

# 台湾集集大地震における高層集合式住宅ビル倒壊の原因調査および改善提言に関する研究

## A study about the Destructive Reasons of High-Rise Assembly Residence Building from 921 Chi-Chi Earthquake and its Improvable Suggestions

吳毓昌<sup>\*</sup>  
Wu Yu-Chang

<sup>\*</sup>吳毓昌一級建築士事務所  
Wu Yu-Chang Architect & Associates

On September 21, 1999 at 1:47, Taiwan was hit by a 7.3 magnitude earthquake named Chi-Chi. Many buildings collapsed and 2500 people died in the earthquake.

Some of the people who died in the earthquake lived in middle, low-rise buildings, but many people lived in the high-rise assembly residence buildings.

For example, 87 people died in the “Don-Shin building” in Taipei city, 43 people died in the “Doctor’s Home building” in Taipei county.

Because of suitable land is scarce in Taiwan, many people are living in the High-Rise assembly residence building.

The aim of this study is not only to examine the natural destructive effects of this earthquake but also to examine the human errors.

For example, the faults during the architecture design stage, the faults during the construction stage, and the faults during the stage of private use. Finally, I try to provide suggestions for policy makers, designers and constructors.

**Keywords:** magnitude, active fault, zone factor, soil liquefaction, open space

### 1. はじめに

一九九九年九月二十一日午前一時四十七分、マグニチュード(M)7.3の集集大地震が台湾を襲った。この地震で沢山犠牲者が出ると同時に、経済的にも大きな損害を受けた。また、大自然の生態も大きい被害を受けた。

この百年間で、台湾で最も大きな地震であり、二千五百人が死亡した。何万棟以上の建物が倒壊した。倒壊した建物の中には、一戸建ての建物があり、中低層の建物があり、高層の建物もあった。死亡者二千五百人の中には、高層集合式住宅ビルに住んでいた人がかなり居た。例えば、台北市松山区の東星ビルの倒壊により、八十七人が死亡した。また台北県の「博士の家」という高層住宅ビルの倒壊により、四十三人が死亡した。特に、台湾の人口二仟三百万人のうち、大勢の人人は都市の高層集合式住宅ビルに住んでいる。今後、もし地震が都市の中に発生したら、必ず大勢な死傷者が出ると予想される。

### 2. 研究の目的

集集大地震の地震規模はM7.3に達しており、本当に大きい地震であった。このような大きい地震力により、高層住宅ビルに対する損害は、勿論、大きなものであった。地震の自然力以外には、人為的なミスもあった。例えば、建築設計段階のミス、施工段階のミスなど人為的な様々なミスにより、高層住宅ビルの倒壊原因になっていた。

この研究の目的は地震の自然力を研究する以外に、人為的なミスも研究する。倒壊した高層集合式住宅ビルを対象として研究する。倒壊した原因をまとめて、これから改善すべき提言を挙げる。将来建設する高層住宅ビルに

対し、役に立つ提案を述べたい。

### 3. 集集大地震における倒壊した高層集合式住宅ビル

集集大地震において、倒壊した集合式住宅の中には、低層のアパートがあるし、高層の住宅ビルもある。本論文は、倒壊した高層集合式住宅ビル且つ被害が大きいケースを対象として研究する。北の台北市から、中南部の雲林県まで、合計で、15個の事例を選んで研究する。

これらの事例の選定は次の原則で選定した。

- (1) 死傷が多い、且つ皆が知っていた有名な事例。
- (2) 選定した事例は必ず被害を受けた県・市をカバーしないとけない。
- (3) 断層帯に近い事例と遠い事例 両方とも選ばないとけない。

上述した原則で、合計で15個事例を選定した。詳しく言えば、台湾の北から南の方向にむかって数えれば、台北市1個、台北県2個、台中市1個、台中県7個、彰化県1個、雲林県2個、南投県1個を選定した。

表1は、この15個事例の位置、構造、階数、完成年、材料設計強度などを示している。この表により、15個の事例は全部はR.C造であった。階数の方は、全部は11階以上、16階以下であった。なお、設計と施工の期間は、殆んど1990年代の始め頃であった。

一方、この事例の中には、大部分は車籠埔断層帯に近い地区であったが、しかし、震源から遠い地区の台北盆地の地区でも、何件かの死傷が生じた事例もあった。この事により、設計や施工不良の高層住宅ビルは、震源から遠くても、倒壊する可能性もある。

表1 集集大地震における倒壊した高層集合式住宅ビル(吳が作表)

編號	位置	ビル名前	構造	階数	完成年	材料設計強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	災害情况
一,	台北市	東星ビル	R.C	地上 12 階 地下 2 階	1983	$f^{\sim}c=210$ $F_y=2800$	倒壊
二,	台北縣新莊市	博士の家ビル	R.C	地上 12 階 地下 2 階	1994	$f^{\sim}c=245$ $F_y=4200$	倒壊
三,	台北縣新莊市	龍閣住宅ビル	R.C	地上 11 階 地下 2 階	1995	不明	傾いた
四,	台中市	德昌新世界ビル	R.C	地上 15 階 地下 2 階	1994	$f^{\sim}c=210$ $F_y=2800$	傾いた
五,	台中縣大里市	金巴黎ビル	R.C	地上 11 階 地下 2 階	1992	$f^{\sim}c=210$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
六,	台中縣大里市	奇蹟ビル	R.C	地上 12 階 地下 2 階	1994	$f^{\sim}c=210$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
七,	台中縣大里市	大里王朝ビル	R.C	地上 12 階 地下 2 階	1991	$f^{\sim}c=245$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
八,	台中縣大里市	金陵世家ビル	R.C	地上 12 階 地下 1 階	1994	$f^{\sim}c=210$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
九,	台中縣豐原市	向陽永照ビル	R.C	地上 12 階 地下 1 階	1994	$f^{\sim}c=210$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
十,	台中縣東勢鎮	東勢王朝ビル第一期	R.C	地上 14 階 地下 2 階	1995	$f^{\sim}c=280$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
十一,	台中縣太平市	新生活公園ビル	R.C	地上 14 階 地下 1 階	1993	$f^{\sim}c=280$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
十二,	彰化縣員林鎮	龍邦富貴名門ビル	R.C	地上 16 階 地下 2 階	不明	不明	倒壊
十三,	雲林縣斗六市	中山国宝ビル 第二期	R.C	地上 12 階 地下 1 階	1994	$f^{\sim}c=280$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
十四,	雲林縣斗六市	觀邸ビル	R.C	地上 16 階 地下 1 階	1995	$f^{\sim}c=280$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊
十五,	南投縣名間鄉	上毅世家ビル	R.C	地上 12 階 地下 1 階	1993	$f^{\sim}c=210$ $F_y=2800$ $F_y=4200$	倒壊

#### 4. 高層集合式住宅の倒壊した原因

##### (1)自然力

##### A. 地震の強度は 非常に 大きかった

集集大地震の規模は M7.3 に達していた。最大 PGA(PEAK の加速度値)は 983cm/sec<sup>2</sup> に達していた。即ち、1g に達していた。この強度は 当時の台湾の建築耐震設計基準値よりも 大きかった。

##### B. 断層帯

台湾地区の活断層帯は全部で 51 本がある。集集大地震が発生した主な原因は、やはり「車籠埔」断層が 活動したからである。この断層は 北の苗栗県卓蘭から 台中県の豊原市、台中市の大坑を経由して、南の南投県草屯、南投、竹山までの約 80KM 長さの断層である。

##### C. 土壌液化

集集大地震において、酷い土壌液化が 発生した地域は 台中港区、台中県の霧峰、彰化県の員林、草屯、南投県の南投市などの地域であった。

##### (2)人為的なミス

A. 震災地区の震区地域係数(zone factor)の分類は 間違っていた

1974 年に 台湾の「建築技術規則」は、 正式的に、台湾の各地の地震強弱の区域特性を定めた。その後、台湾の震区は 次の四段階に分けられた。

##### (a)第一段階：1974 年 2 月～1982 年 6 月 14 日

図 1 に示したように、当時、台湾においては、強震区、中震区、弱震区の 3 つの震区が 分けられていた。注意しなければならないのは、集集大震災で 大きい被害を受けた南投県、台中県地区は、この段階において、なお、「中震区」に属していた。

当時の地震最小総横力 V (Kg) の計算方式は、次の通りである。V = K C W である。



図 1. 第一段階と第二段階の台湾における各地の震区  
(1974 年 2 月～1997 年 4 月 30 日)

(b)第二段階：1982 年 6 月 15 日～1997 年 4 月 30 日

図 1 に示すように、この段階において、台湾各地の震区は、第一段階と同じく、強震区、中震区、弱震区の 3 つの震区に分けられていた。この段階においても、集集大地震で、大変な被害を受けた南投県、台中県の地区は、なお、「中震区」に属していた。つまり、Z の設計値は 0.8 であり、1.0 ではなかった。本当に 人為的な大きいミスであった。

この段階の地震最小総横力 V の計算式が 次のように変わったことである。V = Z K C I W である。

(c)第三段階：1997 年 5 月 1 日～1999 年 12 月 28 日

この段階は 丁度 集集大地震が発生した時の段階である。この段階は 前の段階と違ったのは、「建築物耐震設計規範」の中で、はっきり 各地区の設計の地表加速度値を決定したである。即ち、0.33g、0.28g などの数値を決定した。この段階における南投、台中地区は なお地震二区（中震区）に属していた。確かに、人為的な大きいミスであった。

(d)第四段階：1999 年 12 月 29 日～現在

九二一集集大地震の後に、台湾の政府と専門家達は、この失敗の経験から 深い教訓を吸収して、大震災後の約三ヶ月後、即ち、1999 年 12 月 28 日に 耐震設計規範を直して、新しい地震震区を定めた。この段階の地震最小総横力 V の計算については、次の計算式を用いて、計算する。V = Z I C W / 1.4 α y F<sub>u</sub> です。

B.地盤調査が 不確実

建築現場のボーリング試験に関しては、確実ではなかった高層住宅ビルは、かなり あった。例えば、台中県大里市「大里王朝」という高層住宅ビルについては、建築法規の規定により、地盤のボーリング試験の数は 7 ケ所及び深さは 75 メートル以上であったが、実際は 4 ケ所と深さ 7 メートル～15 メートルだけの試験が行なわれた。

この建物のボーリング試験は 確実ではなかったもので、建物の構造計算も正確ではなかった。それ故、この建物が完成した時に、敷地の地盤が 10～15CM 沈下した。この原因で、七棟の建物の一階の柱は、集集大地震で 折れて倒れた。大きい被害を受けた。28 人が 死亡した。

C.建築計画と設計が 不良

図 2 に示すように、1990 年代において、台湾の建築設計者は シンガポール（非地震帯の国）の「開放空間」設計の優位の影響を受け、並びに、当時、政府の容積緩和と政策宣伝の影響を受け、高層集合式住宅ビルを設計した時に、このような「開放空間」の設計は 沢山 出た。つまり、

二階や三階高さの開放空間が設計された。この結果は、高層集合式住宅ビルの下の階層の構造は 弱くなった。

当時の構造設計者と施工者は このような構造の欠点に対し、あまり 理解できなかった。そこで、今回の集集大地震において、このような 1990 年代の始て頃に 建てられた高層集合式住宅ビルは、沢山 倒壊した。

D.「住商合一」の建物が 設計された

九二一集集大地震において、住商合一のビルは 沢山 倒壊した。「住商合一」の建物は、一階や二階の低層部には、店舗が設けられ、上の階には、住宅が設けられた。

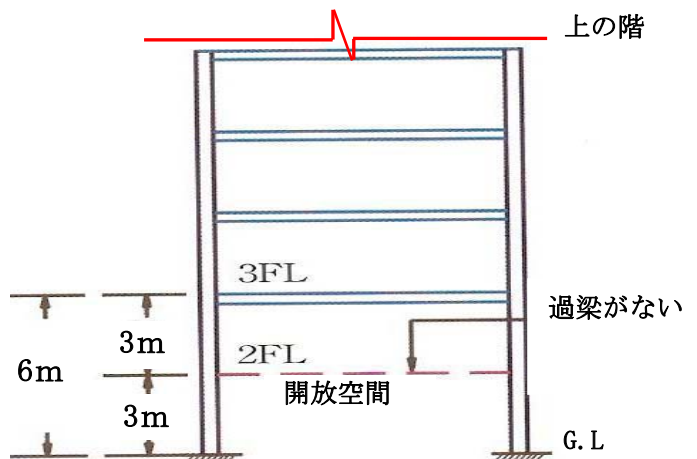


図 2. 低層部では 開放空間が 設計された。耐力壁も 設けられなかった。

E.構造設計が不良

(a)柱の数が少なかった。構造の静不定度数は 少なかった。

例えば、「博士の家ビル」の平面図により、建物の回りだけには 独立柱があったが、真中には、独立柱がなかった。このような構造設計の静不定度数は 少なかった。集集大地震で「博士の家ビル」の C 棟は 倒壊した。43 人が 死亡した。

(b)構造断面設計における鉄筋の数量が 多すぎた。鉄筋の間隔は 小かった。

例えば、台北市の「東星ビル」、台北県の「博士の家ビル」、台中県豊原市の「向陽永照ビル」、台中県大里市の「金巴黎ビル」等のビルがある。

(c)構造体の中に 様々な管路を設計した

台湾の一般的な建築工事においては、排水管と電気管などの管路は よく 柱や梁などの構造体の中に埋みこまれている。配筋と管路との立体関係も検討していない。そこで、実際に 現場を施工する時に、配筋と管路は よく 合わない。現場の施工職人は いつも 勝手に 管路の位置を調整して、配筋も 中心の位置から 離れている。

(d)構造設計の応力分析は 実際の応力行為と違った

台湾の構造設計者は、構造応力分析を行った時に、いつも 間仕切壁と外壁などの壁を無視して、柱と梁と構成したフレームだけを分析した。そこで、実際の構造応力行為は、構造分析の応力結果と違って来た。例えば、台中県の「奇蹟ビル」の構造応力の分析は 壁の要素を無視した。集集大地震が 起きた時に、建物の一階にある角柱の上の端部は、先に 破壊し、全建物は 倒壊した。

F.材料の品質は 不良

生コンクリート工場での材料の混練と品質管理が 悪かった。上述した材料と施工の品質管理問題で、施工した

コンクリートの強度は 設計の強度よりも 低かった。例えば、台北市の「東星ビル」の元のコンクリート設計強度は  $210\text{KG}/\text{cm}^2$  であったが、实际的に、国立台北科技大学は 倒壊したビルの中で、30 個のコンクリート試験体を取り、試験を行なった。試験の結果としては、30 個の試験体の平均圧縮強度は、僅かに、 $160.6\text{KG}/\text{cm}^2$  であり、不合格に なった。集集大地震で、東星ビルは 倒壊し、87 人が死亡した。

#### G. 場施工が不良

##### (a)主筋の重ね継手の位置が 同じ断面の所であった

例えば、「博士の家ビル」、徳昌新世界ビルである。

##### (b)フープ筋は 135 度を 曲げなかった

例えば、台中市の「徳昌新世界」ビル、台中県の「向陽永照」ビルがある。

##### (c)フープ筋とスターラップ筋の間隔は 大きすぎた

例えば、台北市の東星ビル、台北県の博士の家ビル、台中県の大里王朝ビル、新生活公園ビルがある。

##### (d)主筋の重ね継手の長さが 不足

例えば、台北県の「博士の家ビル」、台中市の「徳昌新世界ビル」、台中県の「東勢王朝ビル第一期」の事例がある。

##### (e)鉄筋のスリーブ継手と溶接継手の品質が 悪かった。

例えば、台中市の「徳昌新世界ビル」において、倒壊した現場で、鉄筋の接合部に使用されたスリーブは 脱落したことが 見えた。なお、この事例のスリーブの位置は、柱の端部の応力が高い所であった。

##### (f)柱と梁の接合部に フープ筋を付けなかった

耐震設計の要求により、梁と柱の接合部では、まず、フープ筋が付けられること。台湾の職人達は 便利のため、何時も この作業を 省略した。例えば、台中市の「徳昌新世界ビル」、台中県の「新生活公園ビル」がある。

#### H. 現場監督は 不確実

実際の施工者が ライセンスを持っていない。これは 台湾の悪い現象の一つである。施工免許を持っていない会社は、免許がある会社から ライセンスを借りて、实际的に 建築施工などの仕事を行なった。勿論、施工経験が不足と施工技術が悪くなった。例えば、台中県大里市「大里王朝」ビルは 事例の一つである。

#### I. 建物の用途管理が 悪かった

##### (a)勝手に 許可された用途を変更した

例えば、台北市松山区にあった東星ビルは、もともと 許可された用途は、1 階 ～6 階は オフィスであり、7 階 ～12 階は 住宅であった。しかし、建物が 完成した後に、段々と、11 階と 12 階は 旅館に変更した。5 階は 踊り教室に変更した。3 階は 美容室に変更した。1 階と 2 階は 銀行に変更した。

##### (b)勝手に 屋上に ルールに違反した建物を増築した

例えば、台北県の「博士の家」という高層集合式住宅ビルは もともと 12 階建てであったが、ルールに違反して、屋上に 13 階を増築した。

##### (c)内装した時に 勝手に 間仕切壁などを取り壊した

住宅ビルの間仕切壁は、殆んど 一番 上の階から 一番下の階までに、同じ位置である。構造の役割を ある程度果している。しかし、台湾の人は 内装をした時に いつも 構造の安全を考えずに、わがままで 自分が好きな空間設計だけを考えている。そのため、いつも 勝手に 元の 間仕切壁を取り壊したり、新しい間仕切壁を作ったりをしている。

#### J. 建設システムの問題

##### (a) 施工ライセンスを借りる文化が 盛んでいる

ライセンスがない A 会社は 仕事を取れるために、B 会社から ライセンスを借りた。例えば、台北県の「博士の家ビル」、台中県の「大里王朝ビル」がある。

##### (b) 責任感がない「一建設案件の会社」

ある A 建設会社は、ある a 設案件を完成し、引き渡した後に、税金と保証期限を逃げるため、すぐに A 会社を解散し、間もなく、新しい B 会社を成立し、b 建設案件を行う。例えば、「大里王朝ビル」がある。

#### 5. 「人為的なミス」に対する改善提言

「人為的なミス」については 色々述べ、以下に 今後の改善提言を述べる。

(1)現在、台湾全域では、地震甲区と地震乙区の 2 つの震区だけが 分けられている。この結果は何十年以来、続けて、ミスを改善した成果である。これから、続けて、震区の分けることの正当性を 厳しく チェックしないとイケない。

(2)地盤調査に対し、これから、もっと 厳しく 検査すること。不確実と不合格が あった場合に、絶対に、建築確認ライセンスを与えないこと。なお、ボリング会社に対する管理規則も 早く 定めないとイケない。

(3)高層集合式住宅ビルの低層部では 開放空間の設計による被害は 大きかったので、これから、政府は 早目に、このような設計を禁止する法規を定めないとイケない。一方、政府は、既存しているこのようなビルに対し、政策を作って、耐震補強などの手段を通じて、補強しないとイケない。

(4)「住商合一」の高層集合式住宅ビルは、大地震が来た時の被害は 大きかったので、政府は 今後、このような設計を禁止する法規も 早く 定めないとイケない。

(5)今後、政府と設計者自身は 構造平面の設計に対して、規則性と対称性を 厳しく 要求しないとイケない。

(6)今後、構造断面の設計において、鉄筋の数量と間隔をもっと 厳しく チェックすること。

(7)構造設計分析に用いられるソフトは、必ず 審査を受けないとイケない。審査のキーポイントは、例えば、構造分析の流れと結果は 合理的かどうか、間違い公式を使っているかどうかなど。

(8)従来、台湾の R.C 構造設計の段階で、いつも 間仕切壁（台湾では レンガ造の方が 多い）など非構造性要素の影響を無視している。今後、構造設計において、非構造性要素を含んで、構造分析を行うこと。

(9)今後、構造体の中には 排水管などの管路設置は、禁止すること。

(10)建築材料に対する検査制度は、もっと 強化しないとイケない。例えば、政府は 生コン会社に 「品質保証責任」を要求する。なお、生コンクリート工場に対する「抜き打ち検査」制度（検査時期等を事前に 業者に知らせない）を行なわないとイケない。

(11)柱主筋の継手の位置は 同じ断面であると、危険であるので、今後、絶対に 禁止すること。現場の配筋のチェックは、官庁の方、施工会社の専任技師及び構造設計者（技師）三方とも、現場立合いの 検査を行なうこと。

(12)柱のフープ筋は 絶対に 135 度まで 曲げること。

(13)柱と梁のフープ筋、スターラップ筋の間隔を 厳しく チェックすること。

## 6. 政府のまだ完成していない政策と改善提言

本論文で述べたように、大地震が発生した

後の台湾政府は、積極的に、地震に関する新しい政策、法規を定めたが、現在までに、まだ完成されていない政策は、次の表2の通りである。

表2 国の政策が 未完成な所と対策(呉が作表)

未完成な所		対策
1.	活動断層の正確な位置は まだ 全面的に 都市計画図に表示されていない。なお、活動断層が 通った地区の建築禁止と制限の法規が未完成。	<p>1、政府は もっとの財力、人力を投入して、中央地質調査所などの機関に委託して、全台湾の活断層の正しい位置を調査し、大スケールの活動断層図を作って、具体的に、都市計画図と地籍図に 表示する。これも 建築禁止や制限の根拠になる。</p> <p>2、政府は 生命第一の前提で、固く 建築財団と地主の反対を抑えて、積極的に 全台湾の活断層が 通った地区の建築禁止と制限の法規を完成すること。</p> <p>3、上述した建築禁止と制限の法規は、 上からの台湾の国土計画、都市計画法、区域計画法、建築法、下までの各地方の都市計画と土地使用分区管理規則に 具体的に 反映すること。なお、厳しく 実行すること。</p>
2.	ある高さ以上の建物で、開放空間（アトリウム）の設計が 禁止される法規が 未完成	<p>1、政府は 決心を持って、どのぐらいの高さ以上の建物において、開放空間（アトリウム）の設計を 禁止する。例えば、高さ20メートル以上の建物の開放空間設計を 禁止する。高さ20メートル以上の開放空間の設計は、必ず 建築の特別審査と構造専門家委員会の審査を受けないといけない。上述したことは、すべて「建築技術規則」に はっきり 規定されること。なお、厳しく 実行すること。</p> <p>2、地上階の隣接している二階の高さ比（高さは 高い階の高さ／高さは 低い階の高さ）は 1.5を超過した時に、或いは ある階の柱の高さは 5メートルを超過した時に、この新築の建物は 必ず 構造専門家委員会の審査を受けないといけない。</p>
3.	六階以上のビルの構造設計は、必ず 構造専門家委員会の審査を受けないといけないの法規が 未完成	<p>政府は 責任感を持って、生命第一の前提で、次の二つやり方がある：</p> <p>1、「建築技術規則」の中に、はっきり「6階や高さ20メートル以上の建物の構造設計は、必ず 構造専門家委員会の審査を受けないといけない」という法規を定めること。</p> <p>2、6階や高さ20メートル以上の新築ビルの構造設計は、必ず 認めた各公会（構造技師公会や土木技師公会や建築士公会など）の審査を受けて（大体 2~3 人の専門家審査）、構造の問題や複雑を発現した場合に、このケースを 構造専門家委員会に回して、完備な審査を受けること。</p>
4.	建築施工職人の技術ライセンス制度が 未完成	<p>1、まず、政府は 積極性の作為を投入して、毎年、お金を出して、在職している型わく工、鉄筋工、コンクリート工などの職人に対し、技術のトレーニングを行なうこと。</p> <p>2、次は、政府は 毎年 施工技術ライセンスを取る試験を行なうこと。</p>
5.	R、C 建物の高さ制限の法規が 未完成	<p>1、まず、政府は 奨励の政策で、例えば、税金の低減などの手段で、段段と 施主を鉄骨造の方向へ 導いて行くこと。</p> <p>2、次は、ある宣伝期をたってから、政府は 正式的に 建築法規の中に 定めること。例えば、「10階以上や高さ30メートル以上の新しい建物は、伝統的な R、C 構造で 建設することは いけない。」</p>
6.	土壤液化化地区 の建築禁止や制限の法規が 未完成。なお、土壤液化化地区は 都市計画図と地籍図に表示されていない。	<p>1、まず、政府は 財力と人力を投入して、全国の地質調査を行なうことにより、全国の土壤液化化の資料庫を作ること。この液化化の資料は 必ず 各地区の都市計画図と地籍図に 具体的に 反映すること。なお、この資料庫の使用は、一般公開である。</p> <p>2、政府は 土壤液化化地区の建築禁止や制限に関する法規は はっきり 定めること。</p> <p>3、政府は 土壤液化化地区における必要な調査、分析、設計に対して、建築法規の中に、はっきり 定めること。</p>
7.	住商合一の設計に関して、建築法規の中に、 はっきり 禁止する条文がない	<p>政府は 早目に 次のような 積極的な作為をしないとけない：</p> <p>1、一般民衆に、米国など先進国の「住商分離」の優位を説明する。</p> <p>2、「住商合一」の設計を 禁止する。政府は このルールに違反した設計に対し、建築の確認ライセンスを許可しない。</p>

## 参考文献

- 1) 見證 9 2 1 集集大地震（上）（下）、林呈/孫洪福著、2000 年 9 月
- 2) 断層上の烙印,台湾台中地方法院檢察署編集,2000 年 3 月
- 3) 施工不良導致災害案例之調查一以集集地震為例,内政部
- 4) 921 集集地震と建築物耐震技術研討會論文集、内政部建築研究所、1999 年 12 月
- 5) 集集大震結構物破壞模式研討會論文集,中華民國土木技師公会全國聯合會編集,1999 年 11 月