

地域協働による濃尾平野の強震動評価

名古屋大学 福和伸夫

1. はじめに

中京圏では、国が推進する3つの動きにより強震動評価に係わる関心が高まっている。

一つ目は、政府地震調査研究推進本部が推進する地震動予測地図の試作、並びに、それに関連する活断層調査、堆積平野地下構造調査である。1996年度から行われた愛知県周辺の主要な活断層調査は一通り終了し、現時点での成果がとりまとめられている¹⁾。地下構造調査については、濃尾平野では1999年度からの調査が本年度で終了し²⁾、岡崎平野と豊橋平野では2001年度から、伊勢平野では2002年度から調査が始まっている。また、2001年9月には東南海地震に対する地震発生の長期評価が、同年12月には震度予測結果も示された。これの一連の調査で、濃尾平野地域では、強震動評価に必要な震源及び地下構造の資料が一通り整ったと言える。

二つ目は、中央防災会議が推進する東海地震及び東南海地震対策である。2001年6月に東海地震の想定震源域の見直しが行われ、同年11月に東海地震の震度予測結果が示された。これを受けて、2002年4月に名古屋を含む広域が強化地域に指定され、同年10月には愛知・名古屋などで強化計画や応急計画の策定がされた。さらに、同年7月には東南海地震・南海地震に係る地震防災の推進に関する特別措置法が公布され、同年12月に東南海・南海地震連動時の震度予測結果が示され、今年中には、推進地域への指定へとつながる。このような動きを受けて、愛知県でも2002年より、東海地震、東南海地震、周辺の主要活断層による地震を対象として地震被害予測調査に着手した。

三つ目は、1998年に行われた建築基準法の改訂に係わる動きである。2000年には耐震設計関連の規定が施行され、仕様規定型の基準体系から性能規定型の基準体系へと変更された。新たに導入された限界耐力計算法では、解放工学的基盤での地震動を地震応答スペクトルにより規定し、表層地盤の増幅効果や、建物と地盤との動的相互作用効果を考慮するようになった。建物に作用させる地震荷重を規定していた従来の耐震基準とは大きく異なるものである。耐震設計の性能設計化の推進や、免震建築物や制震建築物が急増も相まって、地域特性を踏まえた設計用入力地震動の重要性が

増してきた。

このような周辺状況の中、1998年頃に名古屋の建築界においても、地域共通の地震動策定に対する要望が急速に高まった。しかし、当時の情勢では、行政が主導する形での地震動策定は困難であった。建築設計に利用するには策定された地震動のオーソライズが必要になる。そこで、ユーザーである建築構造技術者が出資する形で協議会を設立し、地域協働型での地震動策定を試みることになった。以下には、名古屋地域で実施している地震動策定の試みについて報告する。

2. 愛知県設計用入力地震動研究協議会

1999年11月に、1年ほどの準備期間を経て、愛知県設計用入力地震動研究協議会を設立し、名古屋市内の強震動評価に着手した。出資会員は、図1のように、建築技術者が中心であり、会員数は74、地元の設計事務所を中心に、ゼネコン、住宅メーカー、コンサル、ライフライン企業、研究者などが参加した。愛知県・名古屋市・中部地方整備局・各学協会は公益会員として参加している。

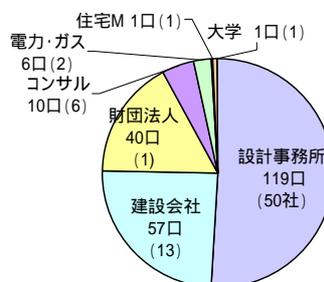


図1 協議会の会員構成

協議会では、名古屋市を対象に地震動を策定すると共に、年2回の研究報告・研究交流会を通して経過報告と最新の技術情報の共有化を図っている。地震動策定作業は県の外隔団体である愛知県建築住宅センターに委託し、センター内の耐震構造委員会傘下に設計用入力地震動作成検討部会を設け、強震動・地震学・自然地理学・耐震工学の専門家、地域の構造設計技術者が参画して、方針決定と結果の承認を行っている。具体的な作業は、課題に応じてWGで実質的な議論を行い、コンサルタント会社（大崎総合研究所、応用地質）の協力を得て実施している。想定地震の選定及び震源モデルの設定、濃尾平野域の3次元地盤モデルの策

定を経て、2002年7月に名古屋市内9地点での地震動計算結果を公表した。現在は、震源モデル及び地盤モデルの改良を行うと共に、構造設計者を中心に地震動の利用方法について検討を進めている。

3. 地震動の策定

地震動策定に当たっては現時点で採用可能な知見を最大限取り入れるため以下を基本方針とした。

最新(未公表資料も含め)のテクトニクスと活断層調査の知見を基に想定地震を絞り込む。

プレートの沈み込み形状や、変位地形の連続性などに基づく活断層のグルーピングにより、想定すべき震源域を確定する。さらに、過去の地震のインバージョン結果や微小地震の分析結果を基に非一様断層破壊モデルを設定する。

濃尾平野地下構造調査結果(反射・屈折・検層・微動アレイ)や既往の屈折・温泉井戸の結果を尊重しながら、微動H/V・強震記録・重力の分析結果を用いて平野全体を補間し最良の3次元地盤構造モデルを構築する。

既存の浅層ボーリングデータを最大限利用すると共に、既往の知見に基づいて名古屋市を7~8ブロックに分け、表層地盤の塑性化・液状化挙動を考慮した表層モデルを作成する。

想定する地震動は平均的なものとし、予測方法はデータの許す限り高精度のものを採用する。詳細は文献³⁻⁶⁾を参照されたい。

まず、想定地震の選定に当たっては、名古屋市周辺において過去に発生した主な被害地震と活断層をリストアップし、名古屋市周辺の地震活動の特徴を下記のように大別した。

A: 1944年東南海地震(M7.9)などフィリピン海プレートの沈み込み帯で発生する巨大地震

B: 1891年濃尾地震(M8.0)など内陸活断層の活動による大規模な地震

C: 1945年三河地震(M6.8)のような内陸の浅い所で発生する中規模地震

D: フィリピン海プレートの上面もしくはその内部で発生する中規模地震や詳細不明の地震

つぎに確率論的想定地震の考え方に基づいて名古屋地区に影響の大きい想定地震を複数選定した。西暦2000年から100年間の地震ハザードへの寄与度を指標として、個々の活断層や地震活動度の順位付けをして想定地震を選定した。その結果、名古屋地域への影響の大きさも考慮して、

(1) フィリピン海プレートの沈み込み帯で発生する巨大地震として東海・東南海連動型の地震

(2) 特定の活断層の活動に起因する地震として、養老-桑名断層系、伊勢湾断層(内海断層も含む)、猿投山北断層に起因する3地震

(3) 活断層の存在が知られていないところでも発生する可能性のある地殻内地震

を想定した。断層破壊の非一様性を考慮するため、断層パラメータとして、巨視的パラメータと微視的パラメータを設置した。図2に対象断層のアスペリティ配置と破壊開始点を示す。

強震動予測にはハイブリッド合成法を用い、長周期地震動は3次元有限差分法で、短周期地震動は統計的グリーン関数法で工学的基盤面での波形を求め、両者を重ね合わせた。その上で表層の1次元増幅特性を逐次非線形解析により考慮した。なお、液状化地点では、有効応力解析を用いた。計算フローを図3に示す。

地震動の計算地点は名古屋市内の9地点であり、既往の強震観測・微動計測データ、地盤データに基づき、市内を7ブロックに分割し、各ブロックに分散配置した。

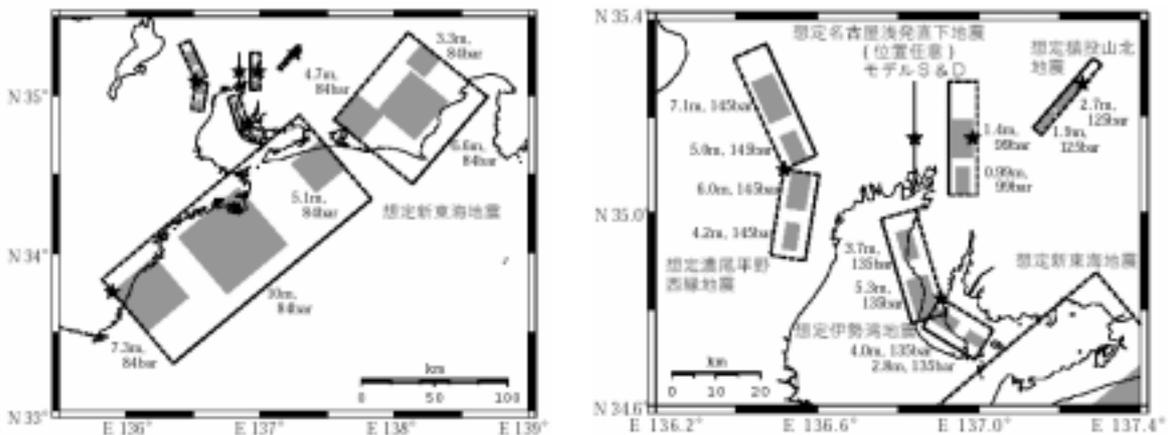


図2 想定断層とアスペリティ・破壊開始点位置

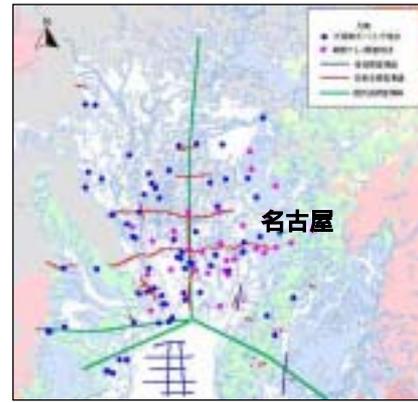
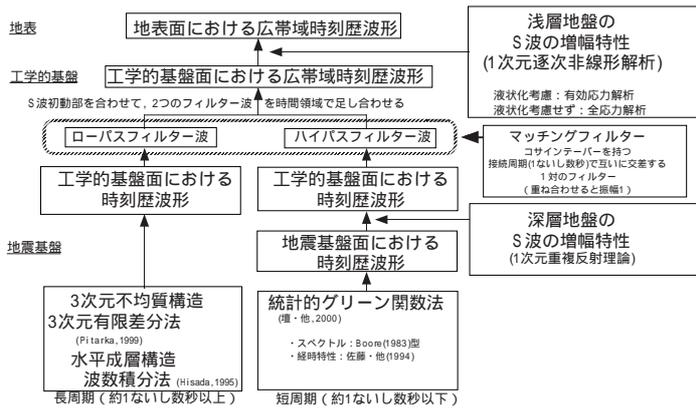


図3 広帯域ハイブリッド法による強震動計算のフロー

図4 濃尾平野内の既往の深部地盤データ

地盤モデルの策定に当たっては、濃尾平野で実施されている反射法探査・屈折法探査・微動アレイ調査・深層ボーリング・重力探査・浅層ボーリング・強震記録・単点微動記録などの各種データ(図4参照)を図5のように適切に組み合わせ、3次元地下構造モデルを作成した。

得られた地表応答波形の一例を図6に、解放工学的基盤面における周期2.5秒以上の長周期成分の波動伝播のスナップショットを図7に示す。図から断層破壊の初期の段階では、ディレクティブティ効果を持ちながら同心円上に波動が伝播し、その後、堆積平野の構造の影響を受けて伝播性状が変化し、平野内に波動がトラップされて行く様子が分かる。CHC地点の応答波形を見ると、同一地点であっても、断層位置や破壊性状によって経時特性に大きな差異が認められる。図8~9には猿投山北断層に対応する平野内の応答波形と水平面内の粒子軌跡を示す(解放工学的基盤の2.5秒以上の長周期成分)。堆積層の厚い地点での波動トラップによる継続時間の伸長や、基盤形状変化に伴う波動伝播方向の変化などが読みとれ、堆積地盤の3次元的構造モデルの重要性が分かる。

4. まとめ

本論では、地域密着型の強震動予測を地域協働

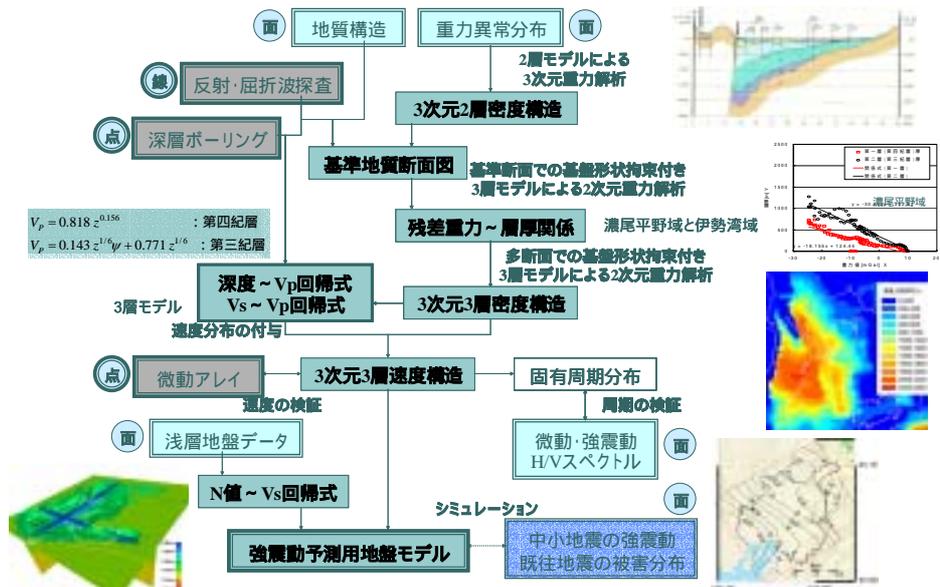


図5 地盤のモデル化のフロー図

で実施した事例を紹介した。協議会方式の採用、策定途中での予測手法に関する講習会や、地震動活用のための免震設計や性能設計の講習会とセットで予測結果を開示しようとする方法は新しい。

中京圏では、南海トラフでの巨大地震の切迫性が指摘されるようになり、地震に対する関心が高まっている。今後、本成果が地域の防災力向上に少しでも役立てば幸いである。

近年、強震動予測の知見が著しく向上したが、基礎データの不足もあり、その予測精度は未だ倍半分と言ったレベルにある。現状は、物作りに用いるには課題も多い。耐震設計者には高度な工学的判断が必要とされていることを付記する。

最後に、愛知県設計用入力地震動研究協議会、愛知県建築住宅センター・耐震構造委員会、同・地震動作成検討部会、(株)大崎総合研究所、応用地質(株)中部支社の関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 岡田篤正, 牧野内猛, 鈴木康弘: 愛知県の活断層 (その1~3), 愛知県防災会議地震部会, 2000-2002
- 2) 愛知県: 濃尾平野地下構造調査報告書, 2000-2002
- 3) 福和伸夫他: 愛知県名古屋市を対象とした設計用地震動の策定 その1~7, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2, pp.81-94, 2001
- 4) 愛知県設計用入力地震動研究協議会: 愛知県設計用入力地震動の作成 - 想定地震による強震動予測 - 報告書, 2002
- 5) 福和伸夫他: 濃尾平野の地盤調査とそのモデル化, 月刊地球号外 37号, pp.108-118, 海洋出版, 2002
- 6) 早川崇: 名古屋市における強震動予測事例 - 濃尾平野の3次元堆積盆地モデルの作成と適用 -, 第29回地盤震動シンポジウム, 日本建築学会, 2002

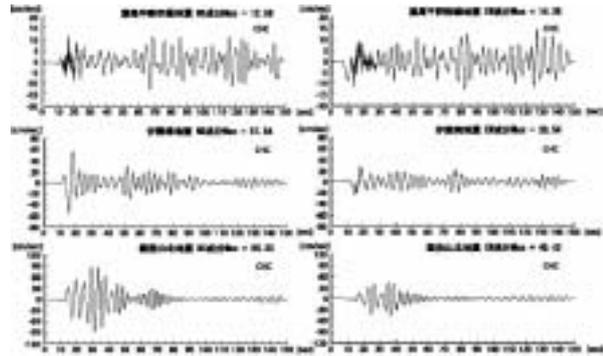
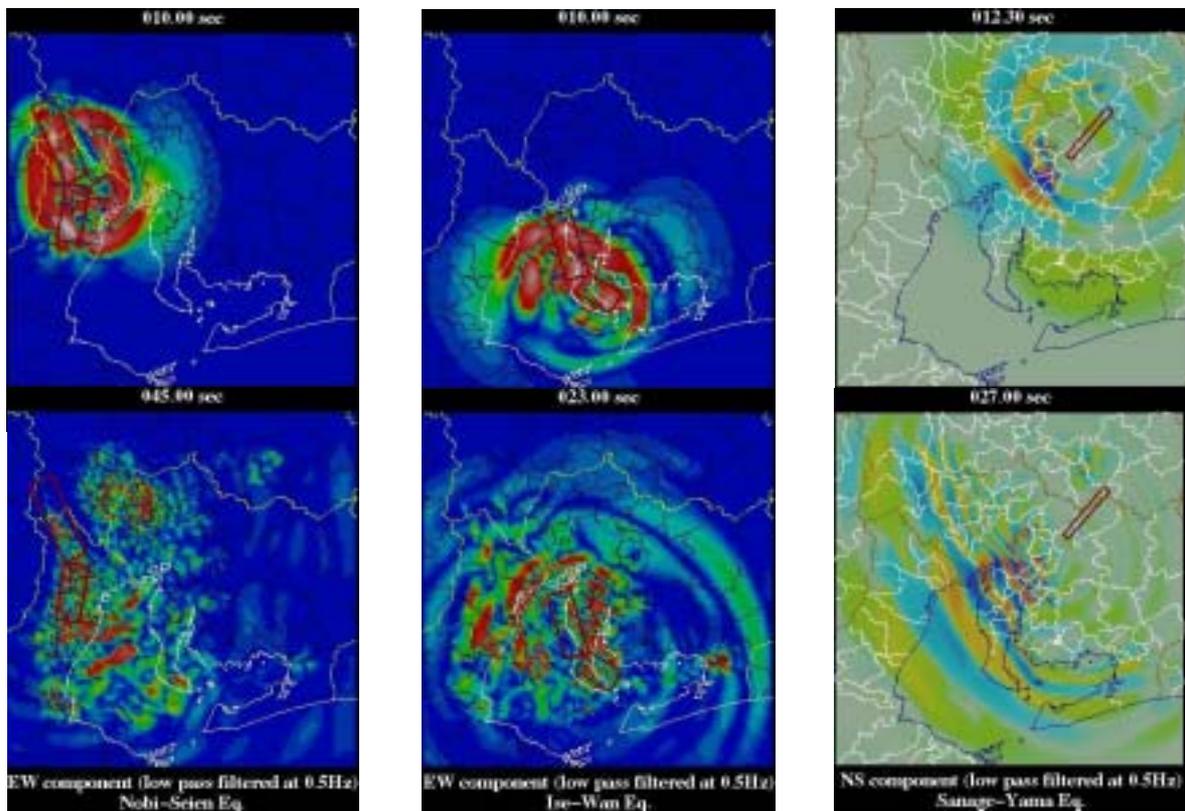


図6 CHC地点での地表地震動
(上から想定濃尾平野西縁断層、想定伊勢湾断層、想定猿投山北断層、左NS成分・右EW成分)



想定濃尾平野西縁地震

想定伊勢湾地震

想定猿投山北地震

図7 代表時刻での工学的基盤面応答のスナップショット(2.5秒以上の長周期成分)

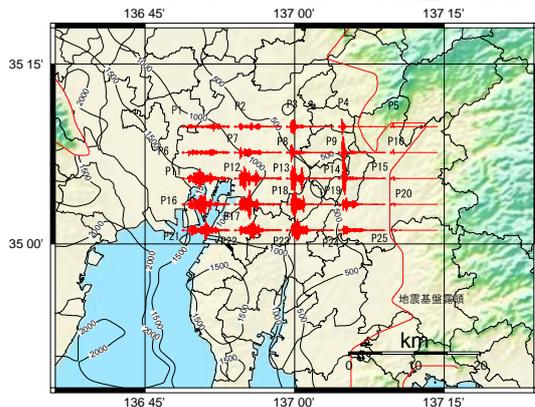


図8 想定猿投山北地震の速度波形 NS成分

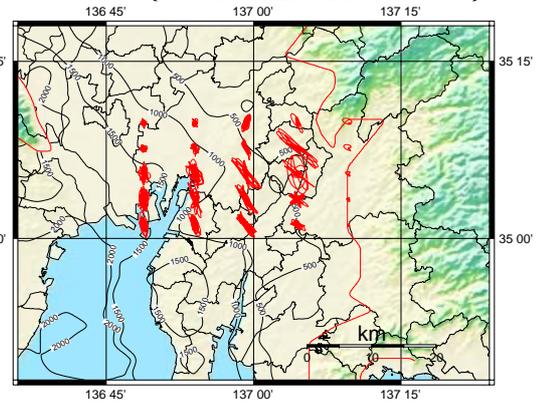


図9 想定猿投山北地震の水平面の粒子軌跡