

V - 5 極低温下における曲げ加工された鉄筋の耐衝撃性に関する研究

東北大学 学生員○瀬戸謙一郎

東北大学 正会員 三 浦 尚

1. はじめに

極低温下においては、鉄筋コンクリート（以下、RCと呼ぶ）のコンクリート部分に引張りひわれが生じる場合、常温の時と比べて鉄筋に衝撃的に荷重が作用し、鉄筋に大きな歪や歪速度が発生する。極低温下において鉄筋は破壊に際しての歪速度依存性が大きくなり、衝撃的な荷重下では脆性的に破壊する。したがって、極低温下にさらされるRC部材は、コンクリートひびわれ時の衝撃により、鉄筋が脆性破断する恐れがあると考えられる。またこの場合、鉄筋が冷間曲げ加工されていると、与えられた予歪による加工硬化の影響により、加工していない場合に比べてより脆性的に破断する可能性が大きくなることが知られている。さらに、冷間曲げ加工によって予歪を与えられた鉄筋は、歪時効硬化の現象によって、長期間放置すれば、時間の経過とともに次第に硬化し、脆くなる。

本研究ではこのような問題を明らかにするため、まず、極低温下のRC部材のコンクリートひびわれ時の衝撃によって鉄筋に生じる歪や歪速度と同程度の歪と歪速度を鉄筋単体を与え、極低温下における鉄筋の耐衝撃性に及ぼす鉄筋の曲げ加工や温度の影響について調べた。

2. 実験概要

2.1 使用鉄筋及び試験装置：本研究供試体には、メーカーの異なる2種類の異形鉄筋（鉄筋1、鉄筋2）を用いた。鉄筋1および鉄筋2は横ふし異形棒鋼SD345である。鉄筋径はいずれもD25とした。それぞれの鉄筋の機械的性質と化学成分を表-1に示す。

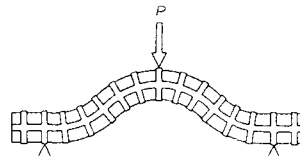


図-1 鉄筋供試体

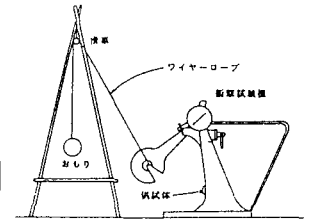


図-2 衝撃試験機

また、今回使用した供試体は、図-1に示すような実物の異形鉄筋を種々の曲げ内半径で曲げ加工したものを供試体とした。使用した衝撃試験機は、50kgf・mASTM シャルピー衝撃試験機を改良して作成したものである。衝撃試験機を図-2に示す。

表-1 鉄筋の試験成績

	機械的性質			化学成分 (%)				
	降伏点	引張強度	伸び	C	Si	Mn	P	S
鉄筋1	40kgf/mm ²	57kgf/mm ²	23%	0.24	0.17	0.71	0.03	0.03
鉄筋2	40kgf/mm ²	60kgf/mm ²	23%	0.27	0.10	0.77	0.03	0.03

2) 実験方法：曲げ加工の影響を評価するために準備した供試体の曲げ内半径の種類は、鉄筋1では、2.0φ、3.0φ、4.0φ、5.0φ、6.0φの5種類、鉄筋2では、2.0φ、2.5φ、3.0φ、5.0φ、6.0φの5種類である。また、極低温下の耐衝撃性を調べるために発生させる衝撃力として、ハンマーの振り上げ角をそれぞれ30°、40°、50°、60°設定した。表-2に、それぞれの振り上げ角のときの歪速度と最大歪を示す。それぞれの曲げ内半径の鉄筋が破断する温度を調べるために、まず温度-196℃から試験を行ない、破断が見られるまで徐々に温度を上げて測定を行った。温度の幅は、温度計の精度の関係から5℃とした。

表-2 各振り上げ角のときの歪速度と最大歪

振り上げ 角度	歪速度 (s ⁻¹)	最大歪 (μ)
40°	2.5	2900
50°	4.1	5600
60°	11.1	9200

(1) 鉄筋1

振り上げ 角度	歪速度 (s ⁻¹)	最大歪 (μ)
40°	1.3	3300
50°	3.3	7500
60°	5.8	12900

(2) 鉄筋2

3) 歪時効処理の条件：鉄筋2を用いて、まず曲げ加工してすぐの状態と、その後歪時効を起こした状態と

で双方の比較をすることによって、歪時効による耐衝撃性の低下の度合いを見ることにした。歪時効を起こした鉄筋は、100℃ 1時間と1時間半の歪時効促進処理を行ったものの2種類である。

3. 実験結果及び考察

それぞれの鉄筋について試験結果結果から得られた各曲げ内半径での曲げ加工によって鉄筋に与えられる予歪量と破断温度の関係を図-3～図-6に示す。

歪時効前の鉄筋2では予歪量と衝撃破壊を起こす破断温度の間にはほぼ線形関係が見られた。しかし、鉄筋1は大きな予歪量が与えられた場合、破断温度がかなり上昇していることがわかる。このことは、鉄筋3が加工硬化によって脆化しやすいことを示していると考えられる。さらに、極低温下では線形関係が見られるが、温度の上昇にともない、予歪量の増加による破断温度の上昇が頭打ちになっている。

図-4～図-6において、歪時効前の鉄筋と歪時効後の鉄筋とを比べると、歪時効後の鉄筋の方に破断温度の上昇がみられた。このことから、歪時効を加えることによって鉄筋が脆化していることがわかる。

また、歪時効による鉄筋の耐衝撃性の低下は、予歪量の大きいところで顕著に現れ、予歪量の小さいところでは、歪時効の影響は小さいと考えられる。

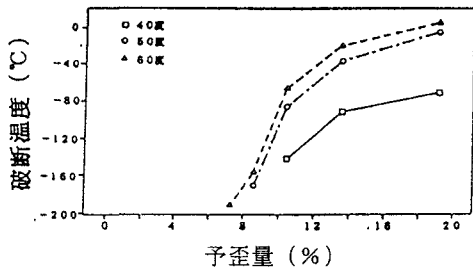


図-3 鉄筋1の予歪量と破断温度の関係

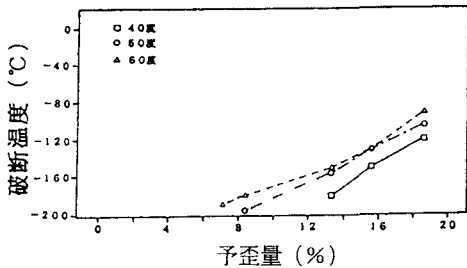


図-4 歪時効前の鉄筋2の
予歪量と破断温度の関係

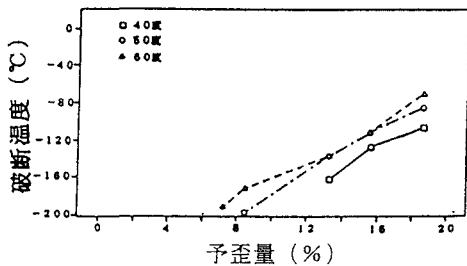


図-5 100℃1時間の歪時効処理をした
鉄筋2の予歪量と破断温度の関係

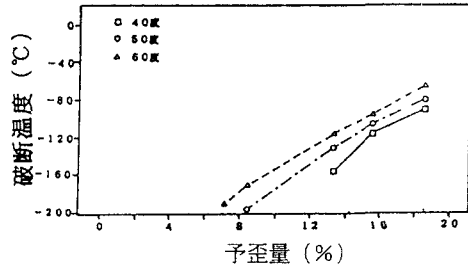


図-6 100℃1.5時間の歪時効処理をした
鉄筋2の予歪量と破断温度の関係

4. 結論

(1) 一般の良好な鉄筋では、曲げ内半径 2ϕ までの曲げ加工の範囲において、予歪量と破断温度の関係はほぼ線形を示すと考えられるが、曲げ加工の影響を大きく受ける鉄筋では、予歪量が大きくなると、破断温度がかなり上昇するため、温度の上昇にともない、予歪量の増加による破断温度の上昇が頭打ちになると考えられる。

(2) 歪時効による鉄筋の耐衝撃性の低下は、予歪量の大きいところで顕著に現れ、予歪量の小さいところでは、歪時効の影響は小さくなることがわかった。

(3) 以上のことから、極低温下で引張を受ける鉄筋コンクリート構造物に用いられる鉄筋の許容曲げ内半径は、鉄筋の種類や使用温度によって制限されなければならないことが明らかになった。

本研究に際して、終始ご協力を頂いた東北大学工学部土木工学科 4年船本浩二君に感謝の意を表わします。