

極低温下におけるFRPの耐衝撃性 に関する基礎的研究

東北大学大学院工学研究科 学生会員 鹿内 英登

東北大学工学部 正会員 岩城 一郎

同 上 フェロー 三浦 尚

1. はじめに

近年、超電導技術の発展により、液体窒素によって冷却可能である -196°C において超電導が得られる見通しがついてきている。この技術が実用化されればリニアモーターカーや電力貯蔵システムなどに関連する多くの構造物が建設されると思われる。この様な極低温下にさらされる構造物に鉄筋コンクリート(以下、RCと記す)が用いられた場合、コンクリートは温度低下に伴い引張強度が増加し、それによってコンクリートはより脆性的に破壊する。そのため極低温下ではRC構造物に引張ひび割れが生じる場合、常温時と比べ鉄筋に衝撃的な荷重が作用し、鉄筋に大きなひずみやひずみ速度発生する。こうしたことから、補強材である鉄筋の耐衝撃性が問題となってくるが、この点については当研究室においてすでに研究が進められており、文献1)に報告されている。

一方、超電導施設は高い磁場が発生することがあり、超電導施設の補強材に従来の鉄筋を用いた場合、磁界の変化によって誘導電流が発生するといった問題が生じると考えられる。これらの問題の解決策として、非磁性・弱磁性といった特性を持つFRPが適していると思われる。しかし、こういった環境下でFRPを用いるためには極低温下におけるFRPの耐衝撃性を調べることが必要となってくる。そこで、本研究ではFRPを極低温にさらして衝撃を与え、その際に生じたひずみ速度とFRPが引張破断を起こしているかどうかを関連づけ、極低温下におけるFRPの耐衝撃性について検討を行った。

2. 実験概要

本研究では2種類(丸棒と異形丸棒)の炭素繊維(以下それぞれ炭素繊維1, 2と記す)と1種類のアラミド繊維(異形丸棒)、計3種類を使用した。形状は、直径8mm、長さ150mmに統一した。

衝撃はコンクリート衝撃試験機を改良し製作した落錘式衝撃試験機を用いてハンマーを落下させることで加えた。衝撃の大きさは文献1)により、コンクリートの引張破壊の際に鉄筋に生じるひずみ速度の最大値である約12(1/s)を参考にし、その前後のひずみ速度が得られるように設定した。試験に際して、供試体のスパンは135mm、ハンマー質量は1kgとし、常温から -196°C までの範囲で、ハンマー落下高さを50cm, 100cm, 150cm, 200cmの4通りに変化させて衝撃を与え、衝撃が加わった時に生じたひずみ速度を測定し、その際のFRPの破断状況からFRPの耐衝撃性に与える温度の影響を調べることとした。FRPの冷却速度はおよそ $-1^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ とした。

3. 結果と考察

図1に炭素繊維1のハンマー落下高さと衝撃が加わった時のひずみ速度との関係を示す。図より、ハ

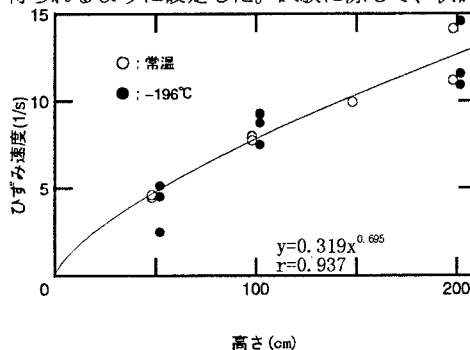


図1 ハンマー落下高さとひずみ速度の関係

キーワード FRP、極低温、耐衝撃性、ひずみ速度

〒980-77 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学大学院工学研究科土木工学 Tel・Fax 022-217-7432

ハンマー落下高さが高くなるにつれて、生じたひずみ速度は曲線で近似したような増加傾向を示し、衝撃荷重条件が同じであるならば、常温と極低温下で生じるひずみ速度は、ほぼ同じであることが確認された。この傾向は異形丸棒である炭素繊維2やアラミド繊維の場合、多少ばらつきが大きくなるが、ほぼ同様であった。炭素繊維2に関しては、表面に加工された螺旋状のふしとふし間のどの部分に衝撃が加わったかによってばらつきが生じた可能性もあり、今後の検討課題である。

次に、ハンマー落下高さに対する衝撃温度と生じたひずみ速度、破断状況の関係を炭素繊維1、炭素繊維2についてそれぞれ図2、図3に示す。この図を描くに当たっては、前述のハンマー落下高さとひずみ速度の関係から炭素繊維1、炭素繊維2に関してそれぞれ曲線の近似式を設定し、近似式から各高さで生じたひずみ速度を算出し、このひずみ速度を用いて、衝撃後のFRPの破断状況を破断、破断微妙、破断せずの3つに分けて検討した。

この結果、炭素繊維1では、ひずみ速度が約8(1/s)の場合、まだほとんど引張破断を起こしているとはいえない。しかし、データ数は少ないものの、ひずみ速度が10(1/s)を超えると、引張破断を起こしていると考えられる。一方、炭素繊維2では、ひずみ速度が約8(1/s)の場合、ほぼ破断しはじめており、その値が9.5(1/s)近傍になった時には完全に破断している。以上のことから、炭素繊維については、ひずみ速度が9(1/s)前後の時に引張破断が生じる可能性があるといえる。今後、更に条件を細かく変化させていった上で検討を行う必要がある。

一方、アラミド繊維に関しては、炭素繊維1、炭素繊維2で分断した落下高さ200cmの条件下でも、若干の塑性変形を示すだけで引張破断することはなかった。また、常温と極低温下での変形や破損状況などにも目立った違いは見られなかった。

4. まとめ

今回の実験条件下で得られた結論をまとめると、以下の通りである。

- (1) 炭素繊維に関しては、破断を示す際のひずみ速度の値は8～10(1/s)程度であり、常温と極低温下でそれほど変わらない傾向を示した。
- (2) アラミド繊維は大きな衝撃を受けても脆性的な破断をすることはなく、耐衝撃性に優れていると思われる。

以上の点は、ハンマー質量を固定し、ハンマーの落下高さを4段階に限定し、常温と極低温下における耐衝撃性について調査した結果である。今後、炭素繊維については、ひずみ速度が8～10(1/s)の範囲において落下高さを細かく設定し、詳しく調べる必要がある。また、ハンマー質量を変えて、同様のひずみ速度が発生したときの耐衝撃性についても調査を行う必要がある。

参考文献

- 1) 三浦 尚・船本 浩二・瀬戸 謙一郎：極低温下での鉄筋の曲げ加工部における耐衝撃性，土木学会論文集，V-34，pp. 15-21，1997。

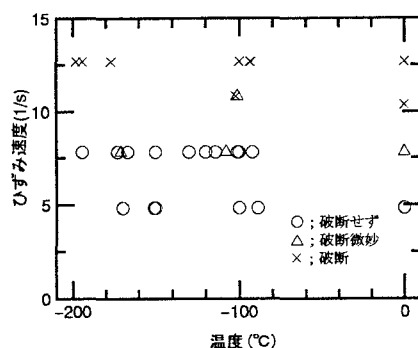


図2 温度とひずみ速度破断状況の関係（炭素繊維1）

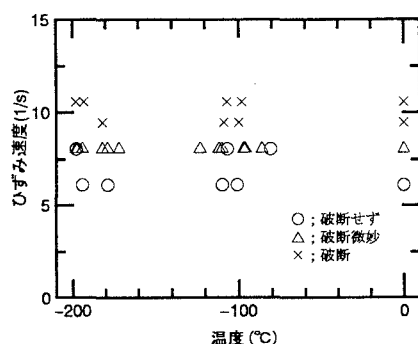


図3 温度とひずみ速度破断状況の関係（炭素繊維2）