

## 10°～15°で曲げ戻した鉄筋 D13～D22 の繰返し引張疲労試験

三井住友建設（株）技術研究所 正会員 ○有川 直貴  
 中日本高速道路（株）名古屋支社 正会員 伊原 康之  
 三井住友建設（株）土木設計部 正会員 紙永 祐紀

### 1. はじめに

床版拡幅等の工事において、既設部と拡幅部の鉄筋をエンクロズド溶接等で接続することが行われる。接続部近傍に PC の定着体など動かさない障害物がある場合、接続に必要な空間が確保できない場合は、一時的に鉄筋を折り曲げて空間を確保し、その後曲げ戻すことが考えられる。

曲げ戻した鉄筋の機械的性質について山中等<sup>1)</sup>は、D16で曲げ角度 90 度の曲げ戻し鉄筋の疲労寿命が無加工のものと比較して 30%～50%まで低下するとしている。一方、折り曲げ角度が小さい場合の研究はほとんど見られず、繰返し载荷に対する安全性について検証が必要である。

そこで、本報告では、10° と 15° の折り曲げおよび曲げ戻しを行った鉄筋の 200 万回繰返し引張载荷試験を実施して、载荷前後での機械的性能（降伏強度および引張強度）の変化を確認した。

### 2. 試験方法

試験は鉄筋定着・継手指針<sup>2)</sup>における“継手鉄筋の疲労試験方法”に従って実施した。载荷応力の上限は 120N/mm<sup>2</sup>とした。これは、対象を床版と想定し、鉄筋の許容応力度 140N/mm<sup>2</sup>に 20N/mm<sup>2</sup>の余裕を持たせた値である<sup>3)</sup>。下限は指針<sup>2)</sup>に従い 30N/mm<sup>2</sup>とした。鉄筋は SD345 で、D13・D16・D19・D22 の 4 種とし、それぞれの径で曲げ戻し角度 10° と 15° の 2 ケースとした。曲げ戻しは曲げ棒を用いてそれぞれ 1 回の操作で折り曲げと曲げ戻しを行った。試験は各ケースにつき 3 本ずつ実施した。表-1 に鉄筋径と载荷荷重の上限値と下限値を示す。

図-1 に载荷装置および試験の状況を示す。試験は最大荷重 500kN の油圧アクチュエータを用いて行った。一度に 6 本の载荷ができるように、同一円周上に 6 個の孔を有する上下のプレート間に試験片をセットした。試験片の長さは 500mm で、両端に FD グリップと呼ばれる機械式継手を取り付け、それに全ネジ鋼棒を接続してプレートを貫通させてナットで固定している。各鉄筋に作用している荷重はプレートとナット間に設置した荷重計で試験中終始計測し、

表-1 鉄筋径と载荷荷重

呼び名	上限 (kN)	下限 (kN)
D13	15.2	3.8
D16	23.8	6.0
D19	34.4	8.6
D22	46.5	11.7

鉄筋規格：SD345

上限応力：120N/mm<sup>2</sup>， 下限応力：30N/mm<sup>2</sup>

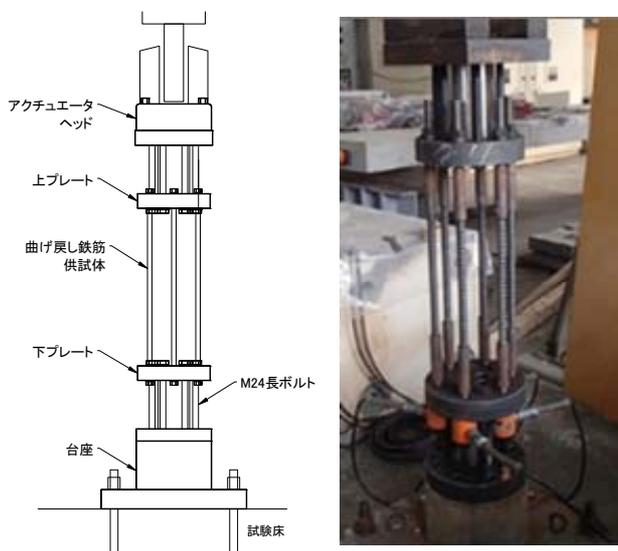


図-1 载荷装置および状況

6 本の鉄筋に荷重が均等に作用するようにナットの締付け量を適宜調整した。载荷は、5Hz～6Hz の範囲で行った。

試験片は、曲げ変形が多少残っているものがあり、载荷中に横ブレが生じているものもあったが、载荷荷重への影響は小さく、調整によりすべての試験片で上限・下限荷重を満足するように载荷することができた。

### 3. 曲げ戻し試験

疲労試験に先立ち、文献<sup>4)</sup>に従って鉄筋の曲げ戻し試験を実施した。これは、曲げ半径 2.5D (D16 以下) あるいは 3.0D (D16 超) で 90°の曲げ戻し加工を実施して亀裂を生じないか確認するものである。

キーワード：異形鉄筋， 曲げ戻し， 疲労，

連絡先：〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 TEL04-7140-5201, FAX04-7140-5216

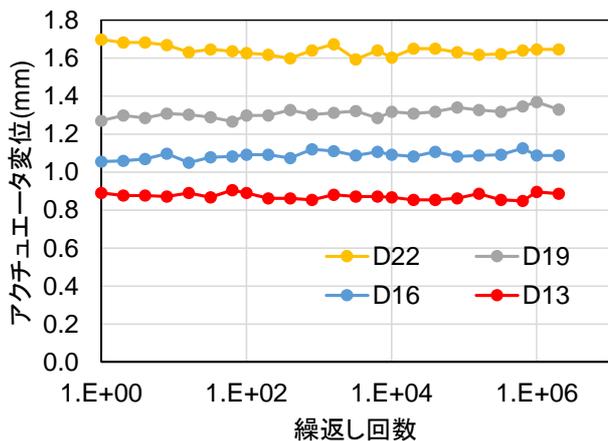


図-2 アクチュエータヘッドの変位

各鉄筋径について3本ずつ試験を行った結果、亀裂等は生じなかった。

3. 疲労試験結果

図-2 は、繰返し回数とアクチュエータヘッドの変位の関係である。当該変位には、鉄筋の伸びに加えて治具の変形等も含まれるため、計算上の鉄筋の伸びよりも大きめの値となっているが、载荷中の伸びの増大や変状は見られなかった。

疲労試験後に引張試験を実施した。疲労試験前の結果と合わせて表-2 にまとめた。また、引張破断後の試験片の状況 (D16) を写真-1 に示す。引張試験は試験片端部の機械式定着具を掴んで実施した。全試験片のうち2本はこの機械式定着具と鉄筋間でずれが生じて引張強度を確認することはできなかったが、それ以外の試験片はすべて母材で破断した。

試験片の破断位置はいずれも曲げ戻し部(試験片中央部)ではなかった。これは、曲げ戻し加工部が塑性硬化して強度が上がっていたためと考えられる。

疲労試験前後の降伏点および引張強度の差異は小さく繰返し引張载荷の影響はほとんどないことが分かった。これまで、本実験対象としたような曲げ戻し角度が15°以下と小さい場合の繰返し引張载荷に対する影響は確認されていなかったが、本試験結果から降伏点や引張強度に与える影響はないことが分かった。

4. まとめ

床版の拡幅等の施工を想定した鉄筋の10°~15°の比較的小さな曲げ角度の曲げ戻しに関し、繰返し引張载荷に対する安全性を検討した。载荷応力30~120N/mm<sup>2</sup>、繰返し回数200万回の条件において鉄筋の機械的性能に影響を与えないことを確認した。



写真-1 引張試験における破断位置 (D16, 上3本10°, 下3本15°)

表-2 疲労試験前・後の引張試験結果

曲げ戻し角度	呼び名	No.	疲労試験後		疲労試験前	
			降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
10°	D13	1	395	565	401	578
		2	390	564		
		3	391	561		
	D16	1	391	561	392	568
		2	392	560		
		3	386	560		
	D19	1	385	554	380	560
		2	380	551		
		3	383	556		
D22	1	394	546*	396	588	
	2	387	568			
	3	394	570			
15°	D13	1	393	562	395	578
		2	391	561		
		3	391	562		
	D16	1	394	562	394	568
		2	387	559		
		3	394	562		
	D19	1	362	546	382	563
		2	383	553		
		3	367	545		
	D22	1	381	570	396	588
		2	384	570		
		3	382	542*		

\*: 端部機械式定着具から鉄筋抜け出したため破断せず

参考文献

- 1) 塑性変形を受けた鉄筋の疲労特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.2, pp.1045-1050, 2004
- 2) (社)土木学会:鉄筋定着・継手指針[2007年版], CL.128, pp.52, 2007.8
- 3) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説IIIコンクリート橋編, pp.132, 平成24年3月
- 4) NEXCO 東・中・西(株):コンクリート施工管理要領, pp.43, 平成21年7月