

繊維強化方向の異なる側面接着シートを有する AFRP シート曲げ補強 RC 梁の破壊挙動に関する数値解析

室蘭工業大学 学生員 ○山田 真司
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

室蘭工業大学 正員 張 広鋒
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

1. はじめに

本研究では、側面接着シートの繊維強化方向を3種類に変化させたアラミド繊維 (AFRP) シート曲げ補強 RC 梁の耐荷性状や破壊挙動を適切に評価可能な解析手法を確立することを目的として、著者ら¹⁾が過去に提案した解析手法に基づき、側面接着シートの繊維強化方向の異なる AFRP シート曲げ補強 RC 梁に関する3次元弾塑性有限要素解析を試み、実験結果と比較することによりその妥当性について検討を行った。

2. 試験体概要

試験体は側面接着シートの繊維強化方向を変化させた全4体であり、試験体名の第1項目は側面貼りを示す S と側面接着高さ h_s (mm) (ただし、S0 は曲げ補強のみの場合) を、第2項目は側面接着シートの繊維強化方向 (v: 梁高さ方向, h: 梁軸方向, vh: その両方向である2方向) を用いて表している。図-1には、S125-vh 試験体を例に試験体の概要図を示している。各試験体には、底面に目付量 830 g/m²、幅 130 mm の AFRP シートを梁中央部から左右にそれぞれ 1,200 mm の範囲に1層貼り付けている。また、側面には目付量 415 g/m²、高さ 125 mm のシート1層を梁中央部から左右にそれぞれ 785 mm の範囲に接着している。なお、コンクリートの圧縮強度は 26.1 MPa、鉄筋の降伏強度は D19 および D13 の場合でそれぞれ 394.2 MPa および 385.7 MPa である。表-1には、AFRP シートの力学的特性値を示している。

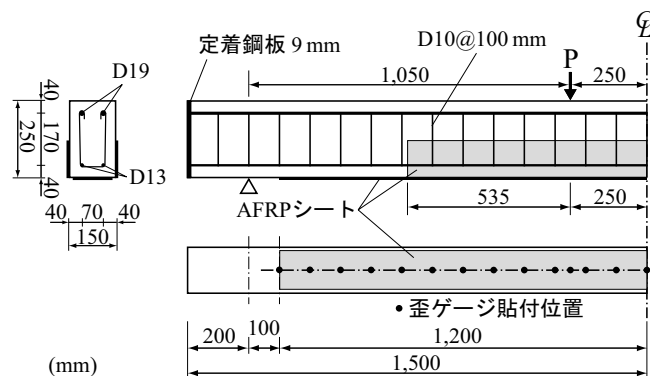


図-1 試験体の概要図の一例 (S125-vh 試験体)

3. 数値解析モデル

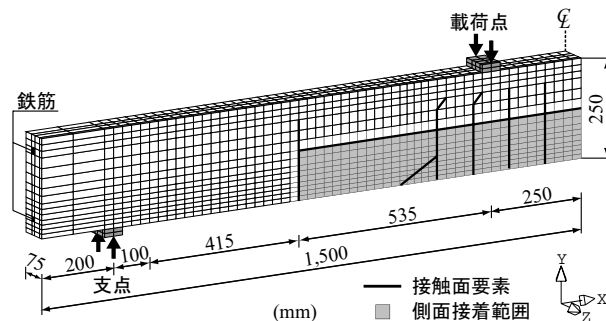
図-2(a)には、要素分割図の一例として、S125-vh 試験体に関する要素分割状況を示している。解析モデルは、RC 梁の対称性を考慮してスパンおよび断面方向に2等分した 1/4 モデルである。また、全試験体の側面接着シートを除いた部分の要素分割状況は便宜的に S0 試験体と同様とし、側面接着シートは図中の灰色部にそれぞれ所定の高さまで配置している。

4. 材料構成則および接触面要素に適用したモデル

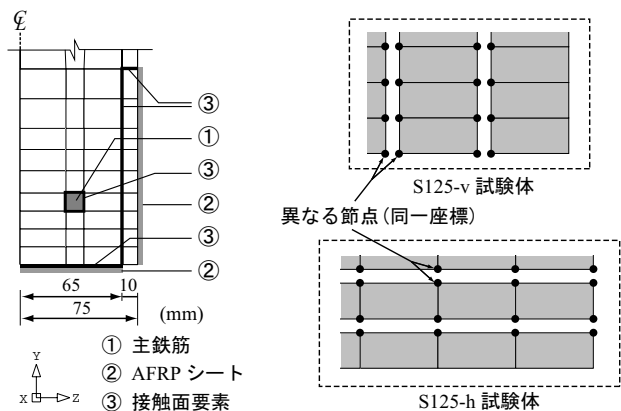
コンクリートの構成則は、圧縮側に関しては、材料試

表-1 AFRP シートの力学的特性値 (公称値)

繊維目付量 (g/m ²)	厚さ t_f (mm)	引張強度 σ_f (GPa)	弾性係数 E_f (GPa)	破断歪 (%)
415	0.286	2.06	118	1.75
830	0.572			



(a) S0 試験体の要素分割状況



(b) 断面図 (側面接着範囲) (c) 側面接着シートの要素分割模式図

図-2 要素分割図の一例

キーワード: RC 梁, FPR シート, 側面接着, 耐荷性状, 繊維強化方向, 非線形解析

連絡先: 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227

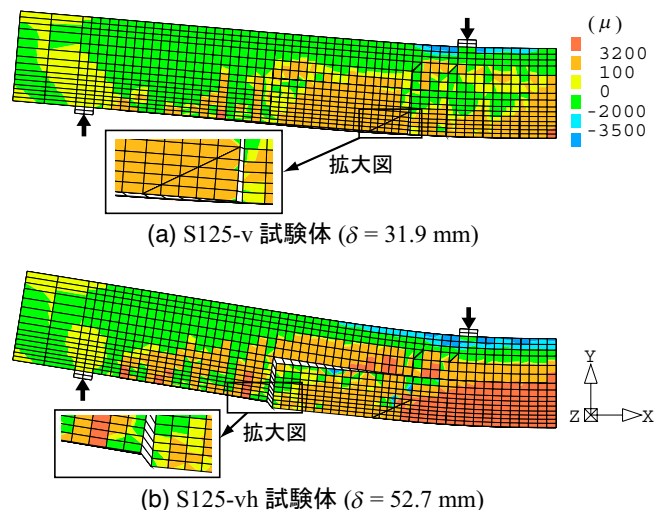


図-3 軸方向歪分布および変形図(変形倍率: 3.0)

験結果から得られた圧縮強度 f'_c を用い、圧縮歪 3,500 μ までは土木学会コンクリート標準示方書に基づいて定式化し、3,500 μ 以後は初期弾性係数の 1/20 の勾配で 0.2 f'_c まで線形軟化するモデルとした。一方、引張側に関しては線形軟化モデルを適用している。鉄筋要素には塑性硬化係数を考慮した弾塑性体モデルを適用した。また、AFRP シートには引張強度に達した時点で破断したと見なされるモデルを適用している¹⁾。

本数値解析では、過去の研究¹⁾と同様、予めコンクリート部、コンクリート-鉄筋間、コンクリート-底面シート間にそれぞれ Discrete Cracking モデル、Bond-slip モデル、剥離モデルの接触面要素を配置し、ひび割れの開口、主鉄筋のすべりおよびシートの剥離をモデル化している。なお、側面接着シートの剥離を再現するために、図-2(b)に示すような離散ひび割れを配置している。なお、S125-v/h 試験体の場合に関しては、繊維強化方向による異方性を表現するために、図-2(c)のように v, h の場合でそれぞれ隣り合う水平方向、鉛直方向の要素間に座標値を等しくする 2 重節点を配置し、シートを短冊状の不連続体とすることで、異方材料と見なすことができるようにモデル化している。

5. 数値解析結果および考察

図-3には、一例として S125-v 試験体と S125-vh 試験体に関する、解析結果のシート全面剥離直前における変形状況およびコンクリートの軸方向歪コンター図を示している。(a) 図の S125-v 試験体の結果より、側面接着シートの剥離は見られず、曲げひび割れの開口によって、側面接着シートが離散ひび割れとして仮定した斜めひび割れと交叉する曲げひび割れに沿って分断され、その部分がせん断力の作用によって下方に押し出されることに伴う

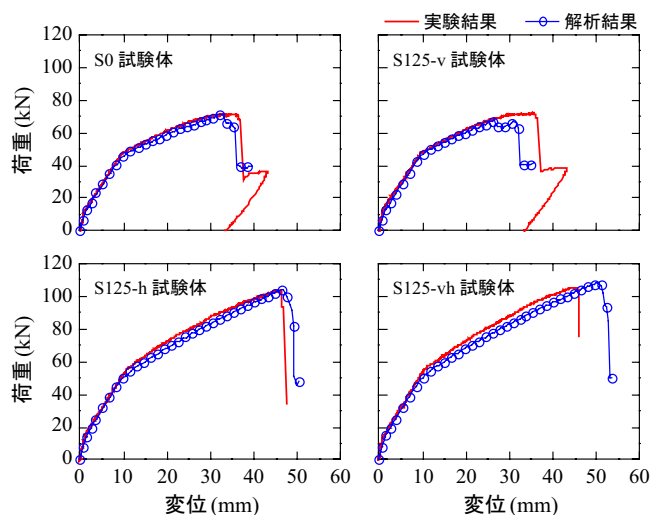


図-4 荷重-変位関係

ピーリング作用によって、シート剥離が支点側に向かって進行していることが分かる。なお、実験時においても類似した挙動を確認している。(b) 図の S125-vh 試験体に関しては、実験・解析結果とも、側面接着端部において、側面シート接着範囲のかぶり部の剥離が確認できる。S0 試験体と S125-h 試験体に関しても、実験結果と解析結果が大略同様の挙動を示していることから、解析結果は実験結果を大略再現可能であるものと考えられる。

図-4には、各試験体の荷重-変位関係に関する解析結果を実験結果と比較して示している。各試験体に関する比較図より、最大荷重や最大荷重時変位に若干の差異があるものの、実験・解析の両結果は大略一致しているものと判断される。

一方、S125-h および S125-vh 試験体に関しては、S0 試験体よりも最大荷重や最大荷重時変位が向上しており、側面接着による曲げ補強シートに対する剥離抑制効果が期待できることが数値解析的にも確認できる。

6. まとめ

- (1) 本研究で提案した解析手法を用いることにより、側面接着シートの繊維強化方向にかかわらず、実験結果の荷重-変位関係およびシートの剥離挙動を大略再現可能であるものと考えられる。
- (2) 本研究の範囲内では、側面接着シートの繊維強化方向を梁軸方向または 2 方向として接着することにより、曲げ補強シートに対する十分な剥離抑制効果が期待できることが、数値解析的にも明らかになった。

参考文献

- 1) 岸 徳光, 三上 浩, 張 広鋒: FRP シート曲げ補強 RC 梁に関するシートの剥離挙動解析, 土木学会論文集, No.725 / V-58, pp.255 - 272, 2003