的重視，並提升我們在工程建設中採用抗震技術的能力。我們將積極應用所學知識和經驗，為地震頻發的地區設計和構築更安全可靠建築物。通過與 UCSD 及其他相關專家的合作，我們希望推動隔震技術的發展，為世界上的結構工程領域提供更好的解決方案。



聖地牙哥加利福尼亞大學（University of California, San Diego）是一所世界知名的研究型大學，位於美國加利福尼亞州的聖地亞哥市。該校成立於 1960 年，是加利福尼亞大學系統中的一部分，以其卓越的教學和研究而享有盛譽。



UCSD 在多個學術領域都擁有廣泛的研究領域，包括自然科學、工程學、社會科學、醫學、人文學和藝術等。該校以其在科學、工程和醫學領域的卓越成就而聞名，是全球領先的研究機構之一。

作為一所在地震工程領域具有卓越聲譽的學府，UCSD 擁有先進的地震工程實驗室和設施，專注於地震風險評估、結構設計和地震防災研究。該校的專家和學者在隔震技術、地震工程設計和結構抗震研究方面具備深厚的專業知識和豐富的經驗。

UCSD 致力於促進學術交流和國際合作。該校與世界各地的學術機構、工業界和政府機構展開合作，進行共同研究項目和學術合作，推動科學和技術的創新。

UCSD 以其卓越的學術質量和創新能力在全球學術界享有很高的聲譽。它在地震工程和隔震技術的研究和應用方面做出了傑出的貢獻，為地震防災領域的發展做出了重要貢獻。

UCSD 還是一所非常活躍的校園，擁有豐富多樣的學生社團和活動，為學生提供全面的發展機會。同時，校園的地理位置靠近加利福尼亞州的科技和創新中心，與當地的科研和產業界密切合作，為學生提供實踐和實習的機會。

總結來說，UCSD 作為一所頂尖的研究型大學，在地震工程和隔震

技術方面具有顯著的地位和聲譽，並在全球範圍內推動了該領域的發展。

四、參訪實驗室及試驗過程

在參訪 UCSD 隔震器實體試驗期間，我們有幸參觀了該校先進的地震工程實驗室，深入了解隔震技術的研究和實踐。以下是我們的參觀和試驗過程的詳細描述：

1. 實驗室導覽：我們由 UCSD 的專家和研究人員帶領，進入地震工程實驗室(SMRD)。實驗室設施現代化，擁有專業的地震模擬設備、試驗台和數據收集系統。我們瞭解到該實驗室的設備可模擬不同地震條件下的地震力，並測試各種隔震器的性能。
2. 隔震器展示與解說：在實驗室內，專家向我們展示了不同種類和設計的隔震器，包括彈簧隔震器、液體阻尼器和摩擦隔震器等。他們詳細解釋了每種隔震器的工作原理、結構設計和材料特性，以及在地震條件下的效能和安全性。
3. 實際試驗觀察：我們觀察到實際的隔震器試驗。實驗人員將隔震器安裝在試驗台上，然後施加模擬地震力，觀察隔震器的反應和

性能。我們注意到隔震器在地震作用下能夠減少結構物的位移和應力，保護結構物免受破壞。

4. 數據收集和分析：試驗過程中，數據收集系統記錄了隔震器和結構物的各種參數，包括位移、加速度和應力等。專家向我們展示了數據的收集和分析過程，解釋了如何評估隔震器的性能和安全性。

5. 專家討論：參訪期間，我們有機會聆聽 UCSD 的專家和學者進行討論。他們分享了最新的地震工程研究成果和實驗成果，並與我們探討了隔震技術的應用和發展趨勢。這些討論為我們提供了寶貴的學術交流和合作機會。

五、心得及建議：

參訪 UCSD 的隔震器實體試驗是一次極具價值的經歷，讓我對隔震技術在地震工程領域的應用有了更深入的了解。以下是我的心得和建議：

1. 專業水平：UCSD 的地震工程實驗室設施先進，專家和研究人員具有豐富的知識和經驗。他們的解說和示範讓我們對不同種類的隔震器有了更清晰的概念，並理解了它們在地震作用下的運作原理和效能。
2. 實際觀察：能夠親眼觀察到實際的隔震器試驗過程，讓我對隔震器的性能和反應有了直觀的了解。我們看到隔震器在地震力作用下的減震效果，這為我們更好地理解隔震技術的優勢和應用提供了實際的證據。
3. 學術交流和合作：與 UCSD 的專家和學者進行討論，拓展了我的學術視野。他們分享的最新研究成果和實驗成果讓我獲益匪淺，同時也為我們建立了更多的學術交流和合作的機會。

4. 深入學習：此次參訪只是對隔震器實體試驗的一個簡要了解，通過進一步的研究和學習，我們能夠更全面地理解隔震技術的原理和應用，並在未來的工作中取得更好的成果。

5. 深化合作：在參訪期間，我們能夠與 UCSD 的專家和學者進行交流。建議持續透過實地參訪隔震器實體試驗過程、學術交流等方面，持續深化推動隔震技術的發展和應用。

6. 實踐應用：參觀過 UCSD 的隔震器實驗室後，我們應將所學應用於實際項目中。建議在未來的地震工程設計中考慮隔震技術，並優化結構物的抗震能力，以提高建築物在地震中的安全性。

總結而言，參訪 UCSD 的隔震器實體試驗是一次寶貴的學習和經驗分享的機會。我們對隔震技術的應用有了更深入的認識，並獲得了專業知識和實踐經驗。在未來的工作中，更加了解隔震技術在地震工程中的應用，提高建築物的抗震能力，從而保護人民的生命財產安全。