

V-27

極低温下におけるFRP材の耐衝撃性

東北大学 学生員 ○ 小野 力
 東北大学 正会員 三浦 尚
 東北大学 鹿内英登

1 はじめに

近年、超電導技術が発展し液体窒素による冷却温度である -196°C において超電導が得られる見通しがついてきた。実際この技術が利用できることになれば、超電導発電や電力貯蔵用コイルなどに関連する多くの構造物が建設される。その際、経済性の理由から数多く鉄筋コンクリート構造物（以下、RC構造物とする）として建設されることが期待される。超電導施設は、液体窒素を冷媒として用いると考えられるため、極低温下にさらされ、また多量の電流が流れることにより高い磁場が発生すると思われる。そのためRC構造物の補強材として非磁性であるFRP材が使用されることが考えられる。

極低温下でのコンクリートおよび鉄筋の特性はすでに調べられており、コンクリートは温度低下にともなって引張強度は増加し、さらにその破壊はより脆性化する。そのためRC構造物に引張りひ割れが生じる場合、常温の時と比べて鉄筋に衝撃的に荷重が作用し、鉄筋に大きなひずみやひずみ速度が発生することが実験によって示されている。一方、極低温下において鉄筋は、破壊する際、温度低下にともないひずみ速度依存性が増加し、衝撃的な荷重により脆性的に破壊することも示されている。

本研究では極低温下での材料のひずみ速度依存性に着目し、FRP材破断時の破断点付近でのひずみを測定し、ひずみ速度を求め、温度変化にともなう影響とFRP材の強化材の違いによる耐衝撃性への影響について調べた。

2 実験概要

本研究ではメーカーの異なる3種類の炭素繊維と1種類のアラミド繊維を使用した。その試験成績を表1に示す。

FRP材に衝撃荷重を加える方法として、図1に示すようにモルタルはり供試体中にFRP材をセットし、それに衝撃荷重を与えた。またFRP材にはひずみ測定用にひずみゲージを貼付した。ここでFRP材は鉄筋と違い材質が均一でないため、FRP材表面の凹部にエポキシ系接着剤を塗り込み、接着剤硬化後に、まずカッターナイフで削り、その後サンドペーパーを使用し平滑面を形成し、ゲージを貼付した。

本研究ではFRP材を曲げ引張破断させるため、モルタルと鉄筋の付着が非常に重要である。それに対し炭素2は丸棒であり他のFRP材に比べて極端に付着が悪いと思われた。よって、FRP材の端から10cmにわたって天然素材である麻ひもを巻き付け、付着の向上を図った。

また試験機は図2に示すようなコンクリート衝撃試験機を改良し製作した落錘衝撃試験機である。

供試体は打設後水中養生し、材齢7日で試験した。供試体冷却には液体窒素を使用し、ダミー供試体内の熱電対で温度管理しながら $80^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ の割合で冷却した。本研究では温度低下にともなう影響を大まかにとらえるため試験温度は0、 -50 、 -100 、 -150 、 -196°C とした。

表1 FRP材の試験成績

	引張強度 (kg/mm^2)	公称寸法 (mm)	破断伸び度 (%)	繊維含有率 (%)
炭素1	180	$\phi 8$	1~1.2	56~60
炭素2	184	$\phi 8$	—	65
炭素3	228	$\phi 7.9$	1.7	64
アラミド	190	$\phi 8$	3.7	65

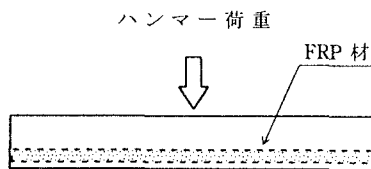


図1 試験供試体

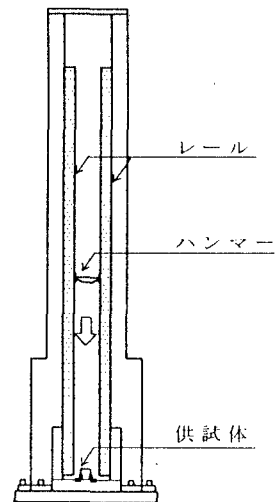


図2 試験装置

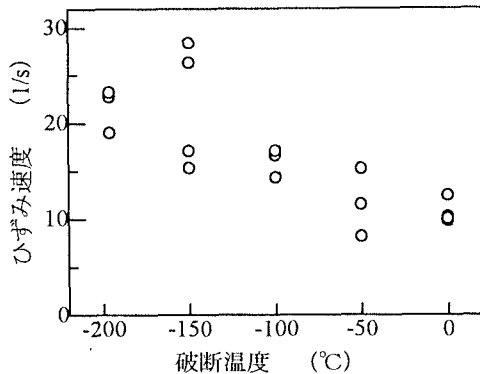


図3 破断温度とひずみ速度の関係
(炭素 1)

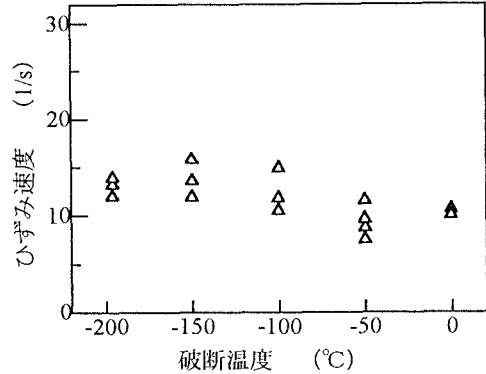


図4 破断温度とひずみ速度の関係
(炭素 2)

3 結果および考察

それぞれの FRP 材の試験結果より求めた破断温度－ひずみ速度の関係を図3～図5に示す。図3は炭素1の破断温度－ひずみ速度の関係である。破断温度－150℃での試験結果に大きなばらつきがみられるが、－150℃でのひずみ速度の平均値を約25 1/sとみなすと温度低下にともないひずみ速度はいったん増加し、－150℃付近をピークとし減少に転じている。図4（炭素2）においてもピーク時のひずみ速度が約15 1/sと違うものの同じような傾向を示している。炭素3（φ3.0の炭素単線7本をより合わせてできたケーブル）に関しては、表1に示したφ7.9のものは本試験装置の最も厳しい試験条件（試験温度：－196℃、ハンマー荷重：2500gf、落下高さ

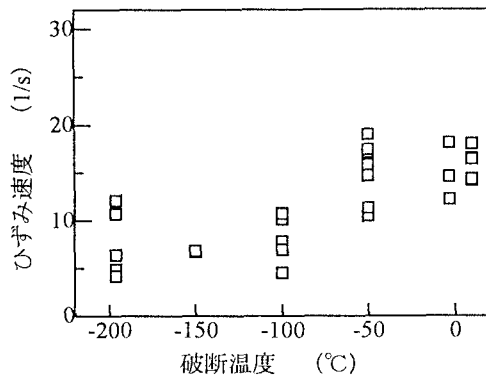


図5 破断温度とひずみ速度の関係
(炭素3、φ3.0)

：280cm）では破断せず、φ3.0の炭素単線を使用した結果、図5のような破断温度－ひずみ速度の関係が得られた。図3や図4とは異なり温度低下とともにひずみ速度が単調減少する傾向を示した。また、アラミド繊維は本試験装置の最も厳しい試験条件で繊維の破断がみられなかった。よって破断温度－ひずみ速度の関係は得られていない。以上の結果より形状が棒状である炭素1と炭素2が破断したのに対して、ケーブルである炭素3が破断しなかったことから、形状に関してはケーブルの方が優れていることが分かる。また強化材の違いに関しては、引張強度が180～190kg/mm²とほぼ同じ値を示す炭素1、炭素2、アラミド繊維のうちアラミド繊維のFRP材だけが破断しなかったことから、アラミド繊維の耐衝撃性が優れていると言える。

4 まとめ

今回使用したFRP材では、アラミド繊維を強化材とするFRP材が炭素繊維を強化材とするものより極低温下での耐衝撃性が優れていた。またその形状は、棒材よりもケーブルの方が優れていた。

参考文献

1. 遠藤正文・三浦 尚・堀 宗朗：低温下で使用する鉄筋の耐衝撃性に関する研究、平成2年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集、pp.464～465、1991
2. 早川博之・三浦 尚・堀 宗朗：極低温下においてコンクリート破壊時の衝撃が鉄筋に及ぼす影響、平成2年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集、pp.466～467、1991