

事例調査から見た兵庫県南部地震における液状化対策

正会員 ○ 田地 陽一^{*1} 石井 雄輔^{*2}
同 小椋 仁志^{*3} 三輪 滋^{*4}
同 宮田 章^{*5} 内田 明彦^{*6}

1. はじめに

建設省建築研究所と民間21グループからなる「建築基礎における液状化・側方流動対策検討委員会(委員長:時松孝次東京工業大学教授)」の活動の一環として、兵庫県南部地震を経験した建築構造物を主対象に液状化対策事例に関する文献調査を行い、53件56事例¹⁾の物件を収集した。本報告では、これらの事例について液状化対策工法の種類とその効果に着目した分析から得られた知見を述べる。

2. 調査結果

2.1 調査事例の全般的な傾向

図1は、調査事例における対策工法の構成と地域別の構成を示したものである。対策工法の中で地盤改良工法が58%、構造的対策が42%を占める。地盤改良工法の中では直接基礎と杭基礎が半分ずつの割合である。図2は、改良前の地盤(液状化対象層)における平均N値を対策工法別に示したものである。改良前の地盤における平均N値は概ね6~10程度の範囲である。また、図から杭基礎を対象とした地盤改良は、平均N値が8以上の地盤では施工されていないことがわかる。

2.2 地盤改良系対策

図3は地盤改良系における工法別の事例件数(30件)を示したものである。その中で、締固めを原理とした地盤改良工法が70%(22件)を占める。

図4は締固めを原理とした工法の種類別に改良前後の平均N値増加量を示したものである。改良による平均N値の増加は、パイロフロート工法の一部を除き5~20の範囲にあり平均値は10程度である。調査した文献中に噴砂の有無が記述されていないため不明の事例も存在するが、液状化防止の観点では締固めによる工法は概ね有効であった。その他としては、深層混合処理工法が液状化対策として実証された事例²⁾や粘性土の圧密促進工法が液状化を防止した事例も報告されている³⁾。後者の原因としてサンドドレーン打設時の締固め効果やプレロードによる過圧密効果が挙げられている^{4),5)}。

図5は、直接基礎構造物を対象とした地盤改良(締固めによる工法と深層混合)における[液状化層厚-改良層厚]

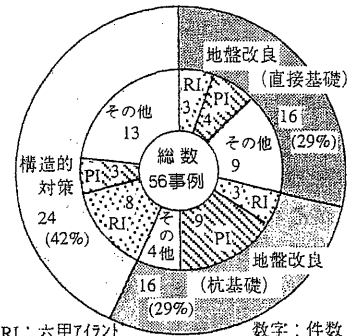


図1 調査事例における対策工法の構成

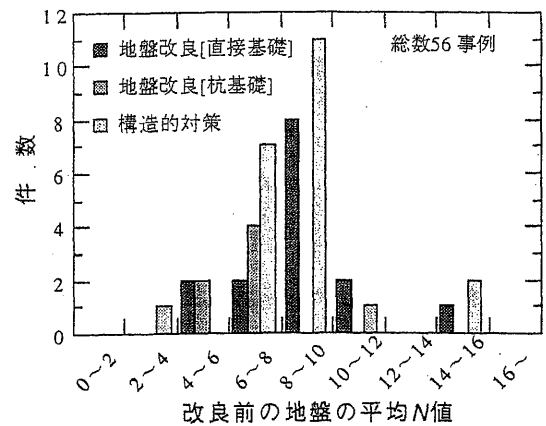


図2 対策工法別の改良前の平均N値

の値と建物の傾斜角の関係を示したものである。調査事例の中では、地震後計測された建物の傾斜角は0.02(rad)以下で、中破もしくはそれより軽微な被害状況であった。アスペクト比との関連性が明らかではないが、この図から建物の傾斜はN値の大きさよりも地盤改良層厚が効いており、改良層厚を液状化層厚以上とした事例では建物の傾斜は生じていない。

一方、杭基礎構造物では、圧密促進工法、締固めによる工法、深層混合処理工法が施工されており(図3)、杭の損傷や上部構造の被害は見られなかった。

2.3 構造的対策

構造的対策として分類された事例は24あり、内訳は杭基礎による支持2例、地中壁による変形抑制2例、節杭+砂利充填(打ち込み)8例、節杭(埋め込み)11例である。これらの中には、液状化対策として意図していなかったものが結果として構造物の被害を防止したという事例も含まれている。節杭はすべて摩擦杭として用いられており、杭の全長が液状化層内にあるにもかかわらず基礎および上部構造の被害は見られなかった⁶⁾。この現象の主たる要因として、砂利充填による過剰間隙水消散効果、打設に伴う締固め効果、摩擦杭に起因した建物の接地圧による地盤の押さえ効果が挙げられている⁶⁾。地中壁の2事例^{7),8)}は、一方は山留め壁として設計されたRC連続壁が、他方は山留め壁として設計されたソイルセメント柱列壁が建物の周囲に存在しており、液状化層厚よりも深く根入れされた連続壁が液状化に伴う側方流動による建物の傾斜や不同沈下を抑制したものである。この事例は、今後側方流動対策を行う上で注目される事例である。

3. 結論

兵庫県南部地震における阪神地区の液状化対策事例について文献調査を実施し、各物件の対策工法や被害状況について分析を行った。その結果、以下のことが定性的に明らかとなった。

- 1) 文献調査の範囲では、締固めを原理とした改良工法によるN値の増加は平均で10程度であり、液状化防止という観点では締固め工法は有効であった。
- 2) 直接基礎を対象として地盤改良を行った事例では、改良層厚を液状化層厚以上とした場合、建物の傾斜の被害は見られなかった。
- 3) 構造的対策において、節杭を摩擦杭として用いた建物では、杭の全長が液状化層内にあるにもかかわらず基礎および上部構造の被害は見られなかった。また、建物を囲むように存在した地中壁が側方流動対策となった。

【参考文献】 1) 建築基礎における液状化・側方流動対策検討委員会(1998): 兵庫県南部地震における液状化・側方流動に関する研究報告(平成10年度) 2) 鈴木、斎藤、木村、木林、細見(1995): 格子状地盤改良による液状化対策を施した建築基礎の調査報告、基礎工、Vol.23、No.10、pp.54-58。 3) 例えば 鋼材倶楽部・鋼管杭協会(1995): 鋼材倶楽部・鋼管杭協会合同調査報告書 4) 柴田徹(1995): 液状化対策の効果、土質工学会・阪神大震災報告会—地盤震害とその教訓—、pp.29-30。 5) 時松(1995): 液状化・地盤変状: 建築基礎への影響、土質工学会・阪神大震災報告会—地盤震害とその教訓—、pp.31-38。 6) 小椋、平尾、岡田(1995): 節杭+砂利充填(神戸六甲アイランドにおける実施例)、基礎工、

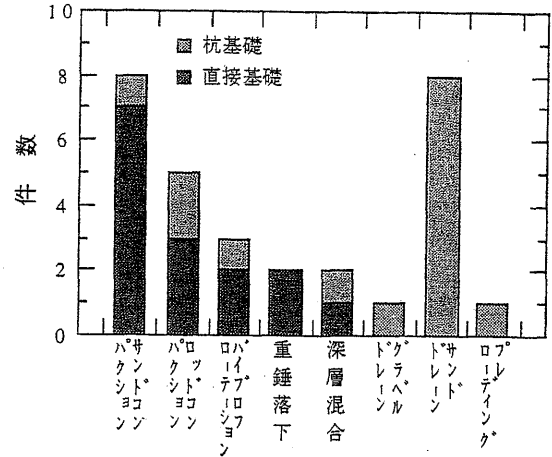


図3 対策工法別の件数

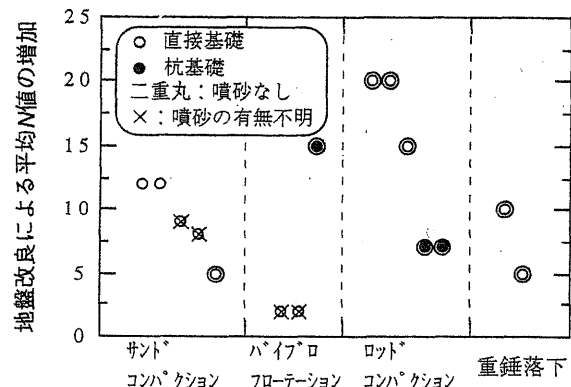


図4 締固めによる地盤改良工法における平均N値増加

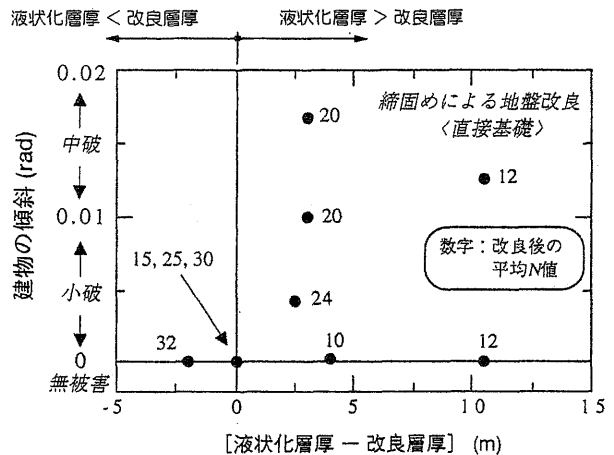


図5 建物の傾斜～[液状化層厚－改良層厚]の関係

Vol.23、No.12、pp.82-87。 7) 藤井(1997.3): 杭とフーチングの緊結のあり方、建築技術、No.564、pp.138-145。 8) 古閑、松尾、吉澤(1996.9): 柱列式土留め壁で囲まれた下水ポンプ場の地震時挙動について、土木学会第51回年次学術講演集III、pp.326-327。

*1 清水建設(株) 技術研究所 Institute of technology, Shimizu Corporation. *2 (株) 大林組技術研究所 Technical Research Institute, Obayashi Corporation. *3 (株) ジオトップ技術部 Technology Division, GEOTOP Corporation. *4 飛鳥建設(株) 技術研究所 Technical Research Institute, Tobishima Corporation. *5 鹿島建設(株) 技術研究所 Kajima Technical Research Institute. *6 (株) 竹中工務店技術研究所 Research & Development Institute, Takenaka Corporation.