

I-B311 高耐力マイクロパイルによる既設構造物基礎の耐震補強効果について

(株)フジタ 正会員 ○岸下崇裕 斉藤悦郎
山口大学 正会員 三浦房紀

1. はじめに

1989年のロマ・プリエタ地震の以後、カリフォルニア州運輸局では、騒音・振動、頭上空間、地中障害物、地下水位等の環境問題、杭打ち作業が難しい、フーチングを拡張することができない等、施工上問題がある構造物基礎の耐震補強として、高耐力マイクロパイル工法（以後HMP工法）を採用してきたり。

本報告では、米国で行われている既設構造物基礎の耐震補強工法（HMP工法）の日本における適用性について動的解析により検討した結果について考察を行ったものである。

2. HMP工法の概要および特長

HMP工法は、鋼管、異型鋼棒等の鋼材とグラウト材（セメントミルク、モルタル）を主たる部材としている。その基本形状を図1に示す。現在使用されている高のほとんどが、杭径150mm～300mm、杭長5～30m、杭体の強度1000kN～2200kNである。施工は、ボーリングマシンによりケーシング削孔を行い、既製杭を埋込み、グラウト材を加圧注入することにより杭を形成する。施工にあたっては小型のボーリングマシンを使用するために、施工空間に制限のある現場、掘削が困難である複雑な地盤条件、振動騒音の規制のある都市部において施工性が高いという特長を有している。

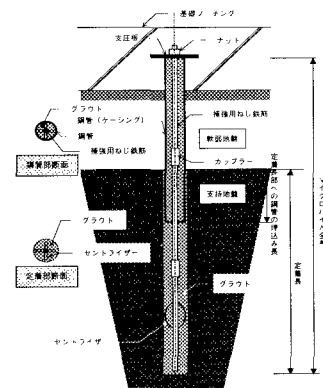


図1 高耐力マイクロパイルの概要図

3. 解析概要

HMP工法の既設構造物基礎の耐震補強効果を確認するために、2次元非線形動的応答解析（解析コード：DINAS）を用い検討した。地盤部の非線形特性は修正R-Oを、杭部はトリリニア型を用いた。図2に解析に用いたメッシュ図を、表1に解析に用いた地盤条件を示す。解析は、既設杭モデル(case1)、PHC杭による増し杭(case2)、HMP補強モデル(case3)およびHMP斜め補強モデル(case4)の4ケースで行った。HMPで補強された概要図を図3に示す。既設基礎杭は、φ600mmのPHC杭とした。地震波には、エルセントロNS成分を用い、最大加速度を680gal、1340galに調整して基盤より入力した。

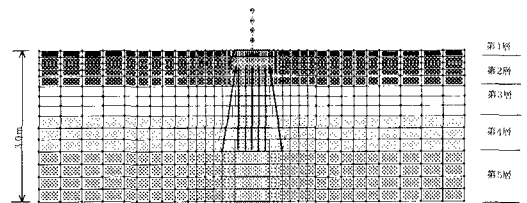


図2 解析メッシュ図

表1 地盤定数

地盤の層	厚	平均N値	粘着力	せん断抵抗角	単位体積重量	最大周面
種類	(m)	(tf/m ²)	G (tf/m ²)	φ(度)	γ (tf/m ³)	摩擦強度 fl (tf/m ²)
第1層 表土	10				1.8	0.9
第2層 砂質土	60	5	0.0	23	1.8	0.9
第3層 砂質土	60	8	0.0	25	1.8	0.9
第4層 粘性土	70	6	3.6	0	1.7	0.8
第5層 砂質土	100	14	0.0	29	1.8	0.9
第6層 砂質土	16	50	0.0	40	1.9	1.0

4. 解析結果および考察

①最大応答：水平方向の最大応答加速度と最大応答変位値を表2に示す。既設基礎周辺へ補強杭を増すことによる構造物上部の加速度応答は、既設時の応答に比べ増える傾向にある。これは、増し杭することにより杭基礎構造の剛性があがっているためである。フーチ

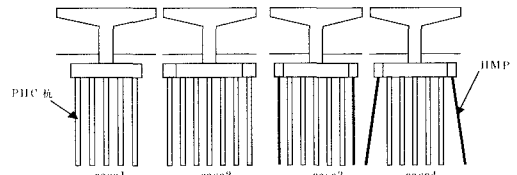


図3 解析モデルイメージ図

キーワード：耐震補強、動的応答解析

〒224-0027 横浜市都筑区大瀬町 74

Tel:045-591-3911

Fax:045-592-8657

ング左端の変位応答も増える傾向にある。これは、増し杭することによりフーチングも増設されているためこのような結果になったものと考えられる。

②既設杭の履歴特性：HMPによる既設構造物への補強効果確認するために履歴について比較を行った。図4に既設杭（左端）頭部要素の履歴を示す。図の履歴は、1360gal 入力時の値を示している。図で示されるように、HMP斜め補強(case4)の結果において既設杭に発生する断面力が小さくなっている。PHC杭やHMP杭を鉛直に補強する結果においては、大きくなる傾向にある。図5に既設杭の深さ方向に対する塑性率の変化を示す。ここで言う塑性率とは、発生最大曲げモーメント(Mmax)を降伏曲げモーメント(My)で割った値とした。図で示されるように、増し杭による補強効果は、杭頭上部に堅調に現れ、深くなるに連れて効果が少なくなっているが、全体的に見てHMPにより補強された既設杭の塑性率は、既設杭の塑性率の結果に比べ小さくなる傾向にある。また、PHC杭による補強において杭頭部の塑性率が既設モデルより大きくなっている。これは、HMP補強杭が弾性状態であるのに対して、case2 では補強杭までもが塑性化しているためである。

5. おわりに

今回の動的解析による検討により以下の知見が得られた。

- ・増し杭により補強された構造物は、基礎杭剛性やフーチングの増加に伴い、構造物の応答が大きくなる。
- ・HMP工法により既設構造物基礎の補強を行うことにより既設杭の発生断面力押さえることが出来る。さらにHMPを斜めに補強することで、より効果的な結果が得られた。
- ・HMP工法の補強効果、環境や施工性を考えると日本における適用性は十分である。

なお、今回の検討は高耐力マイクロパイル研究会により実施されたものである。

【参考文献】

- 1)岸下他：米国における基礎の耐震補強事例について、第24回地震工学研究発表会、1997。

表2 水平最大応答値

入力 加速度(gal)	解析 ケース	最大加速度応答(m/sec ²)			最大変位応答(cm)		
		地表	フーチング左端	構造物上部	地表	フーチング左端	構造物上部
680	case1	3.53	2.50	2.67	13.31	19.90	39.60
	case2	3.50	1.97	2.91	13.65	24.69	39.13
	case3	3.52	1.98	2.86	13.49	23.43	40.20
	case4	3.47	2.14	2.95	13.67	23.72	38.04
1360	case1	5.26	3.38	4.12	28.91	35.01	72.85
	case2	5.46	3.40	4.92	31.63	45.92	73.93
	case3	5.33	3.41	4.77	30.08	41.44	73.43
	case4	5.35	3.66	5.20	32.80	47.29	74.44

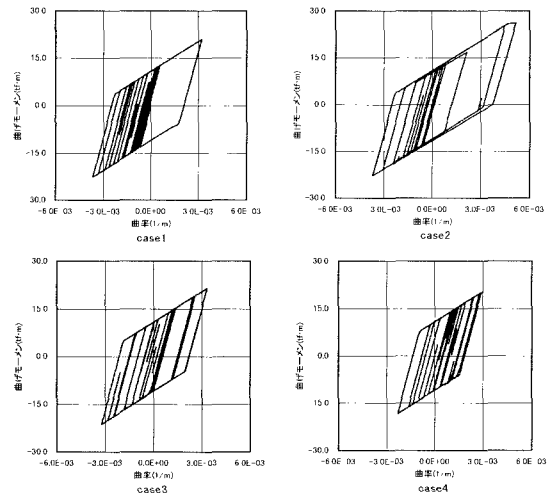


図4 曲率と曲げモーメントとの関係

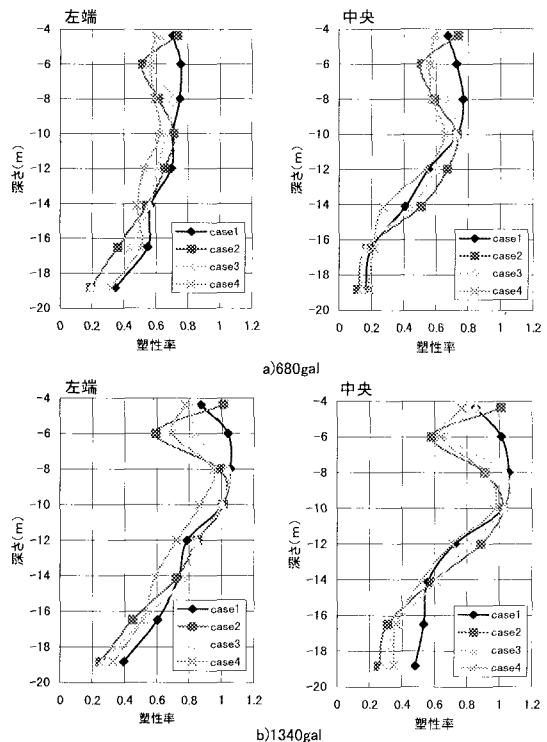


図5 塑性率の変化図