

## VI-94

## マイクロパイルの曲げ試験

東洋建設（株） 正会員 小竹 望  
 " 正会員 山本 芳生  
 " 山村 浩介

## 1. まえがき

最近、大断面トンネルや都市部におけるNATMの施工に際して、トンネルの補助工法、補強土工法、基礎杭など様々な用途に対して、ヨーロッパを中心に多くの実績を有するマイクロパイルが先受工や脚部補強工として用いられるようになってきた。筆者らは、これまでマイクロパイルについて杭としての鉛直載荷試験<sup>1)</sup>や側壁の支持力不足対策への適用<sup>2)</sup>などから、その有効性を確認した。今回、先受工など曲げ部材としてのマイクロパイルの耐力評価を目的として実施した曲げ試験の結果について報告する。

## 2. 試験内容

マイクロパイルは、鋼管と充填材および加圧注入による固化部からなる合成部材である。本試験は、充填材の有無による曲げ特性の違いを確認するために行った。試験装置の概略および計測位置を図-1に示す。また鋼管および充填材の諸元を表-1に、計測項目と方法を表-2に示す。

試験は、単純梁に対して中心より左右90mm離れた位置に2点載荷し、中心点の変位量2mmごとに荷重、変位、ひずみを測定した。載荷は、鋼管の許容曲げ応力度 $\sigma_{sa}=1800 \text{ kgf/cm}^2$ を考慮して、中心点の最大ひずみ量 $\epsilon_{\max} = \sigma_{sa} / E_s = 857 \mu$ を限界とした。

## 3. 試験結果

試験結果より図-2に変位量と荷重の関係を示す。同図より充填材ありのNo2は、鋼管だけのNo1と比べて同一変位量における測定荷重が1.3倍程度大きくなっている。図-3に荷重と直ひずみの関係を示す。同図より鋼管の直ひずみと荷重の関係は両

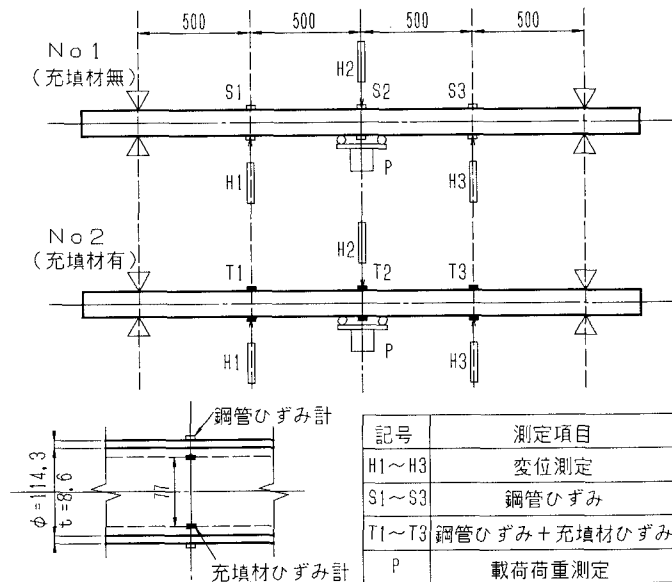


図-1 試験装置の概略および計測位置

表-1 鋼管および充填材の諸元

|     |           |                         |                     |
|-----|-----------|-------------------------|---------------------|
| 鋼 管 | 外径        | $D_s = 114.3$           | mm                  |
|     | 肉厚        | $t = 8.6$               | mm                  |
|     | 弾性係数      | $E_s = 2.1 \times 10^6$ | kgf/cm <sup>2</sup> |
|     | 断面2次モーメント | $I_s = 401$             | cm <sup>4</sup>     |
|     | 許容曲げ強度    | $\sigma_{sa} = 1800$    | kgf/cm <sup>2</sup> |
| 充填材 | 外径        | $D_c = 97.1$            | mm                  |
|     | 弾性係数      | $E_c = 2.3 \times 10^5$ | kgf/cm <sup>2</sup> |
|     | 断面2次モーメント | $I_c = 436$             | cm <sup>4</sup>     |
|     | 圧縮強度      | $\sigma_c = 200$        | kgf/cm <sup>2</sup> |

表-2 計測項目と方法

| 計測項目     | 計測方法                |
|----------|---------------------|
| 載荷荷重測定   | オイルジャッキの圧力を電氣的に測定する |
| 鋼管変形測定   | 電気式変位計を用いる          |
| 鋼管ひずみ測定  | 表面にひずみゲージを張り付けて計測する |
| 充填材ひずみ測定 | モールドゲージを埋め込んで計測する   |

ケースともに直線であり弾性変形の範囲にあることがわかる。また、No 2の充填材のひずみも荷重との関係は引張側、圧縮側ともに線形関係であり弾性変形の範囲にあると思われる。

#### 4. 結果の評価

荷重変位関係より、充填材により梁の曲げ剛性  $EI$  は約1.3倍になっているものと思われる。鋼管の曲げ剛性  $E_s I_s$  と充填材の曲げ剛性  $E_c I_c$  より、No 1とNo 2の供試体の曲げ剛性を計算するとNo 1では  $EI_1 = E_s I_s = 8.42 \times 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$ 、No 2では  $EI_2 = E_s I_s + E_c I_c = 9.42 \times 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{cm}^2$  であり1.1倍程度となる。計算上、鋼管と充填材の曲げ剛性を単純に加えたものより実際の供試体の曲げ剛性は大きくなっている。

また、ひずみ量より充填材の応力度を算定すると、変位量10mmに対して直ひずみ  $500 \mu$  程度であり、計測位置を考慮した引張側の縁応力度は  $145 \text{ kgf/cm}^2$  となる。また充填材の曲げ引張強度は、圧縮強度  $\sigma_c = 200 \text{ kgf/cm}^2$  に対して、 $\sigma_t = \sigma_c / 8 = 25 \text{ kgf/cm}^2$  程度と考えられる。この結果、発生応力度は引張強度を越えているが、図-3より破壊は生じていないと考えられる。これは、鋼管に拘束されることにより充填材の曲げ引張強度が増大したためと思われる。

マイクロパイルと同様の合成部材であるコンクリート充填鋼管構造の分野において研究<sup>3)</sup>されているように、鋼管と充填材の相互作用により合成部材の曲げ耐力が増加したものと考えられる。

#### 5. あとがき

今回マイクロパイルの曲げ試験を行った結果、鋼管内部の充填材の効果より梁の曲げ剛性は、計算上鋼管と充填材の曲げ剛性の単純な和より大きくなることが確認された。また、充填材の曲げ引張強度が鋼管の拘束効果により増大することが確認された。この結果よりトンネルの補助工法のような仮設材としてマイクロパイルを用いる場合には、充填材の曲げ強度を評価した設計を行うことも可能かと思われる。

今後は、鋼管の形状寸法が異なる試験、軸力を同時に受ける曲げ試験および鋼管に継手部がある場合の試験などを行っていく予定である。また、実施工を行ったマイクロパイルの計測結果についても評価していく予定である。

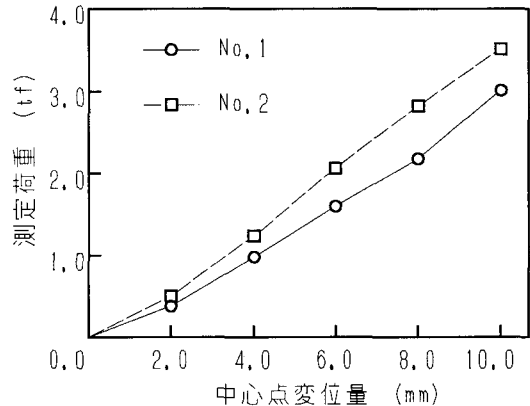


図-2 変位～荷重関係

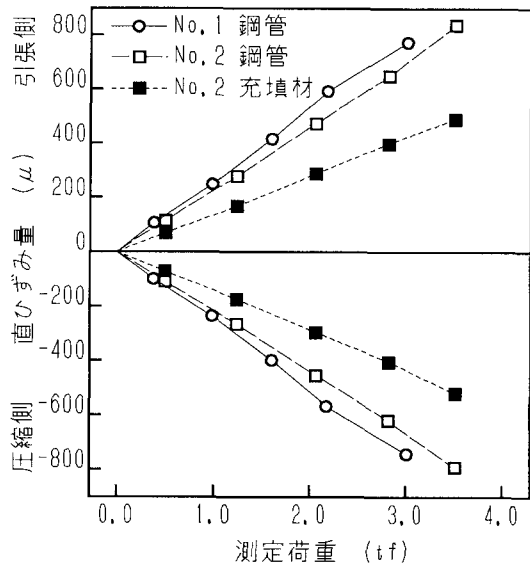


図-3 荷重～直ひずみ関係

参考文献 1) 岡、小竹、山本他：「軟岩地山におけるマイクロパイルの載荷試験」、第28回土質工学研究発表会、1993年6月

2) 酒井、坂本、木村他：「マイクロパイルによる側壁の沈下抑制効果」、第29回土質工学研究発表会、1994年6月

3) たとえば、辻：「コンクリート充填鋼管構造の構造挙動入門」、1993年12月