
る、(2) 打設したコンクリートが硬化するまで、土水圧や裏込め圧などの外荷重を内型枠に伝達するための連結材が分散配置されており、これがずれ止めにも寄与する構造である。このように既往の研究で対象とされた構造と差異があるため、本構造における鋼枠とコンクリートとの一体化の度合を評価するとともに、設計法を検討する必要があった。そこでこれらを明らかにすることを目的に、本体部を対象とした曲げ実験ならびにせん断実験を行った。

従来の RC セグメントの継手は、コンクリートの縁が切れており、配置するボルト本数として継手 1 ヶ所当たり 2 本が一般的である。これに対して、提案した構造のライナー間継手は、Fig. 2 に示すように (1) 地山側と坑内側おのおののライナー継手板間の空間を通じて、場所打ちのコンクリートが連続的に充てんされる、(2) 地山側と坑内側おのおのの主材近傍位置に複数本のボルトが分散配置される構造である。このように従来の RC セグメントの継手構造と異なるため、本構造における構造性能、および設計法を検討する必要があった。そこでこれらを明らかにすることを目的に、継手部の曲げ実験を行った。

施工面での課題としては、鋼枠内へのコンクリートの充てん方法の確立があった。本構造 4

にした正曲げ実験 (Case-1) および負曲げ実験 (Case-2) と、継手部を対象にした正曲げ実験 (Case-3) および負曲げ実験 (Case-4) の合計 4 ケースを実験した。

コンクリートは、本体曲げ実験が呼び強度 30 N/mm^2 、継手曲げ実験が呼び強度 24 N/mm^2 のレディーミクストコンクリートを使用

この RC 方式によって各試験体の耐荷力を計算した結果を Fig. 5 に併記した。Case-1 の終局荷重の実験値は、スキンプレートが座屈しない場合と座屈した場合の計算値の間にあった。一方、Case-2 の終局荷重の実験値は、計算値と非常によく一致した。

ところで、本構造への適用可能性を検討した設計法としては上述の RC 方式の他に、SC 方式があった。これは以下の考えで曲げ耐力を計算したものである。

- (1) 曲げ耐力は、コンクリートと鋼材おのものの耐力を足し合わせることで算出する。
- (2) コンクリートの曲げ耐力は、軸力による全断面圧縮状態から、曲げによって引張縁コンクリートにひび割れが発生するのに必要な曲げモーメントとする。ここで、軸力はすべてコンクリートに作用すると仮定する。
- (3) 鋼材の曲げ耐力は、鋼材の全塑性モーメントとする。

座屈が発生しなかった Case-2 を対象に、SC 方式で終局荷重を計算した結果を、RC 方式の結果と併せて Table 1 に示す。RC 方式では計算値と実験値が非常によく一致したのに対して、SC 方式の計算値は実験値と比べて 30% も小さかった。曲げ耐力を 集積することで翠

の計算値は Fig. 7 に併記した。継手部を回転ばねでモデル化したはり - ばねモデルであっても、前述のとおり、目開き量の実験値が離間荷重を越える頃から計算値を大きく上回り始めたこと、また、本体部のひび割れ発生後の剛性低下を考慮していないこともあって、離間荷重程度よりも荷重が大きいレベルではたわみの実験値が計算値を大きく上回っている。ただし、離間荷重程度よりも小さい、ひび割れ発生荷重以下（Case-3 では許容荷重の 1.8 倍程度以下）までは、はり - ばねモデル、ならびに剛性一様モデルの両モデルとも実験値は計算値と良く一致しており、実用上はこれらの方法でたわみを計算しても良いと考えられる。

4 場所打ち鉄骨コンクリートライナーのせん断性能と設計法

4.1 はりのせん断実験の概要

本体部のせん断性能、ならびに設計法を検証する目的で、はりのせん断実験を実施した。試験体ははりの曲げ実験の Case-2 試験体とほぼ同様であるが、(1) せん断補強鉄筋の代わりに、地山側と坑内側の各主材間に、せん断補強鋼材（12.7 mm の角鋼（SS400））を、試験体長手方向に 150 mm 間隔で配置したこと、また、(2) せん断破壊を先行させることなどに配慮して、スキンプレートを板厚 22 mm、材質 SM490 に変更するとともに、(3) 軸力を負荷しないため、シース管を配置しないことが異なる。載荷は等曲げ区間 120 cm、せん断区間 60 cm 斜め軸力試験装置を用いて、た：宛向に

重の計算値の 1.1 倍にまで達した。

スキンプレーットの座屈が発生したにもかかわらず、実験値が座屈を考慮しない計算値を上回ったことから、計算方法を見直す余地があるが、ここで用いた RC 方式で実用上は十分な精度であると考えている。座屈が発生した荷重が、許容荷重の計算値の 3.3 倍で、終局荷重の計算値の 0.96 倍という大きな荷重レベルであったこと、また、座屈以後も荷重が増加し続け、最大値が終局荷重の計算値を上回ったことから、本溶接仕様によって十分な座屈防止効果があったと考えている。

曲げ実験を行う前に、打音によって充てん度を確認したところ、スキンプレーットとコンクリート間がはくりしていると考えられる部分があったものの、曲げ実験後にスキンプレーットを切り取り肌隙量

を測定したところ、その値は最大でも 0.25 mm とわずかであった。前述のとおり、実験結果の最大値が計算値を上回っていたことから、これらの肌隙は耐荷力に悪影響を及ぼすレベルのものではなかったと考えている。

以上の結果から、密閉された鋼枠内へのコンクリートの充てんが十分可能であることを確認した。

6 結 言

特に大断面のシールドトンネルへの適用を目指して開発を進めてきた場所打ち鉄骨コンクリートライナーについて、本体部および継手部の構造性能と設計法、ならびに鋼枠内へのコンクリートの充てん性を検討した結果、本実験の範囲内では以下の結論が得られた。

- (1) 本体部の曲げ、ならびにせん断の設計には、鉄筋コンクリート構造と同様の設計法が適用可能である。
- (2) 継手部の曲げ設計には、RC セグメントの継手部と同様の設計法が適用可能である。
- (3) 実施工を想定して鋼枠内にコンクリートを打設し、その充てん性を曲げ実験によって検証した結果、密閉された鋼枠内への

充填率は、コンクリートの流動性を考慮し、充填率を 100% とした。実験結果は、鋼枠内への充填率は、コンクリートの流動性を考慮し、充填率を 100% とした。