

既設基礎の耐震補強に関する検討(その 5)
- 高耐力マイクロパイル工法の大変形理論による検討 -

極東工業 正会員 ○中田 順憲 正会員 山根 隆志
フジタ 正会員 相良 昌男
土木研究所 正会員 大下 武志 正会員 福井 次郎

1. はじめに

高耐力マイクロパイルは、外径 178mm の油井管を主材料とした小口径杭であり、その耐震補強効果は既往の研究 1) により確認されている。しかし、液状化する砂質地盤内に構築された既設基礎を同工法により補強した場合、地震時において液状化層の水平抵抗が失われ、杭体が突出した状態で細長い増杭部材に大きな軸圧縮力と曲げが同時に作用することになる。このため、座屈による増杭の耐力低下が生じ、期待している耐震性能が得られない可能性がある。そこで本検討では、大変形理論による解析を行い、変形に伴う増杭の軸剛性低下を考慮した場合の杭基礎の挙動を定量的に把握することを試みた。

2. 検討概要

杭基礎の骨組解析は、一般に、変形前の形状をベースにした微小変形理論に拠っている。地震時保有水平耐力法ではさらに材料非線形性が与えられ、部材やバネの非線形領域への逐次到達によって全体構造の非線形挙動が評価される。これに対し、大変形理論では、材料非線形性に加え、変形した部材に作用する軸力により付加される曲げ変形とそれに伴う圧縮部材の軸剛性低下が評価される。したがって、高耐力マイクロパイルのような細長い自由部材を有する構造体を解析する場合には、より実挙動を反映した結果が得られる。本検討では、これらの理論を用いて地震時保有水平耐力法に基づいた解析を行い、耐力、変形性能、杭体の断面力等に注目して計算結果を比較した。

図 - 1 に検討対象とした既設基礎(文献 2 より引用)および増杭配置を、図 - 2 に解析モデルを示す。解析モデルの設定にあたっては、増杭に作用する変動軸力を考慮するため、増杭の先端に極限支持力のみを評価した杭軸方向の弾塑性バネを設けた。なお、用いた設計条件や構造部材の諸元等については、参考文献 1) に記述されているので参考にされたい。

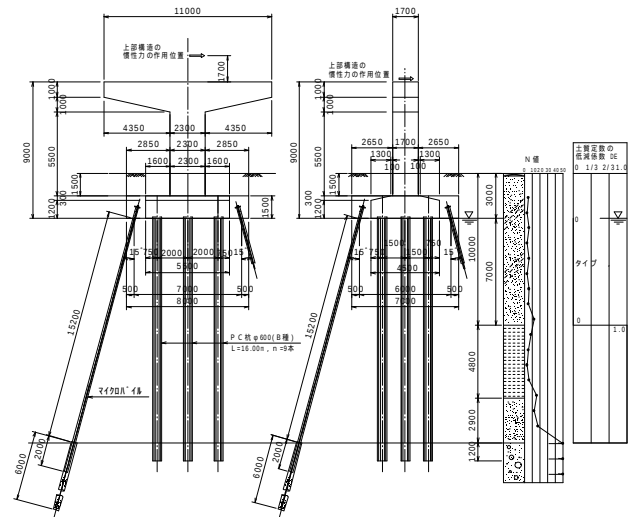


図 - 1 高耐力マイクロパイルによる耐震補強

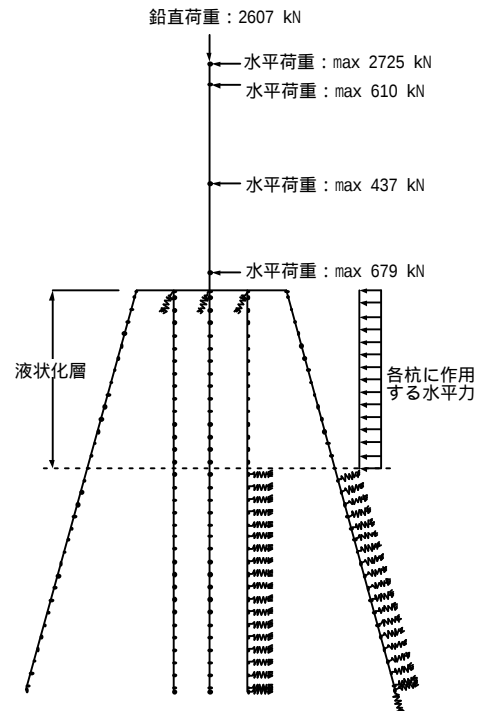


図 - 2 非線形解析モデル図

キーワード：耐震補強、既設基礎、高耐力マイクロパイル、斜杭、液状化、大変形理論
東京都新宿区山吹町 347 番地 TEL 03-3269-4621 FAX 03-3269-4626

3. 検討結果と考察

図 - 3 は、微小変形理論と大変形理論の両解析による上部工慣性力作用位置での荷重～変位曲線を対比して示したものである。両者ともに7m の液状化層を有する場合でも良好な補強効果が得られることを示唆しているが、大変形理論の方が、基礎の降伏荷重を 10%程度小さく、さらに降伏後の変形性能も低く評価している。

図 - 4 は、大変形理論において構造系全体が安定を失う载荷レベル(橋脚天端荷重 2243kN)で抽出した部材の変形図を比較したものである。大変形理論により得られた水平変形量は、微小変形理論によるものに比べて約 2 倍の値で評価されているうえ、押込側マイクロパイル杭頭部の鉛直変位も、微小変形理論とは逆方向(下向き)の値を示している。これは、曲げ変形の増大に伴う軸力の偏載荷により節点の移動が増長される現象を、大変形理論による解析が正確に評価した結果であると考えられる。一方、図 - 4 と同様の载荷レベルで発生する押込側増杭の断面力に着目したものが図 - 5 である。大変形理論による曲げモーメントの分布をみると、大変形時の偏心軸力による付加曲げの影響が顕著に現れていることがわかる。また、軸力に着目すると、微小変形理論では地盤から決まる極限支持力(1500kN×4 本=6000kN)に達しているのに対し、大変形理論では変形量の増加に伴う軸剛性低下が先行し、より低い圧縮場で支持能力を失なうこと、また、このことが全体構造系を不安定にする直接的要因となる結果を導いている。

4. おわりに

本検討により、高耐力マイクロパイル(斜杭)による耐震補強は、深度 7m にわたる地盤の液状化とこれに付随する座屈の影響を考慮した場合でも効果的であることが判明した。しかし、その一方で、微小変形を前提とした保有水平耐力法では、補強後の基礎の耐力や変形性能を過大に評価する傾向にあることも認められた。今後、様々な液状化地盤を想定したケーススタディを重ね、座屈理論等を取り込んだ設計法を確立することが必要であると思われる。なお、本検討は、土木研究所共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」の平成 12 年度における活動の一環として行われたものである。

【参考文献】

- 1)建設省土木研究所他：既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究報告書(その 1)、平成 12 年 5 月
- 2)日本道路協会：既設道路橋基礎の補強に関する参考資料、平成 12 年 2 月

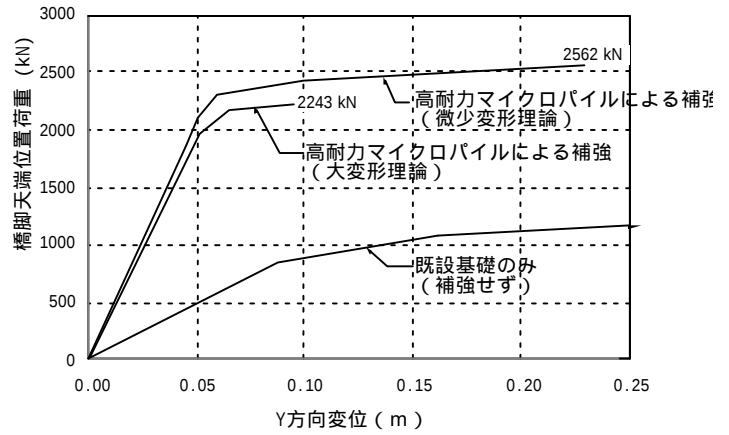


図 - 3 荷重～変位曲線

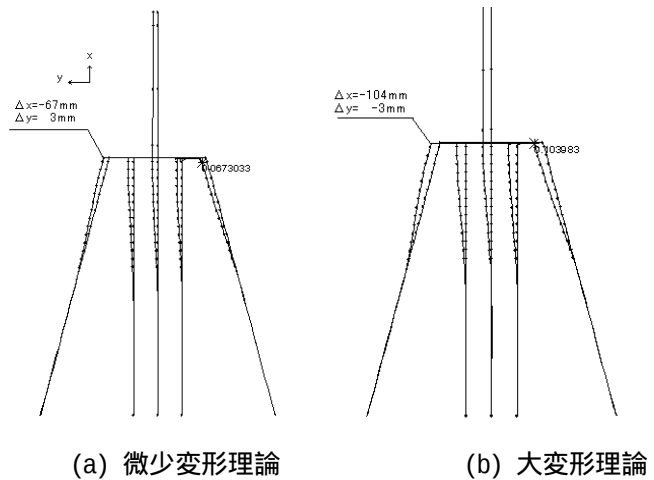


図 - 4 部材の変形(橋脚天端水平力=2243kN 時)

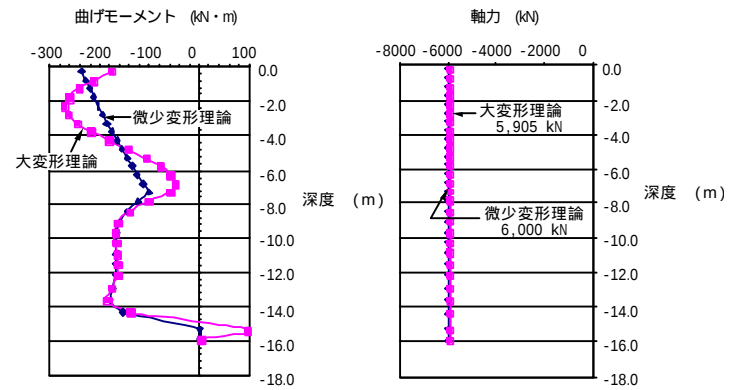


図 - 5 押込側マイクロパイルの断面力
(橋脚天端水平力=2243kN 時)