

シールドトンネルのリング継手の強度

及びバネ特性に関する実験結果

大林組土木設計課 正会員 ○ 川崎勝巳
 大林組技術研究所 正会員 後藤洋三
 石川島建材工業 堀川洋樹

1. まえがき

地中構造物であるシールドトンネルの地震時挙動とその部材力は、地震時における周辺地盤の挙動及びシールドトンネルの軸方向剛性に大きく支配される。シールドトンネルのリング継手（軸方向の継手をいう）のたわみ性能は、このような軸方向の剛性に大きな影響を与えるが、これに関しては従来明確な設計法がなく、もっぱらセグメント継手（円周方向の継手をいう）に準じた構造とされ、その配置は主として施工性や止水性の面から経験的に定められてきた。ここでは、このように耐震設計に大きく影響するシールドトンネルのリング継手の挙動について、実物による引張り実験を実施し、そのバネ剛性及び耐力を明らかにするとともに、実情に即した継手部の設計に関する一提案を行なった。

2. 供試体と実験方法

実験は、軸方向の剛性が大きく耐震検討時に問題となりやすいRCセグメントを対象に、実績から比較的利用頻度の多い鋼板型式のリング継手について実施した。（図-2参照）

用いたセグメントの形状寸法及びリング継手の配置を図-1に、リング継手の構造詳細を図-2に示す。リング継手は鋼板（SM50A）を $\sqcap$ 状に冷間曲げ加工し、アンカー鉄筋（SD30）4本を溶接結合した構造である。コンクリートは骨材の最大粒径25mmの早強ポルトランドセメントを用い、実験時の一軸圧縮強度は539Kg/cm²（材令13日平均）である。

実験は、図-3に示すようにセンターホールジャッキとボルトを用い、引張り力を段階的に加える方法で3個の供試体に対し同様な実験を行なった。フランジプレート上部には、シールドトンネルにおける継手ボルトの初期張力の影響を考慮して、合せ板（t16mm）を使用してボルトに約12t（締付けトルク約5000Kg-cm）の初期張力を導入した。

3. 実験結果と考察

継手金物の変位とフランジプレートひずみの計測結果の代表例を図-4、図-5に示す。図-5におけるS₁とS₂のひずみの差は、ボルト孔位置の偏心1cmに起因するものである。全体を通じフランジプレートの変位を除いた変位（ δ_2 ：アンカー鉄筋及びウェブプレ

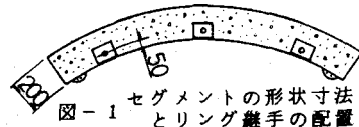
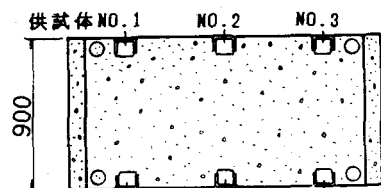


図-1 セグメントの形状寸法とリング継手の配置

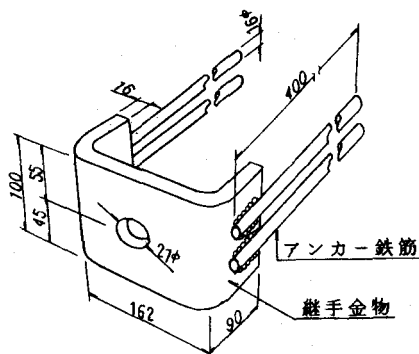


図-2 リング継手詳細

ートの伸び量)は、全変位(δ_1)の80%程度を占めている。フランジプレートの変形は引張り力20t付近より顕著に増加し始め、さらに引張り力を増加するとウェブプレートとのジョイントボックス内側への変形と、これに伴うアンカー鉄筋とウェブプレートとの接続部における応力集中(曲げ、引張)を生じ、継手は引張り力27tで破壊した。

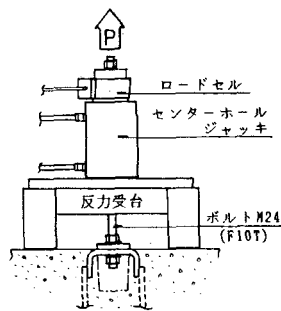


図-3 実験装置図

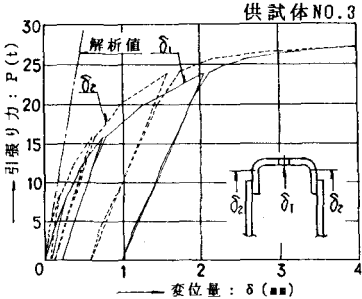


図-4 P- δ の関係図

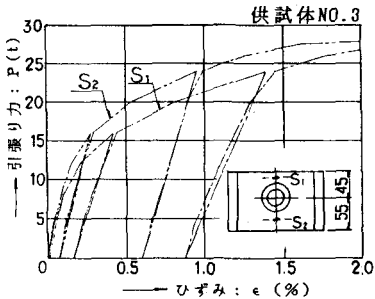


図-5 P- ϵ の関係図

ここで、許容引張り耐力を ①コンクリート構造物の耐久性の面から δ_2 の残留変位量が0.2mmになるときの引張り力 ②フランジプレートの残留ひずみ ϵ (S_1) が0.2%に達するときの引張り力 として図-4及び図-5から求めると表-1の如くとなる。一方、フランジプレートの破壊引張り力を図-6の2つの破壊形式について求めると、A形式で17.1t、B形式で11.6tとなりA形式が耐力に比較的良好に対応したが、実験においてはB形式のような破壊形態を示した。プレート部及びボルト、ナット、座金の一方向の重ねばりとして座金部に引張り力を分布させプレート部中央の弾性変形を求めると図-4の解析値に示す通りとなる。(図-7参照)

以上の実験結果より、①継手部のバネ剛性(P/δ_1)として、フランジプレートの変形を考慮した場合は安全側の設計となり、アンカー鉄筋の伸びを考慮する事により実測値に近似させることができる。②フランジプレートの耐力は、塑性設計によりほぼ実用的な値を求める事ができる。③アンカー鉄筋は破壊荷重時にウェブプレートとの接続部において応力集中を受けるので、断面に若干余裕をもたせた設計(今回 $\sigma_y = P/As = 17.1 \times 10^3 / 4 \times 1986 = 2100 \text{ Kg/cm}^2$)を行なう必要がある。ことが明らかになった。

4. あとがき

以上、継手金物を有するシールドトンネルのリング継手のバネ特性を、実物実験をもとに明らかにしたわけであるが、ここで実験した継手金物は一形状寸法のものにすぎず、今後、各種の継手金物の形式について寸法効果等をも考慮した実験のデータを集積して、ここで述べた設計計算手法に関する提案を修正して結論づけて行く必要がある。

耐力	① δ_2 の残留 変位0.2mm	② S_1 の残留 ひずみ0.2%
供試体		
NO.1	19.0 t	18.5 t
NO.2	18.0	16.3
NO.3	16.8	16.6
平均	17.9	17.1

表-1 耐力の読み取り値

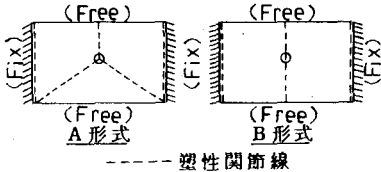


図-6 塑性関節線仮定図

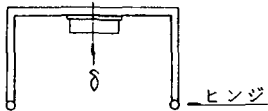


図-7 弾性変形解析モデル