

第二章 ATC-3 規範耐震能力評估方法

2.1 前言

本章說明ATC-3規範現存建築物耐震能力評估方法。第二節說明何種建築物需要評估，第三節說明評估的方法，包括定性評估與定量評估及不合規定的條件，第四節說明建築物經判定需加補強者應補強至何種水準，第五節則說明不合規定之建築物的補強期限。

2.2 何種建築物需要評估

需要加以評估的建築物應屬重要性高的建築物，且受地震危害程度高的建築物。建築物重要性如何，本規範係以建築物地震防災度分類（Seismic Hazard Exposure Group）與居民數（Occupancy Potential）來描述，而建築物地震危害程度則視地震強度指數（Seismic Index）與建築物有無耐震潛在危險而定。因此在還沒有說明何種建築物需要評估之前，應先解釋一下地震強度指數與建築物地震防災度分類。

地震強度指數共分為1、2、3、4四種，大致來說，某工址回歸期475年的地表加速度訂於0.2 g以上的地區，其指數為4；0.15g的地區，其地震強度指數為3；0.1 g與0.05 g的地區，其地震強度指數為2；0.05 g以下的地區，其地震強度指數為1。建築物之地震防災度分類則分為Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ三種。第Ⅲ類係指地震發生後，必需維持機能的建築物，如消防單位、醫院等；第Ⅱ類則屬公共使用之建築物；第Ⅰ類為不屬於第Ⅱ類與第Ⅲ類之一般建築物。配合地震強度指數與建築物地震防災度分類，ATC-3規範定義了建築物的耐震性能分類（Seismic Performance Category），共計A、B、C、D四類，詳見表2.1。由此表可看出耐震性能分類為D的建築物，係位於地震強度最高的區域，且係如消防單位、醫院

等之重要建築物，其耐震性能的要求最高。

耐震性能分類為D的建築物，如果其結構系統平面上不對稱，或立面上之勁度差異過大，或為不具韌性的鋼筋混凝土構架及預鑄構造，或材料老化、基礎沉陷、曾受火害、曾變更用途等，均需進行定量耐震能力評估。即使都沒有上述缺點，但建築物興建時尚無合理的耐震規範時，亦需進行定量耐震能力評估。如果耐震性能分類為D的建築物，設計時已有合理的耐震規範，也沒有上述的缺點，則僅需進行非結構體的評估。

耐震性能分類為C的建築物，且地震強度指數為4，如居民數超過100人，且有上述缺點，或無上述缺點，但建築物興建時尚無合理的耐震規範時，則應進行定性評估。如興建時已有合理之耐震規範，且無上述各種缺點時，則僅需評估建築物外部之非結構體。耐震性能分類為C，且地震強度指數為4的建築物，如居民數未超過100人，但建築物外部非結構體有損壞跡象時，應評估建築物外部非結構體的耐震能力。

2.3 耐震能力評估方法

耐震能力評估方法計分兩種，一為定性評估方法，另為定量評估方法，茲分述如下：

2.3.1 定性評估

定性評估係根據可獲得的設計資料，施工及安裝記錄，及現場檢查等對主結構系統及可能產生大的地震災害的內、外非結構體進行耐震評估。定性評估可能獲致下列兩種結果：

- 1 根據判斷，此建築物之設計及細部可符合現行ATC-3規範之要求。
- 2 根據現有資料，建築物的耐震能力無法確定，需進行定量評估。

如定性評估結果判定結構系統及非結構體可符合現行ATC-3規範之要求，則

需在評估報告上敘述其理由。

2.3.2 分析定量評估

建築物亦可用分析的方法來評估其主要結構系統與非結構體的耐震能力。以分析方法進行評估時，建築物的耐震能力係以耐震能力比 r_c 來表示其能力。 r_c 的定義如下：

$$r_c = \frac{V_{as}}{V_{rs}} \dots\dots\dots (2.1)$$

其中， V_{as} 為現有建築物系統或非結構體的耐震能力，而 V_{rs} 為該建築物以 ATC-3 規範標準言，所需之耐震能力。因此 r_c 等於 1，代表現存建築物的耐震能力與 ATC-3 規範的標準相同， r_c 小於 1 則表示現有建築物的耐震能力低於 ATC-3 規範要求的標準，若 r_c 太小，建築物就有加以補強的必要。

上述所謂的耐震能力或所需耐震能力可指建築物的地震總剪力，而建築物的耐震能力可能由剪力、彎矩、軸力或側位移來控制，需經由結構分析才能知道最弱的破壞模式以及當時所對應的地震總剪力。

建築物經分析定量評估後，其耐震能力比 r_c 小於下列所規定的最小值者，視為不符合要求：

1. 耐震性能分類為 D 之建築物的主要結構系統與非結構體， $r_c = 0.5$ 。
2. 耐震性能分類為 C 之建築物的主要結構系統與內部非結構體， $r_c = 0.5$ 或 $r_c = 0.25 \left(1 + \frac{op - 100}{700} \right)$ ，取小者。
3. 耐震性能分類為 C 之建築物的外部非結構體， $r_c = 0.5$ 。

上述中， op 為居民數之簡稱，以下式計算：

$$op = \frac{\text{建築物總樓地板面積}}{\text{一位居民所佔之樓地板面積}} \dots\dots\dots (2.2)$$

而一位居民所佔之樓地板面積因建築物用途不同而異，ATC-3 規範提供各種不同

用途建築物一位居民所佔之樓地版面積，以供使用。

2.4 建築物應補強的水準

建築物之主結構體及非結構體經 2.3 節評估後認定不合規定者，應加以補強，其應補強的水準，需使耐震能力比 r_c 達到下述之值：

- 1 耐震性能分類為 D 之建築物的主要結構系統與非結構體， $r_c = 1.0$ 。
- 2 耐震性能分類為 C 之建築物的主要結構系統與內部非結構體， $r_c = 1.0$ 或 $r_c = 0.5 \left(1 + \frac{op - 100}{700} \right)$ ，取小者。
- 3 耐震性能分類為 C 之建築物的外部非結構體， $r_c = 1.0$ 。

建築物經評估後判定不合規定者，亦可不加以補強而逕行拆掉。

2.5 建築物補強期限

建築物經評估後判定不合規定者，其補強作業應於規定的期限內完成，所規定之補強期限 t_x （以年計）如下所述：

- 1 耐震性能分類為 D 之建築物，具有一個或數個主要結構系統不合規定， t_x 不得超過下列二者之大值：

$$t_x = 1.0 \quad \text{或} \quad t_x = \alpha_t r_c < 15$$

- 2 耐震性能分類為 D 之建築物，其主要結構系統合乎規定，但內部非結構體不合規定者： $t_x = 2.0$

- 3 耐震性能分類為 C 之建築物，其主要結構系統與內部非結構體的補強期限 t_x 不得超過下列二者之大值：

$$t_x = 2.0 \quad \text{或} \quad t_x = \alpha_t \cdot \left(1 + \frac{200}{op} \right) r_c < 15$$

- 4 所有建築物的外部非結構體， $t_x = 1.0$

一幢建築物若具有數個破壞後會使建築物嚴重毀壞的主要結構系統，則 2.3 節與 2.4 節及本節所論及之耐震能力比 r_c 係指各結構系統之 r_c 值中之最小者。結構物

若以定性方法判定需補強者，在計算補強期限時 r_c 取 0.1。

上述補強期限計算式中， α_t 係由有關當局決定之參數，典型的值為 12，若建築物評估補強工作以較慢的步伐進行， α_t 值可取較大，反之則取小一些。經評定需補強之建築物，若業主不擬補強而將拆掉者，其拆除期限與上述補強期限相同。

2.6 討 論

本章所述 ATC-3 規範耐震能力評估方法，係典型的美國建築物耐震能力評估方法，從其他參考文獻 9、10 可看出評估方法雷同。此種評估方法的缺點係需要進行詳細的結構分析，與新建建築物的分析設計沒有兩樣，此外，計算耐震能力比 r_c 時， V_{rs} 固然係以彈性分析結果來看某一破壞模式的耐震所需能力，而 V_{as} 的計算亦僅是計算其起始降伏的耐震能力而已，完全未考慮到韌性。需知結構物起始降伏後，尚能抵抗更大的地表加速度的作用而不致崩塌，端視其韌性優良與否。ATC-3 規範評估方法中不將韌性考慮進去，會造成強度高的建築物 r_c 值大，而事實上，強度較低的建築物，若韌性甚佳，其耐震能力係大於强度高而韌性不良的建築物。

ATC-3 規範評估方法中未能反映此現象，是一大缺點。

耐震能力比 r_c 的計算係針對一些重要的整體破壞模式來計算，然 ATC-3 規範評估方法中並未論及何種破壞模式應加計算，如何計算。事實上，建築物的潛在整體破壞模式因結構較複雜，所以並不容易定義，將造成實際評估時無所適從的困難。橋梁結構因比較單純，因此破壞模式比較單純，因此美國運輸部所出版的公路橋梁耐震補強準則中有關現有橋梁耐震能力評估的方法 [11] 雖然也是採用耐震能力比 r_c 的觀念，但對各種破壞模式的定義及詳細評估細節有較深入的規定，這也是 ATC-3 規範評估方法不完備的地方。