

部材軸方向に既存のひび割れを有するせん断補強筋の無い RC はりにおけるビーム機構の耐力予測モデルの提案

日本大学 正会員 ○山田 雄太

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⁾。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、せん断スパン内に部材軸方向ひび割れを有する RC はりにおける V_{bf} 予測モデルを構築し、既往の研究で対象とした模擬損傷を有するせん断補強筋の無い 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から V_{bf} の予測式が提案されている (図-1(a))。この式では、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している。

一方、部材軸方向に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²⁾。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図-

1(b)に示す自由体と予測式を得る。部材軸方向に既存のひび割れを有する場合では、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せん断応力 (f_{scr}) と、健全な部位に伝達されるせん断応力 (f_{sb}) を考慮することで V_{bf} を算出することが可能である。

3. 予測式の精度検証

既往の研究^{1), 2), 3)}で対象としたせん断スパン比 (a/d) が 1.0 から 3.0, 有効高さが 200 mm から 1600 mm までの健全な RC はりにおける V_{bf} に対し、健全なはりにおける V_{bf} の算定値 (V_{bfn}) 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} ⁴⁾, V_{aci14} , V_{aci19}) を比較すると表-1 に示す精度を得る。提案されている V_{bfn} 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。

2. で提案した V_{bf} 予測式の妥当性を検証するために、部材軸方向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}) と引張主鉄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。既往の研究^{2), 3)}で対象とした 10 体の RC はりに対して精度の検証を行った (図-2, 表-2)。 V_{bf} は主鉄筋のひずみを用いてひずみエネルギー法⁵⁾により算定した。この手法は鉄筋に蓄積

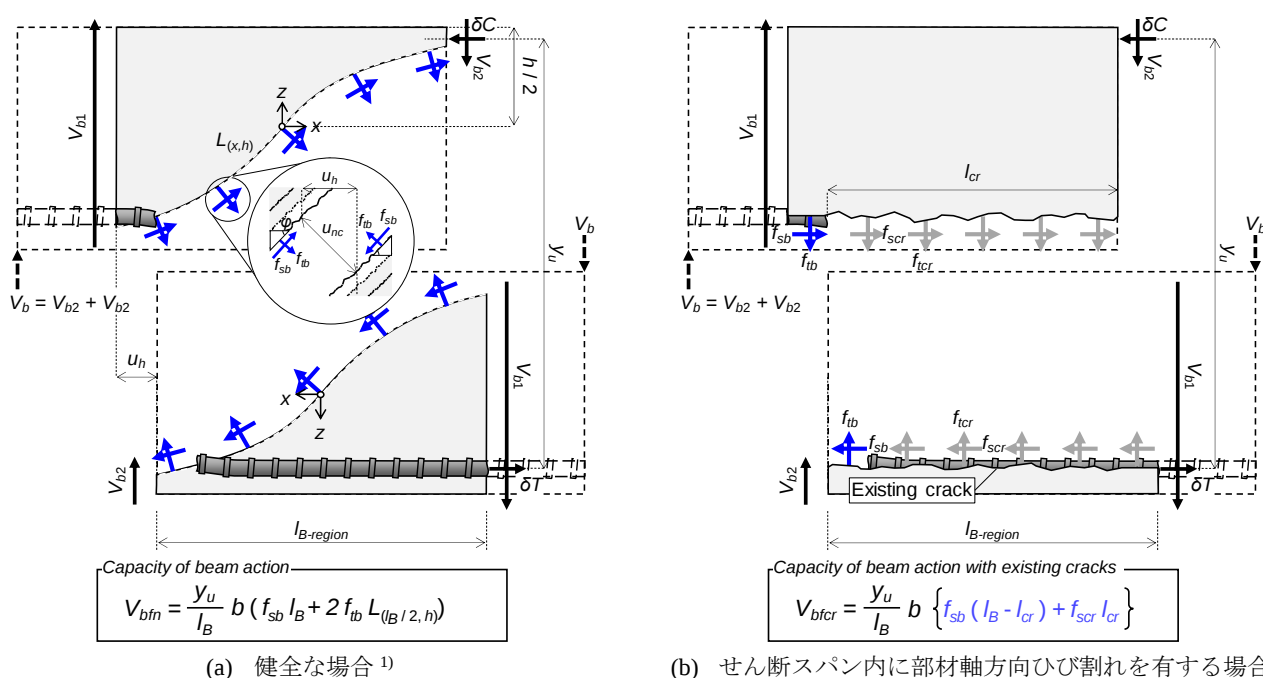


図-1 ビーム機構の自由体と耐力予測式

キーワード RC はり, せん断抵抗機構, ビーム機構, 劣化, 鉄筋腐食ひび割れ

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL 03-3259-0670

表-1 健全なはりの V_{bf} に対する算定精度

	AVG.	S.D.	C.V. (%)
V_{bfH} / V_{bf}	1.01	0.11	11.4
V_{niwa} / V_{bf}	1.15	0.18	15.8
V_{ac14} / V_{bf}	0.83	0.15	17.9
V_{pc119} / V_{bf}	0.65	0.15	23.6

V_{bfn}	既往の研究 ¹⁾ により提案された算定式による V_{bf} の算定値
V_{niwa}	二羽ら ⁴⁾ により提案された斜めひび割れ発生荷重の予測値
V_{aci14}	ACI318-14 に記されたせん断耐力の予測値
V_{aci19}	ACI318-19 に記されたせん断耐力の予測値

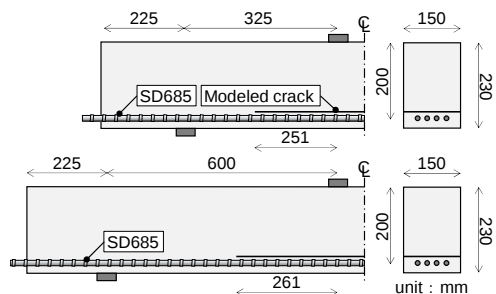


図-2 対象としたはりの寸法例

表-2 対象としたはり試験体の諸元

Name	a	b	d	l_{cr}	f_c	V_{bfexp}	V_{bfcal}
N1.0-100	200			-	34.1	66.8	80.3
N2.0-100	400	100		-	34.1	68.9	62.8
N3.0-100	600			-	24.6	44.9	37.8
N1.6-150	325			-	28.4	113.9	91.6
N3.0-150	600			-	39.2	83.3	85.1
S1.6-150	325		200	125	28.4	36.8	24.7
S2.9-150-1	580	150		333	28.2	15.3	15.3
S2.9-150-2	580			333	35.3	23.8	26.9
BS3.0-150	600			161	35.9	83.2	35.6
BL3.0-150	600			400	35.8	2.0	1.6

a : せん断スパン (mm) d : 有効高さ (mm) V_{bfexp} : V_{bf} の実験値 (kN)
 b : はり幅 (mm) f_c : Co. 圧縮強度 (MPa) V_{bfcal} : V_{bf} または V_{bfcr} (kN)

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の比から耐荷機構寄与率を算出する手法である(図-3)。 f_{scr} は模擬損傷面のせん断伝達を確認するために行われたせん断要素実験³⁾の結果から算出した。

図-4 に実験結果から得られた V_{bf} に対する V_{bfn} および V_{bfcr} の比率を示す。実験値と有限要素解析の結果から得られた値²⁾の差が著しく大きい BS3.0-150 の結果を除いて整理をすると、健全なケースの変動係数は 15.0% であるのに対し、既存のひびの割れを有するケースの変動係数は 20.0% であり、概ね同程度の精度で予測可能であることを示唆した。劣化した RC 部材における合理的なせん断耐力予測式を構築するためには、より広範なデータに対する本モデルの妥当性を検証するとともに、せん断補強筋を有するはりにおける V_{bf} 予測モデルを構築する必要がある。

4. まとめ

劣化した RC 部材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、せん断スパン内に部材軸方向ひび割れを有するせん断補強筋の無い 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、既存のひび割

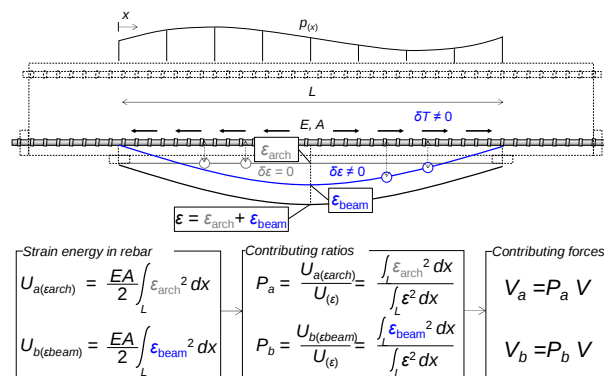


図-3 ひずみエネルギー法による V_a および V_b の算出⁵⁾

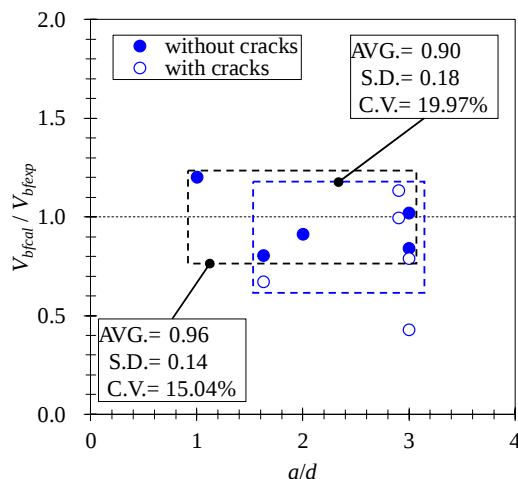


図-4 実験値に対する算定値の比率

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.

謝辭

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

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) 山田雄太, 千々和伸浩, 岩波光保:鉄筋腐食ひび割れを生じた RC はりのせん断疲労耐荷機構に及ぼすせん断補強筋の影響, 土木学会論文集 E2, Vol.74, No.3, pp.176-191, 2018.8.
- 3) Yamada, Y., Chijiwa, N., Iwanami, M.: Shear Fatigue Mechanism of Reinforced Concrete Beams with Cracks due to Rebar Corrosion, Proceedings of the Fourth International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, Tokyo, Japan, pp.1491-1499, 2014.11.
- 4) 二羽淳一郎, 山田一字, 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.
- 5) 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.