

## 改良地盤に支持された中層免震建物の振動特性に関する研究 -上部建物工事の進行に伴う土圧分布の変化に関する報告-

正会員 ○後藤圭佑\*<sup>1</sup> 同 護雅史\*<sup>2</sup>  
同 福和伸夫\*<sup>3</sup> 同 飛田潤\*<sup>4</sup>

土圧計測 荷重分担 施工段階  
光ファイバーセンサ 改良地盤 免震建物

### 1. 背景と目的

本報告で対象とする免震病院建物の敷地では、液状化のおそれがある地盤での直接基礎実現のために、凍結サンプリング等の詳細な地盤調査に基づき、地盤改良が行われた。これにより大幅なコスト削減が可能となった一方で、地盤を含む建物特性の施工時から竣工後に亘る長期的変化の確認や、さらに大地震時の健全性の評価が課題となった。そこで、地震計・土圧計・変位計等による高密度観測を実施している。

今回は、建物の施工段階における健全性の確認を目的とし、施工の進行に併せて、定期的に土圧計測を行った結果について報告する。建物の施工過程が鉛直土圧・側面土圧に与える影響や、改良体と未改良部の荷重分担率の観点を中心に、観測データの分析を行った。また光ファイバーセンサ(SOFO)の計測結果とも考え合わせ、側面土圧の計測結果について、温度依存性を確認した。

### 2. 建物及び敷地の概要

図1に建物の免震層の平面図及び立面図を示す。当該建物は、東西約100m、南北約50mで、地下に免震層を有する4階建物である。当敷地においては、敷地の約4分の3にあたるL字型の部分において地盤改良が行われたため、地震時には偏心によるねじれが生じるおそれがある。改良地盤の調査によると、改良体、未改良部のせん断波速度はそれぞれ約800m/s、約200m/sであり、改良地盤全体の等価せん断波速度は、約400m/sである<sup>1)</sup>。

### 3. 工事及び計測の概要

2008年2月中旬に地盤改良完了、3月下旬に耐圧盤のコンクリート打設完了、その後免震層、1階～4階の立上がり工事が一層毎に順次行われ、10月中旬に躯体工事完了、2009年3月上旬に竣工した。図2に各施工段階の概略図及び荷重増分値を示す。この値は、前回計測時から、次回計測時までの工期にコンクリート打設したスラブ、壁、柱、梁や鉄骨の重量を概算したものである。

土圧計測を上部建物の施工に伴い、2週間隔で行っている。図1に計測器の配置図を示す。底面土圧計は、改良地盤と耐圧盤の境界に設置し、耐圧盤に作用する土圧を計測している。未改良地盤に1点(r-1, r-2とする)、改良地盤の未改良部分に2点(ir-1, ir-2とする)、改良地盤の改良体(ソイルセメントコラム内)に1点(ii-1とする)設置し、各部における結果を比較することで、上

部建物からの荷重分担の解明を目的としている。また、地震時には建物のロッキング等を計測する予定である。側面土圧計については、免震層の地下ピット外壁の深度GL-1m、耐圧盤中央の深度に各3点(それぞれ、b, c, d, B, C, Dとする)、擁壁頂部に1点(aとする)設置し、計測を行っている。将来的には、地震時の水平土圧増分から、改良地盤の偏心に伴う地下ピットの振れや、地盤の緩み、外壁からの剥離等の現象を含む動的相互作用効果に対して基礎データの収集をはかることを目的としている。なお、c, dの箇所では、まだ設計GLまで土が埋め戻されていないため、未計測の状態である。

また、土圧計に併せてSOFOを、改良地盤-未改良部分、改良地盤-改良体、耐圧盤内部(それぞれ、S-ir, S-ii, S-msとする)に設置し、土圧計の結果と比較した。

### 4. 計測結果

#### (i) 底面土圧

図3に底面土圧の計測結果を、図4に計測結果の増分値をとったもの、図5に耐圧盤を剛と仮定し、各施工段階における荷重増分値を耐圧盤面積で除して求めた耐圧盤下における平均的な圧力値を示す。ただし、r-1については、計測開始時期が11月と遅く、まだ十分なデータが取れていないため、本稿では扱っていない。

図3より、r-2, ir-1の結果が良く対応していることが分かる。このことから、現状では、未改良地盤と改良地盤-未改良部分の荷重分担に大きな差はないと考えられる。次に、ir-2, ii-1については計測値が比較的小さいことが分かるが、これは、施工時に土圧計周辺の細砂の締固めが不十分であったため、正しく計測できていない可能性が考えられる。また、施工の進行に伴い荷重が増加していくため、土圧値は単調増加すると考えられるが、実際には計測値が一時減少もしくは長期間に亘って単調減少している点についても今後検討の余地がある。

次に、図4、図5を比較する。r-2, ir-1の結果を見ると、荷重増分値から概算される耐圧盤下での平均的圧力に対して、計測結果の増分値が比較的小さいことが分かる。このことより、未改良地盤及び改良地盤-未改良部分が分担する荷重は小さく、改良地盤-改良体が大部分の荷重を支持している可能性が考えられる。

次に、r-2, ir-1, ir-2, ii-1について9/5の計測値が顕著に大きいことが、これは、8/29の大雨が影響したと考えら

れる。集中的に降った多量の水は、捌けるのに時間を要するため、地下水位が上昇する。これに伴う浮力が、土圧計に作用したことが可能性の一つとして考えられる。この推察が正しければ、耐圧盤直下まで地下水位が高まる可能性を示唆しており、同建物の耐震安全性の確認に際する貴重なデータとなり得る。この点について、間隙水圧計を設置したので、今後計測を通して検討を行う。

(ii) 側面土圧及び SOFO の結果

図6に側面土圧の計測結果を、図7に SOFO による耐圧盤、改良地盤-改良体、改良地盤-未改良部分における変位の変化を、図8に SOFO (改良地盤-改良体) 付近の温度変化を示す。

図6の側面土圧結果 a, b, B, C, D を見ると、全体的傾向として、8月上旬まで単調増加した後、単調減少に転じている。この傾向は、S-ms の結果によく対応している。また、図7と図8から、SOFO は変位の温度依存性が大きいと考えられる<sup>2)</sup>。ここで、S-ms の結果より耐圧盤は約 0.015mm 膨張し、側面土圧計に約 13kPa の圧力が加わると概算されるが、この値は、B,C 及び a,b における最大値と最小値の差、それぞれ約 18kPa,12kPa、16kPa,17kPa に概ね対応し、

定量的評価を行った上でも、耐圧盤の熱膨張が側面土圧に大きく影響している可能性がある。

5. まとめと今後の方針

現在施工中の改良地盤に支持された中層免震建物において土圧計測及び分析を行った。その結果得られた知見を以下に述べる。

- ①未改良地盤と改良地盤-未改良部分の荷重分担は同等であり、改良体は荷重の大部分を支持する可能性がある。
- ②大雨が底面土圧の計測に与える影響が大きいと推定される。これより、地下水位が耐圧盤の深度まで上昇する可能性を示唆した。
- ③側面土圧は耐圧盤の熱膨張の影響を大きく受ける。

今後は、底面土圧の計測値が増減する点や、荷重分布について、FEM 等を用いて解析的に検討を進めていく予定である。本論では施工時の特性を確認したが、竣工後にも定期計測を続けており、長期に亘る高密度観測を通して、地盤・建物の特性、地震時の動的応答、地震後の損傷等を評価することで、建物の安全性・健全性を確認していくことも視野に入れている。今後も継続的な検討を行っていきたい。

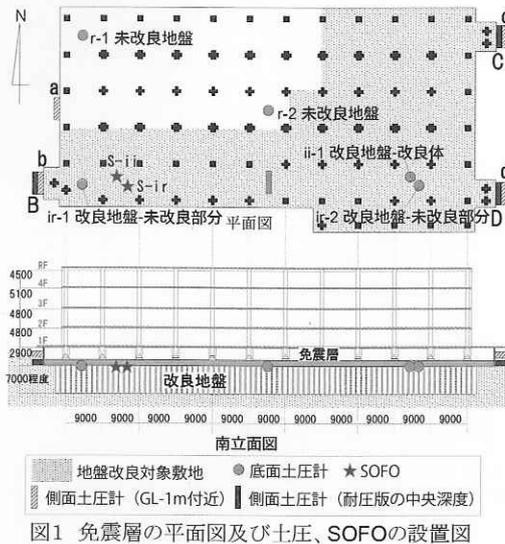


図1 免震層の平面図及び土圧、SOFOの設置図

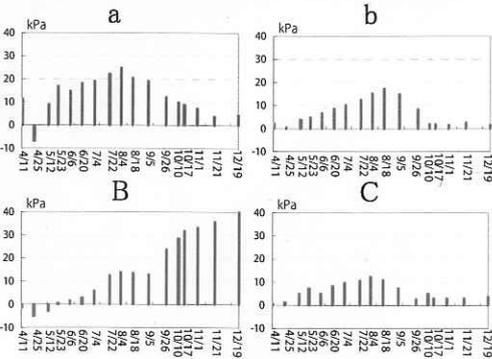


図6 側面土圧の計測結果

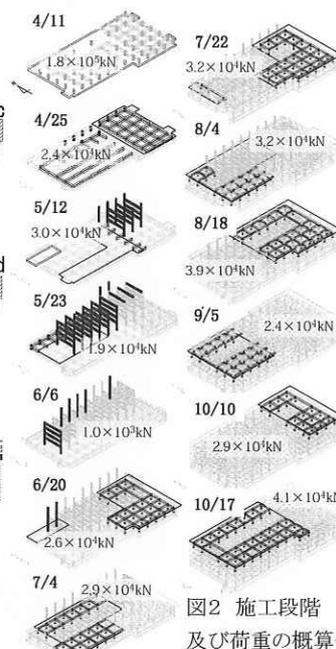


図2 施工段階及び荷重の概算値

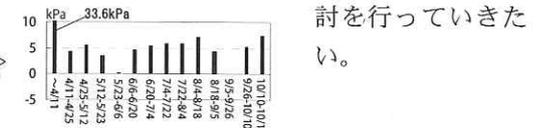


図5 耐圧盤下での平均的圧力の概算値

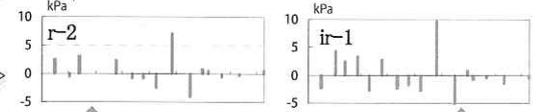


図4 底面土圧計測結果増分値

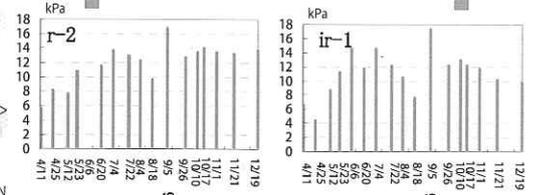


図3 底面土圧の計測結果

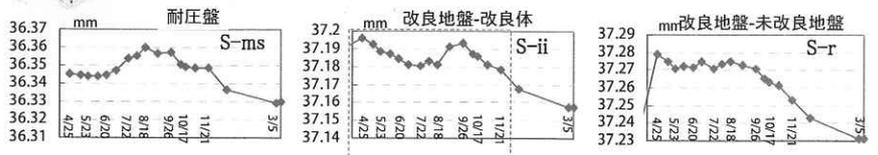


図7 SOFOによる耐圧盤、改良体、未改良地盤における変位計測値

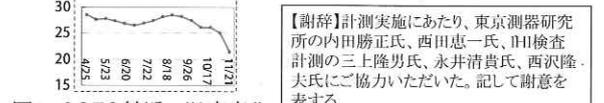


図8 SOFO付近の温度変化

【参考文献】1) 後藤他, 大会学術講演梗概集, 構造II, 25-26, 2008  
2) 飛田他, 構造工学論文集, Vol.55B, 577-582, 2009.3

\*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院  
\*2 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士(工学)  
\*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・工博

\*1 Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.  
\*2 Assoc.Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.  
\*3 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.  
\*4 Assoc.Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr.Eng.