

無機系補修材料の注入性に関する基礎的研究

飯坂武男¹・鷲見高典²・梅原秀哲³

¹正会員 名城大学助教授 理工学部土木工学科 (〒468-0073 名古屋市天白区塩釜口一丁目501)

²正会員 工修 名古屋高速道路公社 工務部 (〒460-0002 名古屋市中区丸の内二丁目1-36)

³正会員 Ph.D. 名古屋工業大学教授 社会開発工学科(土木系) (〒466-0061 名古屋市昭和区御器所町)

コンクリート構造物には種々の原因によりひび割れが発生する。ひび割れの補修には、有機系材料のエポキシ樹脂が数多く用いられている。無機系材料は粒径が大きいために注入性が劣り、注入用としてあまり利用されていなかった。しかし、近年、この材料は粒径を微細にすることによってひび割れに注入する補修材料として利用され始めている。

本研究では、無機系補修材料の特性を明らかにするとともに、模擬ひび割れを利用して材料の注入性から注入状態を推定したものである。

Key Words : repair, crack, organic materials, inorganic materials, injection, injecting time, viscosity, recovery strength, regression analysis

1. まえがき

コンクリート構造物には、種々の原因によりひび割れが発生する。ひび割れは構造物自体の機能、耐久性、美観等に悪影響を与え、以前より問題視されている。ひび割れが発生した場合の対策として補修・補強等があり、その一つに接着材料をひび割れに充填する補修方法がある。これには、エポキシ樹脂に代表される有機系材料が広く使用されているが、耐火温度、ヤング係数等の物理的性質が無機系材料であるコンクリートと異なる。一方、これらの性質がコンクリートと一致する無機系材料は、粒径が大きいために注入性が劣るなどの理由からあまり使用されていない。しかし、粒径に対するひび割れ幅が10~30倍以上ならば注入が可能である¹⁾と言われている。近年、無機系材料の粒径を微細にすることが可能となり、有機系材料と同程度の注入性を得られつつある²⁾。また、これらの材料はひび割れ等へ注入される場合に、充填状態の把握が曖昧で、施工状況等で充填状態が判定されている。

本研究では、無機系材料の各種物性・ひび割れの補修効果を主に調べ、これらの材料の特性およびこれまでの研究結果^{3)~7)}を参考に、ガラス板を用いて作製したひび割れを利用して材料の注入に必要な時間に着目し、ひび割れ等への注入状態を把握する

表-1 高炉スラグを含む無機系材料の化学成分

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
29.5%	12.4%	0.9%	48.0%	5.2%

表-2 高炉スラグを含む無機系材料と普通セメントの物性値

分類	比重	粒径	ブレーン比表面積
FIN	2.96	2.8 μm	9,500cm ² /g
POR	3.15	16.1 μm	3,240cm ² /g

ものである。

2. 実験方法

使用する無機系材料は、普通セメントと高炉スラグを3:7の割合に混ぜ合わせ粉碎した粉末で、この化学成分を表-1に、この材料と普通セメントの物性値を表-2に示す。実験にはこのペースト（以下「FIN」と記す）を用いた。また、無機系材料の普通セメントペースト（以下「POR」と記す）またはJIS R 5201「セメントの物理試験方法」の配合に準じたモルタル、有機系材料のエポキシ樹脂およびアクリル樹脂を比較に用いた。

(1) 各種物性試験

a) ブリーディングおよび長さ変化

FIN のブリーディングおよび膨張収縮は、土木学会規準F532「PCグラウトのブリーディング率および膨張率試験方法」に準拠して7種類のFIN ($W/C=60\% \sim 120\%$)について測定し、併せてJIS A 1129「モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法」を準用し、実験室内に放置した供試体の長さ変化を測定する。また、比較のために普通セメントモルタルについても同様に測定する。

b) 各種強度

補修材料としての必要な剛性や強度を把握するために、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」を準用して7種類のFIN ($W/C=60\% \sim 120\%$)の曲げ・圧縮強度を測定する。付着強度は建設省建築研究所方式に準ずる。被着体は普通セメントモルタルを用いて作製し、被着体の隙間を1.2 mmとして7種類のFIN ($W/C=60\% \sim 120\%$)をそれぞれ接着させ、接着して6時間経過の後に水中にて材齢7日、28日および56日の強度測定日まで養生を行う。また、被着体の接着面は平滑で、割裂したときのような凹凸はない。

c) 流動性と粘度

補修材料の流動性と粘度は注入および充填に関する主要因であり、コンシスティンシー（流下時間）については、土木学会規準F531「PCグラウトの流動性試験方法」に準拠し、練混ぜ直後の7種類のFIN ($W/C=60\% \sim 120\%$)および7種類のPOR ($W/C=60\% \sim 120\%$)について測定する。

粘度については、①7種類のFIN ($W/C=60\% \sim 120\%$)を練混ぜて静置後、10分毎に1分間かくはんして1時間経過時まで測定する。②4種類のFIN ($W/C=60\% \sim 90\%$)について①のかくはんする間隔を60分として6時間経過時まで測定する。③②のかくはん間隔をなくす（常にかくはんする）。以上①～③の場合について、回転円筒式粘度計を使用して粘度の経時変化を測定する。

(2) 無機系材料の補修効果

実際のひび割れのある均一な供試体の製作は非常に難しいため、試験装置の制約および母材を均一にするために普通セメントモルタルを用いて $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を作製し、図-1に示すように供試体側面中央に $\phi 5\text{mm} \times 30\text{mm}$ の注入口を設け、ストレートウェッジを乗せて載荷することにより擬似ひび割れを発生させる。ストレートウェッジと接している部分の幅が1.2 mm以上、円柱の形状が保てないものおよび円形の側面から見て加圧方向と擬似ひび割れが一致しない場合には使用せず、該当する供試体

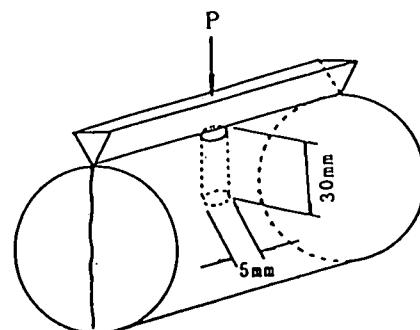


図-1 模似ひび割れのある供試体

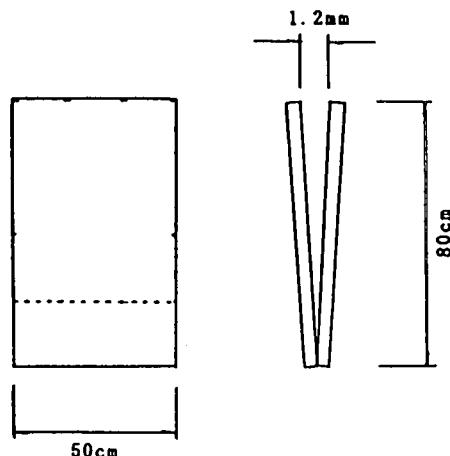


図-2 模擬ひび割れの一例

のみ材料が漏れないように円形の側面に生じた擬似ひび割れ表面を塞ぐ。

注入の条件は、予め供試体を水に没して擬似ひび割れ内部を十分に潤湿後、水を振りい出す。この擬似ひび割れの1.5倍の体積に相当する材料を準備し、擬似ひび割れ上部から材料が漏れ出した時点を目安に注入を終える。補修には、4種類のFIN ($W/C=60\% \sim 90\%$)および1種類のPOR ($W/C=70\%$)を使用する。

材料を充填後、水中養生または気中養生を28日間施し、JIS A 1108およびJIS A 1113に準拠して圧縮強度および引張強度を求め、擬似ひび割れを作製しなかった供試体および擬似ひび割れの補修を施さない供試体の無補修と比較して補修効果を求める。また、引張強度の測定は、引張力が補修断面に働くよう円形の側面から見て擬似ひび割れを加圧方向に一致させて据える。

(3) 注入状態の評価

コンクリートのひび割れに対して注入用補修材を注入した場合は注入状態の把握が難しいため、注入状態の観察・把握が容易なガラス板をコンクリートに見立てて注入用補修材を注入するひび割れのモデル（以下、模擬ひび割れと記す。）を作製する。

まず、長さが20cm, 40cm, 60cm, 80cmおよび100cmでいずれも幅50cmの5種類のガラス板を対にして、上部間隔が1.2mmのくさび型になるようにスペーサを挟み、両端部と下部をシール後、垂直に設置する。これを材料の注入状態把握のための模擬ひび割れとして利用する。図-2に模擬ひび割れの一例を示す。

注入の条件は、上部中央の間隔1.2mm、幅10mmを注入位置とし、注入する模擬ひび割れの体積と同量の材料を圧力を加えずに注入する。使用する材料は、無機系のFINおよびPORをそれぞれ4種類(W/C=70%～100%)並びに有機系のエポキシ樹脂およびアクリル樹脂をそれぞれ1種類使用する。

補修材料の注入状態は多くの要因によって変化する。そこで、注入に用いる時間に着目し、これまでの研究結果^{5)～7)}からこの時間に影響することがわかっている材料の比重、粘度およびガラス板の長さを変化させ、材料が模擬ひび割れの間隔0.3mmの位置に達する到達時間および充填が終わる完了時間を測定する。測定回数は、各時間ともに1種類の模擬ひび割れに対して1種類の材料を使用して5回測定し、この内の最大値および最小値を除いた3回の平均値を1つの測定値とする。そして、回帰分析によって注入に必要な時間を各要因から推定し、注入状態を評価する。

3. 実験結果と考察

(1) 各種物性試験

a) ブリーディングおよび長さ変化

ブリーディング率試験の結果を図-3に示す。練混ぜ後3時間経過においてW/C=100%以上のFINでブリーディング水を採取でき、20時間以上経過してもW/C=120%の場合に、ブリーディング率は2.9%程度であった。これは表-2より、FINの粉末度が高く、セメント粒子表面に水が吸着するためと思われる。日本コンクリート工学協会では補修後のグラウトのブリーディング率は2%以下⁸⁾と規定しており、W/C=110%まではブリーディングによる影響は無視できるものと考えられる。

膨張率試験の結果を図-4に示す。練混ぜ後24時間経過において、W/C=60%～90%では1.2%程度、W/C

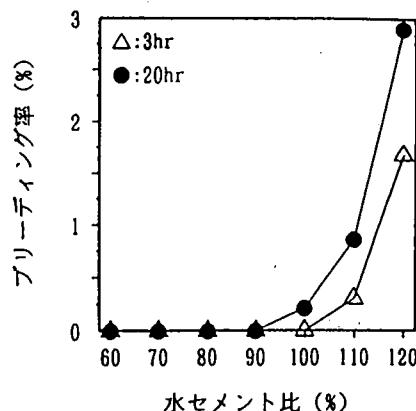


図-3 FINのブリーディング率

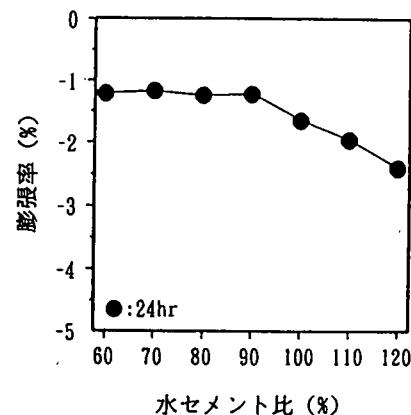


図-4 FINの膨張率

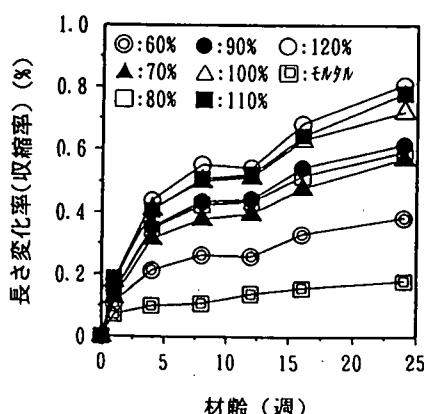


図-5 FINの長さ変化率

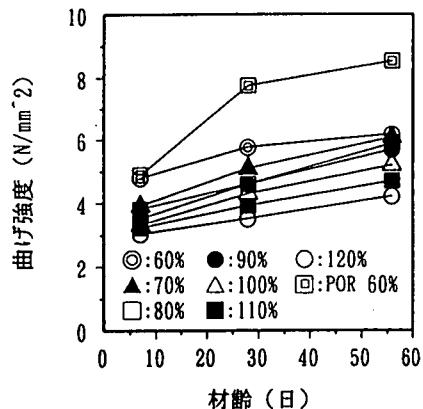


図-6 FINの曲げ強度

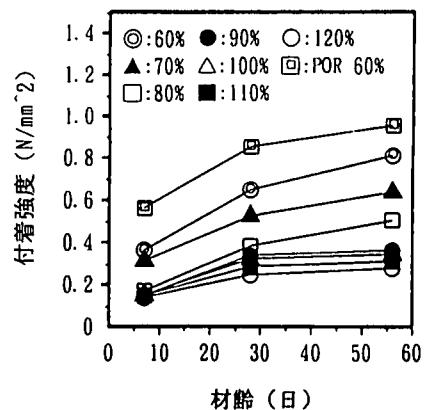


図-8 FINの付着強度

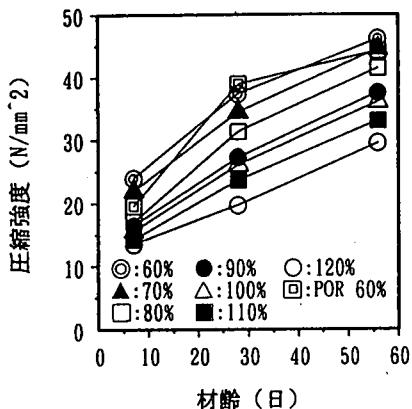


図-7 FINの圧縮強度

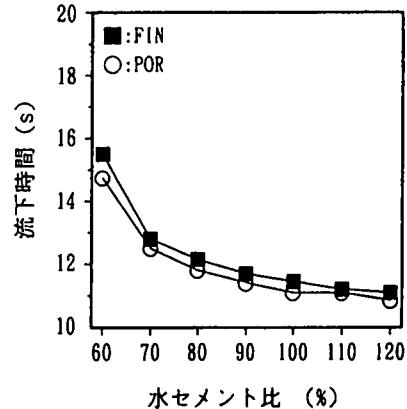


図-9 JAロートによる流下時間

=90%以上で変化が見られW/C=120%では最大2.4%程度収縮しており、ブリーディング率に呼応するように水セメント比が大きくなるに従って収縮率が増えており、これは水の増加に伴い、余剰水による材料分離の割合が大きくなつたものと考えられ、補修後の沈下、接着の阻害など悪影響が考えられる。これらを事前に回避するために、膨張材の使用を考慮すべきと思われる。

長さ変化の結果については図-5に示す。FINは打込み後4週間までは長さ変化が大きく、水セメント比が大きいほどこの影響が現れている。これは水セメント比が大きいほどキャビラリー水が多いためと思われる。FINは材齢1週において0.1%~0.2%程度、24週において0.6%~0.8%程度の収縮を示しているが、一般に充填・固定用セメント系グラウトは膨張性の

混和剤が混入されている⁹⁾ので、膨張材を使用すればこの程度の収縮は回避できると考えられる。また、材齢8週辺りからW/C=90%のFINとW/C=100%のFINの間に差が見られはじめ、W/C=90%以下の場合に比較的収縮が小さいので、W/C=90%以下の使用が望ましいと思われる。W/C=60%のFINと普通セメントモルタルを比較すると、FINの長さ変化率が24週間で0.2%程度大きく、モルタルに近似させるならば膨張剤等の使用が有効と思われる。

なお、8週間後に収縮が落ち込んでいるのは、試験期間が梅雨と重なつたためと思われる。

b) 各種強度

曲げ強度試験の結果を図-6に、圧縮強度試験の結果を図-7に示す。同一水セメント比でFINとPORを比較すると、曲げ強度はFINが材齢56日の時に最大

$2.4N/mm^2$ 劣っているが、圧縮強度は $W/C=60\% \sim 70\%$ でほとんど同じである。セメント系コンクリート補修材料（断面修復材料）の圧縮強度は 1~4 週間後に $20N/mm^2 \sim 70N/mm^2$ である¹⁰⁾ ことから、 $W/C=110\%$ 以下の FIN は補修材料に適すると思われる。また、 W/C によって FIN の強度に差があるので FIN を使用するには、補修を行う構造物の設計基準強度等を勘案し、各種混和剤を添加して W/C を決める必要があると思われる。

付着強度試験の結果を図-8に示す。 $W/C=90\%$ 以上では材齢56日でも $0.2N/mm^2$ 程度であり、僅かな力の作用で破壊してしまうので、付着力が必要な箇所での使用は望ましくなく、気密性の回復を目的とした箇所での使用等が考えられる。破壊状態は、どの W/C の場合も被着体の接着界面で剥離する界面破壊であった。これは本実験のブリーディング率の結果からすると、ブリーディングによる付着不良ではなく、FIN の付着力が低いことに起因していると思われる。また、同一水セメント比で FIN と POR を比較すると、FIN が最大 $0.2N/mm^2$ 程度劣っている。したがって、POR と同程度の付着力を得るために、水セメント比を小さくしたり、ひび割れの潤滑・洗浄等によって接着面を改善する必要があると思われる。

c) 流動性と粘度

JARO-Tによる流下時間を図-9に示す。 W/C が大きくなるに従って流下時間が短くなっている。FIN と POR を比較すると FIN の流下時間が僅かであるが長くなっている。これは、POR よりも FIN の粉末度が3倍程度大きいため、水がセメント粒子に吸着され流動性が悪くなったものと思われる。また、飲料水による流下時間を測定すると 10.7 秒であり、両材料ともに $W/C=120\%$ でこれに近似していることから、 W/C をこれ以上大きくしても流下時間に変化はないと考えられる。

粘度の経時変化を測定方法ごとにそれぞれ図-10、図-11 および図-12 に示す。どの方法の場合も、 W/C が小さいほど経時変化に差があり、 $W/C=60\%$ と $W/C=70\%$ の開きが大きく、 $W/C=90\%$ 以上では測定方法①の場合にほとんど経時変化がない。かくはんする時間間隔の違いを比較するために測定方法の①の 60 分経過時と測定方法の③の 1 時間経過時の値を比べると、 W/C が小さい場合ほど差が大きく、③の方が値が小さい。測定方法の②と測定方法の③では明らかに③の場合に粘度の変化が抑えられており、②の 1 回目の値と③の 6 回目の値がそれぞれの W/C で近似している。これらの結果から、かくはん作用によって粘度変化を抑えるには、 W/C が小さい場合ほど短い間隔でかくはんを行う必要があるものと思わ

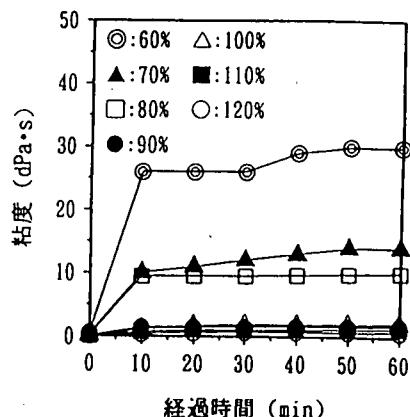


図-10 10分毎に1分間かくはんした場合のFINの粘度変化(測定方法の①)

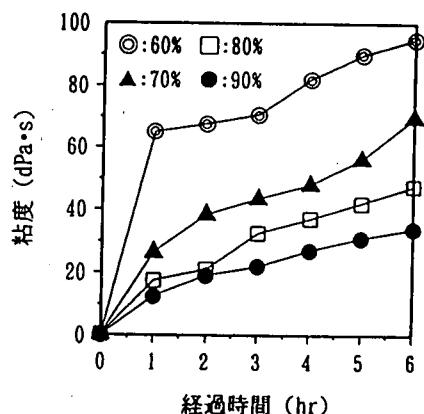


図-11 60分毎に1分間かくはんした場合のFINの粘度変化(測定方法の②)

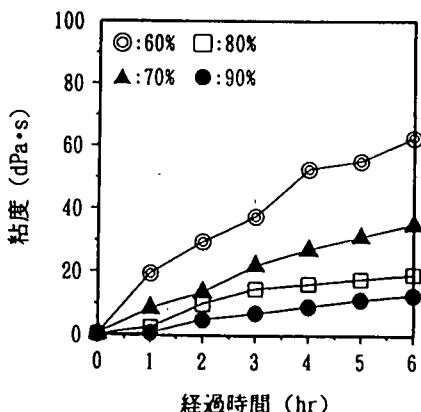


図-12 常にかくはんした場合のFINの粘度変化(測定方法の③)

れる。また、遅延剤等の使用が有効であると推察される。ひび割れ幅が0.2 mm前後の場合には10dPa·s～20dPa·sの有機系材料が注入に適用する¹¹⁾とされており、本実験結果からFINの粘度は、有機系材料に匹敵するものである。

(2) 無機系材料の補修効果

本実験で得られた擬似ひび割れのない供試体とこれを補修した供試体(図-1に示す)の圧縮および引張強度を表-3に示す。また、擬似ひび割れの補修を施さなかった供試体の無補修については、擬似ひび割れが既にあるので引張強度について測定していない。

本実験では、補修効果を擬似ひび割れのない供試体とこれを補修した供試体(図-1に示す)の強度から式(1)のように評価する。

$$\text{補修後の強度回復率}(\%) = \frac{P_1}{P_2} \times 100 \quad (1)$$

ここで、

P_1 :補修後の供試体の強度(N/mm²)

P_2 :擬似ひび割れのない供試体の強度(N/mm²)

この方法による圧縮および引張強度回復率を図-13および図-14に示す。圧縮強度回復率には、W/Cおよび養生の違いによる差がなく、9割以上の回復を示している。これは、擬似ひび割れを補修しない場合でも7割強～8割程度の強度を有しており、圧縮力の働く方向に対して材料の付着力の働く方向が影響を与えたかったものと考えられる。また、PORによる回復率は8割～9割弱とFINよりも劣っている。一方、引張強度回復率にはW/Cの違いによる差があまりなく、気中養生の場合で1割程度、水中養生の場合で3割程度の回復率しか得られていない。これは、本実験の付着強度試験からもわかるようにFINの付着力が乏しく、引張力の働く方向と材料の付着力の働く方向がほぼ一致しているためと思われる。よって、引張力に対する強度回復ではなく防水等を目的とした箇所への使用が適当と考えられる。また、破壊した部分は被着体界面ではなく材料部分であったことから、ひび割れ面の凹凸による投錐効果や無機系材料が引張力に劣ることなどが要因として考えられる。気中養生の場合には、FINの部分の未水和のために強度回復しなかったものと思われる。また、PORを使用した場合も引張強度の回復は思われたくない。よって、ひび割れが構造物の所要の強度及び耐荷力に影響を与えるほどでなく、雨水等の進入及び通水を防ぐことを目的とする場合などの使用

表-3 擬似ひび割れを補修した供試体の圧縮および引張強度

分類	圧縮強度 (N/mm ²)		引張強度 (N/mm ²)	
	水中養生	気中養生	水中養生	気中養生
FIN 60%	47.2	38.1	1.31	0.38
FIN 70%	47.0	37.2	1.10	0.32
FIN 80%	46.2	36.6	1.06	0.29
FIN 90%	45.6	36.6	1.02	0.29
POR 70%	41.3	31.7	0.64	0.49
無補修	40.8	29.8	-----	-----
基準*	47.3	39.5	3.88	3.38

*: 擬似ひび割れを作製しなかった供試体の強度

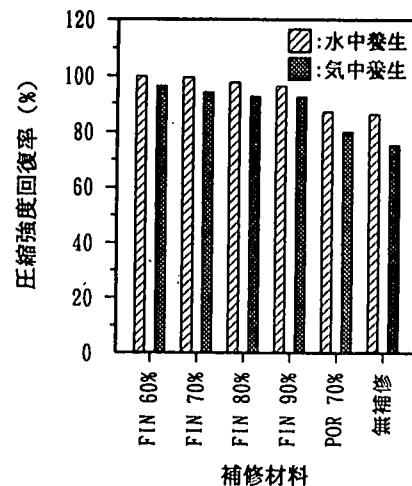


図-13 擬似ひび割れを補修した場合の圧縮強度回復率

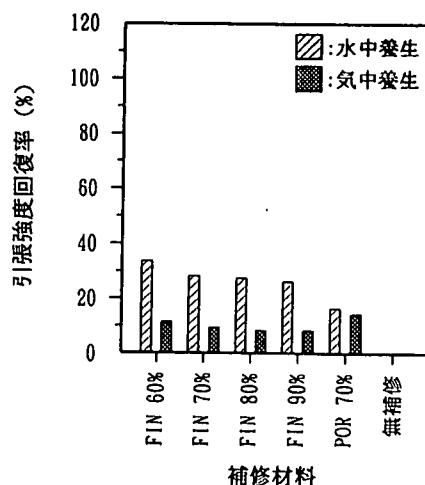


図-14 擬似ひび割れを補修した場合の引張強度回復率

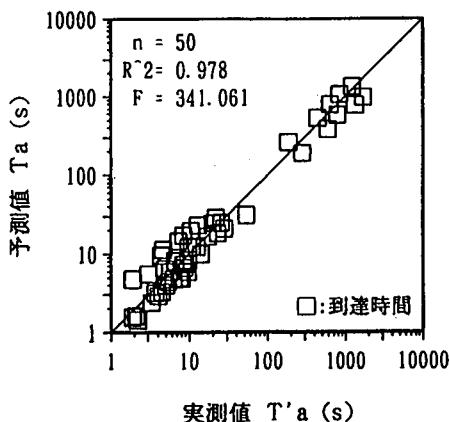


図-15 到達時間の分布図

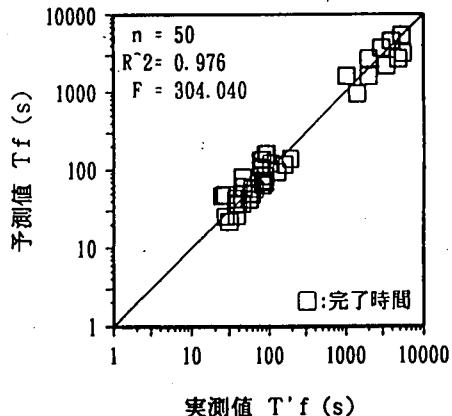


図-16 完了時間の分布図

にFINは適するものと考えられる。

なお、道路用コンクリート地先ブロックA種(JIS A 5307)を利用して擬似ひび割れを作り、FINを使用した場合の補修効果は、母材の強度を下回り、エポキシ樹脂で補修した場合よりも劣っていることが明らかとなつてお^{り2)}、本実験に利用した供試体の圧縮および引張力に対する補修効果も母材の強度を下回っている。したがつて、FINを用いてひび割れを補修しても、強度回復を期待することは難しい。

(3) 注入状態の評価

本実験で得られた材料が模擬ひび割れの間隔0.3mmの位置に達する到達時間および充填が終わる完了時間を表-4に示す。到達時間および完了時間に影響する要因として、材料の比重、粘度および模擬ひび割れの深さがあり、これらの常用対数値を説明変数とし、到達時間または完了時間の常用対数値を目的変数として回帰分析を行つた。それぞれの結果を図-15、図-16および次式に示す。

$$T_a = \frac{0.061 \eta^{0.807} h^{1.022}}{d^{4.548}} \quad (2)$$

$$T_f = \frac{7.551 \eta^{0.481} h^{0.749}}{d^{5.543}} \quad (3)$$

ここで、

T_a : 到達時間の予測値 (s)

T_f : 完了時間の予測値 (s)

η : 注入に使用した材料の粘度 (dPa·s)

h : 注入に使用した模擬ひび割れの深さ (cm)

d : 注入に使用した材料の比重

表-4 到達時間および完了時間の測定値

分類	到達時間 T_a (s)	完了時間 T_f (s)
FIN 70%	3.29	27.19
	8.09	55.89
	8.96	64.99
	14.19	87.59
	10.79	89.88
FIN 80%	2.09	30.20
	4.49	44.39
	7.49	60.39
	8.69	82.58
	9.69	87.90
FIN 90%	2.19	41.29
	3.99	39.49
	5.39	57.18
	5.69	82.18
	8.29	84.08
FIN 100%	1.90	37.79
	3.70	37.19
	6.29	60.10
	4.90	80.29
	6.70	80.79
POR 70%	9.59	54.48
	9.79	88.49
	23.29	127.29
	25.59	158.38
	53.69	189.19
POR 80%	5.09	36.49
	6.59	45.67
	12.59	87.49
	17.49	80.89
	27.90	105.20
POR 90%	2.99	36.49
	4.69	44.30
	8.49	76.78
	13.09	82.09
	22.09	93.79
POR 100%	1.90	24.30
	4.40	45.10
	7.29	76.50
	10.39	76.50
	19.80	89.70
アクリル	279.64	1413.20
	596.49	2006.30
	784.87	3404.10
	1339.10	4811.70
	1703.70	5537.30
エポキシ	187.37	1041.40
	440.05	2020.20
	632.41	2936.30
	843.33	3915.60
	1227.20	5291.80

実測された到達時間は図中の対角線近くに分布し、決定係数が高く、式(2)は到達時間を良く表している。また、分散比のF値が大きく、この回帰分析は1%の危険率で有意であり、各回帰係数のt検定結果も良好であった。実測された完了時間も図中の対角線近くに分布し、決定係数が高く、式(3)は完了時間の回帰分析もF値が大きく、各回帰係数のt検定結果は良好であった。

これらより、注入圧、ひび割れの形状等の注入に影響を与えるより多くの要因を考慮することによって、注入状態を詳細に把握できるものと考えられる。

4. 結論

無機系補修材料のFINの各種物性、FINにより補修された供試体の補修効果および模擬ひび割れを利用したFINの注入性の評価結果から、以下のような結論が得られた。

- W/C=90%以下のFINではブリーディング水が生じず、1%程度の収縮を示していたので、母材との間にはブリーディング水による付着の阻害はないと考えられる。しかし、FINは長さ変化率試験で長期間の間に、W/C=60%の普通セメントモルタルの2倍～4倍程度の収縮を示しており、母材に追随させるための対策が必要である。
- 材齢7日でW/C=60%のFINと同じ条件のPORは、曲げ強度が同程度で、W/C=70%以下のFINがW/C=60%のPORと圧縮強度が同程度であり、W/C=60%のPORよりも全てのFINが付着強度で劣っていることから、少なくともPORと同程度の強度を得るにはW/C=60%よりも小さいW/CのFINを使用する必要がある。
- FINの流動性は良く、W/C=60%のFINを常にかくはんしていると練混ぜ後1時間経過しても粘度の上昇は20dPa·s程度であり、混和剤を加えないでもかくはんさせることで粘度の上昇を抑えられる。
- 水中養生を施したW/C=60%のFINによる強度回復は3割程度で引張力に対する強度回復は

難しいため、雨水等の進入、漏水、通水等の防水および気密性の確保を目的とした引張力をあまり必要としない箇所の補修に適当な材料と思われる。

- 各種物性および補修効果を勘案するとFINは、W/C=70%前後で水中養生すると強度を発揮し、かつ注入しやすい材料である。
- 材料を注入する時のひび割れの深さ、材料の比重および粘度から注入に要する時間の推定が可能であり、注入に影響を与える要因から充填状態を評価できるものと考えられる。

参考文献

- 鶴田康彦：材料－合成樹脂を中心にして、コンクリート工学、Vol.14, No.12, pp.65-69, 1976.
- 加藤利美、飯坂武男、梅原秀哲、吉田彌智：無機系ひびわれ注入材料の基礎的研究、コンクリート工学年次論文報告集、pp.1263-1268, 1990.
- Iisaka,T., Sugiyama,A. and Umehara,H.: Studies on Penetration Properties of Repair Materials for Cracks in Concrete, *Evaluation and Rehabilitation of Concrete Structures and Innovations in Design*, Proceedings ACI International Conference, Hong Kong, SP-128, Vol. 1, pp.727-740, 1991.
- 飯坂武男、菊川浩治、鷲見高典：ひびわれ補修材の注入性について、セメント・コンクリート論文集、pp.988-993, 1992.
- 鷲見高典、飯坂武男、杉山秋博：無機系材料の注入性状について、セメント・コンクリート論文集、pp.814-819, 1993.
- 鷲見高典、飯坂武男、杉山秋博：ひびわれ補修用注入材の注入性について、平成6年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp.551-552, 1995.
- Iisaka,T., Sumi,T., Umehara,H., Uehara,T. and Yoshida,H.: Injection Properties of Crack Repair Materials, *NEW DEVELOPMENT IN CONCRETE SCIENCE AND TECHNOLOGY*, Proceedings of International Symposium, Nanjing, China, pp.945-950, 1995.
- 社団法人日本コンクリート工学協会：充填材の品質評価委員会中間報告書、1992.
- 岡田清編著：コンクリートの耐久性、朝倉書店、1986.
- 片脇清士：道路橋における補修、コンクリート工学、Vol.25, No.11, pp.90-96, 1987.
- コンクリート構造物の補修ハンドブック編集委員会編：コンクリート構造物の補修ハンドブック、技報堂出版、1978.

(1997.5.28受付)

FUNDAMENTAL STUDIES OF INJECTING PROPERTIES FOR INORGANIC REPAIRING MATERIALS

Takeo IISAKA, Takanori SUMI and Hidetaka UMEHARA

A crack is occurred by many causes in the concrete structure. Epoxy resin in organic materials is usually used in repairing of a crack. Since its particle was large, properties of injection was poor in inorganic materials, and hence was not frequently used for injecting. But we have begun to use it for injecting to make its particle smaller in these days.

This paper investigates properties of inorganic materials and supposes injection time from its properties of injecting by using crack model.