

高機能社会における既存建物の耐震性能評価

(その1) 検討対象建物と入力地震動

高機能社会 耐震性能 中高層建物
時刻歴地震応答解析 南海トラフの地震 被災シナリオ

1.はじめに

南海トラフでは、巨大地震がくり返し発生しており、それら過去の被害地震から学ぶことは多かったはずである。社会経済活動が小規模で単純な状況下ではそれがある程度活かされてきた。たとえばかつては経験的に比較的良好な地盤地域に建物を立地させ生活をしてきたことなどである。しかしながら過去の巨大地震発生時の社会と現代社会では、その状況が大きく変わって来ている。

社会経済活動の発展とともに短期視野的な利便性及び経済性に基づき軟弱な地盤と言われる沖積低地に市域は拡大し、同様にその市域の生活を支えるエネルギー・プラントや各種工場群も市域の周辺、あるいは臨海埋立地域に拡がり、その集積は著しく進んできた。これは1944年東南海地震、1946年南海地震以降のいわゆる戦後において顕著である。

現代社会は「高機能社会」といわれており、その特徴として以下のようなことが例示されている¹⁾。

- ・膨大な情報及びそれを支える情報システムの活用
- ・快適性、利便性、セキュリティを追及のため、様々な精密機器やライフラインの稼働を前提
- ・業務面において、コスト低減のための外注化、専門化の進展（サプライチェーン）
- ・大都市の魅力の高まりや建築技術進展等に基づく土地の高度利用、高層化

社会を構成する個々の高度化した機能が相互に関連し、組み合わさり、相互の機能が不可欠なものとして発揮される機能も多分に含むことも指摘されている。高機能社会における防災は、単に「地震被害経験を活かす」というスタンスでは既に到底追いつかない状況にあると言え、想像力を働かせて大地震後の社会状況はどうなるのかということを具体的に考えていかなければならない。既に企業の状況や個人の状況をシナリオとして追っていく研究も進められつつある¹⁾。その際にシナリオの精度を高める意味からも最も重要な情報のひとつとなるものが、膨大なストックの耐震性能である。

ここでは、名古屋経済地域において企業にかかる具体的な被災状況シナリオ作成に資するために、手始めとして当地区における典型的な建物モデルを選定し、典型

正会員 曽我裕*1 同 彦坂智基*2
正会員 福和伸夫*3 同 護雅史*4 同 高橋広人*5

的な立地、想定地震におけるその被害程度を把握することを行う。

2.検討建物、検討地盤と入力地震動

2.1 建物概要

名古屋経済地域は東京や大阪に較べて超高層建物は少なく名古屋駅前から栄に至るビジネス街では高さ30~60mの一般中高層の事務所ビルが主流である。そこで検討対象建物は、地下1階、地上14階、高さ60m級のS造建物（以下60mモデル）と地下1階、地上8階、高さ30m級のS造建物（以下30mモデル）の2通りとした。いずれも純ラーメン構造である。図1に60mモデルの軸組図、図2に基準階床伏図を示す。30mモデルも同様の基準階形状を有する架構としている。

2.2 地盤・基礎概要

検討対象地は、名古屋ビジネス街の代表である中村区名駅、伏見（中区錦）中区栄の3地区とした。3地区は東西約3kmの範囲に連なっており、高層建物の支持層となる礫層を含む海部弥富累層は概ねGL-35~45mの深さから出現し西程深くなる傾向にある。以下伏見について地盤状況、基礎概要等を詳述する。

表層地盤は、主に熱田層上部に相当する。図3に地盤の解析諸元を、図4に基礎（杭基礎）の概要を示す。モデルの作成においては、当該地域における既往の設計方針を参考にした。杭はアースドリル工法による場所打コンクリート杭である。60mモデルの杭先端はおよそGL-40mにある砂礫層（海部弥富累層の第一礫層）しており杭長は32mである。30mモデルの杭先端はおよそGL-27mにある砂層としており杭長は20mである。

また、後述する入力地震動作成においては、地盤の非線形性を考慮するため、土質とその拘束圧に応じた動的変形特性をHDモデルとして評価し、G/G₀及びh曲線を表1により与えることとした。砂質土と粘性土については、東京、神奈川、大阪の各エリアにおける試験結果より得られた評価式²⁾を用い、礫質土については内田らによる評価式³⁾を用いて基準せん断歪み_{0.5}、最大減衰定数h_{max}を設定した。その際、砂質土、礫質土については拘束圧を考慮しており、粘性土に関しては、塑性指数として平均値を用いた。減衰定数の下限値は2%としている。

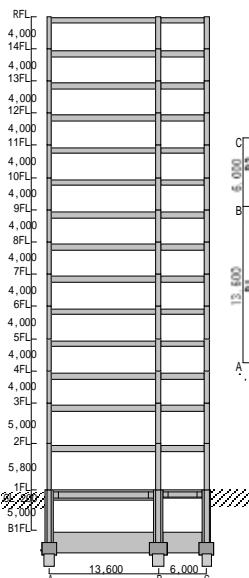


図 1 60m モデル軸組図

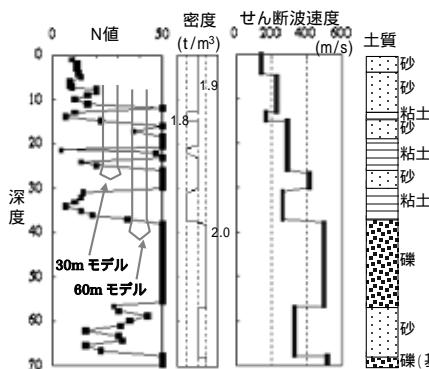


図 3 地盤解析諸元(伏見)

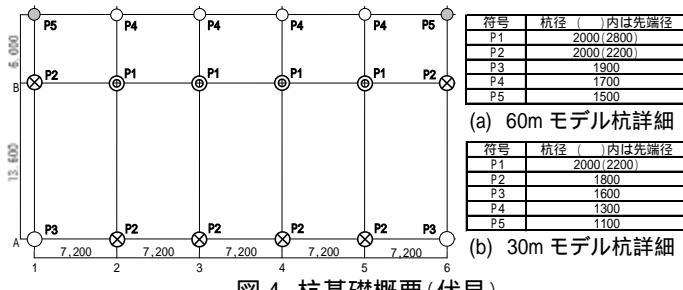


図 4 杠基礎概要(伏見)

2.3 入力地震動

入力地震動は、告示波(レベル2)とサイト波(想定東海・東南海地震)とした。告示波は、建設省告示に基づき、極めて稀に発生する地震動の加速度応答スペクトルにフィッティングするよう作成した3波(ランダム位相、八戸位相、JMA神戸位相)を工学的基盤位置(伏見:GL-67.8m)に入力し、1次元重複反射理論に基づく等価線形解析(SHAKE)により計算された、基礎底深さにおける波形としている。ランダム位相を用いる際には、Jeninngsによる、M8相当の包絡関数形を用いた。

*1 株竹中工務店 設計部 *2 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生
*3 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博
*4 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士(工学)
*5 応用地質株式会社・博士(工学)

また東海・東南海地震については擬似経験的グリーン関数法⁴⁾を用いて合成したものを探用した。断層モデルは図5に示すように中央防災会議による想定東海・東南海地震の震源モデルのアスペリティを元に、1辺5kmである東側断層(想定東海地震)を10kmに修正したものとしている。なおアスペリティのみを計算し、背景領域については計算していない。波形合成に用いた中小地震は西側断層(想定東南海地震)として、2004年1月6日に発生した熊野灘の地震(Mj=5.4、震源深さ37km)、東側断層として2001年4月3日に静岡県中部で発生した地震(Mj=5.3、震源深さ40km)としている。図6には入力地震動の速度応答スペクトルを、また地盤の応答解析結果を図7に示す。東海・東南海地震は1秒前後と4秒前後において大きく卓越するものとなっている。告示波は0.8~1.8秒あたりで130~150kineを示している。また、地盤の応答値(最大せん断歪み)としては告示波のほうが大きく、GL-15mあたりで最大0.6%程度となっている。

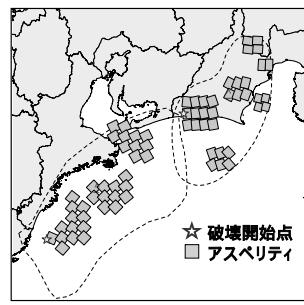


図 5 想定東海・東南海地震の震源モデル

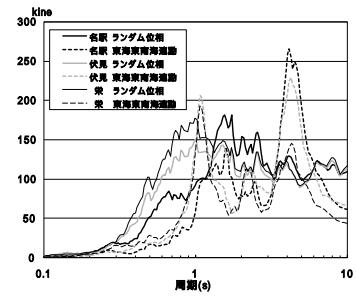


図 6 入力地震動の速度応答スペクトル

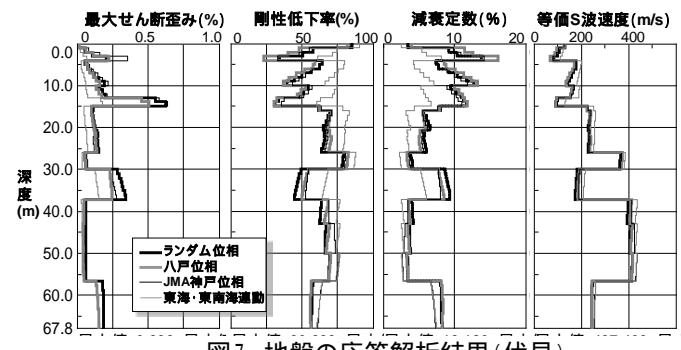


図 7 地盤の応答解析結果(伏見)

<参考文献>

- 日本建築学会構造委員会：高機能社会に求められる建築構造と構造委員会が果たすべき役割、2009年度日本建築学会大会(東北)構造部門研究協議会資料、2009.8
- 建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計 pp.54-56
- 日本建築学会論文集、「地盤材料の繰り返し変形特性の定式化」第544号、69-75, 2001年6月
- H.Takahashi, N.Fukuwa, H.Senga, K.Hayashi, M.Mori, J.Tobita: Strong Ground Motion Prediction by Using New Analysis Method Named 'Pseudo Empirical Green's Function Procedure', Proceedings of 14th World Conference of Earthquake Engineering, Paper No. 03-03-0031, Beijing, 2008.10 (DVD-ROM)

*1 Building Design Dep., Takenaka Corporation *2 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
*3 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng
*4 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng
*5 OYO Corporation, Dr. Eng