

異種杭の荷重分担に関する遠心載荷実験

建設省土木研究所 正会員 ○森脇正博 正会員 井谷雅司
正会員 市村靖光 正会員 大下武志

1．はじめに

兵庫県南部地震以後、既設構造物の耐震補強の必要性が高まっている。橋脚については、鋼板巻き立てなどにより補強が進められているが、構造系全体の耐震性向上のためには、フーチング以下の基礎部の補強も不可欠である。しかしながら、一般に基礎部の補強は施工が困難で、コストも高額となるなどの課題を抱えている。このため、桁下空間や近接構造物の影響が少ない小口径杭（マイクロパイル）による既設基礎の耐震補強法の確立を目的として研究を行っている。マイクロパイル（以下、MP と称す）で既設基礎を補強する場合には、両者の杭径や剛性が異なるため、同種・同径の杭で補強した場合とは荷重分担率が異なると思われる。このため、既設杭と MP の水平荷重に対する分担率を明らかにすることを目的として、遠心載荷実験を実施した。

2．実験概要

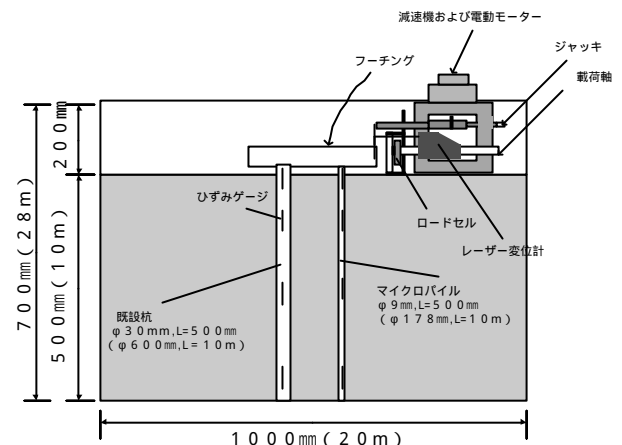
実験土槽および載荷装置の概要を図－1 に示す。実験に用いた模型杭は、実物の 1/20 スケールとし、表－1 に示すように既設杭として鋼管杭を想定したもの、および補強杭として MP を想定したものの 2 種類とした。模型杭の杭体には、曲げひずみを求めるために対角 2 方向にひずみゲージを貼付した。また、杭頭せん断力を求めるためにフーチング直下の杭頭部にロゼッタゲージを貼付した。各杭の頭部はフーチングにより剛結されている。模型地盤は、珪砂 7 号を空中落下法により土槽に投入し、相対密度が 90% 以上となるように作成した。実験は、遠心加速度 20G で行い、フーチング中央に水平力を載荷し、変位制御で杭径の 10% 以上の大きな変位を与え、荷重－変位関係および杭体各部のひずみを計測した。

3．実験ケース

実験ケースは、表－2 に示す 5 ケースとした。ケース 3 は既設杭を同種の杭で補強したことを想定したもの、ケース 4 は既設杭を MP で補強したことを想定し、MP が前列となるように既設杭側から載荷したもの、ケース 5 は既設杭を MP で補強し、MP 側から載荷したものである。また、ケース 3～5 の杭間隔は 2.5D（D：既設杭の杭径）とした。

4．実験結果

図－2 は、各ケースの荷重－変位関係を示している。変位は既設杭の杭径で規準化し、荷重は実大換算した。この結果にもとづき、同一変位時における各ケースの荷重を比較し、群杭効果の影響を示したものが表－3 である。ケース 3 では、群杭効果の影響が表れており、杭径の 10% 変位時には約 20% の効率低下となっている。しかしながら、MP で補強した 2 つのケースでは、通常の負の群杭効果は表れておらず、効率が若



図－1 実験装置概略図

表－1 模型杭の諸元

種 類		杭 径 (mm)	肉 厚 (mm)	杭 長 (m)
既設杭（鋼管杭）	模 型	30	1.0	0.5
	実大換算	600	20	10
MP	模 型	9	0.5	0.5
	実大換算	180	10	10

表－2 実験ケース

実験ケース	杭基礎モデル
ケース1	既設杭のみ
ケース2	MPのみ
ケース3	既設杭＋同種の杭
ケース4	MP＋既設杭 (既設杭側から載荷)
ケース5	既設杭＋MP (MP側から載荷)

キーワード：耐震補強、マイクロパイル、荷重分担、遠心載荷実験

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 TEL 0298-64-4703 FAX 0298-64-0564

干増加する傾向が見られる。実際に正の群杭効果が表れているとは思えないが、小口径杭で補強した場合には、大変位時においても負の群杭効果は生じにくいと考えられる。

図 - 3 ~ 5 は、各ケースにおける杭頭のせん断力 - 変位関係を示したものである。また、各ケースの前列杭と後列杭とのせん断力の分担率を表 - 4 に示す。ケース 3 では、変位が小さい領域では前列杭と後列杭の分担率はほぼ等しいが、杭径の 10% 変位時では後列杭の分担率が 40% まで低下していることがわかる。これは、大変位時には後列杭の地盤反力度が低減していることに起因すると考えられる。一方、ケース 4 を見ると、MP の曲げ剛性が既設杭に比較して非常に小さいため、変位の小さい領域では MP の分担率は 15% と低い。さらに、大変位時には MP の分担率は 10% まで低下し、逆に後列杭（既設杭）の分担率が上昇する結果となっている。

5．結論と今後の課題

今回の遠心載荷実験で得られた結果をまとめると、以下の通りとなる。

- 既設杭を MP で補強した場合には、群杭による効率低下は生じない。
- MP を直杭で用いた場合、既設杭に比較して剛性が小さいため、水平力の分担率は小さい。また、変位の増加に伴い分担率が低下し、既設杭の負担が増加する。
- 今後は、杭体の曲げモーメント分布より求めた地盤反力係数の分布から、より詳細に異種杭の荷重分担を検討したい。また、MP による補強は、斜杭として用いるのが有効であると考えられるため、今後は斜杭も含めたグループ効果、ネットワーク効果に関して実験を継続する予定である。

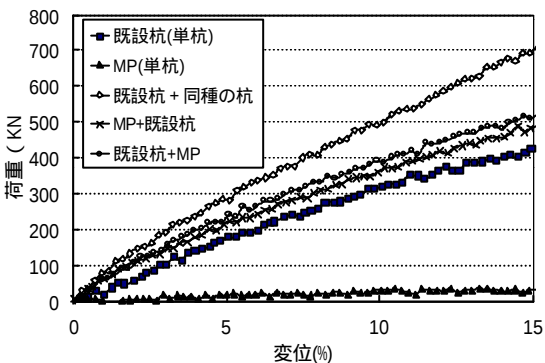


図 - 2 荷重 - 変位関係

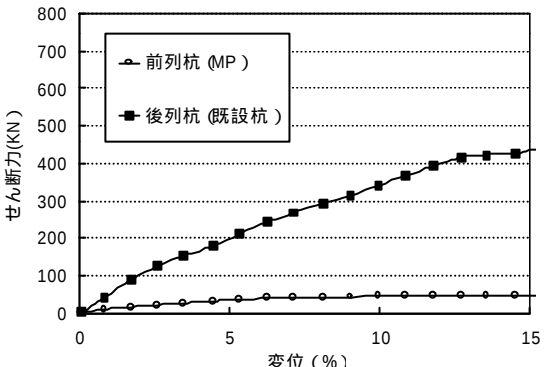


図 - 4 せん断力 - 変位関係（ケース 4）

表 - 3 群杭効率（変位 10% 時）

ケース	荷 重(kN)	群杭効率
1	319	-
2	31	-
3	499	0.78 [499/(319×2)]
4	389	1.11 [389/(319+31)]
5	372	1.07 [372/(319+31)]

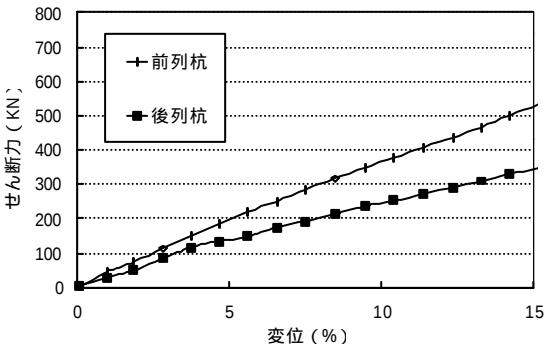


図 - 3 せん断力 - 変位関係（ケース 3）

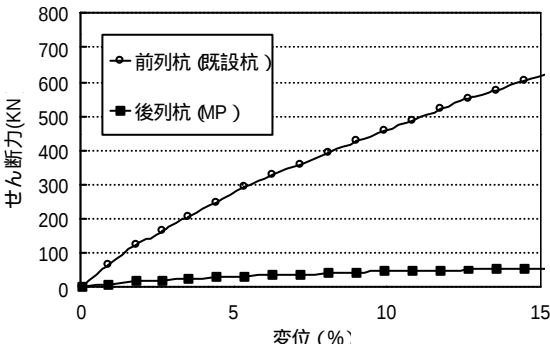


図 - 5 せん断力 - 変位関係（ケース 5）

表 - 4 杭頭せん断力の分担率

ケース	せん断力の分担率(%)			
	変位2%時		変位10%時	
	前列杭	後列杭	前列杭	後列杭
3	51	49	60	40
4	15	85	11	89
5	88	12	90	10