

1. まえがき

近年連続繊維補強材（以下FRPロッド）を鋼材の代わりに主筋や緊張材に用いてコンクリート構造部材を構築する動きが活発である。これはFRPが軽量、高強度、腐食しにくいなど、鋼材に比較して優位な性状を有するからである¹⁾。FRPをコンクリート構造物に適用するにあたり、その耐久性は一つの課題である。表-1に示すように鉄筋コンクリートではコンクリートと鉄筋の熱膨張係数はほとんど等しいため、温度変化によってコンクリートと鉄筋は一体となって挙動するとされている。一方FRPの熱膨張係数は表-1にもあるようにコンクリートのそれと大きく異なっているため、温度変化によってコンクリートとFRPは一体となって挙動しにくいと考えられる。一体となって挙動しなければ付着性能の低下を導き、部材の性能の低下にまでいたる可能性がある。そこで本研究では凍結融解作用によるコンクリートとアラミドFRPロッド（熱膨張係数 $-3\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）の付着特性の変化を調べることにした。またプレテンションプレストレストコンクリートとすることにより応力作用下でのFRPロッドの挙動をみることにした。

表-1 各種熱膨張係数($\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

材料	熱膨張係数
コンクリート	10
鋼材	12
アラミド	-5.71~2
ガラス	9~10
炭素	0.6~1
ビニロン	4.4

2. 実験内容

アラミドFRPロッド（直径6mm）を緊張材として用いたプレテンションプレストレストコンクリート供試体を打設した。またアラミドとの比較用にPC鋼線（7本より直径9.3mm）もアラミドと同様に打設した。両緊張材の諸元を表-2に示す。

表-2 使用した緊張材の諸元

使用ロッド	径(cm)	表面異形・加工形状	引張強度・降伏点(kgf/cm ²)	弾性係数(kgf/cm ²)	熱膨張係数(/ [°] C)
アラミド繊維	0.60	巻き付け法(繊維巻き)	18000	540000	-3×10^{-6}
PC鋼線	0.93	7本より	15000	2000000	12×10^{-6}

導入直前の緊張力は破断荷重および降伏点荷重の0.6倍とし打設後6日で導入した。供試体の寸法は凍結融解機の凍結槽の大きさの制限から図-1のように6×6×80cmとした。プレストレス導入後の供試体は7日間の水中養生ののち凍結融解サイクルにかけた。所定サイクル終了後曲げ試験を行い付着の劣化を知るために荷重-たわみ曲線を得た。図-2に曲げ試験の概要を示す。

3. 配合

コンクリートの配合表を表-2に示す。減水剤として遅延型AE減水剤を使用した。コンクリートの設計基準強度 f'_{ck} はプレストレストコンクリート用として400kgf/cm²とした。実際の圧縮強度は340~493

Kazuya YABUCHI, Mitsuyasu MASHIMA, Kaoru IWAMOTO

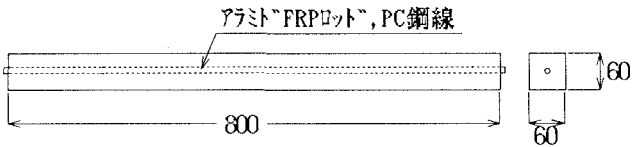


図-1 供試体寸法図 単位:mm

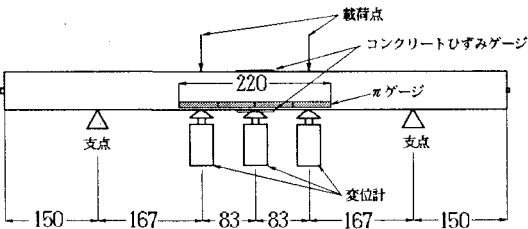


図-2 曲げ試験概要図 単位:mm

kgf/cm²であった。打設6日目にこの強度が300kgf/cm²あることを確認してプレストレスを導入した。

表-3 配合表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W / C (%)	s / a (%)	単位量(kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤(cc)
10	8	5.0	186	44	186	517	677	872	1293

4. コンクリートの劣化

凍結融解作用による付着の劣化を検討することを目的とするため、凍結融解作用によるコンクリートの劣化を考慮しなければならない。このため6×6×40cmの供試体を打設し、凍結融解作用を与え、非破壊試験（共鳴方法）を行いコンクリートの劣化の度合いも調べた。

非破壊試験の結果を図-3に示す。共鳴方法においては相対動弾性係数が小さくなるほどコンクリートの劣化が激しいとされるが、図-3を見る限り400サイクルまでにおいてコンクリートの劣化は見られない。この非破壊試験の結果より本実験のサイクル範囲内においては凍結融解作用によるコンクリートの劣化はないものとする。

5. 付着

プレテンションプレストレスト供試体を曲げ試験し得た荷重たわみ曲線を図-4と図-5に示す。図-4を見ると、アラミドFRPロッドは凍結融解作用のサイクル数が増すにつれて、多少のばらつきがあるものの、ひびわれ発生荷重（荷重-たわみが直線から曲線へ変わる域）が小さくなっているのがわかる。一方図-5のPC鋼線はサイクル数が増しても大きくひびわれ発生荷重は変化していないことが認められる。このことからアラミドFRPはPC鋼線に比べて付着が凍結融解作用の影響を受けやすいといえる。

このような結果になった原因はロッドの熱膨張係数の違いがいちばん大きいものと思われる。特に各種FRPロッドの中でもアラミドは熱膨張係数がマイナス値をとり、温度上昇でコンクリートが膨張するのに対し、アラミドFRPロッドは収縮するため、付着に大きな影響を与えられたものと思われる。凍結融解作用による付着の劣化は、その他にロッドの表面水の凍結の影響やコンクリートの強度低下などが挙げられるが、本研究においてはそれらの影響は小さいものと思われる。

5. まとめ

熱膨張係数がコンクリートのそれと著しく異なるFRPは凍結融解作用を受けることによって、鋼材に比べてコンクリートとの付着の劣化が大きいたことがわかったが、まだまだデータ不足であり凍結融解作用中の応力やひずみの挙動の把握など更に詳細な実験による確認が必要であると思われる。また本研究ではアラミドFRPを使用した、FRPとして実用化に大きな期待のよせられている炭素繊維やビニロン繊維などのアラミド以外のFRPについても研究が必要であると思われる。

参考文献1) 土木学会:連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用:1992

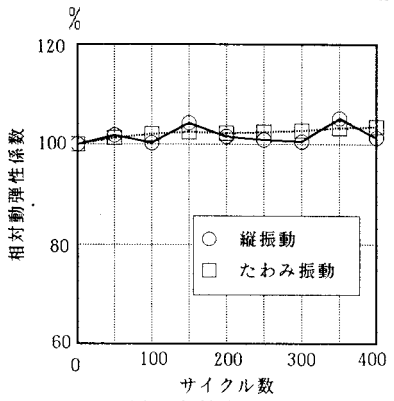


図-3 相対動弾性係数

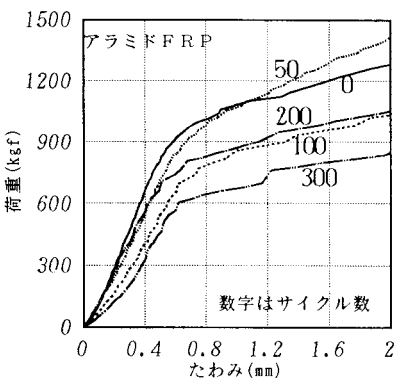


図-4 荷重-たわみ曲線

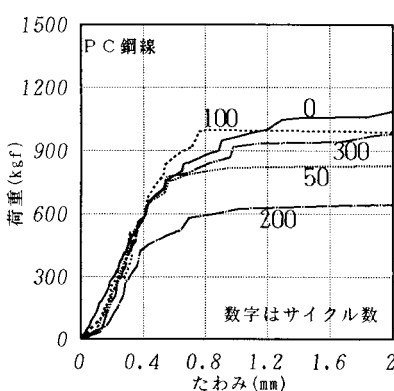


図-5 荷重-たわみ曲線