淡江時報 第 414 期

**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 。