

## 乾湿繰返しによる短繊維補強コンクリートの耐久性試験に関する研究

平居孝之\*1 村上聖\*2 大谷俊浩\*3

\*1 日本文理大学 工学部建築デザイン学科 (〒 870-0397 大分県大分市一木 1727)

\*2 熊本大学 大学院自然科学研究科環境共生科学専攻 (〒 860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1)

\*3 大分大学 工学部福祉環境工学科 (〒 870-1192 大分県大分市且野原 700)

要旨：本研究は、短繊維補強コンクリートの耐久性評価のための標準試験方法の確立を目的に、乾湿繰返し試験方法の適用性についてその仕様と実験結果が示されている。乾湿繰返し条件は、 $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  の乾燥装置に 42 時間入れ、 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  の水中に 6 時間浸漬することを所定回数繰り返す方法とした。アラミド、ビニロン、ポリエチレン繊維のような化学繊維を用いた短繊維補強コンクリートと比較として鋼繊維補強コンクリートおよびプレーンコンクリートに関して、乾湿繰返しによる圧縮および曲げに関する強度およびタフネスの経時変化が測定された。その結果として、全期間  $20^{\circ}\text{C}$  水中養生の場合に比べて乾湿繰返しによる強度およびタフネスの劣化が認められ、本試験方法の促進試験としての有効性が示された。

キーワード：短繊維補強コンクリート、耐久性試験、乾湿繰返し、促進劣化、圧縮強度、圧縮タフネス、曲げ強度、曲げタフネス

## 1. はじめに

ビニロン、アラミド、アクリル、ポリエチレン、ポリプロピレン、炭素、耐アルカリガラス繊維などの産業用高性能化学繊維が繊維メーカーにより製造されるにつれて、土木・建築分野への用途拡大をはかるために、これらの化学繊維をカットした短繊維をコンクリートの構成材料として分散混入した短繊維補強コンクリートが構造物の各種部位に適用されている。

短繊維補強コンクリートの性能評価試験方法としては、鋼繊維補強コンクリートやガラス繊維補強セメントに関して力学的特性を評価するための試験方法が制定されているが、耐久性評価試験方法は制定されていない。短繊維補強コンクリートは、繊維がひび割れの発生や拡大を抑制するために一般に耐久性に優れていることが特長であり、実構造物への使用実績から十分な耐久性が確認された事例が多くある。しかし、これらの実績は、個々の研究機関により独自の試験方法で得られたものであり、共通して利用できる資料となっていない。短繊維補強コンクリートの適用がさらに進展し、新素材である高性能の化学繊維の用途拡大をはかるためには、各種の短繊維補強コンクリートの耐久性を統一的に評価するための試験方法の確立が望まれている。

短繊維補強コンクリートの耐久性を評価する試験方法としては、供用年数に至るまでの劣化作用による力

学的特性の経時変化を短期間で再現することが必要であり、研究開発や品質管理の立場から試験を行う場合には、供試体作製や前養生期間を含めて 3 か月以内の試験期間が望ましく、長くても 6 か月以内が試験期間の限度と思われる。そのような試験期間で耐久性の判断を下すためには、劣化要因および劣化機構を特定し、主要な劣化因子の作用を人工的に強め、劣化現象を促進させることが必要である。化学繊維を用いた短繊維補強コンクリートでは、繊維のセメントによるアルカリ劣化が耐久性にもっとも大きな影響を与える要因と考えられる。また、外気にさらされる場合、水分の浸透と乾燥の繰返しが生じ、特に断面寸法が小さくなると、コンクリート内部のキャピラリー空隙に含まれるセメントアルカリ溶液の濃縮やコンクリート中の成分溶出、乾湿に伴うコンクリートの伸縮の繰返しによる劣化などに起因して、乾湿繰返しが耐久性に影響を及ぼす。CEN(European Committee for Standardization) が定める繊維補強セメント板の性能評価試験方法では、乾湿繰返しによる耐久性を調べるように規定している<sup>1)</sup>。

そこで、本研究では、短繊維補強コンクリートの耐久性を評価するための乾湿繰返し試験方法の適用条項を含めて、乾湿繰返しが短繊維補強コンクリートの力学的特性に及ぼす影響について実験的検討を行った。なお、ここで対象とする繊維は、JIS L 0204-2 で定義される化学繊維のうち、金属繊維を除く合成繊維と無機

繊維とした。

## 2. 実験方法

各種短繊維補強コンクリートの耐久性の相互比較には、劣化の対象とする力学的特性、供試体作製方法、力学的特性を評価するための試験方法、乾湿繰返しの試験条件などの適用条項を統一する必要がある。対象とする力学的特性に関しては、短繊維補強コンクリートを適用する場合には、繊維補強によるコンクリートの強度および靱性の向上を期待するのが一般的であることから、圧縮および曲げ強度だけでなく、靱性の指標であるタフネスを特性値として乾湿繰返しによるそれらの経時変化に関して試験を行うこととした。

### 2.1 供試体作製

#### 1) 使用材料および調合

Table 1 に使用材料を示す。セメントには普通ポルトランドセメント、細骨材には海砂と砕砂の混合砂、粗骨材には砕石、混和剤にはポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤をそれぞれ使用した。繊維には、アラミド、ビニロン、ポリエチレンの化学繊維と比較として鋼繊維も使用した。Table 2 に使用調合を示す。繊維種類によらずすべて同一調合とし、繊維体積率は 1.0%、高性能 AE 減水剤使用量は対セメント質量比で 1.4% 一定とした。なお、使用調合については、繊維種類、繊維形状寸法に応じて適切な調合があり、コンクリートマトリックスの調合を統一することは考えていないが、短繊維補強コンクリートと同一調合のプレーンコンクリートを比較の対象として乾湿繰返し試験に供することが望ましいと考えられる。

#### 2) 混練方法

コンクリートの混練方法は、まずミキサーへ細骨材とセメントを投入し、10 秒間空練り、次に水を投入し 60 秒間、さらに粗骨材を投入し 30 秒間練混ぜた。最後に繊維を投入し、30 秒間練混ぜ、ミキサー内壁に付着したコンクリートをかき落とし、さらに 30 秒間練混ぜた。なお、目視により練混ぜ不足と判断されたものは、練混ぜを 60 秒単位で追加した。ただし、これについても短繊維補強コンクリートの練混ぜには種々の方法があり、適用条項として規定するものではない。

#### 3) 供試体の成形方法

短繊維補強コンクリートの成形には種々の方法があり、養生方法も異なるために、供試体の成形方法、養生方法および材齢等は規定しないのがよいと考えられる。なお、本実験では、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準じて、圧縮強度および曲げ強度試験用供試体を作製した。また、養生方法は、打設翌日に脱型し、材齢 14 日まで 20°C 水中養生を行い、材齢 14 日から 28 日まで 20°C・65%(RH) の気中で養生を行った。その後、乾湿繰返し試験開始まで供試体を 20°C の室内で封緘養生した。

Table 1 Used materials

Cement	Ordinary portland cement Density=3.15g/cm <sup>3</sup>
Fine aggregate	Blended sand (A:B=6:4, ratio by weight) Maximum size=5mm Fineness modulus=2.85
	A:Sea sand Density in saturated surface-dry condition=2.59g/cm <sup>3</sup> Absorption=1.57%
	B:Crushed sand Density in saturated surface-dry condition=2.60g/cm <sup>3</sup> Absorption=0.87%
Coarse aggregate	Crushed stone Density in saturated surface-dry condition=2.64g/cm <sup>3</sup> Absorption=0.76% Maximum size=20mm Solid volume=58.9%
Chemical admixture	Superplasticizer
Fiber	A:Aramid Density=1.39 g/cm <sup>3</sup> Size=400 μ m × 30mm Tensile strength=2.94kN/mm <sup>2</sup> Tensile elastic modulus=68.6 kN/mm <sup>2</sup>
	C:Polyvinyl alcohol Density=1.27 g/cm <sup>3</sup> Size=690 μ m × 30mm Tensile strength=0.85kN/mm <sup>2</sup> Tensile elastic modulus=29 kN/mm <sup>2</sup>
	D: Polyvinyl alcohol Density=1.30 g/cm <sup>3</sup> Size=670 μ m × 30mm Tensile strength=0.90kN/mm <sup>2</sup> Tensile elastic modulus=30 kN/mm <sup>2</sup>
	E:Polyethylene Density=0.97 g/cm <sup>3</sup> Size=530 μ m × 50mm Tensile strength=1.80kN/mm <sup>2</sup> Tensile elastic modulus=40 kN/mm <sup>2</sup>
	F:Steel Density=7.85 g/cm <sup>3</sup> Size=600 μ m × 30mm Tensile strength<0.60kN/mm <sup>2</sup> Tensile elastic modulus=200 kN/mm <sup>2</sup>

Table 2 Mix proportions

Symbol	W/C (%)	s/a (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	Slump (cm)	Air content (%)
C-A	55	53	185	0	5.2
C-C	55	53	185	9.5	5.8
C-D	55	53	185	8.5	3.6
				9.0	4.5
				9.0	3.8
C-E	55	53	185	7.0	5.9
C-F	55	53	185	11.5	5.9
C-M	55	53	185	19.0	4.5

Notes; W/C:Water-cement ratio, s/a:Sand percentage,

W:Unit water content, Fiber volume fraction=1.0%,

C-A,C,D,E,F:Fiber type (see Table 1)

C-M:Plain concrete

## 4) 供試体の寸法および形状

供試体の寸法および形状は、短繊維補強コンクリートの性能試験にこれまでに使用されてきたものを踏襲できるように、(社)日本コンクリート工学協会「繊維補強コンクリートの試験方法に関する規準」(1984年)に示される JCI-SF4「繊維補強コンクリートの曲げ強度及び曲げタフネス試験方法」、JCI-SF5「繊維補強コンクリートの圧縮強度及び圧縮タフネス試験方法」、建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材・新材料利用技術の開発」報告書<sup>2)</sup>に示される短繊維補強セメント系複合材料の曲げ試験方法及び基本的に同じに設定した。以下に、適用条項の形にまとめて示す。

- ①曲げ強度及び曲げタフネス測定用の供試体は角柱体とする。幅は、50mm、100mm 又は 150mm のいずれかで、繊維長さの 1.3 倍以上、かつ粗骨材の最大寸法の 4 倍以上とする。高さは、幅以下とする。また、長さは、幅が 50mm のとき 275mm 以上、幅が 100mm のとき 380mm 以上、及び幅が 150mm のとき 530mm 以上とする。
- ②圧縮強度及び圧縮タフネス測定用の供試体は、直径の 2 倍の高さをもつ円柱形とする。直径は、100mm 又は 150mm で、繊維長さの 2 倍以上、かつ粗骨材最大寸法の 4 倍以上とする。

本実験では、上記条項を満足する供試体として、JIS に準拠した  $\phi 100 \times 200$ mm 円柱供試体および  $100 \times 100 \times 400$ mm 角柱供試体を用いた。また、供試体数は、それぞれ各 3 個ずつ作製した。なお、実験不備による再試験には長期間を要するために、試験結果のばらつきが大きい場合に備えて当初から予備の供試体を準備しておくことが望ましく、供試体数は同一条件に対して 3 個以上とし、供試体 3 個での測定結果の標準偏差が大きい場合には、予備の供試体を加えた試験結果を用いるのがよいと考えられる。

## 2.2 強度およびタフネス試験方法

曲げ強度および曲げタフネス試験方法、ならびに圧縮強度および圧縮タフネス試験方法は、(社)日本コンクリート工学協会「繊維補強コンクリートの試験方法に関する基準」に含まれる JCI-SF4 および JCI-SF5 にそれぞれ準拠した。以下に、適用条項の形にまとめて示す。

## 1) 曲げ強度及び曲げタフネス試験方法

## ①曲げ試験装置

曲げ載荷装置として、支承及び上部加圧装置は、供試体の長手方向に回転可能な上下一組のローラー( $\phi 30$ mm 程度)を用い、鋼棒と球接点を併用したものが望ましく、供試体の変形を拘束するような構造であってはならない。たわみ測定装置は、Fig. 1 に一例として示すように変位計とそれを固定する治具からなり、変位計固定ジグ(アルミニウム棒又は鋼棒)は、支承部でのめり込み変位を除去するためにピン支持により支承上部で直接供試体に取り付けることが望ましい。ピン

及びアングル状切片は、接着剤により供試体に張り付けてもよい。また、3 等分点荷重のときのたわみの測定位置は載荷点位置が望ましいが、載荷スパンの midpoint をたわみの測定位置としてもよい。なお、中点集中載荷の場合は、載荷点である載荷スパンの midpoint をたわみの測定位置とする。

本実験では、供試体の含水状態を一定に保つために、乾湿繰返し試験終了後の供試体を試験直前まで  $24 \pm 2^\circ\text{C}$  の水中に浸漬し、湿潤状態で曲げ試験を行ったので、ピンおよびアングル状切片は、ネジにより締め付ける方式を採用した。

## ②試験方法

供試体の幅が 50mm のときは載荷スパン 200mm 又は 225mm の中点集中載荷、供試体の幅が 100mm のときは載荷スパン 300mm の 3 等分点載荷、及び供試体の幅が 150mm のときは載荷スパン 450mm の 3 等分点載荷とする。載荷においては供試体に衝撃を与えないように一様に荷重を加える。最大荷重までの載荷速度は JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」に準じ、最大荷重以降のたわみを測定する場合には、たわみ速度をほぼ一定に保ち、安定な破壊が得られるように載荷しなければならない。

本実験では、 $100 \times 100 \times 400$ mm の角柱供試体を使用したので、載荷スパン 300mm の 3 等分点載荷とした。

## ③測定

供試体のたわみが所定のたわみ量になるまで荷重-たわみ曲線を測定し、その間に試験機が示す最大荷重を有効数字 3 けたまで読み取る。曲げタフネスを求めるときのたわみ量は、スパンを  $l$ (mm)、供試体の高さを  $h$ (mm) としたとき、 $l^2/(450h)$ (mm) とする。

ここで、上記のようにたわみ量を設定した理由は、以下に示すとおりである。短繊維補強コンクリートが弾性範囲を超えたときの変形状は明らかでない部分が多いが、曲げ試験において、弾性範囲におけるたわみ量が大きい載荷形式と供試体寸法のものほど、弾性範囲を超えたときのたわみ量も大きいものと考えられる。既往の実験結果からも、同じ材料で曲げ試験を行ったときに、スパンが大きい載荷形式ほど、また供試体高さが小さいほど、最大荷重を過ぎて荷重が減少しな

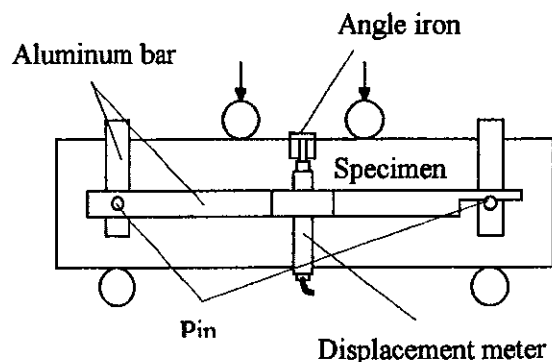


Fig. 1. Jig for measuring displacement

がたわみ量が増加するときに、より大きなたわみ量になることが示されている。曲げ試験における弾性範囲内のたわみ  $\delta$  は、次式により表される。

$$\delta = K(l^2/h)\sigma \quad [1]$$

ここに  $\sigma$  : 曲げ応力度

$K$  : 載荷形式と断面係数から決まる係数

式 [1] より、曲げタフネスを計算するときの所定のたわみ量を  $(l^2/h)$  に比例した値とし、同一の供試体寸法を用いたときに JCI-SF4 に規定される所定のたわみ量と一致するように、所定のたわみ量を  $\delta=l^2/(450h)$  とした。本実験で使用した供試体寸法については、 $\delta=2\text{mm}$  となる。なお、新しい繊維が開発され、繊維補強効果が顕著になり、たわみが増加しても大きな荷重に耐えるような場合には、さらに大きなたわみにおける曲げタフネスが計測できるように、所定のたわみ量を適宜大きくする必要がある。

#### ④結果の計算

曲げ強度を次式により計算し、JIS Z 8401「数値の丸め方」に従って、有効数字 3 けたに丸める。

中点集中載荷の場合、

$$\sigma_b = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad [2]$$

3 等分点載荷の場合、

$$\sigma_b = \frac{Pl}{bh^2} \quad [3]$$

ここに  $\sigma_b$  : 曲げ強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  : 最大荷重 (N)

$l$  : 載荷スパン長さ (mm)

$b$  : 供試体の幅 (mm)

$h$  : 供試体の高さ (mm)

曲げタフネスは、所定のたわみ量までの荷重-たわみ曲線下の面積から有効数字 3 けたまで求める。なお、所定のたわみ量に達する以前に供試体が破壊した場合には、破壊直前までの面積を求める。

#### 2) 圧縮強度及び圧縮タフネス試験方法

##### ①圧縮試験装置

試験機は JIS B 7733「圧縮試験機」に規定するもので、最大荷重容量が 2000kN 以下の油圧式のを標準

とする。上下の加圧板の圧縮面はみがき仕上げとし、その平面度は 0.02mm 以内で、かつそのショア硬さは Hs70 以上でなければならない。供試体の変形測定装置は、荷重方向の変形を測定する装置で、変位計及びそれを固定するジグからなるもので、所定の変形量まで供試体の変形を測定することが可能なものでなければならない。なお、この変形測定装置は、供試体中央部 (区間は供試体高さの 1/2) の平均変形量を直接測定するもので、載荷板間の変形を測定する装置で代用してはならない。圧縮タフネスを求めるときの変形量は、0.75% の圧縮ひずみ度に換算した変形量とする。

本実験では、供試体の変形測定には、コンプレッションメータを使用し、所定の変形量は 0.75mm とした。

##### ②試験方法

変形測定装置を所定の位置に取り付けた供試体をその中心軸が加圧板の中心に一致するように置く。試験機の加圧板と供試体の端面とは直接密着させ、その間にクッション材を入れてはならない。載荷では供試体に衝撃を与えないように、一様な速度で荷重を加える。載荷速度は圧縮応力度の増加が標準として毎秒 0.2 ~ 0.3N/mm<sup>2</sup> となるようにする。供試体が急激な変形を始めた後は、荷重を加える速度の調整を中止して荷重を加える。最大荷重以降の変形を測定する場合には、荷重を加える速度の調整を中止した載荷状態のまま荷重を加え続ける。

##### ③測定

所定の変形量に達するまで、荷重-変形曲線を測定し、その間に試験機が示す最大荷重を有効数字 3 けたまで読み取る。

##### ④結果の計算

圧縮強度を次式により計算し、JIS Z 8401 に従って、有効数字 3 けたに丸める。

$$\sigma_c = \frac{4P}{\pi d^2} \quad [4]$$

ここに  $\sigma_c$  : 圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  : 最大荷重 (N)

$d$  : 供試体の直径 (mm)

圧縮タフネスは、所定の変形量までの荷重-変形曲線下の面積から有効数字 3 けたまで求める。なお、所定の変形量に達する以前に供試体が破壊した場合には、破壊直前までの面積を求める。

#### 2.3 乾湿繰返し条件

本実験では、供試体を 60±2°C の乾燥器に 42 時間入れ、20±2°C の水中に 6 時間浸漬することを所定回数繰返す方法とした。セメントアルカリ温水浸漬試験では、化学繊維がセメントアルカリにさらされるとききの劣化を温度を上げて促進させる場合において、温度と

して40°C、60°Cまたは80°Cを用いた既往の研究があり、80°C前後になると通常の温度では起きないような反応が生じて劣化する繊維があるが、60°C程度の温度ではそのような反応は生じないことが示されている。従って、乾湿繰返し条件においても乾燥はセメントアルカリ温水浸漬試験でもっとも多く採用されている温度60°Cとした。なお、CENが定める繊維補強セメント板の性能評価試験方法では60°Cの気中に6時間置き、5°C以上の水中に18時間浸漬する乾湿繰返し条件が規定されている。

乾湿繰返し試験開始までの供試体の前養生期間等は特に規定しない方針であるが、本実験では、材齢14日まで20°C水中養生を行い、材齢14日から28日まで20°C・65%(RH)の気中で養生を行った。その後、乾湿繰返し試験開始まで供試体を20°Cの室内で封緘養生とし、上記の条件で所定の期間(開始時、4週、13週および52週)まで乾湿繰返しを行った。また、所定の乾湿繰返し試験終了後、供試体を圧縮および曲げ試験の直前まで24時間 $20\pm 2^\circ\text{C}$ の水中に浸漬し、湿润状態で試験に供した。これは、前述のように試験時の供試体の含水状態を一定に保つためである。また、供試体C-Dについては、上記条件の乾湿繰返し試験と、比較のために前養生期間は同じでそれ以降全期間20°C水中および全期間60°C乾燥の試験も同時に行った。なお、試験にあたっては、供試体の寸法、質量、外観、圧縮および曲げ試験後の破壊状況などを記録した。

ここで、本実験では、乾湿繰返し試験において乾燥器と20°C恒温室内の水槽への供試体の移動を人力で行ったが、温度・湿度、散水をコントロールパネルにより自動制御可能な試験装置が利用できれば、乾燥繰返し試験が長期にわたる場合の利便性は計り知れないものがある。ただし、その場合には、水中浸漬と散水における供試体の吸水状態が同程度であることが確認されなければならない。Fig. 2は、プレーンコンクリー

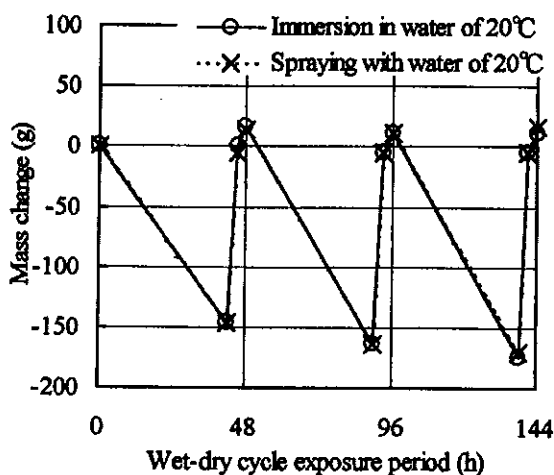


Fig. 2 Comparison between absorptions under immersion in water of 20°C and spraying with water of 20°C

ト(C-M)の角柱供試体について、3サイクルの乾湿繰返し試験において20°C水中浸漬した場合と自動制御装置により20°Cで散水(上方2箇所より約3~4l/minの水を散水)した場合の供試体の質量変化を測定した結果を示す。図より、両者の間で供試体の吸水速度や吸水量にほとんど差異がないことが分かる。従って、乾湿繰返し試験において自動制御試験装置を十分に利用できるものと考えられるが、その際には散水により供試体全体に十分吸水させることができるように注意しなければならない。

### 3. 実験結果および考察

Fig. 3に、乾湿繰返し期間に対する圧縮強度および圧縮タフネスならびに曲げ強度および曲げタフネスの経時変化を示す。なお、強度およびタフネスは、乾湿繰返し試験開始時に対する比で表している。また、プレーンコンクリート(供試体C-M)については、所定のたわみ量および変形量までの荷重-たわみ曲線および荷重-変形曲線が得られなかったため、圧縮および曲げタフネスの値は示していない。図より、乾湿繰返しによる強度およびタフネスの経時変化の傾向は概ね類似しており、乾湿繰返し期間4週で一旦大きく低下し、それ以降では回復する傾向がみられる。乾湿繰返し期間4週での強度およびタフネスの低下は、供試体の前養生期間での材齢14日から試験開始時までの気中養生における乾燥の影響と考えられるが、それ以降での回復は、セメントの水和反応による強度増加に起因するものと思われる。繊維種類にもよるが、全般的に圧縮強度および圧縮タフネスに比して、曲げ強度および曲げタフネスの低下の方が大きくなっている。また、繊維種類によって強度の低下に比べてタフネスの低下の方が大きいものがあるが、それは最大荷重以降の耐力低下が大きく脆性化していることを意味し、繊維とコンクリートマトリックス界面の劣化が生じている可能性がある。また、プレーンコンクリート(供試体C-M)との比較でみると、短繊維補強コンクリートの乾湿繰返しによる圧縮強度および曲げ強度の低下は一樣に小さく、乾湿繰返しによる強度低下抑制に対する短繊維補強効果が認められる。

Fig. 4に、供試体C-Dについて乾湿繰返し、全期間20°C水中および全期間60°C乾燥の場合の強度およびタフネスの経時変化を示す。図より、曲げタフネスに関しては三者間の傾向にばらつきが大きい。圧縮強度、圧縮タフネスおよび曲げ強度に関しては、全期間60°C乾燥の場合がもっとも低下が大きく、乾湿繰返し試験の場合には全期間20°C水中および全期間60°C乾燥の場合の中間に位置していることが分かる。

以上の結果から、乾湿繰返し試験において供試体の前養生方法の違いが乾湿繰返し試験後の強度およびタフネスの経時変化に影響を及ぼす可能性が認められ、

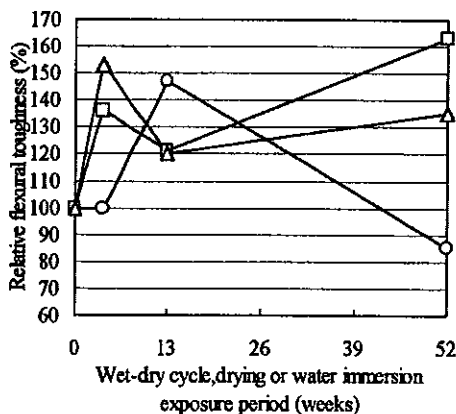
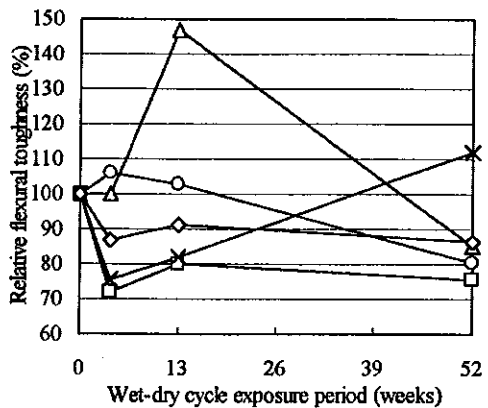
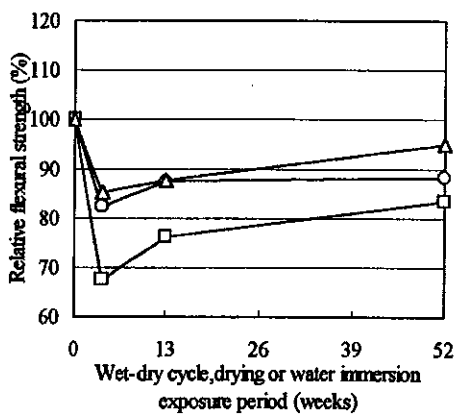
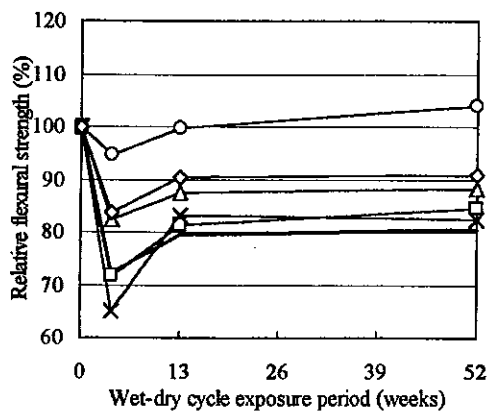
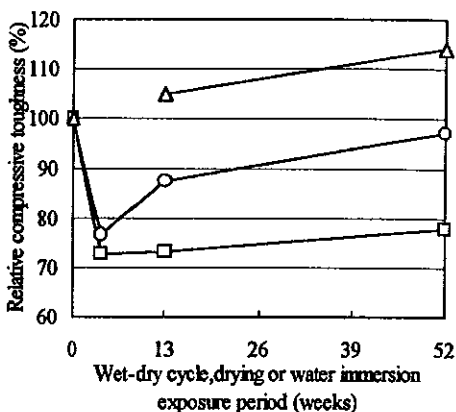
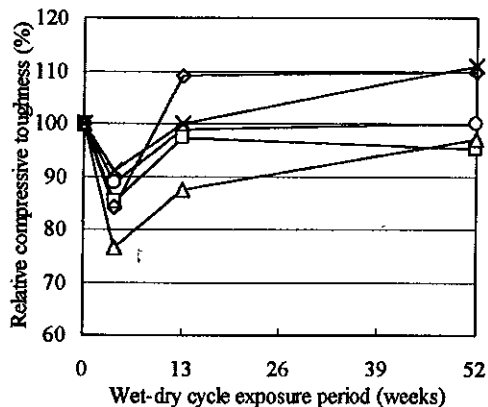
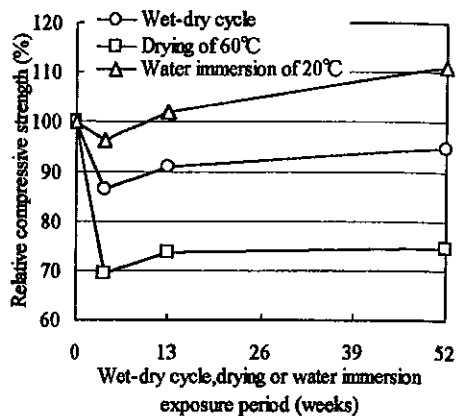
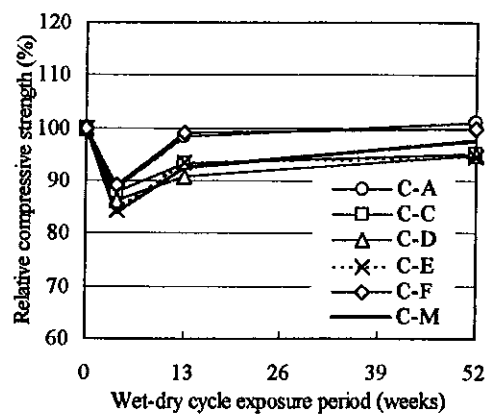


Fig. 3 Wet-dry cycle exposure period vs. relative Strengths and toughnesses

Fig. 4 Wet-dry cycle, drying or water immersion exposure period vs. relative strengths and toughnesses

試験にあたっては注意を要するが、乾湿繰返し試験と同時に全期間 20°C 水中の試験を同時に行うことにより、乾湿繰返しによる実質的な劣化の傾向を把握することができるものと考えられる。また、短繊維補強コンクリートの乾湿繰返し試験による劣化の程度を評価するために、同一調合のプレーンコンクリートについて同時に試験すれば、コンクリートマトリックスの劣化に対する短繊維補強効果を把握するのに有効であり、さらに強度とタフネスの低下の程度を比較することにより、乾湿繰返し試験による短繊維補強コンクリートの劣化が、コンクリートマトリックスあるいは繊維自体の劣化、または繊維-コンクリートマトリックス界面の付着劣化のいずれに起因するのかなどを総合的に判断することも可能性として考えられる。現時点では、乾湿繰返し試験結果と自然暴露試験結果とのタイムスケールを明示することは不可能であるが、乾湿繰返しによる短繊維補強コンクリートの耐久性試験の一試案として適用条項を含めて、ここに提案したものである。

#### 4. まとめ

本研究では、アラミド、ビニロン、ポリエチレン繊維などの化学繊維を用いた短繊維補強コンクリートの耐久性試験の標準化を目的に、供試体を 60±2°C の乾燥器に 42 時間入れ、20±2°C の水中に 6 時間浸漬すること

を所定回数繰返す方法による乾湿繰返し試験の適用性を調べるために、その適用条項を含めて乾湿繰返しによる短繊維補強コンクリート供試体の圧縮強度および圧縮タフネスならびに曲げ強度および曲げタフネスの経時変化について実験的検討を行った。その結果として、20°C 水中養生の場合との比較で、乾湿繰返しによる強度およびタフネスの劣化が認められ、本試験方法が短繊維補強コンクリートの耐久性性能の促進劣化試験としてある程度有効であることが分かった。

#### 謝辞：

本研究は、経済産業省工業標準化推進調査等委託、繊維に係る社会資本用途評価手法の開発及び実証化・標準化のための調査研究(委託先:社団法人日本建材産業協会)の一環として行ったものである。委員会関係各位に謝意を表す。

#### 参考文献：

- 1) EN 492:Fibre-cement slates and their fittings for roofing - Product specification and test methods,CEN (1994)
- 2) 建設省建築研究所、(財)国土開発技術研究センター:建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材・新材料利用技術の開発」報告書、No.H2-1 非金属系分科会 (1991)

## STUDY ON A TESTING METHOD FOR EVALUATING DURABILITY OF SHORT FIBER REINFORCED CONCRETE BY WET-DRY CYCLE EXPOSURE

Takayuki HIRAI<sup>\*1</sup>, Kiyoshi MURAKAMI<sup>\*2</sup> and Toshihiro OTANI<sup>\*3</sup>

\*1 NIPPON-BUNRI UNIVERSITY, Department of Architectural Designs, Faculty of Engineering(1727, Ichiki, Oita-shi, Oita 870-0397, Japan)

\*2 KUMAMOTO UNIVERSITY, Graduate School of Science and Technology, Environmental Science(2-39-1, Kurokami, Kumamoto-shi, Kumamoto 860-8555, Japan)

\*3 OITA UNIVERSITY, Department of Human Welfare Engineering, Faculty of Engineering(700, Dannoharu, Oita-shi, Oita 870-1192, Japan)

**ABSTRACT:** This study aims at establishing a standard testing method for evaluating the durability of short fiber reinforced concretes, and presents specifications and experimental results regarding the applicability of a testing method by repeating wet and dry operations. As for the test conditions, a dry is in a dring room of 60±2°C for 42 hours and a wet is in water of 20±2°C for 6 hours. Changes with time of strength and toughness as for compression and flexure under the test were measured regarding short fiber reinforced concretes using aramido, polyvinyl alcohol, polyethylene and steel fibers in addition to a plain concrete for comparison. As a result, the deterioration of the strength and toughness by repeating wet and dry operations

was observed, and the present testing method was shown to be valid to some extent as the accelerated degrading test.

**KEY WORDS:** Short fiber reinforced concrete, Durability test, Repeating wet and dry operations, Accelerated regrading, Compressive strength, Compressive toughness, Flexural strength, Flexural toughness