鋼管で補強されたマイクロパイルの曲げ耐力に関する研究
－グラウトを充填した油井用鋼管の曲げ試験－

フジタ　正会員　○斎藤　悦郎
高環境エンジニアリング　浜塚　政治
広島工業大学　正会員　米倉亜州夫
フジタ　正会員　岸下　崇裕

１．　はじめに

鋼管により補強されたマイクロパイルは、高耐力、高支持力の杭を形成させるとともに、施工性の観点から既設基礎の補強工法として注目されている。しかし、わが国での施工実績も少なく、杭本体が軸力を受けた場合の曲げ特性やカップリング継手が曲げ特性に与える影響などについて定量化されているとはいえない。そこで、鋼管により補強されたマイクロパイルの曲げ特性を明らかにし、解析や設計に用いるデータを得ることを目的として曲げ試験を実施した。

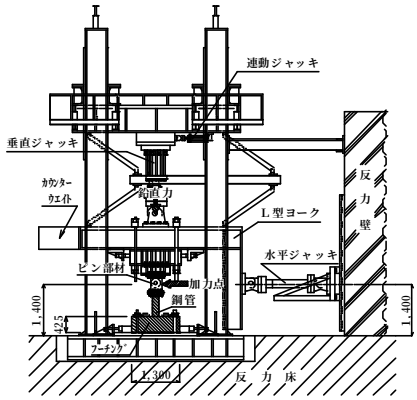
２．　試験の概要

試験は、片持梁タイプ試験体（図－3）を用いた交番載荷試験（シリーズⅠ）と、単純梁タイプ試験体を用いた曲げ試験（シリーズⅡ）からなっている。試験体の材料は、補強材として鋼管（φ178mm、ｔ＝12.6mm）および鉄筋（D51）と充填グラウトから構成されている。試験体の種類を表－１に示す。

表－１　試験体の種類

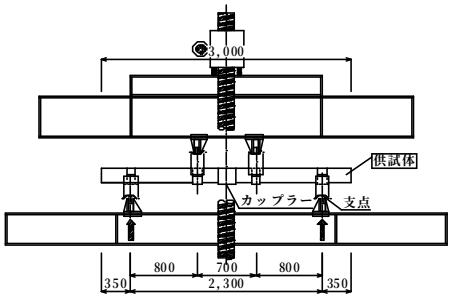
シリーズ	試験体	鉛直荷重(KN)	ｶｯﾌﾟﾘﾝｸﾞの有無
Ⅰ	①	500	－
	②	500	○
	③	1,000	－
	④	1,000	○
Ⅱ	⑤	－	－
	⑥	－	○

シリーズⅠは、軸力を受けた杭の曲げ特性に着目し、カップリング継手のない試験体（標準試験体）とカップリング継手を有する試験体の2種類について交番載荷試験を行った。載荷試験機は、水平ジャッキ、鉛直ジャッキ、反力壁から構成されており、その概要を図－1 に示す。荷重の載荷は、まず所定の鉛直荷重を載荷した後、水平交番荷重を下記の条件で載荷した。鉛直荷重は、500ｋＮと 1000ｋＮの 2 ケース、水平荷重は、1δを 20mmとし、その整数倍（2δ、3δ、・・）の変位を与える毎に正負を3回づつ繰り返す交番載荷試験とした。



図－1　交番載荷試験装置

シリーズⅡは、カップリング継手部の曲げ特性に着目し、標準試験体とカップリング継手を有する試験体の2種類について単純曲げ試験（図－2）を行った。載荷方法は、鋼管やカップラーに一様な曲げモーメントが作用するように2点載荷としている。



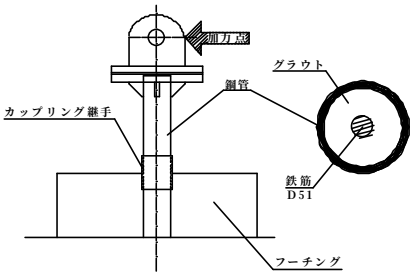
図－2　単純曲げ載荷試験装置

３．　試験結果

(1)シリーズⅠの試験結果

交番載荷試験における試験体の最大水平荷重と最大水平変位を表－２に、荷重－水平変位（Ｐ-δ）包絡線を図－４に示す。この結果、鉛直荷重Ｖ＝1000ｋＮのケースはＶ＝500ｋＮのケースと比べ、鋼管降伏後に水平載荷荷重が大きく低下している。これは鉛直荷重と鋼管水平変位によって生じる偏心モーメントの影響と考えられる。

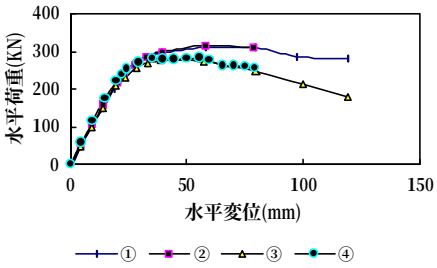
キーワード：高耐力マイクロパイル、油井用鋼管、カップリング継手
連絡先〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1，TEL：046-250-7095，FAX：046-250-7139，E-Mail： esaito@fujita.co.jp



図－３　片持梁タイプ試験体

表－2　最大水平荷重と最大水平変位

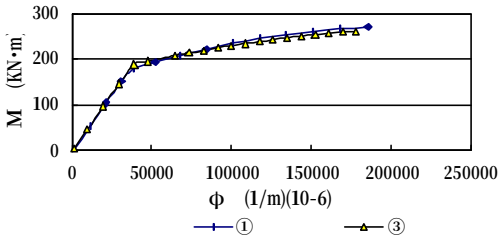
試験体	水平荷重 (KN)	水平変位 (mm)
①	311	119
②	316	79
③	275	119
④	283	79



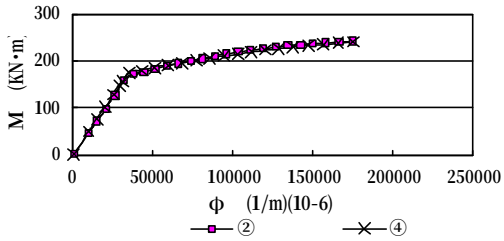
図－４　P-δ包絡線

また、試験体の破壊形態は、標準試験体がフーチング天端で鋼管が破断、カップリング継手を有する試験体がカップラーと鋼管の継ぎ目部で鋼管が破断した。カップラー本体のひずみは、引張側で 3000μ、圧縮側で 6000μ程度であり、鋼管の降伏ひずみ 3500μと大きな差異はない。そして、水平荷重載荷による鋼管の最終ひずみ（20000μ以上）と比較し、きわめて小さい値であるといえる。これらの結果から、カップラー継手部は標準部よりも剛性が大きいと評価できる。またM-φ関係は、図－５、図－６に示すように鉛直荷重増大による影響やカップリング継手による差異はほとんどみられなかった。

荷重とひずみの関係は、図－7 に示すように、各材料の維ひずみが中立軸からの距離と比例関係にある。また、鉛直荷重が載荷されていることから、鋼管降伏後のひずみは圧縮側に卓越した値となっている。



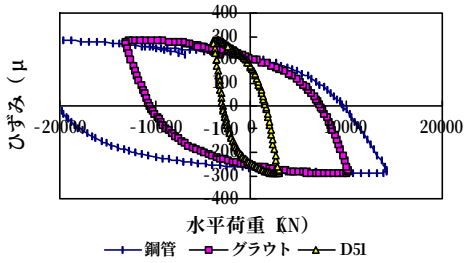
図－５　M-φ曲線（標準試験体）



図－6　M-φ曲線（カップリング継手試験体）

(2) シリーズⅡの試験結果

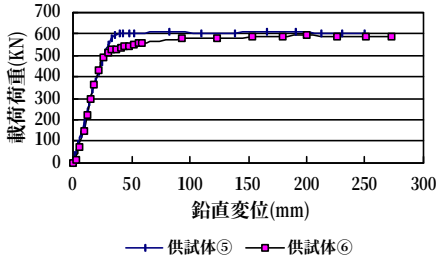
単純曲げ試験における荷重－変位関係は、試験体⑤、⑥共、図－８に示す通り降伏後も載荷荷重の低下はみられなかった。そして、最大変位量 250mmにおいても各試験体に大きな変状はなく、十分な変形能力を有することが確認できた。また、荷重とひずみの関係も、各材料の維ひずみが比例関係にあること、試験体の変形に関係なくカップリング継手のひずみが 3000μ程度であったことなど、シリーズⅠと同様の結果を得た。



図－7　荷重-ひずみ 関係（水平変位 60mm）

４．　おわりに

この試験から鋼管で補強されたマイクロパイルは、①鉛直荷重と鋼管水平変位によって生じる偏心モーメントの影響により、降伏後の水平荷重が低下する、②カップリング継手部は鋼管を用いた標準部よりも剛性が大きく、標準部と同等の最大耐力および変形性能を有している、ことが判った。今後は、更なるデータの蓄積と、これらの試験結果を反映した設計手法の確立を目指していく予定である。



図－8　荷重－変位　履歴

最後に、本試験は広島工業大学の二軸載荷試験機（第一ハイテクリサーチセンター）を用いて実施した。ご指導と協力を頂いた佐藤立美教授をはじめ実験室の皆様に謝辞を申し上げます。

＜参考文献＞1）斎藤ら：鋼管を用いたマイクロパイルの曲げ耐力に関する研究（その１）－グラウトを充填した油井用鋼管の交番曲げ試験－、土木学会第５４回年次学術講演会、１９９９