

## FRP 補強材を用いたコンクリート梁の破壊挙動に関する解析的検討

岩手大学 学生会員 ○NING HANGZHEN

岩手大学 正会員 大西 弘志

岩手大学大学院 学生会員 田島 周磨

## 1. はじめに

日本は 1954 年から 1973 年まで、急速な高度経済成長期を迎え、多くの社会資本が整備された。近年、それらは供用後 50 年を経過し始め、老朽化が問題となっている。

老朽化の原因の一つとして、鉄筋等の腐食による損傷が数多く報告されている。その解決策として FRP 補強材（繊維合成樹脂）の利用が考えられる。

土木分野において、FRP は主に補修・補強に利用されているが、主筋としての事例はまだ少ないことに加え、FRP 補強材の破壊形式を予想できる計算式が確立されていないため、検討の余地が残されている。したがって本論文では、AFRP を補強材とするコンクリート梁について、有限要素解析を実施し、RC 梁と比較することで、破壊性状を推定できるか検討を行った。

## 2. FEM 解析

解析ソルバーとして、汎用非線形解析ソフト「ATENA 3DVer5.9.0e」を用いた。図-1(a)に解析モデルの側面を示す。荷重条件として、4点曲げを採用することから、対称なモデルであるため、1/2 モデルとしている。端部から 300mm の位置を単純支持し、対称面から 165mm の位置を荷重点とした。次に、図-1(b)に、解析モデルの断面図を示す。380mm×200mm の矩形断面とし、かぶり厚 30mm で D22 の鉄筋（もしくは AFRP ロッド）を配置している。また、表-1 に、解析に用いた各材料の物性値を示す。以上の条件をもとに、せん断スパン比を 1.0 から 0.5 毎に増加させて解析モデルを作成した。

## 3. 解析結果

図-2 に、せん断スパン比が 1.0 のときの荷重-変位曲線を、表-3 に、解析値と理論値の比較を示す。また表-3 に、RC 梁の、最大耐力時における、各せん断スパン比のコンクリート圧縮ひずみと鉄筋の応力

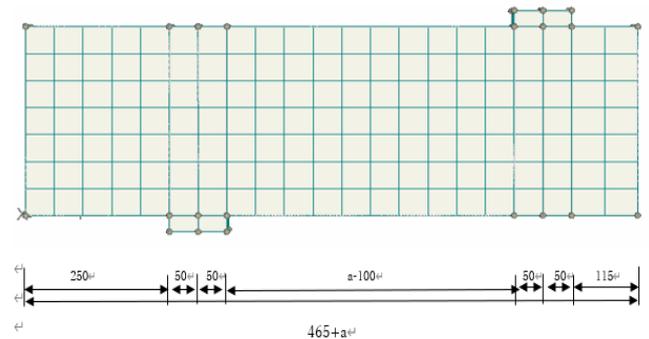


図-1 解析モデルの外観

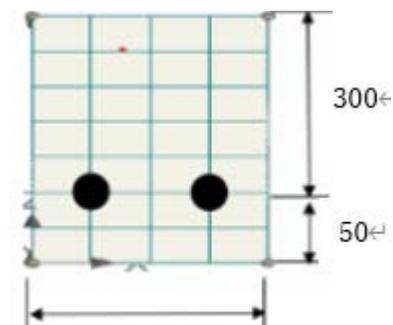


図-2 解析モデルの断面

表-1 各材料の特性値

材料	弾性係数 (MPa)	圧縮強度 (MPa)	降伏強度 (破断強度) (MPa)
コンクリート	$2.50 \times 10^4$	29.6	-
鉄筋 (D22)	$2.10 \times 10^5$	-	550
AFRP ( $\phi 22$ )	$6.00 \times 10^4$	-	1600

度を示す。せん断スパン比が 1.0 のとき、鉄筋の応力が降伏応力以下であったことから、鉄筋は降伏していないことがわかる。また、コンクリートの圧縮ひずみに注目すると、一般的な圧壊ひずみとされている  $\epsilon = 3.5 \times 10^{-3}$  を超過していない。したがって、曲げ破壊は生じていないと考えられる。また、表-2 からみても、理論値と解析値の誤差が約 6%である。し

キーワード FRP, コンクリート梁, FEM 解析

連絡先 s0816054@iwate-u.ac.jp

表-2 最大荷重に関する計算値と解析値の比較（単位：kN）

せん断 スパン比	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
計算値 (RC)	314.2	193.3	125.7	86.7	66.0	62.4	59.7	80.0	72.0	65.5	60.0	55.4	51.5
解析値 (RC)	334.2	189.0	103.0	88.2	70.2	78.4	70.3	81.1	73.8	67.6	61.7	56.6	52.1
計算値 (AFRP)	726.3	484.2	363.1	290.5	242.1	207.5	181.6	161.4	145.3	132.1	121.1	111.7	103.8
解析値 (AFRP)	188.2	101.5	58.2	56.6	52.5	53.9	55.5	45.4	42.7	37.4	19.4	24.5	29.7

表-3 コンクリートひずみおよび鉄筋応力

せん断スパン比	圧縮ひずみ	鉄筋応力(MPa)
1.0	$1.26 \times 10^{-3}$	$2.77 \times 10^2$
7.0	$3.57 \times 10^{-3}$	$5.50 \times 10^2$

表-4 コンクリートひずみおよびロッド応力

せん断スパン比	圧縮ひずみ	補強材応力(MPa)
1.0	$1.22 \times 10^{-3}$	$2.36 \times 10^2$
7.0	$1.74 \times 10^{-3}$	$3.00 \times 10^2$

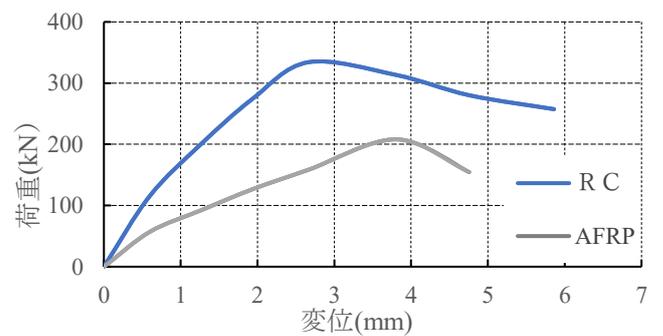
たがって、せん断破壊を生じていると推測できる。次に、表-4にAFRPロッドを補強材とする場合のコンクリート圧縮ひずみとロッドの応力度を示す。RC梁の場合と同様に、AFRPロッドが破断しておらず、コンクリートの圧縮ひずみも $\epsilon=3.5 \times 10^{-3}$ に達していなかった。また、図-3(a)から、RC梁と同様に、最大荷重到達後に急激に荷重が低下している様子がわかる。したがって、AFRPロッドを補強材とする場合でも、せん断スパン比が1.0の時はせん断破壊が生じていると考える。一方で、破壊荷重について、RC理論の計算値と解析値を比較すると、大きく異なることが分かり、理論式は適用できていない。

次に、せん断スパンが7.0の時について、表-2における理論値と解析値を比較すると、ほぼ一致している。また、表-3における解析値、図-3(b)に示す荷重-変位曲線より、RC梁は鉄筋降伏先行型の曲げ破壊を生じたと判断できる。AFRPロッドが補強材の場合は、RC理論値と解析値が一致せず、またコンクリートも圧壊していないことから、曲げ破壊とは判断できない結果であった。

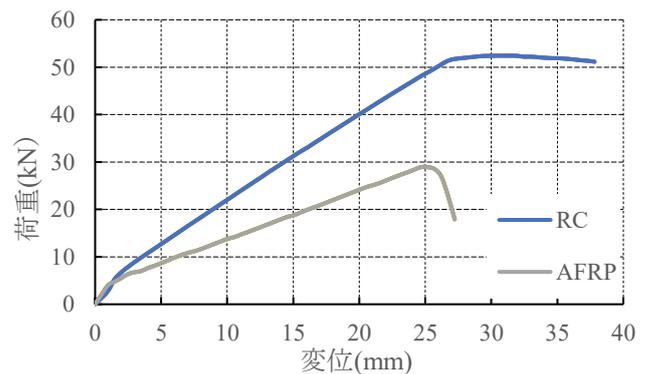
#### 4. まとめ

本研究のまとめを以下に示す。

- (1)RC梁については、理論値と解析値が良い対応を示した。したがって、解析モデルは妥当性があるといえる。
- (2)AFRPロッドを補強材とする場合、RC理論での計



(a)せん断スパン比：1.0



(b)せん断スパン比：7.0

図-3 荷重-変位曲線

算値と解析値が一致せず、予想される挙動も示さなかった。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：2017 制定コンクリート標準示方書 設計編，2017.3