

III-B 123

大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発（その5）

ー正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ー

竹中土木 正会員 ○ 近 信明
竹中土木 正会員 野村 成樹

正会員 田川 弘義
石川島建材工業 正会員

正会員 藤井 義文
正会員 橋本 博英

1. はじめに

2車線道路の幅員を有する矩形シールドトンネルでは、1次覆工の内、内空幅は11.7m、高さは5.7mとなる。このトンネルセグメントの水平部材は、覆工厚80cmで、土被り13mの場合、セグメント幅1.2mあたり最大 $M=294(\text{tfm})$ の曲げモーメントを受ける。著者らは、この曲げに抵抗できる合成構造のセグメントおよび、その継手の開発を行っている。¹⁾²⁾

昨年度の実験において、セグメント本体は合成構造の保持の問題、継手は局所的な曲げに対する問題があった。本報告では、改良した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

セグメント構造を図-1に示す。セグメントは、圧縮側と引張側のフランジをウェブで連結した鉄骨(SM490A)にコンクリート($F_c=560\text{kgf/cm}^2$)を配置した合成構造とした。鉄骨とコンクリートは、スタッドジベル($\phi 22\text{mm}$)で一体化させ、コンクリートは、図心軸より圧縮側だけに配置し軽量化を図った。コンクリート内には、補強鉄筋を配置するため、図-2に示す穴($\phi 100\text{mm}$)をウェブに設けた。

継手の構造を図-3に示す。継手は鉄骨引張側のフランジを凸加工し、凹加工した継手カバー(上下4個)で上下からフランジの凸部を挟み込み、この凹凸のかみ合わせで曲げ引張に抵抗する構造とした。継手カバーは、脱落防止と変形抑制のためにボルト(F10T, $\phi 20\text{mm}$)を使用し、ボルトの許容の60%で締結した。また、せん断に対する継手は、ウェブをプレートとボルトで連結する構造とした。継手厚さは、鉄筋に置き換えたRC理論により算出した厚さに、応力集中と局所曲げを考慮して29mmとした。

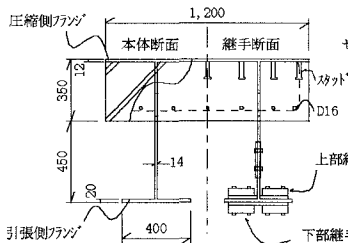


図-1 断面図

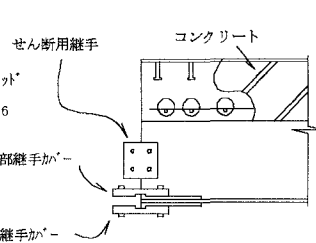


図-2 側面図

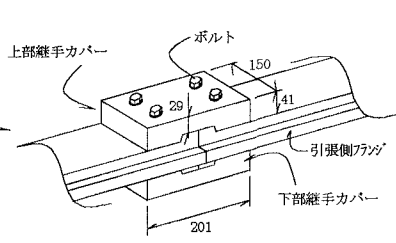


図-3 継手詳細図

3. 実験概要

実験に用いた試験体は、長さ5mの実物大断面で、本体部と継手部の2ケースの実験を行った。載荷方法を図-4に示す。載荷方法は、2000tf載荷装置による2点載荷とし、設計軸力において部材が許容応力度に到達するまで載荷し、除荷後、軸力なしの状態まで破壊まで載荷した。設計軸力は本体及び継手ともに、 $N=84\text{tf}$ 導入した。

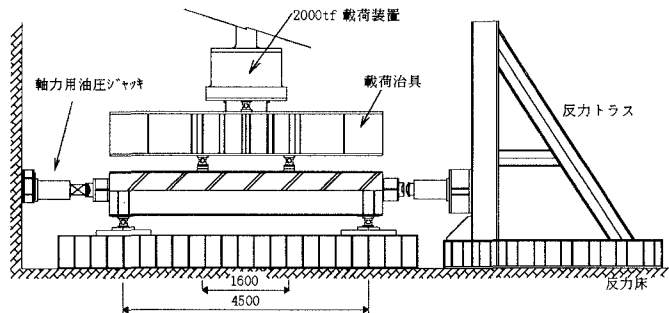


図-4 本体部載荷方法

4. 実験結果

1) 本体曲げ実験 荷重とスパン中央部図心位置での鉛直変位の関係を図-5に示す。実験値の変位は、鉄骨を

鉄筋に置き換え全断面有効とした RC 弾性理論の変位特性よりも、鉄骨断面だけを有効とした計算値に近い性状を示した。また、靱性率($u = \delta u / \delta y$)を求めてみると、 $u=6.8$ と一般的な RC セグメントよりも大きな結果となった。許容曲げ耐力実験値は、引張側のフランジで決定され、計算値とほぼ一致した。終局曲げ耐力実験値は、計算値の 1.3 倍、材料実強度による計算値の 1.1 倍と大きな耐力を有していた。次に、許容時のひずみ分布を図-6 に示す。ひずみは、圧縮側のコンクリート分胆力が若干大きいものの、ヤング係数比を $n=6$ とした理論値とほぼ一致した。

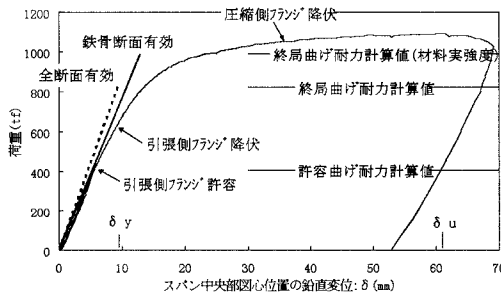


図-5 荷重と鉛直変位の関係

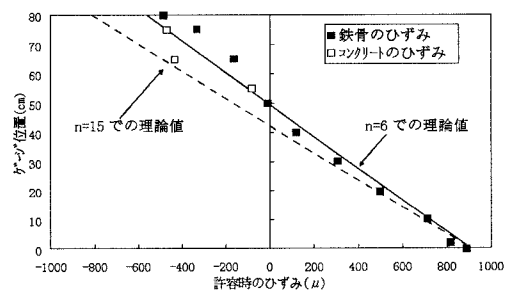


図-6 許容時のひずみ分布

2) 継手曲げ実験 実験結果を表-1 に、継手の応力状態を図-7 に示す。凹部の継手は、上下がお互いに反り返るように変形し、継手断面内に曲げが発生した。許容値は、継手縁応力度で判定し、上継手の(PUin)が最初に許容値に到達した。許容耐力と終局耐力は、計算値を上回った。終局耐力は、継手全断面($t=29\text{mm}$)が塑性的に抵抗するため、許容の約 7 倍の大きな耐力を有し、本体と同等の耐力であった。次に、曲げモーメントと継手回転角の関係を図-8 に示す。回転バネ定数は、ほぼバイリニア系を示した。また、初期剛性は小さく、軸力ありの場合でみると、曲げモーメントが $M=100(\text{tfm})$ 付近の変曲点で、剛性が大きくなる凹凸継手特有の性状を示した。これは、継手の凹凸部の間に 1mm の余裕を持たせているため、すべての継手に応力が均等に伝達するまでは、回転バネ定数が小さい傾向を示すものと考えられる。

表-1 実験結果

	計算値(tfm)	実験値(tfm)	備考
許容曲げ耐力	118.3	169.7	厚さ 6mm での計算値
終局曲げ耐力	373.3	789.9	厚さ 6mm での計算値
設計値	114.6	—	土被り 13m

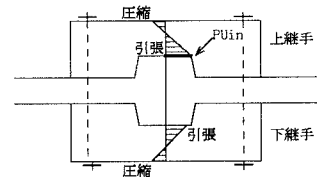


図-7 継手の応力状態

5. まとめ

本体に関しては、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。ひずみ分布は、鉄骨の降伏レベルまで計算値と一致し、合成構造として挙動していたと考えられる。また、鉄骨を鉄筋に置き換えた RC 理論により設計が可能である。

継手に関しては、許容耐力、終局耐力は確保できた。継手の厚さは、今回の実験では、継手断面内の局所的な曲げは、設計値に対して余裕のある断面であった。また、継手の厚さは計算上必要な厚さを割り増して決定したが、割り増し率の設計法については今後の検討課題とする。

『参考文献』

- 1) セグメント方式による矩形トンネルの適用性について，土木学会第 49 回年次学術講演会概要集(III-635)
- 2) 大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発(その 1～3)，土木学会第 50 回年次学術講演会概要集(III-608,609,610)

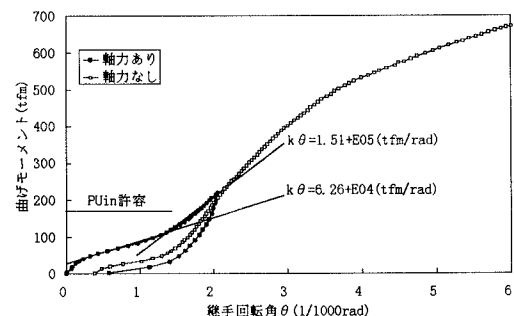


図-8 曲げモーメントと継手回転角の関係