

単純梁方式によるSC杭のM-φ関係の評価 (その1: 試験方法の検討と試験計画)

既製コンクリート杭 杭基礎 二次設計

正会員	○小椋 仁志*	同	田中 佑二郎*
同	菅 一雅*	同	中井 伸**
同	関口 徹**	同	中井 正一**

1. はじめに

杭基礎構造にも大地震動時を想定した二次設計を求められることが多くなったが、既製コンクリート杭(以下、既製杭)については、杭体の強度については多くのデータが蓄積されているものの、変形性能についてはデータが多いとはいえない。そこで、変形性能の指標として曲げモーメントM-曲率φ関係を取り上げ、実際の設計で用いるためのM-φ関係を評価することとする。本報(その1~3)では、この目的で行った曲げ試験と、その結果を反映した試設計について報告する。

2. 日常的に行われている試験方法の問題点

既製杭の曲げ試験は、JIS規格や日本建築センター等の評定を取得することを主目的として日常的に行われている。試験方法はJISA5337に規定された図1に示す方式(以下、単純梁方式)である。しかし、この方式では曲げモーメントが最大になる荷重点間はせん断力が作用しない純曲げ状態になるが、これは地盤中の杭に作用する応力状態とは大きく異なるという問題が指摘されている¹⁾。また、軸力を加えた状態では、試験治具の安全の関係から大きなたわみまで変形することが難しいことも問題点の一つである。これらの問題を解決するには、杭頭をパイルキャップに固定することによって片持ち梁の状態にした杭に加力する荷重方法が有効である。しかし、曲げモーメントが一定値になる区間がないため正確なM-φ関係が得られないこと、杭頭を固定する方法によって試験結果が変わること等の問題がある。

単純梁方式で行う日常の試験は、杭体のひび割れ・破壊強度を調べるのが主目的であるため、荷重点中央点のたわみ量とひび割れを感知するために杭体表面ひずみを測る程度であって、曲率は求めないのが一般的である。ただし、荷重区間で3点以上たわみ量を測るか、杭体表面にひび割れが生じないSC杭の場合は杭体表面のひずみを測れば正確なM-φ関係が得られ、ある程度のデータが蓄積されている。図2は日常の正負交番曲げ試験で得られたSC杭(杭径800mm、鋼管590材、鋼管厚6mm)のM-φ関係の一例である。しかし、日常の試験で得られるM-φ関係から変形性能を把握するのは難しい。それは、杭体が破壊するまでほぼ単調に一方方向荷重するか、図のように設計短期許容曲げモーメントと設計破壊曲げモーメントの約80%

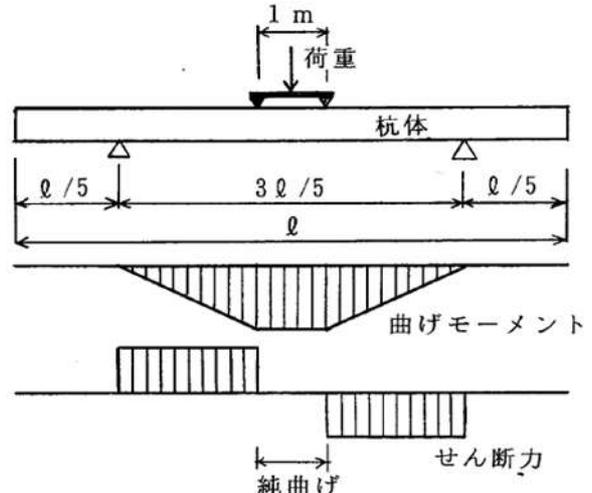


図1. 単純梁方式の曲げ試験 (JIS A 5337)¹⁾

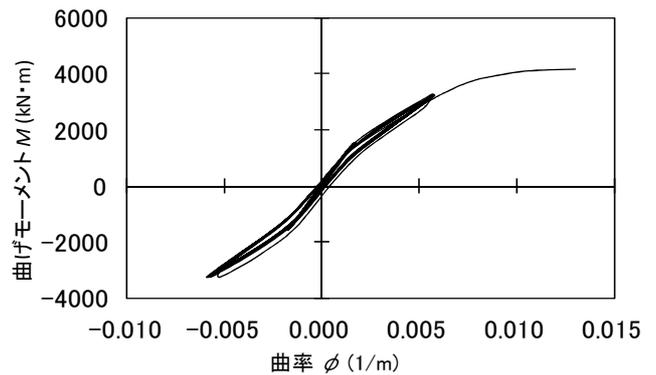


図2. 日常の試験によるM~φ関係の一例

でそれぞれ10回正負交番荷重で繰り返したあと、荷重がピークに達すると終了しているためである。この荷重方法ではピーク以後の挙動を十分に把握できない。

3. 試験計画

3.1 試験装置 今回の試験はM-φ関係を検証することが主目的であることから、単純梁方式を採用することとした。装置図を図3に示す。

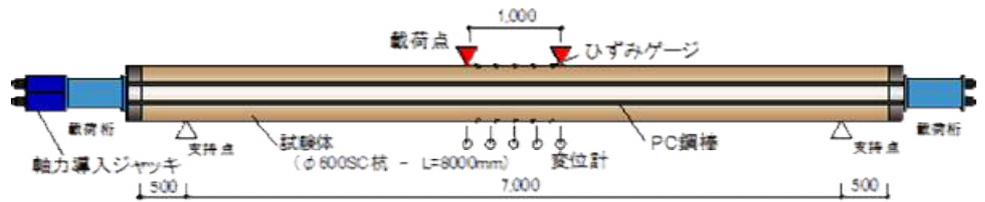


図3. 試験装置

3.2 試験種類 試験杭は外径 600mm の SC 杭(肉厚 90mm、鋼管 SKK490 材、コンクリート強度 105N/mm²)とし、表 1 に示す 7 種類の試験を行った。軸力は図 3 のように杭体の外側の PC 鋼棒(外径 38mm)を緊張することにより与えた。軸力値の 2800kN は外径 600mm の SC 杭に継ぐことが多い節部径 650mm、軸部径 500mm の節付 PHC 杭の長期許容軸力であり、その 1.5 倍の 4200kN は短期時軸力を想定した値である。また、変形性能の向上を期待して中空部に杭周充填材を想定したソイルセメントおよびパイルキャップと同等の強度のコンクリートを中詰めした SC 杭についても試験を行うこととした。

3.3 荷重方法 今回の試験では、杭体の変形性能を把握するため図 4 に示す変位制御による繰返し荷重とした。図中の P_y は降伏曲げモーメントを与える荷重、 δ_y は荷重が P_y の時の荷重点中央のたわみ量である。

3.4 測定項目 杭体のたわみ量とひずみを、図 3 に示す位置で測定する。

4. 試験結果

4.1 M- δ 関係 図 5 は、試験で得られた M- δ (荷重点中央のたわみ量)関係のうち、正方向荷重の包絡線を比べたものである。この図から、①一方向荷重(試験 1)は同条件の正負交番荷重(試験 2)よりもピーク時の曲げモーメントとたわみ量が大きく、②軸力を加え、中詰めのない試験 3,4,5 は、いずれもピークを過ぎるとその後の荷重はできていない、③鋼管厚が厚い試験 5 は試験 3 よりもピーク時の曲げモーメントは大きいなたわみ量は変わらない、④試験 3 よりも軸力が大きい試験 4 は、ピーク時の曲げモーメントもたわみ量も小さい、⑤中詰めがある試験 6,7 はピーク後も荷重ができていない、⑥特に中詰め材の強度が大きい試験 7 では荷重はあまり低下していない、等が分かる。なお、試験 7 は図 3 の荷重杭のところで PC 鋼棒の折れるような変形が増したため $\delta=150\text{mm}$ で荷重を中止した。続けていけば、曲げモーメントが低下するまで変形性能が確認できたものと思われる。大変形時まで確認できないのは単純梁方式の問題点の一つである。

4.2 荷重方向の影響 図 6 に試験 1,2 の M- ϕ 関係の比較を示す。曲率は鋼管表面の荷重点中央でのひずみ値から平面保持の仮定の下に算定した値である。この図より、荷重を一方向(試験 1)とした場合は、地震時の荷重状態に近い正負交番(試験 2)よりも、終局時の曲げモーメントと曲率を過大評価するおそれがあるものと判断される。

5. おわりに

本報では、既製杭の M- ϕ 関係を検証するために SC 杭に対して行った曲げ試験のうち、(その 1)として日常的に行われている試験方法の問題点と、今回の試験の計画および結果の一部について述べた。

参考文献 1) 日本建築構造技術者協会：杭基礎の耐震設計を考える,pp.38-40,1997

表 1. 試験の種類

試験 No.	鋼管厚 (mm)	軸力 (kN)	中詰め材	強度 (N/mm ²)	荷重方向
1	9	0	なし		一方向
2	9	2800	なし		正負交番
3	9	4200	なし		正負交番
4	9	2800	なし		正負交番
5	12	2800	なし		正負交番
6	9	2800	ソイルセメント	4.2	正負交番
7	9	2800	コンクリート	22.6	正負交番

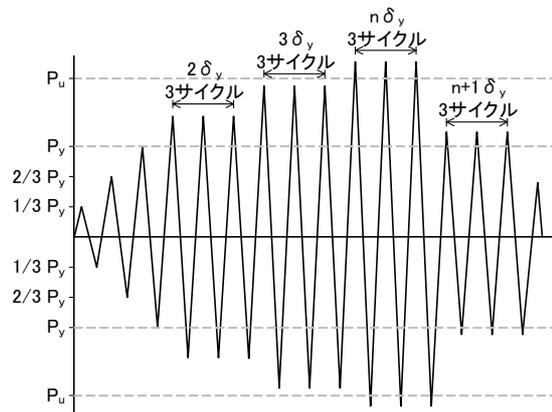


図 4. 荷重方式(正負交番荷重)

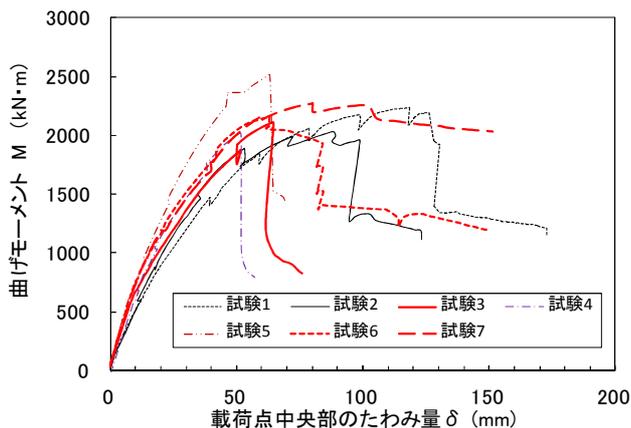


図 5. M- δ 関係の比較図

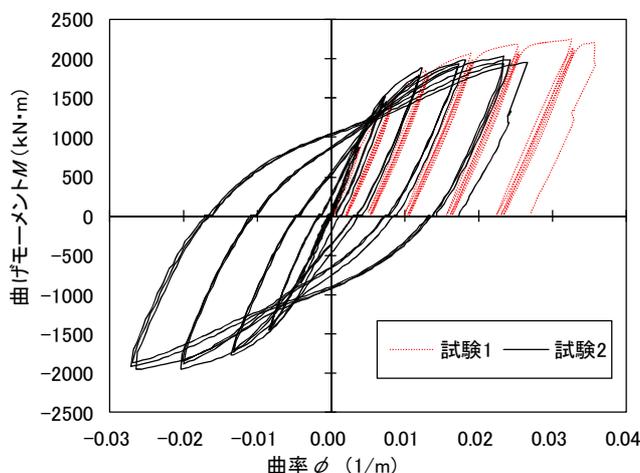


図 6. M- ϕ 関係の比較図(試験 1、2)

* ジャパンパイル
** 千葉大学大学院工学研究科

* Japan Pile Corporation
** Chiba University