

## VI-94

### ECL工法で施工した水路トンネルのひび割れ発生の状況

鉄建建設㈱

正会員 大八木 崇

JR東日本 上信越工事事務所

佐藤 憲一

オリエンタル建設㈱

吉次 康治

山口大学 工学部

正会員 中川 浩二

#### 1. はじめに

東日本旅客鉄道㈱の信濃川水力発電再開発工事の一貫として施工された信発第二水路トンネル山本工区（最下流工区）において山岳トンネルでは我国最初の直打ちコンクリートライニング（ECL）工法が採用され、平成元年7月に無事故で掘削完了している。このたび当工区施工中に発生したひびわれについて、その発生状況を整理した。その結果一定の傾向が確認されたので以下に報告する。

#### 2. 地形地質状況

トンネル付近の地形は、信濃川およびその支流によって形成された新旧の河岸段丘が見られ、トンネルはこれらの河川によって段丘上に形成された沢地形をぬって選定され土被りは15~120mであった。

トンネル掘削断面に出現した地質は、新第三紀鮮新世から第四記洪積世にわたる魚沼層群で、礫岩、砂岩、シルト岩および軽石質ないし凝灰質シルト岩から構成され、それが互層状に累重する岩相変化に富んだ地質であり、全体として凝灰質シルト岩優勢層となっている。トンネルの施工延長は3100mあり当工区の地質は、坑口（トンネル最下流部）から1400mの区間とその後1700mに2分され、前者は切羽湧水量が200~4500 l/minと多く、未固結の砂岩、礫岩の流砂的な崩壊が発生したのに対して、後者に於いては切羽湧水量が250 l/min以下と少なく、部分的な崩壊があったものの切羽の自立は良好であった。

#### 3. ひびわれ状況

##### (1) ひびわれ発生状況

直打ちコンクリートライニング（以下：覆工と略す）に発生したひびわれは、坑口より900m付近までは、初期掘進（機械習熟）状態および湧水に伴う切羽部の流砂的な崩壊等のために、経時変化を伴わないトンネル縦断方向のひびわれが数箇所確認されたが、それ以降はトンネル断面を輪切りにするひびわれが主に発生した。

覆工に生じた断面方向のひびわれは、坑口から切羽に向かって順に発生し、コンクリート打設後、ほぼ3~5日以内に天端に確認され、それが進行し輪切り状に全周つながった。供用開始前の最終調査ではこのように順番に発生したひびわれ以外の新たなひびわれの発生は認められなかった。

##### (2) ひびわれ発生要因等の整理

覆工に生じた輪切りひびわれを、コンクリート打設の約1ヶ月後に測定したひびわれ幅(mm)と、ひびわれ密度（トンネル延長10m当りに何本ひびわれが存在したか；本/10m）に整理し、発生要因との比較を行った。

外的な要因を、凝灰質シルト岩の切羽出現率、切羽推定湧水量、土被りとし、内的な要因を型枠の存置日数としてデータを作成し比較検討を行った。ひびわれ幅以外のデータには10mごとに整理した値を用いた。

##### (3) 要因相互の比較

外的要因と内的要因を坑口からの距離で整理した結果。当該工区に於いては、土被りが大きい場所で切羽最大湧水量は多くなる傾向を示した。覆工のひびわれ状況には切羽湧水量（地山の滞水状態）の影響が大きいと考えられるため、ひびわれの整理は切羽推定湧水量にて整理した。また、ひびわれ幅とひびわれ密度との関係は、ひびわれ密度が大きいとその区間におけるひびわれの幅は遞減する傾向が得られた。ひびわれ密度の最大値は4(本/10m)であった。最大ひびわれ幅とひびわれ密度を掛け合わせた相対ひびわれ幅(mm/10m)は最大で3.6(mm/10m)であった。

## (4) ひびわれ密度、ひびわれ幅と要因の比較

ひびわれ密度、ひびわれ幅と切羽推定湧水量、凝灰質シルト岩の切羽出現率、型枠の存置日数を比較検討した結果、ひびわれには次の傾向が確認された。

第一に、切羽推定湧水量が増加するとひびわれ密度およびひびわれの最大幅が連減する傾向が確認された。図-1に切羽推定湧水量とひびわれ幅の関係を示す。(図中のひびわれ幅0mmは、クラックゲージを使用した観測結果で幅0.05mm以下のヘアークラックを示す)

第二に、型枠の存置日数とひびわれ幅の関係を図-2に示す。この図から明らかなように型枠の存置日数が5日以上の場合には幅0.75mm以上のひびわれは発生していない。また、存置日数1~2日および3~4日付近にデータの集まりが確認されるが、存置日数1~2日は通常連続施工状態であり、存置日数3~4日は休日を含んだ(打ち継ぎ目のひびわれが生じている)状態である。そこで存置日数1~2日に生じたひびわれの幅を凝灰質シルト岩の切羽出現率100~75%(切羽の自立)および50%以下(切羽の部分崩壊)に分けると、図-3と図-4に示す傾向が確認された。これらの図を比較すると明らかなように、凝灰質シルト岩の切羽出現率が高いと幅の狭いひびわれから比較的幅の広いひびわれまで発生し、凝灰質シルト岩の切羽出現率が低いと大きな幅のひびわれは少ない傾向が確認された。(図-4中のひびわれ幅1.5mm以上の2点は前後7m程度ひびわれが確認されていない特異点)

## 4. まとめおよび考察

本データの分析結果より、山岳トンネルに適用したECL工法で打設した覆工に発生した断面方向のひびわれには、切羽推定湧水量が増加すると、ひびわれ幅およびひびわれ密度が連減する傾向があった。これは覆工コンクリートの温度上昇が背面(地山)の滞水によって抑制され覆工に生じる温度応力が緩和されたためと考えられる。通常施工状態(型枠の存置日数2日以内)では、凝灰質シルト岩の切羽出現率が高くなると、最大ひびわれ幅が大きくなる傾向があった。また、長期間休止(存置日数5日以上)した場合には、ひびわれ幅は小さくなり、ひびわれ密度は3(本/10m)以下であった。これらのひびわれ発生の傾向は、地山の拘束と型枠の拘束による影響と考えられる。

上記の考え方の妥当性の検証は本トンネルでは不十分ではあるが、今後この考えに焦点を絞って計測を行いデータを蓄積し検証して行く予定である。

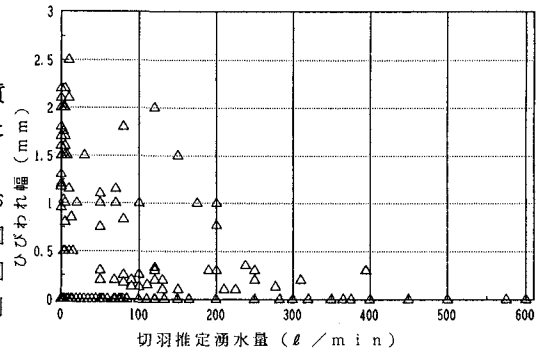


図-1 切羽推定湧水量とひびわれ幅の関係

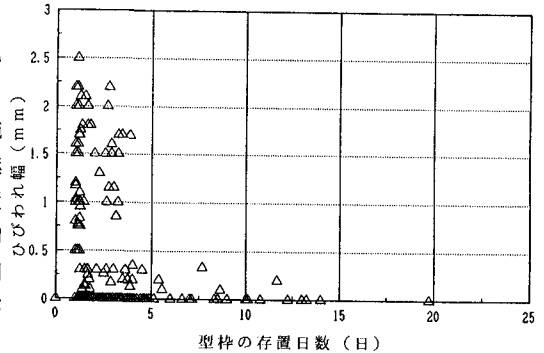
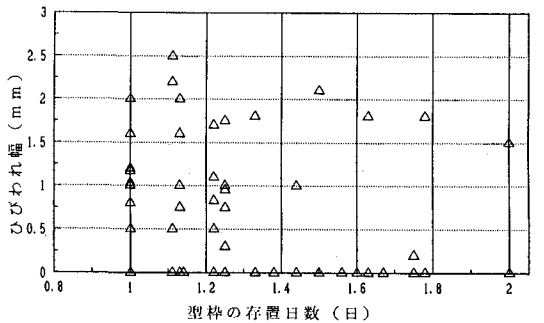
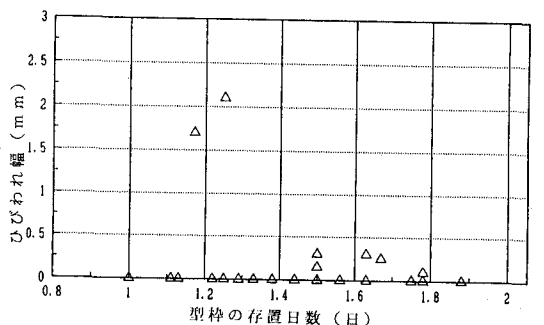


図-2 型枠の存置日数とひびわれ幅の関係

図-3 型枠の存置日数とひびわれ幅の関係  
凝灰質シルト岩の切羽出現率100~75%の場合図-4 型枠の存置日数とひびわれ幅の関係  
凝灰質シルト岩の切羽出現率50%以下の場合