

補強用鉄筋を部材外周に配置した梁のせん断耐力と補強鉄筋量に関する検討

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○醍醐 宏治
JR 東日本 東京工事事務所 正会員 佐々木 尚美

1. はじめに

大規模駅改良工事等において既設構造物の荷重が増加する場合、既設部材の補強が必要になることがある。鉄筋コンクリートラーメン構造物において梁部材のせん断補強が必要な場合、補強工法として施工に重機が必要となる鋼板巻き立て補強工法が考えられるが、重機が使用できない場合には図-1に示すような補強用鉄筋を部材外周に配置する工法(以下、RB工法とする)の適用が考えられる。既往の研究^{1)~4)}では、RB工法により補強した梁のせん断耐力について確認しているが、補強鉄筋量がせん断耐力に及ぼす影響について検討された事例は少ない。そこで、本研究では既往の载荷試験結果から補強鉄筋量がせん断耐力に及ぼす影響について考察を行う。

2. 既往の载荷試験と試験結果

既往の研究^{1)~4)}で実施された载荷試験の試験体緒元および試験結果を表-1に示す。文献1と文献2の試験体および文献3と文献4の試験体がそれぞれ同一の断面形状となっており、表-1のハッチングの箇所がパラメータとなっている。载荷は静的単調曲げ载荷により行われた。いずれの試験体も軸方向鉄筋が降伏することはなく、せん断スパン内に発生した斜めひび割れが载荷点まで進展することで最大荷重を迎えた。スターラップを配置した全ての試験体は最大荷重までにスターラップが降伏しているが、補強鉄筋は文献1のNo.1、No.2試験体および文献4のNo.2試験体のみ降伏する結果であった。損傷状況では、いずれの試験体も図-2(a)に示すようなコーナー支持材前面と载荷点とを結ぶようなひび割れを形成するのが特徴的であった。また、文献3と文献4の試験体については図-2(b)に示すような载荷途中に軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発生し、斜めひび割れと繋がった。

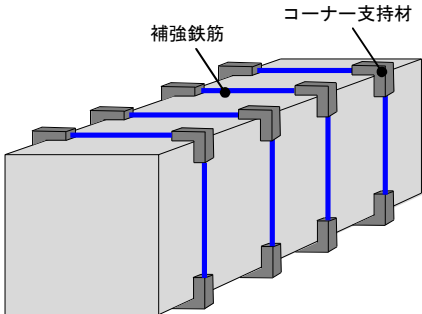
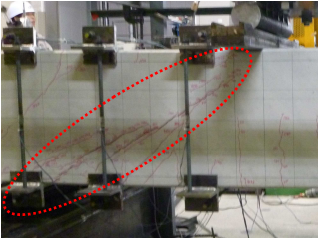


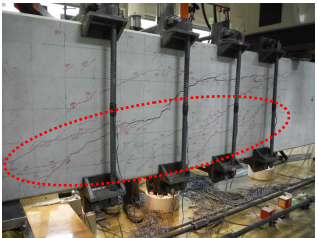
図-1 RB工法により補強した梁の概要

表-1 既往の試験体緒元および試験結果

文献番号	文献1						文献2		文献3		文献4	
試験体番号	No.1	No.2	No.2	No.3	No.4	No.5	No.1	No.2	No.1	No.2	No.1	No.3
コーナー支持材形状	分割型	一体型	分割型	分割型	分割型	分割型	分割型	分割型	分割型	分割型	分割型	分割型
補強鉄筋の導入トルク(N・m)	60	60	20	20	20	60	60	60	60	60	60	60
幅(mm)	540	540	540	540	540	540	255	255	255	255	255	255
高さ(mm)	480	480	480	480	480	480	570	570	570	570	570	570
かぶり(mm)	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5	70	70	70	70	70	70
有効高さ(mm)	427	427	427	427	427	427	500	500	500	500	500	500
せん断スパン(mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1600	1600	1600	1600	1600	1600
せん断スパン比	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
コンクリート強度(N/mm ²)	28.2	23.3	17.6	17.2	19.6	29.9	28.6	30.6	21.0	48.5	45.5	45.5
軸方向鉄筋	径	D29	D29	D29	D29	D29	D32	D32	D32	D32	D32	D32
	本数(引張)	16	16	16	16	16	9	9	9	9	9	9
	本数(圧縮)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	引張鉄筋量(mm ²)	10278	10278	10278	10278	10278	7148	7148	7148	7148	7148	7148
スターラップ	降伏強度 f_y (N/mm ²)	382	382	373	373	376	376	1082	1082	1154	1140	1140
	径	D6	D6	D6	D6	D6	D6	D16	—	—	—	—
	本数	2	2	2	2	2	2	2	—	—	—	—
	間隔 s_s (mm)	200	200	200	200	200	200	320	—	—	—	—
補強鉄筋	降伏強度 f_y (N/mm ²)	392	392	392	392	396	396	363	—	—	—	—
	スターラップ鉄筋比 p_{stl} (%)	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.059	0.487	—	—	—	—
	径	D13	D13	D13	D16	D10	D13	D19	D16	D19	D13	D13
	間隔 s_{rb}	300	300	300	300	300	200	320	320	800	800	800
スターラップ降伏荷重	降伏強度(N/mm ²)	357	357	372	372	382	384	454	358	449	373	373
	補強鉄筋比 p_{rb} (%)	0.156	0.156	0.156	0.245	0.088	0.235	0.702	0.487	0.281	0.124	0.124
	スターラップ降伏荷重(kN)	480	350	435	417	291	534	—	470	—	—	—
	補強鉄筋降伏荷重(kN)	921	784	—	—	—	—	—	—	—	316	—
軸方向鉄筋降伏荷重	降伏荷重(kN)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	最大荷重(kN)	939	785	563	679	583	785	476	634	336	331	291



(a) 文献1-No.1



(b) 文献3-No.1

図-2 最大荷重時における試験体の損傷状況

文献3と文献4の試験体については図-2(b)に示すような载荷途中に軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発生し、斜めひび割れと繋がった。

キーワード せん断補強、せん断耐力、補強鉄筋量

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

3. せん断耐力の算定方法の検討

既往の試験体についてせん断耐力の算定方法の検討を行った。せん断耐力の計算値 V_{ycal} は文献 5 に示すせん断耐力算定式をもとに、コンクリートが受け持つせん断耐力 V_{ccal} とスターラップが受け持つせん断耐力 V_{scal} と補強鉄筋が受け持つせん断耐力 V_{rbcal} の和として(1)式により算定を行った。補強鉄筋が受け持つせん断耐力はトラス理論に基づき(2)式により算出した。

$$V_{ycal} = V_{ccal} + V_{scal} + V_{rbcal} \tag{1}$$

$$V_{rbcal} = A_{wrb} \cdot f_{fb} \cdot z / S_{rb} \tag{2}$$

ここに、 A_{wrb} ：区間 S_{rb} における補強鉄筋の断面積、 f_{fb} ：補強鉄筋の降伏強度、 S_{rb} ：補強鉄筋間隔

各試験体の最大荷重の実験値とせん断耐力の計算値との関係を表-2 に示す。文献 3 の No.1 試験体を除く全ての試験体において最大荷重の実験値がせん断耐力の計算値を上回る結果であった。文献 3 の No.1 試験体はスターラップを配置しておらず、かつ軸方向鉄筋を大量に配置していたことから、付着割裂ひび割れと思われる軸方向鉄筋に沿ったひび割れの影響により、計算値を下回ったものと考えられる。

表-2 最大荷重の実験値とせん断耐力の計算値との関係

文献番号		文献1		文献2			文献3		文献4				
試験体番号		No.1	No.2	No.2	No.3	No.4	No.5	No.1	No.2	No.1	No.2	No.3	
実験値	V_{yexp} (kN)	939	785	563	679	583	785	476	634	336	331	291	
計算値	V_{ycal} (kN)	543	519	491	555	455	619	549	589	316	285	280	
	V_{ccal} (kN)	385	361	329	326	341	392	196	200	176	233	228	
	V_{scal} (kN)	46	46	46	46	47	47	—	196	—	—	—	
	V_{rbcal} (kN)	112	112	117	183	67	180	353	193	140	51	51	
実験値/計算値		V_{yexp}/V_{ycal}	1.73	1.51	1.15	1.22	1.28	1.27	0.87	1.08	1.06	1.16	1.04

4. 補強鉄筋量がせん断耐力に及ぼす影響

既往の研究⁶⁾において過度にスターラップを配置した場合にせん断耐力を過大評価する可能性が報告されている。そのため、せん断補強の程度を表す指標 $p_w \cdot f_{wy}/f'_c$ の上限値を 0.1 とすることで安全側にせん断耐力を評価することが提案されている。しかし、コンクリートとの付着が無い RB 工法によりせん断補強を行った梁部材についての上限值は不明であるため、本章で検討を行った。せん断補強の程度を表す指標は、スターラップと補強鉄筋にそれぞれ分離して(3)式により α として算出した。

$$\alpha = (p_w \cdot f_{wy} + p_{wrb} \cdot f_{fb}) / f'_c \tag{3}$$

ここに、 p_w ：スターラップ鉄筋比、 f_{wy} ：補強鉄筋の降伏強度、 p_{wrb} ：補強鉄筋比、 f'_c ：コンクリートの圧縮強度

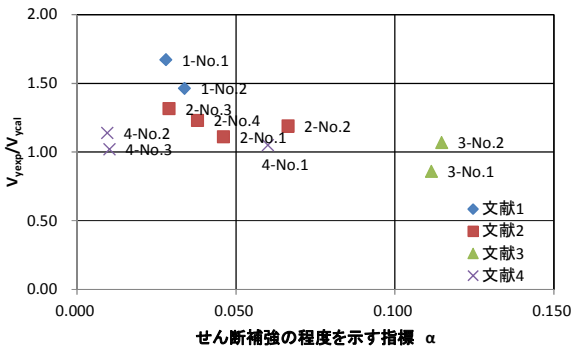


図-3 正規化した最大荷重の実験値と α の関係

図-3 にせん断耐力の計算値で除して正規化した最大荷重の実験値と α との関係を示す。 $\alpha \leq 0.115$ となる本試験の範囲内 ($0 \leq p_w \cdot f_{wy} \leq 1.767$, $0.336 \leq p_{wrb} \cdot f_{fb} \leq 3.188$) では、 V_{yexp}/V_{ycal} が概ね 1.0 程度以上となっており、せん断耐力が大きく過大評価されることはなかった。

5. まとめ

- 今回の実験の範囲において得られた知見は以下のとおりである。
- ・せん断補強の程度を表す指標 $\alpha \leq 0.115$ の場合、RB 工法にてせん断補強した梁のせん断耐力は、棒部材式を基にした(1)式により概ね安全側に評価された。

参考文献

1)半司淳弥、大郷貴之、松本浩一、伊東佑香：RB 部材を用いた既設橋脚横梁の補強方法に関する実験的研究、土木学会第 68 回年次講演会、2013.09
2)山下洋平、大郷貴之、松本浩一、伊東佑香：ねじふし鉄筋を用いた梁部材のせん断耐力に関する実験的研究、土木学会第 69 回年次講演会、2014.09
3)ヴェニャットリン、中村真二、渡部太郎、松本浩一：部材外周を複数組のねじふし鉄筋で補強した梁の静的単調曲げ載荷試験、土木学会第 70 回年次講演会、2015.09
4)中村真二、ヴェニャットリン、渡部太郎、松本浩一：部材外周を一組のねじふし鉄筋で補強した梁の静的単調曲げ載荷試験、土木学会第 70 回年次講演会、2015.09
5)二羽淳一郎、山田一字、横沢和夫、岡村甫：せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価、土木学会論文集、第 372 号/V-5, pp167-176, 1986.8
6)坂口淳一、土屋智史、渡邊忠朋、斉藤成彦、牧剛史：スターラップを多量に配置した R C 梁部材のせん断破壊耐力に関する検討、土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)、Vol.69, No.2, 192-206, 2013