

Ⅲ - 602

高強度R Cセグメントの強度試験

清水建設株式会社 土木本部 正会員 井上 啓明
東京ガス株式会社 扇島建設所 正会員 小松原 徹
東京ガス株式会社 扇島建設所 正会員 岩崎 淳
清水建設株式会社 横浜支店 正会員 岡本 正
清水建設株式会社 土木本部 正会員 守屋 紀和

1. はじめに

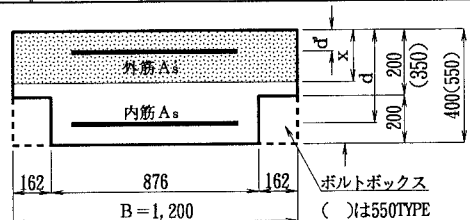
東京ガス扇島シールドは、洪積層内の線形を選んだので、最大土被りは約60m、最大水圧は約7kgf/cm²とシールドトンネルとしては最大級のものとなり、このため大きな荷重が作用し、セグメントは厚くなる。そこで、セグメントの厚さを減少させるため、高強度コンクリート（ $f'_{ck}=600\text{kgf/cm}^2$ ）を採用した。トンネル延長は約2kmであるが、本報ではその内約1.45kmの陸上工区のセグメント試験について報告する。

2. セグメントの概要

表－1 セグメントの断面諸元

発進部の土被りは25.8m（完成後は約30m）、到達部は土被り59mと深くなり、26/1000～10/1000の下り勾配となる。セグメント外径は8.9m、覆工仕上り内径は7.2mである。土被りが変化するので、セグメント厚さは400mmと550mmの2種とし、更に各々2種の配筋を設定し、合計4種とした。セグメント幅は1.2m、Kセグメントは軸方向挿入型、継手金物はピース間は3ボルトのダクタイル製、リング間は1ボルトの鋼製とした。

セグメントタイプ	400-1	400-2	500-1	500-2
引張鉄筋				
配筋	8-D19	8-D25	8-D32	8-D32
断面積 A_s (cm ²)	22.92	40.54	63.54	63.54
有効高さ d (cm)	32	32	47	47
圧縮鉄筋				
配筋	8-D19	8-D25	8-D19	8-D32
断面積 A_s' (cm ²)	22.92	40.54	22.92	63.54
有効高さ d' (cm)	8	8	8	8
セグメント幅 B (cm)	120	120	120	120
中立軸位置 x (cm)	7.553	9.310	13.998	13.390
断面2次モーメント I (cm ⁴)	9,452	157,912	529,855	537,738



3. 試験内容

(1) 試験項目

セグメント試験として通常行われている試験項目より、必要最小限の試験に絞り込み、右表に示す項目について実施した。

・単体曲げ試験：高強度コンクリートを用いたR Cセグメントが、鉄筋とコンクリートの複合対として所定の性能を有していることを確認する。

・継手曲げ試験：ピース間の継手部が所定の性能を有していることを確認する。特にアンカー筋の定着部が、所定の性能を発揮していることを確認する。

・保持金物引抜き試験：保持金物が引抜き力に対し、所定の性能を有していることを確認する。

(2) 試験方法

R Cセグメントの性能確認試験は、全て実機と同じ材料を用いて実機と同じ方法で作製した実物大のA

	400-1	400-2	550-1	550-2
単体曲げ試験	●	●	●	●
継手曲げ試験	●		●	
保持金物引抜き試験	●		●	

セグメントを用いて行う。試験方法は日本R Cセグメント工業会の試験方法に準じるものとする。なお、把持金物引抜き試験の反力スパンは、実機と同じとした。

4. 試験結果

- ・単体曲げ試験：試験値は、曲げひびわれ発生荷重、破壊荷重とも計算値を超えていることから十分な性能を有していることが確認された。初期ひびわれは、モーメント最大区間で曲げひびわれが発生した。その後ひびわれは分散して発生し、やがてその幅を拡大し、鉄筋の降伏に至り、コンクリート圧縮縁の圧壊により破壊した。これより、高強度コンクリートを用いた場合でも理論上問題のないことが確認された。
- ・継手曲げ試験：初期ひびわれは、継手部周辺に発生し、やがて曲げひびわれが発生した。破壊状態において、継手金物、ボルトは健全であり、かつ、アンカー筋の拔出も見られなかったことから、荷重は確実に伝達されているといえる。破壊状態は曲げ圧縮破壊であり、継手面の圧縮縁が圧壊した。

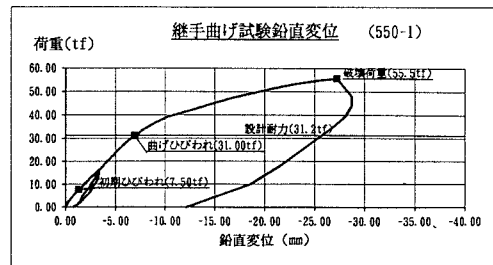
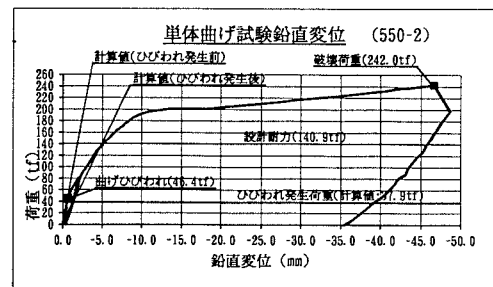
・把持金物引抜き試験：把持金物の押え幅(700mm)と同じ押え幅にして引き抜き試験を実施したが、装置の対荷力(40tf)まで引抜けず、十分な引抜き耐力を有することが確認された。

表-3 単体曲げ試験結果

荷 重 段 階	上 段：荷 重 (tf)							
	下 段：曲げモーメント (tfm)							
	4 0 0 -1タイプ		4 0 0 -2タイプ		5 5 0 -1タイプ		5 5 0 -2タイプ	
	計算値	試験値	計算値	試験値	計算値	試験値	計算値	試験値
曲げひびわれ発生荷重	19.82	26.00	19.62	26.00	37.91	50.00	37.9	46.4
設計荷重	14.60	18.46	14.60	18.59	25.87	33.14	25.88	30.91
設計耐力	16.99	-	31.24	-	80.63	-	80.8	-
	12.83	-	21.87	-	51.24	-	51.36	-
破壊荷重	38.05	-	61.84	-	135.8	-	140.9	-
	26.00	-	41.00	-	84.0	-	87.00	-
破壊荷重	44.44	62.00	75.81	94.75	167.6	199.3	169.5	242.0
	29.99	40.97	49.74	61.58	102.9	121.8	104.02	147.06

表-4 継手曲げ試験結果

荷 重 段 階	上 段：荷 重 (tf)			
	下 段：曲げモーメント (tfm)			
	4 0 0 -1タイプ		5 5 0 -1タイプ	
	計算値	試験値	計算値	試験値
ひびわれ発生荷重	-	7.25	-	7.50
	-	9.02	-	8.90
設計荷重	6.61	-	16.23	-
	8.22	-	19.25	-
曲げひびわれ発生荷重	11.74	12.25	18.87	31.00
	14.60	15.23	22.38	36.77
設計耐力	12.87	-	31.20	-
	16.00	-	37.00	-
破壊荷重	14.62	26.00	36.09	55.50
	18.18	32.33	42.80	65.82



5. おわりに

シールドトンネルの大深度・大口径化に伴い、セグメントの高強度化は経済性からも必要である。本報告は高強度化の1歩として $f'_{ck}=600\text{kgf/cm}^2$ のセグメントの試験を行い、実用性を確認したもののだが、ひずみ・変形等のデータも採取しており、今後更に詳しい検討を加える予定である。