

V-552

炭素繊維シートのせん断補強効果について

北海道大学 正員 佐藤 靖彦
 北海道大学 正員 上田 多門
 東急建設 田中 高行
 清水建設 正員 小野 定
 東燃 正員 小林 朗

1. はじめに

現在、連続繊維シート、特に炭素繊維シート（以下「CFS」）を既存構造物の補強材に用いた事例が増えつつある。しかしながら、合理的な補強設計方法が確立されていない現時点では、適切な補強が行われているとはいえないものも多い。そこで本研究は、今後補強設計方法を構築する上で必要とされる基礎資料を得ることを目的とし、せん断補強筋を持たない鉄筋コンクリート（以下「RC」）はりの側面に張り付けたCFSが受け持つせん断補強効果に関する検討を行った。

2. CFSが受け持つせん断耐力の算定方法

過去の実験¹⁾において、せん断補強筋を持たないRCはりの側面にCFSを張り付けた場合、はり供試体は、CFSの剥離によるせん断破壊を起こした。よって、この破壊モードに対するCFSが受け持つせん断耐力を算定する為には、CFSの剥離発生基準を耐力算定式中に考慮に入れる必要があり、さらに、CFSの剥離の発生の有無を確認するためには、CFSの歪み分布形状及び剥離の有無を照査する位置を定める必要がある。図1(a)は、本論文で定めるCFSの剥離発生の有無を照査する位置を示している。この太線に沿った位置で各断面での歪みが最大になると仮定している。また、図1(b)はその最大歪みの分布形状である。剥離の照査位置は、著者らの実験結果¹⁾及び有限要素解析におけるスラップを有するRCはりの斜めひび割れ形状²⁾に基づき決定したものである。また、CFSの歪み分布形状は、スターラップに対して提案されている歪みの低減係数を用いて定義されている¹⁾。

最終的に、CFSの剥離発生基準（定着強度）を明らかにできれば、図1を用いてCFSが受け持つせん断耐力を求めることができる。すなわち、図1に示す照査領域を微小区間（1～n）に分割し、着目する区間でのCFSが付着強度に達した時の斜めひび割れ内（B-D区間）の平均歪みより計算される力を

CFSが受け持つせん断力（ V_{CFS} ）とするのである。実際にCFSが受け持つせん断耐力は、その中で最も小さいものとなる。この場合、CFSの張り付け方法により定着応力の計算に用いる定着長の取り方が異なる。すなわち、CFSを側面のみに張り付けた場合の定着長は、直線A-Eより上側の定着長 L_u と下側の定着長 L_b の内小さいものを用い、CFSを側面及び底面（U字）に巻き付けた場合の定着長は、どの区間でも直線A-Eより上側の定着長 L_u を用いる。

3. 実験結果との比較

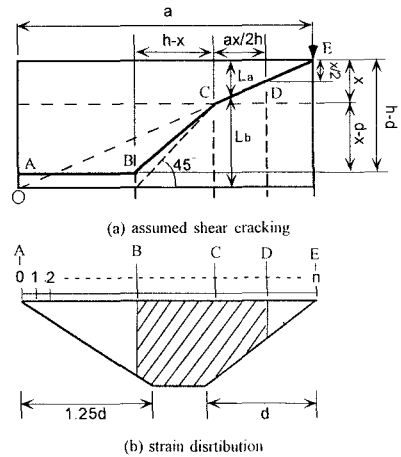


図1 斜めひび割れ域及び歪み分布形状

表1 実験供試体の諸元

Specimen	$f_c^{1)}$ (MPa)	$p_s^{2)}$ (%)	$p_w^{3)}$ (%)		CFS		Ultimate shear force (kN)	Failure mode ⁵⁾
			left	right	shape ⁴⁾	pitch		
S2	45.2	3.31	—	0.60	I	60	160.5	P
S3	41.3	3.31	—	0.60	U	60	202.1	P
S4	37.5	3.31	—	0.60	I	—	156.3	P
S5	39.7	3.31	—	0.60	U	—	198.2	P

1) compressive strength, 2) tension reinforcement ratio, 3) shear reinforcement ratio,

4) I: CFS at side, U: CFS at side and bottom face

5) P: Peeling of CFS

ここで、本論文で示したCFSが受け持つせん断耐力の算定方法の適応性を既往の実験結果（表1）¹⁾により検討する。

現在のところ、CFSの剥離発生基準は明確にされておらず、本論文では、定着試験より得られた定着強度をCFSの剥離の発生基準として用いることとする。なお、過去の実験において、限られた定着長に対してのみ実験が行われているため、ここでは、そのデータを最小2乗近似した値を用いることとする（図2参照）。

表2は、実験及び本計算方法により得られたCFSが受け持つせん断耐力を示す。実験値は、斜めひび割れ近傍の歪みの平均値を用いて計算している。これより、ゼブラ状に側面のみに張り付けた供試体S2において、実験値と計算値はよく一致しているが、他の供試体において適応度が悪い。

図3は、供試体S2及びS5の終局時におけるせん断スパン内のCFSの定着応力（ τ_{test} ）を本算定方法より求めた定着応力（ τ_{cal} ）で除した値を示す。なお、実験における定着応力は、斜めひび割れ近傍の歪みより求めた単位幅当たりの引張力をはりの上縁または下縁からゲージ貼付位置までの距離で除した値である。ゼブラ状に張り付けた供試体S2では、ほぼ定着強度に達していることが明らかである。一方、せん断スパン全域に巻き付けた供試体S5において実験と計算の定着応力の分布形状は類似しているものの、実験における定着応力の最大値は計算値の70%程度となっている。全供試体の実験により得られた定着応力の最大値（ τ_{t-max} ）と本算定方法により得られた定着応力の最大値（ τ_{c-max} ）との比を表2に示す。各供試体において定着応力の比が異なっており、これが定着強度のばらつきであるのか、または、張り付け方が異なることにより定着強度が異なるものなのかを本研究では明らかにすることができず、今後、CFSの定着機構及び定着強度に関する詳細な検討を必要とする。また、本論文で仮定した剥離発生の有無の照査位置がせん断スパン比が異なる場合などにも適用可能であるか等に関しても確認していく必要がある。

4. まとめ

本論文において、せん断補強筋を持たないRCはりの側面に張り付けたCFSが受け持つせん断耐力の算定方法を提示した。今後は、CFSの定着機構及び定着強度に関する検討を進めるとともに、多くの実験結果との比較を行い、本算定方法の妥当性を評価する必要がある。

【参考文献】

- 1) 佐藤靖彦・田中高行・上田多門・小野定：炭素繊維シートにより補強したRCはりのせん断性状，コンクリート工学年次論文報告集，第18巻，1996年7月
- 2) 佐藤靖彦・上田多門・角田典史雄：せん断補強筋を有する連続繊維補強コンクリートはりのせん断耐力の定量的評価，土木学会論文集，No.520/V-28，pp.157-169，1995年8月

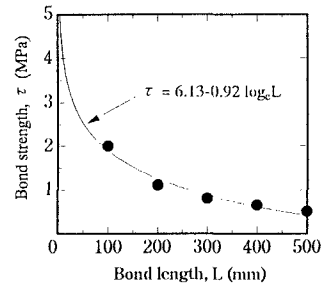
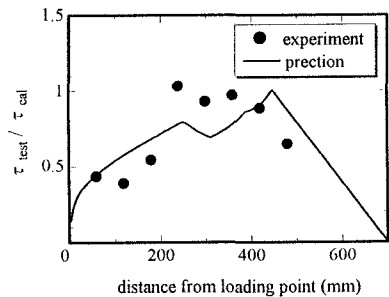


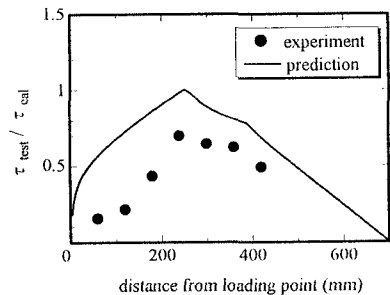
図2 定着強度と定着長との関係

表2 CFSが受け持つせん断耐力

specimen	V_{CFS} (kN)		$\frac{V_{CFS-test}}{V_{CFS-cal}}$	$\frac{\tau_{t-max}}{\tau_{c-max}}$
	test	cal.		
S2	47.4	43.8	1.08	1.03
S3	87.0	56.2	1.55	1.38
S4	61.9	88.6	0.70	0.67
S5	87.7	112.3	0.78	0.70



(a) 供試体S2



(b) 供試体S5

図3 終局時の定着応力