

CFGFRP 複合材を用いた RC のひび割れ検知機能

長崎大学工学部 学生員 ○ 山口浩平
長崎大学工学部 正 員 松田浩
長崎大学工学部 正 員 崎山毅
長崎大学工学部 正 員 森田千尋

1 まえがき

塩害等によるコンクリート構造物の早期劣化が大きな問題となっている。コンクリートに有害なひび割れが発生するとコンクリート中の鉄筋を発錆させ、それにより鉄筋が膨張し、さらにコンクリートの劣化を促進するというメカニズムで、コンクリート構造物に重大な欠陥を与えることになる。したがって、大きな損傷となる前に定期点検を行い、早期欠陥を発見する必要がある。

CFGFRP は、強化繊維である炭素繊維 (CF) とガラス繊維 (GF) をエポキシ樹脂などのマトリックスで硬化させた複合材料であり、自己診断機能を備えたインテリジェントな材料と言われている。¹⁾ 本文では、コンクリートのひび割れ検出センサーとしての CFGFRP の利用可能性を調べるとともに、CFGFRP をコンクリート中に埋め込んだ場合の電気抵抗値の変化とコンクリートの挙動との関係に注目した基礎実験を行った。このようなひび割れ検出センサーが開発されると、電気抵抗値を測定するだけの簡易な方法なので、コンクリートのひび割れの早期発見に大きく貢献できるものと考えられる。

2 CFGFRP 単体引張試験

図 1 に示すように、荷重値、ひずみ、および CF ではない基本抵抗を CFGFRP と直列に継ぎ、それにかかる電圧を測定して CF の電気抵抗値の変化を調べた。表 1 に CF、および GF の材料特性 (公称値) を示す。なお、マトリックスとして、2 液型エポキシ樹脂系注入接着材を使用した。

まず、引張試験において CFGFRP の電気抵抗値の変化が適切に表われる CF、GF の最適含有比を求めるために、CF、GF の束数を変えた $10 \times 10[\text{mm}^2]$ の断面を有する試験片を約 100 体製作し引張試験を行った。CF の電気抵抗値は、図 1 に示すような簡易装置を用いて測定した。その結果、CF2 束 GF40 束の試験片が適切な電気抵抗値の変化を検知できることが分かった。

次に、CF の伸び率、および試験片長さが抵抗変化率に及ぼす影響を調べるため、表 2 に示すように 3 種類 (A、B、C) を用いて引張試験を行った。それらの結果を図 2 に示す。これより、伸び率が異なると電気抵抗値を検知できるひずみの範囲が異なること、また CF の伸び率程度のひずみで電気抵抗値が変化することが分かった。このことは、多種多様な構造材料からなる構造物に応じた CFGFRP を設計する必要があることを示している。また、同一材料を用いて試験片長さを 30[cm]、50[cm] とした A、C の試験結果は、長さが長い A の方が小さいひずみの時から電気抵抗値の変化が表われ、抵抗変化率-ひずみ曲線は緩やかになった。

さらに、試験片 A を用いて負荷・除荷の繰返し試験を行った。図 3 にその荷重履歴曲線を示す。図中の点線は荷重-ひずみ曲線である。図 3 より、試験片が適切に抵抗の変化を表わしており、また除荷後には残留抵抗が生じていることが分かった。このことは、除荷後の残留抵抗値を測定することで、過去に受けた最大荷重を推定できることを示している。

表 1: CF、および GF 繊維の材料特性

	束数 [本 / 束]	引張強度 [kgf/mm ²]	弾性係数 [kgf/mm ²]	伸び率 [%]
CF M30B	3000	410	30000	1.4
CF M60JB	3000	390	60000	0.7
GF	1150	280	-	4.8

表 2: 試験片の CF の種類、および長さ

試験片	CF	長さ [cm]
A	M30B	50
B	M60JB	50
C	M30B	30

3 繰返し試験

CFGFRP の電気抵抗値を測定して、構造部材の疲労亀裂の検知可能性を調べるために、電気抵抗値の変化が表われる程度の荷重 1400[kgf] を最大荷重とした、100 回の繰返し試験を行った。

図 4 は、1, 20, 40, 60, 80 回目の抵抗変化率-ひずみ曲線を示す。繰返し荷重を加えても、ほとんど電気抵抗値の変化に変動はなかった。しかし、実用化のためには繰返し回数を多くして、疲労特性を調べなければならぬが、CFGFRP の疲労強度が十分であれば、電気抵抗値の変化の微量の変動によって、構造部材の疲労亀裂の検知が可能であることが予想される。

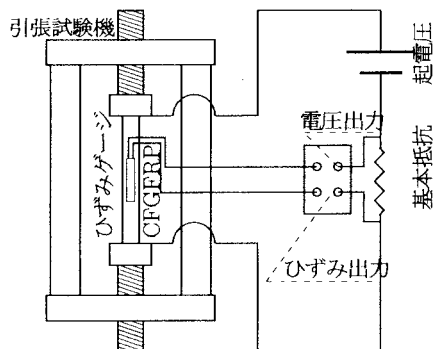


図 1: 実験装置

4 RC 供試体曲げ試験

CFGFRP(M30B) を RC に埋設し曲げ試験を行い、抵抗変化率を調べた。試験方法は 2 点載荷の等曲げ試験である。なお、モルタルには非金属材料系無収縮グラウト材を使用した。付着を取るために CFGFRP 表面に砂を接着して、供試体に埋め込んでいる。その結果は、モルタルにひび割れが発生した直後に CFGFRP が電気抵抗値の変化を表わし、鉄筋降伏以前に CF が完全に破断したことが確認された。これにより、小さなひずみで生じる微細亀裂に対して、明瞭な電気抵抗値の変化を検知できるものと考えられる。また、RC に埋設時と CFGFRP 単体のそれぞれの抵抗変化率-ひずみ曲線の挙動はほぼ同様であった。現在、実験継続中であるので、その結果は講演当日に発表の予定である。

さらに、既存の構造物のひび割れを検知するという観点から、CFGFRP を埋め込まずに供試体下面、側面(鉄筋位置)に貼って同様の曲げ試験を行ったが、付着が良好でなく適切な抵抗変化率を検知できなかった。

今後は、鉄筋量を種々変化させて同様の曲げ試験を行う予定である。

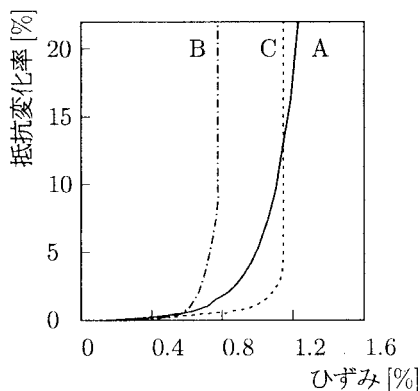


図 2: 抵抗変化率-ひずみ曲線

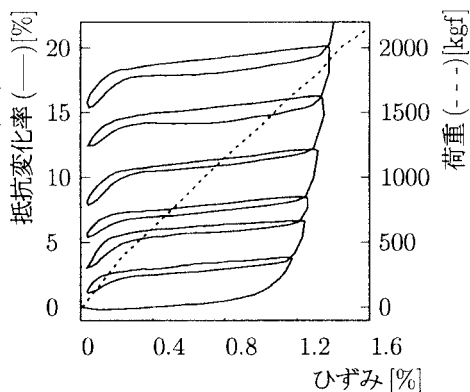


図 3: 荷重履歴曲線 (M30B, 50[cm])

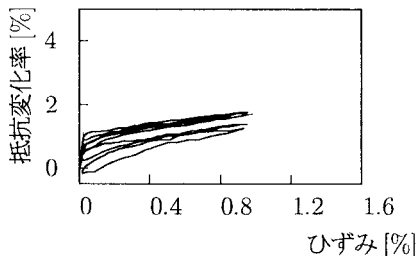


図 4: 抵抗変化率-ひずみ曲線

【参考文献】

- 1) 武藤他:CFGFRP 複合材料の電気抵抗測定による損傷検知, 日本機械学会論文集 (A 編), 60 巻, 第 576 号, pp.9-16, (1994-8)