繊維強化樹脂(FRP)では,直径数µmから十 数µmの繊維が樹脂マトリックスに分散し,この 繊維が応力を受け持つことにより,材料全体の強 度を向上させている。そのため, FRPの強化及び 破壊の機構を知る上で、各繊維に作用する応力を 実測することは重要である。しかし,繊維の直径 が微小なため,従来は繊維一本に作用する応力や 歪を測定することはできなかった。最近レーザラ マンを用いてFRP中の炭素繊維一本に作用する応 力を測定する手法が報告された1)。これは,繊維 に応力を負荷すると結晶あるいは分子鎖が歪み, それに伴って繊維のラマンスペクトルのピーク波 数がシフトする現象に基づくものである。この手 法ではレーザを1µmまで集光して測定できるた め,微小領域の応力分布の測定が可能である。我々 はこの手法を,応力下及び破壊発生時のFRPに応用 し,FRP内の炭素繊維に作用する応力を測定した。

まず,FRP中の繊維の応力測定を行う前に,強 化に用いる一本の炭素繊維に応力を負荷してラマ ンスペクトルを測定した。Fig.1に炭素繊維に作 用する応力とラマンスペクトルのピーク波数との 関係を示す。このピークは炭素繊維中のグラファ イトの格子振動に由来する。応力の増加に従って ラマンスペクトルのピーク波数は低波数側にシフ



Fig.1 Relationship between Raman peak frequency and the stress of the fiber.

トし,シフト量は繊維に負荷した応力にほぼ比例 した。この応力とラマンシフトの関係を利用し, 短繊維強化熱可塑性樹脂(FRTP)および長繊維強 化樹脂中の繊維の応力を測定した2)。その一例と して, FRTPの中の繊維に作用する応力の測定結 果をFig.2に示す。マトリックス樹脂はナイロン6, 6である。FRTP試料に一定の応力を負荷した状態 で,試料表面の各繊維に作用する応力を測定し た。試料では,平均200µm程度の長さの炭素繊 維がランダムに分散し,マトリックスを強化して いる。このため,材料内の応力分布は複雑で計算 による予測はかなり困難で,本手法による実測が 有効となる。Fig.2の結果から,試料に負荷した平 均応力の数倍の引張り応力が繊維に作用している ことがわかった。また,試料の応力負荷方向に対 して直角に配向した繊維にも引張り応力が作用し ている場合があり、FRTP内の複雑な応力分布を 知ることができた。

以上,レーザラマンによる複合材料の新しい応 力測定法について紹介した。現在,FRP構造体へ の応用を進めている。

参考文献

- 1) Young, R. J. and Day, R. J. : Bri. Polym. J., 21 (1989), 17
- 2) 龍田成人,佐藤紀夫,倉内紀雄:第40回高分子学会年次 大会予稿集,40-4 (1990),1413



Fig.2 Stress of individual fibers.

豊田中央研究所 R&D レビュー Vol. 27 No. 2 (1992.6)