

大断面矩形シールドトンネル用セグメントの開発 (その3) 鉛直部材

竹中土木	正会員	○大西	常康
竹中土木	正会員	近	信明
石川島建材工業	正会員	橋本	博英

1. はじめに

2車線道路の建築限界を覆う矩形シールドトンネルでは、トンネル高さがトンネル幅に比べて小さいため、鉛直部材となる側壁全体に負の曲げモーメントを受ける。負の曲げモーメントの大きさは、土被りが13mの場合、セグメント幅1.2mあたり $M=300\text{ tfm}$ になる。現在、この大きな負曲げに抵抗できるSRC構造のセグメント本体と、その継手の開発を行っている。本報告では、矩形シールドの鉛直部材となるセグメントの実物大供試体による単体曲げ実験、ならびに継手曲げ実験の結果について報告する。

2. セグメント構造

単体曲げ実験を行った供試体の断面図を図-1に示す。コンクリート中にH鋼を3本、引張り側に鉄筋(D38)を配置した。その継手図を図-2に示す。センターH鋼の上フランジを凸加工して継手フランジとし、継手カバーは凹状に加工し、H鋼の上フランジを挟込み、この凹凸のかみ合わせで曲げ引張りに抵抗する構造とした。また引張り力を両サイドのH鋼に分配させる連結板を設けた。継手カバーは脱落および変形防止としてボルト($\phi 24\text{mm}$)で締結した。

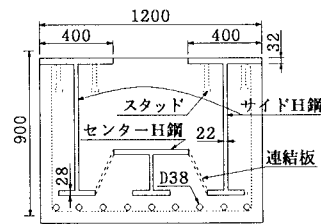


图-1 SRC构造断面图

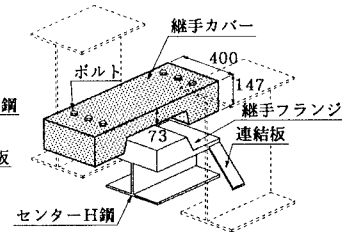


圖-2 SRC構造用継手図

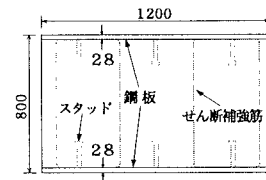


図-3 サト・イチ構造断面図

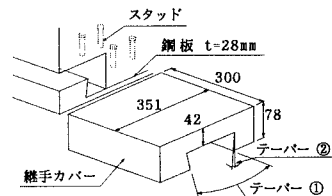


図-4 サンドイッチ構造用継手図

もう1種類の継手として、2枚のス 図-3 サンドイッチ構造断面図 図-4 サンドイッチ構造用継手図
タッド付き鋼板にコンクリートを挟みこんだサンドイッチ構造セグメント用の継手を考案した。サンドイ
ッチ構造の単体図を図-3に、継手図を図-4に示す。継手は上下鋼板を凸加工し、継手カバーを凹加工し、
この凹凸のかみ合わせで曲げ引張りに抵抗する構造とした。鋼板、継手カバーともにトンネル軸方向のテー
パー①を設けた。継手カバーは軸方向より挿入するものとした。また、抜け出し防止として継手カバーに断
面方向のテーパー②を設けた。継手カバーは3分割(30cm×3個)とし、隙間は無収縮モルタルで充填した。コ
ンクリートは $\sigma_{ck} = 56.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、鋼材はSM490Aを使用した。

3. 実験概要

実験は単体部、継手部ともに軸力を導入した2点集中荷重¹⁾とした。荷重パターンは設計軸力において部材が許容応力度に到達するまで荷重し、除荷後、軸力0の状態で破壊まで荷重した。設計軸力は土被り13mを想定し、 $N=204\text{tf}$ とした。

4. 実験結果

1) S R C 単体曲げ実験 曲げモーメントと中央部同心位置での鉛直変位の関係を図-5に示す。実験における終局耐力 $M_{u(exa)}$ は 1150 tfm となり、計算値 $M_{u(cal)}$ の 1104 tfm に対して 1.04 倍であった。鉛直変位はモーメント約 500 tfm までは軸力のある場合、ない場合ともに計算値と一致したが、それ以上では実験値が大きくなった。降伏順序はサイドのH鋼下フランジ→センターのH鋼下フランジ→鉄筋の順であ

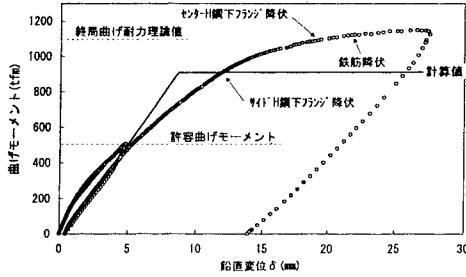


図-5 曲げモーメント-鉛直変位図

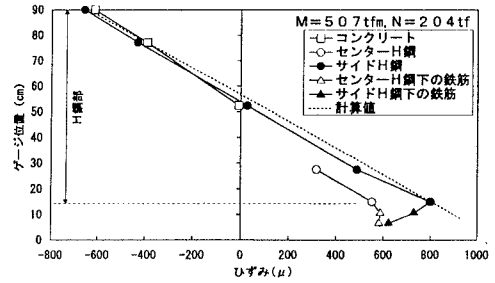


図-6 中央部ひずみ分布図

った。 $M = 50.7 \text{ tfm}$, $N = 20.4 \text{ tfm}$ の時のひずみ分布を図-6に示す。H鋼より引張り側にある鉄筋の方がひずみ値が小さい。これは、曲げを受けた供試体の下側フランジと外側のコンクリートの間に亀裂が生じ一体となって変形しなかったためと考えられる。また、センターのH鋼はサイドのH鋼よりもひずみ値が小さく、分布勾配はほぼ同じである。これは、サイドのH鋼は圧縮端から引張り領域まで連続して配置されているために直接的に曲げを受け持つのに対し、センターのH鋼は引張り領域のみに存在するため、鋼材とコンクリートのひずみが多少異なっているためであると考えられる。また、鋼材を鉄筋に置き換えたRC理論による計算値はサイドのH鋼とほぼ一致した。

2) SRC構造用継手曲げ実験 曲げモーメントと継手回転角 θ の関係を図-7に示す。回転バネ定数は、断面内応力が全圧縮状態では軸力が大きいほど大きい。継手カバーに引張りが発生する状態において、回転バネ定数は全圧縮状態に比べて小さいが、軸力の大きさによる回転バネ定数の差はそれほど顕著ではない。継手の応力状態は、継手に引張りが生じると継手カバーに曲げが発生した。耐力は継手カバーの曲げが原因で許容耐力、終局耐力ともに計算値の約半分であった。

3) サンドイッチ構造用継手曲げ実験 サンドイッチ構造用継手の曲げモーメントと継手回転角 θ との関係を図-8に示す。回転バネ定数は、継手カバーに引張りが発生し始める時と、継手カバーが降伏する時に変化した。また、引張りを受けた降伏以前では軸力に関係なくほぼ同じであった。継手部の変形模式図を図-9に示す。継手カバーの応力履歴をみると、継手カバーに引張りが発生する初期の状態から曲げが卓越し、曲げ降伏に至った。一方、継手カバーの凸側である鋼板は逆テーパーにもかかわらず継手から抜け出す変形をした。その結果、曲げ抵抗力を失い十分な耐力を得ることができなかった。

5. まとめ

SRCの単体は耐力、剛性ともに理論に近い挙動を示した。一方、継手はSRC構造用およびサンドイッチ構造用ともに、曲げが継手カバーに作用し、所定の耐力を得ることはできなかった。しかし、サンドイッチ構造用継手は鋼板が抜け出さないように変形を抑制すれば、所定の曲げ抵抗を得ることができると考える。

今後は、鉛直部材としては、サンドイッチ構造に関して主に開発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2）水平部材。土木学会第50回年次学術講演会。1995.9。（発表予定）

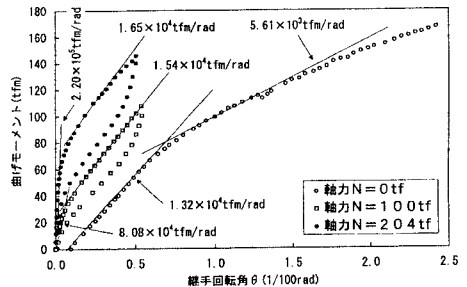


図-7 曲げモーメント-継手回転角 θ 図

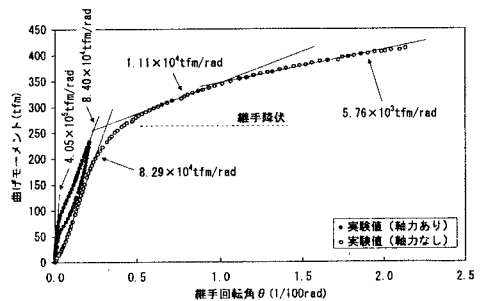


図-8 曲げモーメント-継手回転角 θ 図

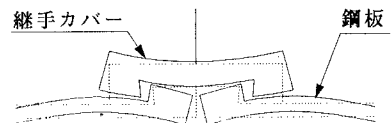


図-9 継手変形模式図