

緊急地震速報を活用した超高層建築の地震防災対策に関する研究

D3-04042 西村 亜希

緊急地震速報 長周期地震動 超高層建築

1.はじめに

2004 年 10 月 23 日新潟県中越地震が発生し、首都圏で観測された長周期地震動により、六本木ヒルズでは 67 基のエレベーターのうち 6 基が機器の損傷などで停止し、2 基では乗客に閉じこめが発生した。1 基は、(客室)をつるワイヤ 8 本のうち 1 本が、電源信号用ケーブルを留める金具に引っかかり、運転を続けたため強く引っ張られて切断される事故が起きた。<sup>1)</sup>また 2007 年 7 月 16 日の新潟県中越沖地震でも同様に長周期の成分を多く含む地震動が首都圏で観測され、<sup>2)</sup>新宿などにある超高層ビルのエレベーターが停止した。

このように固有周期の長い超高層建築は長周期地震動により大きく振動するので、超高層建築の立ち並んでいる都心では特に長周期地震動への対策が必要であると言われている。長周期地震動(表面波)は実体波に比べ、伝播速度が遅く、P・S 波の後に到着するため、対策をとるのに十分な時間があると考えられる。

また 2007 年 10 月 1 日から、気象庁から地震被害の低減を目的として、緊急地震速報の提供が始まった。

緊急地震速報とは、地震発生直後に震源に近い地震計でとらえた観測データを解析して、震源やマグニチュードを推定し、これに基づいて各地での主要動の到達時刻や震度を推定し、瞬時に知らせる情報のことである。この情報を利用して主要動が到達する前にエレベーターを停止させたり、工場、オフィス、家庭などで避難行動をとり、被害を軽減することが期待されている。<sup>3)</sup>

しかし、一般向けに気象庁から提供される情報は、震度のみの情報のため、危険回避に利用するにはやや不十分であり、また震度という短周期の地震動指標で評価されるため、長周期地震動による超高層ビルの被害を予測できないという問題がある。工学院大学では防災科学技術研究所から共同研究として、地震の震源位置や発生時刻、マグニチュード、震源深さ等のより詳しいデータを直接受信しているので、このデータから長周期地震動による超高層建築の被害を予測し、工学院大学の地震防災に役立てたいと考えている。そのために本研究では現在受信している緊急地震速報を利用し、長周期地震動の簡易評価方法について検討し、また長周期地震動による工学院大学の揺れを簡易的に評価するためのデータベースを作成する。

2.研究の流れ

観測データから P、S、表面波の到達時刻を読み取る。これまでに工学院大学で観測された地震のデータを統計的にまとめる。

深さやマグニチュードの情報を与え、表面波の到達時刻を予測する。

等価 1 質点系モデルで応答解析を行い、工学院大学の概ねの応答を予測する。

長周期地震動による工学院大学の揺れを簡易的に評価するためのデータベースを作成する。

3.過去新宿で観測されたデータについて

3.1 観測波形から P・S・表面波の到達時刻を読み取る

大学と k-net<sup>4)</sup>新宿点の観測記録から P、S、表面波の到達時刻を読み取った。図 1 は新潟県中越地震の変位波形である。図 1 の波形を見ると表面波の到達まで 101 秒、最大応答を示すまでには約 115 秒と 2 分程度かかっており、エレベーターを停止させ、校内アナウンスを流すなどの対策をとる時間があることがわかる。

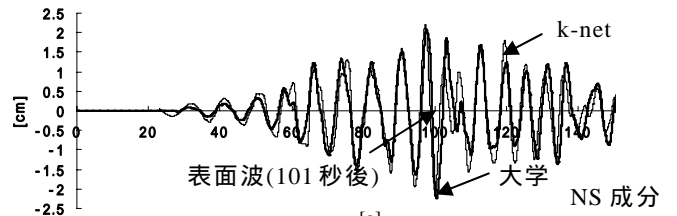


図 1 変位波形(k-net、大学 GL-100m)

3.2 観測データを統計的に把握する

過去の新宿での地震観測データを震源位置、深さ、マグニチュード、地震発生・観測開始時刻等をまとめ、地震規模と建物への影響について、統計的に把握するために行った。現在 1997 年から 2007 年までの間に観測された地震データが 100 程度集まっており、そのうち長周期地震動の観測データは 15 個である。

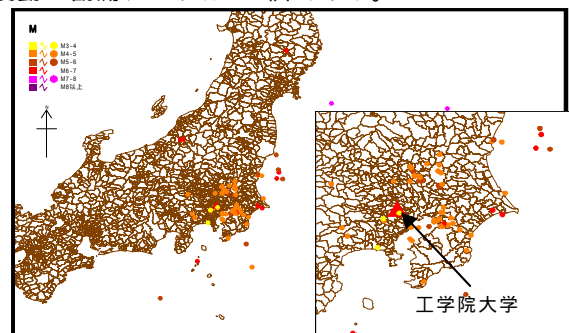


図 2 震源位置と観測点

図2は工学院大学と、観測された地震の震央位置をGISにより表したものである。震源の各点には緯度経度、深さ、マグニチュード等の情報を入力し、工学院大学近傍で発生した地震や離れたところで発生した大きな地震も観測されていることが分かる。

#### 4. 表面波の到達時刻を予測する

理論的方法<sup>6)</sup>により地盤や震源をモデル化し、深さやマグニチュードの情報を与え、表面波の到達時刻を求める。

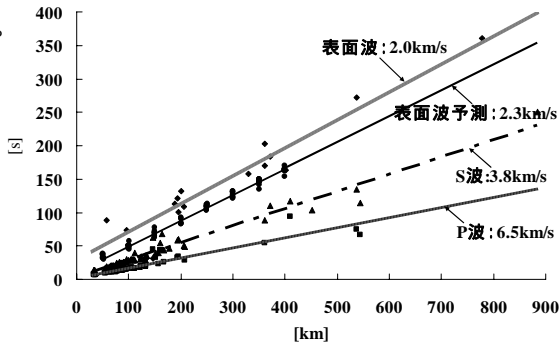


図3 震源距離と到達時間の関係

図3は過去の新宿で観測された地震動を、震源から新宿までの距離を横軸にとり、工学院大学で観測したP、S、表面波の到達時刻と理論的方法により求めた表面波の到達時刻を縦軸に示したものである。図から、P波がおよそ6.5km/s、S波が3.8km/s、表面波が2.0km/s、予測した表面波は2.3km/sの速度で伝わってきているのが分かり、シミュレーションによる表面波の到達時刻の方が0.3km/s速くなっている。

#### 4.1 手法の妥当性の確認

新潟県中越地震の時に工学院大学で観測された波形と理論的方法で求めた波形を比較したものを図3に示す。

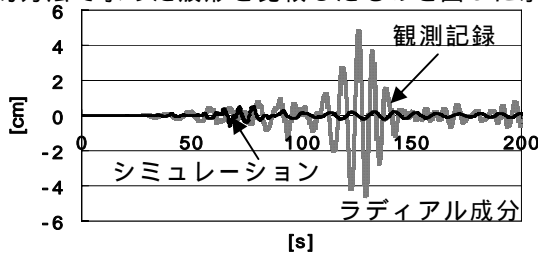


図4 観測波形(GL-100m)・予測波形の比較

図4から初動到達部分の振幅は観測記録に近くなっている。簡易的手法のために、盆地構造による地震動を表現できていないが、表面波の到達部分では一致していることから、到達時刻は予測出来るといえる。

#### 5. 等価1質点系モデルでの応答解析

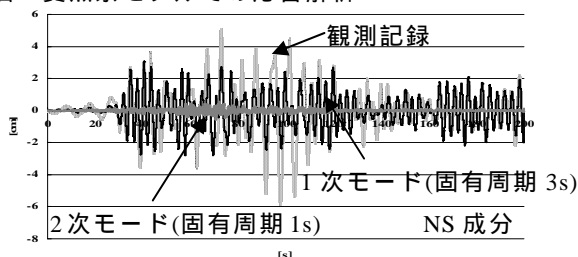


図5 新潟県中越地震の低次モードの応答解析結果

図5から1次モードによる応答(固有周期3秒)と観測記録がほぼ一致していることから、1次モードによる応答が支配的であることが分かる。またやや長周期地震動の初動到達部分による応答が建物応答と一致しており、建物がゆれ始める時間も予測できると考えられる。

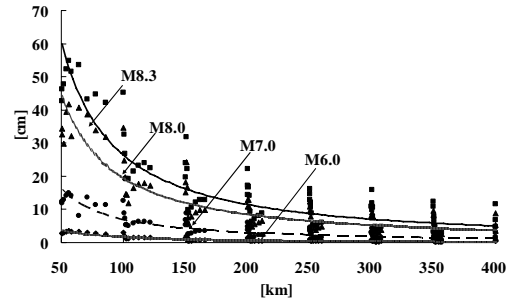


図6 震源距離と最大応答変位の関係

図6は等価1質点系モデルで応答解析を行い、工学院大学の周期を3秒として工学院大学の地震応答を予測したものである。

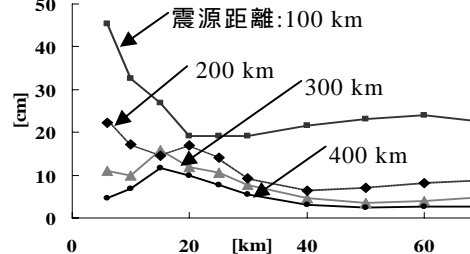


図7 震源深さと最大応答変位の関係

図7はM8.3の最大応答変位と震源深さの関係を表したものである。震源距離が100kmだとS波による影響が出ている。震源の遠い地震では深さ15kmの地震で大きく応答しているが、深さが40km以上の地震ではほとんど影響が出ていない。浅い地震でやや大きな応答が見られることから震源の浅い地震では長周期地震動が発生しやすく、その影響により建物応答が大きくなっていると考えられる。

#### 6. 緊急地震速報への適用と今後の課題

過去の工学院大学に影響のあった地震のデータを統計的にまとめ、P波、S波、表面波の伝播速度を求めた。

さらに地震動予測と1質点系地震応答解析を行い、工学院大学における揺れを簡易的に評価するためのデータベースを作成した。これらにより緊急地震速報から、P波S波だけでなく表面波の到達時間と表面波による大学の応答を簡易的に予測することができる。

今後の課題として、地震波の振幅は観測記録と地震動予測結果で大きく異なっているため、過去の観測記録から補正係数を導き出し、補正する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 47NEWS ホームページ: <http://www.47news.jp>
- 2) 古村 孝志、武村 俊介、早川 俊彦: 2007年新潟県中越沖地震(M6.8)による首都圏の長周期地震動
- 3) 気象庁ホームページ: <http://www.jma.go.jp>
- 4) k-net ホームページ <http://www.k-net.bosai.go.jp/>
- 5) 日本建築学会: 地盤振動-現象と理論-