

基礎構造の耐震診断方法の整備

正会員○金子 治*¹
同 中井正一*²
同 二木幹夫*³

基礎構造 耐震診断 目標性能

1. 本研究の目的

既存建築物の耐震診断は、構造体全体にわたって実施すべきものであるが、基礎構造及び敷地地盤については大地震時の耐震性能評価の方法が確立されておらず、耐震診断手法もいくつかの提案はあるものの普及はしていない。しかしながら上部構造と基礎構造は一体の構造物であって、上部構造を安全に支持するためには基礎構造にも上部構造と同等の耐震性能を持たせるべきである。そのため、既存構造物の耐震診断においても、基礎構造について上部構造と同等の診断を行うべきである。

また、現行法規¹⁾の考え方では基礎構造の損傷が建築物の崩壊や人命の安全に直接影響を及ぼさないものとして、大地震時の基礎構造の耐震性の検証は義務付けられていない。しかしながら、1995年兵庫県南部地震では敷地地盤の液状化が上部構造物の大破につながった例²⁾があり、人命に関わる可能性はある。また、資産価値の確保や財産の保全の観点からは、地盤や基礎構造の損傷により建築物が傾斜すれば、上部構造の耐震性が確保されていたとしても、地震後の建築物の機能維持や避難経路の確保に支障が生じて継続使用できず、建築物としては取り壊しを余儀なくされるリスクもある。

著者らは、大地震時における既存建築物の基礎構造の

耐震安全性を評価し、継続的な使用や上部構造の支持性能の確保などの目的に応じた地盤及び基礎構造の限界状態を保証するための耐震診断方法の整備を進めており、本報ではその考え方について示す。

2. 基礎構造の目標性能及び適用対象

上部構造を支持し継続使用を可能とするという基礎構造の機能上から、耐震診断により保証される大地震に対する目標性能として、表1に示すような3つのレベルとそれに対応する限界状態を想定する。この表から、対象建築物の重要度や機能あるいは建物種別、地盤条件や診断に必要な情報量に応じて保証レベルを選定する。なお、現行法規で基礎構造に要求される最低レベルを保証する意味で、保証レベルB,Cについて診断する建築物でも、中地震に対しても保証レベルAに準じた性能確認(短期許容応力度設計相当)を行うことが望ましい。

適用対象としては上部構造の耐震診断・耐震改修を実施した建築物及び耐震改修促進法でいう「特定建築物」が考えられ、液状化のおそれのある地盤など、地盤の支持性能不足のために上部構造の転倒・崩壊につながるものが懸念される場合も実施が望ましい。これら以外でも建物所有者の自主的判断で実施することも考えられる。

表1 耐震診断の保証レベルと限界状態の例

		A 長期継続使用の保証	B 建築物の機能維持の保証	C 空間確保の保証, 上部構造の耐震診断・補強の担保
保証レベル		上部構造の耐久性に影響する基礎構造の損傷や過大な沈下・残留沈下・傾斜などの変形が生じることなく、建築物を長期的に継続使用が可能	基礎構造の破壊・降伏により支持性能を一部喪失して、上部構造に継続使用不能な沈下・傾斜等が生じることなく、地震後も建築物の機能を維持した状態で継続使用が可能	基礎構造の破壊により地盤・基礎構造部材が支持性能を完全に喪失することなく、上部構造は転倒・倒壊せず、地震後も上部構造の空間は確保される
限界状態	地盤	押込み側・引抜き側それぞれ2箇所以上で*降伏支持力 P_y あるいは降伏沈下量・引抜き量 S_y を超えない	押込み側・引抜き側それぞれ2箇所以上で極限支持力 P_u あるいは極限沈下量・引抜き量 S_u を超えない	半数以上が極限支持力 P_u あるいは極限沈下量 S_u を超えない
	杭体	半数以上*が降伏曲げモーメント M_y を超えない、かつ1箇所でも許容せん断力 Q_y を超えない	半数以上が終局曲げモーメント M_u を超えない、かつ2箇所以上で終局せん断耐力 Q_u を超えない	半数以上が限界曲率 ϕ_m を超えない、あるいは深度方向2箇所以上で終局曲げモーメント M_u を超えない、かつ半数以上で終局せん断耐力 Q_u を超えない
	基礎ばり及びパイルキャップ	杭体と同じ	杭体と同じ	半数以上 M_u 及び Q_u を超えない
	限界応答塑性率	1以下	4以下 ³⁾	既製杭以外8以下、既製杭5以下 ⁴⁾
	残留変形 ⁵⁾	RC造 最大1/60以下 S造 最大1/300以下	RC造 最大1/30以下 S造 最大1/100以下	RC造 最大1/30以下 S造 最大1/75以下

*中地震に対しては「1箇所でも」と読み替える

3. 基礎構造の耐震診断方法・手順

2. の目標性能や適用対象を考慮し、基礎構造の耐震診断手順として図1に示すようなフローを提案する。

本手順では最初に適用範囲の確認を行った上で、保証レベルを考慮して診断手法を選定する「事前判断」を行う。ここで、診断を進めるためには必要な情報が得られていることを原則とし、情報が不足する場合には「診断不可」とする。

具体的な診断手法としては上部構造の耐震診断に準じて、概略的な手法を「1次診断」、詳細な手法を「2次診断」と呼ぶこととする。

1次診断は過去の地震の被害事例に基づいて提案された耐震診断指標 (I_{sf}) を用いた診断手法⁶⁾であり、基本的には1995年兵庫県南部地震あるいは1978年宮城県沖地震相当の地震動に対する安全性が確認される。なお、1次診断は概略的な手法であるため、「耐震性なし」と判断された場合も即耐震補強の検討を行うのではなく、詳細な診断法を行うことが望ましい。また、直接基礎は地盤の支持性能が高いと考えられ、1次診断のみの判断でよい。

2次診断は、杭基礎を対象に図2に示すようなモデルを用いて表2に示す外力に対する静的応力解析を行い、得られた応答値と保証レベル（目標性能）に応じた限界状態・限界値との比較により診断を行うもので、建築物の目標性能に応じた保証レベルの診断が可能である。

さらに、より複雑な形状の地盤や構造物を対象とする場合や上部構造の影響あるいは動的な効果をより厳密に考慮したい場合には、それぞれの条件に応じて個別に動的解析や静的荷重増分解析により診断する方法も診断者の判断と責任で採用できるものとする。なお、詳細な診断・解析を行うことで精度や安全性の向上ははかれるが、必ずしも経済性の向上にはつながらない場合もあることに注意が必要である。

2次診断あるいは個別解析により目標性能を満足しないという結果になった場合は、施工性を考慮した耐震補強工法の選定やその設計、建替えとの費用対効果の比較など総合的検討を行い、補強の実施について判断した上で診断終了とする。

謝辞 本研究は「基礎構造の耐震診断指針の整備に関する

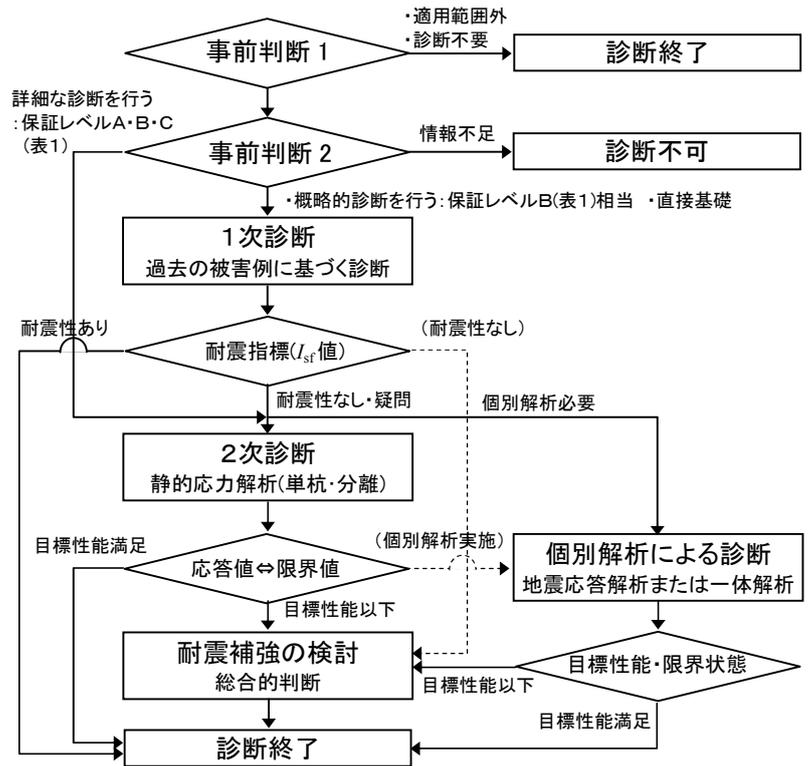


図1 基礎の耐震診断フロー

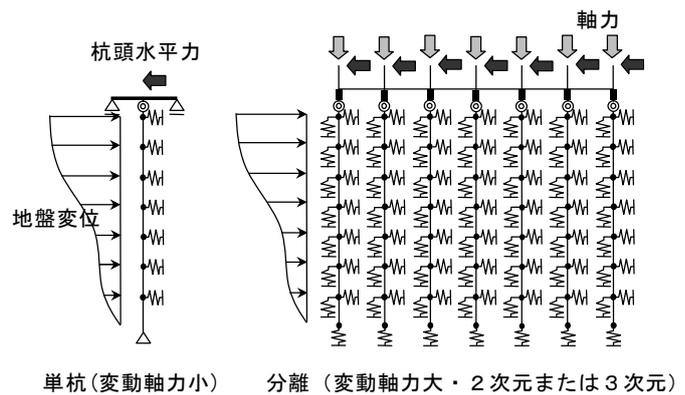


図2 2次診断用応力解析モデル例

る研究委員会」(財)ベターリビング)の成果に基づくものである。関係各位に深謝します。

参考文献 1)2007年度版建築物の構造関係技術基準解説書,p.262, 2)山肩他,市立西宮高校の震災被害調査結果に関する考察,日本建築学会大会学術講演梗概集B,pp37-38,1996, 3)道路橋示方書 IV下部構造編,2002, 4)鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計,2001, 5)二本他,建築基礎の被災度区分判定指針及び復旧技術例,建築研究資料No.90,1997, 6)丸岡他,既存建物基礎の耐震診断に関する一提案,日本建築学会技術報告集,第8号,pp.85-90,1999

表2 基礎構造の診断のための外力・耐震判定指標

1次診断	基礎の耐震判定指標 $I_{SD} = E_{sf} \cdot Z \cdot G \cdot U$, E_{sf} : 耐震判定基本指標
2次診断	上部構造の耐震診断結果(q 値, I_s 値), 保有耐力に相当する層せん断力とそれに対応する地下震度による水平力を合わせた杭頭水平力, 及びサイト特性を考慮した診断用地震動による応答変位
	サイト特性を考慮した診断用地震動による応答解析または限界耐力計算もしくは構造物の動的特性を考慮した方法により求めた杭頭水平力, 及び診断用地震動による応答変位 (中地震時) 標準せん断力係数による設計用せん断力と地下震度による水平力を合わせた杭頭水平力
個別解析	①動的: サイト特性を考慮した診断用地震動 (解放工学的基盤上の加速度応答スペクトル)
	②静的: 2次診断に準じる

*1 戸田建設
*2 千葉大学
*3 ベターリビング

*1 Toda Corporation
*2 Chiba University
*3 Center for Better Living