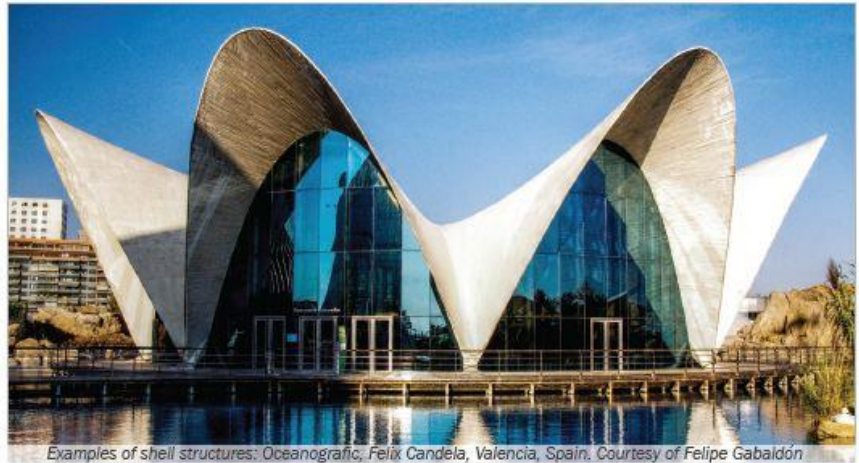


利用 HyperWorks 進行地震區混凝土殼體結構設計



Examples of shell structures: Oceanographic, Felix Candela, Valencia, Spain. Courtesy of Felipe Gabaldón

項目介紹

美國普林斯頓大學的構形實驗室是一個專注於研究結構的曲線外形的研究小組，研究外形的最佳的力學分佈以獲得最優的結構強度。研究的成果顯示這些結構可以非常薄，從而降低成本和二氧化碳排放，同時滿足一定的審美要求。

構形實驗室主任 Sigrid Adriaenssens 博士是專門研究結構表面形狀的結構工程師，她是美國普林斯頓大學土木與環境工程系的助理教授，Adriaenssens 擁有巴斯大學、英國輕型結構博士學位，並曾擔任倫敦 Jane Wernick Associates 和比利時布魯塞爾 Ney + Partners 的專案工程師，她撰寫了 2 本書和 40 多篇行業論文，她是 IASS Working Group 5 的聯合主席，是 International Journal of Space Structures 合作編輯。她目前的研究領域包括被動、主動和自我調整結構。Tim Michiels 是普林斯頓大學的構形實驗室在讀的博士生，他的研究方向是殼結構在地震等自然災害的影響下的行為。他還進一步研究採用可持續的材料，如夯實土和磚，設計彈性殼結構的方法。Tim 獲得了魯汶大學 (比利時) 土木工程的學士和碩士學位，還獲得雷蒙德勒麥爾國際保護中心的碩士學位。來到普林斯頓之前，Tim 就職於 Getty Conservation Institute，研究如何在地震時保護歷史土樓，曾參與在摩洛哥和秘魯的古建築保護專案。

挑戰

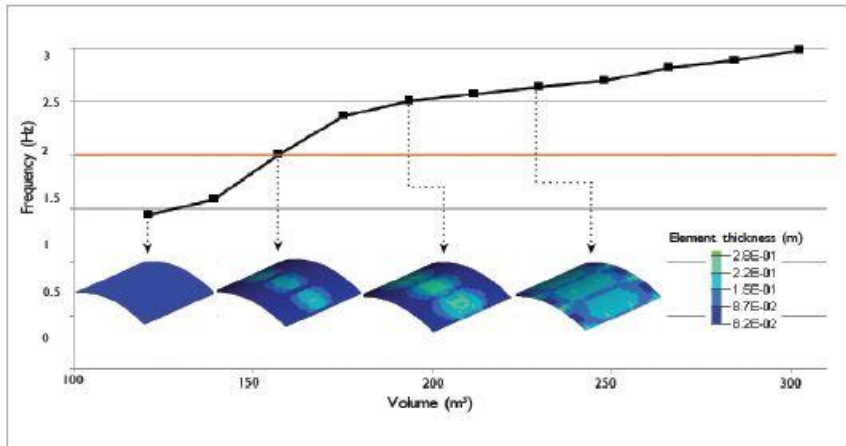
新聞報導中倒塌的建築物、破壞的道路和撕裂的城市形象，時時提醒著我們地震的破壞力。通過幾十年對這些災難性事件的研究，我們已經有了很大的改善，建築專業人士和研究人員不斷努力採用最先進的數值方法提高建築的抗震能力，保護居住者的安全。

普林斯頓大學構形實驗室的研究人員正在探索一種能安全地應用於地震地區的結構設計，這會是一種很有應用性的結構設計。他們專注於殼結構的設計，這是非常薄且彎曲的，

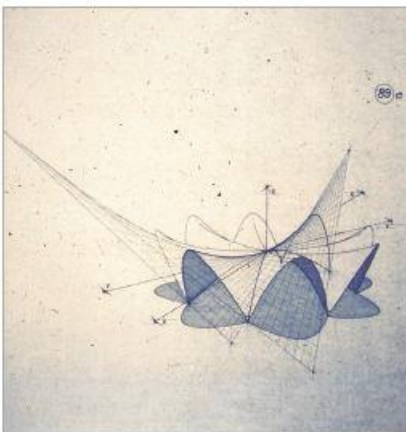
通常用在大跨度結構，材料涵蓋範圍很廣泛：從鋼和玻璃、混凝土，甚至磚塊或泥漿。這些殼結構在地震中的表現卓越，例如備受讚譽的殼結構 Félix Candela 在 1985 大墨西哥市地震期間結構完好，保護了眾多生命。然而分析這些結構在地震作用下的行為是需要功能強大的計算工具的。



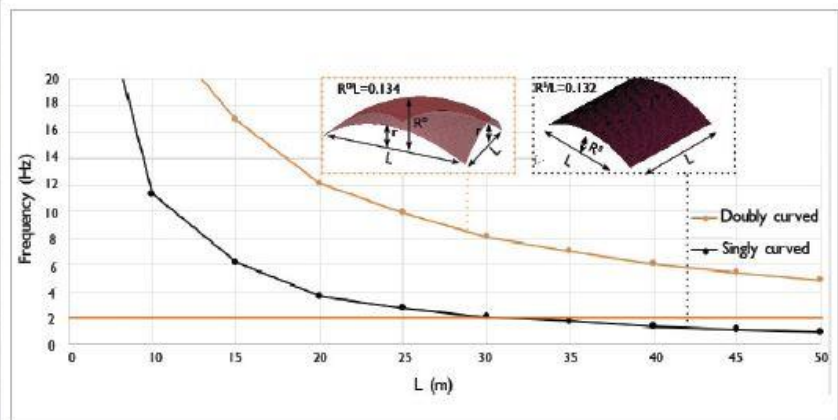
Las Manantiales 餐廳



OptiStruct 的優化方法尋找殼體結構更好的厚度分佈，提高振動性能



Los Manantiales 餐廳



單彎和雙殼結構的振動性能受到跨度和殼結構的形狀影響

解決方案

構形實驗室研究人員採用 Altair 的先進模擬軟體 HyperWorks 套件進行模擬與分析。該套件被用來研究地震對建築物性能的影響，由地震引起的震動對外殼形狀的回應及模擬厚度變化的影響。

幾何可以很容易從其他 CAD 軟體導入到 HyperMesh，定義好模型屬性後，不同地震工況，直接利用 HyperWorks 的 OptiStruct 求解器進行模擬計算。得到地震載荷作用下不同的阻力和反應，從而可以預測的一系列的幾何形狀。此外，在 OptiStruct 軟體內置的優化工具不僅可以在給定的約束條件下尋找一個更好的整體形狀，也可以被用來預測區域的殼局部厚度變化引起的振動特性。

因此，HyperWorks 套件是用於獲取何種殼體結構形式對地震反應理解的有力工具。整體形狀的殼，特別是它的曲率，從地震行為的影響來看，被證明是一個主要的影響振動特性的因素。通過增加曲率，從而增強相應的殼剛度，結構的基本頻率也增加，確保它們的振動模式在地震時不容易被觸發。然而厚度分佈也是第二重要的因素，OptiStruct 的尺寸優化是一個有用的工具，通過優化可以減少應力集中。這些資訊能大大促進地震地區殼結構設計的安全性。

結論

透過 Altair 團隊優化專家的支援，HyperWorks 套件模擬的通用性，為本項研究提供了堅強後盾。該軟體的計算效率允許進行大規模的模擬運算，同時，內置的優化方法被證明是用於探索結構行為強大的工具。這有助於 Altair 的技術專家與普林斯頓的研究團隊一起進行探討性工作。Altair 的貢獻範圍從提供建模幫助，到引入不同的優化方法，甚至寫一個自訂的腳本解釋某些資料的模型。

最後，研究人員計畫繼續探究不同的殼結構形態如何影響地震力的傳播以應用於真實的結構，如 Félix Candela。此外，他們預計使用收集到的資料，設計可以抵抗地震具有創新性、低成本的材料的殼結構原型。