

断面変化による付着応力の低減が曲げ破壊靱性に及ぼす影響

東京理科大学 学生員 ○ 佐々木 彬
東京理科大学 正会員 佐藤 幸恵
東京理科大学 学生員 中島 亮

東京理科大学 正会員 辻 正哲
鉄道総合研究所 岡本 大
東京理科大学 学生員 元井 康博

1. はじめに

1995 年に発生した兵庫県南部地震では、不適切な鉄筋の定着やせん断耐力不足から、破壊あるいは崩壊した鉄筋コンクリート構造物も多く見られた。その後、せん断破壊した事例に対し、せん断補強鋼材の重要性およびその定着の重要性が明らかにされてきた。こうしたせん断補強効果を確実に保証するためには、斜め引張応力に対するスターラップあるいは帯鉄筋方向の補強が重要であることは当然であるが、主鉄筋とコンクリートとの付着力も重要な役割を果たしている。異形鉄筋の付着応力は、鉄筋とコンクリート間での滑りを伴って発生するため、曲げひび割れ付近では鉄筋が抜け出そうとすることから局部的に付着強度を上回る箇所も存在すると考えられる。付着破壊が進行すると、かぶりの剥離や鉄筋の節におけるコンクリートストラットの破壊から、鉄筋とコンクリートの一体性が損なわれ、鉄筋コンクリートとして挙動しなくなる可能性がある。

付着応力を低減する方法としては、 a/d を大きくするか、過去に建設された橋脚に多く採用されていたように作用曲げモーメントが減少する方向に有効高さを小さくする方法が考えられる。柱の有効高さは、構造物の形状より定まる場合がほとんどであるため、断面を変化させることが付着力を低減させるための有効な手段となると考えられる。

本研究では、大地震時でも RC 構造物の鉄筋とコンクリートとの一体性を確保することを目的とし、有効高さを連続的に変化させ鉄筋とコンクリートの間に生じる付着応力を低減することの効果について検討した。なお、作用曲げモーメントに応じて有効高さを変化させると、主鉄筋に作用する応力は一定となるため付着応力はほとんど生じなくなるが、柱部材に勾配（有効高さに傾斜）を設けることによって実験を行った。

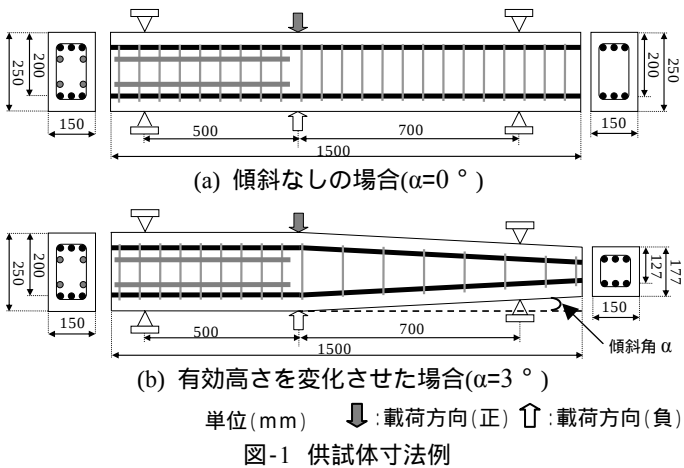
2. 実験概要

有効高さを変化させた供試体の例は図-1-(b)に示す通りである。図中の左側を構造物の基礎、右側を柱と想定し、柱基部から柱上部に向かうに従い RC 断面が小さくなるように、両側面に傾斜をもたせ RC 断面を変化させた。実験に用いた供試体は、表-1 に示した 11 体であり、傾斜を設けないもの（傾斜角 $\alpha : 0^\circ$ ）および α を 1.5° 、 3° としたものである。主鉄筋径には D10、D13、D16 および D19 の 4 種類を用い、主鉄筋径に応じて帯鉄筋のピッチを変化させた。なお、有効高さを変化させた場合には、 $\{(\text{曲げ耐力}/d) \times 2 \tan \alpha\}$ だけ作用するせん断力が減少するとして帯鉄筋のピッチを大きくした。

載荷試験は、正負交番繰返し載荷とし、交番は部材回転角 ± 1.71 (降伏変位を少し超えた時の回転角)、3.42、6.84、13.68 で行った。なお、載荷材齢 7 日におけるコンクリート強度は 30N/mm^2 であった。

表-1 供試体一覧

Series	番号	主鉄筋			帯鉄筋	
		径	本数		径	ピッチ(mm)
			引張側	圧縮側		
A	No.1	D10	3	3	0	D6 95
	No.2				1.5	D6 105
	No.3				3	D6 120
B	No.4	D13	3	3	0	D6 75
	No.5				1.5	D6 85
	No.6				3	D6 105
C	No.7	D16	3	3	0	D6 40
	No.8				1.5	D6 45
	No.9				3	D6 55
D	No.10	D19	3	3	0	D10 60
	No.11				3	D10 75



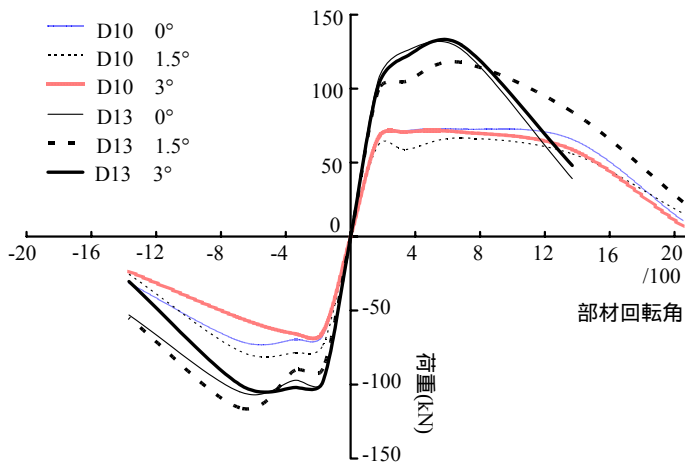


図-3(a) Series A、B の荷重-変位包絡線

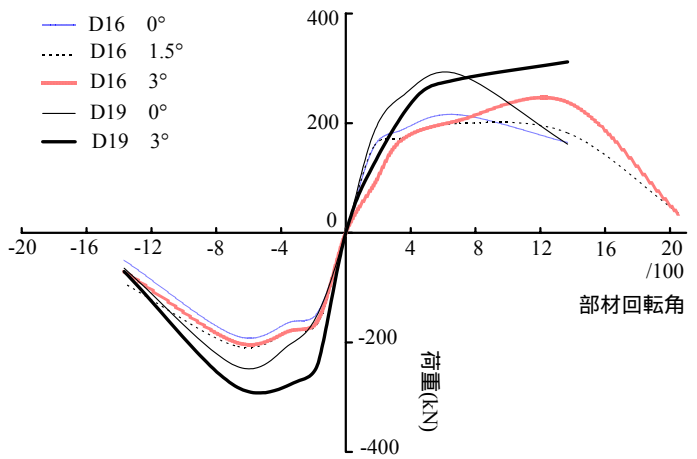


図-3(b) Series C、D の荷重-変位包絡線

3. 実験結果および考察

図-3は、荷重-変位包絡線図である。主鉄筋径がD10およびD13を用いた場合には、有効高さを変化させても、最大耐力・靱性ともに有効高さを変化させていない場合とほとんど変わっていない。しかし、主鉄筋径にD16およびD19を用いた場合には、せん断補強筋量を減少させたのにも関わらず、傾斜角を 3° としたことで、正負のいずれの載荷時でも、若干の最大耐力の増加と、靱性の著しい向上が見られた。

D10およびD13を用いた場合に傾斜角の影響がほとんど見られなかったのは許容応力度法により求めたせん断力による付着応力度($\tau_0 = \tau_1 / ujd$, $\tau_1 = -(M/d) 2 \tan \alpha$)が、異形鉄筋の付着強度($f_{b0} = 0.28 f_s^{2/3}$)を大きく下回っていたためと考えられる。しかし、D16およびD19を用いた場合には、傾斜角が 0° の場合 τ_0 が f_{b0} を超えるが、傾斜角が 1.5° の場合 τ_0 は f_{b0} を若干超えるだけとなり、傾斜角が 0° 、 3° の場合 τ_0 は f_{b0} を下回ることが靱性の変化に大きく関係していると考えられる。

一方、傾斜角が 0° の場合ひび割れの本数は少なく、柱基部にひび割れ幅が集中し、かつ柱基部から柱部方向の150mmの区間に集中して破壊が進行し、部材回転角13.68/100では写真-1-(a)に示すように部材軸線に大きなずれが生じた。しかし、傾斜角が 3° の場合では、破壊は柱基部から柱部方向へ300mmの区間が塑性ヒンジ部となり、ひび割れは柱部全域に分散し、部材回転角13.68/100でも、写真-1-(b)に示すように部材軸線のずれは見られなかった。これにより有効高さを変化させた場合、柱基部付近に集中する破壊を分散でき、大変形時でも部材軸線のずれは小さくなった。

写真-1(a) D19 0° 部材回転角 13.68/100写真-1(b) D19 3° 部材回転角 13.68/100

4. まとめ

付着応力を付着強度以下に低減させる方法は、大変形時においても鉄筋とコンクリートの一体性を確保するための有効な手段となる他、ひずみ軟化領域においても部材軸線のずれを防止できることから靱性が向上する。