

片持ち梁方式曲げせん断試験による SC 杭の $M-\phi$ 関係の評価 (その2: 試験結果)

既製コンクリート杭 杭基礎 二次設計

| | | | |
|-----|-----------|---|-----------|
| 正会員 | ○中井 伸 * | 同 | 中井 正一 ** |
| 同 | 小椋 仁志 *** | 同 | 塚越 俊裕 * |
| 同 | 田中 佑二郎*** | 同 | 関口 徹 * |
| 同 | 金子 治 **** | 同 | 菅 一雅 **** |

1. はじめに

本報では前報(その1)に続き片持ち梁方式の正負交番載荷試験で得られた SC 杭の曲げモーメント M - 曲率 ϕ 関係の結果について報告する。

2. 試験結果

2.1. $M-\phi$ 関係

図1にそれぞれの試験体の $M-\phi$ 関係を示す。図中の赤破線は解析による降伏値、黒破線は実験におけるモーメント M の最大値を示している。モーメントは $P-\delta$ 効果を考慮し算出している。曲率 ϕ は杭頭周辺の4箇所のみずみゲージより算出したがここでは、代表としてスタブ端面から125mm断面の値を示している。

以下、それぞれのケースの結果について述べる。

・試験 No. 1 (中詰め無し、軸力 1250kN)

載荷試験は降伏値を下回った水平変位 $\delta=73.8\text{mm}$ 時に試験終了としている。小さい変位量で降伏値を迎えており、早い段階で杭体のコンクリートが圧壊した。曲げモーメントの最大値は、668kNm であり、モーメントピークまでの履歴ループは安定していることが分かる。しかし、ピーク後の曲げモーメントの値が急激に減少しており履歴ループが安定しない。

・試験 No. 2 (中詰め有り、軸力 1250kN)

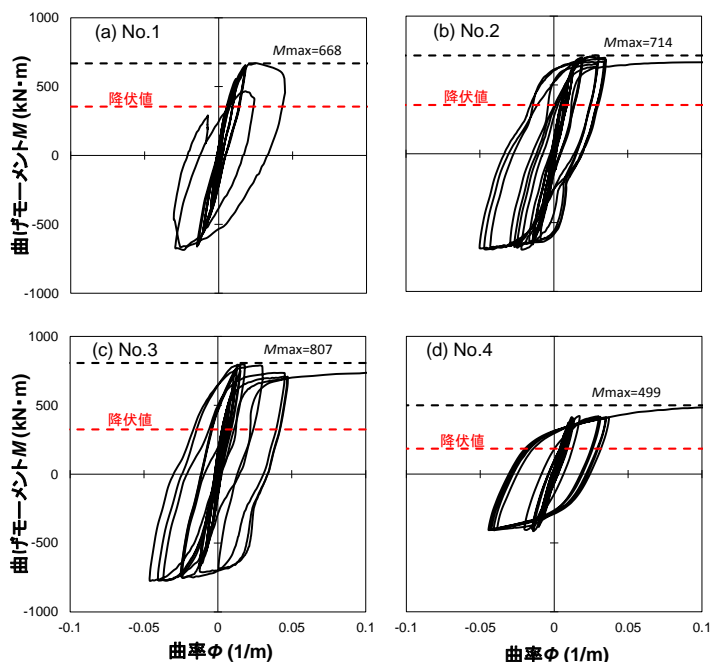
載荷試験は交番載荷後の正側一方向連続載荷 $\delta=230\text{mm}$ 時に試験終了としている。中空部分にコンクリート中詰めしているため曲げモーメントの最大値が 714kNm と増加している。また、モーメントピーク後の履歴ループも安定しておりループ面積も大きい。

・試験 No. 3 (中詰め有、軸力 1875kN)

載荷試験は交番載荷後の正側一方向連続載荷 $\delta=300\text{mm}$ 時に試験終了としている。試験 No.2 に比べて軸力が1.5倍であるため曲げモーメントの最大値が、807kNm と増加している。しかしモーメントピーク後の曲げモーメントの減少は大きく、ループ面積も小さくなる。

・試験 No. 4 (中詰め有り、軸力640kN)

載荷試験は交番載荷後の正側一方向連続載荷 $\delta=300\text{mm}$ 時に試験終了としている。軸力が引き抜き方向なので曲げモーメントの値は小さいが $\delta=300\text{mm}$ までモーメントは減少せず増加し続けている。履歴ループも安定しループ面積も大きい。

図1 試験体 $M-\phi$ 関係図

2.2. 中詰めの有無による影響

SC 杭の中詰めの有無による結果の差異について検討するため、同じ導入軸力下の試験 No.1(中詰め無し、軸力 1250kN)、No.2(中詰め有り、1250kN)の2つのケースを比較した。

図2に、試験 No.1 と No.2 について杭頭部(前節と同じ位置)の $M-\phi$ 関係を各載荷ステップごとにつなげた骨格曲線(実線)、解析結果(破線)を重ねて示す。この2ケースの実験結果を比較すると、終局時の曲率に違いがみられる。中空の試験 No.1 では、解析による終局時の曲率 $\phi=0.04(1/m)$ と実験の曲率がほぼ同程度の結果となった。しかし中空部にコンクリートを中詰めした試験 No.2 では解析による終局曲率を大きく上回っていることが分かる。したがって、SC 杭の中空部にコンクリートを充填することによって変形性能の向上が期待できるといえる。また、実験では終局までの計測は試験装置の関係上実施できなかったが、実験終了時の曲率 $\phi=0.104(1/m)$ 以上の値が期待できるため、使用上十分な変形性能が確認できた。

一方、2つの解析結果を比較すると、概ね一致していることがわかる。これは中詰めによる変形性能の向上の効

果を、解析によって考慮することが困難であり、実験を行わなければその効果を評価することは難しいといえる。

2.3. 導入軸力の影響

導入軸力の違いによる結果の差異について検討するため、試験 No.2(軸力 1250kN)と No.3(1875kN), No.4(-640kN)の3つのケースを比較した。

図3に、各ケースの $M-\phi$ 関係の骨格曲線(実線)および解析結果(破線)を重ねて示す。各ケースについて実験結果と解析結果を比較すると、初期剛性は概ね一致するが終局時の曲げモーメントや曲率には違いがあることが分かる。また、実験による曲率が解析による終局曲率を大きく上回っている。各ケースの解析による終局曲率を比較すると大きな違いがみられ、軸力の大きいものほど終局時の曲率は小さいということがわかる。したがって、軸力の方向と大きさが杭の $M-\phi$ 関係に与える影響は大きい。

2.5. 軸方向変位(軸力保持性能)

図4に各試験 No.の軸方向変位 δ_y -水平部材角 R 関係を示す。試験 No.1は $5\delta_y$ までの正負交番繰り返し載荷を行った。試験 No.2~4は $10\delta_y$ まで正負交番繰り返し載荷、 $10\delta_y$ 以降は正方向への一方向載荷を行い試験終了とした。

試験 No.1は終局を迎える直前の $4\sim 5\delta_y$ 間で押し込み方向の鉛直変位が大きく進行しており試験体の破損によるものと考えられる。対して試験 No.2, 3は $10\delta_y$ まで鉛直変位に大きな変化は確認されなかった。No.4は、正負の載荷が繰り返されるごとに引き抜き方向に鉛直変位が増加することが確認された。試験 No.2~4の $10\delta_y$ 以降の正方向への一方向載荷では、いずれも同様の勾配を示している。これは試験体の損傷でなく、水平部材角が大きくなった際の試験体の傾斜による鉛直変位であると判断される。

なお、いずれの試験体においても実験終了まで導入軸力を保持していることが確認された。また、引張方向の軸力は鋼管が負担していると考えられる。

3. まとめ

本研究では、SC杭に対して様々なケースで載荷試験を行って $M-\phi$ 関係を評価した。その結果以下の知見を得た。

- ・ 中空部分をコンクリートで中詰めしたSC杭は中空のSC杭と比較して変形性能の向上が期待できる。
- ・ 今回の片持ち梁方式の試験でもコンクリートを中詰めした場合のSC杭は終局まで載荷は行えなかったが、曲率が最大で $0.104(1/m)$ となり、使用上十分な変形性能を確認できた。

- ・ 引張方向の軸力は鋼管の負担により保持されていると考えられ、今後試設計で使用される引張に関するデータを確保することができた。

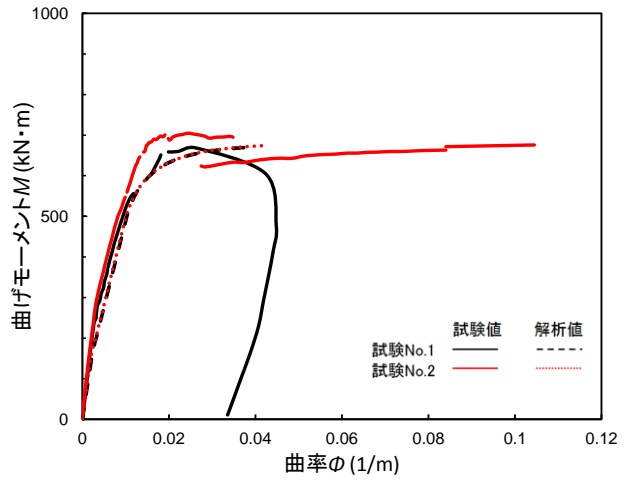


図2. 中詰めの有無による $M-\phi$ 関係の骨格曲線

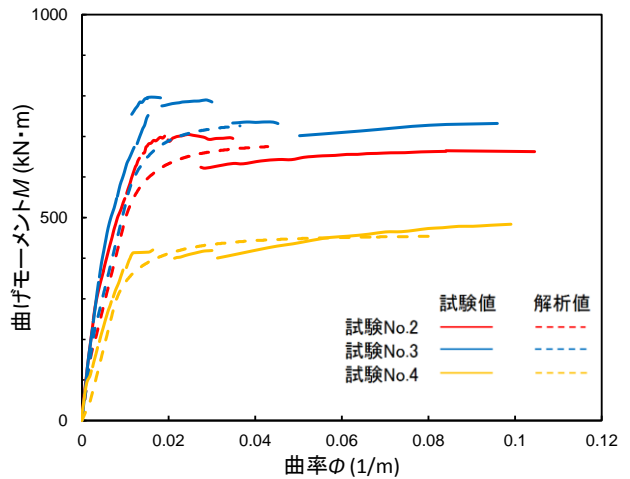


図3. 軸力の違いによる $M-\phi$ 関係の骨格曲線

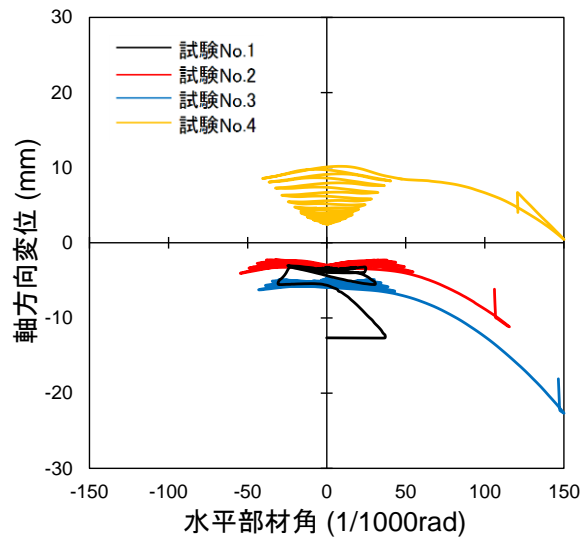


図4. 軸方向変位-水平部材角関係

* 千葉大学大学院工学研究科
 ** 千葉大学名誉教授
 *** ジャパンパイル(株)
 **** 戸田建設(株)

* Chiba University
 ** Emeritus professor of Chiba University
 *** Japan Pile Corporation
 **** Toda Corporation