

研究速報

駒場リサーチキャンパスにおける地盤・建物の地震観測システム

Seismic Observation System of Ground and Building in Komaba Research Campus

小檜山 雅之*・山崎 文雄*・目黒 公郎**・ガブリエル・カジェ*

Masayuki KOHIYAMA, Fumio YAMAZAKI, Kimiro MEGURO and Gabriel D. CALLE

1. はじめに

東京大学生産技術研究所では六本木キャンパスから駒場リサーチキャンパスへの移転に伴い、敷地と建屋に新たに加速度地震計を設置した。敷地に設置した地震計の位置は、地表面上のものに加え、建屋支持層である東京礫層に達する深度 18 m, さらに深度 55 m にも設置している。今後、東京都心部の地震応答特性を明らかにする有用な地震記録を観測することが期待できる。本報告では、観測システムの概要と、設置後に観測された地震記録をもとに、地盤ならびに建屋の地震応答の特徴を述べる。

2. 敷地地盤の特徴

駒場リサーチキャンパスの敷地は小田急線東北沢駅の南東約 500 m に位置し、標高は約 40 m, 地形はほぼ平坦である。この地域は武蔵野台地の淀橋台と呼ばれる下末吉面に相当する (図 1)。地質については上位より、新期関東ローム層である立川・武蔵野ローム, 古期関東ローム層に分類される下末吉ローム, 東京層, 東京礫層, 上総層群が分布する。

新営工事に先立ち行われた 6 箇所 のボーリング調査では、表 1 の層序が確認されている。地下水位については、無水掘りで確認された孔内水位に連続性がなく、火山性粘性土層内で宙水状態にあると考えられる。サイト地盤は東京層と上総層群上部の位置で比較的 N 値が小さい砂質土層となっているが、いずれも洪積層であるため、セメンテーション効果により液状化は発生しにくいと考えられる。

深度 55 m の地震計設置孔では、地盤調査として標準貫入試験ならびに PS 検層が実施された。これらの試験結果を図 2 に示す。

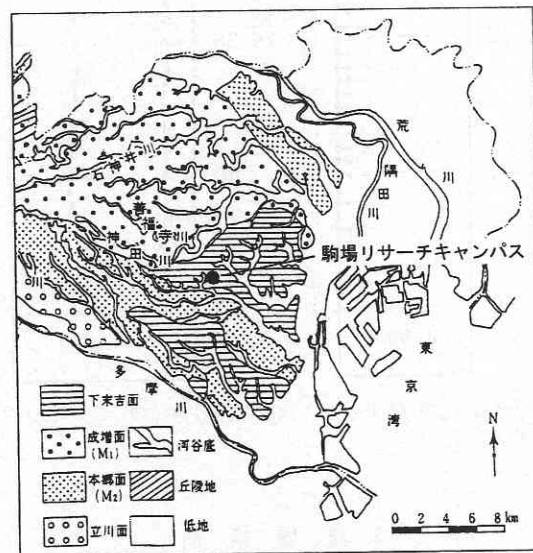


図 1 駒場リサーチキャンパスの位置と地形

表 1 敷地地盤の地層

標高 TP+ (m)	深度 GL- (m)	土質	N値 (平均)	地質 年代	地層名
40.7 39.5	0.0 -1.2	埋土	2~4 (3)	第四紀 現世	埋土
36.0	-4.7	火山性 粘性土	3~13 (6)		新期関東 ローム層
28.0	-12.7		1~26 (6)	第四紀 更新世	古期関東 ローム層
22.0	-18.7	細砂	4~37 (17)		東京層
20.0	-20.7	砂礫	60以上		東京礫層
		微細砂	29~60以上 (60以上)		上総層群

*東京大学生産技術研究所 人間・社会部門

**東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

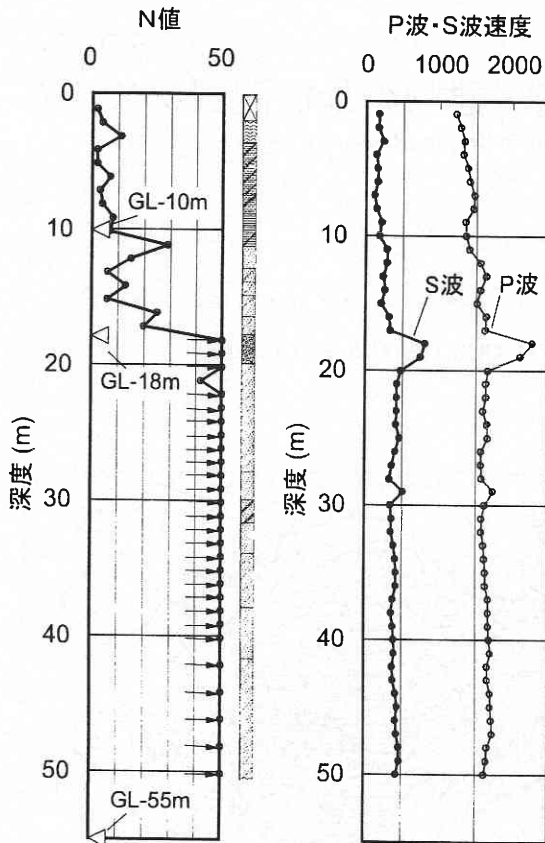


図2 標準貫入試験結果と地中地震計の設置位置 (左) およびPS 検層結果 (右)

3. 建屋構造

生産技術研究所研究棟建屋 (写真1) は間口が218 m, 奥行きが48 mと南北に長く, 南北5つのブロック (南からB, C, D, E, F) に分かれている。各ブロックは西側に8階の高層棟 (D, Eブロックは7階), 東側に6階の中層棟があり, 2棟の間の吹抜け空間は, 東側に傾斜したガラス屋根が覆っている。

GL ± 0 から基礎部分にかけては, 全ブロックで構造を一体とし, 1階より上部についてはB, C, DとE, Fの間をエクspansion・ジョイントにより, 構造的に分離している。高層棟と中層棟は, 各ブロック間と端部の6箇所のコアシャフトにある廊下で接続されているが, 両棟の上部構造は構造的に独立となるよう縁切りがなされている。1階の階高は7.25 mと, 2階以上の階高4 mよりも高くなっており, キャンパス中央部へのアクセス性を配慮し, 高層棟については1階をピロティとしている。

建屋の構造形式は地階・1階が鉄骨鉄筋コンクリート造, 2階以上が鉄骨造で, 杭基礎はGL-20 mの東京礫層を

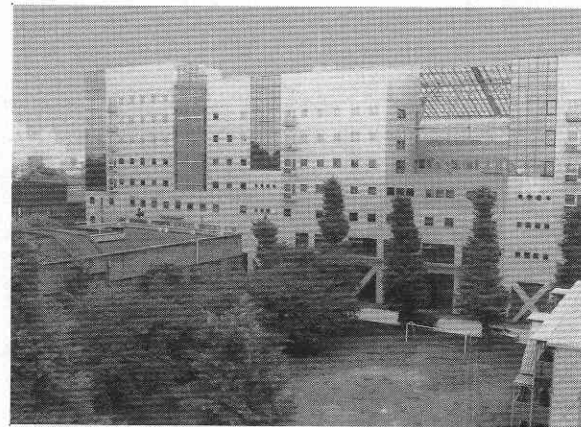


写真1 生産技術研究所研究棟の西面 (広場のサッカーゴール左後に地表地震計)

支持層とし, プレボーリング拡大根固め工法による高強度プレストレストコンクリート杭を用いている。

4. 地震観測システム

図3に地震計配置を示す。敷地の地表部については3箇所, うち1地点は深度10, 18, 55 mの地下3箇所にも3成分加速度計を設置した。深度18 m, 55 mの観測位置はそれぞれ東京礫層ならびに上総層群に達している。これまでの各機関のアレー観測記録²⁾に加え, 東京都心部の地盤と建屋の応答を理解する上で貴重な地震記録の収集が期待できる。

また建屋については, 地下1階に5箇所 (上下動1成分4箇所, 3成分1箇所), 中層棟, 高層棟の最上階 (6階ならびに8階) のB, Cブロックの中間位置にそれぞれ1箇所 (3成分) 設置している。

図4に地震観測システムの構成を示す。敷地・建物に設置された地震計記録は自動的にサーバに蓄積され, LAN回線により各研究室からデータを取得することが可能である。また, 生産技術研究所千葉実験所の三次元アレー地震観測システム³⁾についても, インターネットを活用しデータ収集システムの統合をはかっている。

5. 地震観測記録に基づく地盤・建物応答の特徴

2001年4月中旬に観測を開始してから4ヶ月間に, 表2に示す6つの地震による観測記録が得られた。以下, これらの記録に基づき, 地盤応答と建物応答の特徴を述べる。

5.1 地盤応答の特徴

地震動の増幅特性を把握するため, まず敷地中央の広場の地点について, 深度55 mの最大加速度に対する深度18 m, 深度10 m, 地表の最大加速度の比を, 各方向別に

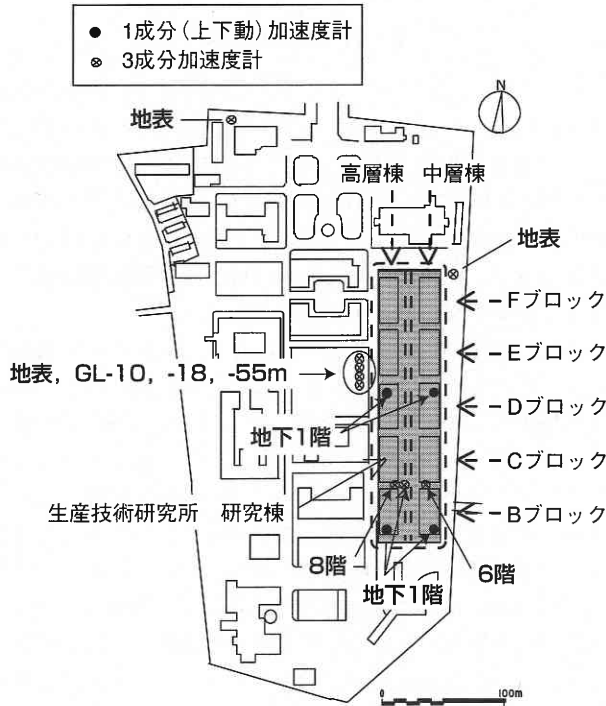


図3 地震計配置図

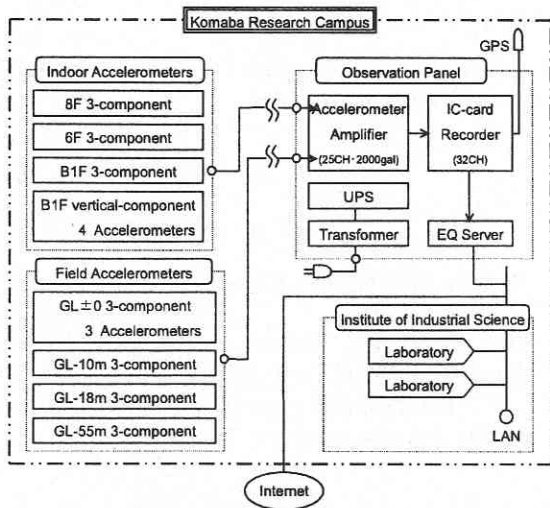


図4 地震観測システムの構成

図5に示す。グラフ中の比は、6地震の平均を表している。これより、東京礫層以深では地震動の増幅が小さいのに対し、東京層から地表面にいくにしたがい、応答が次第に増幅していく様子がわかる。

次に、深度55mに対する地表の加速度フーリエ振幅スペクトルの比を、敷地中央と北西の2地点について、図6に示す。グラフは南北方向(太線)と東西方向(細線)で

表2 分析に用いた地震観測記録

地震発生時刻 (2001年)	北緯 (度)	東経 (度)	深さ (km)	地震規模 マグニチュード	地表最大 加速度* (cm/sec ²)
4月20日 1時45分	36.1	139.8	70	4.4	5.4
5月24日 13時23分	35.9	140.1	70	4.3	12.3
5月31日 8時59分	36.2	139.8	50	4.6	7.7
6月25日 1時27分	35.6	139.5	40	3.9	54.0
7月20日 6時02分	36.2	139.8	60	5.1	13.5
7月26日 3時33分	36.1	139.8	80	4.5	24.8

*: 敷地中央地点の水平2成分のうち大きい値

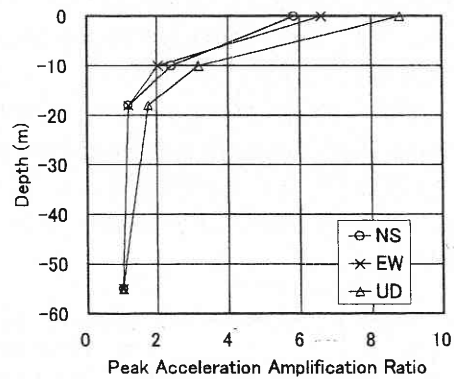


図5 深度55mに対する各深度の加速度最大値の比

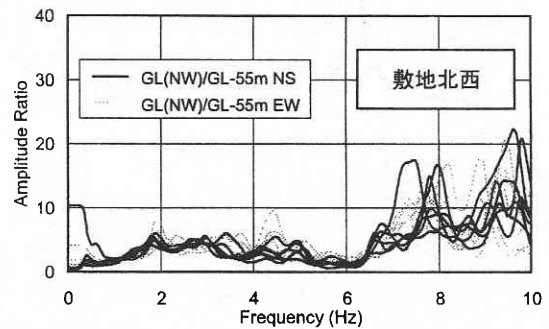
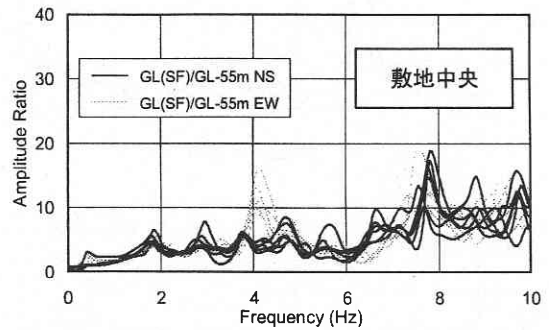


図6 深度55mに対する地表のフーリエスペクトル比

研究速報

分けて描いている。敷地北西の図では、7 Hz 以下では両方向ではほぼ同様の曲線となっているのに対し、敷地中央の図では 4 Hz 付近で東西方向の増幅比が南北方向よりも大きくなっている。この増幅比の異方性の原因としては、①研究棟の建屋応答の方向による違い、②南北方向に非常に長い杭基礎群と基礎版による、地盤変形の拘束作用といったことが考えられる。なお、図には記載しなかったが、敷地北東部の地表観測点についても、建屋に近い敷地中央と同様の傾向が見うけられる。

5.2 建屋応答の特徴

建屋地下 1 階の応答に対する高層棟最上階 (8F) ならびに中層棟最上階 (6F) の加速度フーリエ振幅スペクトル比を図 7 に示す。評価に用いた地震動の大きさは、いずれも比較的小さく、地盤・建物とも剛性がほぼ線形の領域での応答であるとみなせる。フーリエスペクトル比のピーク値から、建屋の 1 次固有周期については、おおよそ、高層棟 NS 方向 0.39 秒、EW 方向 0.48 秒、中層棟 NS 方向 0.37 秒、EW 方向 0.39 秒であることが読み取れる。これより、EW 方向のほうが NS 方向よりも若干剛性が小さいものと考えられる。

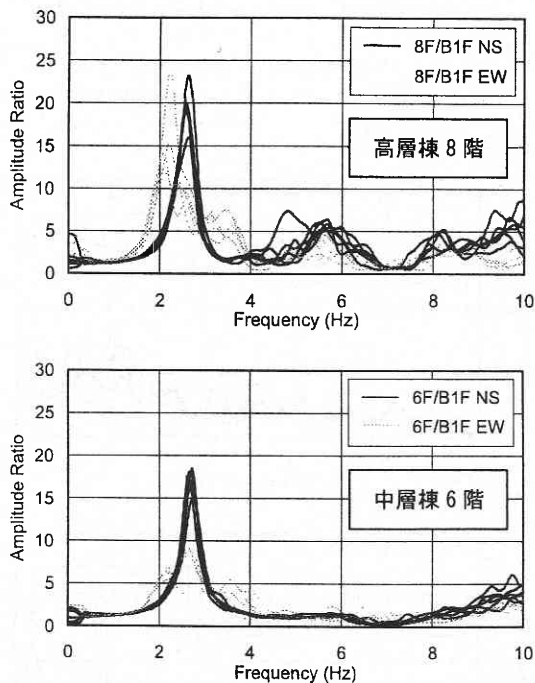


図7 地下1階に対する最上階のフーリエスペクトル比

6. おわりに

本報では、駒場リサーチキャンパスに新たに設置された地震観測システムについて紹介した。6地震の観測記録から、建屋近傍の地表面については 4 Hz 付近に増幅の異方性が認められることが明らかとなった。この原因としては、建屋の剛性の違いに加えて、建屋が南北に非常に長く、基礎版ならびに杭により南北方向の見かけの地盤剛性が高くなっている影響が考えられる。

また、南北に長い構造物の特徴から、地震動の位相差入力の可能性も指摘できる。さらに、上部構造の高さ、床面積の規模も、中層棟、高層棟、そして南北の B、C、D ブロック、E、F ブロックで若干異なっている。このことから、ロッキングやねじれ振動についても観測記録により検討する余地がある。今後は、本地震観測システムにより得られる地震動の記録をもとに、地盤と建屋の応答分析を行い、東京都心部の地震応答特性を明らかにするとともに、地震防災対策の向上につなげる研究を実施していきたい。また、得られた地震記録は、随時インターネットにより公開を行っている (東京大学生産技術研究所山崎研究室のホームページ: <http://rattle.iis.u-tokyo.ac.jp>)。

謝 辞

(株)川口衛構造設計事務所永田秀正氏には建屋構造に関する設計資料・情報を提供していただきました。記して感謝申し上げます。

(2001年9月10日受理)

参 考 文 献

- 1) 東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図 (II) 山の手・北多摩地区，1990。
- 2) (財) 震災予防協会：強震動アレー観測，No. 2, 1995。
- 3) 片山恒雄，山崎文雄，永田茂，佐藤暢彦：高密度三次元アレーによる地震動観測と記録のデータベース化，土木学会論文集，No. 422/I-14, pp. 361-369, 1990。