

樹脂塗布型シート工法の耐荷力評価に関する考察

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○松山彰宏, 森本 智, 日下 敦
 国立研究開発法人土木研究所 (現: パシフィックコンサルタンツ株式会社) 前田 洸樹
 コニシ株式会社 辻本 仁

1. はじめに

山岳トンネル工法 (いわゆる NATM) により建設された道路トンネルに発生するうき・はく離の面積は, 0.1m² 未満が 92%以上, 0.2m² 未満が 95%以上を占めており小規模のものが多く報告されている¹⁾. はく落対策工 (以下「対策工」と称する) の開発においては, 対象とするはく落塊の規模を限定し, 従来対策工より低強度材料を用いることで, 経済性や施工性の向上が期待される. 一方, 使用材料の強度特性や構造等によっては, 荷重-変位特性や破壊形態等について, 従来対策工と異なる性能を示す可能性が考えられる.

森本らの報告²⁾より, 従来から適用実績が多い炭素繊維シート工法と比較して低強度である樹脂塗布型シート工法の押抜き試験を実施し, 樹脂塗布型シート工法は炭素繊維シート工法と異なる荷重-変位特性, 破壊形態を示すことが明らかになっている. 本報文では, 既往ケースに加えて新たな供試体ケースによる押抜き試験を実施し, 耐荷力の評価方法について考察した結果を報告する.

2. 試験方法

図-1 に試験状況の例を, 写真-1 に対策工施工後の状況を示す. 押抜き試験は, はく落塊を模した押抜き部を設けたコンクリート供試体に対策工を設置し, ジャッキを用いて変位制御により載荷した. 押抜き部は, コンクリート供試体と 5mm 程度の隙間を設けて作成し, 隙間には対策工が流入しないようコーキング材による処理を施した. 表-1 に試験ケースを示す. 押抜き部の形状は, 森本らの報告²⁾にて行った小型供試体である Case.1 の円形 (φ100mm), Case.2 の菱形 (対角線の長さは 210mm×75mm) に加えて, 大型供試体として Case.3 の円形 (φ500mm) の試験を行った. 載荷速度は, 変位量 2mm までは 0.2mm/min, 変位量 2mm 以降は 1.0mm/min とし, 変位が 2mm 増加する毎にはく離状態等を観察した. 樹脂塗布型シート工法の材料特性は, 表-2 に示す通りである. 施工工程は, コンクリート表面のケレンおよびプライマー塗布の後, 樹脂材料をローラーにて塗布する 3 工程である.

3. 試験結果

図-2 に変位と荷重の関係を, 写真-2 に対策工の破断状況を示す. いずれのケースも初期段階で最大荷重値を示し, その後変位の増加とともに荷重が低下した. 破断は荷重低下前後で確認され, 荷重はその後増加することなく一定で推移し, 最終的には破断が拡大して実験が終了した. Case.3 に関しては, 変位 30mm 以降にて押抜き部の傾きが生じ, それに伴う周辺孔壁との摩擦による荷重の増加傾向が確認されたため, 本報文では変

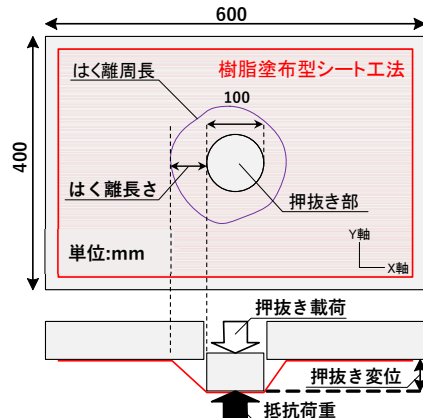


図-1 試験状況の例 (Case.1)

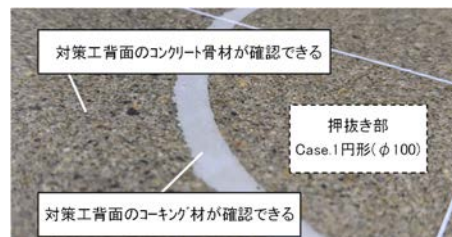


写真-1 対策工施工後の状況

表-1 試験ケース

ケース名	供試体寸法 (mm)	押抜き形状	押抜き周長 (mm)
Case.1	600×400	円形(φ100)	314
Case.2	600×400	菱形(210×75)	504
Case.3	1300×1300	円形(φ500)	1570

表-2 材料特性

樹脂の種類	設計厚さ (mm)	引張強さ (N/mm ²)	引張弾性率 (N/mm ²)	破断時伸び率 (%)
ウレタン系	0.16	40.0	14.2	300程度

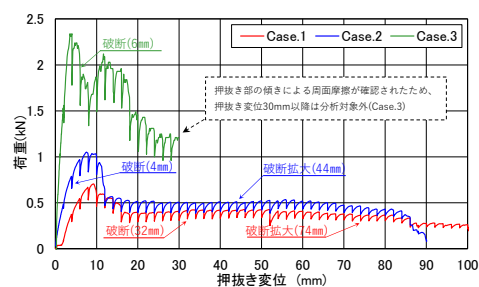


図-2 変位と荷重

キーワード 道路トンネル, 覆工コンクリート, はく落対策工, 樹脂塗布型シート工法, 耐荷力評価

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 TEL 029-879-6791

位 30mm までを考察対象とした。図-3 にははく離長さの変位の関係を示す。既往の研究³⁾では、従来対策工の一例として炭素繊維シート工法の場合は、変位の増加によりはく離が供試体端部まで進展する結果が得られている。一方、樹脂塗布型シート工法では、いずれのケースもはく離の進展は限定的であり、材料の伸びが先行する結果となった。

図-4 にははく離周長と荷重の関係を示す。いずれのケースも、はく離周長の増加に伴う荷重の増加は限定的であった。炭素繊維シート工法の場合、変位の増加によりはく離が概ね均等に進展し、荷重が増加していく挙動が確認されており、その耐荷力は単位はく離長さおよびはく離周長から算定できることが示されている³⁾。一方、樹脂塗布型シート工法では、いずれのケースもはく離周長の増加に伴う荷重の増加傾向は見られず、炭素繊維シート工法のような単位はく離長さによる耐荷力評価は適用できないことが確認された。図-5 に各ケースの押抜き周長と最大荷重値 P_{max} の関係を示す。これより、押抜き周長と最大荷重値 P_{max} は比例関係にあることが分かる。これは、樹脂塗布型シート工法の耐荷力が材料と供試体の接着面積に依存するためと考えられる。そのため、樹脂塗布型シート工法の耐荷力を評価する方法として、複数の押抜き周長による試験を行うことにより、周長に応じた最大荷重値 P_{max} を算出し、想定はく落塊荷重に対する耐荷力照査を行う方法が有効であると考えられる。

4. まとめ

本報告では、樹脂塗布型シート工法の耐荷力を評価するため、森本らの報告²⁾での小型供試体ケースに加えて、大型供試体ケースの押抜き試験を実施した。これらより、樹脂塗布型シート工法の荷重-変位特性は初期段階で最大荷重値を示し、材料の伸びが進展するとともに荷重は低下し、その後増加することなく一定で推移する結果となった。また、従来から適用実績の多い炭素繊維シート工法では、はく離周長の増加に伴い荷重が増加するのに対し、樹脂塗布型シート工法でははく離の進展が限定的であり、最大荷重値は材料と供試体の接着面積に依存することを確認した。これより、樹脂塗布型シート工法の耐荷力を評価する場合は、周長に応じた最大荷重値 P_{max} を複数算出し、想定はく落塊荷重に対する耐荷力照査を行う方法が有効であることを確認した。ただし、対策工の施工後において対策工自体が劣化した場合には、耐荷力が低下する恐れがあり、長期耐久性に関する評価は今後の検討課題である。なお、樹脂塗布型シート工法の施工時には、段差や幅の大きなひび割れ、豆板箇所等における塗膜厚等の品質管理に十分留意し、耐荷力が最大限発揮されるよう配慮することが重要である。

参考文献

- 1) 森本智, 日下敦, 吉岡和哉, 長谷川慶彦: NATM により建設された道路トンネルにおける材質劣化に起因する変状の実態, 土木技術資料第 61-4 巻, 2019. 4
- 2) 森本智, 前田洸樹, 日下敦, 松山彰宏, 辻本仁: 樹脂塗布型はく落対策工の耐力評価に関する実験的考察, 土木学会第 76 回年次学術講演会, 2021. 9
- 3) 石村利明, 真下英人, 箱石安彦: 既設トンネルのはく落防止対策工の耐力評価に関する一考察, 土木学会トンネル工学報告集第 14 巻, 2004. 11

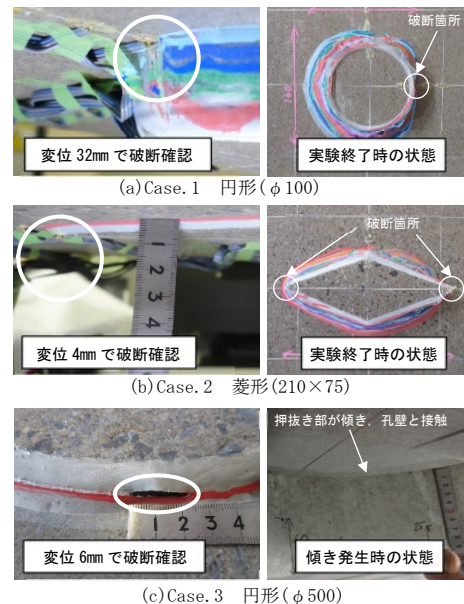


写真-2 対策工の破断状況

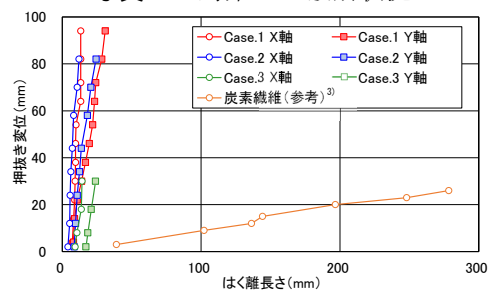


図-3 はく離長さの変位

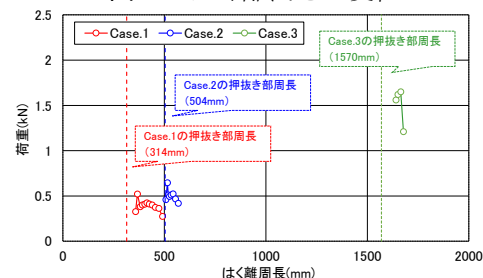


図-4 はく離周長と荷重

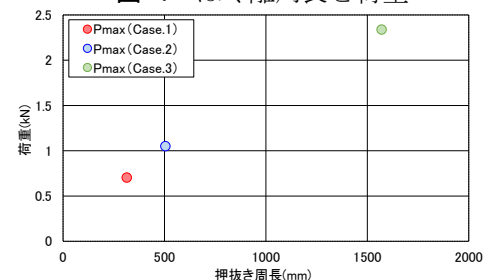


図-5 押抜き周長と最大荷重値