

部材外周をねじふし鉄筋で補強した梁の破壊耐力に関する一考察

東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 ○ヴニャットリン 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 渡部 太一郎
 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 中村 真二 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 正会員 松本 浩一

1. はじめに

都市部のターミナル駅等においては大規模開発やリニューアルに伴う荷重増加に対し、既存の構造物の経済的かつ合理的な補強工法が求められている。そこで、空頭に制限がある狭隘箇所における人力による施工が可能な補強方法として、ラーメン高架橋柱の補強工事に実績がある、ねじふし鉄筋（以下、RBと呼ぶ）とコーナー支持材から構成される補強鋼材を用いた補強工法の適用を検討している。本文では、RBによる補強効果を定量的に評価する実験結果と実験を再現する三次元解析の結果について報告する。

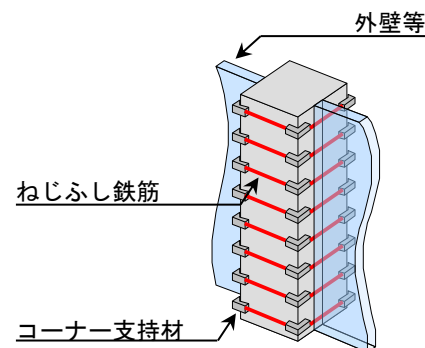


図1 補強工法概要図

2. 試験概要および結果

試験体諸元を表1、梁内部の配筋状況、RBの配置状況を図2に示す。荷重は、図2に示すような単純支持の梁に対して、スパン中央付近での2点対称の静的単調曲げ荷重とした。RBはコーナー支持材にボルトを60N.mのトルクにより締め付けを行った。

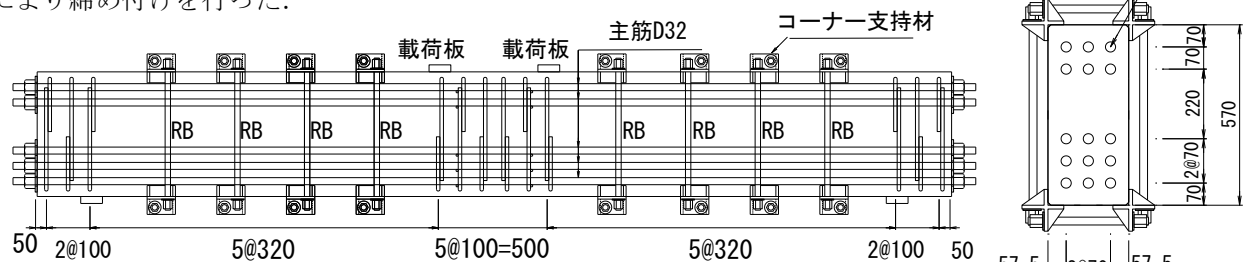


図2 試験体概要

表1 試験体諸元

断面 (mm)	せん断 スパン (mm)	有効 高さ (mm)	せん断 スパン比 (a/d)	主筋	RB	コンクリート 強度 f_c (N/mm ²)
255×570	1600	500	3.2	SBPD930/1080 D32 15本	SD390 D19@320	28.6



図3 最大荷重時破壊状況

せん断耐力は a/d が3.2のため、コンクリート部材の断耐力の算定方法¹⁾を用い、式(1)により算出した。

$$V_c = 0.20(0.75 + 1.4d/a) \cdot \sqrt{f'_{cd}} \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot b_w \cdot d \quad \dots(1)$$

(f'_{cd} :コンクリート強度, b_w :ウェブ幅, d :断面有効高さ, $\beta_d: \sqrt{1000/d}$, $\beta_p: \sqrt{100p_c}$)

最大荷重時の破壊状況を図3に、荷重・RBのひずみー変位曲線を図4に示す。荷重が182kNに達した時点で、斜めひび割れが発生し、荷重変位曲線の勾配が変化すると同時にRBのひずみが増加しはじめた。最大荷重後、荷重変位曲線の傾きが緩やかに低下した。斜めひび割れが入った時点のせん断耐力の計算値はコンクリートの受け持つせん断耐力に概ね一致していた。最大荷重時のRBのひずみは1166 μ であり、降伏しなかった。これは、RBがひび割れの進展の抑制について、一定の効果はあるが、帯鉄筋が入っていないため、ひび割れの幅が

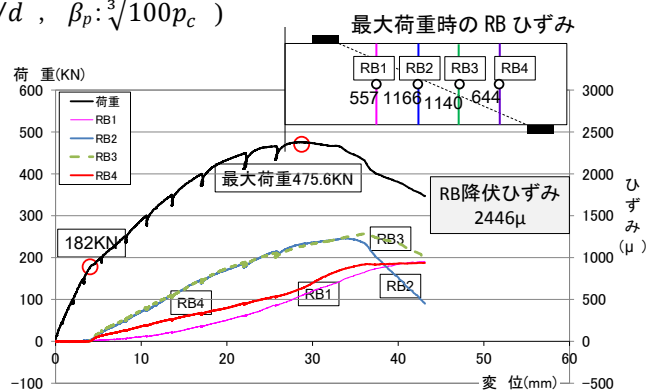


図4 荷重・RBのひずみー変位曲線

キーワード：RB、せん断耐力、三次元解析

連絡先：〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 JR 新宿ビル 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 TEL: (03)3379-4353

大きく、RB が最大の効果を発揮する前に、ひび割れが卓越してしまっただめと考えられる。

3. 解析概要および結果

図2の試験体に対して、RBの補強効果を考慮できる三次元解析を行った。モデルの寸法は試験体と同一とし、要素分割は1辺が50mmの立方体とすることを基本とした。

鉄筋は、主筋を埋込み鉄筋要素で、RBを外ケーブル要素でモデル化し、主筋の付着モデルは完全付着とした。支持条件は、試験時と同様に載荷板および支持板をモデル化し、左側の支持位置では水平・鉛直方向を固定し（ピン支持）、右側では鉛直方向を固定した（ローラー支持）。また、実験では、静的単調曲げ載荷としたが、解析では、載荷板最上部に鉛直方向の強制変位（2mm/Step）を作用させた。

材料特性値は表2、3に示すように、試験時の材料試験の値を用いた。コンクリートの応力-ひずみ関係は圧縮上昇域にCEB-FIB'90の提案式²⁾を用い、主筋、RBの応力-ひずみ関係はバイリニア型とした。載荷板とコンクリート部材は剛結させるが、コンクリート部材とコーナー支持材間にはインターフェイス要素を配置した。なお、解析に用いたプログラムは汎用有限要素解析ソフトATENA (Ver.3.2.5)とした。

図5に試験体の荷重・RBのひずみ-変位曲線を実験値と比較して示す。また、図6 a)に解析における最大荷重の破壊状況、図6 b)に実験における試験終了時の破壊状況を示す。実験と同様に、コンクリートのせん断耐力付近で荷重-変位曲線の勾配が変わると同時にRBのひずみが増加しはじめた。最大耐力については、解析値は実験値に比べ、やや小さいものの、概ね一致している。最大荷重時におけるRBのひずみについて、実験に比べ、解析の方が大きい値となったが、実験と同様に降伏していない。これはコーナー支持材とコンクリートの間のインターフェイス要素の特性値によると思われる。ひび割れの発生状況や破壊性状については図6に示すように、解析結果は実験結果と概ね一致していることがわかる。

4. まとめ

- (1) 荷重がコンクリートのせん断耐力に達して斜めひび割れが発生すると同時に、RBが効きはじめた。
- (2) RB部材を用いることで、脆性的な破壊にはならなかった。
- (3) 提示した解析モデルは実験のひび割れの発生状況や破壊性状、最大荷重について、概ね再現できている。
- (4) 最大荷重について、解析結果は実験結果に比べてやや小さいものの、概ね一致している。今後、コーナー支持材とコンクリートの間のインターフェイス要素の特性値の検討を行い、解析精度を向上させたい。

参考文献

- [1]鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説ーコンクリート構造物，p.145-146，2004
- [2] Cervenka Consulting：ATENA Version 3.Program Documentation Part1 Theory，2005.10

表2 コンクリート特性値

弾性係数 E_c [GPa]	ポアソン比 ν	圧縮強度 f_c [MPa]
31.78	0.2 [*]	28.6
引張強度 f_t [MPa]	破壊エネルギー G_d [N/mm]	
2.4	8.3×10^{-5} [*]	

※プログラムのデフォルト値

表3 鉄筋特性値

種別	降伏強度 σ_y [MPa]	弾性係数 E_s [MPa]	断面積 A_s [mm ²]
主筋 D32	1082	197.1	804.2
RB D19	454	190.5	286.4

表4 インターフェイス要素特性値

鉛直方向のせん断剛性 K_{tl} [MN/m ³]	せん断方向の剛性 K_{nn} [MN/m ³]	引張強度 f_t [MPa]	粘性係数 C [MPa]	摩擦係数 $\tan \phi$
2.68×10^5	6.48×10^5	0	0.1	0.1

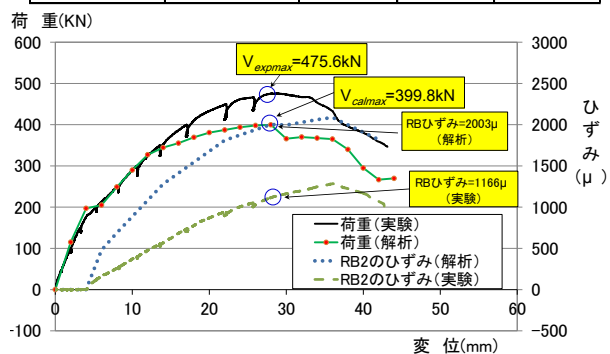
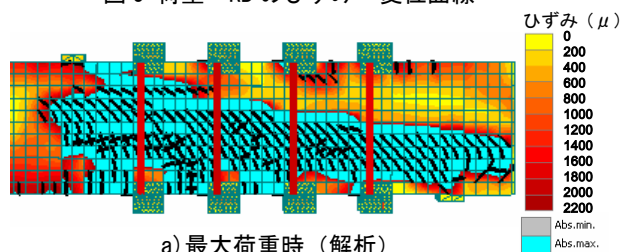
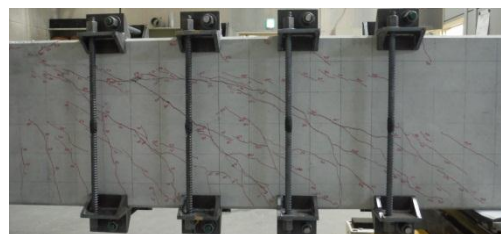


図5 荷重・RBのひずみ-変位曲線



a) 最大荷重時（解析）



b) 試験終了時（実験）

図6 破壊状況