

京都大学○学生会員 岡方 良一 学生会員 山本 貴士
京都大学 正会員 服部 篤史 フェロー会員 宮川 豊章

1.はじめに

本研究では、電気防食機能を有する炭素繊維シート補強工法の確立を目的として、陽極システムを構成する材料のうち、導電性を付与した樹脂が、曲げおよび靱性補強部材の曲げ変形性状に与える影響を検討した。また、荷重作用が防食効果(電位シフトとその分布)に与える影響を検討した。

2.実験概要

炭素繊維シートを陽極材として用いるためには、含浸・接着樹脂に導電性が要求されるため、本検討では、エポキシ樹脂に炭素微粒子(以下、カーボンブラック)を添加することにより導電性を付与した。カーボンブラックの添加量が多いものほど導電性には優れるが、樹脂の粘度が大きくなり施工性が下がるため、本検討では、カーボンブラック含有率 5%の樹脂(高施工性樹脂)と 8%の樹脂(高導電性樹脂)、さらに従来の耐震補強に用いる普通樹脂の 3 種類を設定した。炭素繊維シート(シート厚さ 0.11mm、引張強度 3400N/mm²、ヤング係数 2.3×10^5 N/mm²)による補強方法は、無補強、曲げ補強、靱性補強の 3 種類とした。供試体の一覧を表 1 に示す。

供試体は図 1、図 2 に示すように幅×高さ×全長=100×200×1600mm であり、曲げ補強用では 2-D13(SD295A)の単鉄筋はり、靱性補強用では、2-D13(SD295A)の複鉄筋はりとした。また、曲げ補強後も曲げ破壊が先行するように、せん断補強として、D6 スターラップ(SD295A)を間隔 60mm で配筋した。また、コンクリートの目標配合強度は $f_{cr}=24$ N/mm² とした。さらに全ての供試体の断面隅角部は、打設時に角材を配し、面取り($r=10$ mm)を行った。

荷重は、スパン長 1400mm に対し曲げスパン 300mm の対称 2 点荷重とし、一方向荷重では $(2n-1)\delta_y \times 1$ 、正負交番荷重では、 $(2n-1)\delta_y \times 3$ の繰返しとした。降伏荷重時変位 δ_y は、一方向荷重では、No.1 供試体の荷重-変位曲線の屈曲点から定めた $\delta_y=5.22$ mm、正負交番荷重では、使用材料の強度試験値を用いて算出した計算値の $\delta_y=2.91$ mm とした。また、終局は、荷重-変位曲線の包絡線上の荷重低下領域で、荷重が降伏荷重まで低下した点とした。なお、導電性を付与した樹脂を使用した曲げ補強供試体に関しては、荷重時に分極量 100mV を目標として防食電流を通電するとともに、側面で鉄筋電位(vs Ag/AgCl)を測定した。

3.実験結果および考察

3.1 最大荷重 樹脂の違いが最大荷重に与える影響を図 3 に示す。導電性を付与した樹脂を用いたものの方が、最大荷重が小さくなる傾向を示した。これは、導電性を付与した樹脂ではプライマーとしてカーボン

表 1 供試体一覧

No.	載荷方法	補強方法	樹脂	載荷時電流
1	一方向	無補強	-	無
2	一方向	曲げ	普通	無
3	一方向	曲げ	高施工性	無
4	一方向	曲げ	高施工性	有
5	一方向	曲げ	高導電性	無
6	一方向	曲げ	高導電性	有
7	正負交番	無補強	-	無
8	正負交番	靱性	普通	無
9	正負交番	靱性	高施工性	無
10	正負交番	靱性	高導電性	無

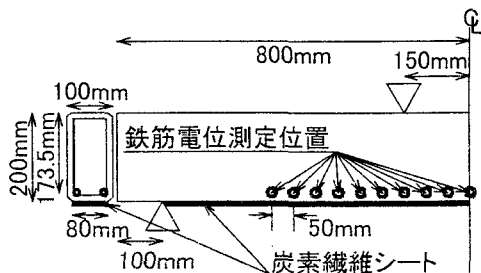


図 1 曲げ補強供試体

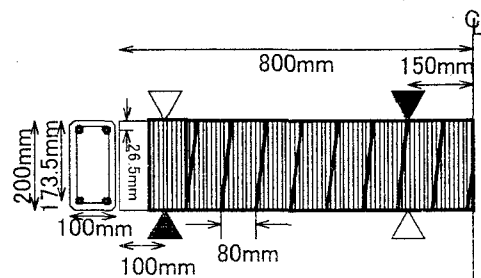


図 2 靱性補強供試体

ラックを添加したものを用いており、プライマーとコンクリートの界面で発生したと見られる剥離が早期に生じたためである。ただし、曲げ補強した全ての供試体の最大荷重は、無補強供試体よりも大きくなっており、導電性プライマーの接着性改善を念頭におけば、炭素繊維シート陽極システムの曲げ補強への適用は可能であるといえる。一方、靱性補強をした全ての供試体の最大荷重は、無補強供試体よりも大きくなり、また、樹脂の違いによる影響も見られなかった。靱性補強では、曲げ圧縮部域のシートの付着性状に関係なく、適切な定着域が確保されていることから、コアコンクリートを拘束する機能は十分発揮したものと考えられる。

3.2 消散エネルギー 樹脂の違いが、終局時までの消散エネルギーの累積値に与える影響を図4に示す。曲げ補強した全ての供試体の消散エネルギーは、無補強供試体と同程度かそれ以上の値となった。しかし、導電性樹脂を用いた供試体の方が、普通樹脂よりも剥離時の変位が小さく、最大荷重も小さかったことから、消散エネルギーが小さい。一方、靱性補強した全ての

供試体の消散エネルギーは、無補強供試体よりも大きくなっており、靱性補強による変形性能の向上が得られた。また、樹脂の違いによる影響は、最大荷重と同様に見られなかった。

3.3 荷重時鉄筋電位 スパン中央から片側支点に向かって50mm 間隔、10点で測定した各荷重段階での通電時電位 E_{on} の分布の一例を図5に示す。荷重の増加とともに鉄筋電位が全体的に貴変する傾向にあるとともに、同一荷重時の電位の軸方向分布に差が生じている。このことは使用状態での荷重作用による防食効果の低下および曲げひび割れによるマクロセル形成の傾向を示唆しているようであるが、曲げひび割れ近傍での鉄筋とコンクリート間の電気抵抗の増加により、測定値のみが全体的に貴変し、また軸方向の分布に差が生じた可能性があり、荷重作用が防食効果に与える影響に関しては、さらなる検討が必要であると考えられる。

4. 結論

(1)導電性樹脂を用いて曲げ補強した供試体では、最大荷重、消散エネルギーが従来の樹脂を用いたものより小さくなったものの、無補強より大きく、炭素繊維シート陽極システムの曲げ補強への適用は可能である。(2)導電性樹脂を用いて靱性補強した供試体では、最大荷重、消散エネルギーが、従来の樹脂を用いたものと同程度であり、靱性補強への適用は可能である。(3)荷重時の通電鉄筋電位を測定した結果、荷重の増加とともに全体的に貴変し、軸方向の電位分布に差が生じた。これらが防食効果に与える影響については、曲げひび割れが鉄筋電位の測定値に与える影響を含め、さらなる検討が必要である。

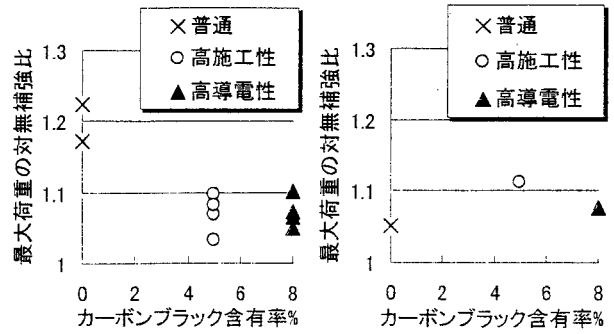


図3 カーボンブラック含有率が最大荷重に与える影響

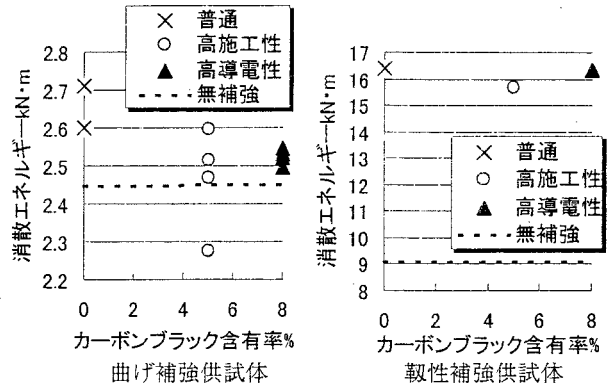


図4 カーボンブラック含有率が消散エネルギーに与える影響

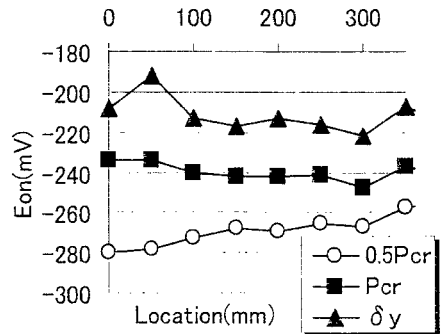


図5 荷重作用が鉄筋電位に与える影響