

FRPシートによるコンクリート片の剥落防止効果に関する三次元非線形FEM解析

長崎大学大学院 学生員 ○ 出水 享 日本道路公団 正会員 野島 昭二
 千代田コンサルタント(株) 非会員 高橋 亮 長崎大学工学部 正会員 松田 浩
 千代田コンサルタント(株) 正会員 肥田 研一

1 はじめに

現在、多くのトンネルにおいて地圧の作用、コールドジョイント、材料劣化などにより、覆工からコンクリートが、剥離・剥落する現象が生じているため、対策を要するものが少なくない。また、道路・鉄道などの橋梁などから、コールドジョイント、コンクリートの劣化、鉄筋の腐食による膨張などの原因でコンクリートの小片が剥離・剥落が問題となっており、その防止策としてシート補強工法が開発されており、剥落防止シートの設計法確立のため押抜き試験が行われている。本研究は、シートの剥離を想定した解析モデルを構築し、押抜き試験を非線形FEM解析によりシミュレートし、剥落防止シートの設計法確立を目的としたものである。

2 実験概要

今回の試験は、日本道路公団試験研究所規格で行った。まず、コンクリート平板(400×600×60mm)の中央をコア抜きをした。コアの抜き方向は、裏面(連続繊維シート接着施工面の反対面)より55mm±0.5mmの深さで行った。そして、平板の下面に表面処理を施し、連続繊維シート(0.15×400×400mm)をエポキシ樹脂で貼り付けた。そして、中央のコア部を介して押抜き荷重を負荷し、シートを面外方向に剥離させる押抜き試験を行った。試験は、押抜き直径の異なるφ100とφ200をそれぞれ3体ずつ行った。供試体概略図(φ100)と押し抜き試験状況図を図-1、2に示す。

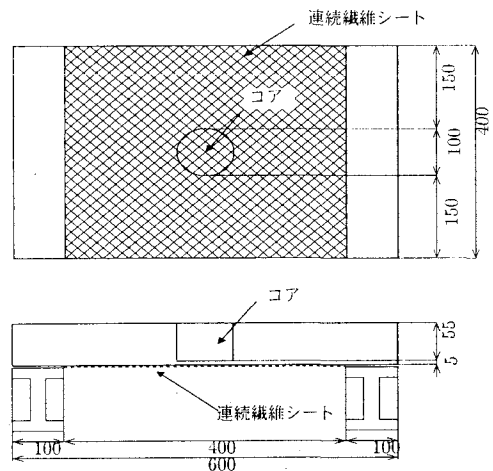


図-1 供試体概略図

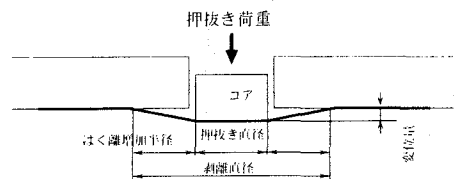


図-2 供試体概略図

3 実験結果

φ100、φ200の場合の押抜き荷重は、それぞれ2.786kN、4.597kNであり押抜き直径が100mm増加すると最大荷重が約1.650倍増加した。しかし、剥離増加半径は平均45mmでほぼ同等だった。連続繊維シート接着の押抜き試験において、押抜き直径の違いが押抜き荷重にどのように影響するか、実験的に確認した。実験結果と荷重-変位曲線を表-1、図-3に示す。

表-1 実験結果

実験番号	はく離増加半径 (mm)		押抜き荷重 (kN)	
	測定値	平均	測定値	平均 (比)
φ100-No.1	32.5	45.0	2.739	2.786 (1.000)
φ100-No.2	56.9		2.849	
φ100-No.3	45.6		2.769	
φ200-No.1	47.5	45.3	5.118	4.597 (1.650)
φ200-No.2	48.1		4.507	
φ200-No.3	40.5		4.167	

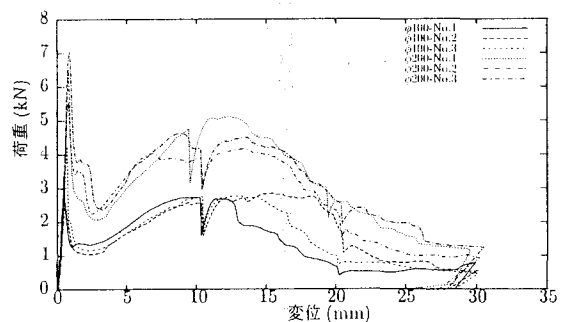


図-3 荷重-変位曲線

4 解析概要

本研究では、非線形汎用解析プログラム MARC を用いた。使用要素は、コンクリートを 8 ガウス積分点を有する 8 節点ソリッド要素を使用し、エポキシ樹脂と炭素繊維シートは、厚さが薄いため、3 次元 8 節点複合材 SOLID 要素を使用した。複合材要素とは、要素内で各層ごとに異なる材料特性を使用することができ、その層ごとに 4 ガウス積分点を有する。

コンクリート、エポキシ樹脂、炭素繊維シートは、引張強度に達すると脆性的に耐力を失い、その後、ひずみだけが增大する脆性ひびわれモデルを、ユーザーサブルーチンとして本解析プログラムに組み込んだ。

コンクリートとエポキシ樹脂の界面には、自動接触解析機能を用いて、剥がれを想定した解析モデルを作成した。今回の実験でエポキシ樹脂とコンクリートの間で剥離が生じており、エポキシ樹脂にコンクリート片が付着していたため、自動接触機能の入力値としては、法線方向の解離力には、コンクリートの引張強度 2.35MPa を、接線方向には、コンクリートのせん断強度 4.56MPa を入力し、その値を越えると界面の節点が解離するものとした。なお、アスペクト比が大きいものに関しては、shear locking を防ぐため想定ひずみ法を用いた。

実際のシートの厚さは、約 0.15mm であるが格子状になっているため解析上は、体積比によって厚さを 0.025 とした。表-1、2 に今回解析に用いた、材料物性値と複合材要素の詳細図を示す。

図-4 の (a),(b) に試験体上面、側面のメッシュ分割図を示す。

5 解析結果および考察

図-5、6 に $\phi 100$ の解析結果の荷重-変位曲線と 15mm 変位時の剥離状況図を示す。解析は、実験をよくシミュレートできていると思われる。

6 まとめ

今回の剥離を想定した解析モデルで、よく実験をシミュレートできた。今後は、 $\phi 200$ や押抜き直径の異なる場合の解析を行い、今回構築した解析モデルの妥当性を証明していきたい。

参考文献

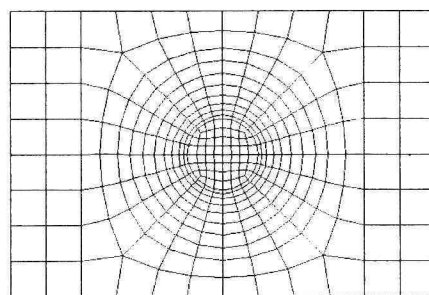
- 1) 連続繊維シートの貼付によるコンクリート片ノ剥落防止効果に関する実験的・解析的研究土木学会論文集 No.662/V-49,45-56,2000.11

表-2 材料物性値

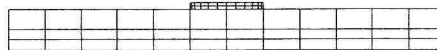
	コンクリート	シート	エポキシ
弾性係数 MPa	30482.6	37000	2500
ポアソン比	0.2	0.0001	0.3
引張強度 MPa	2.35	1600	30
圧縮強度 MPa	32.66	—	—

表-3 複合材要素の詳細

	使用材料	厚さ (mm)
1 層目	プライマー (エポキシ系)	0.025
2 層目	下塗り接着剤 (エポキシ系)	0.260
3 層目	連続繊維シート	0.027
3 層目	上塗り接着剤 (エポキシ系)	0.174



(a) 上面



(b) 側面

図-4 メッシュ分割図

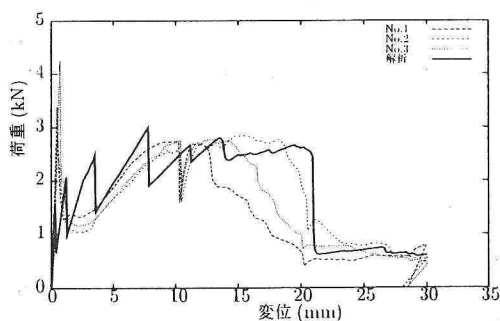


図-5 荷重-たわみ曲線 ($\phi 100$)

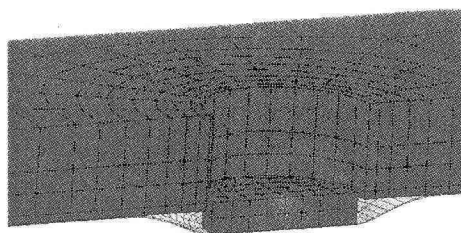


図-6 剥離状況図 (15mm 載荷時)