

# コンクリート構造物のひび割れ補修に関する研究 (第1報)

## —セメント系補修材の真空注入方式の検討—

古 住 光 正<sup>※1)</sup> 須 藤 武<sup>※2)</sup> 阿 部 正 良<sup>※3)</sup>  
 藤 原 忠 司<sup>※3)</sup> 大 塚 尚 寛<sup>※1)</sup>

### 1. はじめに

コンクリート構造物にひび割れが発生すると、構造物の耐力、耐久性、防水性、気密性などを著しく低下させ、美観を損なうなどの種々の有害問題を引き起こす。そのため、これら構造物に対して、補修や補強が行われる。しかし、補修と補強とは、本来異なる作業である。前者は、ひび割れの発生によって損なわれた、コンクリート構造物の耐久性や防水性を回復させるのに対し、後者は、耐力低下を回復させる行為とされている<sup>1)</sup>。

従来のひび割れ補修工法には、ひび割れ面に塗膜を構成させる表面処理工法、注入機（インジェクター）を用いてひび割れに充填材を圧入する注入工法、およびひび割れに沿ってコンクリートをカットし、その部分に補修材を充填する充填工法などがある。これらの工法は、コンクリート躯体の種類、ひび割れの規模、あるいは施工場所によって使い分けられている。しかし、いずれも一長一短がある。例えば、表面処理工法は、外観をきれいに修復するが、ひび割れ内部まで補修することは難しく、また、圧入工法は、ひび割れ内部を修復するが、一部に負圧を生じるため、完全充填は難しい。そのため、より優れた補修工法の検討が望まれている。

筆者らは、これまでに、コンクリート構造物のひび割れ補修に関する基礎的な研究として、真空注入方式を提案し、併せて同方式で用いる新しいセメント系補修材の開発を検討してきた<sup>2)、3)、4)、5)</sup>。

本報では、そのうち、真空注入方式の実用性の可否を実験的に検討し、併せて同工程で用いるひび割れ探知計を考案したので、これらについて報告する。

### 2. 真空注入方式

図1 (A) に、筆者らが提案する真空注入方式の概念図を示す。この方式は、ひび割れ補修を要するコンクリート躯体にボーリング孔を穿ち、孔内を真空にして充填材を注入する方法である。そのため、従来の圧入方法と異なり、ひび割れ先端に負圧を生じさせず、原理的には、完全な充填を可能とする。

真空注入方式の作業手順は、基本的には以下のように行う。①まず、ひび割れ箇所を選定し、その中心部にΦ20mmのボーリング孔を穿つ。②ボーリング孔内を洗浄した後、躯体表面のひび割れを塞ぐ。③孔口に注入プラグを装着し、プラグとパイプを連結する。④真空ポンプ側のコックを開き、補修材タンク側のコックを閉じる。⑤真空ポンプを作動させ、孔内を真空にする。⑥その後、真空ポンプ側のコックを閉じ、補修材タンク側のコックを開き、補修材を注入する。⑦注入完了後、注入プラグからパイプを外す。⑧補修材が凝結した段階で注入プラグを外し、孔口を補修して作業は終る。以上が、真空注入方式における1サイクルの作業である。同作業を順次繰り返すと、躯体に存在するひび割れの補修作業は終了する。なお、図1 (A) において、プラグとパイプおよびパイプ同士の脱着は、全てワンタッチ・ジョイント型式となっており、また、注入プラグには逆止弁が取り付けられている。

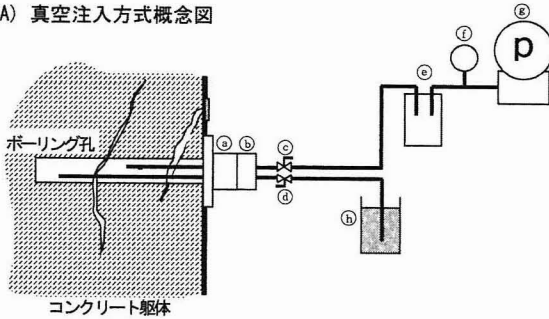
次に、筆者らが考案した開口ひび割れ探知計と、開口ひび割れの探知方法を説明する。図2は、開口ひび割れ探知計である。探知計の先端には、2つのパッカーが取り付けられている。パッカーの材質は、シリコンゴムである。パッカーの孔壁への密着機構は、テーパーネジ式

※1) 正会員 岩手大学工学部 建設環境工学科

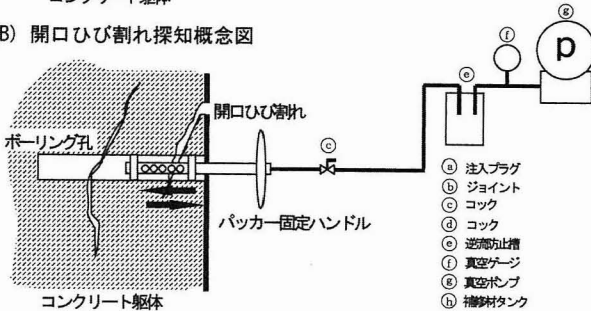
※3) 岩手大学工学部

※2) 株式会社 間組

(A) 真空注入方式概念図



(B) 開口ひび割れ探知概念図



- ④ 注スプラグ
- ⑤ ジョイント
- ⑥ コック
- ⑦ コック
- ⑧ 逆流防止弁
- ⑨ 真空ゲージ
- ⑩ 真空ポンプ
- ⑪ 補修材タンク

図1 真空注入方式および開口ひび割れ探知概念図

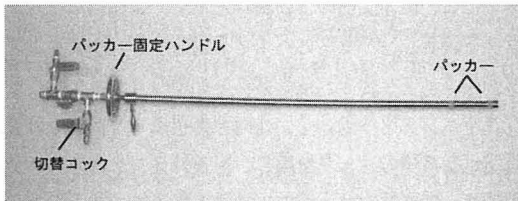


図2 開口ひび割れ探知計

である。図1 (B) に、開口ひび割れの探知概念図を示す。真空注入方式の作業工程において、同探知計を用いると、ボーリング孔壁から躯体表面に貫通しているひび割れの探知が可能となる。この手順は、前述した注入作業における②の段階で、孔内に探知計を挿入し、パッカーを孔壁に密着させて、パッカー間を真空に引くことによって行われる。深部より孔口まで、パッカーを順次移動すると、孔内に存在する貫通ひび割れの位置が確認される。

### 3. ひび割れ幅

ひび割れの大きさを表わす指標には、幅、長さ、深さ

がある。このうち、補修の要否の決定には、ひび割れ幅が使われる。ひび割れ幅とは、コンクリート表面におけるひび割れ長手方向に直交する幅を指し、ひび割れ幅が大きくなると有害現象が顕著になる。しかし、一口にひび割れ幅と言っても、躯体表面と内部ではひび割れ幅は異なり、また、連続したひび割れでも位置によって異なるため、ひび割れ幅の決定は相当に難しい。現在、コンクリート構造物において、補修を必要とするひび割れ幅は、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」では、表1 (次頁) のように規定している<sup>6)</sup>。これによると、比較的緩やかな条件において、補修を要するコンクリートのひび割れ幅は、耐久

性からは0.6~1 mm、防水性では0.2mm以上となる。本研究では、この範囲のひび割れ幅 (以下、ひび割れを亀裂と呼ぶ) を対象とする。

## 4. 実験概要

### 4. 1 補修材

真空注入試験で用いた補修材は、セメント系補修材である。この補修材については、続報で詳しく述べるが、概要は、従来から補修材として使用されている高炉セメントを基材として、これに結晶増殖材を配合したものである。従来の補修用の高炉セメントに比べ、力学的性質が優れ、充填硬化後、組織を緻密化するのが特徴である。

### 4. 2 亀裂模型

本研究では、2つの亀裂模型を用いた。1つは、図3および図4 (次頁) に示すような、アクリル製の亀裂模型である。この模型は、補修材の進入を視覚的に観察できるようにしたものである。補修材注入口から、順次、亀裂の幅×長さ×深さが、1.5×20×200mm、1.0×20×200mm、0.5×20×200mmの亀裂を連結したものである。他の1つは、図5および図6 (次頁) に示すような、モルタル製の亀裂模型である。この模型は、コンクリート

構造物に見られる不規則形状のひび割れを模したものである。作製は、ブロック型枠中央に、 $\Phi 20$ mmの鉄棒を配置してモルタルを流し込み、十分硬化する前に鉄棒を抜き、予め、モルタルブロックに補修材の注入孔を空けて置く。次に、孔軸と直交するように、ブロック外側中央

に深さ50mmのノッチを入れ、ブロックを2つに分割し、これを再び噛み合わせて作製した。この亀裂模型は、平均亀裂幅が0.3mm、最小亀裂幅が0.1mm、亀裂長さおよび深さが100mm、亀裂断面積が約 $200 \times 200 \text{mm}^2$ である。

#### 4. 3 実験項目および方法

はじめに、真空注入方式で用いる補修材の流動特性を把握するため、アクリル亀裂模型を用いて、各種補修材、すなわち、高炉セメント：結晶増殖材が質量%で90：10、80：20、70：30、水粉体比が47～70%の真空注入試験を行った。真空圧は、0.1MPaである。補修材の流動特性については、アクリル亀裂模型を完全充填するときの所要時間を計測し、流動性の見地から、以降に用いる補修材の配合比と水粉体比を特定した。

モルタル亀裂模型における真空注入試験では、真空圧を0.1MPaとして、アクリル亀裂模型試験によって特定した配合比および水粉体比の補修材を用いた。充填状態の検討は、注入後、7日経過したモルタル亀裂模型から、1/4カットした断面試料、およびオーバーコアリングした試料を用意し、亀裂面を目視観察した。

### 5. 実験結果ならびに考察

#### 5. 1 真空注入用補修材の流動性の検討

表2(次頁)は、水粉体比を47～70%とした場合の、各種補修材のアクリル亀裂模型による真空注入試験の結果である。本実験の範囲では、結晶増殖材の配合比が30%、水粉体比が50%の補修材に、不完全充填が認められた。しかし、

表1 補修の要否に関するひび割れ幅の限度

区分	環境 <sup>2)</sup> その他の要因 <sup>1)</sup>	耐久性からみた場合			防水性からみた場合
		きびしい	中間	ゆるやか	—
(A) 補修を必要とするひび割れ幅(mm)	大	0.4以上	0.4以上	0.6以上	0.2以上
	中	0.4以上	0.6以上	0.8以上	0.2以上
	小	0.6以上	0.8以上	1.0以上	0.2以上
(B) 補修を必要としないひび割れ幅(mm)	大	0.1以下	0.2以下	0.2以下	0.05以下
	中	0.1以下	0.2以下	0.3以下	0.05以下
	小	0.2以下	0.3以下	0.3以下	0.05以下

注:1) その他の要因(大、中、小)とは、コンクリート構造物の耐久性および防水性に及ぼす有害性の程度を示し、下記の要因の影響を総合して定める。ひび割れの深さ・パターン、かぶり厚さ、コンクリート表面皮膜の有無、材料・配(鋼)号、打継など。

2) 主として鉄筋の錆の発生条件の観点からみた環境条件。

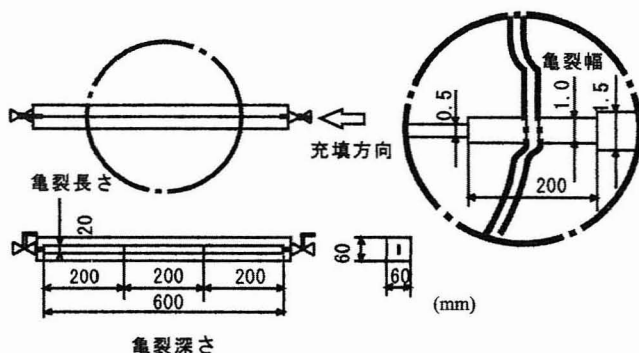


図3 アクリル亀裂模型の寸法

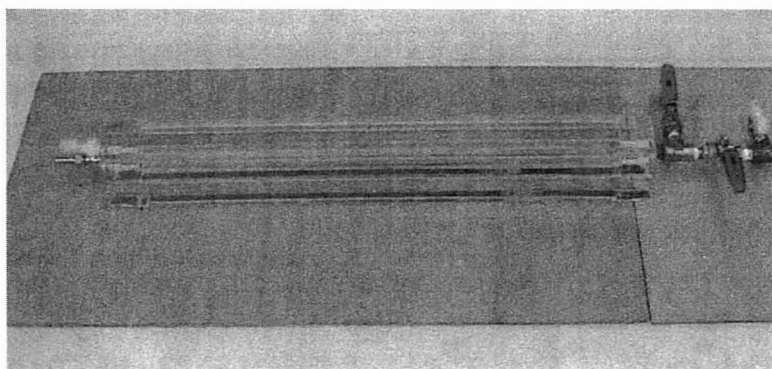


図4 アクリル亀裂模型

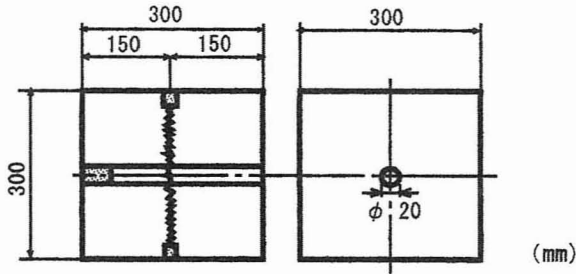


図5 モルタル亀裂模型の寸法

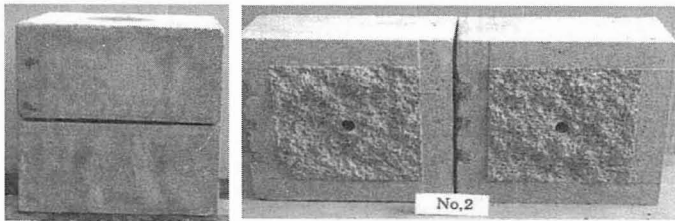


図6 モルタル亀裂模型

表2 アクリル亀裂模型による各種補修材の真空注入試験結果

補修材の配合比(質量%) 高炉セメント:結晶増殖材	水粉体比(%)	充填状態および充填所要時間(sec)
90:10	47	完全充填 10.2
90:10	60	完全充填 2.1
80:20	56	完全充填 11
80:20	60	完全充填 5.3
70:30	50	不完全充填(亀裂幅1mmまで) 29
70:30	60	完全充填 10.4
70:30	70	完全充填 4.5

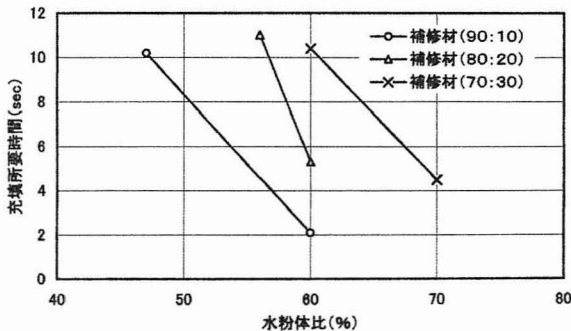


図7 真空注入試験における各種補修材の水粉体比に対する充填所要時間

それ以外は、いずれもアクリル模型亀裂を完全充填した。さらに詳細に検討すると、完全充填した補修材にも、充填所要時間に大きな差異のあるのが認められる。

図7は、完全充填した補修材の、水粉体比に対する充填所要時間の関係を示したものである。いずれの補修材とも、水粉体比が大きくなると、充填所要時間は短くなり、また、同じ充填所要時間では、結晶増殖材の配合比が多くなると、水粉体比は大きくなった。

図8(次頁)は、水粉体比60%の補修材の結晶増殖材の配合比に対する充填所要時間の関係を示したものである。結晶増殖材の配合比が高くなると、充填所要時間は増加し、水粉体比60%では、配合比10%が最もよい流動性を示した。

以上の結果から、モルタル亀裂の真空注入試験で用いる補修材は、水粉体比が小さいほど乾燥収縮が緩和されることも勘案して、結晶増殖材の配合比を10%、水粉体比を60%とした。なお、ここでは、補修材の流動性を重点に検討し、結晶増殖材の配合比による物性の評価を無視したが、続報で言及するように、高炉セメントに結晶増殖材を10%配合した補修材が、最も強度特性を向上させた。

## 5.2 真空注入方式の実験的検討

図9は、高炉セメントに結晶増殖材を10%配合した水比60%補修材の、モルタル亀裂模型における真空注入試験の結果である。図9(A)において、1週経過後の、亀裂充填状態を観察すると、孔壁から90mm離れた亀裂の先端まで隙間無く補修材が進入し、亀裂面が白色を呈しているのがわかる。他方、図9(B)において、オーバーコアリングしたサンプルから、全方位にわたる亀裂充填状態を観察すると、ここでも亀裂面は白色を呈する補修材で

覆われ、完全に充填されているのがわかる。以上、目視観察によって、不規則形状を有するモルタル亀裂の充填効果を検討したが、いずれの観察においても、補修材が亀裂面を完全に充填するのが認められることから、筆者らが提案する真空注入方式は、コンクリートのひび割れ補修方法の1つとして、原理的には、有効な方法であると示唆された。

しかし、本研究は、モルタル亀裂模型という極めて小範囲の単純化した実験結果であり、実際のコンクリート構造物のひび割れの規模、あるいは粗骨材や鉄筋の介在などを考慮すると、現場での検証が必要と思われる。

## 6. まとめ

本研究では、コンクリート構造物の新しいひび割れ補修方法として、真空注入方式を提案し、その実用性の可否を実験的に検討した。得られた結果を要約すると、以下ようになる。

- 1) 真空注入方式で用いる補修材の流動性は、高炉セメントに結晶増殖材を10質量%配合した、水粉体比60%が最適と判断された。
- 2) 真空注入方式は、真空圧0.1MPaのもとで、不規則形状を有するモルタル模型亀裂を完全に充填した。このことから、同方式は、ひび割れ補修方法の1つとして、原理的には有効な方法と示唆された。

終わりに、本研究を遂行するに当たり、多大なご協力を賜った(株)パウハウスの和久石清孝氏、菅野宏氏に深甚なる謝意を表す。

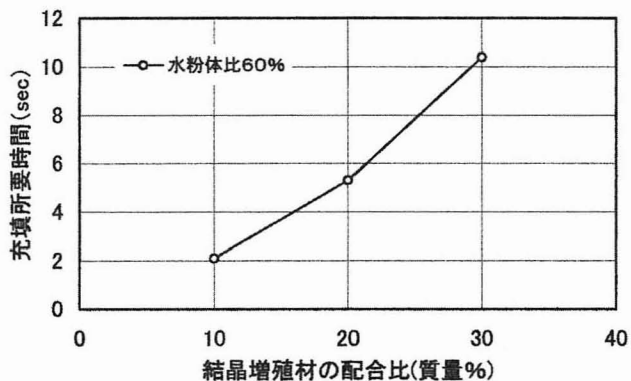


図8 真空注入試験における補修材の結晶増殖材の配合比に対する充填所要時間の関係

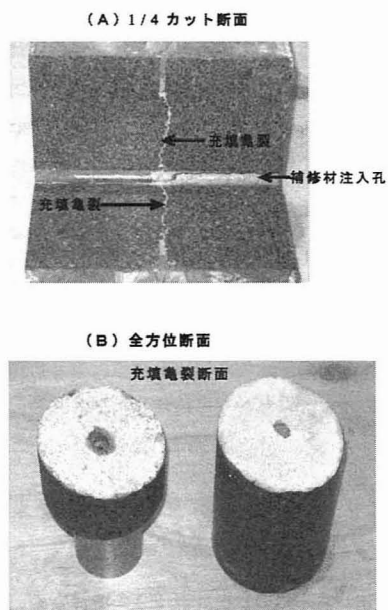


図9 補修材の充填亀裂状況

## 参考文献

- 1) コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針：日本コンクリート工学協会、p1 (2001)
- 2) 利紀之ほか：セメント結晶増殖材による劣化コンクリート構造物の補修効果について、資源・素材東北支部大会研究発表講演要旨集、I-8、(1998)
- 3) 古住光正ほか：き裂を有するコンクリート構造物の補修に関する研究、資源・素材春季大会講演集、Vol. I、pp.248-249 (2001)
- 4) 須藤武ほか：寒冷地使用におけるコンクリート補修材の検討、資源・素材春季大会講演集、Vol. I、

(70)

pp. 138-139 (2002)

5 (2002)

5) 須藤武ほか：試作コンクリート補修材の化学抵抗性  
について、資源・素材東北支部大会講演要旨集、A-

6) 前出1)、p8 (2001)

---

Study on The Repairing of Cracks in Concrete Structures (1st Report)  
—Examination of Vacuum Inject Method for Cement Repairing Materials—

FURUZUMI Mitsumasa, SUDO Takeshi, ABE Masayoshi  
FUJIWARA Tadashi, OTSUKA Naohiro