

極低温下で使用される曲げ加工された鉄筋の耐衝撃性に関する研究

東北大学大学院 学生員 ○ 船本 浩二
 東北大学教授 正会員 三浦 尚
 東北大学工学部 村田 宣幸

1 はじめに

近年、コンクリートが低温下でも優れた性能を持つ材料であることが認められるようになり、LNGタンクなどの極低温物質を取り扱う構造物にRCが利用されるようになってきている。また、将来的には液体窒素を用いた超導施設などでのRCの利用も予想される。このような状況にあって極低温下におけるRCの性能に対する理解は未だ十分であるとはいえない。したがって安全な構造物の設計および建設、さらには予想される将来的な需要の増加に対応できるよう極低温下でのRC部材の物性を把握する必要がある。

コンクリートは温度の低下とともに強度が増加し、常温に比べてより脆性的に破壊する。また、鋼材も温度の低下とともに強度が増加するが、延性や靱性が低下するため、耐衝撃性は低下する。したがって、低温下でRC部材のコンクリート部分が引張破壊した場合、常温に比べてより衝撃的な荷重が鉄筋に加わり、鉄筋には大きなひずみ速度が発生する。このとき鉄筋は低温・高ひずみ速度という脆性破壊しやすい環境にあるため、破断する危険性がある。さらに冷間加工によって予ひずみを与えられた曲げ加工部では、加工硬化により衝撃値が著しく低下することが知られている。

以上のことから本研究では、極低温下においてRC部材の曲げ加工部付近のコンクリート部分が引張破壊した状況を想定し、その際鉄筋に発生する衝撃荷重¹⁾と同程度のひずみを鉄筋単体を与え、温度・衝撃荷重・予ひずみ量・などの因子が鉄筋の耐衝撃性に及ぼす影響について調べた。

2 実験概要

表-1 鉄筋の試験成績

種類	機械的性質			化学成分(%)				
	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)	C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000
鉄筋1	406	581	25	25	23	111	32	37
鉄筋2	414	606	25	27	22	105	35	31
鉄筋3	379	556	20	20	18	90	35	30

供試体には製造元が同じである3種類のD25の横ふし異形棒鋼(SD345)を使用した。それらの機械的性質及び化学成分を表-1に示す。冷間曲げ加工による予ひずみが鉄筋の耐衝撃性に及ぼす影響について調べるため、供試体には図-1に示すような形に曲げ加工したものを使用した。試験を行った曲げ内半径は2、2.5、3、5、6φであり、各曲げ内半径によって鉄筋に与えられる予ひずみの量は丸鋼に換算した値でそれぞれ18.9、15.8、13.7、8.8、7.4%である。図-2に示すようなおもりを取り付けて重量を調節した刃をレールに沿って自由落下させて鉄筋に衝撃荷重を加えた。試験を行った衝撃荷重の種類とそのとき鉄筋に発生するひずみ速度と最大ひずみを表-2に示す。冷却する最低温度は-196℃とし、試験温度の幅は温度制御の精度から5℃間隔とした。各条件での鉄筋が破断する温度を調べるため、試験は-196℃から行い、徐々に試験温度を上げていき、鉄筋が破断した最高温度をその条件での破断温度とした。

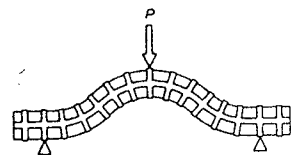


図-1 鉄筋供試体

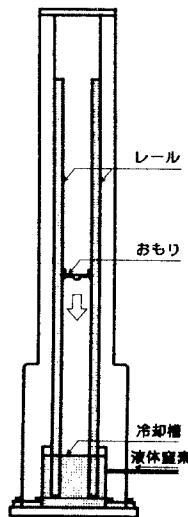


図-2 衝撃試験機

表-2 鉄筋に発生するひずみ速度及びひずみ

種類	おもり (g)	高さ (cm)	ひずみ速度 (1/s)	最大ひずみ (μ)
鉄筋1	500	200	11.8	2300
	2000	100	9.0	3660
	1000	200	11.5	4430
鉄筋2	500	200	11.2	2800
	2000	100	9.4	4150
	1000	200	12.0	3850
鉄筋3	500	200	7.4	2040
	2000	100	8.0	4740
	1000	200	9.6	3950

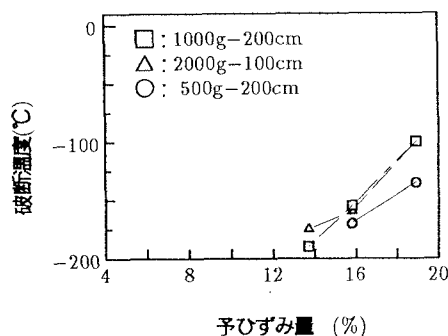


図-3 予ひずみ量と破断温度との関係
(鉄筋1)

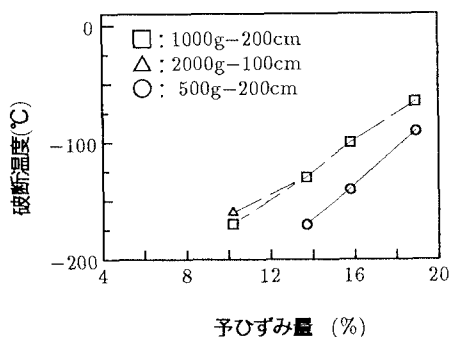


図-4 予ひずみ量と破断温度との関係
(鉄筋2)

3 結果及び考察

各鉄筋における冷間加工によって鉄筋に与えられた予ひずみ量と鉄筋が破断した温度との関係を表したグラフを図-3～5示す。今回試験を行った3種の鉄筋では、どの荷重条件においても予ひずみ量の増加にともない破断温度は上昇し、それらの間にはほぼ線形な関係がみられた。また、おもりの重さが大きいあるいは落下高さが高い荷重ほど高い破断温度を示していることから、鉄筋に与える衝撃力が大きくなると破断温度が上昇することがわかる。各荷重条件ごとの予ひずみ量と破断温度の関係線の傾きは各鉄筋においてほぼ一定であり、荷重の衝撃性の増加によりほぼ平行にシフトしていることから、鉄筋ごとに材質による固有の耐衝撃性の傾向があることがわかる。また、いずれの鉄筋においても(2000g-100cm)の荷重と(1000g-200cm)の荷重における破断温度がほぼ等しい温度を示している。これは二つの荷重が持つ位置エネルギーが等しいことから、今回試験を行った範囲の衝撃荷重では、鉄筋の破断温度は鉄筋に与えられる荷重のエネルギーによって決定されることが考えられる。

また、試験を行った鉄筋の破断面は、すべてふしの立ち上がり部分においてみられた。これは、ふしの立ち上がり部分では、冷間曲げ加工の際に予ひずみが集中し他の部分よりも加工硬化によって耐衝撃性が著しく低下していること、ふしでの急激な断面変化により衝撃荷重の応力集中が起こっているためであると考えられる。したがって、異形鉄筋ではふしの形状によって耐衝撃性が大きく変化することが予想される。

4 まとめ

現在、極低温下で使用される鉄筋に関しては特別な規定がなされていないが、試験を行った結果、一般の鉄筋は極低温下において必ずしも十分な耐衝撃性を有しているとは言えないことが分かった。鉄筋の予ひずみ量と破断温度の関係は線形を示すが、破断温度は鉄筋の材質及びふし形状などによっても大きく変化する。したがって、極低温下でRC部材を使用する際には、使用環境に応じて使用する鉄筋を選定したり、鉄筋の鉄筋の曲げ内半径を制限する必要がある。

参考文献

1. 瀬戸謙一郎・三浦 尚・堀 宗朗：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，コンクリート工学年次論文報告集，vol.14，日本コンクリート工学協会，pp.889-894，1992