

一軸方向の応力を受けた電炉鉄筋における強度特性と表面強度の相関

九州工業大学大学 学生会員○鹿子嶋 専 稲田 茂
九州工業大学大学 正会員 日比野 誠 合田 寛基

1. はじめに

アルカリ骨材反応に起因する鉄筋の破断事例では、曲げ加工による残留ひずみと供用中のひずみ時効によって鋼材の硬度が上昇するとともにじん性を失ったことがその原因の1つに挙げられている[1][2]。そこで本研究では、鋼材の残留ひずみとひずみ時効が鋼材の硬度や強度に及ぼす影響を調べ、破断時の伸びとの相関について検討を行った。

2. 実験概要

実験には、JIS G 3112 に適合する異形鉄筋 SD345 D22 を使用した。表-1 に使用した鉄筋の化学成分を示す。供試体は長さ 500mm で中央部の 40mm はふしとリブを研削している。

表-1 鉄筋の化学成分

	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Al	N	P	S
供試体	0.2	0.2	0.5	0.3	0.2	0.1	0	0	<0.01	0	0

残留ひずみは、供試体を塑性域まで引張り、除荷することで与えた。残留ひずみは 5, 10, 15% の 3 水準とした。鋼のひずみ時効は常温で析出した炭化物、窒化物が結晶格子をひずませた結果、鋼材の硬度が増す、析出硬化現象である。今回の実験では、鉄筋を加熱することで軽元素の析出を促進することで、ひずみ時効の再現を試みた[ref.]。供試体を電気炉に投入し 20 分間で 225℃ まで加熱し、この温度を 3 時間保持したのち、電気炉から供試体を取り出し、室内で 24 時間空冷した。

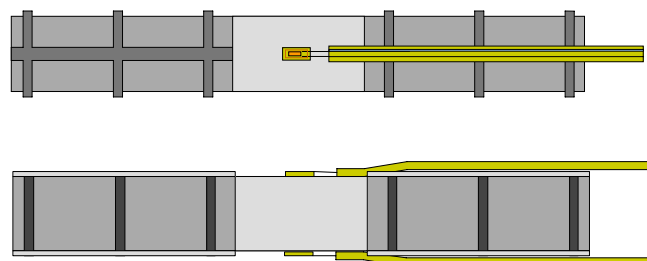


図-1 鉄筋のひずみゲージ貼付箇所

同様な処理を施した鉄筋を用いてビッカース硬度を測定した。

引張試験では、図-1 に示すように、供試体中央に塑性ゲージ（ゲージ長 5mm）を添付してひずみを測定すると同時に、中央部をデジタルカメラで撮影し、破断前後の画像から破断面を中心とする標点間距離 4mm の長さ変化をもとに伸び率を計算した。

3. 実験結果および考察

図-2 に残留ひずみとビッカース硬さの関係を示す。加熱処理による促進硬化を行っていない供試体であっても残留ひずみの増加に伴いビッカース硬さが増加しており、冷間加工による塑性ひずみによって鋼材の硬度が上昇することが確認できる。また、残留ひずみがゼロで促進硬化だけを行った供試体のビッカース硬さの増加は非常に小さいが、残留ひずみが 15% のものは促進硬化によるビッカース硬さの上昇が顕著である。したがって、促進硬化による鋼材硬度の上昇は残留ひずみの影響を受けていることがわかる。

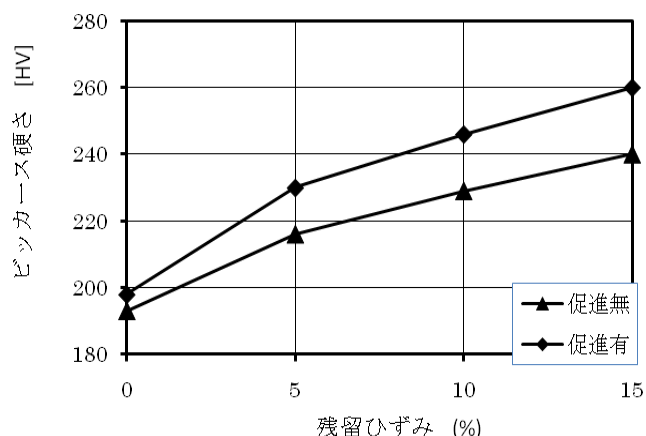


図-2 残留ひずみ-ビッカース硬さ関係

次に残留ひずみと引張強度との関係を図-3 に示す。促進硬化を行っていない供試体は残留ひずみが大きくなっても引張強度がほとんど変化していない。これに対して、促進硬化を施した供試体は残留ひずみの増加に伴い引張強度が上昇しているので、促進効果による引張強度の増加は残留ひずみの影響を受けていることがわかる。ま

た、残留ひずみがゼロの場合、促進硬化を行っても引張強度は変化しておらず、促進効果による強度上昇には残留ひずみが必要条件であることが分かった。一方、促進硬化の有無に関わらず、ビッカース硬さは残留ひずみの増加に伴い上昇しており、硬化の過程が異なる場合、強度の変化と硬度の変化には相関がない場合があると考えられる。

図-4 に残留ひずみと破断時の伸び率の関係を示す。促進硬化の有無に関わらず残留ひずみが大きくなると破断時の伸び率が低下していることから、じん性が低下していることがわかる。しかし、促進硬化の有無によりじん性低下の傾向は若干異なっており、促進硬化を行っていない供試体は残留ひずみの増加に対して徐々に伸び率が低下しているのに対して、促進硬化を施した供試体は残留ひずみ5%までの範囲で大きく伸び率が低下した後、残留ひずみが15%まで増加しても伸び率の低下は抑制されている。したがって、促進硬化による脆化は残留ひずみの有無には大きな影響を受けるが、残留ひずみの大きさは伸びの低下にあまり影響を及ぼさないと考えられる。ビッカース硬さは、残留ひずみと共に上昇する傾向を示しているが、破断時の伸びは残留ひずみが5%以上の範囲ではほとんど変化がないため、今回の実験では、ビッカース硬さの増加と伸びの低下、すなわちじん性の低下との間に明確な相関が認められない結果となった。

5. まとめ

残留ひずみの付与後に一軸応力を作用させた場合における強度特性、伸び率、表面硬度の変化について実験した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 残留ひずみがゼロで促進硬化だけを行った供試体のビッカース硬さの増加は非常に小さいが、残留ひずみが大きくなるにつれ、促進硬化によるビッカース硬さの上昇が顕著であり、促進硬化による鋼材硬度の上昇は残留ひずみの影響を受けていることがわかる。
- (2) 促進硬化を行っていない供試体は残留ひずみが大きくなっても引張強度がほとんど変化しないが、促進硬化を施した供試体は残留ひずみの増加に伴い引張強度が上昇する。このことから、促進硬化による引張強度の増加は残留ひずみの影響を受けていることがわかる。
- (3) 促進硬化による脆化は残留ひずみの有無には大きな影響を受けるが、残留ひずみの大きさは伸びの低下にあまり影響を及ぼさないと考えられる。

参考文献

- [1] 門間改三：鉄鋼材料学，実教出版，pp.21-39，1972
- [2] 小原嗣朗：金属材料概論，朝倉書店，pp64，1991

謝辞

化学成分の分析およびビッカース硬さの測定に関しては、長崎大学原田哲夫教授にご協力いただきました。付記し感謝の意を表します。

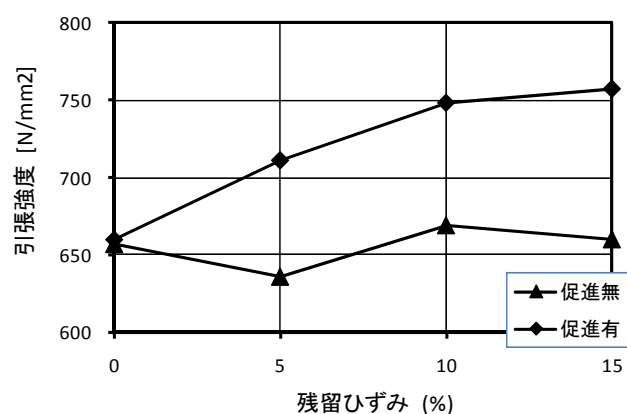


図-3 残留ひずみ-引張強度の関係

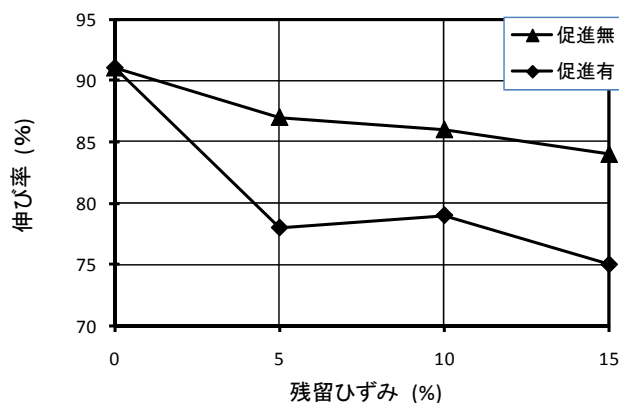


図-4 残留ひずみ-伸び率関係