

既設基礎の耐震補強に関する検討(その7)  
 ー高耐力マイクロパイル工法の大変形理論による検討ー

極東工業 正会員 ○稲富 芳寿 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

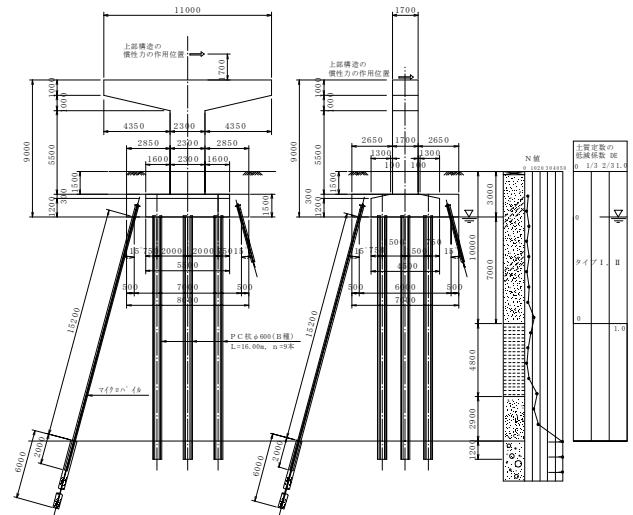
高耐力マイクロパイルは、外径 178mmの油井管を主部材とした小口径杭であり、その液状化地盤における耐震補強効果および適応性については既往の研究<sup>2)</sup>により確認されている。しかしながら、杭基礎の骨組み解析手法として一般に用いられている部材変形のみを考慮した微小変形理論による解析結果と部材変形に伴う付加曲げの影響を考慮した大変形理論による解析結果とを比較した場合、杭基礎の降伏耐力や変形量および杭体の作用応力度分布に差異が生じることも同時に確認されている。そこで、本検討では、液状化層の深さを変化させたモデルについて微小変形理論および大変形理論の解析比較を行い、突出高の大小が杭挙動へ及ぼす影響を定量的に把握することを試みた。

2. 検討概要

高耐力マイクロパイルは、曲げ剛性が小さく部材耐力が大きいため、部材単体では比較的大きな曲げ変形を許容することができる。しかし、杭基礎として軸圧縮力と曲げを同時に受けるような場合には、部材変形により移動した偏心軸力が付加曲げとして作用するため、部材耐力の低下を招きやすいということもいえる。この部材変形による影響を反映し、構造体の実挙動をより正確に把握するために大変形理論による解析が有効となる。

参考文献<sup>2)</sup>では、液状化する地盤の層厚が7mの場合について、微小変形理論と大変形理論の両解析結果の比較がなされており、液状化地盤における解析では、微小変形理論が補強基礎の耐力や変形性能を過大評価する傾向にあるという結果が得られている。そこで、本検討では、新たに液状化する地盤の層厚を4mおよび10mとした場合についての解析を加え、液状化する地盤の深さをパラメータとした杭挙動の変化と全体構造系への影響を把握する。

図-1に検討対象とした既設基礎（文献3より引用）および増杭配置を、図-2に解析モデルを示す。なお、解析モデルの設定方法および、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、2)に記述されているので参考にされたい。



1 高耐力マイクロパイルによる耐震補強

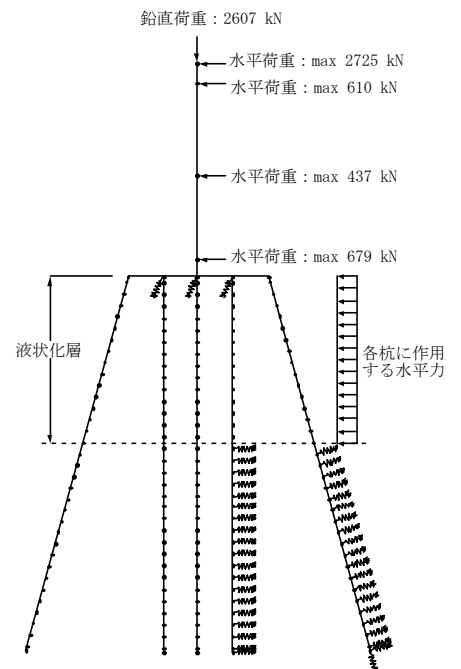


図-2 非線形解析モデル図

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、液状化する地盤の層厚を4m・7m・10mと変化させた場合の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り、表-1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での橋脚天端位置の水平変位値を抽出し、微小変形理論による結果と比較したものである（ただし、液状化層厚4mについては設計荷重時を示す）。液状化層厚が厚くなるほど両解析により得られる水平変位量に差が生じ、履歴曲線の開きが大きくなっている。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さらに増長される現象を正確に評価しているといえる。

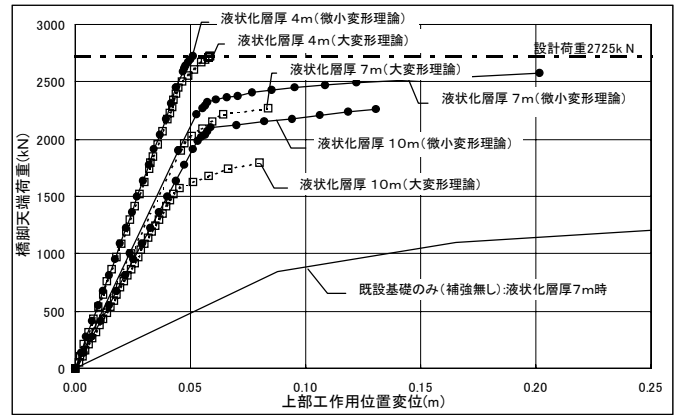


図-3 荷重～変位曲線

液状化する層厚	水平荷重	橋脚天端水平変位
4m	大変形理論	2725
	微小変形理論	2725
7m	大変形理論	2275
	微小変形理論	2275
10m	大変形理論	1907
	微小変形理論	1907

液状化する層厚	水平荷重	橋脚天端水平変位
4m	大変形理論	58.4 (mm)
	微小変形理論	50.9 (mm)
7m	大変形理論	83.6 (mm)
	微小変形理論	52.7 (mm)
10m	大変形理論	79.7 (mm)
	微小変形理論	47.8 (mm)

表-1 橋脚天端位置における水平変位量比較

図-4は、図-3より読み取れる変位急増点における押し込み側増杭の杭体変位量と水平地盤反力度の上限値から求まる地盤の降伏変位を示したものである。液状化層厚が10mの大変形理論時のみ、杭体変位量が地盤の降伏変位を超過していることがわかる。また、図-5は、液状化層厚10mの大変形理論における変位急増点（橋脚天端作用荷重 1575kN）での押し込み側増杭に発生する断面力を抽出したものであるが、軸力が支持力の上限値をかなり下回る値となっており、支持力の伝達能力が失われていることがわかる。これは、変位量の増加に伴う付加曲げの影響が地盤の降伏によりさらに増長された結果であるといえる。

### 4. おわりに

本検討により、液状化層厚が7m程度までは、押し込み支持力に安全率を付加するなどして極限支持力を調整することにより、微小変形理論による設計が適用可能であるという結果が得られた。また、液状化層厚がそれ以上となると、軸剛性の低下による支持力伝達能力の減少に加え、地盤の降伏などの複合要因が発生するため、大変形理論による照査を行うのが望ましいことも判明した。今後、支持力の評価方法や変位レベルの制限値の設定など、微小変形理論による設計の適用範囲に着目した整理を行い、液状化地盤における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13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) 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2)、平成13年12月
- 3) 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

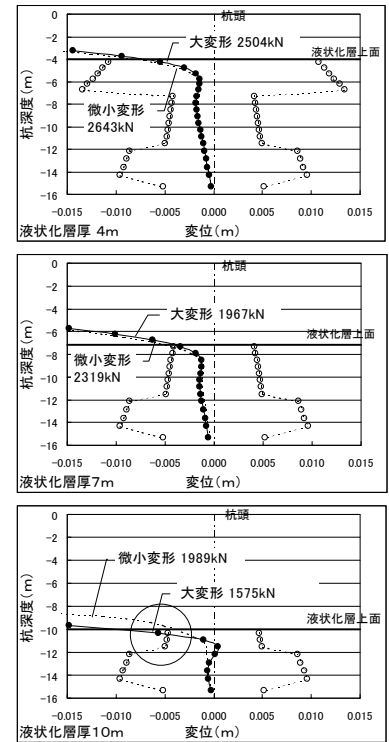


図-4 降伏時の押し込み側増杭の変形

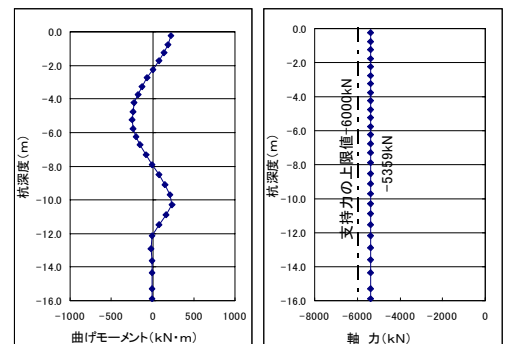


図-5 液状化層厚10m 大変形理論降伏時(1575kN)の押し込み側増杭の断面力