

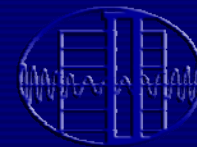
從汶川地震看一般建物及醫院 耐震問題與對策探討

報告人：林凡茹
NCREE助理研究員
2008.06.16

NCREE



報告大綱



- 川震建物破壞原因初探
- 川震一般建物及醫院破壞情形
- 各國醫院抗震經驗與問題
- 醫院耐震設計與對策
- 結語

川震一般建物及醫院破壞情形

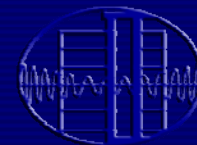


■ 97.05.24. 華夏時報

■ 5月23日上午10時，國新辦舉行抗震救災發佈會，在會上四川副省長李成雲公佈，截至昨日19時，四川汶川地震已造成55239人遇難，281066人受傷，24949人失蹤。而從目前的公開資料來看，地震已經造成房屋倒塌312.8萬間，房屋損壞1560.9萬間。受災地區交通、電力、通訊、供水、供氣等基礎設施損失嚴重。還有，四川全省有14207家工業企業受災，直接經濟損失達670億元等。

- 重災區平武縣南壩鎮百分之八十以上房屋完全損毀
- 統計數據顯示，四川地震中超過百分之九十五的死亡是因建築物倒塌所致。 ---970612 中央社

川震建物破壞原因初探



1. 地震規模高於規範設計需求

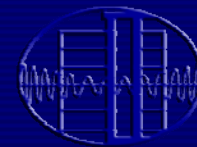
■ 大陸建築抗震設計規範：小震不壞，中震可修，大震不倒

- 小震(多遇地震)，低於抗震設防烈度，對於丙類建築而言，50年超越概率為63%
- 中震即為抗震設防烈度，對於丙類建築而言，50年超越概率10%
- 大震即為罕遇地震，對於丙類建築而言，50年超越概率約為5%

■ 大陸各區域抗震設防烈度的訂定：除了工址特性之外，亦參考行政區域的經濟或政治等規模

- 北京：抗震設防烈度為8度
- 災區的北川、綿竹、汶川、都江堰7度(基本設計加速度值0.1g)，綿陽、德陽、阿壩等地區6度(基本設計加速度值0.05g)
- 以綿竹為例：綿竹抗震設防烈度為7度，地震危險性特徵分區為II區，故乙類建築(醫療建築多屬乙類)的罕遇地震之設計地震加速度值約為0.164g，遠低於鄰近綿竹的測站(什邡市八角台)所測得的PGA值0.65g

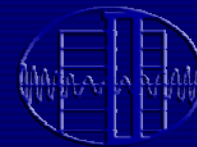
川震建物破壞原因初探



2. 一般醫療建築之抗震設防類別可能過低

- 建築抗震設防類別分為甲、乙、丙、丁四個等級
- 醫療建築的抗震設防類別，依規模、行政層級劃分，來進行抗震設計
 - 醫療建築規模：依床位數以及建築面積分類為三級特等、三級、二級與一級醫院
 - 醫療建築行政層級：
 - 甲類包括三級特等醫院的住院部、醫技樓、門診部
 - 乙類包括大中城市的三級醫院住院部、醫技樓、門診部，縣及縣級市的二級醫院住院部、醫技樓、門診部，抗震設防烈度為8、9度的鄉鎮主要醫院住院部、醫技樓，縣級以上急救中心的指揮、通信、運輸系統的重要建築，縣級以上的獨立採血、供血機構的建築

川震建物破壞原因初探



2. 一般醫療建築之抗震設防類別可能過低

- 劃分為甲類的醫院僅有少數的三級特等醫院
- 相同規模的醫院建築在不同的行政區域(如北京與汶川)-->不同的設防類別
- 此次傳出結構或非結構受損的四川災區醫院多為二級或一級醫院，其抗震設防類別屬於乙類甚至丙類之類別
- 部分四川災區抗震設防烈度為6度，屬於乙類以下的建築可不用進行地震作用計算，對於此次災區醫療建築的耐震性能保障又少了一道安全防線。

川震建物破壞原因初探



3. 建築抗震概念與施工品質

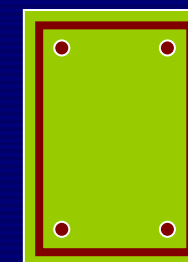
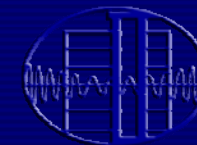
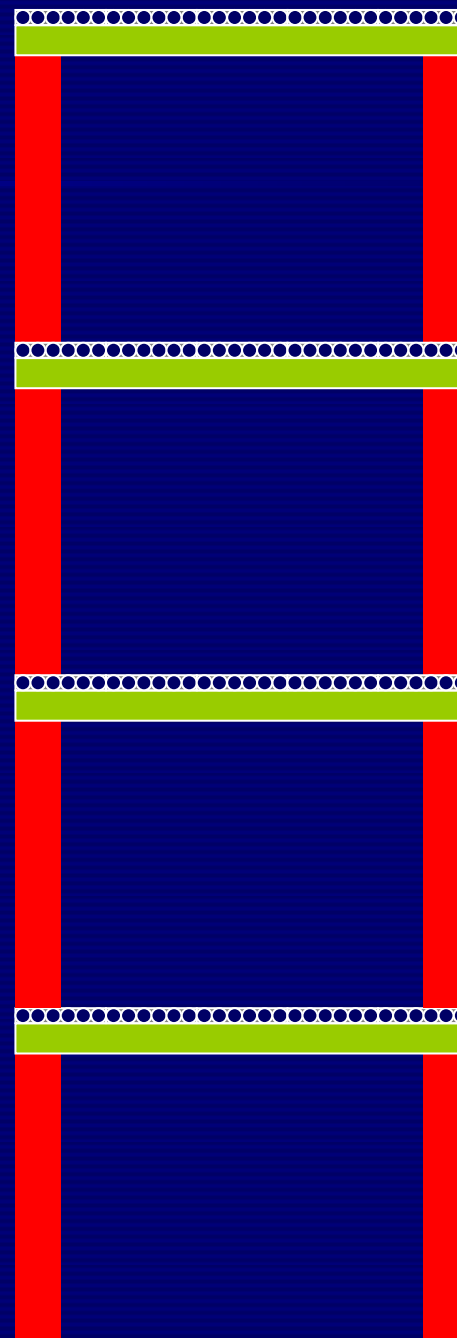
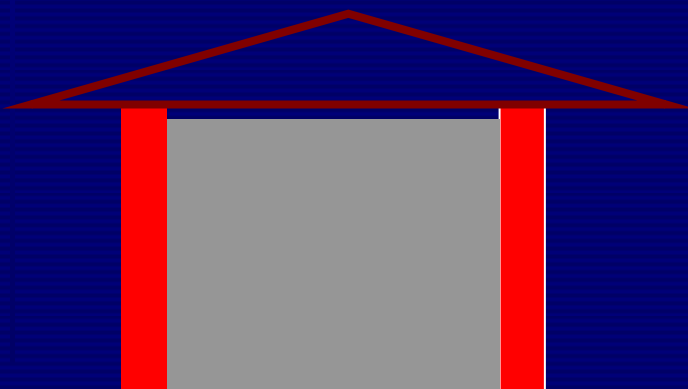
- 距離上次嚴重災情的四川爐霍地震(1973年)已隔35年
- 四川近年來經濟發展迅速，建築等土木建設的經濟與效率考量——**磚混結構**
- 本中心於勘災時發現，此次崩塌的綿竹市第三醫院即屬於此次震災當中毀損最多的結構系統，即以未加強磚造之非韌性牆柱作為承重系統，搭配鋼筋混凝土梁支撐預鑄混凝土樓版。

四川常見之建築構造

■大陸非強震區之一般建築物，
磚混結構佔80%以上

■磚混結構：

- 磚砌體作為內外承重牆或隔牆
- 鋼筋混凝土造的樓板、屋頂、梁傳遞荷載於RC柱（或磚柱）與磚牆，再通過牆柱基礎傳到地基。



預鑄樓板-剖面詳圖

■圈梁與構造柱：

- 非承重構件，作為協助砌體結構抵抗側力的邊框系統，提高砌體結構整體性

■圓孔板與樑的连接：

- 一般擱置
- 焊接擱置
- 加設鋼筋補強

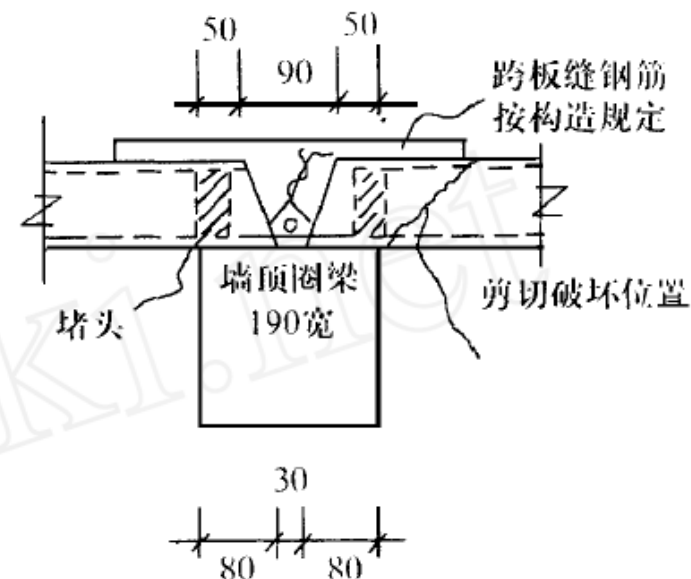
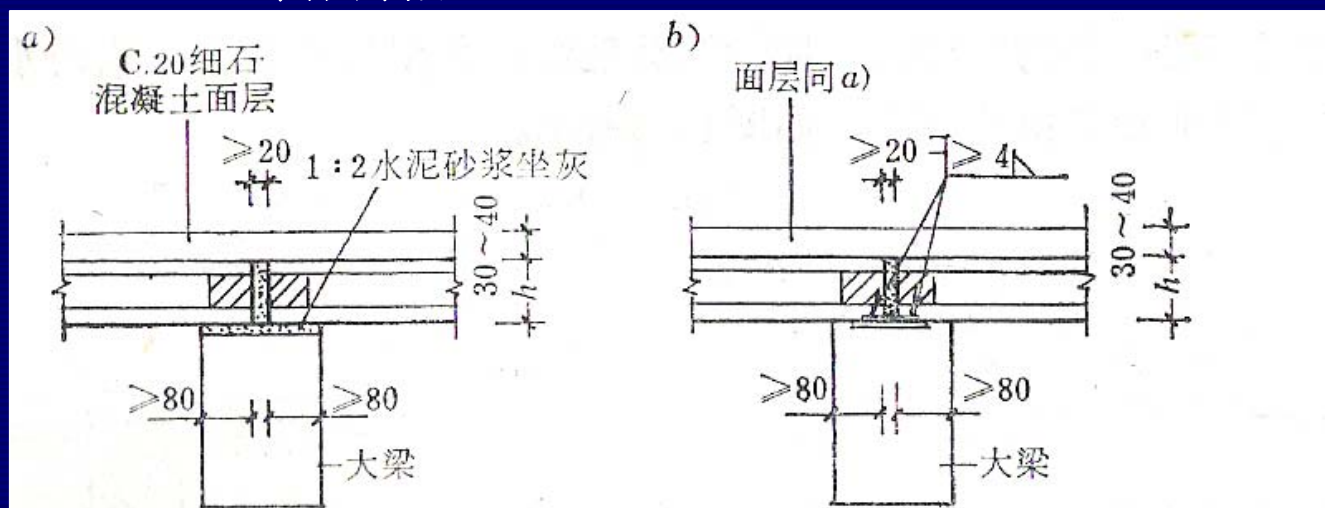


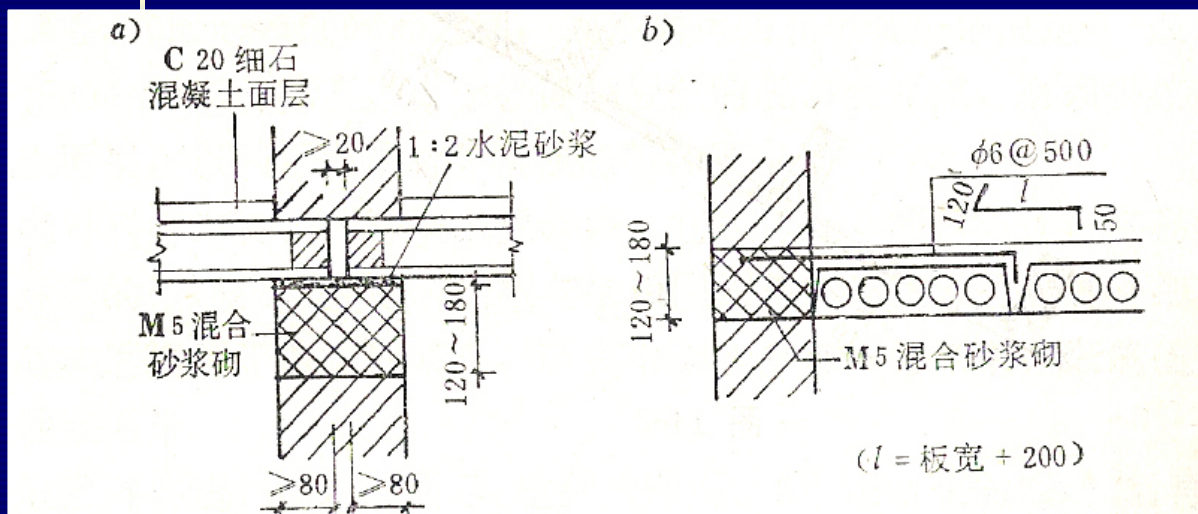
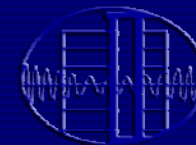
图2 穿插结构做法



資料來源：小砌塊牆頂擱置多孔板的抗震構造措施，牆材革新與建筑节能，2000，No.1

村鎮建築手冊，中冊，中國建築工業出版社

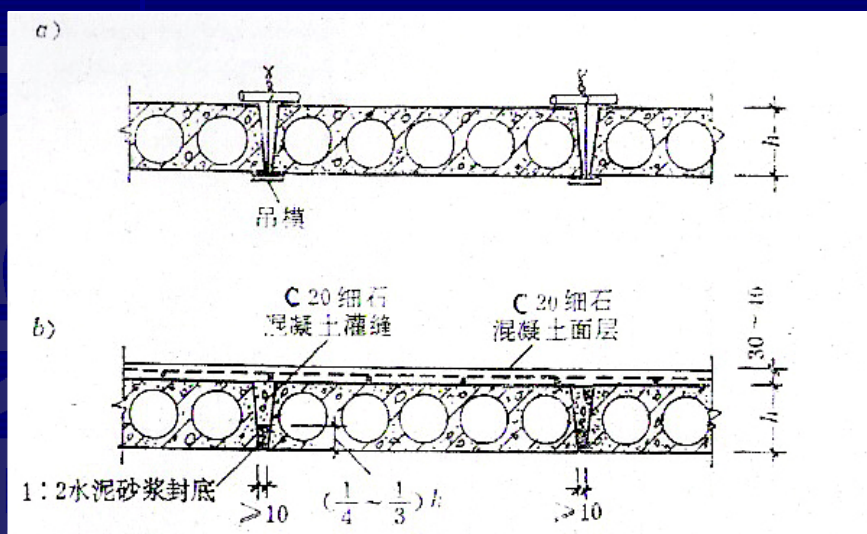
預鑄樓板-剖面詳圖



圓孔板與磚牆的连接：

a). 一般擱置

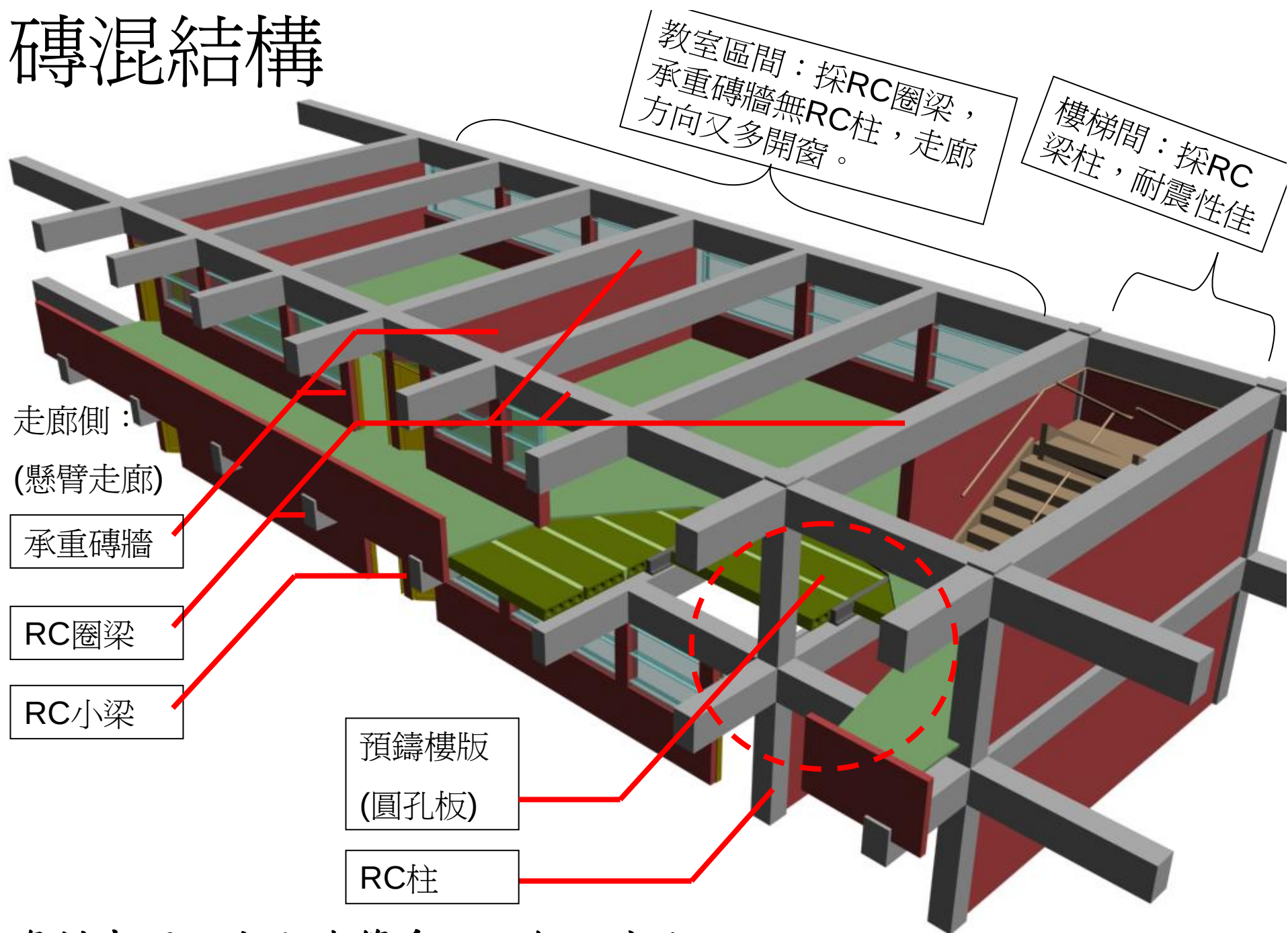
b). 鋼筋拉結



圓孔板之間的连接

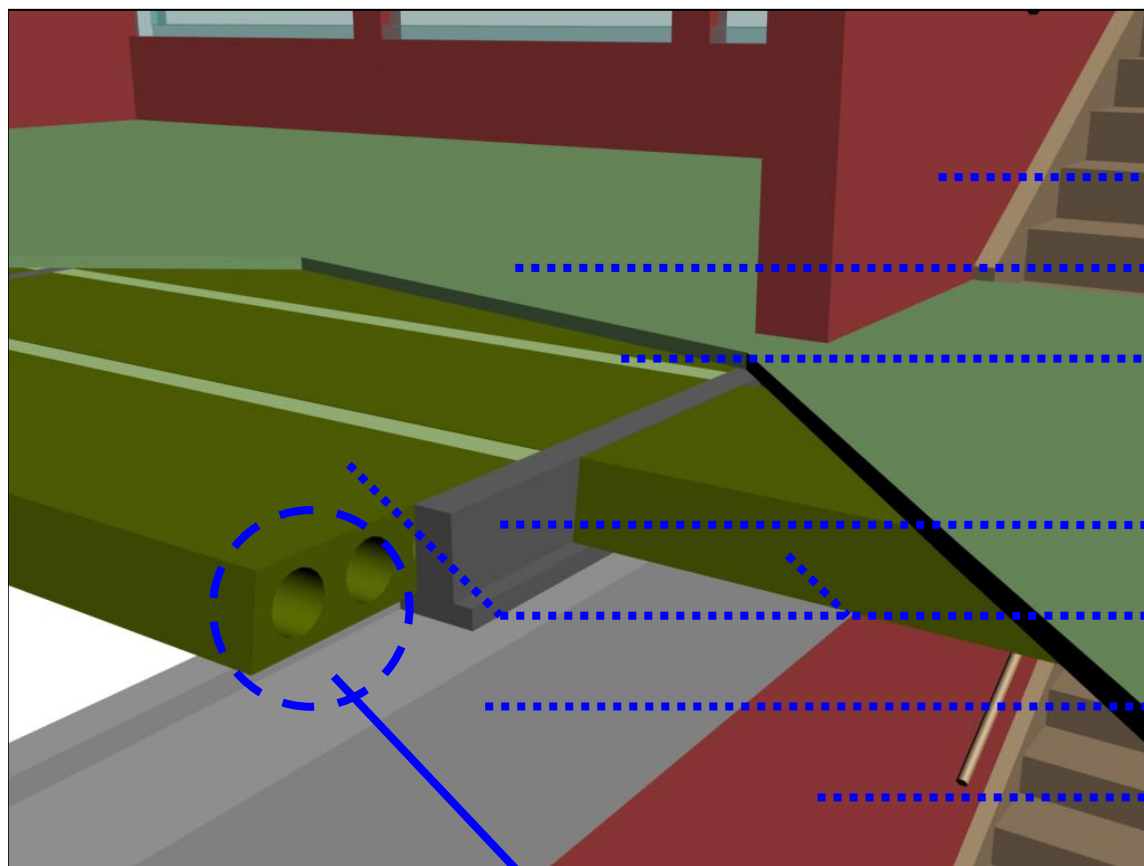
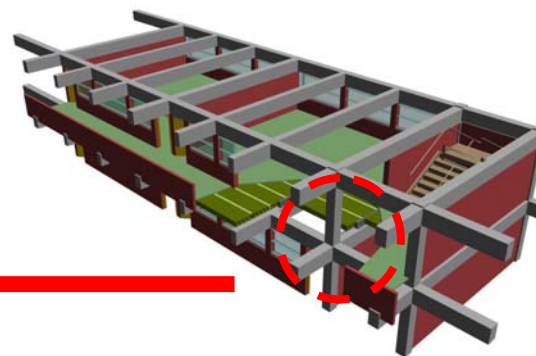
資料來源：村鎮建築手冊，中冊，中國建築工業出版社

磚混結構



資料來源：成大建築系姚昭智研究室

磚混結構-細部示意圖



2 F磚牆

C20細石混凝土面層

C20細石混凝土填縫

1:2水泥砂漿

圓孔版

RC圈樑

1 F磚牆

圓孔版與RC樑之接合，僅一端採用鋼筋拉結。
(圓孔版預埋插筋)

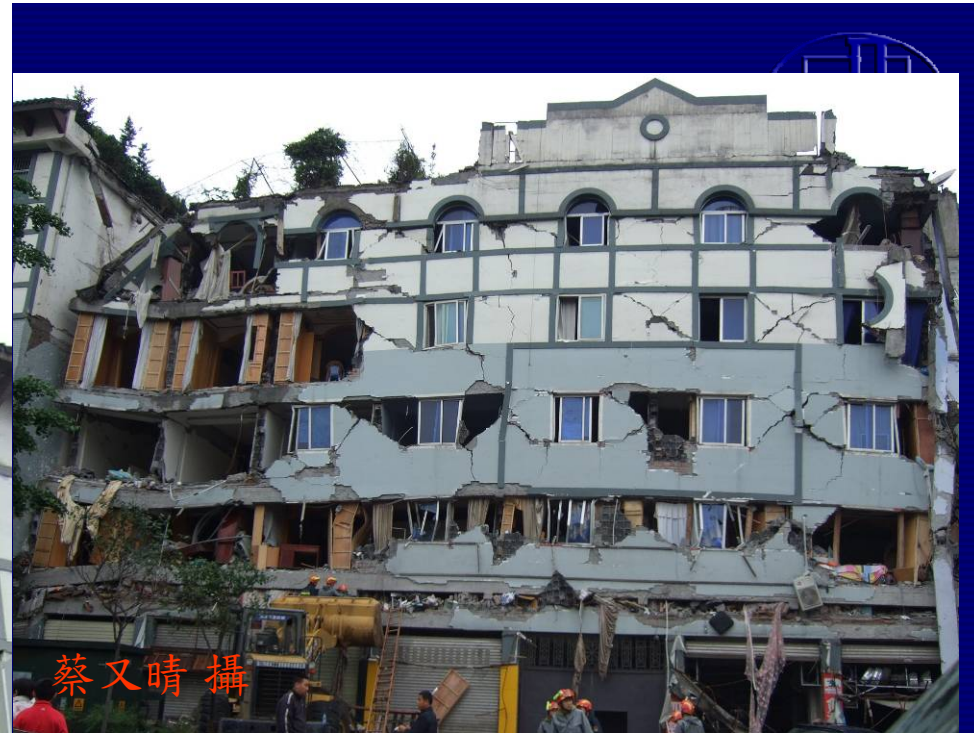
川震建物破壞 原因初探

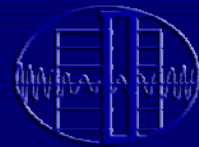
■ 磚混結構之耐震設計 與施工品質

- 此次倒塌房屋多為磚柱與無筋承重磚牆(URM)為主
- 圈梁與承重磚牆間缺少鋼筋連結
- 預鑄樓板(圓孔板)之間，無繫件相連

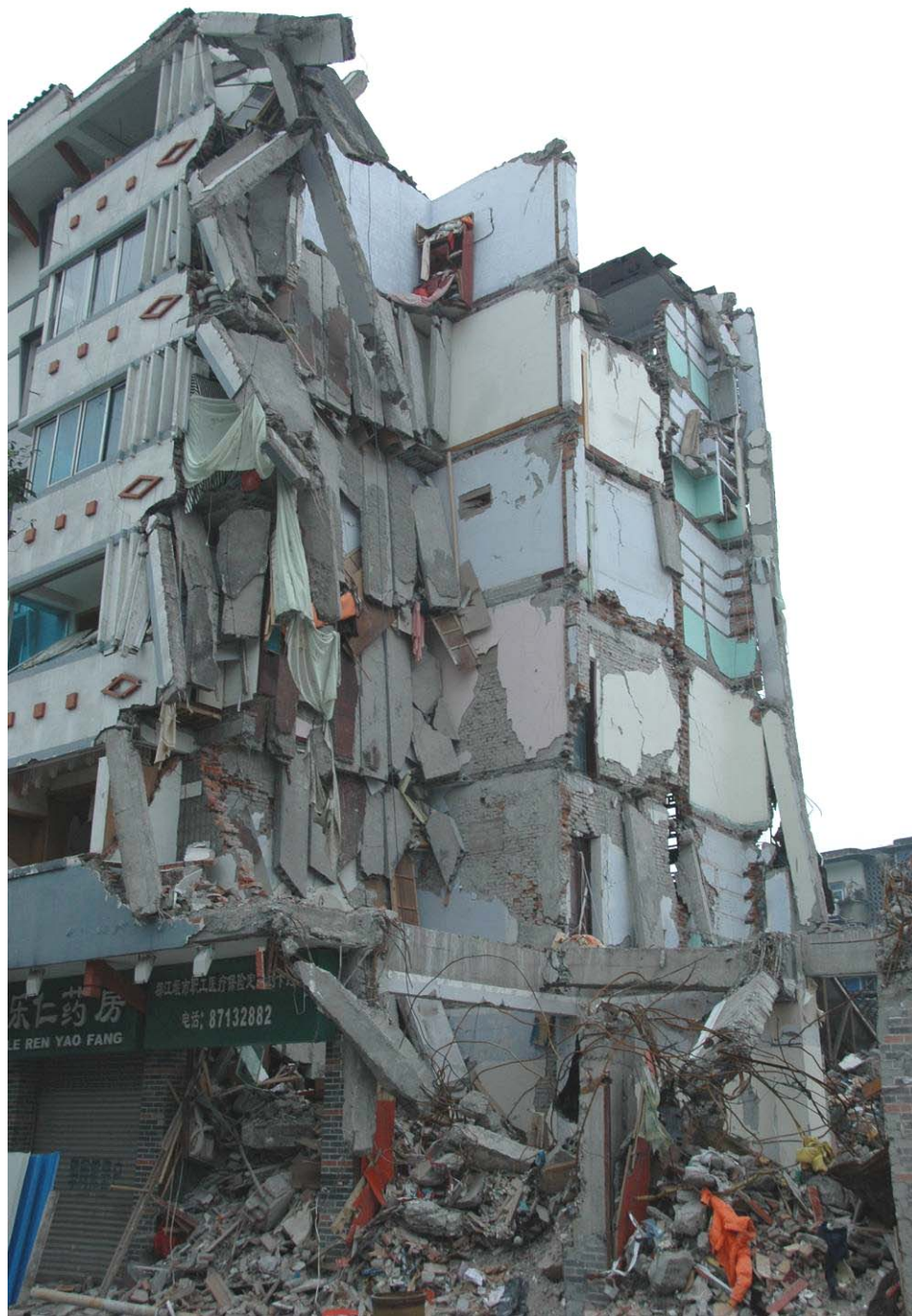


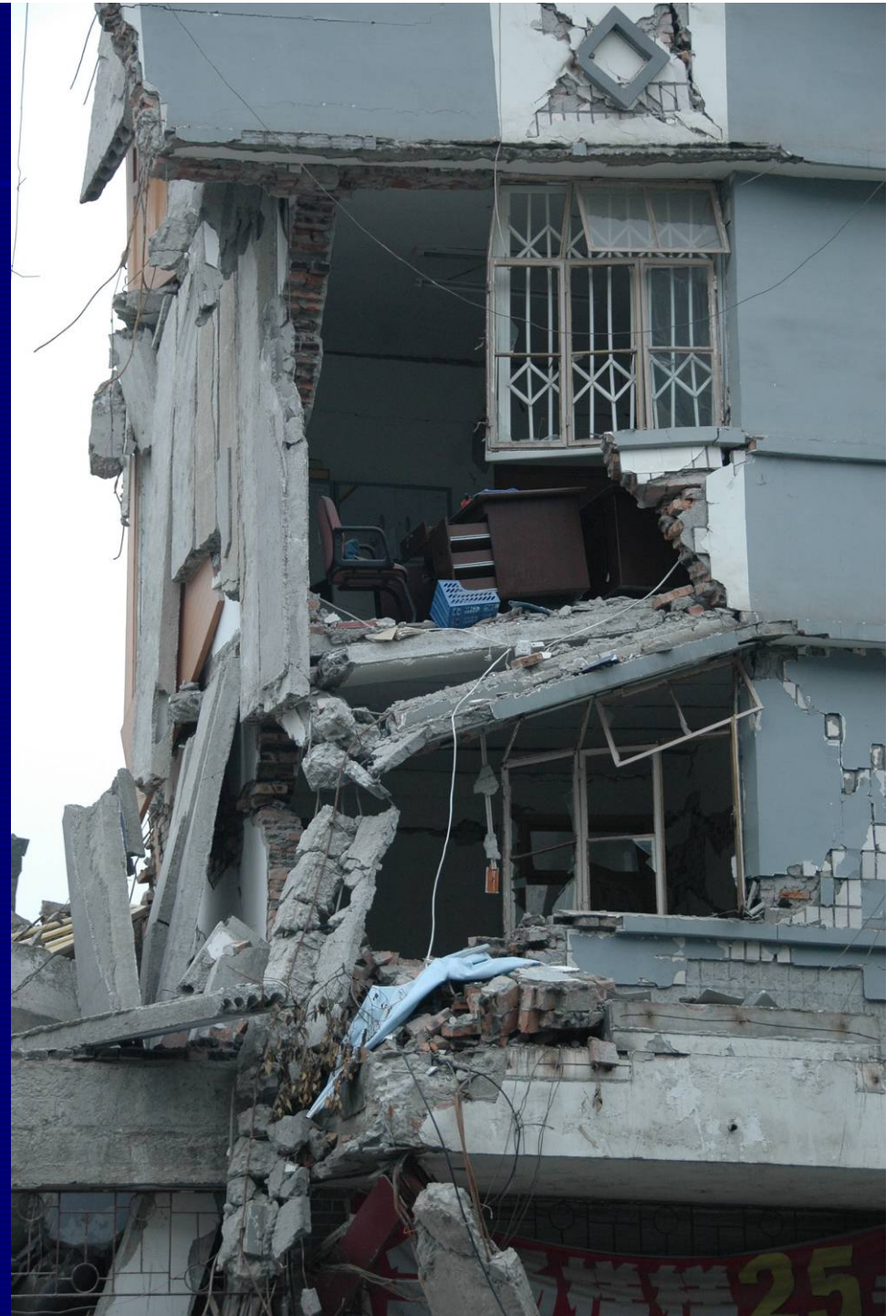
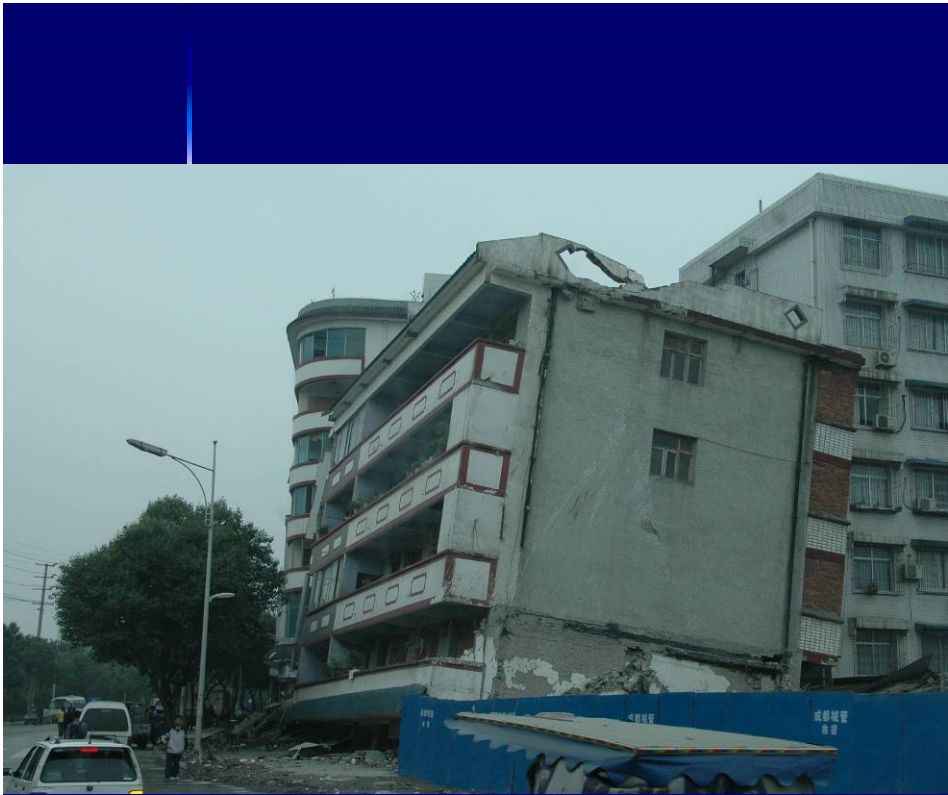
Buildings













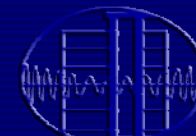
蔡又晴攝



中華民國紅十字總會 提供

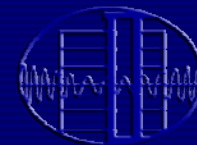


蔡又晴 攝

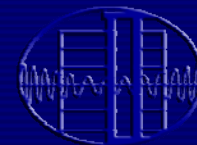








川震醫院破壞情形



由於房屋坍塌及斷水斷電，一些醫院已經喪失搶救傷患能力，幾乎成為空院。

綿竹市第三人民醫院的門診大樓垮塌了，很多藥品和設備被廢墟掩埋，醫院只能緊急調用周圍藥店的藥品。

醫療條件最好的綿竹市人民醫院也陷入癱瘓，喪失搶救傷患能力。12日下午至13日中午，醫院共接收六七百名傷者，其中一百多名重傷者死亡，其他傷者都被轉往德陽市的醫院。院領導說，他們急需補充藥品和醫療器械。

南方都市報，2008.05.14.

川震一般建物及醫院破壞情形



■ 綿竹市醫療院所破壞統計(截至6月2日)

- 綿竹市內的醫療機構因地震受損的縣級醫療機構共8個，鄉鎮衛生院26個，村衛生站263個，其他醫療機構14個，房屋損壞639間

資料來源：綿竹市人民政府網站

■ 都江堰市、漢旺、武都等地區

- 數棟醫院建築受損或崩塌。部分災區醫院建築外觀雖僅輕微受損，依然撤離病患，於戶外搭建帳篷進行緊急醫療。

Hospitals

成都醫院外觀無破壞

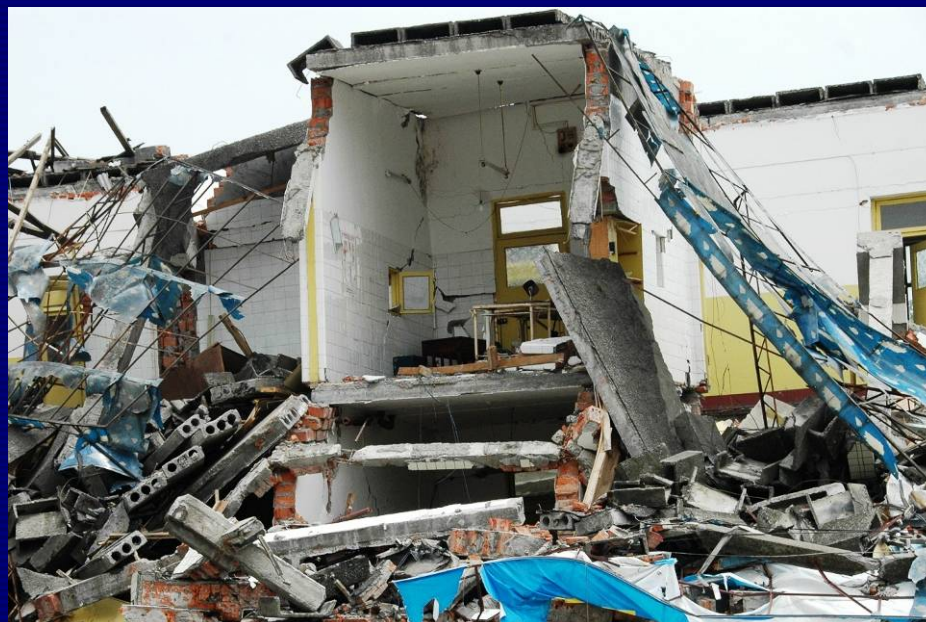


Hospitals

綿竹市
第三人民醫院 (漢旺)



NCRREE





都江堰中醫院

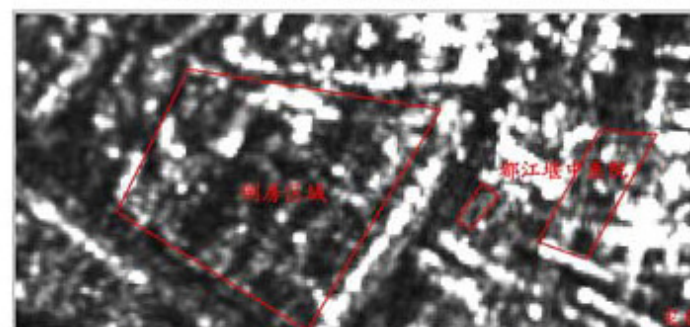


Deadly earthquake rocks China - Photo 3 of 10

Rescuers look for victims in the debris of a hospital after the earthquake in Dujiangyan on Monday. The Chinese government is releasing \$2.89 million to respond to the disaster, Xinhua reported. Color China Photo/AP Photo

都江堰中医院及周边房屋倒塌情况

四川省汶川县地震影响评估图 - 都江堰中医院及周边房屋倒塌情况



灾情概述

北京时间5月12日14时28分四川汶川(北纬31度, 东经103.4度)发生的7.8级地震, 造成与北相邻的都江堰市大型房屋垮塌。

震上图利用意大利COSMO5雷达卫星监测到的都江堰中医院周边建筑情况, 震区共4栋房屋倒塌, 震区西侧一区域大部分房屋倒塌。

遥感数据

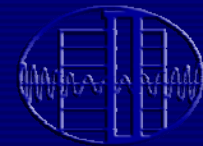
灾前数据: COSMO5, 北京时间2008年5月13日19时
灾前数据: IKONOS, 2007年

比例尺: 1:2,000
制图: 2008年5月14日12时

联系方式: remotesensing@ndrc.gov.cn
电话: (86-10) 8254 3988

国家减灾中心卫星遥感部
Dept. Remote Sensing, NCEC
国家减灾委员会
http://www.jiannai.gov.cn/

大陸國家減災委員會



漢旺鎮某五層樓醫院



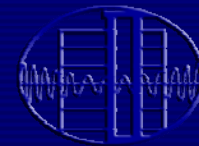
照片來源：www.miyamotointernational.com

綿竹市某醫院



照片來源：<http://foto.rompres.ro/>

Hospitals



醫院非結構破壞情形

28分，地動山搖，山崩地裂.....成都市的市民都拼命的跑下樓，跑到房子外面空地上。瞬間，**通信中斷**，醫院值班室與各科室電話無法正常聯係，命令無法正常下達.....**電梯無法正常使用**，門診大樓、住院部大樓、體檢中心搖擺十分厲害，隨時有倒塌的危險.....血液透析科在門診部七樓，是搖晃最厲害的樓層，地震發生時，有11名病人正在進行血液透析，血透機正在運轉，每臺機內有300CC血，**天花板不時墜落**，病人十分恐懼，紛紛拔針就想往外跑，病人一旦拔針就有生命危險，情況十分危急，科室主任曹正江和全科人員一邊用自己的身體護住病人安撫病人，一邊迅速進行操作收機、回血，**天花板不時砸在他們身上...**

武警成都醫院抗震救災紀實

Hospitals

醫院非結構破壞情形



綿竹市人民醫院



照片來源：綿竹市人民醫院抗
震救災專網

Hospitals

醫院非結構破壞情形



林主潔、柴駿甫博士提供



蔡又晴攝

Hospitals

醫院非結構破壞隱憂

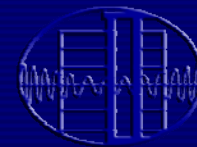
- 水電等短期內無法供應，
災後醫療資源短缺
 - 珍貴醫療設備損壞
 - 造成病患恐懼
 - 拉長醫院修復時間
- 921某家醫院醫療氣體系統破壞：2174小時



北川縣的陳家壩鎮某一藥局室
內藥品與櫥櫃損毀
(<http://foto.rompres.ro/>)



各國醫院抗震經驗與問題

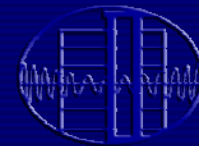


■ 美日醫院抗震經驗

■ 1973年San Fernando地震



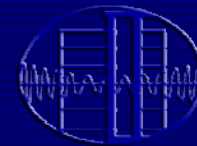
各國醫院抗震經驗與問題



- 美日醫院抗震經驗
 - 1995年阪神大地震



各國醫院抗震經驗與問題



■ 我國九二一醫院抗震經驗

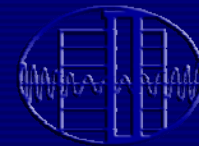


竹山秀傳醫院



埔里榮民醫院

各國醫院抗震經驗與問題

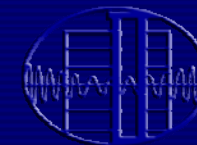


■ 我國九二一醫院抗震經驗

埔里榮民醫院



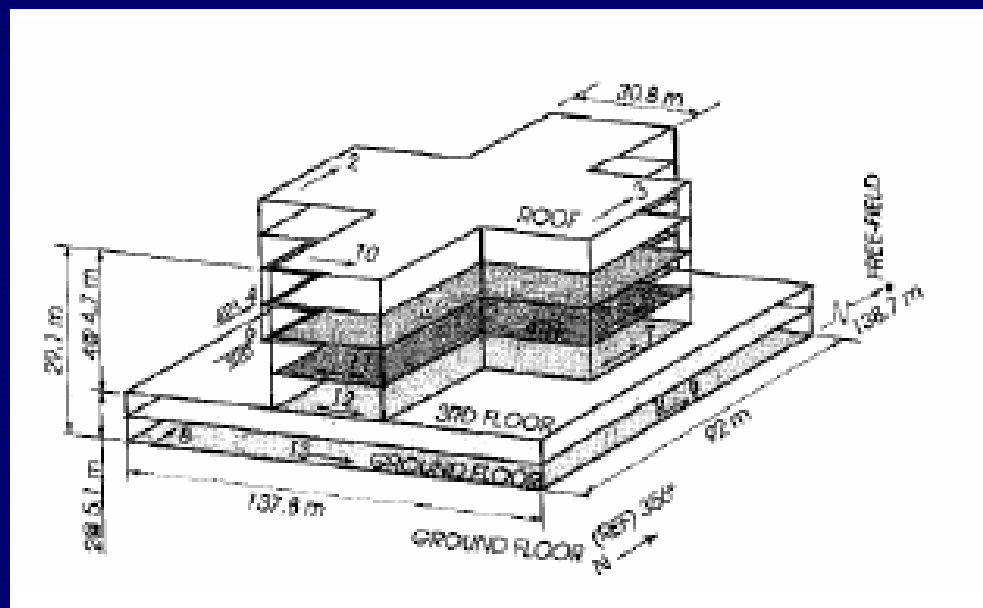
各國醫院抗震經驗與問題



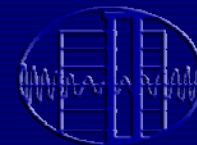
■ 美日抗震經驗

■ OVMC(Olive View Medical Center) Hospital之北嶺地震經驗

- 地面層與二樓平面為矩形，以厚度25 公分的混凝土剪力牆抵抗側向力，三樓至六樓的平面則轉變為十字形狀(圖2.12)，並改以鋼板作為剪力牆圍繞在十字平面周圍，鋼板剪力牆同時以槽鋼補強，建築外殼再覆以玻璃帷幕牆。



各國醫院抗震經驗與問題

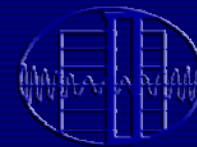


■ 美日抗震經驗

■ OVMC (Olive View Medical Center) Hospital之北嶺地震經驗

- 新的OVMC建築設計為兩種耐震性能等級，即在ZPA (Zero Period Acceleration) 0.52g之下，建築結構體不會受到嚴重損害，以及ZPA 值0.69g 時，建築物結構體至少能夠不倒塌以保障病患與醫護人員之生命安全。
- 北嶺地震時，自由場水平加速度峰值0.91g，垂直加速度峰值0.60g
- OVMC 六樓屋頂層水平加速度峰值2.3g，垂直加速度峰值1.7g

各國醫院抗震經驗與問題



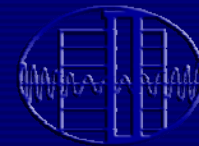
■ 美日抗震經驗

■ OVMC (Olive View Medical Center) Hospital之北嶺地震經驗

- 結構無損
- 非結構破壞嚴重，被迫撤院
 - 屋頂冷凍主機與空調機房損壞
 - 給水系統部分管路破壞
 - 建築內容物與設備傾倒情形嚴重



各國醫院抗震經驗與問題



■ 醫院耐震性能提升之問題

- 結構與非結構耐震性能兼顧
- 設備種類繁多，如何確定補強之對象
 - 機電系統
 - 建築性構造物
 - 醫療設備
- 補強法案推行之困境
 - 加州政府無補助經費
- 醫院補強施工造成的干擾
 - 噪音、樓板振動
 - 粉塵



醫院耐震設計與對策

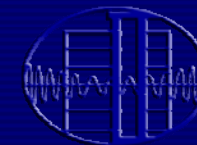


■ 醫院耐震性能設計與修復 (FEMA 356)

- 生命安全性能水準
- 正常運作性能水準
- 同時考量醫院結構與非結構性能水準要求



醫院耐震設計與對策



■加州醫院抗震規定：SB 1953

SPC

(Structural Performance Category)

SPC-0

無評估之醫院

SPC-1

震後有崩塌的危險

SPC-2

符合1973前建築法規，
但不符醫院耐震安全法案者，
震後可能無法修復或運作，
但應不會造成傷亡

SPC-3

SPC-4

SPC-5

震災後有能力能提供
大眾服務者

1994北嶺地震

NPC

(Nonstructural Performance Category)

NPC-0 無評估之醫院

NPC-1

設備支撐固定不符合要求

NPC-2

特定設備符合Section 1632A,
Part 2, Title 24的要求

NPC-3

NPC-4

特定設備符合1998 CBC,
Section 1630B 的要求

NPC-5

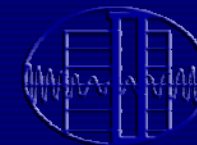
應能提供72HRs緊急醫療
系統運作，如給排水系統、
電力系統、燃料供應系統與
放射科系統等

1. 2002年前，特定非結構
物系統(重要且易損性高)需
做好防震措施

2. 2008年前，達到生命安
全(LS)標準：SPC-2

3. 2030年實施醫院耐震安全
法案

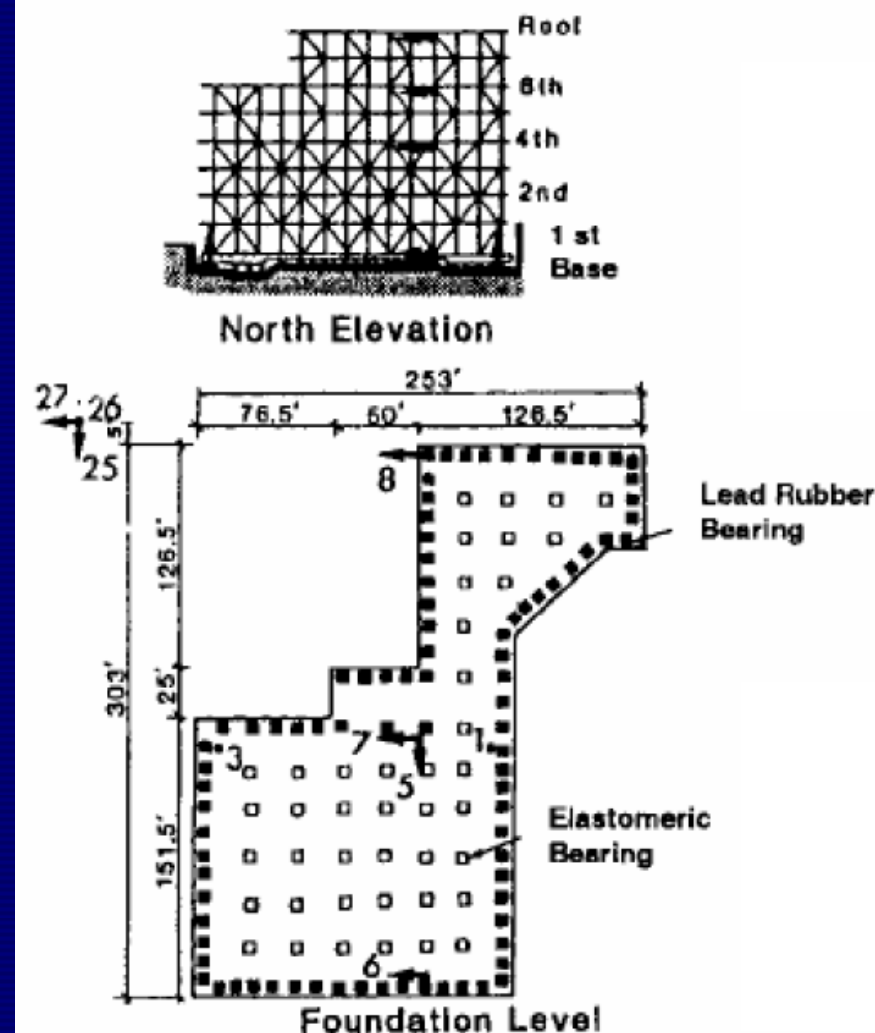
醫院耐震設計與對策



■ 合適的結構系統

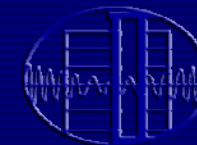
■ 隔震結構系統例—— 南加大醫院(1991)

- 抗側向力：外圍構架
+68個鉛心橡膠隔震墊
- 承重：平面內部柱+81
個合成橡膠支承墊
- 北嶺地震時：基礎之輸入
加速度為0.37g，屋
頂層之反應加速度為
0.21g
- 地震前後，院內醫療持
續進行



南加大醫院(USC University Hospital)
北向結構立面與基礎平面圖

醫院耐震設計與對策



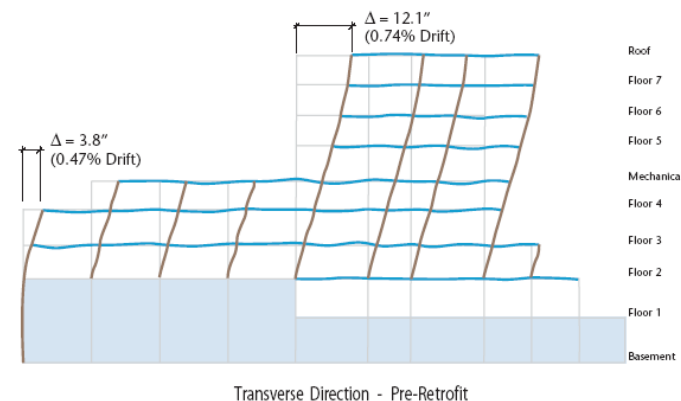
■ 合適的結構系統

■ 減震結構系統例— Naval Hospital(1960)

- 鋼造構架系統，2001年Nisqually地震證實層間位移量過大
- 加設44支線性黏滯阻尼器，降低樓板加速度、位移量與扭轉量達30%以上

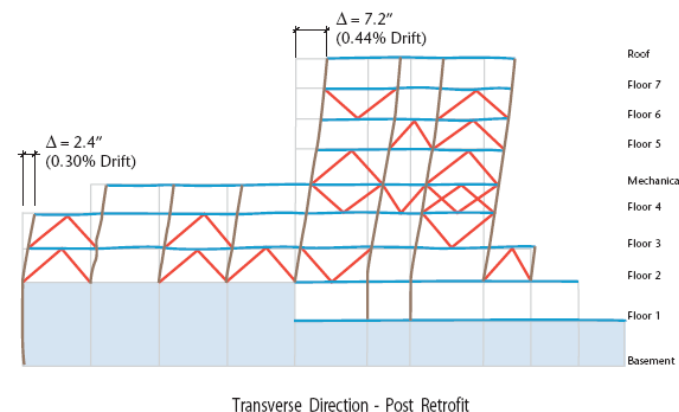


Nisqually Earthquake Scaled to 10% in 50 Years



In its pre-retrofit state, the hospital's story drifts could be significant.

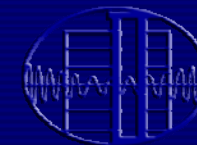
Nisqually Earthquake Scaled to 10% in 50 Years



The seismic retrofit significantly reduces story drifts. It will also reduce floor accelerations by about $\frac{1}{3}$ for all floors.

Naval Hospital Bremerton

醫院耐震設計與對策



■ 非結構構件與設備耐震性能提升對象

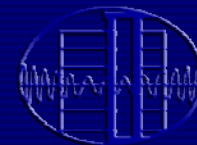
■ 機電系統

➤ 衛生署已完成18家署立醫院與數家高屏地區區域級醫院機電系統評估與補強優先順序

- 莊佳璋、姚昭智，“台南地區急救責任醫院救護設備之防震措施評估”
- 姚昭智、許藝瀚，“醫院機電系統耐震性能評估研究”

系統類別	改善順序
緊急供電系統	冷卻水塔→配電盤類設備物→蓄電池→日用油槽→緊急發電機
空調系統	幫浦類設備物→空調箱→冷卻水塔
供水系統	出(給)水管線、閥門→近水管線、閥門
熱供給系統	熱水供應類設備物→日用油槽→瓦斯供應設備物
通訊系統	訊號處理類設備物→電力供給類設備物→蓄電池→排線架
電梯	平衡錘導軌鋼索→防跳脫裝置→控制電纜防勾裝置

醫院耐震設計與對策

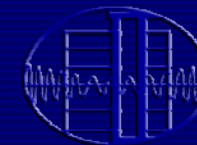


■ 重要醫療空間之建築構造物與設備物

■ 重要醫療空間：分為醫療體系、診斷體系、病患照護體系、逃生避難空間

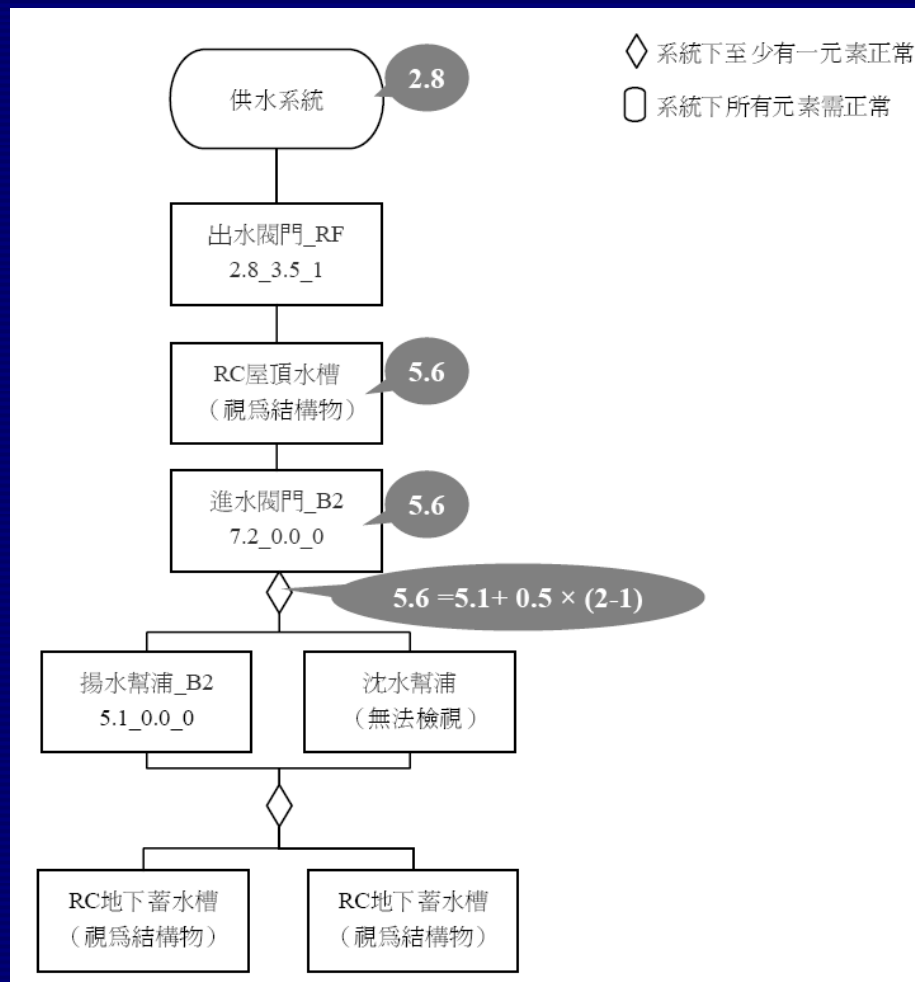
- A. 醫療體系：急診室、手術室、外傷科、加護病房(SCU/ICU/CCU)、血庫、供應室(Central Supply)、洗腎室、產房、手術後恢復室，以及其他容納侵入性療程、並連接電子醫療裝置的病患空間。
- B. 診斷體系：放射科、檢驗室(Laboratory)、血管攝影室(angiography laboratories)、心導管實驗室(cardiac catheterization laboratories)，以及其他容納侵入性療程、並連接電子醫療裝置的病患空間。
- C. 病患照護體系：護理部(Nursing Care Units)、藥局、嬰兒房，以及其他容納侵入性療程、並連接電子醫療裝置病患的空間。
- D. 管理系統：設置通訊系統之空間、服務上述體系之工務室。
- E. 逃生避難空間：電梯、樓梯間、通往逃生梯之廊道。

醫院耐震設計與對策



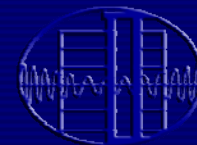
■ 我國舊有醫院耐震評估與補強

- 公立醫院之「建築物實施耐震能力評估及補強方案」
- 醫院機電設備耐震評估方法
- 國內尚無針對醫療機構的耐震性能設計與補強之標準及準則



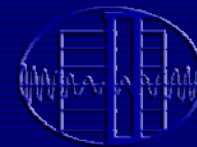
醫院機電設備邏輯樹圖評估法

結語



- 初步觀察，川震大量建物破壞可能因素
 - 抗震設防過低
 - 一般醫療院所設防類別
 - 一般建築物結構系統與施工品質—混磚結構
- 川震與各國醫院抗震共通問題
 - 水、電、通訊等中斷
 - 儲水、緊急供電系統重要性
 - 醫療設備與醫療用品不足
 - 重要醫療空間與重要醫療設備之耐震性能

結語



■ 醫院耐震設計與對策

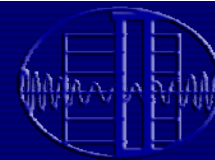
■ 耐震性能設計與修復：結構與非結構

■ 新建醫院耐震設計

- 符合耐震性能目標的結構系統
- 重要醫療空間與逃生通道之非結構構件
- 機電系統耐震安裝

■ 舊有醫院耐震修復

- 經費與補強時程之規劃
- 耐震補強方法須降低醫院運作干擾
 - 補強區域規劃
 - 低噪音
 - 降低粉塵干擾



報告完畢 謝謝各位!!

NCREE

