

V-15 低温下で使用される鉄筋の耐衝撃性に関する研究

東北大学 学生員○遠藤 正文
東北大学 正会員 三浦 尚
東北大学 正会員 堀 宗朗

1. まえがき

常温では延性的に破断する鉄筋は、温度の低下にともない破壊強度は増加するものの脆性的に破断するようになる。−196℃等の極低温下ではコンクリートの引張強度は増加するため、鉄筋コンクリートのコンクリート部分に引張破壊が生ずる場合、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ことが実験によって示されている¹⁾。この場合、鉄筋が曲げ加工を施されていると、与えられた残留歪の影響により、加工していない場合に比べより脆性的に破壊する可能性が大きくなることも示されている。

従来の研究結果から、曲げ加工を施された鉄筋の極低温下での耐衝撃性についてより定量的に検討することは重要である。そこで、本研究では、低温下で使用される鉄筋の耐衝撃性に及ぼす曲げ加工や歪速度などの影響について、シャルピー衝撃試験機を使用して鉄筋単体で調べ、さらに鉄筋の曲げ加工やフシの形状は多岐にわたるため、より実際に即した条件での簡単な耐衝撃性の判定を試みた。

2. 実験概要

(1) 使用鉄筋および実験装置

横フシ異形棒鋼SD295Aを使用し、鉄筋径はD25とした。機械的性質と化学成分を表1に示す。衝撃的な荷重を与える目的で、50kgf・m ASTM シャルピー衝撃試験機を使用した。

(2) 鉄筋供試体の形状

本研究が対象としている状況は、鉄筋の曲げ加工部周辺のコンクリートに引張破壊が生じ、鉄筋に衝撃的な引張力が作用する場合である。そこで、図1に示すような鉄筋供試体をシャルピー衝撃試験機に設置した。供試体を単純梁と見なしハンマー落下による荷重によって曲げモーメントが生じ、曲げ加工の内側に引張応力が衝撃的に働くことが考えられるため、この局部的に発生する引張を利用して、任意の曲げ内半径を与えた供試体に衝撃引張力を与え、その耐衝撃性を簡便に評価することを試みる。衝撃力の目安として、鉄筋の中央付近のフシとフシの間に貼付した歪ゲージによって供試体に発生する歪を測定した。

(3) シャルピー衝撃試験機のハンマー重量の調節

極低温下で衝撃力による鉄筋の破断は、荷重によって発生する歪速度と最終歪によって決定される。適当な歪速度と最終歪を与えるために、ハンマーの持ち上げ角と重量を調節した。試験機のハンマー重量が約40kgで重すぎるので過大な最終歪が発生するため、滑車ごしにおもりを取り付けることによって、重量の軽減を試みた。このおもりのつけたシャルピー試験機を図2に示す。おもりの重量と持ち上げ角を適当に選定することによって、曲げのない供試体に対し、歪速度は

表1 鉄筋の試験成績

(a) 機械的性質		
降伏点 (kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	伸び (%)
41	58	25

(b) 化学成分 (%)				
C	Si	Mn	P	S
0.25	0.16	0.65	0.041	0.042

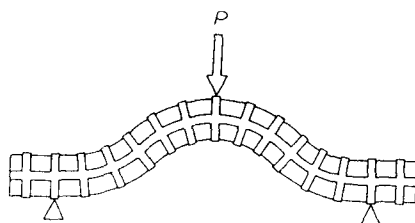


図1 鉄筋供試体

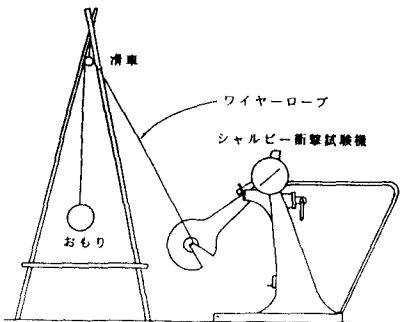


図2 おもりの設置

0.1~20 (s⁻¹)、最終歪は 2000~10000 (μ) 程度の範囲で衝撃力を設定することが可能となった。おもり重量と持ち上げ角によって設定される歪速度を図3に示す。

(4) 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、4.0φ、4.5φ、5.3φ、5.7φ、6.0φ の5種類である（なお、示方書ではスターラップおよび帯鉄筋の最小曲げ内半径をSD295A,Bで2φと規定しているが、供試体の作製の都合上、そのようなきつい曲げを施すことは困難であった）。供試体のスパンは試験機の大きさと鉄筋径から 195mmとした。

低温下での鉄筋の耐衝撃性に関する研究が両引き試験によって行われており、コンクリートの引張破壊時に鉄筋に生ずる最終歪や歪速度が観察されている¹⁾。この結果を参考に、本研究では、低温下での耐衝撃性を調べるために発生させる歪速度として、1s⁻¹、3s⁻¹、5s⁻¹を設定した。ハンマー重量軽減のためのおもりは12.5kgであり、持ち上げ角はそれぞれ33°、45°、60°である。

温度の耐衝撃性に与える影響を観察するために、常温、-50℃、-100℃および-196℃で試験を行った。

3. 結果および考察

常温と-50℃の試験では各持ち上げ角、曲げ内半径の条件について破断はみられなかった。-100℃ および-196℃ についての試験結果を表2、表3に示す。表に示す通り-100℃および-196℃では破断するものもみられた。温度の低下によって鉄筋の耐衝撃性が低下することが明瞭に示されている。ハンマーの持ち上げ角の増加によって、最終歪にも増加はみられるものの歪速度の増加ほどではない（表3参照）。したがって、表2、3に示される持ち上げ角の増加による鉄筋供試体の破壊の主要な原因は、発生する歪速度の増加にあると考えられる。歪速度の増加によっても耐衝撃性が低下することが確認される。

鉄筋に与えられた曲げ内半径は、上に述べた温度や発生する歪速度に敏感に対応し、温度の低下や歪速度の増大に応じて、破断するか否かの境界の曲げ内半径は小さい方へと移行する。曲げ加工による残留塑性歪は、鉄筋の耐衝撃性を低下させることが確認される。

4. まとめ

以上の結果より、今回使用した鉄筋について以下の結論が得られた。

- 1) 少なくとも-100℃ 以下の温度、また歪速度が1s⁻¹以上の荷重には、鉄筋の耐衝撃性が低下する。
- 2) -100℃および-196℃の極低温下において鉄筋が破断するか否かの境界となる曲げ内半径の具体的な値が、1s⁻¹、3s⁻¹、5s⁻¹の歪速度について決定された（表2、3参照）。

本研究の実施に際し、東北大学工学部土木工学科 4年瀬戸謙一郎君の協力を得ている。

〔参考文献〕1) 鈴木・三浦・阿部：極低温下において使用される鉄筋に必要な耐衝撃性に関する研究、昭和60年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要、pp361~362、1986年3月。

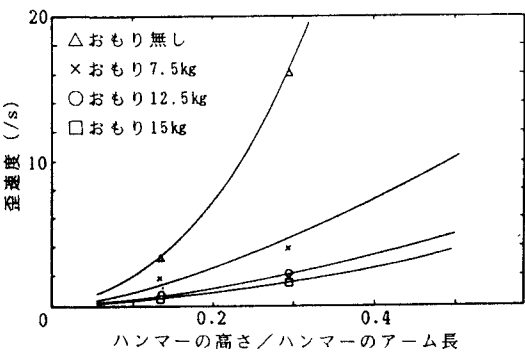


図3 おもりによる歪速度の変化

表2 -100℃での試験結果

		ハンマーの持ち上げ角		
		33° (歪速度 1/s)	45° (歪速度 3/s)	60° (歪速度 5/s)
曲げ内半径	4.0φ	破断無し	破断	破断
	4.5φ	破断無し	破断無し	破断
	5.3φ	破断無し	破断無し	破断
	5.7φ	破断無し	破断無し	破断無し
	6.0φ	破断無し	破断無し	破断無し

表3 -196℃での試験結果

		ハンマーの持ち上げ角		
		33° (歪速度 1/s)	45° (歪速度 3/s)	60° (歪速度 5/s)
曲げ内半径	4.0φ	破断 (2010)	破断 (2690)	破断 (1840)
	4.5φ	破断 (2940)	破断 (2230)	破断 (2050)
	5.3φ	破断 (1830)	破断 (1940)	破断 (3470)
	5.7φ	破断無し (2620)	破断 (3330)	破断 (2070)
	6.0φ	破断無し (3070)	破断無し (3130)	破断 (5130)

() 内は最終歪