

セメントペーストを含浸させた連続炭素繊維を補強材に用いたモルタルはりの曲げ性状

古川 茂*・辻 幸和**・大谷杉郎***

本研究は、連続炭素繊維にセメントペーストを含浸させて成形した炭素繊維セメント複合体 (CFRC) をコンクリートはりの補強材として用いるための基礎的知見を得るため、モルタル中に一次元に配置したはりの曲げ強度試験を行い、CFRC の形態、含浸用セメントの種類、炭素繊維の種類や繊維量がはりの曲げ耐力、たわみおよび曲げタフネスなどに及ぼす影響についてとりまとめたものである。

Keywords : CFRC mortar beam, continuous carbon fiber, form of carbon fiber, failure bending moment, toughness, calculating method

1. 序 論

炭素繊維は強度、弾性係数、耐腐食性、耐熱性などに優れているため、鋼材に代わるセメント系材料の有用な補強材料の一つと考えられる。短炭素繊維をセメントペーストあるいはモルタルのマトリックス中に二次元あるいは三次元にランダムに配向させて補強することにより、曲げ強度や曲げタフネスを著しく改善できるなどの良好な研究成果が報告されており^{1)~6)}、すでにこのような補強方法は、実用化が始まっている^{7),8)}。

連続炭素繊維をマトリックス中に一次元に配置して補強する方法についても研究開発が行われている。この方法は、今後のコンクリートへの炭素繊維の有効利用の見地からも有望である。この場合には、いかなる方法で炭素繊維を所定の方向に、所定の本数を配置させるかが問題となる。このため、連続炭素繊維に合成樹脂を含浸させて種々の形態に成形し、モルタルやコンクリートの補強材として用いる研究開発が行われ^{9)~13)}、一部実用化されている^{14),15)}。

また、合成樹脂の代わりに、セメントペーストを連続炭素繊維に含浸させて成形した炭素繊維補強セメント複合体 (以下、CFRC と称する) を補強材として利用する方法も有力と考えられ、CFRC 自体については、すでに貴重な研究成果が報告されている^{16)~18)}。しかしながら、モルタルやコンクリートはりの補強材として CFRC を用いた場合については、CFRC の製作方法、使用する炭素繊維の種類や品質、配置方法なども含め、はりの曲げ性状やせん断性状へ及ぼす CFRC の補強効果は、ほとんど報告されていないのが現状である。

本論文は、連続炭素繊維にセメントペーストを含浸させて成形した CFRC を、コンクリートはりの補強材に利用するための基礎研究の結果を報告するものである。すなわち、モルタル中に一次元に配置して補強した炭素繊維補強モルタルのはりを作製して行った実験結果のうち、CFRC の形態^{19)~21)}、含浸させるセメントの種類²⁰⁾、炭素繊維の種類と使用量^{19)~21)}が、主としてはりの曲げ性状に及ぼす影響をとりまとめて報告するものである。

2. 実験の概要

(1) 使用材料および配合

連続炭素繊維は、表-1 に示す品質をもつピッチ系の汎用品および PAN 系の高性能品を用いた。

炭素繊維に含浸させるセメント (以下、含浸用セメントと称する) には、普通ポルトランドセメント (以下、普通セメントと称する) のほかに、含浸作業の改善を目的として、アルミナセメントも用いた。また、混和材として高炉スラグ微粉末 (以下、高炉スラグと称する) も一部の試験に用いた。セメントおよび高炉スラグの物理的性質を表-2 に示す。また、含浸用セメントペーストの配合は表-3 のとおりである。

モルタルには、普通セメントおよび豊浦標準砂を用いた。モルタルの配合は、水セメント比が 40% で、砂セメント比を 1.0 と一定にした。モルタルのフロー値は 170±10 であった。

(2) CFRC の製作、はり供試体および強度試験

CFRC は、所定本数の炭素繊維の間隙に、セメントペーストを十分に含浸させた後、所定の形態に成形して製作した。

炭素繊維の形態は、写真-1 に示すような、連続繊維をそのまま束状にしたもの、束を幅 10 mm 程度に広げて帯状にしたもの、および束を幅 40 mm 程度に広げて布状にしたものの 3 種類を用いた。CFRC は、繊維の

* 正会員 群馬工業高等専門学校助教授 土木工学科 (〒371 前橋市鳥羽町580)

** 正会員 工博 群馬大学教授 工学部建設工学科

*** 工博 群馬大学教授 工学部材料工学科

表一 炭素繊維の品質

連続炭素繊維の種類	繊維直径 (10 ⁻³ mm)	比重	引張強度 (MPa)	弾性係数 (MPa)	伸度 (%)
ピッチ系汎用品	18.0	1.63	784	33320	2.4
PAN系高性能品	7.5	1.78	2940	225400	1.3

表二 セメントおよび混和材の物理的性質

種類	比重	ブレン値 (cm ² /g)
普通セメント	3.17	3320
アルミナセメント	3.02	8500
高炉スラグ	2.91	6100

表三 含浸用セメントペーストの配合

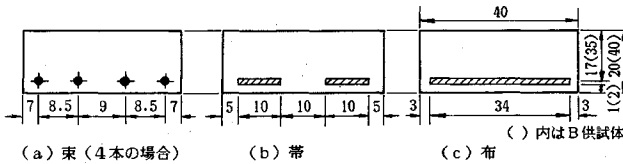
配合	セメントの種類	水セメント比(W/C(%))	混和材	フロー値
NP-1 NP-2	普通 普通	5.0 5.0*	高炉スラグをセメント重量の80%置換	240±10 240±10
AL-1 AL-2	アルミナ アルミナ	3.5 5.0		over over

* W/(C+Sg), Sg:高炉スラグ

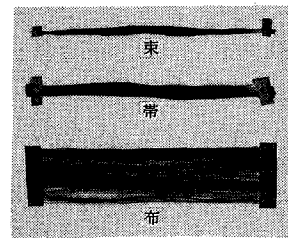
表四 CFRCの諸元

CFRCの形態	繊維の総本数		Acf/bd*×100(%)		供試体
	ピッチ系**	PAN系**	ピッチ系	PAN系	
束、帯、布	6000	24000	0.22	0.17	A供試体
	12000	48000	0.45	0.32	
	18000	72000	0.67	0.47	
	24000	96000	0.90	0.62	
束、帯、布	22000	96000	0.40	0.30	B供試体

* Acf:繊維の総断面積、b:幅、d:有効高さ、** 炭素繊維の種類



図一 補強材の配置状態の例



写真一 炭素繊維の形態

本数を同一にした束状、帯状および布状のものに、表一3に示したNP-1の配合のセメントペーストを含浸した後、束状、帯状および布状の形態に整えて直ちに使用した(以下、それぞれ束、帯および布と称する)。帯および布の場合は、所定量になるまで積層させて用いた。また、束の場合には、NP-1以外に、NP-2からAL-2のそれぞれの配合も用いた。束中の炭素繊維の本数は、後で述べるA供試体ではPAN系の繊維が1万2000本、ピッチ系の繊維が3000本、B供試体では前者が2万4000本、後者が5500本である。使用した炭素繊維の総本数、繊維の総断面積 A_{cf} を幅 b と有効高さ d との積で除した比率(以下、繊維比率 P_f と称する)は、それぞれ表一4のとおりである。また、CFRCの形態とその配置状態を図一に示す。

はり供試体には、高さが20mm、幅が40mm、長さが160mmのA供試体、高さと同幅が40mmで長さが300mmのB供試体を用いた。はり供試体の作製は、型枠の底部にモルタルを、A供試体の場合が厚さは1~2mm、B供試体では2~3mm程度敷き、この上にCFRC補強材を有効高さが前者が17mmで、後者が35mmとなるように配置した後、残りのモルタルを打ち込んで仕上げた。締固めは、JIS R 5201に準じて2層に分けて行った。同時に、 $\phi 5 \times 10$ cmの圧縮強度試験用の円柱供試体も作製した。各供試体は材令1日で脱型し、材令7日まで標準養生を行った。

はり供試体の曲げ強度試験は、材令7日において、A供試体の場合はスパンが100mmの中央点荷重で、B供試体の場合はスパンが220mmで、85+50+85mmの位置における2点荷重で、荷重の増加速度を平均29.4N/sとしてそれぞれ行った。供試体のせん断スパン有効高さ比は、A供試体が2.9、B供試体が2.4である。また、中央部の荷重-たわみ曲線を、X-Yレコーダーによって記録した。なお、試験はいずれも3体の供試体で行った。モルタルの圧縮強度試験はJIS R 5201の方法に準じて行った。モルタルの圧縮強度は41.6MPaであった。

3. CFRC製作の作業性および配置状態

CFRCを製作する際の炭素繊維間へのセメントペーストの含浸および成形の作業性は、当然ながら使用するセメントペーストの水セメント比やセメントの種類などにより相違した。

図二は、普通セメントを用いた場合の含浸用セメントペーストのフロー値と水セメント比との関係を示している。図のように、水セメント比が30%では流動性が劣るため、繊維間へのセメントペーストの含浸は困難であった。そして、水セメント比を60%まで大きくすると、含浸は容易であったが、成形時にセメントペーストが抜けやすかった。水セメント比が40%の場合には、水セメント比が50%の場合より流動性が低いものの、含浸

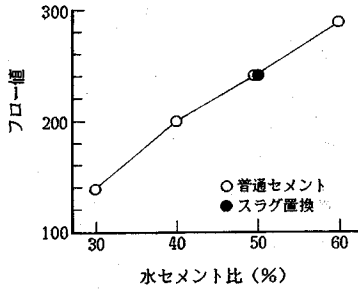


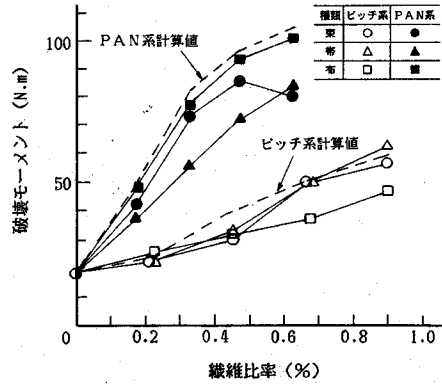
図-2 含浸用セメントペーストのフロー値と水セメント比の関係

および成形の作業は50%の場合と同様に容易であった。しかしながら、水セメント比が40%では、50%のものに比べ成形時に少しペースト部分が厚くなりやすかった。このように、本研究において、普通セメントを用いた水セメント比が50%のNP-1の配合の場合は、含浸および成形の作業性は良好であった。

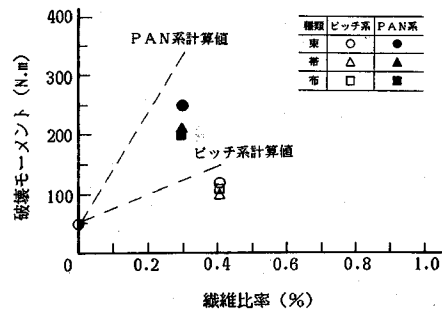
また、普通セメントを高炉スラグで80%置換した水セメント比が50%のNP-2の場合も、流動性が高いことから、作業性は普通セメントの場合と同様に良好であった。そして、アルミナセメントを用いた場合には、水セメント比が35%のAL-1の方が50%のAL-2より、少し流動性は低いものの、いずれのセメントペーストも、フローテーブルから溢れた。このため、含浸は容易であったが、AL-2の場合には、普通セメントで水セメント比を高くした場合と同様に成形時にセメントペーストが抜けやすかった。なお、成形後の硬化時間は、他の普通セメントを用いた場合の約1/2の1時間45分であった。

CFRCの成形および配置状態については、やはり供試体の作製時の状態および曲げ試験後の破断面を観察した。その結果、束の場合は、他の形態に比べ含浸および成形だけでなく、配置の作業も容易であった。しかし、高炉スラグで置換したNP-2の配合およびアルミナセメントを用いたAL-2の配合の場合には、PAN系繊維を用いて繊維量が多くなると、破壊時に繊維が少し引き抜ける場合があった。そして、ピッチ系繊維を多量に用いると、束のあきが狭くなり同一平面上に配置できない場合があった。

帯の形態の場合には、成形時の幅が狭いことや積層数が多いことから、成形および配置の作業性が他の形態のCFRCに比べやや劣った。そして繊維量が多くなると、締め固めにより積層した幅より炭素繊維の広がる場合があった。布の形態の場合には、繊維量の多少にかかわらず、炭素繊維の配置状態は一般に良好であった。しかし、炭素繊維を所定の幅に均一に広げることは容易でなかった。



(a) A供試体



(b) B供試体

図-3 破壊モーメントに及ぼすCFRCの形態と繊維量の影響

CFRCの製作作業の観点からは、束の形態で使用する事が適当と考えられる。

4. 破壊モーメントおよび破壊形式

含浸用セメントペーストに普通セメントを用いた場合の、A供試体およびB供試体の破壊モーメントと繊維比率との関係を図-3に示す。A供試体の場合は、図-3(a)に示すように、いずれの形態のCFRCを用いても、繊維量が増加すると破壊モーメントは一般に増加している。そして、繊維比率でPAN系の繊維を0.32%およびピッチ系繊維を0.67%配置すると、破壊モーメントは、補強しない場合(17.9N·m)のそれぞれ2.5倍および3.7倍が得られた。しかしながら、それ以上に繊維比率を増加しても、破壊モーメントの増加は小さくなった。

(1) 破壊形式

PAN系繊維を用いた場合、破壊モーメントはピッチ系繊維を用いた場合に比べ、当然ながら大きな値を示している。そして、一般に帯、束、布の順に破壊モーメントは大きくなっている。供試体の破壊は、繊維比率が小さいと、いずれのCFRCの形態についても、写真-2(a)に示すように、繊維の切断により曲げ引張破壊した。そして、束の場合は0.47%以上に繊維比率を増加すると、

表一五 破壊モーメントおよび曲げタフネス

繊維の種類	繊維比率 (%)	破壊モーメント(N.m)				曲げタフネス比				
		実測値				計算値				
		普通*		アルミナ*		普通		アルミナ		
		NP-1 ¹⁾	NP-2 ²⁾	AL-1 ³⁾	AL-2 ⁴⁾	NP-1	NP-2	AL-1	AL-2	
ピッチ系	0.22	22.1	21.3	20.2	19.1	20.4	2	10	8	2
	0.45	29.4	34.0	35.6	27.2	38.5	11	29	42	27
	0.67	49.2	48.2	45.8	40.9	50.8	35	72	72	66
	0.90	54.9	54.1	58.6	--	58.6	63	94	105	--
PAN系	0.17	41.7	44.1	41.7	39.8	49.3	36	40	38	38
	0.32	71.3	57.5	70.7	58.6	80.7	114	59	90	68
	0.47	83.3	66.8	77.9	73.8	94.9	121	87	118	90
	0.62	78.5	77.6	81.6	--	104.2	85	70	88	--

*含浸用セメントの種類、1) W/C=50%, 2) W/(C+Sg)=50%, Sg:高炉スラグ, 3) W/C=35%, 4) W/C=50%.

B 供試体では、いずれの場合も、計算値の方が実測値より 30~40% 程度大きくなり、A 供試体の場合よりその差が少し大きくなった (図-3 (b) 参照)。実測値が計算値より小さい原因は、先に述べた繊維量が多いことによる繊維の配列の影響や破壊形式の相違によるものと考えられる。

(3) 含浸用セメントペーストの影響

束の形態の製作に表-3 に示した NP-1 から AL-2 の配合の含浸用セメントペーストを用いた場合については、破壊モーメントの実測値と計算値をまとめて表-5 に示す。

PAN 系繊維を用いると、含浸用セメントペーストの種類によって破壊モーメントは異なり、普通セメントを用いた NP-1 とアルミナセメントで水セメント比が 35% の AL-1 の配合の場合、また、高炉スラグで置換した NP-2 とアルミナセメントで水セメント比が 50% の AL-2 の配合の場合には、それぞれほぼ同じ値を示した。そして、破壊モーメントは前者の場合の方が少し大きくなった。普通セメント (NP-1) を用いると、3. でも述べたように、含浸および成形の作業が容易なこと、またアルミナセメントで水セメント比が小さい AL-1 の場合には、流動性は高いものの、硬化が他より速いことから、セメントペーストと繊維間の付着が良好になったためと思われる。

繊維比率を 0.32% 以上に増加すると、破壊モーメントの増加の程度は小さい。いずれのセメントペーストの種類を用いても、それまでは繊維の切断によって曲げ引張破壊したが、それ以上に繊維量を増加させると、斜めひびわれの発生によるせん断で破壊したためである。なお、繊維量が多くなると、アルミナセメントで水セメント比の大きい AL-2 の配合の場合には、CFRC とモルタル間の剥離により破壊する場合があった。

ピッチ系繊維を用いた場合は、AL-2 の配合を用いて、繊維量が多くなると、他の配合に比べて破壊モーメントがやや小さい値を示す場合がある。この場合には、PAN 系繊維と同様に CFRC とモルタル間が剥離して破壊した。それ以外では、いずれの供試体も繊維の切断

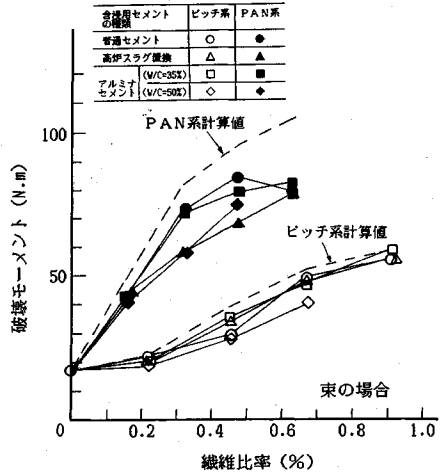


図-6 含浸用セメントの種類を変えたはりの破壊モーメント

によって曲げ引張破壊したため、ほぼ同じ値になっている。

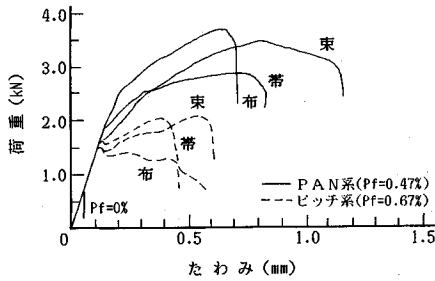
表-5 に示した破壊モーメントの実測値と曲げ破壊モーメントの計算値について、繊維比率と関連させてプロットしたものを図-6 に示す。図中の破線は、PAN 系およびピッチ系それぞれの繊維を用いたはりの曲げ破壊モーメントの計算値を示している。

PAN 系繊維を用いた場合には、曲げ引張破壊を生じた場合の実測値と計算値の比率は、72~89% を示した。この中で、比率が 72% 程度と低いのは、高炉スラグで置換した NP-2 とアルミナセメントの AL-2 の配合を用いた、繊維量が多い場合である。この原因は、3. で述べた繊維の引き抜けの影響と考えられる。ピッチ系繊維を用いた場合には、いずれのセメントペーストの種類でも 76~108% を示した。このように、実測値は、いずれのセメントペーストの種類および繊維の種類を用いても、一般に計算値の 76% 以上が得られた。

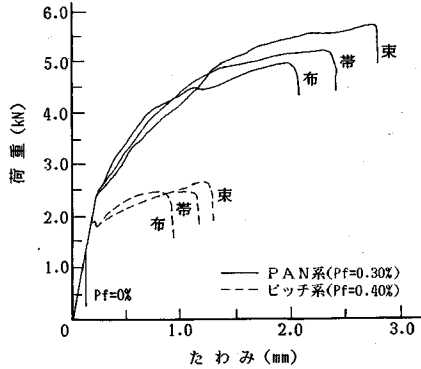
以上のことから、曲げ破壊する場合の破壊モーメントは、鉄筋コンクリートと同様な積層モデルによる計算方法によって算定することが可能と思われる。

5. たわみ

荷重-たわみ曲線を図-7 および図-8 に示す。CFRC の形態を変えた場合は、図-7 に示すように、A 供試体および B 供試体のいずれを用いた場合も、最大荷重時までのたわみ量は CFRC の形態により少し異なっている。A 供試体の場合、図-7 (a) のように、束を用いると他の形態を用いた場合より最大荷重時までのたわみ量は大きくなった。PAN 系繊維を用いると、ピッチ系の場合の繊維比率の 2/3 程度でも、繊維の強度差が 4 倍程度と高いため、ピッチ系繊維を用いた場合より最大荷重およびそのときまでのたわみ量は大きい。これら



(a) A供試体



(b) B供試体

図-7 荷重-たわみ曲線 (CFRCの形態を変えた場合)

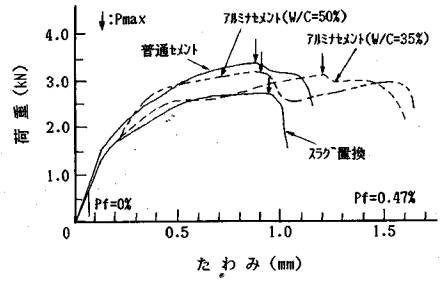
のことは図-7 (b) に示した B 供試体の場合にも同様に認められる。

このように、束の使用は、他の形態に比べ、変形性能の改善にも効果があると考えられる。

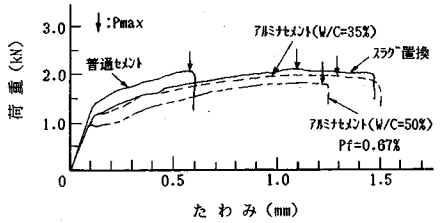
図-8 は、含浸用セメントペーストの種類を変えた場合である。図-8 (a) に示す PAN 系の繊維を用いた場合は、いずれのセメントペーストの種類を用いても、最大荷重時までのたわみ量は、ほぼ同じになっている。ピッチ系繊維を用いた場合には、普通セメントを用いると、図-8 (b) に示すように、たわみ量は他に比べて 1/2 程度と少なくなった。この原因としては、普通セメントは粒径が他の場合より大きいため、束の直径は他のセメントペーストを用いた場合より大きくなりやすかった。これにより、束の断面に占めるセメントペースト部分の割合が他の場合より多くなった。また、ピッチ系繊維は PAN 系繊維に比べて引張強度が小さいため、セメントペースト部分の影響が大きくなり、他の配合の場合より曲げ剛性が大きくなったことが考えられる。しかし、詳細については不明である。

6. 曲げタフネス

曲げタフネスは、その評価方法だけでなく、スパンや供試体の寸法などにより相違する。ここでは、曲げタフネスは、最大荷重を生じる点までの荷重-たわみ曲線下



(a) PAN系



(b) ピッチ系

図-8 荷重-たわみ曲線 (含浸用セメントペーストを変えた場合)

の面積として求めた (以下、最大荷重点法と称する)。そして、CFRC で補強しないものに対する補強したものとの曲げタフネスの比を、曲げタフネス比と称する。

CFRC の形態を変えて用いた場合の、最大荷重点法により求めた曲げタフネス比を、A 供試体について図-9 に示す。

PAN 系繊維を用いた場合は、繊維比率を布の形態の場合に 0.32% 以上、また束の場合には 0.47% 以上に増加すると、破壊形式の相違により、それぞれ曲げタフネス比は低下した。しかし、ピッチ系繊維を用いた場合には、値自体は小さいものの、いずれの形態を用いても、繊維量の増加に伴って曲げタフネスは増加した。そして、束の形態の場合が、他の CFRC の形態に比べて曲げタフネス比は少し大きくなっている。

図-10 には、図-7 に示した束の形態を用いた場合について、日本コンクリート工学協会の「繊維補強コンクリートの試験方法に関する基準」における、スパンの 1/150 のたわみを生ずるまでの荷重-たわみ曲線下の面積として曲げタフネスを求める方法 (以下、JCI 法と称する) で求めた曲げタフネス比を、最大荷重点法による曲げタフネス比と一緒に示す。ピッチ系繊維を用いた場合には、最大荷重点法および JCI 法のいずれを用いても、曲げタフネス比はほぼ同じ値を示している。

しかしながら、PAN 系繊維を用いた場合には、JCI 法で求めると、CFRC の形態によりたわみ量が相違したにもかかわらず、曲げタフネス比はほぼ同じ値になった。そして、最大荷重点法を用いると、図-10 のように、JCI 法に比べ、2~3 倍程度の大きな値を示し、両者間

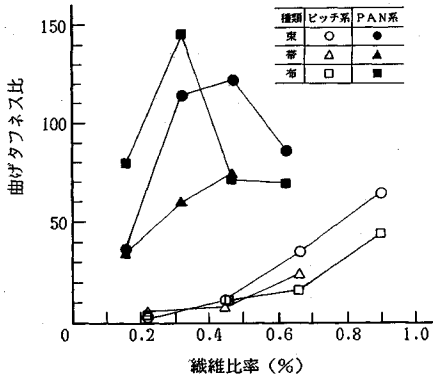


図-9 曲げタフネス比に及ぼすCFRCの形態の影響

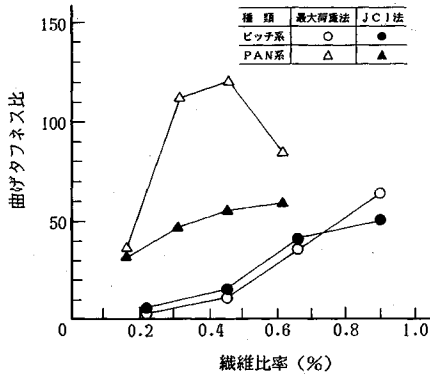


図-10 曲げタフネス比に及ぼす算定方法の影響

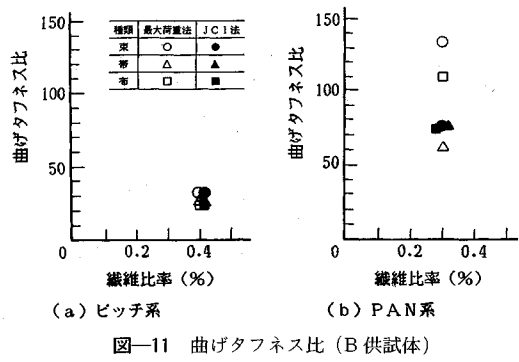


図-11 曲げタフネス比 (B 供試体)

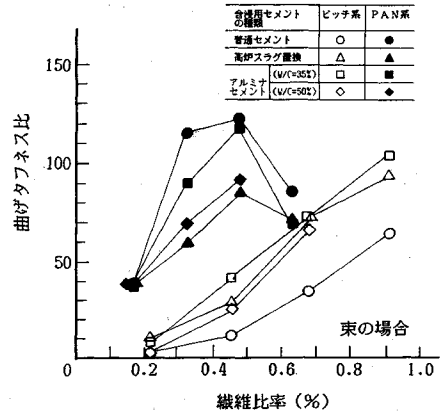


図-12 曲げタフネス比に及ぼす含浸用セメントの種類の影響

に差異が認められる。このような傾向は、他の形態のCFRCを用いた場合ならびに図-11に示したB供試体の場合も同様であった。JCI法の場合には、スパンの1/150 (図-7(a)の0.6mmあるいは図-7(b)の1.5mmに相当)以降のたわみが、曲げタフネスに影響していないためである。PAN系繊維を用いた場合のように、大きな変形を生じる場合には、曲げタフネスを求める基準についての検討が必要と思われる。

含浸用セメントペーストの種類を変えた場合の曲げタフネス比を図-12に示す。曲げタフネス比は、含浸用セメントペーストの種類により少し相違する。PAN系繊維を用いた場合は、普通セメントを用いると、他の種類のセメントペーストより曲げタフネス比は大きい。ピッチ系繊維を用いた場合には、図-8(b)のたわみから予測されるように、逆に小さくなった。また、PAN系繊維を用いた場合は、繊維量が増加すると、0.5%の繊維比率までは曲げタフネスが増加するが、それを超えると、4.(1)で述べた破壊形式の相違のため、曲げタフネス比は低下した。しかし、ピッチ系繊維の場合には、繊維量の増加に伴って曲げタフネス比は増加している。そして、NP-1以外の配合を用いた場合に、いずれも曲げタフネスは同程度の値を示した。このことは、図-8

(b)に示したたわみからも予測される。

これらのことは、炭素繊維の種類および炭素繊維量により含浸用セメントペーストの曲げタフネスに及ぼす影響が異なることを示している。

7. 結 論

連続炭素繊維にセメントペーストを含ませて成形したCFRCを、モルタル中に一次元に配置したモルタルはりを作製し、CFRCの形態、含浸用セメントの種類、炭素繊維の種類および炭素繊維量などが、はりの曲げ耐力、たわみおよび曲げタフネスなどに及ぼす影響について実験的に検討した。その結果、次のことがいえると思われる。

(1) CFRCを補強材として用いる場合は、束の形態として用いると、いずれの炭素繊維の種類および含浸用セメントペーストの種類を用いても、他の帯あるいは布の形態に比べ、補強材の作製作業が容易である。そして、はりの破壊が靱性のある曲げ破壊となりやすいとの観点からも補強材の形態として適している。

(2) ピッチ系の繊維を用いると、CFRCに含浸させるセメントペーストの種類による影響は少ない。しかしながら、PAN系の繊維を用いる場合は、含浸用セ

ントペーストの種類による影響は大きい。

(3) 繊維の切断により曲げ破壊するはりの曲げ引張破壊モーメントは、鉄筋コンクリートはりと同様に、積層モデルを用いて算定することが可能である。

参考文献

- 1) 白川 潔・中川憲一：炭素繊維補強セメントの曲げ強度におよぼす諸因子，第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集，pp. 153～156，1982.
- 2) 秋浜繁幸・末永龍夫・坂野 正：炭素繊維を用いたセメント系複合体(CFRC)の力学的性質に関する実験的研究，コンクリート工学，Vol. 20, No. 8, pp. 75～84, Aug. 1982.
- 3) 大浜嘉夫・天野幹夫：短炭素繊維を用いた炭素繊維補強セメントの製造と性状，日本コンクリート工学協会，繊維補強コンクリートに関するシンポジウム論文集，pp. 111～116，1984. 2.
- 4) 秋浜繁幸：炭素繊維補強コンクリート(CFRC)の実験的研究—その1 CFRCが純引張りを受けた場合の挙動について—，日本建築学会論文報告集，第316号，pp. 1～8，1982.
- 5) 辻 幸和・古川 茂・大谷杉郎：各種混和材料を用いた炭素繊維補強セメントの製造，セメント技術年報，40，pp. 475～478，1986.
- 6) 古川 茂・辻 幸和・宮本正雄：短炭素繊維で補強したモルタルの力学的性状，セメント技術年報，41，pp. 455～458，1987.
- 7) 秋浜繁幸・末永龍夫・坂野 正：炭素繊維補強セメントの複合体(CFRC)の建築構造物への適用，第6回コンクリート工学年次講演会論文集，pp. 329～332，1984.
- 8) 村上正昭・川村正敏：新素材が変える建築の外装開発の秘密と可能性を探る，NIKKEI ARCHITECTURE，1985年5月6日号，pp. 47～53.
- 9) 小林一輔・趙 力采・神吉正弥：繊維強化複合材料製プレストレストコンクリート用緊張材の開発研究，第6回コンクリート工学年次講演会講演論文集，pp. 369～372，1984.
- 10) 小林一輔・魚本健人・趙 力采：FRP緊張材を用いたプレストレストコンクリート構造，プレストレストコンクリート，Vol. 30, No. 5, pp. 19～26, Sept. 1988.
- 11) 山本邦夫・大橋清一・大即信明：CFRP ロッド使用アンボンドPCブロック梁及びプレテンション梁の曲げ実験，コンクリート工学年次論文報告集，第9巻，第2号，pp. 501～506，1987.
- 12) 小沢一雅・関島謙蔵・岡村 甫：FRPで補強したコンクリートはりの曲げ疲労性状，コンクリート工学年次論文報告集，第9巻，第2号，pp. 269～274，1987.
- 13) 辻 幸和・斉藤 等・関島謙蔵・小川弘幸：FRPで補強したコンクリートはりの曲げおよびせん断性状，コンクリート工学年次論文報告集，第10巻，第3号，pp. 547～552，1988.
- 14) 半沢 茂・小林一彦・丸山武彦・小林英博・関口晃吉：炭素繊維 FRP 材料を使用したノンメタル人道橋(その1～その3)，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集，pp. 322～327，1989.
- 15) 山下武秋・木内武夫・犬飼晴雄・岩崎達彦：新素材によるPC橋—新宮橋の建設—，プレストレストコンクリート，Vol. 31, No. 2, pp. 71～78, Mar. 1989.
- 16) Ali, M. A., Majjudar, A. J. and Ratment, D. L. : Carbon Fiber Reinforcement of Cement, Cement and Concrete Research, Vol. 2, pp. 201～212, 1972.
- 17) 平居孝之・安藤達夫・坂井広道・村上 淳：連続せんい補強セメントの試作研究(その2 炭素せんいにおける付着)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 75～76，1986.
- 18) 平居孝之・安藤達夫・坂井広道・村上 淳：連続せんい補強セメントの試作研究(その3 炭素せんい補強板の曲げ性状)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 77～78，1986.
- 19) 古川 茂・辻 幸和・大谷杉郎：炭素繊維補強セメント系複合材の製造および力学的特性，第30回材料研究連合講演会前刷集，pp. 99～100，1986.
- 20) 古川 茂・辻 幸和・大谷杉郎・小島 昭：連続炭素繊維で補強したモルタルの力学的特性，コンクリート工学年次論文報告集，第9巻，第1号，pp. 453～458，1987.
- 21) 古川 茂・辻 幸和・大谷杉郎：束状にした連続炭素繊維を補強材に用いたモルタルの力学的特性，第31回材料研究連合講演会前刷集，pp. 115～116，1987.
- 22) 辻 幸和・岩井 稔・奥泉貴郎・橋本親典：グラウトの付着性能を考慮したPRCはりの曲げ性状，コンクリート工学年次論文報告集，第12巻，第2号，pp. 161～166，1990.

(1990. 10. 24 受付)

FLEXURAL BEHAVIOR OF MORTAR BEAM REINFORCED WITH CONTINUOUS CARBON FIBER IMPREGNATING WITH CEMENT PASTE

Shigeru FURUKAWA, Yukikazu TSUJI and Sugio OTANI

This paper presents the effect of kinds of carbon fiber reinforced cement (CFRC) on flexural behavior of mortar beam reinforced with CFRC (CFRC beam). The CFRC was manufactured by impregnating with cement paste into continuous carbon fiber (PAN type and pitch type). Normal portland cement and alumina cement were used to make impregnating cement paste. The form of carbon fiber used was bundle shape, belt shape and sheet shape. In case of using form of bundle shape, the CFRC can be easily produced compared with the other form. The effect of kinds of cement paste using CFRC on the flexural behavior of CFRC beam is different by kinds of carbon fiber. The failure bending moment of mortar beam reinforced with CFRC can be estimated by a calculating method of reinforced concrete beam when the beam is failed by cutting of carbon fiber.