

段階施工解析による炭素繊維シート緊張補強実験の再現性

九州工業大学大学院 学生会員 丸野 泰史郎 九州工業大学

正会員 幸左 賢二

九州工業大学 正会員 小沼 恵太郎

ジェイアール西日本コンサルタンツ 正会員 栗根 聡

1. はじめに

著者らは、緊張力を導入した炭素繊維シートで損傷梁を補強した実験¹⁾に対して、初期損傷を模擬した解析で剥離発生までの実験挙動を再現した。そこで、段階施工の有無をパラメータとした解析について、炭素繊維シート補強後の荷重-変位関係に着目し比較をすることで、段階施工解析の再現性および妥当性について検討した。

2. 解析概要

図-1に、解析モデルを示す。梁の対称性を考慮して供試体片側のみをモデル化した2次元モデルである。また、鉄筋構成則は、図-2に示すトリリニアモデルを用い、除荷時は初期剛性 E_s と同じ勾配をたどる履歴を用いた。なお、コンクリートモデル(引張側)には、 2.5N/mm^2 から直線軟化するモデルを用い、コンクリートとシートは完全付着を仮定している。図-3に、段階施工のフローを示す。本研究では、ひび割れ損傷を有した構造物への補強効果を検討するため、初期載荷過程で初期損傷を与えた後に、炭素繊維シートで緊張補強を行い、その後再載荷を行う段階施工を採用した。初期載荷条件として、実験では実橋のひび割れ損傷を模擬するため、除荷時の平均ひび割れ幅が 0.25mm に達した時点とした。段階施工を考慮した解析(以下、case1)では、実験の損傷状態を模擬するため、実験の初期載荷最大変位より除荷を行った。また、段階施工を無視した解析(以下、case2)は、初期載荷過程を行わず、緊張補強過程後に載荷を行った。

3. 段階施工解析結果

図-4に、実験とcase1の荷重-変位関係を示す。初期載荷過程では、ひび割れ発生荷重および部材降伏荷重はほぼ同程度となった。また、緊張補強過程の変位の減少量も同程度となった(実験: 0.99mm , 解析: 0.95mm)。再載荷過程では、初期載荷過程のひび割れ発生と同じ荷重時の変位(実験: 4.28mm , case1: 3.56mm)、荷重 400kN 時の変位(実験: 7.77mm , case1: 7.15mm)、初期載荷過程の部材降伏時と同じ荷重時の変位(実験: 11.25mm , case1: 11.26mm)とそれぞれ同程度であるが、剥離発生以降の挙動を再現できていない。よって、段階施工を考慮した解析で剥離発生までの実験の挙動を概ね再現できていると考える。

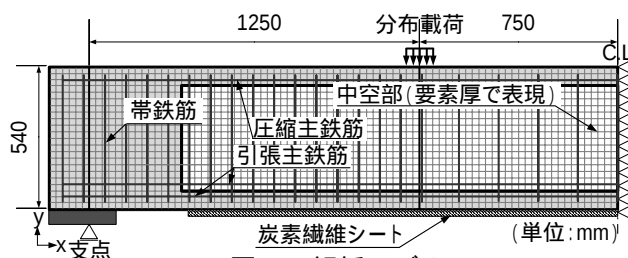


図-1 解析モデル

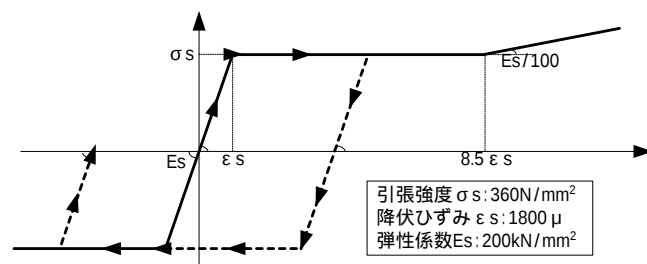


図-2 鉄筋構成則

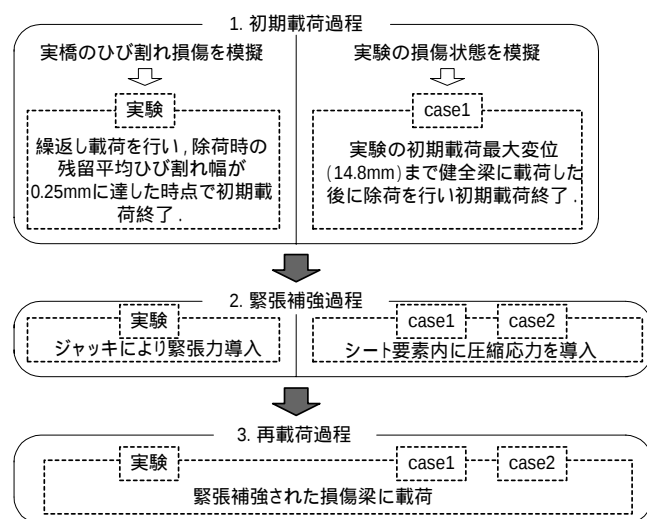


図-3 段階施工フロー

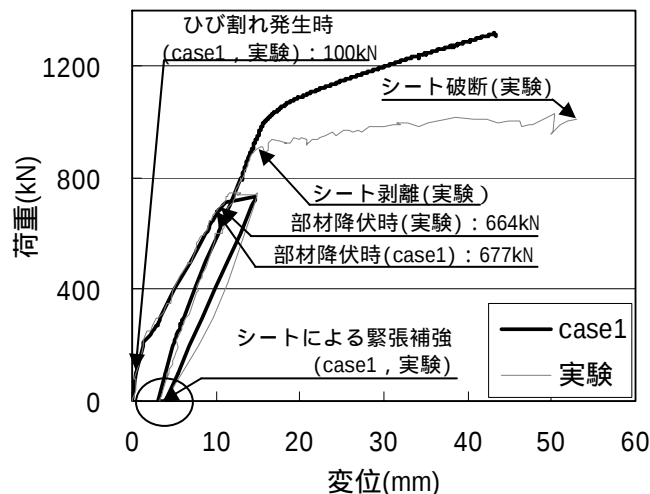


図-4 荷重-変位関係 (実験, case1)

4. 再載荷過程の荷重-変位関係

図-5 に、再載荷過程の荷重-変位関係を示す。図中の領域では、両ケースで同変位時の荷重に最大 100kN 程度の差が生じている。そこで、領域での同変位時における荷重の違いを評価するため、図-6 に領域におけるコンクリートの応力-ひずみ関係の推移を示す。コンクリートの圧縮側では、除荷時に初期剛性 E_c と同じ勾配をたどる履歴を用いたため、曲げ剛性に対して圧縮側の影響は両ケースで同程度である。一方、引張側に関しては、変位 4.3mm 時を比較した場合、case1 の平均応力は 0N/mm^2 であるのに対して、case2 では 1.6N/mm^2 の平均応力が生じているため、case2 のほうが曲げ剛性が大きい。したがって、領域では両ケースのコンクリートの塑性化の程度の差で曲げ剛性が異なるため、同変位時の荷重が異なると考えられ、ひび割れ損傷を有する橋梁への補強効果を再現する際は段階施工解析を用い、コンクリートの塑性化を再現することが好ましいと考える。

図-5 中の領域では、両ケースの荷重-変位関係が一致している。部材降伏以降においては、部材の引張側のコンクリートが両ケースとも塑性化しているため、曲げ剛性は同程度となる。また、炭素繊維シートの構成則は完全弾性モデルを用いているため、炭素繊維シートの曲げ剛性は両ケースで等しい。したがって、鉄筋の曲げ剛性の違いが荷重-変位関係に与える影響は大きいと考えられる。図-7 に等曲げ区間における下段引張主鉄筋の応力-ひずみ関係を示す。領域において変位 20mm 時に着目した場合、鉄筋の応力とひずみの増加量は、case1 は 425N/mm^2 , 3896μ , case2 は 375N/mm^2 , 3589μ であった。したがって、シート緊張補強時から変位 20mm までの応力増加分とひずみ増加分の直線の勾配は、case1 が 109kN/mm^2 , case2 が 104kN/mm^2 となり、鉄筋の曲げ剛性は同程度であるため、部材降伏以降の両ケースの荷重-変位関係が一致したと考えられる。このことより、本解析モデルを用いた場合、段階施工を無視した解析でも、部材降伏以降の荷重-変位関係は算出できると考える。

以上より、段階施工を考慮することでコンクリートの塑性化を再現することができるため、ひび割れ損傷を有する橋梁へのシートの緊張補強効果をより忠実に再現することが可能であること、また、本解析モデルを用いた場合は、段階施工を無視した解析でも部材降伏以降の挙動が再現可能であることがわかった。

まとめ

- 1) 段階施工を考慮することで、ひび割れ損傷を有する橋梁への補強効果をより忠実に再現することが可能である。
- 2) 段階施工を無視した解析で、部材降伏以降の荷重-変位関係は算出可能である。

参考文献：1) RC 中空床版橋の炭素繊維シート緊張接着補強に関する実験的研究，栗根ら，2006.3

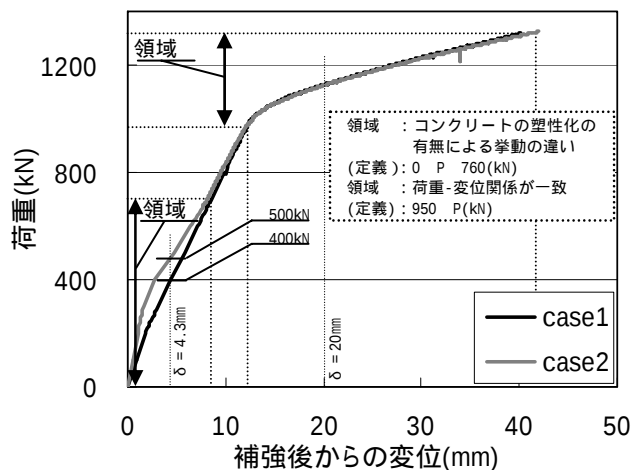


図-5 再載荷過程の荷重-変位関係

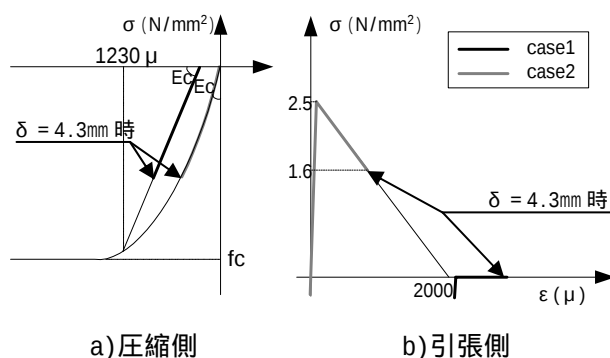
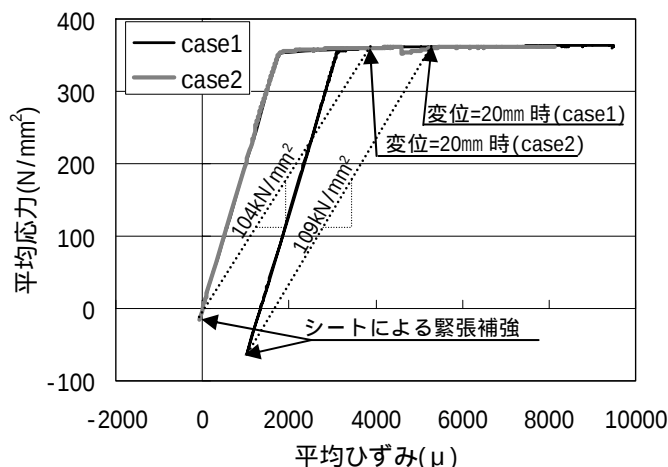


図-6 領域のコンクリートの応力-ひずみ関係



	緊張補強後		変位=20mm時		増加量	
	応力	ひずみ	応力	ひずみ	応力	ひずみ
case1	-64	1020	361	4914	425	3894
case2	-15	-77	360	3512	375	3589

単位(応力: N/mm^2 , ひずみ: μ ,
応力増加量/ひずみ増加量: kN/mm^2)

図-7 応力-ひずみ関係(下段引張主鉄筋)