

せん断補強筋に沿う既存ひび割れを有するRCはりにおけるビーム機構の耐力予測モデルの提案

Evaluation model for capacity of beam action in RC beams with existing cracks along shear reinforcements

○山田雄太¹

*Yuta Yamada¹

Abstract: The evaluation equation for capacity of beam action (V_{bf}) in shear resistance mechanisms of reinforced concrete (RC) beams with existing cracks caused by deteriorations is required to develop the rational evaluation equation of its shear strengths. This study developed an evaluation model for V_{bf} of RC beams with existing cracks along shear reinforcements. The validities were examined for V_{bf} of an RC beam with modeled cracks and the beams without cracks. The results indicated that the model could evaluate V_{bf} in case of the beams with existing cracks in similar accuracy with the cases of beams without cracks.

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) はりにおける合理的なせん断耐力予測式の構築を目的として、せん断抵抗機構に着目したビーム機構の耐力 (V_{bf}) 予測式が提案されている [1], [2]. 劣化した RC 部材においても合理的なせん断耐力予測式を構築するためには、劣化などにより生じた既存のひび割れを有する部材における V_{bf} 予測式を構築する必要がある。本研究では、せん断補強筋に沿うひび割れを有する RC はりにおける V_{bf} 予測モデルを構築し、模擬損傷を有する RC はりに対してモデルの妥当性を検証した。

2. ひび割れを有するはりの V_{bf} 予測モデル

既往の研究 [1] では斜めひび割れで分かたれたビーム機構における自由体 (Figure 1. (a)) に基づき V_{bf} の予測式が提案されている。この式はビーム機構の荷重寄与分 (V_b) が V_{bf} に到達した際のひび割れ幅に対応した斜めひび割れ経路上の軟化挙動と応力伝達を考慮するも

のである。一方、鉄筋腐食ひび割れに代表される既存のひび割れを有する場合、 $V_b = V_{bf}$ におけるひび割れ経路は既存のひび割れに支配的な影響を受ける。この事実からビーム機構における自由体を再構築すると Figure 1. (b)に示す自由体を得る。既存のひび割れを有する場合には、鉛直応力非卓越領域 (B 領域) 内で既存のひび割れ部に伝達される応力 (f_{scr} , f_{tcr}) と、健全な部位に伝達される応力 (f_{sb} , f_{tb}) を考慮することで V_{bf} を算出することが可能である。

3. 予測モデルの妥当性検証

既往の研究 [1] で対象とした健全な RC はり 19 体における V_{bf} に対し、健全なはりにおける V_{bf} の算定値 (V_{bfm}) および国内外における設計指針式に基づくせん断耐力の予測値 (V_{niwa} [3], V_{aci14} , V_{aci19}) を比較すると Table 1.に示す精度を得る。提案されている V_{bfm} の予測式は、比較したケースの中で最も高い予測精度を示したことから基礎モデルの妥当性を再確認した。

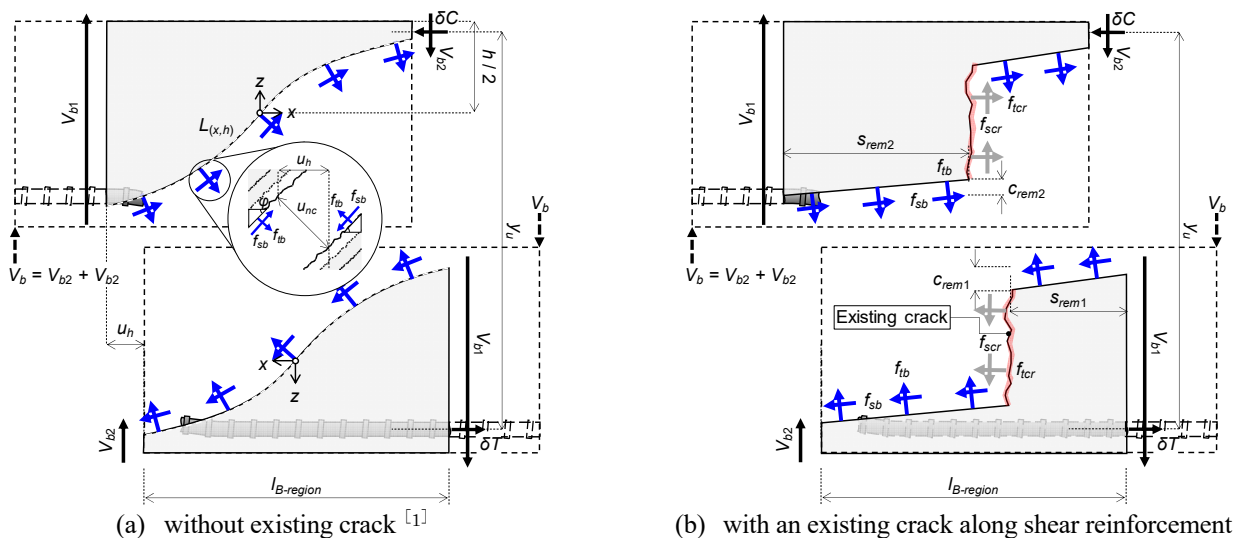


Figure 1. Free body of beam action at $V_b = V_{bf}$

1 : 日大理工・教員・土木, Department of Civil Engineering, CST., Nihon-U.

2. で提案した予測モデルの妥当性を検証するために、既存のひび割れを有するはりにおける V_{bf} の算定値 (V_{bfcr}) とせん断補強筋に沿う模擬損傷を導入したはりにおける V_{bf} との比較を行った (Figure 2., Table 2.). V_{bf} の実験値はひずみエネルギー法^[4]により算定した。この手法は主鉄筋に蓄積されるひずみエネルギーの耐荷機構相当分と全ひずみエネルギー相当分との比から耐荷機構寄与率を算出する手法である (Figure 3.). 模擬損傷面上の応力伝達は無視し得るほど小さいことからモデルにおける f_{scr} および f_{icr} は 0 であることを仮定した。

Figure 4. に算定結果を示す。 V_{bfcr} および V_{bfm} は V_{bf} の実験値 (V_{bfexp}) に対して $\pm 20\%$ の範囲に存在していることが確認できる。 $V_b = V_{bf}$ において、実験結果から算定した健全な部位における斜めひび割れ開口幅は 0.40 mm であったのに対し、 V_{bfcr} の予測モデルから算定された開口幅は 0.44 mm であった。

4. まとめ

せん断補強筋に沿うひび割れを有する RC はりにおける V_{bf} 予測モデルを構築し、模擬損傷を有する RC はりに対して妥当性を検証した。構築したモデルは、ひび割れを有するケースにおいても健全なケースと概ね同程度の精度で V_{bf} を予測可能であることを示唆した。

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20K14813 の助成を受けたものである。

6. 参考文献

[1] 山田雄太: 斜めひび割れ経路上の応力伝達を考慮した RC はりのせん断抵抗機構におけるビーム機構の耐力予測式構築, 土木学会論文集 E2, Vol. 76, No.4, pp.386-402, 2020.12.
 [2] Yamada, Y.: Theoretical Evaluation Equation for Capacities of Beam Action in Shear Resistance Mechanisms of RC Beams Reflecting Dowel Action of Main Reinforcements, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.19, pp.1025-1039, 2021.9.
 [3] 二羽淳一郎, 山田一宇, 横沢和夫, 岡村甫: せん断補強筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No. 372/V-5, pp. 167-176, 1986.8.
 [4] 山田雄太: ひずみエネルギーに基づく種々の荷重状態に適用可能な RC はり部材におけるせん断耐荷機構分解手法の提案, コンクリート工学年次論文集, No.42, No.2, pp.559-564, 2020.7.

Table 1. Calculation accuracy based on proposed model and design codes

	AVG.	S.D.	C.V.(%)
V_{bfm} / V_{bf}	1.01	0.11	11.4
V_{niwa} / V_{bf}	1.15	0.18	15.8
V_{aci14} / V_{bf}	0.83	0.15	17.9
V_{aci19} / V_{bf}	0.65	0.15	23.6

V_{bfm} : Value of V_{bf} proposed by previous study^[1]
 V_{niwa} : Prediction value of diagonal cracking load proposed by Niwa *et al.*^[3]
 V_{aci14} : Prediction value of shear strength based on ACI318-14
 V_{aci19} : Prediction value of shear strength based on ACI318-19
 Data for $a/d = 1.0$ to 3.0 , $d = 200$ mm to 1600 mm

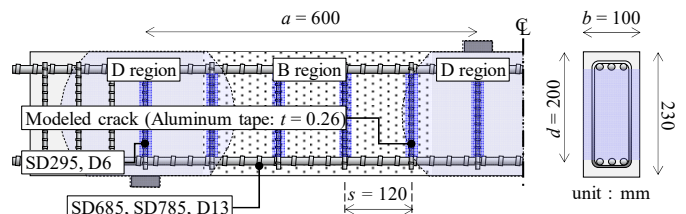


Figure 2. Representative size and shape of beam specimens

Table 2. Experimental cases

Name	S_{rem1}	C_{rem1}	S_{rem2}	C_{rem2}	f_c	V_{bfexp}	V_{bfcal}
N (without crack)	-	-	-	-	24.6	43.0	37.8
NR (without crack)	-	-	-	-	34.0	51.2	49.8
CR (with crack)	140.0	17.5	260.0	21.7	28.8	28.1	26.7

S_{rem} : Length of uncracked parts in longitudinal direction (mm)
 C_{rem} : Length of uncracked parts in vertical direction (mm)
 f_c : Compressive strength of concrete (MPa)
 V_{bfexp} : Experimental value of V_{bf} (kN) V_{bfcal} : V_{bfm} or V_{bfcr} (kN)

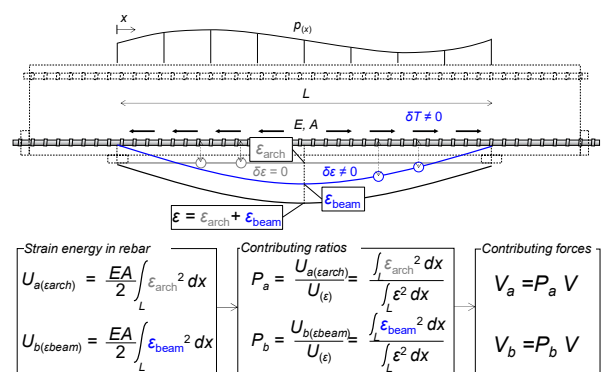


Figure 3. Calculation method of V_a and V_b based on rebar strains^[4]

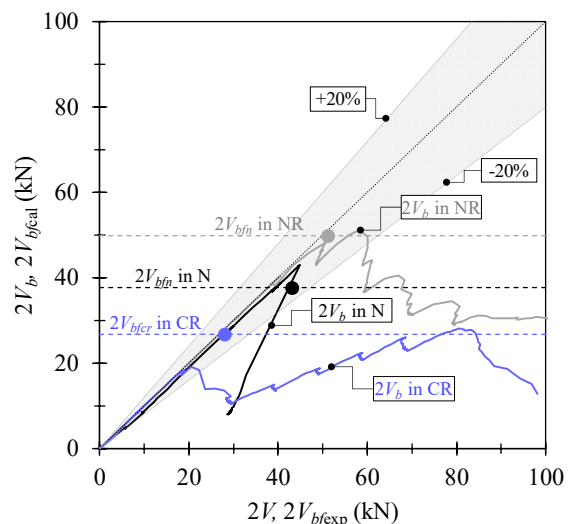


Figure 4. Results of calculation