

## セグメントボルトレス継手の開発（その1：リング継手）

日本高圧コンクリート(株) 正会員 ○徳田 浩 河合 規利 石川 隆司

### 1. はじめに

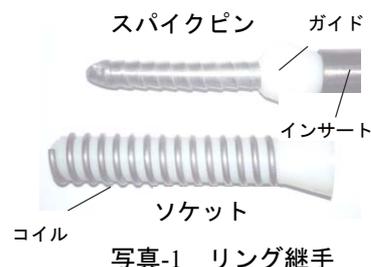
近年、シールドトンネル用セグメントにおいて、二次覆工省略、施工の高速化などの観点から、内面平滑化やボルトレスの継手が望まれ、各種の継手が開発されている。筆者らはこれらの要求を満たし、とりわけ地山条件の良好な場合に用いるリング継手、セグメント継手の開発を行った。

これらの継手を用いることにより、新設セグメントはシールド機のジャッキ推力を利用し、既設セグメントに対し、リング間およびセグメント間を同時に締結することができる。

本稿では、このうちリング継手に関する挿入、引抜き、およびせん断の試験結果について報告する。

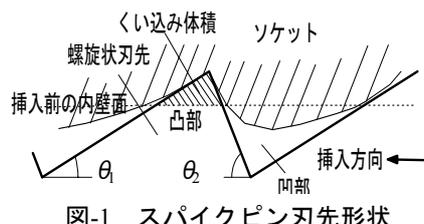
### 2. 継手の構造

リング継手（写真-1）は、図-1に示すような螺旋状の刃先をもつスパイクピンと、内面が平滑で先端に向け縮径された樹脂製ソケットを主体として構成されている。スパイクピンの挿入により凸部がソケット内壁にくい込むとともに、凹部に押し出されたソケット内壁のせん断力がスパイクピンの引張り力に抵抗する。



### 3. 継手の設計

本継手において、図-1に示したスパイクピン刃先の底角  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  を適切な値に設定することによって、挿入荷重値、引抜き荷重値（以下  $P_i$  値、 $P_p$  値という）のバランスのよいリング継手が設計できる。また予備実験から、 $P_i$  値や  $P_p$  値は図-1に示す凸部のソケット内壁へのくい込み体積に大きく依存することが分かり、以下のような実験式を得た。



$$P_i (P_p) = K_i (K_p) \cdot \sum V_j = K_i (K_p) \cdot \sum [S_j \cdot \{p^2 + (2\pi \cdot R_j)^2\}^{1/2}] \quad (1)$$

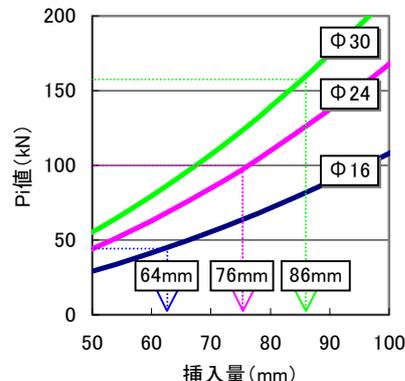
ここに、 $K_i (K_p)$  :  $\theta_1 (\theta_2)$  に依存する比例定数 ( $N/mm^3$ ) (例 :  $K_i=55 (\theta_1=10^\circ)$ 、 $K_p=75 (\theta_2=75^\circ)$ )

$V_j$  :  $j$  番目の刃先 1 周分のくい込み体積 ( $mm^3$ )  $p$  : 刃先のピッチ ( $mm$ )

$S_j$  :  $j$  番目の刃先のくい込み断面積 ( $mm^2$ )  $R_j$  :  $j$  番目の刃先位置のソケット内壁半径 ( $mm$ )

図-2 は呼び径  $\Phi 16$ 、 $\Phi 24$  および  $\Phi 30$  の継手について、挿入量と  $P_i$  値の関係を (1) 式により計算した相関曲線である ( $\theta_1=10^\circ$ 、 $\theta_2=75^\circ$ 、 $p=12mm$ 、ソケット内面テーパ $=1^\circ$ )。

この図より、呼び径  $\Phi 16$ 、 $\Phi 24$  および  $\Phi 30$  の継手の  $P_i$  値をそれぞれ 45kN、100kN および 160kN と設定した場合、挿入量はそれぞれ 64mm、76mm、および 86mm と求まる。



### 4. 継手挿入、引抜き試験

#### 4.1 試験方法

単体のソケット（材質：ナイロン）に対し、単体のスパイクピン ( $\Phi 16$ 、 $\Phi 30$  : 材質 SS400、 $\Phi 24$  : 材質 S43C) を圧縮試験機を用いて規定の挿入量分を垂直に押込んで  $P_i$  値を確認した。

また、嵌合した継手について引張り試験機を用いて  $P_p$  値を確認した。

図-2  $P_i$  値と挿入量

キーワード：ボルトレス継手、二次覆工省略、内面平滑、シールドトンネル、セグメント

連絡先：〒369-1108 埼玉県大里郡川本町大字田中 1440 TEL 048-583-6201

4.2 試験結果

挿入荷重、引抜き荷重の目標値および実測値を表-1に示す。  
この結果より、3種類の継手いずれもほぼ目標どおりの荷重特性が得られ、実験式の妥当性を確認することができた。

表-1 挿入荷重・引抜き荷重

呼び径	挿入荷重 (kN)		引抜き荷重 (kN)	
	目標値	実測値	目標値	実測値
Φ16	45	44	61	59
Φ24	100	102	140	153
Φ30	160	132	205	208

5. 継手せん断試験

5.1 試験方法

試験体として 800×500×250mm の RC 平板を用い、呼び径 Φ24 の継手を厚さ中央に取り付けた。

せん断試験は、3ピースを2継手で連結した2面せん断とし、0kN、150kN および 200kN の3種類の軸力を与えた。

5.2 試験結果

表-2に試験結果を、図-3にせん断荷重と目違い量の関係を示す。図-3中、初期の勾配の大きい領域では継手面に摩擦がはたらいているので、これに続く勾配の小さな領域からせん断バネ定数  $K_s$  を求めた。

ここに使用限界荷重とはコンクリートがコーン状に破壊した荷重を、最大荷重とはスパイクピンがせん断破壊した荷重をあらわす。

今回の試験で得られた性能を、他の樹脂製継手と比較した結果を表-3に示す。

この結果より、引抜き荷重やせん断バネ定数などについては同等の性能であることが確認できた。

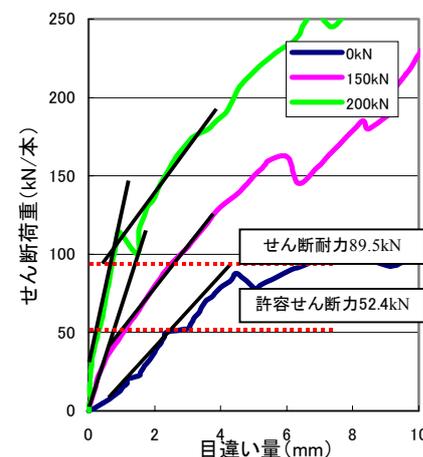


図-3 せん断荷重と目違い量

6. まとめ

- 1) 樹脂製ソケットを用いたリング継手の性能を設計できる実験式を求めた。
- 2) その実験式を用いて設計した継手を性能試験によって評価した結果、本式の妥当性を確認することができた。
- 3) 本継手は、他の樹脂製継手と同等の性能であることが確認でき、実用レベルにあると判断できた。
- 4) 本継手は、良好な地山での使用を想定したものであり、高速施工に適することのほか、構造が簡便で比較的安価に製造できること、樹脂製ソケットを使用しているためにスパイクピンとソケットの芯ズレに対応しやすく、鋼製継手より有利、などの特徴がある。
- 5) 今後は本継手の適用範囲を広げるため、
  - ・  $K_s$  ならびに最大荷重の一層の向上策
  - ・ ソケット肉厚とくい込み量との関係の検討
  - ・ 呼び径ごとの最適挿入量の設定

表-2 試験結果

軸力 (kN)	$K_s$ (MN/m)	使用限界荷重 (kN)	最大荷重 (kN)
0	20.4	87	118
150	21.3	170	275
200	21.4	258	400

表-3 性能比較

項目	比較品	開発品		
		Φ70	Φ16	Φ24
挿入荷重 (kN)	126	44	102	132
引抜き荷重 (kN)	69	59	153	208
$K_s$ (MN/m)	16	—	20	—
使用限界荷重 (kN)	—	—	87	—
最大荷重 (kN)	167	—	118	—

(軸力なしの場合の比較)

などの課題を解決していきたい。

参考文献：1) 河合規利、徳田浩、石川隆司 セグメントボルトレス継手の開発（その2：セグメント継手）

第58回年次学術講演会 2003年9月

2) 小泉淳 監修 セグメントの新技术 株式会社 土木工学社 2001年2月