

Ⅲ-618

ダクトイルセグメント用トンネル軸方向挿入型
継手構造の開発（その1）

帝都高速度交通営団 正会員 石川幸彦
メトロ 開発（株） 正会員 渡邊 健
（株）クボタ 正会員 佐藤宏志 ○宮武順一 石井 悟

1. はじめに

シールドトンネル用セグメントは、自動組立・省力化などのニーズが高まり、ボルトレス継手方式が盛んに開発されている。本研究開発はダクトイルセグメントのセグメント継手構造として、トンネル軸方向に楔形継手金物を挿入して、自動組立に適した剛性の高い継手構造の開発を行うものである。今回はその概要と基本性能試験の結果を報告する。

2. 継手構造の概要

トンネル軸方向挿入型（Axial Slide；以下A-Sと呼ぶ）継手構造はセグメント継手に適用される。その特長と狙いは次のとおりである。

- 1) 従来のボルト方式に対してボルトポケットが不要である。
- 2) 従来のボルト方式と同等又はそれ以上の継手剛性が期待できる。
- 3) A-S金物の材質、形状の設計対応力が高い。
- 4) セグメント組立はA-S金物の挿入で完了。自動組立や急速施工に適している。
- 5) ボルトポケットが不要なため、ダクトイルセグメントの内径側の凹部全面にコンクリートを充填することができ、そのまま二次覆工なしで使用できる。

A-S継手構造には2つの方式があり、A-S金物の挿入方法、向きにより、図-1に示すA-S金物先付け方式と、図-2に示すA-S金物後付け方式に区分される。先付け方式は坑口側A-S金物を既設セグメントに予め取り付けしておく方式である。後付け方式はA-S金物挿入時にプレストレスを任意に導入することができ、更に増締めが可能である等の利点がある。今回はこの後付けA-S継手構造の基本的性能を把握するため下記の試験を行った。

- (1) プレストレス導入試験…A-S金物の挿入力とプレストレスの関係
- (2) 単体引張試験 ……プレストレス導入後の引張力に対するA-S金物のウェブの歪、最終強度、本体の目開きの関係

3. 各種材料の機械的性質

表-1. 各種材料の機械的性質

(kgf/cm²)

規 格	材 質	許容応力度	耐 力	引 張 強 さ
セグメント	FCD500	1600	3300	5100
A-S金物	FCD900A	(2000)	6100	9200

注) FCD900Aの許容応力度はA-S金物の特性を考慮して便宜的に設定したものである。

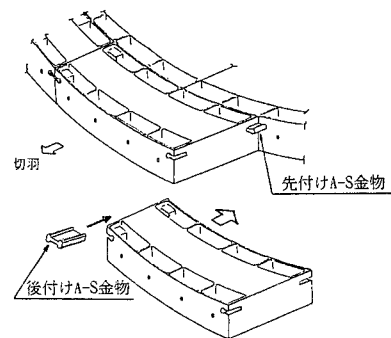


図-1. A-S金物先付け方式

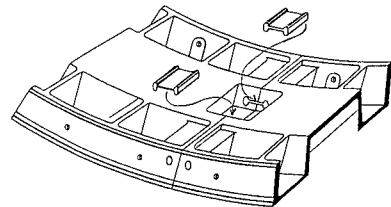


図-2. A-S金物後付け方式

4. A-S金物の形状および寸法

A-S金物の形状・寸法を図-3に示す。この金物の対象となるセグメントは複線シールドトンネルで、その断面力は表-2の通りである。

表-2. 断面力

	M (tf・m)	N (tf)
正	17.2	145.1
負	-9.2	167.2

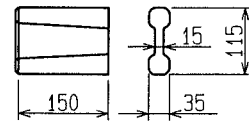


図-3. A-S金物

5. 基本性能試験結果

(1) プレストレス導入試験 表-3. プレストレス導入試験結果

必要プレストレス量 (P)		A-S金物押込み荷重 (F)	発生プレストレス量(P')	P' / F
$\sigma_s \times 0.8$	36.0 tf	21.6 tf	51.2 tf	2.37
$\sigma_s \times 1.0$	45.0 tf	26.9 tf	63.2 tf	2.35
$\sigma_s \times 1.2$	54.0 tf	32.3 tf	69.8 tf	2.16

A-S金物の押込み荷重(F)は、必要プレストレス量(P)との関係式 $2(\mu + \tan \theta)P = F$ より求めた。ここに μ はダクトイルセグメント本体(FCD500)とA-S金物(FCD900A)との摩擦係数測定値(=0.26)、 $\tan \theta$ はA-S金物のテーパ量(=1/20)である。この場合必要プレストレス量はA-S金物の材料の許容応力の0.8, 1.0, 1.2の3水準とした。この結果より P' / F の関係の平均値は2.3となり、理論値1.67より約38%大きな値となった。この結果を適用すれば、A-S金物の許容応力の0.8倍のプレストレス量を得る為の押込み荷重は、約15tf程度でよいことが判った。また除荷後プレストレスは減少していない。(図-4)

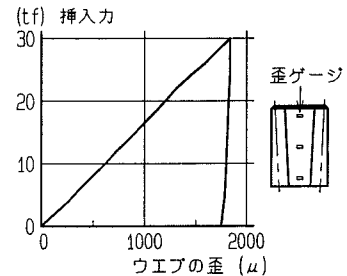


図-4. プレストレス導入試験結果

(2) 単体引張試験

図-5に示す様に組立てた供試体にプレストレス導入後引張力を作用させた。結果は以下の通りである。

- ① A-S金物の挿入力15tfの場合はウェブに発生する歪および継手面目開きは引張力20~30tfから徐々に大きくなっており、プレストレスが効いていることが判る。また継手面の目開き量は許容応力発生荷重において0.2mm程度であった。
- ② A-S金物の許容応力発生荷重(45tf)までの5回繰返し引張試験では、ウェブの歪は全く弾性的な挙動を示した。
- ③ A-S金物の破断荷重は175tfで、材料の引張強さの約85%であり、許容応力発生荷重に対して約4倍であった。

6. まとめ

A-S金物の挿入力をコントロールすることにより高剛性の締結力が得られ目開きや緩みの防止もできることが確認された。引張試験において、破断荷重が材料の引張強さの約85%であった原因は、曲げが働いた為と思われる。今後設計耐力を求めていくことが課題である。

7. 終わりに

今回の試験により、ダクトイルセグメント用トンネル軸方向継手構造の基礎的な特性を把握することができた。今後は実物大セグメントの実験等を行うことにより実施工への適用を進めて行く予定である。

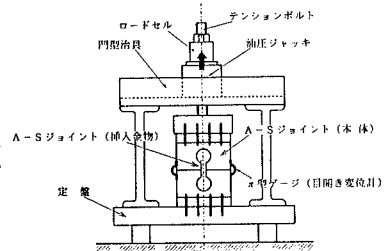


図-5. 単体引張試験方法

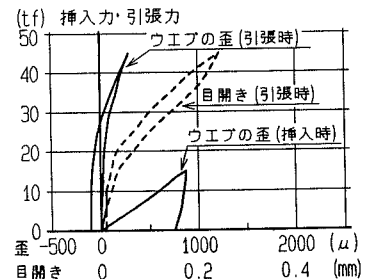


図-6. 単体引張試験結果