

(VI-19) 鋼繊維補強コンクリートの曲げ靱性特性評価に関する一考察 ー覆工厚 90cm のトンネルインバートの曲げ靱性評価ー

大成建設（株） 正会員 ○加藤 隆
 正会員 亀村 勝美
 正会員 須藤 敏明
 正会員 森 益基

1 はじめに

山岳工法トンネルの二次覆工コンクリートは、基本的には無筋コンクリート構造で設計されているが、耐荷性能を期待する必要がある箇所は、鉄筋コンクリート構造や、鋼繊維補強コンクリート（SFRC）構造で設計される場合がある。SFRC構造としての覆工の設計は、文献 1）等の指針に基づいて行われるが、覆工厚が厚い場合、SFRCの曲げ靱性特性が部材厚の影響を受ける可能性がある。そこで、本報文では、覆工厚 90cm のトンネルインバートへの SFRC 構造の適用を目的に実施した、部材厚 90cm の大型供試体を用いた曲げ靱性試験の結果に対し、内田ら²⁾の多曲線近似法を用いた非線形解析を実施し、曲げ靱性を把握し、考察した。

2 大型供試体曲げ靱性試験

大型供試体曲げ靱性試験の詳細は、文献 3)にて報告済みである。部材寸法は、通常の施工管理で用いられる厚さ 150mm、幅 150mm、載荷スパン 450mm の標準供試体と相似形になるように、厚さ 900mm、載荷スパン 2700mm を設定した。但し、部材幅については、試験機器の都合から幅 600mm とした。図 1 に供試体の概要を示す。曲げ靱性試験は、標準供試体と大型供試体の両方を実施し、両者を比較した。

標準供試体、大型供試体試験結果から得られた、荷重－たわみ関係をそれぞれ図 2、図 3 に示す。

3 多曲線近似法による曲げ靱性試験特性の推定

多曲線近似法を用いた曲げ靱性特性の推定方法は、文献 2)に詳細が述べられている。計算は、離散ひび割れ要素を用いて供試体中央の 1 本のひび割れをモデル化し、ひび割れを徐々に進展させて、各段階における引張軟化特性（引張応力－ひび割れ開口幅関係）を、入力した荷重－変位関係に合うように同定した。解析メッシュを図 4 に示す。解析メッシュは半断面のみをモデル化した。標準供試体（部材厚 150mm）の解析については、大型供試体の解析メッシュと相似形とし、大型供試体解析メッシュの 1/6 スケールとした。

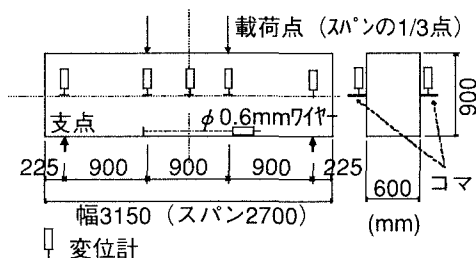


図 1 大型供試体曲げ靱性試験の概要図³⁾

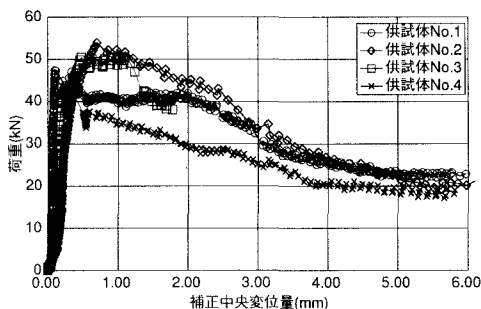


図 2 標準供試体曲げ靱性試験結果³⁾

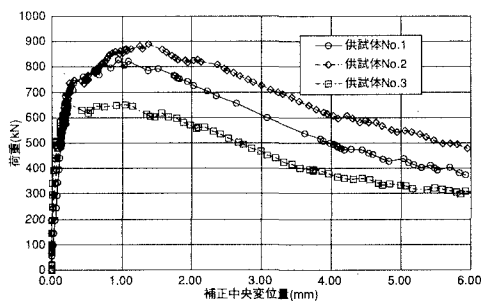


図 3 大型供試体曲げ靱性試験結果³⁾

キーワード：鋼繊維補強コンクリート、インバート、靱性、多曲線近似法

連絡先：東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設（株）本社土木設計第一部解析技術室

標準供試体、大型供試体それぞれの曲げ靱性試験結果を入力値とし、引張軟化曲線を同定した結果を図5に示す。解析結果と同時に、文献1)に示されている経験式を用いて曲げ靱性特性を推定した結果をプロットした。同定された引張軟化曲線は、文献1)の経験式の一直線近似モデルと同様に、ひび割れ開口幅の増加に伴って引張応力が直線的に減少する傾向にある。

上記の解析で同定された引張軟化曲線を用いて、図4の解析メッシュにより順解析を実施した結果の一例を図6に示す。解析の結果と当初入力値である実験結果とは一致している。引張軟化曲線の凹凸と実験結果の凹凸がよく対応しており、図5の引張軟化曲線は精度よく同定できていると考えられる。

4 曲げ靱性特性の部材厚による影響

図5にプロットした標準供試体と大型供試体の曲げ靱性特性を比較すると、両者とも同様の引張軟化特性を有している。いずれも文献1)の一直線近似線を上回っており、ひび割れ開口幅の増大に伴って一直線近似線の傾き λ と同様な傾きで引張応力が減少している。以上のことから、曲げ靱性特性は部材厚に関係なく同様であると考えられ、部材厚90cmのトンネルインバートに用いるSFRCの物性把握の際には部材厚15cmの標準供試体を用いた曲げ靱性試験を実施しておけば、曲げ靱性は推定可能であると考えられる。また、指針で示された一直線近似線は、全実験結果の下限值となっており、設計値として妥当であると考えられる。

5 まとめ

本検討で得られた知見を以下に示す。

1. SFRC部材の曲げ靱性試験結果から引張軟化曲線を多曲線近似法を用いて同定する手法を用いた結果、引張軟化曲線が精度良く同定できた。
2. 大型供試体（部材厚90cm）と標準供試体（部材厚15cm）では、同様の引張軟化特性を有しており、曲げ靱性は部材厚によらず同様であると考えられる。
3. 文献1)に示された経験式に基づく一直線近似の曲げ靱性特性は、今回実施した全実験結果の下限值となっており、設計値として妥当であると考えられる。
4. 部材厚90cmの試験結果は、ピーク荷重値にばらつきがある。今後同様の試験データを蓄積して、部材厚が大きい場合の曲げ靱性特性のばらつきの影響について検討していく必要があると思われる。

参考文献

- 1) 土木学会（1999）：鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針（案）
- 2) 栗原、安藤、国枝、内田、六郷（1996）：多曲線近似法による引張軟化曲線の推定と短繊維補強コンクリートの曲げ破壊性状、土木学会論文集、No.532/V-30, pp.119-129.
- 3) 春山、寺本、大島、須藤、加藤（2001）：SFRCによるトンネルインバートの設計と施工、トンネル工学研究論文・報告集 第11巻、pp.63-68.

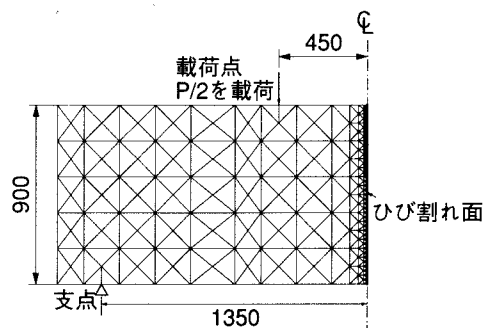


図4 解析メッシュ図

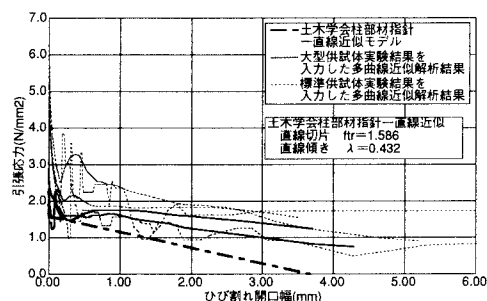


図5 引張軟化曲線算定結果

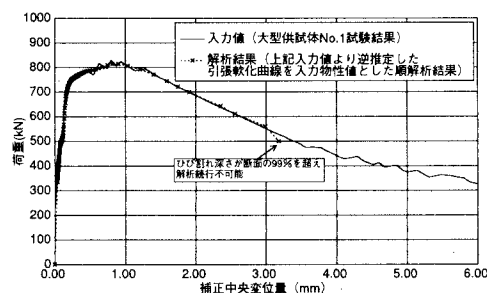


図6 順解析結果と入力値との比較