

パイルドファウンデーションの地震時残留変位に関する実験的研究

独立行政法人 土木研究所 正会員 ○近藤 益央

独立行政法人 土木研究所 正会員 田村 敬一

1. はじめに

長大橋の主塔基礎は岩盤上の直接基礎とされるのが一般的である。しかし、架橋地点によっては支持層が深い場合には施工が困難な場合や工事費が高くなる場合がある。パイルドファウンデーションはギリシャのリオン－アンティリオン橋の主塔基礎に採用された新しい形式の基礎で、支持層が海底から 800m 以深に存在することから、上層部の脆弱な沖積層、シルト粘土の互層に鋼管杭を打ち込み、地盤を補強して直接基礎を構築するものである。パイルドファウンデーションは一般的な杭基礎とは異なり、杭頭部とフーチングを剛結しないため、形式的には直接基礎と同じであり、地震時応答や残留変位量を的確に評価する必要があるが、不明確な点が多く残されている。

そこで著者らは、パイルドファウンデーションの地震時挙動及び残留変位について検討する目的で、動的遠心力载荷試験装置を用いた模型振動実験を実施した。本報文では、パイルドファウンデーションの地震時残留変位に関して行った実験的検討結果について報告する。

2. 実験模型

実験は基礎の根入れ深さ、杭の有無について条件を変化させ、計 3 ケースを実施した。また、模型は 1/50 縮尺とし、基礎の一部のみをモデル化した。基礎模型の重心位置は上部構造分を考慮すると実験模型上の制約があるため、モデル化した基礎部で重心位置を 2/3 以上の高さになるように設定した。また、基礎模型の重量を模型縮尺から決定すると基礎模型が重くなり、模型寸法を実験条件内に収める材料がないことから鋼材を用いて基礎模型を作成した。また、模型地盤は静的支持力度が実構造物とほぼ同じになるように豊浦標準砂を用いて空中落下法により作成した。このようにして作成した地盤上に基礎模型を設置し、根入れがあるケースについては再び空中落下法により所定の高さまで地盤模型を作成した。実験模型の概要及び計測器の配置を図-2 に示す。

キーワード 橋梁、基礎、地震時残留変位、耐震設計

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 独立行政法人 土木研究所 耐震研究グループ TEL 029-879-6771

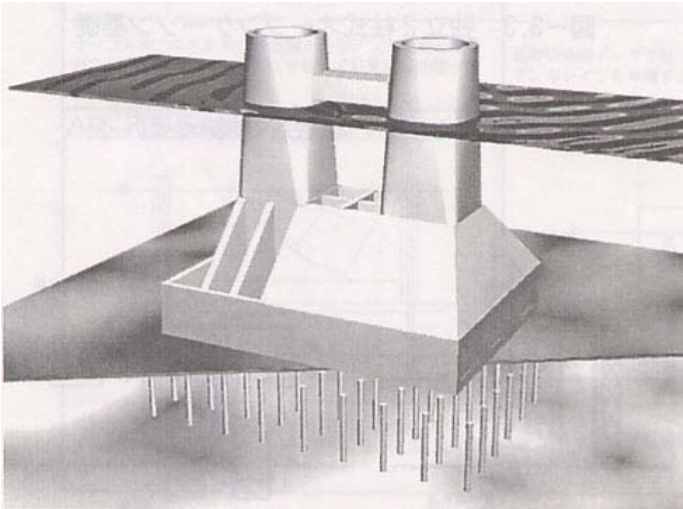


図-1 パイルドファウンデーション概念図

表-1 実験ケース

ケース名	杭長	杭本数	フーチングの根入れ長	杭材質
ケース 1	200mm	21 本	0mm	中空アルミパイプ
ケース 2	—	—	40mm	—
ケース 3	160mm	21 本	40mm	中空アルミパイプ

➡ 加速度計
● 変位計
■ 土圧計

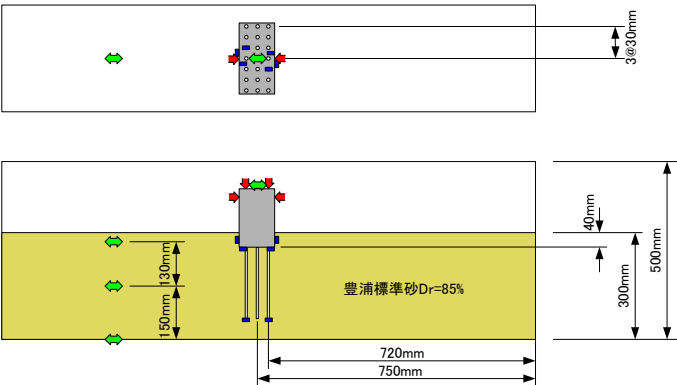


図-2 実験模型概要及び計測器配置

3. 実験結果

実験は、動的遠心力载荷装置を用いて 50G 場で行った。本実験模型は 1/50 スケールなので、50G 下で実験を行うことで地盤内応力については実地盤と同じ状態が再現されていることになる。実験での入力波は図-3 に示す 50Hz（実地盤レベルで 1.0Hz）の正弦波を 20 波とし、加振レベルを Step1 では 5G(実地盤レベルで約 100gal)、Step2 では 10G(実地盤レベルで約 200gal)、Step3 では 15G（実地盤レベルで約 300gal）、Step4 では 20G（実地盤レベルで約 400gal）とした。表-2 に各加振終了後の残留変位及び累積残留変位を示す。水平変位については根入れがなく、基礎模型位置が 400mm 高い CASE1 では大きな残留変位が発生しているが、40mm の根入れがある CASE2 及び CASE3 では杭の有無にかかわらず CASE1 に比べて、各加振段階における地震時残留水平変位は

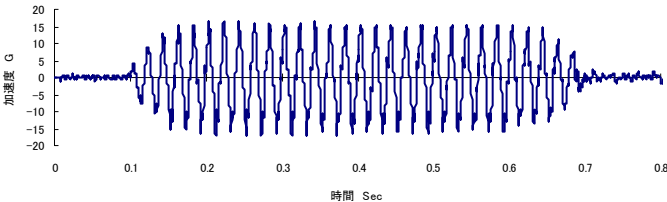


図-3 実験に用いた入力波形例

表-2 基礎模型の残留変位

ケース名	加振段階	鉛直変位 (mm)		水平変位 (mm)	
		残留値	累積残留値	残留値	累積残留値
CASE 1	step 1	2.28	2.28	-0.77	-0.77
	step 2	2.92	5.20	-1.13	-1.9
	step 3	2.94	8.14	-1.42	-3.32
	step 4	2.78	10.92	-4	-7.32
CASE 2	step 1	0.95	0.95	-0.25	-0.25
	step 2	1.56	2.51	-0.04	-0.29
	step 3	2.04	4.54	0.13	-0.16
	step 4	1.92	6.46	0.67	0.51
CASE 3	step 1	0.76	0.76	-0.26	-0.26
	step 2	1.08	1.84	0.23	-0.03
	step 3	1.13	2.97	0.12	0.09
	step 4	1.23	4.20	0.45	0.54

100gal 程度の比較的加振レベルの小さな場合で約 1/3、400gal 程度の比較的加振レベルの大きな場合で約 1/9 まで減少していることがわかる。また、表-2 では 2つの鉛直変位計の平均値を示しているが、両者にはほとんど差はなく、ほぼ一応な沈下を示している。鉛直方向の残留変位では、CASE1→CASE2→CASE3 の順で累積残留変位が少なくなった。これは、CASE1 のみが根入れがないために基礎模型位置が他の CASE に比べて 40mm 高くなっており、このために基礎模型の加速度や変位が大きくなったためと考えられる。したがって、杭の有無については CASE2 と CASE3 を比較すると残留鉛直変位が低減しており、摩擦杭としての支持力増加効果が確認できた。しかし、実際のパイルドファウンデーションでは杭の打ち込みによる締固め効果も期待できるが、本実験では模型地盤時に杭を仮設置して空中落下法により緩い地盤を作成したため、地盤の締固め効果を確認することができなかったが、今後は締固め効果についても検討する必要がある。

4. まとめ

本実験ではパイルドファウンデーションを用いた橋脚基礎の地震時残留変位を計測し、下記のことが明らかとなった。

- ① 実換算で 2m の根入れを設置することで、地震時残留水平変位が大幅に減少した。地震時残留水平変位は 100gal 程度の比較的加振レベルの小さな場合で約 1/3、400gal 程度の比較的加振レベルの大きな場合で約 1/9 まで減少した。
- ② パイルドファウンデーションによる地震時残留鉛直変位の抑制効果は CASE2 と CASE3 の実験結果を比較すると 30%程度の抑制が確認できた。しかし、根入れ条件の異なる CASE1 と CASE2 の実験結果では地震時残留鉛直変位の抑制効果は確認できなかった。

本実験では微小な変位を計測しており、変位計測の精度が求められる。さらに、パイルドファウンデーションの効果を確認するために多くの実験を実施し、どのような地盤であればパイルドファウンデーションの有効であるのか検討を行う予定である。

参考文献

1) 独立行政法人土木研究所：新道路技術五箇年計画（平成 10－14 年度）成果報告書、土木研究所資料第 3908 号、pp336－339、平成 15 年 7 月