

VI-21

WB（ウェッジブロック）セグメントの開発（その2）—セグメントの力学的性能確認—

ジオスター（株） 正会員○佐久間靖
同 上 正会員 藤野 豊
鹿島 技術研究所 正会員 古市耕輔
鹿島 土木設計本部 正会員 山本正嗣
小楯器械製作所 安藤 稜

1. はじめに

一般にセグメントリングは、添接効果を期待して千鳥組みで使用される。そのため、曲げモーメントの伝達に関し、セグメント継手に作用する曲げを補うためにリング継手は十分なせん断伝達機能が要求される。筆者らはWBセグメントの添接効果を確認するため、セグメントの力学的性能確認試験（継手曲げ試験、添接曲げ試験）により実験的検証を行った。

本報告は、WBセグメントの力学的性能評価結果を報告するものである。

2. 試験目的

WBセグメントに関して、下記の項目を確認することを目的として試験を行った。

- ①セグメント継手及びびリング継手に関する挙動（目開き、ひび割れ、変位）、破壊荷重及び破壊モードの確認。
- ②千鳥組みでの添接効果（特にリング継手）の把握及び設計法の妥当性の確認。

3. 試験方針

正・負の継手曲げ試験によってセグメント継手単独の性能評価を行い、次に添接曲げ試験により全体の評価を行った。添接曲げ試験の検証は図-1に示すフローに従った。また、継手部の挙動確認はひびわれ発生状況を観察することにより行った。

4. 試験体概要及び着目位置

主リング部分の試験体は3300×300×1200の直方体とし、添接リングは幅を主リングの1/2とした。添接曲げ試験での試験体概要及び着目位置を図-2に示す。

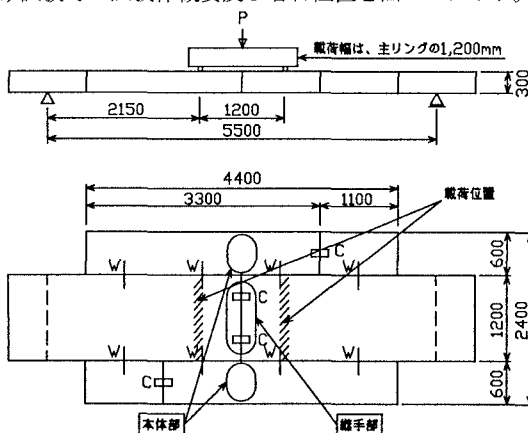


図-2 試験体概要及び着目位置

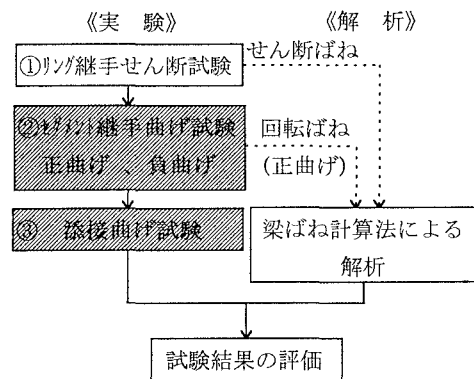


図-1 添接曲げ試験検証フロー

表-1 断面諸元（主リング）

本 体 部	セグメント幅 (cm)	120
	セグメント高さ (cm)	30
	外側鉄筋 As1 (cm ²)	12.67
	被り (cm)	5.5
	内側鉄筋 As2 (cm ²)	12.67
	被り (cm)	5.5
継 手 部	鉄筋比 (%)	0.43
	引張鋼材量 Aj (cm ²)	12.76
	有効高さ dj (cm)	18.0
	引張鋼材比 (%)	0.59

[記号]

C: コッター

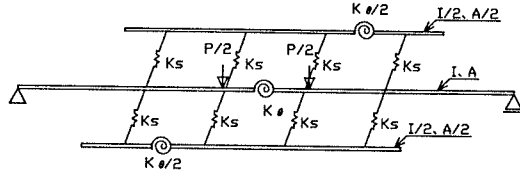
W: ウェッジロックピン

キーワード: シールドセグメント、ピン型継手、二次覆工省略、高速施工

連絡先: 〒108-0014 東京都港区芝四丁目2番3号いすゞ芝ビル TEL 03-5232-1410 FAX 03-5232-2651

5. 解析モデル及び解析結果

添接効果を考慮した許容荷重を算出するために、図－3の解析モデルによって梁ばね計算を行った。解析では $P_a = 72.5 \text{ kN}$ にて本体部鉄筋が最初に許容応力度に達するという結果が得られた。



[本体部剛性]

コンクリート断面として算定

$$\begin{cases} I = 2.70 \times 10^5 \text{ cm}^4 \\ A = 3600 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

[ばね定数]

事前実験の結果

$$\begin{cases} K_\theta = 33,300 \text{ kN} \cdot \text{m/rad} \\ K_s = 85.3 \text{ kN/mm} \end{cases}$$

図－3 解析モデル

表－2 計算結果（スパン中央）

	曲げモーメント (kN・m/Ring)		応力度 (N/mm ²)
	許容値	解析値	解析値
本体部	54.3	54.3	コンクリート：5.3
			鉄筋：200
継手部	47.8	23.6	コンクリート：3.2
			継手材：60

※添接曲げ試験での許容値

$$M_a = 54.3 + 23.6 = 77.9 \text{ kN} \cdot \text{m/2Ring}$$

$$P_a = 77.9 / 2.15 \times 2 = 72.5 \text{ kN}$$

6. 試験結果

性能確認試験結果を表－3に示す。試験結果より下記の知見が得られた。

①正・負の継手曲げ試験共に破壊モードはコッターアンカー筋降伏後の圧縮側コンクリートの圧壊であった。また、破壊曲げモーメントが許容曲げモーメントを大きく上回ったことよりコッターは十分な性能を有することが確認された。

②添接曲げ試験ではウェッジロックピン周辺のコンクリートがせん断破壊することなく、試験体が圧縮破壊を起すまで十分機能していることが確認された。また、ひび割れの発生状況より、複数の継手に応力分散がなされていることが確認された。このことから、ウェッジロックピンの補強方法の妥当性が確認された。

③両試験共に、許容曲げモーメント時のひびわれ幅は0.05mm以下であり鉄筋の防食上問題となるひびわれ幅ではなかった。

表－3 試験結果一覧表 (kN・m)

	継手曲げ		添接曲げ
	正	負	
許容曲げモーメント	47.8	31.3	77.9
破壊曲げモーメント	164.3	88.5	306.5
安全率	3.4	2.8	3.9

7. 試験結果の評価

図－4に添接曲げ試験結果を示し、下記にその結果を示す。

<評価①>

許容曲げモーメント M_a の1.5倍の曲げモーメントに対して十分弾性的な挙動が確認された。

<評価②>

許容曲げモーメント M_a の2.5倍の曲げモーメントに対しても十分な耐力を有していることが確認された。

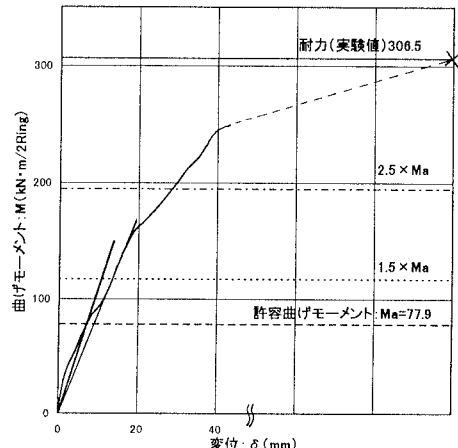
8. まとめ

性能確認の結果、WBセグメントを用いたシールドトンネルの断面力算定には、慣用法・修正慣用法・梁ばねモデル計算法といった従来の方法が適用可能であることを確認した。

ウェッジロックピンに関しては、梁ばねモデル計算法に用いるせん断ばね定数に試験結果を考慮することでより合理的な設計が可能となった。

参考文献

- 1) 中川 他： WB(ウェッジブロック)セグメントの開発(その1)－ウェッジロックピンの性能確認－、土木学会第53回年次学術講演会、1998.10
- 2) 水島 他： WB(ウェッジブロック)セグメントの開発(その3)－セグメントの組立性能確認－、土木学会第53回年次学術講演会、1998.10



図－4 添接曲げ試験 $M \sim \delta$ 曲線