

(財) 鉄道総合技術研究所 ○高橋 徹* 朝倉 俊弘*

茨城大学 呉 智深**

東燃(株) 吉澤 弘之***

1. はじめに

現在多くのトンネルにおいて地圧の作用や材料劣化などにより覆工にひび割れや剥離剥落が生じており、対策を要するものが少なくない。対策として連続繊維シートなどにより剥離剥落防止措置を行っているが、実験的にシートの剥離剥落防止効果に関する研究はほとんど行われていないのが現状である。本報告では、図1に示す、実寸法に近い供試体を用いて、連続繊維シートの剥落防止効果についての検討を行った。

2. 実験概要

1) 実験装置

実験装置は、静的荷重試験機を用いて行った。実験は、中心に円孔を設けたRC平板(230×20×230cm)の下面とに炭素繊維シート(直交方向に2層)を接着し、円孔の中に別に製作したコンクリート製の圧子を入れ炭素繊維シートを接着した。実験は、圧子に強制変位を与え、強制的に炭素繊維シートを剥離させる荷重試験である。なお、押し抜く圧子と平板との間に摩擦が起きないように隙間を5mm設け、荷重時に圧子と荷重装置を固定することで、圧子を垂直に変位させ平板と接触しないように荷重した。また圧子を荷重装置に吊り下げることにより、圧子の自重を相殺した。使用材料は、供試体コンクリート強度

は28N/mm²、炭素繊維シートは、目付200gで、弾性率 $E=2.35 \times 10^5$ N/mm²(高強度)、 6.05×10^5 N/mm²(超高弾性)を使用した。

2) 実験ケース

実験パラメータとして、円孔径φ200を標準ケースとし、φ500、φ1000と変化させ円孔の大きさが及ぼす影響、炭素繊維シートの接着長(円孔端からの長さ)を変化させたケース、炭素繊維シートの中間をプレートにより強制的に拘束するケース、炭素繊維の弾性率を変化させた6種類のケースを設定し実験を行った。なお下地処理は、ケレン処理を行い、プライマー塗布後、エポキシ樹脂パテにて表面を平滑にした後、炭素繊維シートをエポキシ樹脂を用いて接着した。No4 供試体のプレート拘束タイプは、中心より30cmの箇所に50×3.2×600の鋼製プレート4本を円孔を囲んで配置し、1プレート当たり3本のM10アンカーを用いてピッチ250mmにて取付を行った。

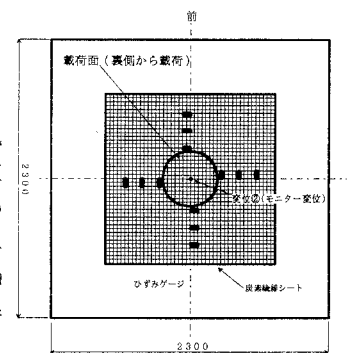
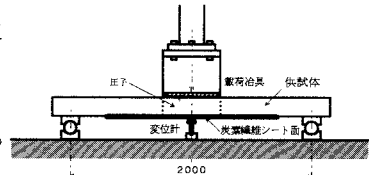


図-1 実験装置、供試体形状

表-1 実験パラメータ

No	孔径	シート	接着長	備考
1	φ200	高強度	500	標準
2	φ200	高強度	900	定着長
3	φ200	超高弾性	500	超高弾性シート
4	φ200	高強度	500	PL止め
5	φ500	高強度	500	孔径
6	φ1000	高強度	400	孔径

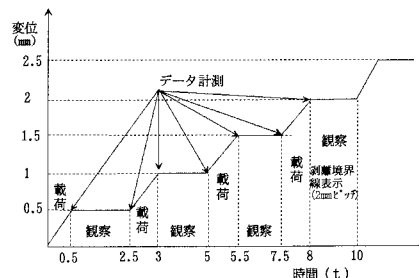


図-3 荷重STEPモード図

キーワード トンネル、覆工、連続繊維、剥落

* 〒185-8540 国分寺市光町2-8-38 TEL042-573-7266 FAX042-573-7248

** 〒316-0031 日立市中成沢町4-12-1 TEL0294-38-5179 FAX0294-35-8146

*** 〒150-0012 渋谷区広尾1-1-39 TEL03-5778-5186 FAX03-5778-5074

3) 実験手順

試験機制御は変位制御とし、荷重速度は1 mm/minで押し込み量1 step0.5mmで載荷し、載荷直後と応力の緩和を考慮し、載荷後2分後のデータの測定を行った。載荷試験における載荷パターンを図-3に示す。

なお、試験機の変位制御は、供試体中央部の圧子の変位をモニターして載荷を行った。

3. 実験結果

表-2 実験結果

NO.	径 (mm)	材料	接着長 (mm)	最大 変位 (mm)	最大 荷重 (kN)
1	φ 200	高強度	500	43.0	17.0
2	φ 200	高強度	800	71.0	23.9
3	φ 200	超高弾性	500	3.0	2.3
4	φ 200	高強度	500(PL止め)	46.0	33.7
5	φ 500	高強度	500	42.5	26.1
6	φ 1000	高強度	400	32.0	29.1

表-2に破壊時における最大荷重と圧子変位値、図-4に荷重変位曲線、図-5に剥離進展図を示す。全体の挙動は、高強度炭素繊維は、破断することなく剥離が端部まで進展して破壊となった。破壊形状は繊維方向に剥離が進み円形状から四角形状に剥離が進んだ。以下各ケースの特徴を述べる。

①定着長の影響

定着長を長くした場合においても、定着長が短いケースと同様な荷重勾配で剥離していくことが確認された。

②シート弾性率の影響

高強度炭素繊維シートは破断することなく端部まで剥離が進行した、超高弾性炭素繊維シートは、低荷重にて破断してしまった。超高弾性炭素繊維シートについては、せん断的な力が働く場合には極めて脆い結果となった。

③プレートによる拘束効果

炭素繊維シートをプレートにより拘束した場合、最大耐力はプレートを用いない場合に比較して高く、プレートによる拘束力は、かなり有効であることが確認された。しかしプレートの剛性が低いとボルト間隔が広い場合は、変位が進むとボルト間で剥離が進展してしまうためアングルなど剛性の高い物を使用するか、またはアンカー間隔を密にする対策が必要なることが分かった。

④円孔形による影響

φ 200、φ 500 は、定着長が同じなので、終局状態の変位に変わりはない。またφ 1000 についても強制変位が同じ場合において、剥離長は変わらなかった。円孔が大きい方が剥離周長が長くなるため、最大荷重は円孔が大きくなるほど高くなった。最大耐力は、剥離延長により決定し、最大耐力を引き剥がした延長で除算した値は4~6N・mm 程度になることが分かった。

4. まとめ

- ①定着長を長くした場合は、一定の割合で荷重が増加する。
- ②高弾性炭素繊維シートについては、本実験の様な押し抜き荷重が働くような箇所について適用は難しい。
- ③プレートによる拘束効果は拘束を行わない場合に比べ最大耐力は高くなる。
- ④円孔径の相異による最大耐力は、剥離延長により決まる。
- ⑤覆工にかかる荷重が想定できれば、炭素繊維シートの張付範囲を確定できる。

5. おわりに

この研究は、通商産業省の補助金を得て、（財）石油産業活性化センターが実施しているピッチ系CFを用いた補強材料製造技術の研究開発の一環として行われたものである。

荷重変位曲線全ケース

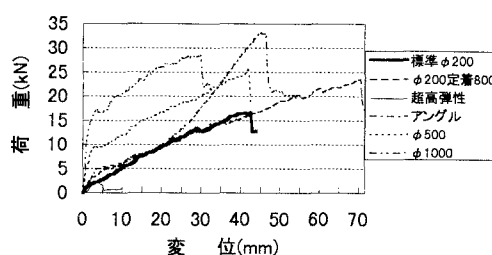


図-4 荷重変位曲線

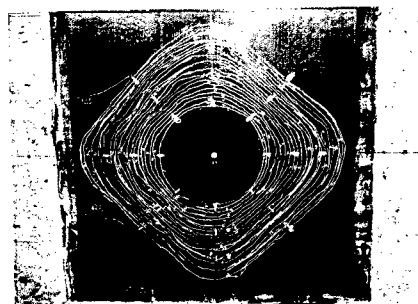


図-5 剥離進展図