

覆工再生工に関する防護工の開発

前田建設工業株式会社 ○正会員 古賀 大志, 今西 秀公, 賀川 昌純, 水谷 和彦
中日本高速道路株式会社 正会員 鈴木 俊雄

1. はじめに

NEXCO 中日本金沢支社が管理する北陸自動車道のトンネルは矢板工法で構築されており、経年劣化に伴う老朽化により、更新が必要なトンネルが見受けられる。また、そのほとんどのトンネル覆工では漏水が発生しており、冬季にはツララとなって通行障害となっている。その補修・補強については、これまで様々な対策を講じているが、いずれも作業時に車線規制や通行止め等を行う必要があった。このような中、一般車両の供用下で第三者および工事従事者に対して危険リスクの低減を目的として、覆工再生工の一連の作業ができる防護施設（以下、防護工）の開発を行った。

本稿では、防護工の性能を確認するために実施した、事前解析および実証試験を踏まえた逆解析結果、また、衝突時の動的解析結果について報告する。

2. 防護工の概要と要求要件

防護工の全景を図-1 に示す。



図-1 防護工全景

防護工は、落下物等の危険から一般通行車両を防護するとともに、一般通行車両から作業空間を防護する役割を担い、供用中の道路の安全な走行性と作業空間の確保を有する設備である。これらの条件を満足するためには以下の要求要件を確認する必要がある。

①防護工内空断面に対する要求要件

内空幅 5250mm×内空高 4500mm 以上

②落下物に対する要求要件

荷重 0.5kN 以下の物体がどの位置から落下しても、防護工本体の内空を侵すような変形をしないこと。

③一般通行車両衝突に対する要求要件

NEXCO 設計要領第五集に定められた、衝突条件 A（車両総重量時において路面から重心までの高さが 1.4m の大型貨物車による、衝突速度 45km/h に応じた衝撃度。その際の衝突角度は 15 度とする。）の作用に対して、防護工が作業空間を阻害しないこと。

3. 防護工実証試験内容

①落下荷重載荷試験（以下、試験①）

防護工梁直上に 0.5kN のコンクリートブロックを自由落下させ、各部材の発生応力度が許容応力度 (SS400: 210N/mm²) 以下であることを確認する。なお、防護工頂部までの落下高さは、敦賀保全管内の全トンネルで最大内空高さを想定した 2.4m とする。

②衝突荷重載荷試験（以下、試験②）

防護工側面に、衝突条件 A に相当する衝撃度を与え、各部材の発生応力度が許容応力度以下であることを確認する。試験方法の概要図を図-2 に示す。

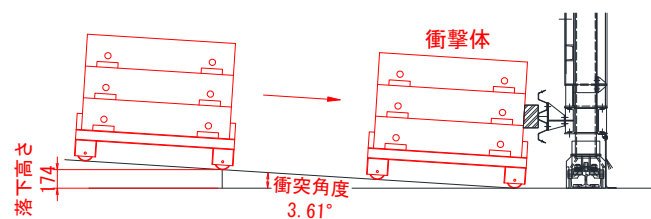


図-2 衝突荷重載荷試験方法概要図

4. 事前解析と逆解析

解析モデルは周方向、軸方向の梁部材のみを梁要素でモデル化した。解析モデルを図-3 に示す。

荷重の載荷方法は、試験①では、梁部材中央に対し鉛直下向きに、試験②では、支柱部材下端に対して、衝撃

キーワード 道路トンネル、覆工再生、防護工、供用下施工

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業（株） TEL：03-5276-5166

体の衝突角度を考慮した荷重を作用させる。

支点条件について、事前解析時は鉛直、水平方向共に固定としていたが、試験②の衝突時に、防護工の走行レールが水平方向に 3mm 程度ずれることが確認された。従って、逆解析時の支点条件は、衝突時の水平変位を再現し、変位が等しくなるバネ値(=1300kN/m)を設定した。

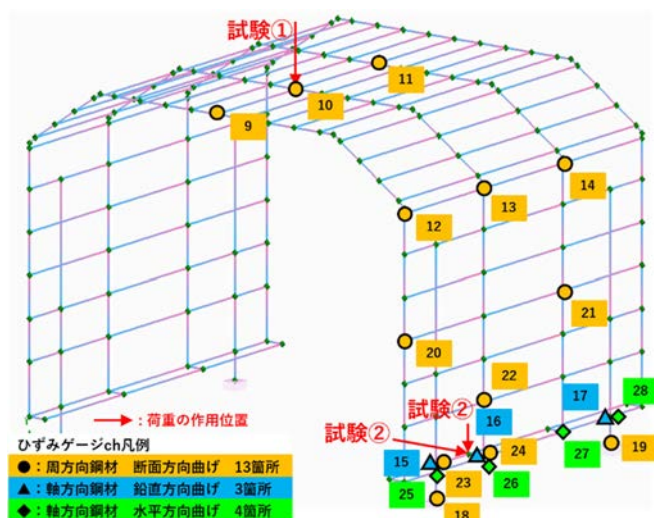


図-3 三次元フレーム解析モデルとひずみゲージ位置

5. 実証試験結果

試験①、②の結果を図-4、図-5 に示す。なお、ひずみゲージ ch 番号と設置位置は図-3 に示す通りである。

試験①について、実測応力値は落下物が直撃する梁部材(ch10)で最大 (40.4 N/mm²) を示し、許容応力度を下回っていることが確認できた。なお、実測値と解析値が大きく異なっている ch12～ch14 については、ひずみゲージ設置場所が鋼材の継目近くであったため、解析通りに応力が伝達されなかったためであると考察する。

試験②について、実測応力値は衝突位置に近い支柱(ch23)で最大 (70.7N/mm²) を示し、許容応力度を下回っていることが確認できた。また、事前解析では、衝突時のレールのずれが考慮できていなかったため、防護工天端上面の ch9～ch11 においては、応力がほとんど発生していない結果となっており、実測値と大きく異なっていた。それに対して、レールのずれを考慮した逆解析の結果では、当該位置における実測結果と概ね近い値となることが確認できた。

6. 動的解析

前述の試験②では、防護工の走行レールにずれ止め金具を使用していたため、3mm 程度の水平移動で収束していた。しかしながら、実際はずれ止めの使用は不可

であり、アスファルト舗装面に直置き計画となっていたことから、衝突時のずれや滑りに対する評価と対策が必要となった。そこで、衝撃体に設置した加速度計により算出した衝撃荷重と衝突時間から動的解析を実施し、衝突時のレールの滑り量を求めた。動的解析結果を図-6 に示す。

解析結果より、レールを直置きする場合（摩擦係数 $\mu=0.4$ ）は、最大で防護工外方に 100mm 変位することから、防護工外で作業する工事従事者に対して危険が伴う可能性があった。そこで、レールとアスファルト舗装の間にゴムを敷設（摩擦係数 $\mu=1.0$ ）することとした。その結果、レールの変位量を 13mm に留めることができた、工事従事者の安全を確保できることが確認できた。

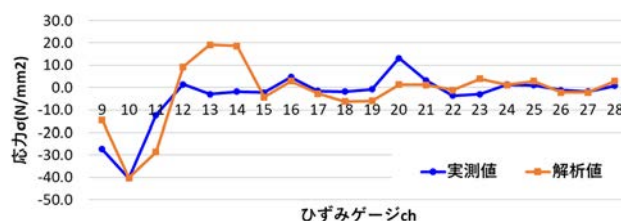


図-4 試験①における実測と事前解析の応力値



図-5 試験②における実測と事前・逆解析の応力値

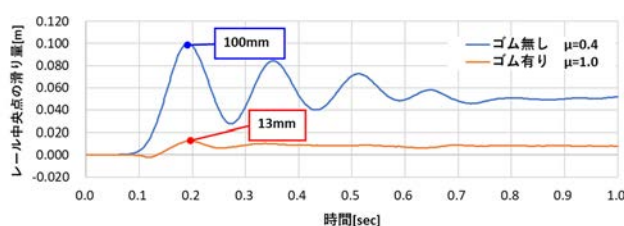


図-6 ゴムの有無による動的解析結果

7. おわりに

今回実施した、事前解析および実証試験を踏まえた逆解析結果では、実現象を精度良く再現できた。また、動的解析においては、当初の施工方法に対する安全性の評価と、その対策を検討するのに十分な結果を得ることができた。