

異形鉄筋の曲げ戻し特性に関する一考察

JR 東日本 正会員 ○田附 伸一
同 上 津吉 毅

1. はじめに

これまで ASR により劣化したコンクリート構造物は、内部に鉄筋が適切に配置されている場合、耐荷性能が低下しないとされてきた。しかし近年、ASR による膨張圧でコンクリート構造物に配置された鉄筋が曲げ加工部で破断する事象が報告¹⁾され、延性的なねばり強さを特徴とする鉄筋が脆性的な破壊性状を示したことから、鉄筋コンクリート構造物の安全性が懸念されている。

本研究は、鉄筋の曲げ加工部における破断現象の再現を目的として曲げ戻し試験を行ったものである。本稿は、鉄筋曲げ半径や時効の有無による鉄筋の曲げ戻し特性について報告するものである。

2. 試験概要

図 - 1 に曲げ戻し試験略図を示す。鉄筋のリブが側面になるようにして、90 度に曲げ加工することにより、U 形にして両端に圧着グリップを取り付け、反力台と PC 鋼棒で固定した。U 形に加工した中央部に油圧ジャッキを配置し、水平方向に载荷して軸引張力を与えながら、鉄筋の曲げ加工部を曲げ戻す方法で試験を行った。鉄筋は、一般的な電炉製品の SD345 を使用し、D13・19・25・32 の 4 種類を用いて 1.0・1.5・2.0・2.5 に曲げ加工した。表 - 1 に鉄筋の化学成分を示す。

時効処理を行っていない鉄筋試験体では、そのまま曲げ戻し試験を行った以外に、約 4 ヶ月間にわたり塩水を噴霧して暴露した後の曲げ戻し試験も行った。D13 および D19 試験体では 1.5 と 2.0 の曲げ半径の試験体を、D25 および D32 試験体では 2.0 と 2.5 の曲げ半径の試験体を行った。

なお、時効処理は 100 で 24 時間とした。鉄筋の中心部に温度センサーを配置したダミー鉄筋を鉄筋試験体と一緒に炉の中に入れ、ダミー鉄筋の温度が 100 となった時点から 24 時間処理を行った。

3. 試験結果

試験結果を表 - 2 に示す。表中の「良好」「キズ」「亀裂」「延性破断」「脆性破断」は外観の損傷程度を示したものであり、-印は鉄筋の曲げ戻し試験が未実施のものである。曲げ戻し試験前に確認された「キズ」は鉄筋軸方向に生じており、曲げ戻し試験で生じた亀裂は鉄筋のふしの付け根付近で軸直角方向に発生していた。したがって、試験前に確認された鉄筋軸方向のキズは今回の場合、曲げ戻し性能に影響しなかったものと考えられる。

D13 試験体は、曲げ戻しにより破断しなかったが、1.0 と 1.5 の場合に深い亀裂を生じ、D19 試験体では 1.0 と 1.5 で鉄筋破断を生じたが、曲げ半径 2.0 ではキズ程度の損傷で曲げ戻った。D25 試験体では、時効処理の有無にかかわらずキズ程度の損傷で曲げ戻った。D32 試験体では、時効処理を行った 1.5 で鉄筋破断を生じ、それ以外の試験体ではキズ程度の損傷で曲げ戻った。

塩水を噴霧した試験体は、同じ曲げ半径の時効処理を行わなかったものと同様の結果であった。

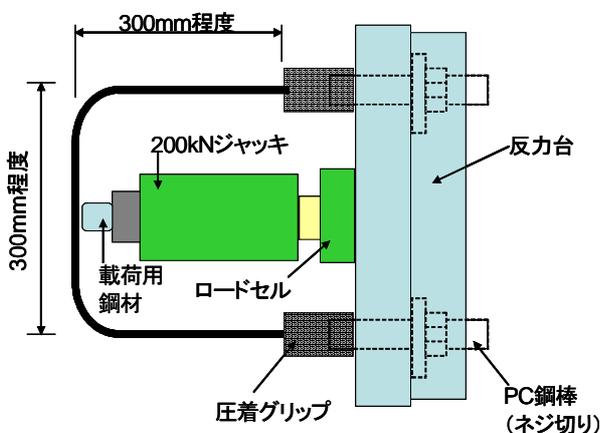


図 - 1 曲げ戻し試験略図

表 - 1 鉄筋化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
D13	0.23	0.18	1.00	0.033	0.044	0.34	0.22
D19	0.23	0.21	0.98	0.032	0.042	0.34	0.22
D25	0.23	0.19	0.92	0.028	0.038	0.29	0.24
D32	0.24	0.18	0.91	0.035	0.030	0.34	0.25
	Sn	Ni	N	N	Al	V	Ti
D13	0.030	0.12	0.011	0.0022	0.002	0.005	0.001
D19	0.026	0.12	0.011	0.0024	0.001	0.008	0.001
D25	0.035	0.10	0.012	0.0033	<0.001	0.010	0.001
D32	0.029	0.08	0.012	0.0036	<0.001	0.013	0.001

: N/窒化物

キーワード：鉄筋、曲げ半径、ひずみ時効

連絡先：〒151-8578 渋谷区代々木 2-2-2 TEL03-5334-1288

表 - 2 曲げ戻し試験結果

鉄筋径	時効処理	曲げ戻し試験前の外観状況						曲げ戻し試験後の外観状況					
		1.0		1.5		2.0		1.0		1.5		2.0	
			塩		塩		塩		塩		塩		塩
D13	有		×		×		×		×		×		×
	無		×		×		×		×		×		×
D19	有		×		×		×		×		×		×
	無		×		×		×		×		×		×

鉄筋径	時効処理	曲げ戻し試験前の外観状況						曲げ戻し試験後の外観状況					
		1.5		2.0		2.5		1.5		2.0		2.5	
			塩		塩		塩		塩		塩		塩
D25	有		×		×		×		×	-	-	-	×
	無		×		×		×		×	-	-	-	×
D32	有		×		×		×		×		×		×
	無		×		×		×		×	-	-	-	×

凡例 : 良好 : キズ : 亀裂 : 延性破断 : 脆性破断
 鉄筋曲げ半径の基準²⁾ 軸方向鉄筋 : 2.5 以上 スターラップ[°]、帯鉄筋 : 2.0



キズの例



亀裂の例



破断の例

図 - 2 曲げ戻し試験後の外観状況

D19 鉄筋試験体の鉄筋破断時の鉄筋引張応力度の比較を図 - 3 に示す。鉄筋応力度は、試験体 3 体の平均値を示した。曲げ半径が小さいほうが、低い引張応力度で破断に至っており、また時効処理によっても同様に低い引張応力度で破断することがわかる。

4. まとめ

ASR による鉄筋破断現象の再現を目的に行った曲げ戻し試験結果のまとめを以下に述べる。

- (1) 鉄筋曲げ半径を小さく加工 (1.0、1.5) したものを曲げ戻した結果、低い荷重で鉄筋破断もしくは深い亀裂を生じた。
- (2) 時効処理を行った場合、鉄筋の損傷が大きくなり、破断に至る場合の荷重が低くなる傾向を示した。
- (3) 曲げ半径を適切に加工 (2.0 以上) した場合、今回の曲げ戻し試験ではキズ程度の損傷であった。

謝辞 本研究に際して、JR 東日本フロンティアサービス研究所の皆様から多大なるご協力を賜りました。この場を借りて、御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 鳥居ほか: ASR 膨張によるコンクリート構造物の鉄筋破断の検証, コンクリート工学年次論文集, Vol. 23, No. 2, pp595-600, 2001.6
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書 [構造性能照査編], pp124, 2002.3

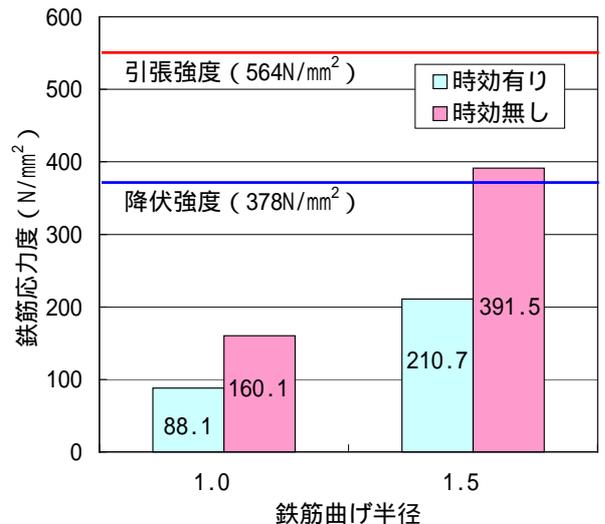


図 - 3 D19 試験体破断時の引張応力度