

名古屋市三の丸地区における免震改修設計用地震動の策定

福和 伸夫
Fukuwa Nobuo
名古屋大学教授

官庁建物の免震改修ラッシュ

1995年兵庫県南部地震での甚大な被害をきっかけとして、既存不適格建物の早期耐震改修の必要性が強く指摘され、耐震改修促進法が策定された。また、被災地にあった免震建物の振動低減効果が注目され、震災後、免震建物の着工が急増した。

一方、21世紀に入って、東海地震の震源域の見直しが行われたのを契機に、東海・東南海・南海地震、首都直下地震などの地震被害想定が中央防災会議などで実施され、耐震化率90%をめざす地震防災戦略が策定された。

こういった背景の下、官庁建物を中心に耐震改修が精力的に行われてきた。中でも、地震時の機能維持が重要となる都道府県庁や市役所などでは、揺れを抑制する免震改修の事例が急増した。

筆者が居住する名古屋圏の官庁街・三の丸地区でも、図1に示すように、耐震改修ラッシュが続いており、うち5棟が免震改修となっている。このうち愛知県本庁舎と名古屋市本庁舎は、築70年を超える帝冠様式の庁舎建築であり、いずれも名古屋の顔として登録文化財になっている。

これらの庁舎の免震改修の概要を表1に示す。表に示

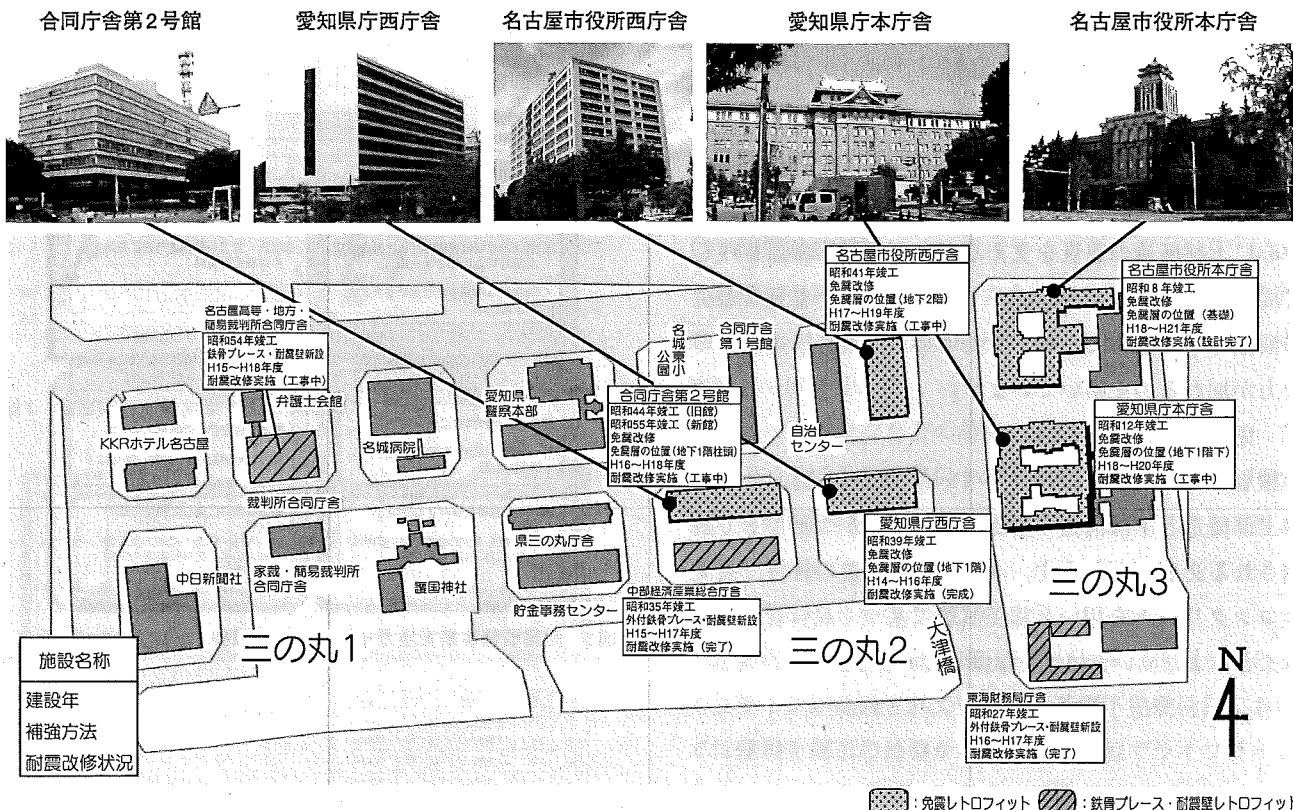


図1 名古屋市の官庁街・三の丸地区における耐震改修の状況

表1 名古屋市三の丸地区に位置する五つの官庁建物の免震改修の概要

施設名	愛知県西庁舎	合同庁舎第2号館	名古屋市役所西庁舎	愛知県庁本庁舎	名古屋市役所本庁舎	
設計者	愛知県公共建築課 三菱地所株式会社	中部地方整備局営繕部 梓設計	名古屋市営繕部営繕課 NTTファシリティーズ	基本設計：日建設計 実施設計：戸田建設	名古屋市営繕部営繕課 三菱地所設計	
施工者	鹿島・長瀬特定建設工事共 同企業体	竹中工務店	大成・佐藤・杉本 共同企業体	戸田建設	戸田建設	
工期	平成14年10月 ～16年10月	平成17年4月 ～18年12月	平成17年10月 ～20年3月	平成18年7月 ～21年3月	平成19年3月 ～22年1月	
免震層位置	地下1階	地下1階(柱頭)	地下2階	地下1階下	基礎	
上部構造の 補強	有：地震時ねじれ防止 のためRC耐震壁新設 (1・2階)	無し	有：連続繊維補強シートに よる一部の柱・梁のせん断 補強	無し	有：RC増打壁 (時計塔部分)	
免震材料	鉛プラグ入り積層ゴム	鉛プラグ入り積層ゴム 天然ゴム系積層ゴム支承	鉛プラグ入り積層ゴム	鉛入り積層ゴム	鉛入り積層ゴム	
	弾性すべり支承	転がり系支承 オイルダンパー	井型直動転がり支承 オイルダンパーまたは ATS式増幅機構付き 減衰装置	十型直動転がり支承 オイルダンパー 鉛ダンパー	直動転がり支承 オイルダンパー	
クリアランス	水平 方向	外周：60 cm (ELV：50 cm)	60 cm	55 cm	70 cm	65 cm
	鉛直 方向	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm	5 cm

すように、個々の建物の構造的特性に応じて、免震層の位置、クリアランス、免震材料など、バラエティに富んでいる。なお、5棟のうち、愛知県西庁舎のみが東海地震に対する地震防災対策強化地域に名古屋市が参入される前に設計が行われ、他はそれ以降に設計が行われた。

免震は、構造物の振動周期と減衰特性を人為的にコントロールするものであり、当該地盤の入力地震動特性をどれだけの確に把握できているかによって、その性能が大きく左右される。三の丸地区では、敷地が隣り合う合同庁舎2号館、名古屋市西庁舎、愛知県本庁舎が、ほぼ同時期に設計検討が行われていたこともあり、筆者の呼びかけで、官庁建物の免震改修用の設計入力地震動を三者が協力して策定することになった。本稿では、地震動策定の背景及び概要について報告をする。

地域の地盤データと強震観測データの共有

強震動予測には、想定すべき地震の震源情報に加え、基礎となる地盤データや強震観測データが必要となる。これらのデータの質と量に応じて、強震動予測の方法が決まると言っても過言ではない。そこで、地震動策定時の地盤・強震データの整備状況について記しておく。

濃尾平野を中心とする名古屋地域では、最新名古屋地盤図の作成（土質工学会中部支部，1988年，ボーリング4,000本）、愛知県の東海地震の被害予測調査（1993

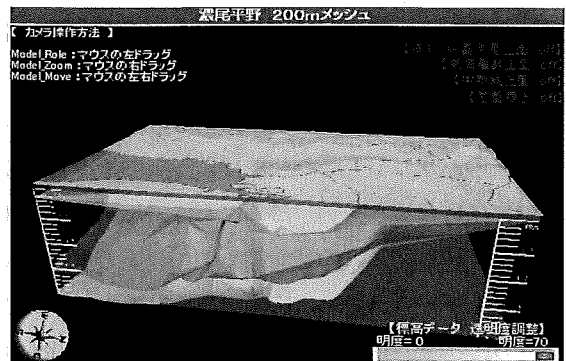
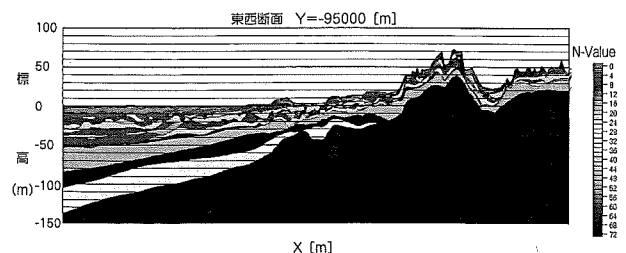


図2 濃尾平野の地下構造のWeb公開
(上段：東西断面の浅部構造，下段：深部構造)

年，同13,000本），名古屋市の地盤環境情報データベースの構築（1999年，同25,000本）などにより，表層地盤データのデジタル化とデータベース化がいち早く行われていた。また，兵庫県南部地震以降，地震調査研究推進本部が主導した活断層調査，地下構造調査（濃尾平野地下構造調査，2003年）などにより，深部地盤のデータも整備されつつあった。さらに，強震観測についても，兵庫県南部地震後，防災科学技術研究所，愛知県，名古屋市，東邦ガス，大学などが観測を始め，比較的高密度

な強震観測が地域内で行われるようになっていた。また、大学などを中心として、平野内で数多くの常時微動観測が行われ、平野内の地盤卓越周期の分布もある程度把握されていた。

これらのデータは徐々にコンパイルされ、データの公表も進んでいた。地下構造データについては、愛知県設計用入力地震動研究協議会での地震動予測、愛知県や名古屋市での地震被害想定、産業総合研究所による中京圏の地下構造モデル作成などを通して、改善を繰り返してきており、その結果がWeb上で閲覧できるようにもなっている(図2)。また、強震観測記録についても、名古屋地域強震観測研究会でのデータ共有の検討を踏まえて、東海版の大都市圏強震動総合観測ネットワークにより、データの相互利用が進んでいた(図3)。

地域における設計用入力地震動策定への要求¹⁾

兵庫県南部地震後、名古屋圏でも免震建物が急増し、地域の標準的な地震動の策定要望が建築構造技術者を中心に、数多く寄せられた。そこで、地域の構造設計者を中心に、愛知県設計用入力地震動研究協議会を設立し、産官学が協働して複数の地震に対する地震動を策定することになった。対象とした地震は、将来の地震発生の確率論的の評価に基づき、複数の地震を想定した。各地震に対する震源断層モデルを設定した上で、上述した3次元地下構造モデルを用い、名古屋市の震動性状を代表する複数地点で、差分法と統計的グリーン関数法を組み合わせた広帯域ハイブリッド法を用いて、地震動評価を行った(図4)。この種の評価ができたのは、地域における人的ネットワークの形成、耐震基準の性能規定化にともなう構造設計者の意識の高揚などが背景にあった。

官庁街・三の丸での共通地震動の策定²⁾

名古屋の官庁街・三の丸地区で、複数の官庁建物の免震改修がほぼ同時に行われることになったため、中部地方整備局が音頭取りをし、愛知県・名古屋市、梓設計・日建設計・NTTファシリティーズが協力して、設計用入力地震動を策定することになった。そこで、愛知県建

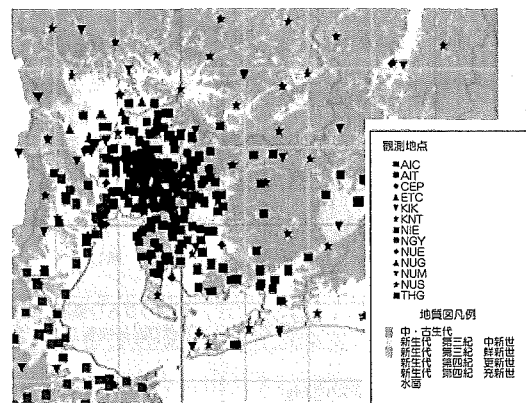


図3 大都市圏強震動総合観測ネットワークの観測点

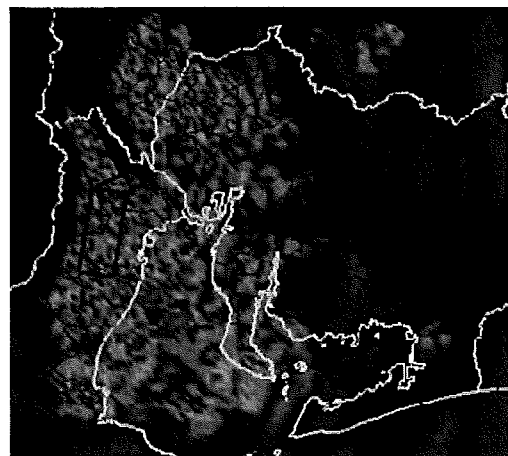
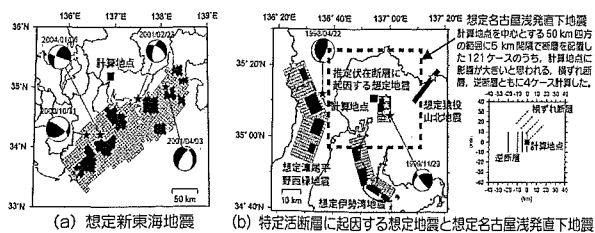


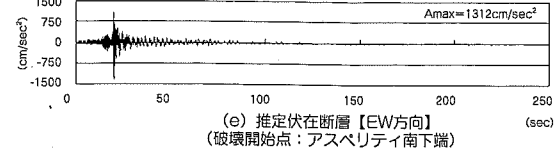
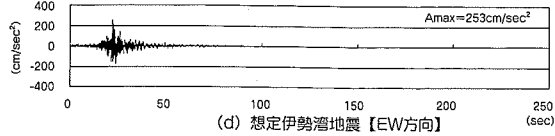
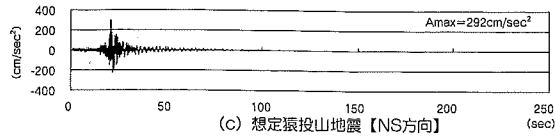
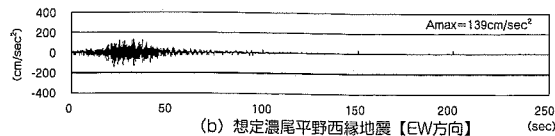
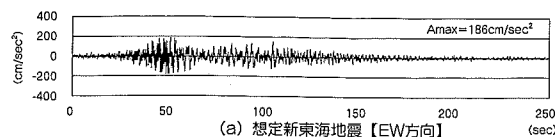
図4 濃尾平野西縁断層帯に対する強震動予測結果

築住宅センターにワーキンググループを設置し、大崎総合研究所に委託して策定業務を実施した。地震動の策定に当たっては、免震という長周期建造物の官庁建物の設計用であること、三の丸地区に複数の強震観測点があったことなどを勘案し、経験的グリーン関数法を採用した。また、震源モデルは、東海・東南海地震に対しては中央防災会議のモデルを参考にした。

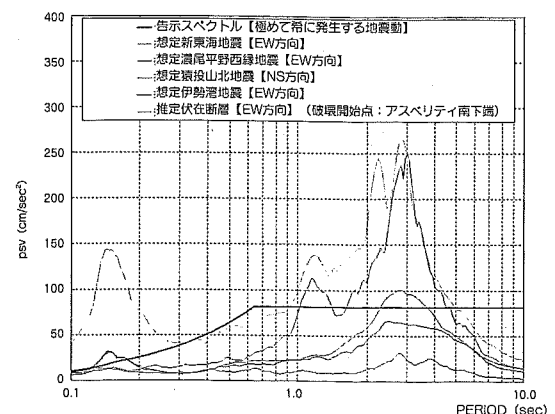
図5に、想定地震の震源域、波形合成に用いた中小地震の震源位置、工学的基盤における予測地震動(EW方向)、擬似速度応答スペクトル($h=5\%$)を示す。いずれの地震動も、当該地盤のやや長周期域の卓越周期である3秒での応答が大きい。とくに、想定新東海地震に関しては、最大速度応答は50 cm/s程度と既往の地震動とそれと大きく変わらないが、濃尾平野の盆地構造にともなう波動のトラッピングで、長い継続時間となっている。



(a) 想定地震の震源域・アスペリティと中小地震の震源位置



(b) 工学的基盤の加速度波形(EW方向)



(c) 工学的基盤での波形の擬似速度応答スペクトル(h=5%)

図5 三の丸地区における強震動予測結果

このため、周期3秒での擬似速度応答 ($h = 5\%$) は 250 cm/s にもなっており、2~4秒のやや長周期域において、告示スペクトルが想定している 80 cm/s を大幅に上回っている。

このような地震動が改修設計に先だって策定されていたため、個々の建物の改修設計では、免震周期、ダンパーの減衰量、免震層のクリアランスの設定などに、さまざまな工夫が施された。免震建物の場合、周期や減衰の設定に対し自由度があるため、特定周期の強い揺れに対しても、適切な設計対応が可能であった。

なお、この地震動については、愛知県設計入力地震動研究協議会を介して、会員に対して無償でデータ提供がされている。また、土木学会・建築学会で行われた長周期地震動問題に関する検討でも、標準地震動の一つとして利用された。今後、既存・新築高層ビルの検討に使われることが想定されるが、周期3秒前後に固有周期を持つ低減衰構造物の場合には、設計時想定以上の揺れになることも懸念される。

その後、三の丸地区での検討結果を参考に、愛知県半田市においても、新庁舎建築用の設計入力地震動の策定が、経験的グリーン関数法を用いて行われている。半田市の場合、東海・東南海地震の震源域への距離が三の丸地区の半分程度になるため、予測地震動の強さは、三の丸での地震動に比べ、倍程度になっている。

免震建物の場合、終局状態が免震層クリアランスで規定される場合が多く、一般建物と比べ、設計外の余力が乏しい。このため、地震動評価の重要性が極めて高い。今後、やや長周期域での強震動の姿が明らかし、より適切な免震設計が行われていくことが望まれる。

【参考文献】

- 1) 「愛知県名古屋を対象とした設計用地震動の策定」 福和伸夫, 久保哲夫, 飯吉勝巳 他著, 『日本建築学会大会学術講演梗概集』 2001.9, 2002.8, 2003.9, 2004.9
- 2) 「名古屋市三の丸地区における耐震改修用の基盤地震動の作成」 宮腰淳一, 中田猛, 福和伸夫 他著, 『日本地震工学会年次大会』 2005.1