

V-28 非閉鎖型補強筋によるRCはりの付着割裂補強効果に関する実験的研究

高松高専 正会員 長友 克寛
 京都大学 佐藤 裕一
 高松高専 学生会員○田邊 泰子
 高松高専 松原 三郎

1. 研究目的 著者等¹⁾は、既往の研究において超高強度スパイラル筋との併用を意図した付着割裂破壊専用の非閉鎖型補強筋（以下、フックと表記）を試作し、RCはりおよび柱部材の破壊試験を通してその補強効果の高さを検証してきた。しかし、これらの研究で使用した試験体では、付着割裂破壊の生じた区間の長さが明確ではなく、具体的に幾らの付着割裂強度を発揮できるのかという、定量化の問題が課題として残された。本研究は、RCはりのせん断スパン域に400mmの明確な定着区間を設けた試験体を作製し、付着割裂強度を含む主筋および横補強筋の力学的挙動について検討したものである。

2. 実験方法 図-1に試験体の形状・寸法を示す。試験体は、幅200mmまたは250mm、高さ350mm、スパン1800mmの対称2点载荷を受ける単純ばりである。軸方向鉄筋は、圧縮鉄筋（D19，SD345）が2～3本、引張主筋（D19，SD395）が3本～5本である。横補強筋としてスターラップ（D6，SD295A，間隔100mm）およびフック（D6，SD295A，間隔 $sh=50$ または100mm）を配置した。引張主筋は、支点近傍部にステンレス製パイプをかぶせ、かつせん断スパン中央部付近に発砲スチロールを用いて幅40mmの切り欠き部を設けることにより、定着長を400mmに限定した。はりのせん断耐力を高め、付着割裂破壊を先行させるため、図-1(f)の側面図に示したように、定着区間における各スターラップの中間に33mm間隔で付加的なせん断補強筋を配置した。実験変数は、付着割裂パラメータ b_{si} （コンクリート部分の断面幅/主筋幅）、主筋本数に対するフックの脚数、およびフック間隔 sh である。表-1にコンクリート、表-2に鋼材の力学的性質を示す。

表-1 コンクリートの力学的性質

圧縮強度 f_c (MPa)	29.0
割裂引張強度 f_t (MPa)	2.53
弾性係数 E_c (GPa)	20.8

表-2 鋼材の力学的性質

	主筋	非閉鎖型補強筋 スターラップ
鉄筋径 (mm)	19.1	6.35
降伏強度 f_y (MPa)	431.4	390.5
引張強度 f_u (MPa)	640.5	589.4
弾性係数 E_s (GPa)	192.1	202.0

3. 破壊状況 写真-1に試験体No.1の破壊状況を一例として示す。試験体No.1～4においては、同写真に示したように、定着区間での主筋に沿う付着割裂ひび割れによる破壊を生じた。試験体No.5は、载荷装置の能力の関係で破壊させることができなかったが、ひび割れ状況から判断して、そのまま载荷を続けた場合、せん断破壊に移行した可能性がある。

4. 付着割裂強度 表-3に今回得られた付着割裂強度の実験値と既往の強度式による計算値との比較を示す。強度式としては藤井式²⁾および著者等の提案した式（佐藤式）¹⁾の2つを用いた。同表において実験値と計算値との比はほぼ1.0に近く、特に、フックの補強効果を考慮に入れて提案した佐藤式は、良好

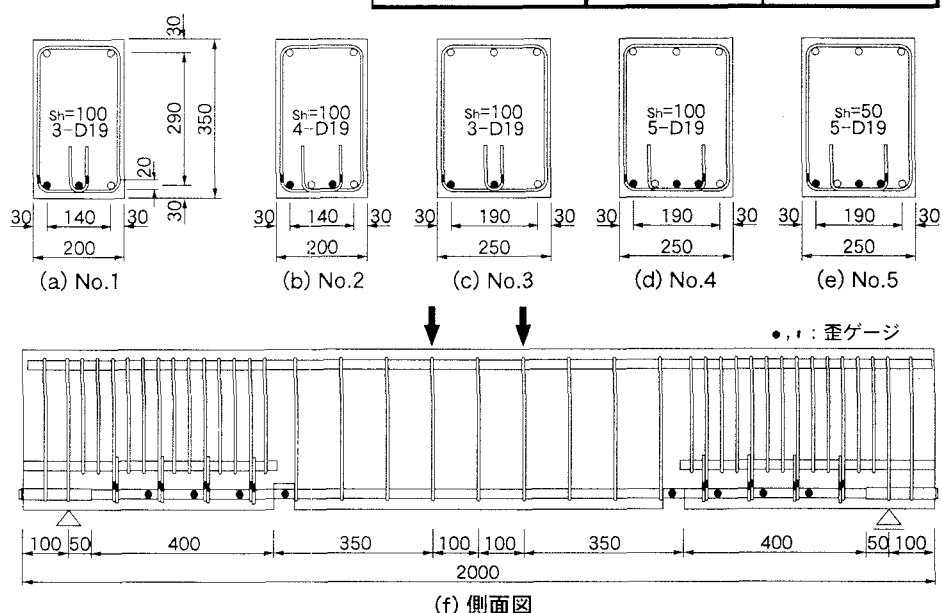


図-1 試験体の形状・寸法（単位mm）

表－3 付着割裂強度の実験値と計算値との比較

試験体No.		1	2	3	4	5
付着強度 (MPa)	藤井式	3.58	2.75	4.14	2.58	2.92
	佐藤式	4.22	2.94	4.73	2.54	3.13
	全鉄筋の平均値	4.65	3.79	5.36	2.92	2.75
	実験値/藤井式	1.30	1.38	1.30	1.13	0.94
	実験値/佐藤式	1.10	1.29	1.13	1.15	0.88
	破壊側鉄筋の平均値	4.59	3.76	5.52	3.04	2.84
	実験値/藤井式	1.28	1.37	1.34	1.18	0.97
	実験値/佐藤式	1.09	1.28	1.17	1.20	0.91

試験体No.5は未破壊のため、最大荷重時の付着応力を表示

藤井式には、フックを全て補強筋として考慮

実験値には、歪ゲージの防水被覆に伴う3箇所×25mmの非付着区間を考慮

な強度評価を与えることが分かる。ただし、今後、フック脚数の多いケース等についてさらに検討していく必要がある。

5. 主筋付着応力 τ 分布 図－2に、試験体No.2の第3主筋における付着応力 τ 分布の推移を示す。ここに、第3主筋とは、図－1の試験体断面図における左から3番目の主筋を意味している。また、横軸Xは定着区間端部（パイプ側）からの距離を示す。荷重の増加に伴い、載荷端（X=400mm）近傍では付着劣化が生じ、付着応力は低下している。しかし、それ以外の部分では τ はほぼ一様分布を示しており、本付着割裂試験体の有用性がみてとれる。

6. フック応力 σ_h 分布 図－3に、試験体No.2におけるフック応力 σ_h 分布の推移を示す。荷重が小さい段階では σ_h は載荷端で大きい、荷重増加による割裂ひび割れの発生・進展に伴い次第に一様分布へと移行する。応力 σ_h の最大値は200MPa強であり、普通強度鉄筋の使用で十分であると考えられる。ただし、フックには曲げ引張が作用し、一部には曲げ降伏しているものもあった。

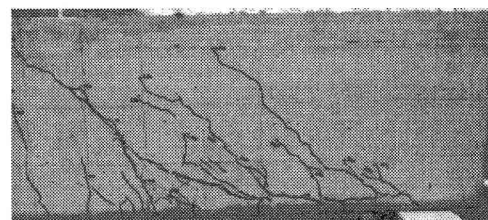
7. スターラップ応力 σ_{st} 分布 図－4に、試験体No.2におけるスターラップ応力 σ_{st} 分布の推移を示す。割裂ひび割れの発生・進展に伴い σ_{st} は急激に増加する。応力 σ_{st} 最大値は300MPa弱であるが、ここでも一部に曲げ降伏しているものがあつた。今回スターラップの中間に補助的横補強筋を使用したことを考慮すると、フックとの併用に際しては高強度鉄筋の使用が望ましい。

8. 結論 本研究では、非閉鎖型補強筋が付着割裂専用補強筋として有効であり、その付着割裂強度は著者等の提案した算定式を用いて評価できることを明らかにした。

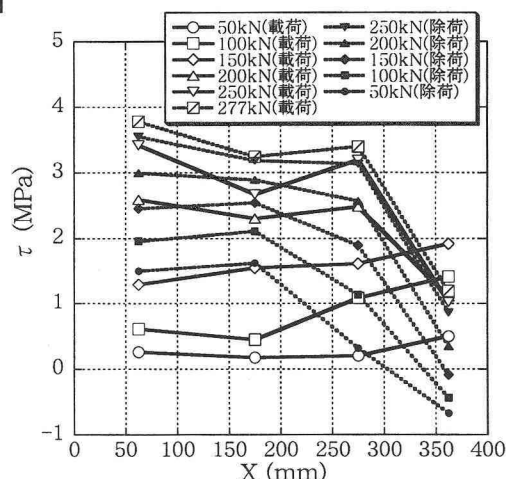
謝辞 本研究は、高周波熱錬（株）の助成を頂いて実施したものである。ここに、関係各位に謝意を表します。

参考文献 1) Sato, Y., Nagatomo, K. and Nakamura, Y.: Bond-Strengthening Hooks for RC Members with 1300 MPa-Class Shear-Reinforcing Spirals, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol.2, No.2, pp.7-14, Nov. 2003

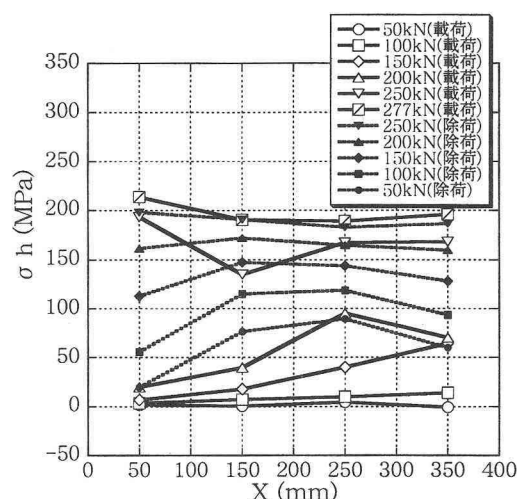
2) 藤井 栄：鉄筋コンクリートにおける付着・定着特性とその部材性能に及ぼす影響に関する研究，京都大学学位論文，1992.1



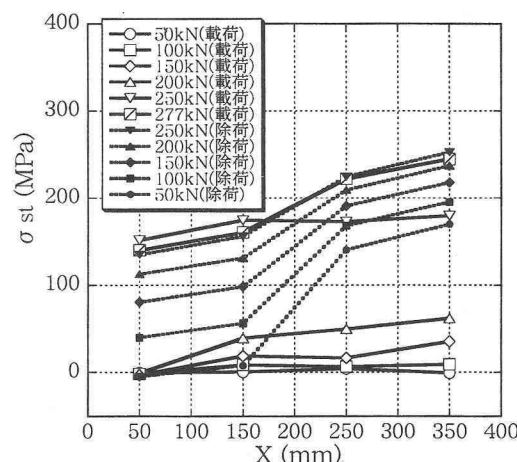
写真－1 破壊状況（試験体No.1）



図－2 付着応力 τ 分布の一例（試験体No.2，主筋No.3）



図－3 フック応力 σ_h 分布の一例（試験体No.2）



図－4 スターラップ応力 σ_{st} 分布の一例（試験体No.2）