

III-609

台形セグメントの開発(セグメント載荷曲げ試験結果について)

東京都立大学 正会員 今田 徹 西松建設(株) 正会員 ○三戸 憲二
 東京都立大学 正会員 山崎 良一 西松建設(株) 正会員 野本 寿

1. はじめに

ピース間継手面に一定の角度を設け、偶数の等分割にする台形セグメントは、基本的にセグメントの種類が1つで対応できるため、セグメント製作費用の低減、組立て能率の向上、製作～施工管理の省力化、自動組立て機構の簡略化、推進とセグメント組立てを平行する施工の高速化等の可能性を有している。また、構造的には、ピース間継手面が傾きを持っているため、リング面内の曲げモーメントに対して幅を持って接合される形となること、ねじれによってトンネル軸方向の拘束力が増すことから、継手剛性が低くともある程度の曲げモーメントを伝達できる形状となっている。

筆者らはこの点に着目し、既に光弾性実験で台形セグメントリングが剛性一様リングと良く似た内外縁の応力分布を示すことを確認した¹⁾。しかし、実際のセグメントの挙動を把握し設計に反映させるためには、実物大のセグメント曲げ試験による検証が必要と考え、標準セグメントC-163($\phi 6000\text{mm} \times 250\text{mm} \times 1000\text{mm}$)を対象に、従来形と台形の比較試験を行ったので以下に報告する。

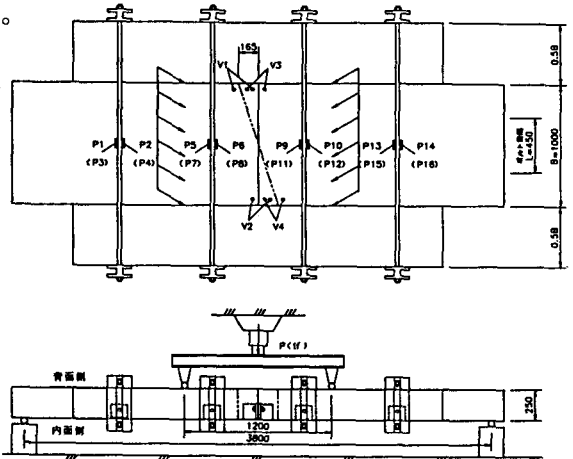
2. 試験内容

試験ケースは、セグメント単体曲げ試験、従来形と台形両タイプについての継手曲げ、添接曲げ試験各1ケースの合計5ケースとした。試験方法は、 $2000\text{mm} \times 250\text{mm} \times 1000\text{mm}$ の平板形供試体を接合し、2点の集中荷重を載荷して鉄筋、コンクリート、ボルト等のひずみ、変位、継手の目開きを測定した。代表例として添接曲げ試験の試験方法を図-1に示すが、同試験では供試体の変形に伴って発生すると予想されたトンネル軸方向の拘束力を計測するため、PC鋼棒($\phi 17\text{mm}$)を 50μ のひずみで締め付けた。なお、ピース間ボルト間隔は全て 450mm とし、載荷方法は全て水平載荷とした。

3. 試験結果および考察

試験結果の一覧表を表-1に、添接曲げ試験のうち、「荷重～継手面端部目違い量」、「荷重～PC鋼棒のひずみ」の関係を図-2～3に示す。ここで、表-1に示す破壊時の計算値は、いずれも「標準セグメント」の規格値(設計値の2.5倍)を表している。試験結果から得られた知見を以下に示す。

- ① セグメント単体、従来形継手、台形継手の破壊時実測値はいずれも「標準セグメント」の規格値を満足した(表-1)。



注1) 2点鎖線は台形セグメントを示す。

2) V1～V4は変位、P1～P16はPC鋼棒ひずみの測定位置を示す。また、()内は内面側測定位置を示す。

図-1 添接曲げ試験方法(水平載荷)

表-1 性能試験結果一覧

試 項 目		計 算 値		実測値
		M(tfm)	P(tf)	P(tf)
単 体 曲 げ	設 計 値	4.54	9.56	—
	初亀裂発生時	—	—	9.6
	破壊時耐力	11.4	23.9	27.9
継 手 曲 げ	従来形	設 計 値	3.15	4.85
		初亀裂発生時	—	7.0
		破壊時耐力	7.88	12.1
	台形	設 計 値	3.15	4.85
		初亀裂発生時	—	6.6
		破壊時耐力	7.88	12.1
添 接 曲 げ	従来形	設 計 値	7.69	11.8
		初亀裂発生時	—	10.0
		破壊時耐力	19.2	29.6
	台形	設 計 値	7.69	11.8
		初亀裂発生時	—	10.5
		破壊時耐力	19.2	29.6

- ② 継手曲げ試験，添接曲げ試験共に従来形よりも台形の耐力が少し下回ったが，台形では継手鋭角側端部にねじれが原因と考えられるクラックが多数発生したことから，この部分の配筋を工夫すれば従来形と同等以上の耐力確保が可能と考えられた。
- ③ 継手曲げ試験，添接曲げ試験の荷重と継手面中央部変位，ピース間ボルトのひずみ，継手面回転角の関係によれば，台形と従来形では破壊時までほぼ同じ挙動を示しており，有為な差がみられなかった。また，ピース間ボルトに貼った2枚のゲージにひずみ差が生じなかったことから，台形のような斜めの継手でもピース間ボルトに曲げ応力は作用せず，通常の設計で対応可能と判断された。
- ④ 添接曲げ試験の「荷重～継手面端部目違い量」，「荷重～P C鋼棒のひずみ」の関係によれば，初亀裂荷重 $P=10.5\text{tf}$ を大きく越えた $P=15\text{tf}$ 以降になると，継手面端部目違い量，P C鋼棒のひずみ共に従来形に比べて台形の方が著しく大きくなった。このことから，台形ではある程度変形が進行すると，ねじれ現象でトンネル軸方向の拘束力が増し，添接効果が発揮されることが判った（図-2～3）。

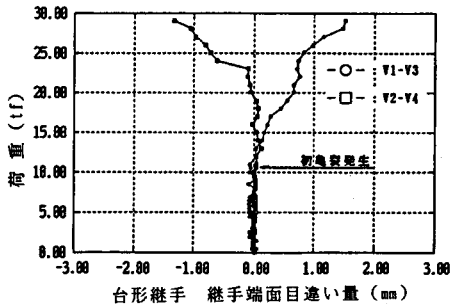
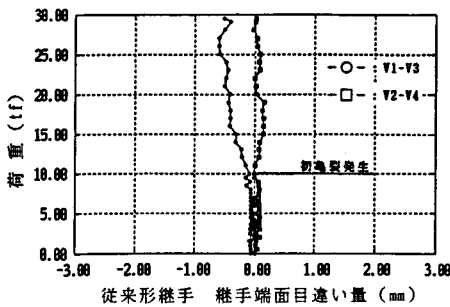


図-2 「荷重～継手面端部目違い量」の関係

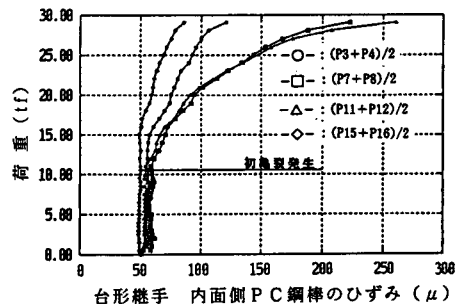
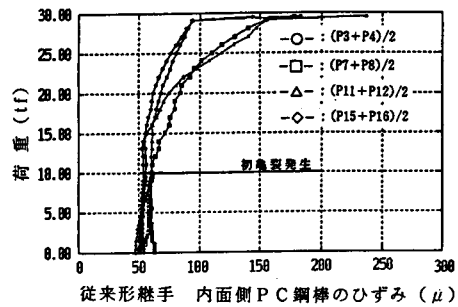


図-3 「荷重～P C鋼棒のひずみ」の関係

4. おわりに

台形セグメントは，リング面内の曲げモーメントに対して幅を持って接合されるため，継手単体としても従来形よりも大きな耐力が得られるものと考えていたが，今回の実験では，台形の継手鋭角側端部にねじれが原因と考えられるクラックが多数発生し，従来形よりも台形の耐力が少し下回った。この原因としては，1) ねじれに対して配筋が足りなかったこと，2) 桁高に比べて継手面角度が小さく，ピース間ボルト間隔が狭かったため台形セグメントの特長が十分に活かされてなかったこと，が考えられる。そこで，今後は今回の試験結果を基にねじれに対する補強方法を検討し，継手角度，ピース間ボルト間隔を変えたケースについて追加試験を行い，台形セグメントの継手構造の省力化についてさらに検討を重ねていく予定である。

最後に，セグメント載荷試験にあたって御協力頂いた日本プレスコンクリート(株) 藤野 豊氏，岩田和美氏に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 今田徹，山崎良一，野本寿：台形セグメント継手の力学特性について，土木学会第48回年次学術講演会，pp. 76～77，1993。