

片持ち梁方式曲げせん断試験による SC 杭の M-φ 関係の評価(その 3 : 単純梁方式との比較)

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

既製コンクリート杭 杭基礎 二次設計

表 1 試験体条件および材料試験値

試験 No.		1, 2	1a, 2a
載荷方式		片持ち梁	単純梁
杭径	$D$ (mm)	400	600
杭肉厚	$T$ (mm)	60	90
鋼管厚	$ts$ (mm)	6.0	9.0
径厚比	$T/D$	0.15	
肉厚比	$ts/T$	0.10	
杭断面積	$A$ (mm <sup>2</sup> )	$6.41 \times 10^4$	$1.44 \times 10^5$
杭体 コンクリート	圧縮強度 $F_{c1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	117	119
	ヤング係数 $E_{c1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	46,600	48,200
中詰め コンクリート	圧縮強度 $F_{c2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	29.6	22.6
	ヤング係数 $E_{c2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	23,300	20,800
鋼管	降伏強度 $F_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	443	390
	ヤング係数 $E_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	209,600	208,200
導入軸力	$N$ (kN)	1,250	2,800
軸応力	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	19.5	

1. はじめに

その 1,2 において、片持ち梁方式曲げせん断試験による M-φ 関係の報告を行った。前報<sup>1)</sup>では、単純梁方式曲げ試験による M-φ 関係の報告を行っているが、その 1,2 の試験体と杭径および載荷方式が異なる。杭の変形性能を評価する指標として、M-φ 関係を用いることが一般的であるが、杭径や軸力条件が異なる場合、M-φ 関係も異なる。したがって、その 1,2 と前報で得られた試験結果を単純に比較することは難しい。

本報告では、杭径の異なる試験体の M-φ 関係を一般化することにより M-φ 関係の比較を行ったので、その結果を報告する。

2. M-φ 関係の比較を行った試験体

表 1 に M-φ 関係の比較を行った試験体条件および材料試験値を示す。試験 No.1,2 では、杭径  $D=400\text{mm}$  の片持ち梁方式曲げせん断試験、試験 No.1a,2a では、杭径  $D=600\text{mm}$  の単純梁方式曲げ試験を実施している。試験 No.1,2 と試験 No.1a,2a とでは、杭肉厚  $T$  や鋼管厚  $ts$ 、導入軸力  $N$  が異なるが、いずれも  $T/D$  (径厚比)=0.15、 $ts/T$ (肉厚比)=0.10、軸応力  $\sigma=19.5\text{N/mm}^2$  となる様に設定している。また、試験 No.1,1a は中詰めコンクリート無し、試験 No.2,2a は中詰めコンクリート有りの試験体である。

図 1,2 に試験結果より得られた M-φ 関係を示す。試験体の杭径が異なる試験 No.1 と試験 No.1a とでは、M および φ の大小関係が大きく異なり、単純に M-φ 関係のみで比較することができないことがわかる。また、試験 No.2 と試験 No.2a の M-φ 関係についても同様である。

3. M-φ 関係の一般化の方法

M-φ 関係の一般化の方法の例を図 3 に示す。M-φ 関係の一般化の方法として、縦軸(曲げモーメント  $M$ )に  $[\times D/2EI]$ 、横軸(曲率  $\phi$ )に  $[\times D/2]$  を行い、両軸の単位系の無次元化を図る。ここで、 $E$  には杭体コンクリートのヤング係数  $E_{c1}$ 、 $I$  には換算断面 2 次モーメント  $I_e$  を用いる。例として杭径以外の諸元値を揃えた A 杭( $D=400\text{mm}$ )と B 杭( $D=600\text{mm}$ )の解析値を用いて、M-φ 関係の一般化を行った。M-φ 関係のままでは M および φ の値に大きな差があるが、一般化を行うことによりグラフ上で重なることがわかる。

なお、この一般化の方法は、単純に弾性範囲内において、M および φ を用いて杭断面の最外縁ひずみを求めることと同じ意味である。

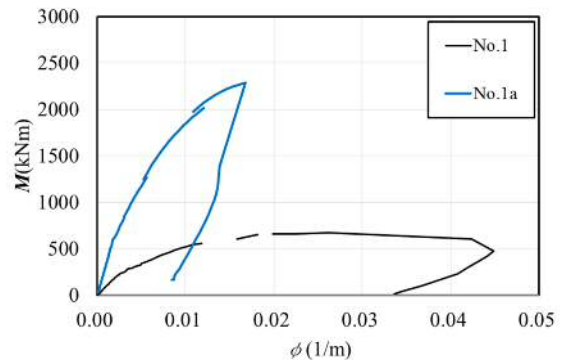


図 1 M-φ 関係(試験 No. 1, 1a : 中詰め無し)

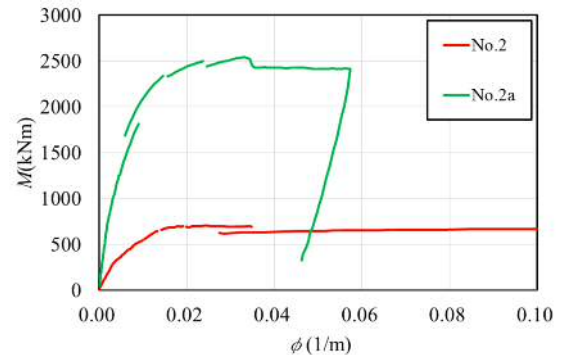


図 2 M-φ 関係(試験 No. 2, 2a : 中詰め有り)

#### 4. $M-\phi$ 関係の一般化による比較結果

図4に試験 No.1,1a(中詰め無し)、図5に試験 No.2,2a(中詰め有り)の、 $MD/2EI-\phi D/2$  関係による比較結果を示す。同図中には、表1の材料試験値を用いて、平面保持の仮定に基づく断面解析<sup>2)</sup>により算定した解析値を記載する。

##### 4.1. 試験 No. 1, 1a(中詰め無し)の比較

図4より、杭径の異なる  $MD/2EI-\phi D/2$  関係(実測値)が概ね一致することが確認された。勾配に多少の差が生じているが、材料試験値のばらつきによるものと考えられる。材料試験値のばらつきは、 $F_{c1}$  が設計値( $105\text{N/mm}^2$ )の1.11~1.13倍、 $E_{c1}$  が設計値( $40000\text{N/mm}^2$ )の1.17~1.21倍、 $F_s$  が設計値( $325\text{N/mm}^2$ )の1.20~1.36倍、 $E_s$  が設計値( $205000\text{N/mm}^2$ )の1.01~1.02倍である。ばらつきによる影響は、解析値の差からも確認されている。

$MD/2EI$  の最大値については、ほぼ同等の値となるものの、 $\phi D/2$  については、試験 No.1 が試験 No.1a の約2倍の値を示した。その1,2に示した試験 No.1の破壊性状と比べ、試験 No.1a では  $\phi D/2=0.005$  付近で局部的な鋼管の陥没と鋼管内のコンクリートの剥落が確認されており、破壊性状が大きく異なる。試験 No.1 と試験 No.1a とでは破壊性状が異なることが、 $\phi D/2=0.005$  以降に差が生じた理由と考えられる。

##### 4.2. 試験 No. 2, 2a(中詰め有り)の比較

図5より、4.1と比べて中詰めコンクリートの有無による条件の差があるものの4.1と同様の結果および傾向が確認された。また、 $\phi D/2$  が進行した範囲においても概ね結果が一致している。どちらの試験体も載荷点付近での鋼管の提灯座屈が発生しており、同様の破壊性状を示している。試験にて確認できた範囲( $\phi D/2=0.017$ 程度)においては、変形性能が同等程度と考えられる。載荷方式が片持ち梁方式であった試験 No.2については、最終値として  $\phi D/2=0.02$ ,  $MD/2EI=0.002$  まで得ている。

#### 5. まとめ

杭径の異なる試験体の  $M-\phi$  関係を一般化することにより  $M-\phi$  関係の比較を行った。

- ・ 比較を行った試験体は杭径が異なるが、 $MD/2EI-\phi D/2$  関係が概ね一致しており、確認できた範囲においては、変形性能が同等程度と判断できる。
- ・ 載荷方式の異なる場合であっても、 $MD/2EI-\phi D/2$  関係に与える影響は小さい。
- ・ 破壊性状が大きく異なる試験体の場合、 $MD/2EI-\phi D/2$  関係を最終値まで比較することは難しい。
- ・ 試験体の材料試験値が異なる場合は、 $MD/2EI-\phi D/2$  関係にも影響がある。

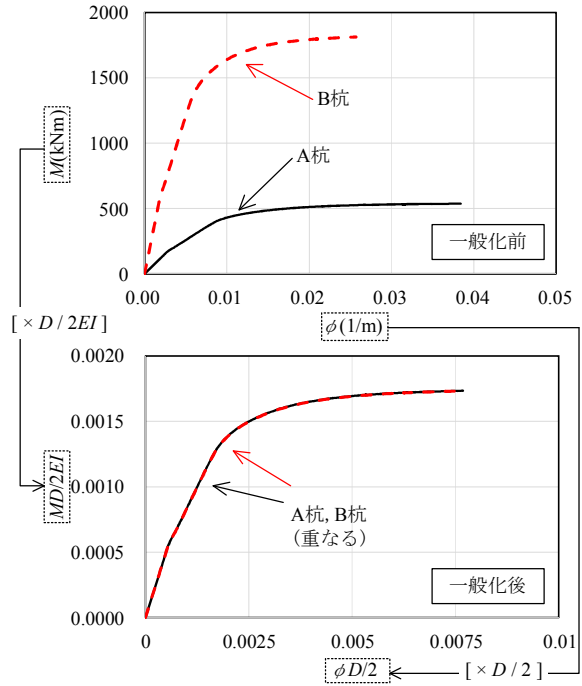


図3  $M-\phi$ 関係の一般化の方法の例

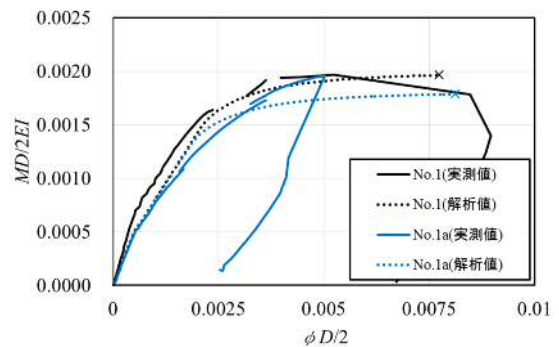


図4  $MD/2EI-\phi D/2$  関係(試験 No. 1, 1a)

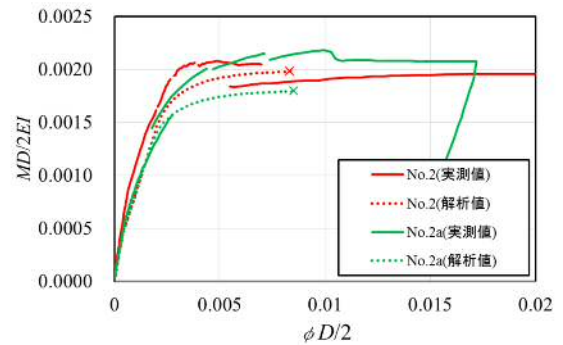


図5  $MD/2EI-\phi D/2$  関係(試験 No. 2, 2a)

#### 参考文献

- 1)小椋他：単純梁方式によるSC杭の  $M-\phi$  関係の評価(その1~3), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.429-434, 2015
- 2)吉田聡他：一体解析による耐震性能評価手法の検討(その2 杭体の  $M-\phi$  モデルについて), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.511-512, 2004

\* ジャパンパイル  
 \*\* 千葉大学大学院工学研究科  
 \*\*\* 千葉大学名誉教授

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