

豊田市における建築行政推進のための強震動予測

強震動予測 設計用地震動 活断層
耐震設計 建築防災 豊田市

正会員	藤川 智*	同	武藤尊彦*
同	早川 崇*	同	宮腰淳一*
同	松島信一*	同	森川和彦*
同	佐藤俊明*	同	壇 一男*
同	福和伸夫**	同	久保哲夫***

1. はじめに
近年の被害地震の分析などから、地域固有の地震環境と地盤環境を反映させた強震動予測の重要性が認識されている。これを受けた政府の取り組みとして、中央防災会議による東海・東南海地震などの強震動評価や、地震調査研究推進本部によるシナリオ地震地図が公表されている。一方、愛知県設計用入力地震動研究協議会¹⁾²⁾³⁾(以下「協議会」と示す)では、地元の設計者等が出資者としてその設立に参画し、地域特性を踏まえた設計用地震動策定を目指した事業を進めている。このような動きの中、豊田市では地震から市民の生命と財産を守り産業基盤の被害を最小にするための建築行政推進にあたり、その基礎的資料作成を目的として想定地震による強震動予測の検討を行った。ここでは、その検討の全体概要と強震動予測結果の一部を示す。

2. 実施体制
本検討の実施体制は、「協議会」で培った学識経験者の人脈をベースにした。具体的には図1に示すように、豊田市から(財)愛知県建築住宅センターに業務委託され、同センター内の耐震構造委員会(委員長:福知保長)の指示の下に検討部会(部会長:久保哲夫、副部会長:福和伸夫)で内容が検討された。検討結果は同委員会に報告され、最後に同センターで承認された。検討部会とワーキンググループ(WG)には、テクトニクス・活断層・地盤震動などの専門家と実務者が参加し、地震動作成作業は同センターから委託された大崎総合研究所が実施した。

3. 強震動予測のための各種検討
a) 基本方針: 豊田市固有の地震環境と地盤環境を考慮し、それに最新の知見を反映させる。また、可能な範囲で「協議会」の成果を利用する。
b) 地震動評価地点の選定: 行政機能の主要ポイント6地点(IHS,TCH,HTK,YTS,KGC,TOT)と比較的硬質地盤の2地点(NHS, MDC)を選定した。これらの位置を図2の中に示す。
c) 想定地震の選定: 想定地震は、過去の被害地震や活断層の分布状況などに基づく周辺の地震活動の特徴と、確率論的想定地震⁴⁾の考え方に基づき選定した。選定された想定地震を表1に示す。想定猿投境川 - 高浜地震は、猿投境川断層とそれに連続している高浜断層が連動する地震として想定した。

d) 断層モデルの設定: 想定新東海地震, 想定猿投山北地震, 想定浅発直下地震については、「協議会」と同じモデルとした。想定猿投境川地震と想定猿投境川 - 高浜地震については、新たに設定した。想定猿投境川 - 高浜地震は、猿投境川断層と高浜断層を1つの起震断層とする場合(スケーリングモデル)と、それぞれ別に活動するが同時に破

壊する場合(カスケードモデル)の2モデルを設定した。図2に想定猿投境川 - 高浜地震の断層モデルを示す。

e) 地下構造モデルの作成: モデル化の範囲は想定地震ごとに変えた。想定新東海地震では、平面的には断層面と豊田市周辺を含む範囲、深さ方向には断層面とモホ面を含む範囲とした。その他の想定地震では、断層面と豊田市周辺を含む範囲とした。震源から地震基盤までの伝播経路は、フィリピン海プレートと東海地方の大局的な水平成層構造でモデル化した。地震基盤以浅の堆積地盤の三次元速度構造モデルは以下の手順で作成した。まず、既往の地下構造資料と重力解析から地震基盤深さと第三紀層上面深度を設定し、これを深層ボーリングや反射法探査結果で拘束し3層密度構造を作成した。次に、この構造に速度を付与した。このとき、基盤深度設定と速度構造設定のため、市内での反射法探査と1つの計算地点でアレー微動計測を実施した。最後に、面的に多い単点微動結果をもとにこれを検証し、良好な結果を得た。

f) 計算手法: 工学的基盤における強震動波形は、広帯域ハイブリッド法⁵⁾により作成した。接続周期を境とし、長周期帯域は理論的方法(想定浅発直下地震は波数積分法⁶⁾、他は有限差分法⁷⁾)、短周期帯域は統計的グリーン関数法⁸⁾により求め、両者を合成した。次に、この波形を工学的基盤以浅の地盤への入力波とした。浅層地盤の計算は逐次非線形解析とし、硬質地盤上の2地点は全応力解析とし、それ以外は過剰間隙水圧の上昇も考慮した有効応力解析⁹⁾とした。

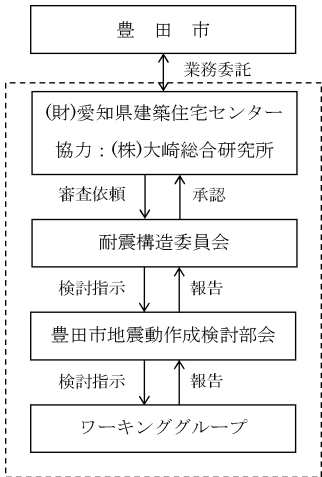


図1 実施体制

表1 想定地震

想定地震	マグニチュード Mj
想定新東海地震	8.3
想定猿投山北地震	7.0
想定猿投境川地震	7.3
想定猿投境川 - 高浜地震[スケーリングモデル]	7.6
想定猿投境川 - 高浜地震[カスケードモデル]	7.4
想定浅発直下地震	6.8

4. 強震動予測結果

想定新東海地震の地表面波形から算定した震度と、1854年安政東海地震と1944年南海地震の震度分布¹⁰⁾による計算地点の震度を表2に示す。計算結果は震度5弱～5強となった。過去の地震は震度5であり、計算結果はこれをほぼ説明する結果となった。

次に、想定猿投境川地震の計算結果を以下に示す。図3は地点TCHとTOTの工学的基盤における加速度波形、速度波形、及び擬似速度応答スペクトルを示す。TCHの速度波形は、主要動に2つのパルス状の波形が現れ、後続動が長く続かず継続時間が比較的短くなっている。擬似速度応答スペクトルには、稀に発生する地震動の告示スペクトル、及び極めて稀に発生する地震動の告示スペクトルをあわせて示している。周期0.4秒以下で極めて稀に発生する地震動の告示スペクトルを上回り、0.4秒以上では2つの告示スペクトルの中間レベルになっている。TOTの速度波形は、TCHの継続時間より長くなっている。これは、北断層に加え南断層の影響を大きく受けるためである。応答スペクトルは、周期5秒以下で極めて稀に発生する地震動の告示スペクトルを上回り、広い周期帯域で大きな地震動となっている。工学的基盤の加速度最大値及び速度最大値と経験的距離減衰式^{11),12)}との比較を図4に示す。加速度は距離減衰式の平均値よりやや大きい

が、速度はほぼばらつきの範囲に入っている。これより計算結果は、概ね妥当な結果を与えているものと考えられる。工学的基盤以浅の浅層地盤の応答計算の結果、TCHとTOT共に液状化が生じた。以上より、想定猿投境川地震は豊田市内に非常に大きな地震動を及ぼす結果になった。

5. おわりに

本検討の強震動予測結果は、既存建物の耐

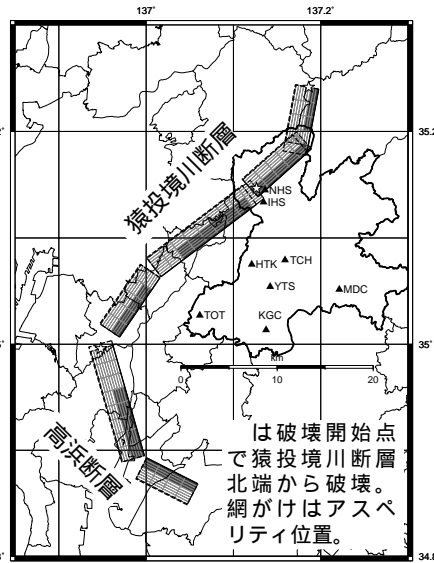


図2 想定猿投境川 - 高浜地震の断層モデルと計算地点

表2 想定新東海地震による計算震度と過去の地震の震度

計算地点	計算震度	安政東海地震(1854)	東南海地震(1944)
NHS	5強	5	5
IHS	5強	5	5
TCH	5強	5	5
HTK	5弱	5	5
YTS	5強	5	5
TOT	5強	5	5
KGC	5強	5	5
MDC	5弱	5	5

震診断・耐震補強や、新規建物の性能設計に基づいた耐震設計を合理的に行う際の地域標準の設計用地震動として利用できるだけでなく、市民への建築防災教育や、被害想定・地域防災の基礎資料としても利用されることが期待される。謝辞 本検討は豊田市発注の業務として実施したものであり、同建築相談課の中山拓大氏と本多弘司氏に謝意を表します。また、検討部会やWGで貴重なご意見を頂きました東京大学山岡耕春教授、名古屋大学鈴木康弘教授、豊田高専今岡克也教授、トヨタ自動車の丹羽直樹氏、愛知県建築士事務所協会の孕石好治氏、事務局を担当いただいた(財)愛知県建築住宅センターの寺本光治氏、および地下構造モデル作成に協力いただいた応用地質(株)の池田善孝氏、ほか関係諸氏に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 福和・他(2001): 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.81-94.
- 2) 佐藤・他(2002): 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.129-134.
- 3) 藤川・他(2003): 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.155-160.
- 4) 亀田・他(1997): 土木学会論文集, No.577/I-41, pp.75-87.
- 5) 佐藤・壇(2001): 免震構造設計指針, 日本建築学会, pp.263-274.
- 6) Pitarka(1999): BSSA, Vol.89, pp.54-68.
- 7) Hisada(1995): BSSA, Vol.85, pp.1080-1093.
- 8) 壇・他(2000): 日本建築学会構造系論文集, 530 pp.53-62.
- 9) Fukutake et al.(1990): EESD, 19, pp.977-992.
- 10) 地震調査研究推進本部(1998): 日本の地震活動<追補版>
- 11) Fukushima and Tanaka(1991): Shimizu Tech. Res. Bull., 10, pp.1-11.
- 12) 安中・他(1997): 第24回地震工学研究発表会, pp161-164.

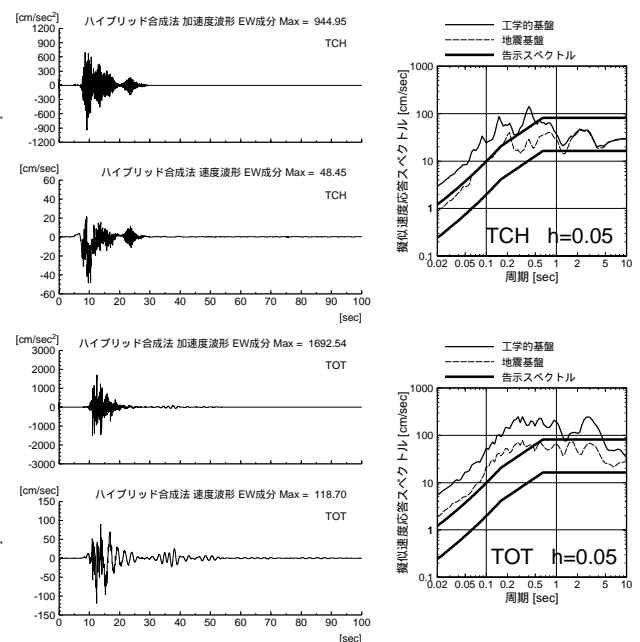


図3 想定猿投境川地震の計算結果 [工学的基盤,EW成分]

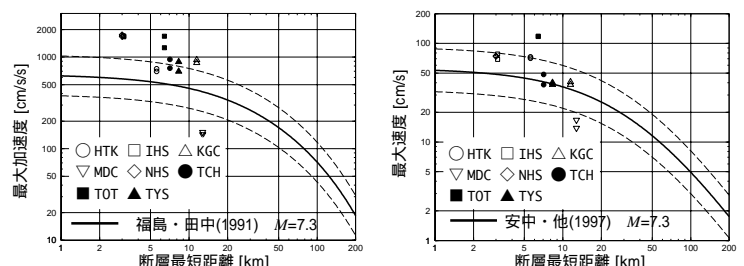


図4 想定猿投境川地震の計算結果と距離減衰式との比較

* 株式会社 大崎総合研究所

** 名古屋大学大学院 環境学研究科

*** 東京大学大学院 工学研究科 建築学専攻

* Ohsaki Research Institute, Inc.

** Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

*** Department of Architecture, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo