

破壊形態に応じたシート系はく落防止対策工の耐力評価方法に関する研究

国立研究開発法人土木研究所*) 正会員 ○前田洸樹 森本 智 日下 敦 石村利明
鉄建建設株式会社 正会員 加古昌之

1. はじめに

本研究では、網状に形成したシート系当て板工の耐力評価に関する基礎資料を得ることを目的として押抜き荷重試験を実施している¹⁾。従来工法（炭素繊維シート）は、既往の研究²⁾において破壊形態がシートはく離進展である場合、その耐力は単位はく離強さから算定できることが示されている。一方、文献¹⁾では、繊維が3方向4層の構造を有するシート系はく落防止対策工（以下、「網状シート」と称する）では、従来工法の破壊形態とは異なる部分的な繊維の破断、一部繊維の先行したはく離の進展等の破壊形態を示した。

本報文では、このような破壊形態に対する新たなシート耐力の評価方法に関する基礎資料を得ることを目的として、押抜き試験結果より、網状シートの繊維の編込み構造の違いによる破壊形態および単位繊維荷重に着目したシート耐力の評価方法について分析した結果を報告する。押抜き試験の詳細な条件は文献¹⁾を参照されたい。

2. 網状シートの繊維構造

網状シートは、図-1、写真-1に示すように、1方向ずつ繊維を重ね合わせた4層の編込み構造を有しており、繊維シート全体はアクリル樹脂でラミネートされている。繊維の設置間隔は約20mmである。施工工程は、下地処理→接着剤塗布→シート貼付と全3工程である。

3. 単位はく離強さによる評価

押抜き試験は、表-1に示す2ケースで実施した。図-2に荷重と変位関係、図-3に単位はく離強さ（押抜き荷重/はく離周長）と変位の関係を示す。図-2をみると、押抜き径の大きさによって最大荷重が異なっており、また、図-3をみると、両ケースとも変位の増加とともに単位はく離強さが減少する傾向に加え、押抜き径の大きさによって単位はく離強さの値が異なる結果となった。これは、網状シートの破壊形態が従来工法と異なるためであると考えられ、従来工法と同様に単位はく離強さを用いてシート耐力を評価することが難しいことがわかった。

さらに、網状シートの破壊形態は、繊維の編込み構造によっても異なると想定されることから、従来工法と異なる新たなシート耐力の評価方法について検討するため、繊維の編込み構造の違いによる破壊形態について分析した。

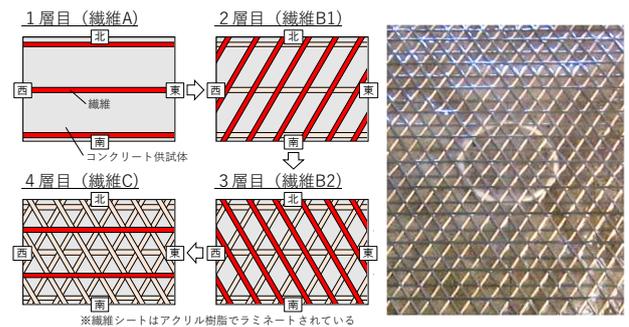


図-1 繊維の編込み構造 写真-1 網状シート

表-1 押抜き試験ケース

試験ケース	押抜き径 φ	荷重速度 ^(※1)
Case.1	500 mm	変位 ≤ 2mm, 0.2mm/min
Case.2	100 mm	2mm < 変位, 1.0mm/min

※1: 変位2mmごとに2分間のホールド時間を設ける。

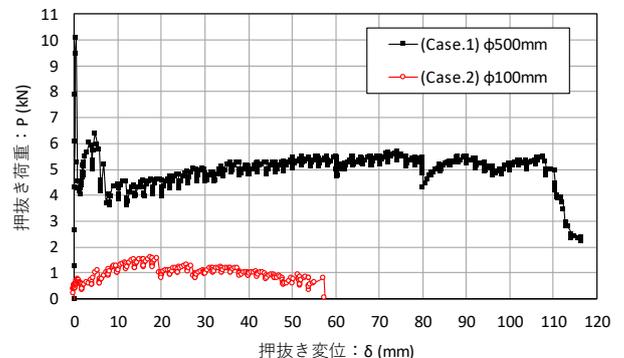


図-2 押抜き荷重と変位関係

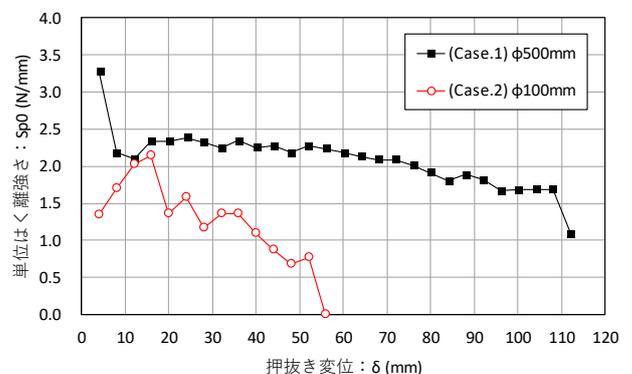


図-3 単位はく離強さと変位関係

キーワード 道路トンネル, 覆工コンクリート, はく落, 補修工, 繊維シート

連絡先*) 〒305-8516 つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 道路技術研究グループ (トンネル) TEL: 029-879-6791

4. 繊維の編込み構造の違いによる破壊形態

図-1 に示す繊維 A~C それぞれの剥離を、図-4 に示すはく離 A~C と定義し、それぞれのはく離長さ（押抜き圧子境界から繊維はく離先端位置までの距離）を算定することで、各繊維のはく離挙動を分析した。以下に、図-4 におけるはく離 A~C の設定について詳述する。

【はく離 A】①層目（繊維 A）の横断方向のはく離長さ（東方向，西方向）の平均はく離長さ

【はく離 B】②，③層目（繊維 B）の縦断方向のはく離長さ（南方向，北方向）の平均はく離長さ

【はく離 C】④層目（繊維 C）の横断方向のはく離長さ（東方向，西方向）の平均はく離長さ

図-5 にはく離長さを示す。Case.1 では、繊維 A の破断に伴いはく離 A の進行が止まり、その後、はく離 C が進行して繊維 C が端部はく離、やや遅れてはく離 B が進行した。Case.2 では、繊維 A,B の破断が生じ、それぞれはく離 A,B の進行が止まるが、はく離 C は試験終了まで進行した。また、いずれのケースもはく離 C > はく離 B > はく離 A の順ではく離長さおよびはく離の進行度合いが大きく、繊維 C は破断に至らなかった。

以上より、各繊維が独立した挙動を示し、編込み構造の違いによって破壊形態が異なることがわかった。

5. 単位繊維荷重による新たなシート耐力の評価方法

上記のような破壊形態より、各繊維が独立して挙動し荷重を受け持つことから、繊維強度×繊維本数でシート耐力を評価できると考え、単位繊維荷重（押抜き荷重 P /有効繊維本数 n ）を算出して各ケースで比較を行った。ここで、有効繊維本数は押抜き部と供試体をつなぐ繊維の本数であり、1本破断あるいは端部はく離するごとにマイナス1本となる。すなわち、耐荷力として有効に機能している繊維の本数である。

図-6 に単位繊維荷重と変位関係を示す。繊維のみはく離進展する区間では、いずれのケースも概ね 20~35 N/本で推移しており、単位はく離強さの結果（図-3）とは異なりケース間で大きく差が生じていない結果となった。

以上より、単位繊維荷重を用いることで、押抜き径の大きさによらずシート耐力を評価できる可能性が示唆された。ただし、繊維の編込み構造や接着剤塗布厚の違いによって破壊形態が異なることから更なる分析が必要である。

6. まとめ

本報文では、網状シートのような繊維の編込み構造を有するシートでは、繊維それぞれの破壊形態が異なることがわかった。さらに、このような破壊形態を示すシートに対して、単位繊維荷重を用いることでシート耐力を評価できる可能性が示唆された。ただし、網状シートは、従来工法に比べ、破壊形態や変形特性、耐荷特性で異なる点が多いため、今後、材料特性の異なる様々な仕様のシートも含めケース数を増やし分析を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 森本智, 前田洗樹, 日下敦, 石村利明: 網状シートを用いたはく離防止対策工の耐力評価に関する実験的考察, 土木学会第75回年次学術講演会, 2020.9 (投稿中)
- 2) 石村利明, 真下英人, 箱石安彦: 既設トンネルのはく離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

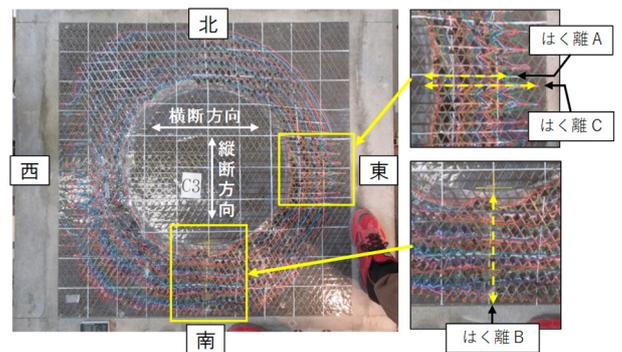
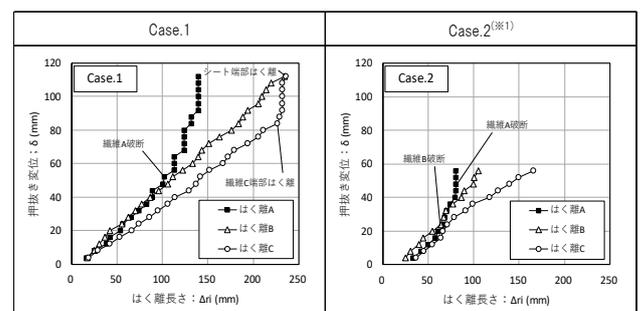


図-4 はく離の設定



※1: 押抜き圧子が傾き、供試体に接触した時点で試験を終了した。

図-5 はく離長さ

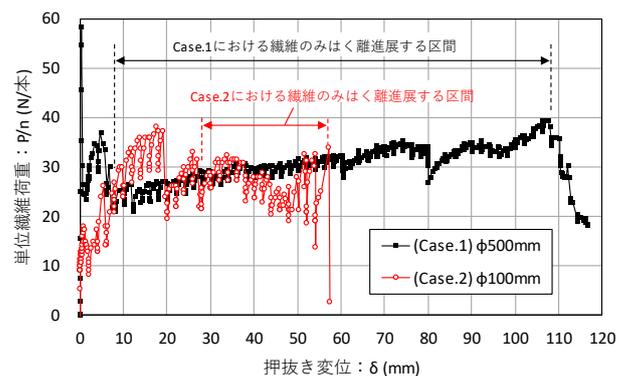


図-6 単位繊維荷重と変位関係