

Ⅲ－B152

水平コッター式継手を用いた内圧対応型セグメントの設計

パシフィックコンサルタンツ 正会員 渡辺 浩史
 建設省 望月 美知秋
 建設省 丸山 省吾
 大林・熊谷・前田JV 宮崎 雅弘
 大林組 正会員 横溝 文行

1. はじめに

外郭放水路第1工区トンネルは、内水圧を受ける地下河川で、土被り50mを越える大深度に、大口径泥水シールド工法によって築造される。また、二次覆工は行わない。このような厳しい条件下におけるセグメントの継手には、内水圧によるフープテンションに対応する高い剛性を有し、ボルトボックスが不要で平滑な内面を構築でき、さらに自動組立に適した継手構造といった性能が要求される。本工区では、ピース間に水平コッター式継手、リング間にほぼとプッシュグリップ（楔式ピン継手）の併用を提案し、内圧トンネル覆工構造設計要領（案）に基づき、継手曲げ試験および継手せん断試験を行った。また、セグメントの設計には、試験結果より算定した曲げ剛性有効率 η と曲げモーメントの割増率 ζ を用いた。本文は、内圧対応型セグメントとして、本工区で使用する継手を用いた場合の「曲げ剛性有効率 η 」と「曲げモーメントの割増率 ζ 」について報告するものである。

2. トンネル断面および継手の概要

図-1に示すように、本トンネルは外径11800mm、土被り厚約50mで、RCセグメント(桁高600mm, 9等分割)を使用する。ピース間継手の水平コッター方式は、セグメント継手部に内蔵されたC型金物にH型金物を挿入し、金物のテーパー（楔効果）により締結力を得る構造である。各C型金物は、内外縁の近傍に対称に配置出来るため継手剛性が高く、正負曲げに対して同じ曲げ剛性が得られる（図-2参照）。リング間継手はほぼとプッシュグリップの併用とした。プッシュグリップは楔を応用したピン方式の継手で、オス側のピンボルト（M24）をメス側に押し込むことによって締結される（図-3参照）。これらの継手によりボルトボックスが無く、内面が平滑なトンネルを構築できる（図-4参照）。

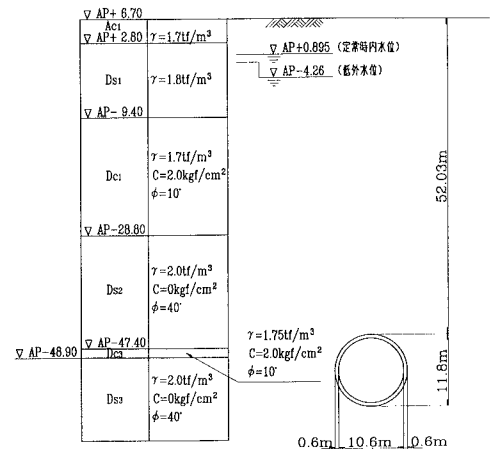


図-1 トンネル断面概要図

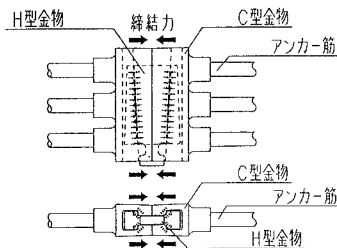


図-2 水平コッター方式

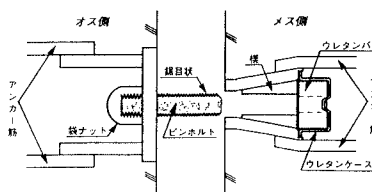


図-3 プッシュグリップ

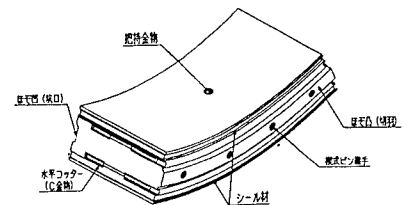


図-4 セグメント概要図

キーワード：内水圧、シールドトンネル、水平コッター式継手、プッシュグリップ、 η と ζ

連絡先：外郭庄和町工事事務所 埼玉県北葛飾郡庄和町大字米島 1185-111 TEL:048-746-7736

3. η 、 ζ の算出

(1) η 、 ζ の算出手順

実物大平板供試体による水平コッター方式を用いた継手曲げ試験と、ほぞとプッシュグリップ(M24)を併用したせん断試験を行い、回転ばね定数 K_θ 、せん断ばね定数 K_s を求め、2リング梁-ばねモデル解析により η 、 ζ を算定した。図-5に η 、 ζ の算出手順を示す。

(2) 回転ばね定数 K_θ 、せん断ばね定数 K_s

継手曲げ試験およびせん断試験結果から得られた、回転ばね定数 K_θ とせん断ばね定数 K_s をそれぞれ表-1、表-2に示す。

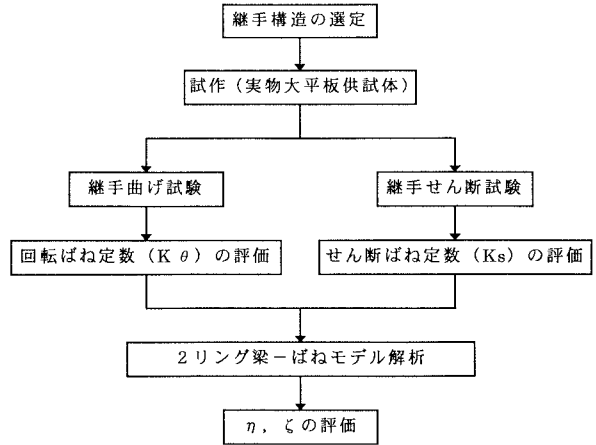


図-5 η 、 ζ の算出手順図

表-1 回転ばね定数 K_θ

軸力 N(tf)	N=0	N=500(圧縮)	N=70(引張)
回転ばね定数 K_θ (tf・m/rad)	46000	229000	111000

表-2 せん断ばね定数 K_s

せん断ばね定数 K_s (tf/m)	8250
----------------------	------

(3) η 、 ζ の算定

「自重+外荷重」作用時と「自重+外荷重+内水圧」作用時について、完全剛性一様モデルと試験結果による K_θ 、 K_s を用いた2リング梁-ばねモデルによる計算結果を表-3に示す。表中の η は完全剛性一様モデルと2リング梁-ばねモデルの水平および鉛直変位の比、 ζ は正曲げモーメント(+Mmax)および負曲げモーメント(-Mmax)の比で表した。その結果、どちらの荷重状態においても $\eta=0.9$ 、 $\zeta=0.1$ を得た。

表-3 η 、 ζ の算定結果一覧表

荷重状態	計算モデル	「自重+外荷重」作用時				「自重+外荷重+内水圧」作用時		
		剛性一様	2リング梁-ばね			剛性一様	2リング梁-ばね	
ばね定数の設定			実験値	実験値	K_s 推定値		実験値	K_s 推定値
K_θ (tf・m/rad)		∞	46000	229000	229000	∞	111000	111000
K_s (tf/m)	放線方向	∞	8250	8250	522000	∞	8250	522000
	接線方向	∞	0	0	0	∞	0	0
正曲げ+Mmax (tf・m/rad)		55.8	50.0	54.7	58.6	61.5	58.1	67.5
負曲げ-Mmax (tf・m/rad)		-41.1	-37.0	-40.6	-44.1	-48.2	-45.6	-53.7
水平変位 (mm)		4.60	4.80	4.84	4.79	6.34	7.15	6.99
鉛直変位 (mm)		7.00	7.57	7.54	7.51	7.36	8.06	8.00
η (x)		—	0.96	0.95	0.96	—	0.89	0.91
η (y)		—	0.92	0.93	0.93	—	0.91	0.92
ζ (+M)		—	0.00	0.00	0.05	—	0.00	0.09
ζ (-M)		—	0.00	0.00	0.07	—	0.00	0.10
評価 η		—	0.9			—	0.9	
評価 ζ		—	0.1			—	0.1	

* η (x) = 水平変位 (完全剛性一様) / 水平変位 (2リング梁-ばね), η (y) = 鉛直変位 (完全剛性一様) / 鉛直変位 (2リング梁-ばね)

* ζ (+M) = 1 - (+Mmax (完全剛性一様)) / (+Mmax (2リング梁-ばね)), ζ (-M) = 1 - (-Mmax (完全剛性一様)) / (-Mmax (2リング梁-ばね))

4. まとめ

外郭放水路第1工区トンネルでは、内水圧を受けるシールドトンネルで使用するRCセグメント継手に、ピース間は水平コッター方式、リング間はほぞとプッシュグリップを採用し、実物大継手試験結果より曲げ剛性有効率 η 、曲げモーメントの割増率 ζ の算定を試みた。その結果 $\eta=0.9$ 、 $\zeta=0.1$ が得られ、本継手方式を用いた内圧対応型セグメントの設計へ適用した。今後の内圧対応型セグメントに対し、合理的な設計への基礎データが得られたものと考えている。

【参考文献】 地下河川 内圧トンネル覆工構造設計要領（案）（財団法人先端建設技術センター）