

電炉異形鉄筋の強度特性と伸びの関係

1. はじめに

コンクリート中の曲げ加工部のへき開破壊による鉄筋破断は初期亀裂や加工硬化、残留応力など、複合的な要因が影響していると考えられている¹⁾。そこで本研究では、炭素鋼の強度特性に着目した。鋼材を一軸方向に引っ張り、鋼材に付与した残留ひずみによる加工硬化やひずみ時効硬化による硬度が強度特性にどのような影響を及ぼし、硬化の過程による違いが破断時の伸びに影響を及ぼすのかについての検討を行った。

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。

表-1 実験供試体の化学成分

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

供試体は図-1 のように長さ 500mm で中央部の 40mm はふしとリブを研削している。切削した部分をノギスで3箇所測り、平均した値をもとに断面積を計算した。

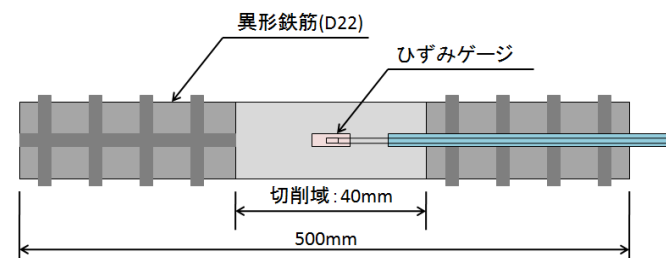


図-1 鉄筋のひずみゲージ貼付箇所

残留ひずみは、供試体を塑性域まで引っ張り、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。残留ひずみを与えないものは残留ひずみ 0% 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、ひずみ時効を再現した。本研究では、加熱によるひずみ時効の再現を促進硬化とした。

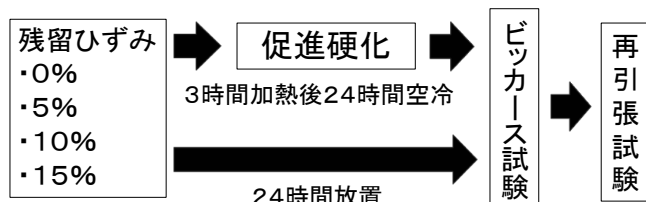


図-2 実験フロー

図-2 に実験フローを示す。促進硬化を行うものは、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。促進硬化を行わないものは残留ひずみを付与後、常温(20℃)で、24 時間放置した。

同様の処理を行った鉄筋の一部を用いて、ビッカース硬さ試験により、硬度を測定した。その後、再引張試験を行い、引張強度、伸び率を測定した。

引張試験では、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。

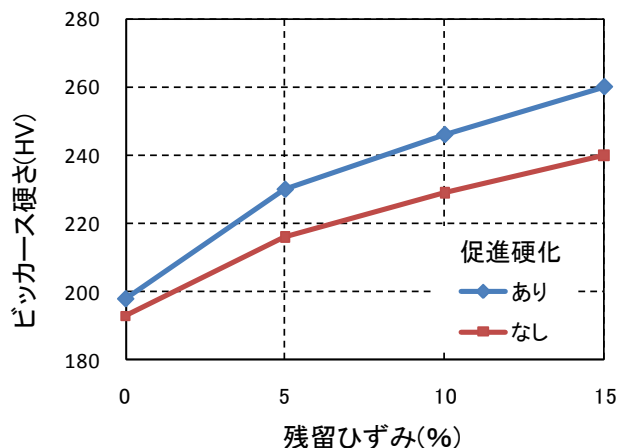


図-3 残留ひずみとビッカース硬さの関係

3. 実験結果および考察

図-3 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強度が上昇することが確認できた。また、残留ひずみが 0% 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強度の上昇は残留ひずみの影響を受けていることがわかった。

図-4 に残留ひずみと引張強度の関係を示す。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ため、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った。しかし、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ことがわかった。

図-5 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。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との間に明確な相関が認められない結果となった。

図-6 にビッカース硬さと伸び率の関係を示す。硬さの増加に伴い伸び率は低下しているが、同じ硬さであっても、加工硬化だけの硬さよりも 220℃で 3 時間の加熱処理による促進硬化を行ったときの硬さのほうが、伸び率が著しく低下している。このことから、硬化の過程による違いが破断時の伸びに影響を及ぼしていることがわかった。

4. まとめ

残留ひずみの付与後に一軸引張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) 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強度が上昇する。
- (2) 破断時の伸びの低下は、鋼材に付与した残留ひずみによる加工硬化、および、ひずみ時効硬化による硬さの増加に影響している。
- (3) 鋼材に付与した残留ひずみによる加工硬化だけの硬さよりも、220℃で 3 時間の加熱処理による促進硬化を行ったときのほうが、硬度の増加速度が大きい。よって、硬化の過程による違いが破断時の伸びに影響を及ぼしている。

参考文献

- 1) 土木学会：アルカリ骨材反応対策小委員会報告書(コンクリートライブラリー124) pp.I-26～I-45

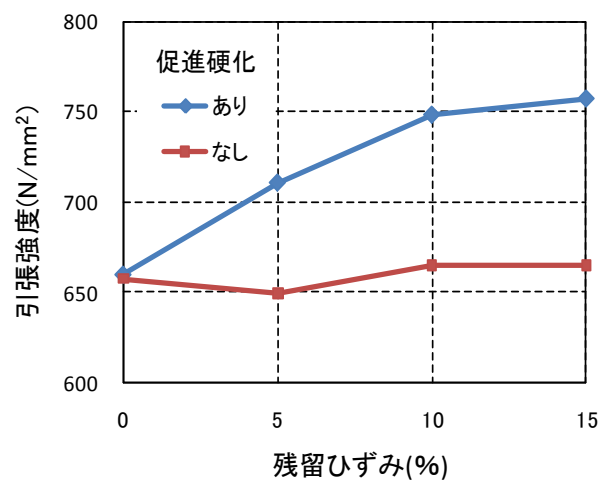


図-4 残留ひずみと引張強度の関係

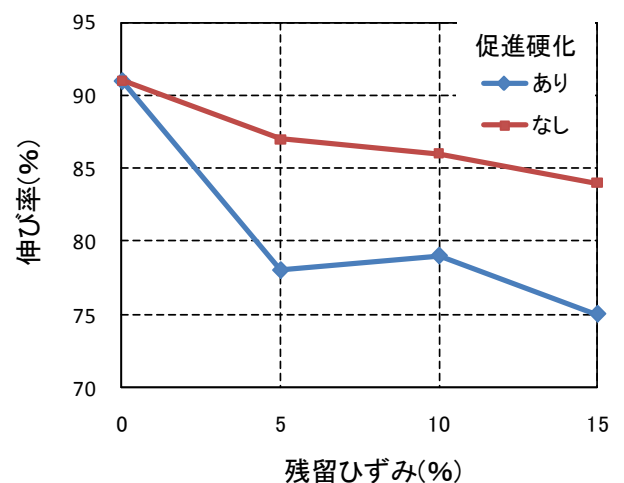


図-5 残留ひずみと伸び率の関係

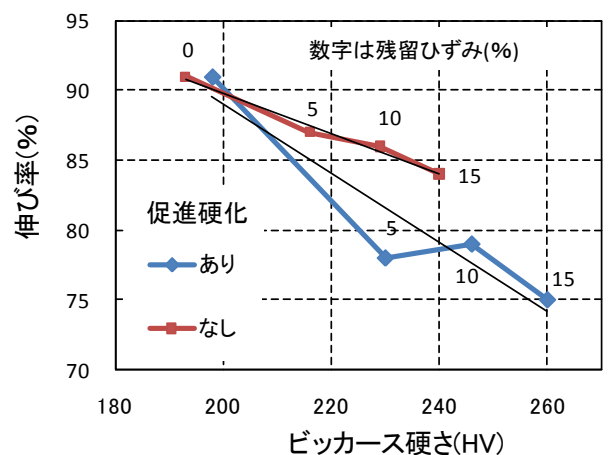


図-6 ビッカース硬さと伸び率の関係