十二層大樓之耐震疑慮

專題報導

集集大地震引發了民眾對自宅居安的疑慮。對住在大臺北地區的民眾而言，或嘗聽謂臺北盆地建物以12層樓房最脆弱，因其振動自然週期與盆地沖積土層相仿，在震波影響下易產生共振效應，加劇其晃動，而使建築物受損，乃至倒塌。實際狀況如何？12層樓房的耐震性真的較差嗎？筆者希望藉本文讓慮者對真相有所瞭解。

1. 地震波對建物的振動影響主要決定於震央到結構物的距離。一般而言，斷層錯動、地層開裂隆起對首當其衝的建物衝擊最為劇烈，對於位於非斷層沿線而距離震央甚近的建築物而言，震波中將以體波率先到達。體波中包含縱波和橫波兩種波動機制，對建物振動影響大致可以垂直向和水平向解釋。其中縱波波速快、能量小；橫波波速慢、能量大。近震央區民眾首先感覺地層上下振動，緊接著左右搖晃的現象即是體波的作用。除體波外，震波亦以表面波方式運行。表面波能量較橫波為高，波速卻更慢而接近橫波波速，運動方式則兼具垂直和水平振動。該波能量侷限地表，易受地表地形、地貌影響而阻斷其波傳運動。中部海線地區民眾除感受體波的威力外，亦體驗到表面波，由於其與橫波抵達時間相近，故加劇建築物的左右晃動影響。

2. 對遠居於臺北盆地的民眾而言，此次地震晃動主要係由深層岩盤之地震波造成。當震波中的體波透過地下岩體而傳遞時，其波速加快，岩盤消能性低，故能迅速地將震波擴散至遠方。此震波由岩體折射至土層而回傳至地面時，因為岩石和一般土壤硬度差異過大，其折射波幾以垂直方向由下而上傳動。由於縱波能量較橫波少，故傳射相當的距離後，震波運動以橫波為主，對地表振動影響亦以垂直

向傳遞、左右晃動為主。

3. 所謂「盆地放大效應」係指地震作用下，盆地中土層變形量在特殊振動效應下遠大於其下方岩層變形量的現象。在此狀況中，土層自然週期約等於盆地中未固結(鬆軟)土層的四倍厚度除以震波速度。以臺北盆地某場址未固結土層厚度50公尺為例，若該地層土壤橫波波速介於100～200公尺/秒，則地層自然週期約為1～2秒；混凝土建築物的自然週期概略為0.1秒乘以其樓層數。故知在橫波控制下，10～20層房屋在該場址最易與地層產生共振(週期吻合)。然若震波中包括不可忽視的縱波影響時(震央接近盆地或甚至位於盆地內)，則透過土壤縱波波速(約為橫波速兩倍)，可知地層垂直振動自然週期將為0.5～1秒，在此狀況下，5～10層的樓房易與垂直振動的地層產生共振，其危害度將擴及較低矮的建物。由以上說明，當可瞭解「遠距離」地震對高樓層建築物影響較大，而「近距離」地震影響亦衝擊低矮建物。在縱波與橫波的交相夾擊下，該現場10層大樓損壞機率明顯較一般建物高出許多。臺北盆地的地質構造並不單純，未固結土層厚度、土壤波速隨地區而異，分析結果或有不同。

4. 事實上，除建物與地層的可能共振外，震波延時(作用的時間)長短亦會影響建物振動。作用時間短的震波能量集中於高頻率，對低矮樓房影響較大，傳動面積範圍將有限；反之，作用時間長的震波能量集中於低頻率，對較高樓房影響大，其波長將放大而可擴散至較遠地區。若共振週期不幸與地震波主要頻率對應週期相當者，建物損害必嚴重。

由此次地震建物的破壞情形可看出結構耐震設計的重要性。建築結構祇要設計得當、施工確實，在無斷層通過導致地面開裂隆起，直接破壞建物基礎和主結構的情況下，即便在強、烈震的摧枯拉朽效應中，其韌性應任不致使建物

瞬間坍塌，造成重大傷亡。我國現行建物耐震設計規範以地震加速度大小為主要考量，依據固定強震發生機率及地震危害度分析將臺灣震區劃分為三類，冠以不同地表最大加速度(水平向：0.18g～0.33g；垂直向：1/3～2/3水平向加速度)計算地震力；同時制定震度4、5、6三級(中震、強震、烈震)之地表水平加速度範圍(0.025g～0.08g、0.08～0.25g、0.25g以上)。集集地震中，各區許多觀測站的加速度值均超出原設計值甚多，即使有耐震設計的建物亦有可能在強震、烈震區中產生過度的損壞而倒塌。臺灣地質構造複雜，耐震設計應該因地制宜。筆者建議可仿照國家地震工程研究中心所提供的臺北市液化震度微區劃分方式，將微區放大，配合全省斷層地質調查結果以及設計地震反應譜分析制訂更為精細的地震區域圖，並將地層液化導致基礎失敗等所需要之地盤改良、設計以及施工考量周詳地納入耐震設計規範中，嚴格審視並要求相關設計，以記取集集大地震的創痛和教訓。