

アルカリ骨材反応を生じた構造物中の鉄筋破断に関する実験的検討

阪神高速道路公団 保全施設部 保全技術課 係長 正会員 ○松本 茂
 (株)国際建設技術研究所 代表取締役社長 フェロー 葛目 和宏
 神鋼鋼線工業(株) 生産技術本部 開発部長 南 敏和
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 宮川 豊章

1. はじめに

アルカリ骨材反応（以下、A S Rと記す）が進行すると鉄筋の曲げ加工部等において、破断する事例が報告されている。従来の補修を主体とした対応から、補強対策の必要性が高まってきている。鉄筋破断の原因については未解決であるが、維持管理を実施していく上で、解決すべき課題である。そこで本実験では、A S Rによる鉄筋破断メカニズムについて、いくつかの実験検討を試みた。

2. 予備実験

2.1 小型模擬実験

鋼材の曲げ加工部分での鉄筋破断について、膨張量とひずみの関係から検討を行った。コンクリートの供試体寸法は $30 \times 30 \times 70\text{cm}$ の長方形の供試体である。本実験では、A S Rによって生じる膨張を人工的に再現させるため、供試体の中心部を、円形または正方形に型取って、その中へ膨張コンクリートを打ち込んだ。さらに供試体に用いるコンクリート全てを膨張コンクリートで置換させるケースも加え、計3水準により検討を行った。その結果、ひび割れや鉄筋ひずみ（約 2000μ ）は発生したものの、鉄筋が破断するまでには至らなかった。

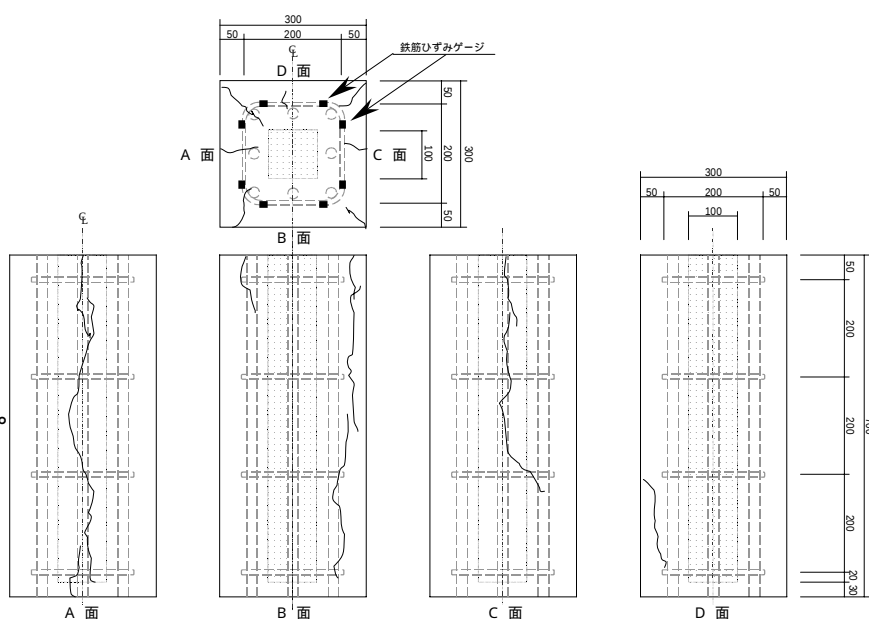


図1 供試体形状およびひび割れ発生状況（正方形）

2.2 鉄筋材料試験

表1 鉄筋の化学成分

(wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	N
実使用品	0.25	0.22	0.70	0.024	0.035	0.26	0.09	0.11	0.002	0.0107
市販品	0.21	0.06	0.41	0.028	0.046	0.46	0.11	0.36	0.002	0.0122
JIS G 3112 SD295A	-	-	-	0.05	0.05	-	-	-	-	-

表1に、コンクリートをはつって取り出した実使用鉄筋と合わせて化学成分を示す。また表2に、使用した鉄筋の引張試験結果を示す。

表2 機械的性質

	呼び名	降伏荷重 kN	最大荷重 kN	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び %
実使用品	D16	71	109	356	550	23
市販品	D16	68	100	342	504	25
JIS G 3112 (SD295A)	-	-	-	295 以上	440 ~ 600	16 以上
JIS G 3112 (SD345)	-	-	-	345 ~ 440	490 以上	18 以上

キーワード：アルカリ骨材反応，鉄筋損傷，ひずみ時効，曲げ加工

〒541-0056 大阪府大阪市中央区久太郎町 4-1-3 大阪センタービル内

TEL 06-6252-8121(代)

3. 曲げ加工試験

3.1 蛍光磁粉損傷

ベンダーを用いて、曲げ半径 $2d$ と $1d$ 、それぞれで 90° 曲げ加工を行い、曲げ部内側のクラック発生有無について調査を行った。蛍光磁粉損傷による調査の結果、 $1d$ の曲げではクラックが白くくっきりと認められたのに対し、 $2d$ の方はややぼやけたように見え、クラックは発生していないと判断できた。

3.2 引張試験

$1d$ 、 $1.5d$ 、 $2d$ で曲げた引張試験結果を表 3 に、引張試験の概略図を図 2 に示す。引張強さは、クラックの発生した $1d$ が、通常の引張強さの半分近くにまで低下していた。引張破面については $1.5d$ と $2d$ ではともに、曲げ部以外の部位で破断していたが、曲げ加工半径の小さい $1d$ では、曲げ部で破断し、起点部から同心円状に延性破面が存在し、その外側には脆い劈開破面となっていた。

表 3 引張強さ試験結果

供試体 曲げ半径	引張強さ (N/mm^2)
∞	504
$1d$	246
$1.5d$	504
$2d$	494

d : 加熱時間 10 分



図 2 引張試験の概略図

4. ひずみ時効試験

4.1 引張試験

ひずみ時効の影響を見るために、各供試体をそれぞれ 90° 曲げ加工を行った後、曲げ部を 150° で 10 分加熱した。引張試験結果を表 4 に示す。この結果、曲げ加工によりクラックの生じていた $1d$ では、前項 3.2 と同様、引張強さは 200N/mm^2 近くにまで低下している。ひずみ時効に対する加熱時間の影響をみるために、 $1d$ 供試体をさらに長く、30 分、100 分、200 分と加熱処理を行ったが、硬さ測定を行った結果からは、大きな違いは認められなかった。

表 4 時効処理の影響

供試体 曲げ半径	引張強さ (N/mm^2)
$1d$	207
$1.5d$	492
$2d$	494

d : 加熱時間 10 分

4.2 曲げ戻し試験

曲げ半径 $1d$ で 90° 曲げ加工を行った後、加熱したものとし、しないものそれぞれの破断の有無を表 5 に示す。この結果、曲げ戻しにより、 $1d$ -0 分

表 5 曲げ戻し試験結果

供試体 曲げ半径	加熱時間	破断の有無
$1d$	0 分	無
$1d$	10 分	有
$2d$	10 分	無
$1d$	200 分	有

あるいは $2d$ -10 分は破断しなかったが、 $1d$ -10 分と $1d$ -200 分は破断した。 $1d$ -10 分で曲げ戻した時の試験状況を写 1 に示す。破面においては、曲げあるいは時効加熱処理をして強度が低下した場合と同様、起点部から同心円状に延性破面が存在し、その外側は脆い劈開破面となっていた。



写 1 曲げ戻し時の試験状況（ $1d$ -10 分）

5. まとめ

- (1) 現在、市販されている鉄筋と A S R 損傷構造物中であって破断の見られた鉄筋としては、成分的には違いがあるが、機械的特性には大差がない。
- (2) 曲げ加工を行う場合、曲げ半径が極端に小さな部分には、曲げ内側にクラックが発生することがある。
- (3) ひずみ時効の影響は、曲げ加工半径が小さいとより顕在化する傾向を示し、引張強度が低下するだけでなく、破断面も実橋で見られる延性破面と脆い劈開破面との両方が生じる。
- (4) 曲げ戻し試験によれば、曲げ加工半径が小さいと破断が生じ、半径が大きくてもクラックが生じることがある。

試験結果から、A S R による鉄筋破断に関しては、A S R による膨張圧と曲げ加工により、割れに対する感受性が増した事が一因と推測される。