

鋼 I 桁継手部の CFRP ロッド補強定着部に関する解析的検討

立命館大学大学院

学生員 ○築山 彰

立命館大学理工学部

正会員 野阪 克義

1. はじめに

CFRP 板などを用いて鋼桁を補強する際、連結継ぎ手部においては連続した補強が難しく、補強効果が十分に得られない可能性がある。そこで、連結板をまたぐように CFRP ロッドを設置する方法が考案されている。この場合、CFRP ロッドを連結板の両側の鋼桁（主にフランジ）に定着させ、CFRP 板などが負担していた力を CFRP ロッドなどに伝達させる必要がある。定着体として波型 CFRP 板の中に接着剤を充填し CFRP ロッドを固定、さらに定着体自身も接着剤で鋼桁に固定するため、ロッドの引き抜けや定着体のはく離などが問題となり、著者らはそれらの確認実験を行った¹⁾。本研究は、CFRP ロッドを用いた鋼桁補強に用いられる定着部をモデル化し、ひずみ分布や応力分布、変形について検討し、実験によるロッド引き抜け強度や定着部のはく離挙動について解析的にとらえられないか検証することを目的としている。

2. 解析概要

2. 1 モデル概要および寸法, 材料特性

解析には汎用有限要素解析ソフト Marc を用いた。ロッド、定着体は CFRP 製、ロッドの直径は 12mm のものである。定着体断面は図-1 のように接着剤を CFRP 板で覆う形状をしている。接着面からロッドの高さが 37mm と 49mm となるように、定着体の高さを変化させる場合と、接着層の厚さによって変化させる場合の 3 通りの定着方法をモデル化した。奥行き長さはすべて 500mm としている。モデル名および定着体高さ h 、接着層厚さ t 、定着体の弾性係数 E について表-1 に示す。定着体は 2 種類あり、実験¹⁾では 156000N/mm^2 の弾性係数のものを用いた。接着剤と CFRP ロッドの弾性係数はそれぞれ 3770N/mm^2 、 159400N/mm^2 とした。

2. 2 メッシュ分割方法

図-1 のようにロッドの断面は3層に分け放射状に分割, 周りの接着剤要素も放射状に分割した. およそ2~5mm 四方の要素となっている. 長さ方向の分割については, ロッドの定着体付け根部分で応力の変化が大きくなることから, 図-2 のように付け根部分を細かくし, その他の部分は少しずつ粗

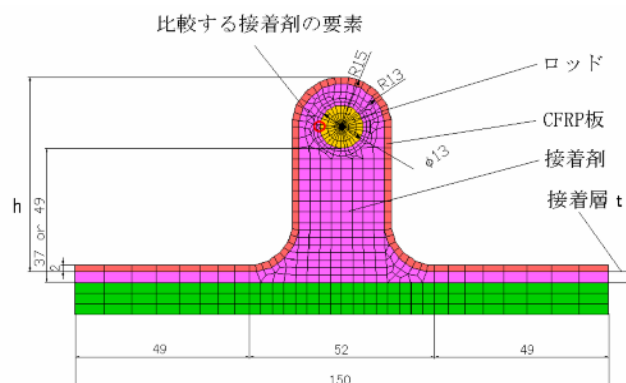


図-1 モデル断面図および寸法（単位:mm）

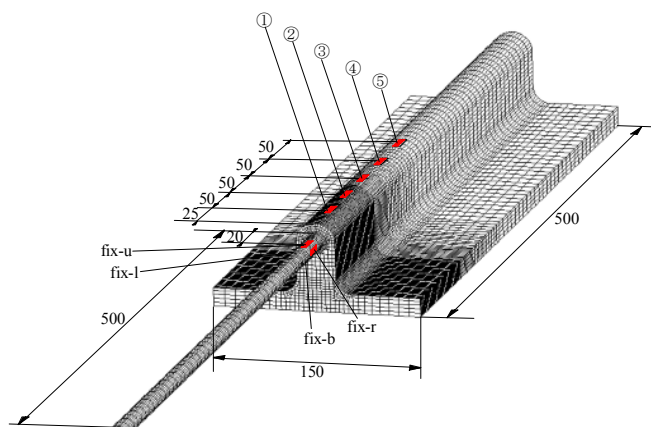


図-2 解析モデルと寸法 (単位:mm)

表-1 モデル一覧と応力

モデル名	h(mm)	t(mm)	E(N/mm ²)	τ_{yz} (N/mm ²)	τ_{xy} (N/mm ²)
low3_a	56	3	156000	-1.346	-10.4
low3_b	56	3	450000	-1.037	-11.1
low13_a	56	13	156000	-0.694	-10.9
low13_b	56	13	450000	-0.481	-11.6
high3_a	68	3	156000	-1.139	-10.9
high3_b	68	3	450000	-1.281	-11.7

くなるようにしている。

2. 3 計測位置

実験と同様に定着体の上部 5 箇所、および定着体付け根から 20mm の位置のロッドの長さ方向のひずみに着目した。ひずみの計測位置を図-2 に示す。実験ではロッド付け根部分の接着剤から亀裂が生じたことから、比較的応力の大きいロッド周りの接着剤のせん断応力 (τ_w) を調べ、モデルごとにより

キーワード 炭素繊維強化樹脂, 接着, 鋼桁補修

連絡先 住所〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1・電話 077-561-3007・FAX077-561-3007

較した。解析では図-1 のロッド左側の要素を選んだ。また、定着体のはく離の原因であると考えられる接着剤と鋼板との境界におけるせん断応力 (τ_{yz})についても比較した。

2. 4 境界条件および荷重

荷重はロッド先端を荷重方向に固定し、定着体の底部に後方へ 2mm の強制変位を与えた。実験で荷重が 20kN に至るまでの定着体上部のひずみが線形であったため、解析では強制変位を与えた節点の支点反力を合計したものを荷重として 30kN までの結果と比較した。

3. 解析結果および考察

3. 1 解析結果の比較

モデル low3_a の荷重 20kN 時の τ_{xy} の応力分布と変形を図-3 に示す。変形は 100 倍に設定している。ロッド付け根の接着剤の応力が大きく (青色)、ロッド付け根が前方に引き出され、下がるように変形した。

ロッド付け根付近の接着剤のせん断応力分布(τ_{xy})を図-4 に示す。 τ_{xy} の最大値を表-1 に示す。ロッド付け根部分で応力が最大となり、実験結果と同様、接着剤の亀裂が付け根部分から発生することが考えられる。ロッド付け根から定着体後部までの応力変化の傾向はすべてのモデルで大きな変化は見られなかった。同じ材料特性の定着体を用いたものでは、ロッド高さが高いもの (low13, high13) が、同じロッド高さでは定着体の弾性係数が高い方 (b) が、応力が大きくなり、引き抜けが生じやすいことが分かる。

表-1 に示す接着剤と鋼板との境界におけるせん断応力 (τ_{yz})より、ロッド高さによる変化は小さく、接着剤層の厚さが大きい方がはく離への影響が小さくなると考えられる。

3. 2 実験値との比較

モデル low3_a の実験結果と解析結果をロッドの長さ方向のひずみについて比較したものを図-5 に示す。実験値の方が 20%程度大きくなっており、解析に用いる材料特性は規格値ではなく、実験によって確認する必要があると思われる。

4. おわりに

解析によっても実験結果と同様にロッドの高さが高くなると接着剤への負荷が大きくなり、ロッドの引き抜けが生じやすいという結果が得られた。定着体上部のひずみについては実験と値が大きく違ったが、同様の傾向が見られた。今回の解析モデルでは実験結果 (ひずみ分布) を再現するのは難しいが、モデルごとの変化は解析でも再現できると考えられる。

謝辞 本研究で対象としている定着体、CFRP ロッドの形状、材料特性などについて三菱樹脂(株)の久部修弘氏のご協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1)築山彰, 野坂克義, 松村政秀, 越智内士, 石川敏之, 久部修弘: 鋼 I 桁継手部周辺における CFRP ロッドを用いた補強方法に関する基礎実験, 平成 23 年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2011.

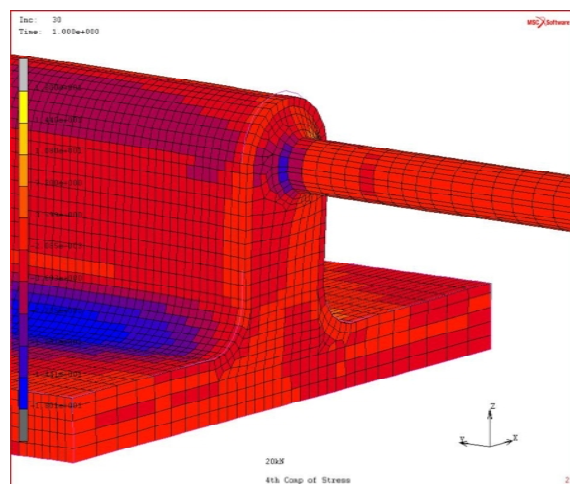


図-3 応力分布と変形

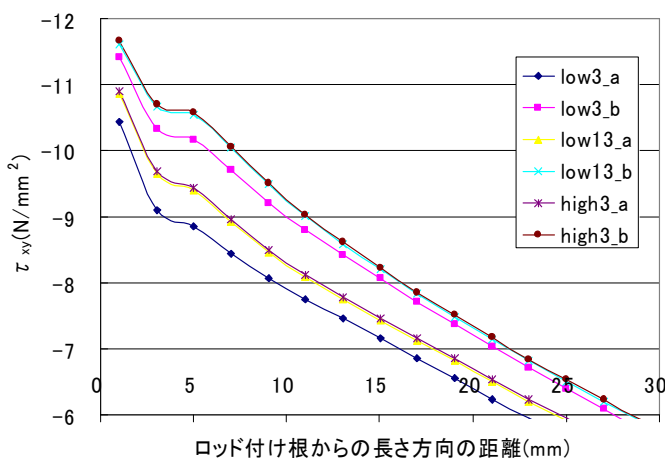


図-4 ロッド付け根部分の接着剤の応力

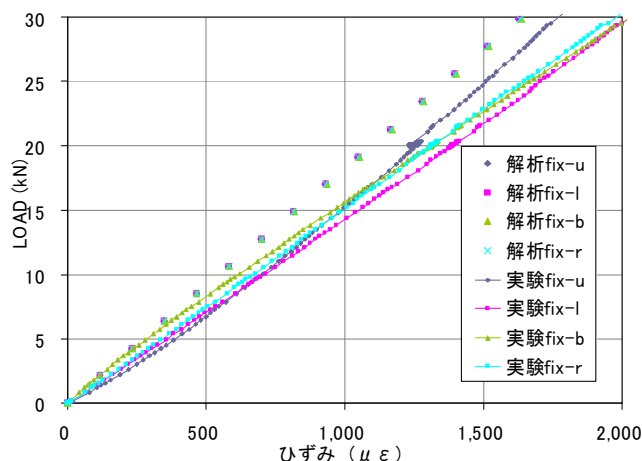


図-5 ロッドのひずみ