

Ⅲ - B125

大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発 —負の曲げモーメントを受けるセグメント本体と継手の実験—

竹中土木 正会員 ○大西 常康 正会員 藤井 義文 正会員 近 信明
石川島建材工業 正会員 小林 一博

1. はじめに

大都市における地下空間を有効に利用できる方法の一つに矩形シールドがある。特に、2車線道路の幅員を有する幅 10m程度の大断面の矩形トンネル用セグメントには、図1に示すように、大きな曲げモーメントが発生する。著者らは、この断面力に対応できるセグメントおよびセグメント継手構造の開発を実施している。昨年度の報告は、矩形断面で負の曲げモーメントが発生する鉛直部材の継手に、ピン型継手を考案し、その要素実験について報告¹⁾した。ここでは、負の曲げモーメントに抵抗できるセグメント本体と継手の実物大試験体による実験結果について報告する。

2. セグメント構造

鉛直部材のセグメント本体構造は、図2に示すような鋼板とコンクリートによる2面体サンドイッチ合成構造とした。一方、図3に示すように継手構造は引張を受ける地山側の鋼板にピン加工を施し、継手の曲げ引張りをピン部のせん断抵抗によって受け持つ構造とした。ピンの施工は、シールドマシン側からトンネル軸方向に挿入する。その際、施工スペースからピンは2分割とした。また、施工し易いようにピンの断面形状は直径が段階的に異なるステップ形状とした。ピンの材質は、高力ボルトと同等の耐力を持つSCM440(JISG4105)を使用し、構造は、許容せん断応力度 $1900(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ で設計した。

3. セグメント本体の実験

1) 実験概要 図4に載荷方法を示す。試験体は長さ 5m の実物大断面とし、土被り 13mにおける軸力 ($N=210\text{tf}$) を導入した状態での2点曲げ載荷実験を行った。

2) 実験結果 載荷曲げモーメントとスパン中央部位置での鉛直変位の関係を図5に示す。部材は、引張り側の鋼板が降伏に達し、 $M=600\text{tfm}$ 付近で変形量が大きくなり、その後圧縮鋼板が降伏し最大値に到達した。コンクリート部の圧壊は見られなかった。図6にひずみ分布を示す。ひずみ分布は、降伏レベルまで平面保持が成立している。また、許容耐力時のひずみ分布はヤング係数比 $n=6$ のときの計算値とほぼ一致した。許容耐力時および終局耐力時の実験値は、鋼板を鉄筋に置き換えた RC 計算式の値と一致した。最大値は $M=685\text{tfm}$ で終局曲げ耐力の計算値の 1.6 倍であった。降伏までの剛性はひび割れ発生前、

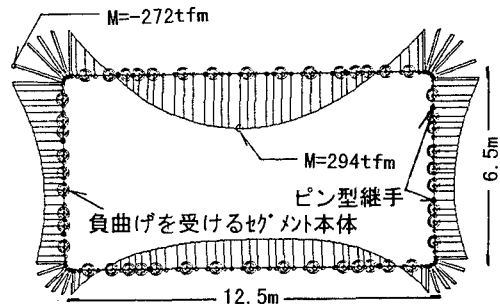


図1 曲げモーメント図

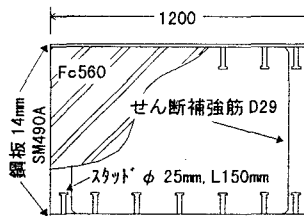


図2 セグメント断面図

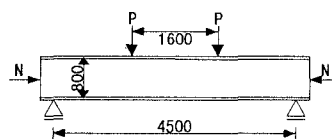


図4 載荷方法図

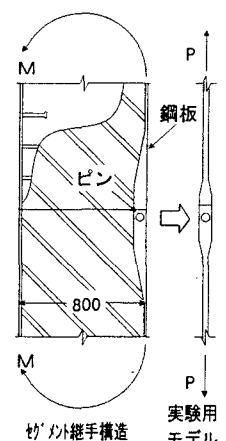


図3 継手構造図

矩形シールドトンネル、セグメント継手、ピン継手

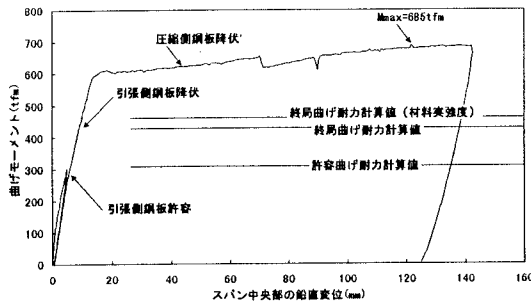


図5 モーメントと鉛直変位の関係

発生後でそれぞれ全断面有効とした計算値、コンクリート引張り断面を無視した計算値とほぼ一致した。

4. セグメント継手の実験

1) 実験概要 実験は図3のように、引張り側鋼板のピン構造部だけを取り出したモデルにより、引張り試験を実施した。実験ケースは、表1に示すように、ステップによるピン形状、ピンの分割数、ピンとピン孔のクリアランスの違いによる影響を調べるために、3ケース実施した。せん断面数はいずれも7面とした。図7にケースCの試験体構造図を示す。SCM440 のテストピースによる材料試験の結果を表2に示す。SCM440 は1面せん断試験を行った結果、せん断強度は引張り強度の1/1.35であった。

表1 実験ケース

ケース	ピン形状	ピン分割数	ピン直径 (mm)	ピン孔直径 (mm)	クリアランス (mm)
A	ストレート	1	42	44	2
B	ステップ	2	38, 42, 46, 50	40, 44, 48, 52	2
C	ステップ	2	38, 42, 46, 50	43, 47, 51, 55	5

2) 実験結果 図8に荷重と変位の関係を示す。変位は図7の変位計測位置での平均値である。終局耐力は3ケースともにほぼ同じであり、その値は、せん断強度を引張り強度の $1/\sqrt{3}$ とした終局耐力の計算値とほぼ一致し、材料実せん断強度による計算値の約80%であった。破壊は、いずれのケースも530tf付近で一気にピンがせん断破壊した。ピンは、7せん断面の内3断面が完全にせん断破壊しているのが確認された。ステップピンの場合、せん断破壊したピンの場所はいずれも細い部分の3断面であった。

5. まとめ

サンドイッチ合成構造のセグメント本体は、降伏レベルまではRC理論で説明でき、ねばりのある高耐力なセグメント構造であることが確認できた。ピン構造による継手は、終局耐力値で判断すると値に差がないためケースB, Cのようなピン構造が適用できると考えられる。今後は、ピンにテーパをつけて押込みによりクリアランスをなくす施工法や止水方法の検討を進めていく予定である。

【参考文献】1) 大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発 (その4) 土木学会第51回年次学術講演会

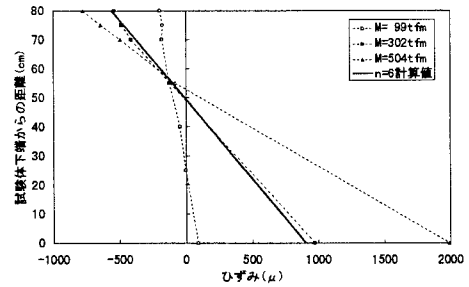


図6 試験体のひずみ分布

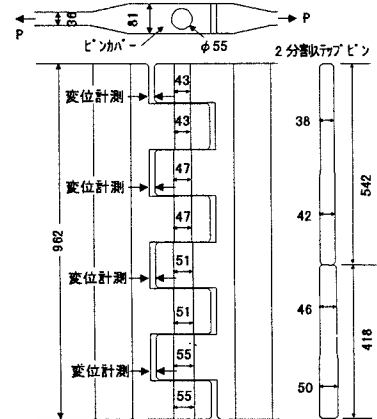


図7 ケースC試験体構造図

表2 SCM440 の材料特性

弾性係数	kgf/cm ²	2.18
降伏点強度	kgf/cm ²	6627
引張強度	kgf/cm ²	9132
せん断強度	kgf/cm ²	6751
伸び	%	19

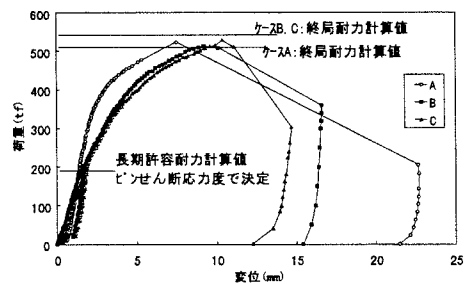


図8 荷重と変位の関係