

鋼板接着工法における接着剤注入に関する実験的研究

桜井 徹* 小林 和義**

Experimental Study on the Adhesive Infusion in the Steel Plate Adhesion Construction Method

by Toru SAKURAI and Kazuyoshi KOBAYASHI

Abstract

In the adhesion construction method, the filling-characteristic of the epoxy resin to inject in construction quality control is important. Accordingly, we performed a construction experiment to devise more high infusion method of the filling-characteristic. In this report, we assumed parameters for the arrangements of the infusion and discharge apertures, infusion thickness and infusion area and report on the result of the infusion experiment using a transparent acrylic board and a colored resin.

要 旨

既存建物の耐震補強を行なう場合などに、当該構造躯体に鋼板・鋼材をエポキシ樹脂等で接着させるいわゆる接着工法では、注入するエポキシ樹脂の充填性を確保することは、施工品質管理上重要である。そこで、筆者らは接着工法において、より充填性の高い注入方法を策定することを目的とした、施工実験を行なった。本報では、注入孔と排出孔の配置・注入目地厚さ・注入面積をパラメータとし、樹脂の挙動が目視観察できるように、鋼板の代替として透明アクリル板および着色した樹脂を用いて行った、注入実験の結果について報告する。

キーワード：接着工法／注入接着用エポキシ樹脂／パテ状エポキシ樹脂／注入目地／注入孔／排出孔

1. はじめに

既存の鉄筋コンクリート(以下、RC)系建物の耐震補強工法の一つに、耐震デバイスを組み込んだ鋼材や、後工程で耐震要素を構築しその応力を伝達するための鋼板を、対象建物の構造躯体にエポキシ樹脂等で接着・固着させる接着工法が挙げられる。この接着工法は、仮設以外のあと施工アンカーの打設が不要のため、騒音・振動が少なく、供用中の建物でも施工可能であり、また比較的短工期であるという特徴を有するため、今後とも鉄骨ブレースやRC壁等の補強工法に採用されることが多いと推測される有効な工法である。一方、本工法においては、構造

性能上、既存躯体と鋼材・鋼板との接着部の性能を確保することが重要となる。そこで、接着工法における接着部の性能に関して重要と考えられる項目として、注入材の充填性に着目して、より確度の高い充填性を確保するための注入方法を策定することを目的とした注入実験を行なった。実験は、既存躯体の梁下面・梁(床)上面の水平面への鋼板接着を想定した。

2. 実験計画

2.1 試験体

模擬躯体として、150mm × 600mm × 1,300mmの

* 技術研究所材料施工研究室

** 建築本部技術部門

RC板を製作し、一体について板の上面(床上を想定)および板の下面(梁下を想定)の2面の実験を計画した。鋼板の代替として透明アクリル板を用い、注入接着用エポキシ樹脂を着色することで、注入時の樹脂の挙動を目視観察することとした。

RC板は平打ちで製作し、実験対象面となる下側型枠面と上側金コテ仕上げ面の粗面度が同程度となるように、両面ともに電動サンダーを用いて表面処理を行なった後、プライマーを塗布した。アクリル板は、あと施工アンカー(金属本体打ち込み型、6-M12)とナットで仮固定した後、ナット周りをパテ状エポキシ樹脂でシールした。また、所要注入目地厚さは、該当する高さのスペーサで確保した。注入孔および排出孔用パイプ(10mm)は、アクリル板外周部のパテ状エポキシ樹脂のシールと併行して設置した。RC板試験体は3体製作し、その内2体はアクリル板幅500mm、1体はアクリル板幅250mmとした。RC板試験体の概要図を図1に示す。(写真1)

また、RC板を用いた実験結果の内、良好と判断される注入方法を再現するために、より目視観察しやすいと思われる試験体として、両面ともに透明アクリル板を用いたものも作成した。両面透明アクリル板を用いた試験体の概要図を図2に示す。

2.2 エポキシ樹脂

a. パテ状エポキシ樹脂

パテ状エポキシ樹脂は、T社製の汎用エポキシ樹脂パテ冬型で、主成分は主剤がエポキシ樹脂、硬化剤が変性脂肪族ポリアミン、主剤と硬化剤の混合比が重量比で2:1である材料を使用した。

b. 注入接着用エポキシ樹脂

注入接着用エポキシ樹脂は、可使用時間30分以上(温度上昇法)および粘度5,000mPa・s以下(JIS K 7117)の品質規格値を満足する、T社製の低発熱型エポキシ注入材冬型で、主成分は主剤がエポキシ樹脂、硬化剤が変性脂環式ポリアミン、主剤と硬化剤の混合比が重量比で2:1である材料を使用した。なお、この注入接着用エポキシ樹脂に、流動性の可視化が可能となるように、混練直後に顔料で青色に着色して注入を行なった。

2.3 実験変数

実験は、鋼板幅・注入目地厚さ・注入孔および排出孔の配置を変数として、それぞれを組み合わせで行なった。

鋼板幅は、通常の接着工法の場合より広いと思われる500mmを標準とし、面積が大きい場合に注目した。注入目地厚さは10mmを標準とし、一般的許容値の最小値と思われる5mmと比較した。注入孔は、長辺の中央部とした場合と、端部からの片押しの場合を比較した。排出孔は長辺方向2箇所と3箇所を比較した。パイプはあらかじめ所定位置に設置し、キャップの取り外しで箇所数を対応することとした。

鋼板幅250mmの場合は、幅500mmのアクリル板長辺中央部にパテ状エポキシ樹脂で境界を形成し、アクリル板一枚当たり2体の試験体とし、それぞれが接着する鋼板の長辺の一方のみに注入および排出孔を設置できる場合を想定することとし、通常、短辺には鋼板同士のジョイント目地が形成されることから、ジョイント目地部への排出孔設置の有無の影響を比較した。注入および排出孔位置の案内図を図3に示す。ここで梁下の場合には、見下げ図とした。実験変数の組み合わせ一覧を表1に示す。なお、試験体NO.D(両面アクリル板)の注入孔および排出孔

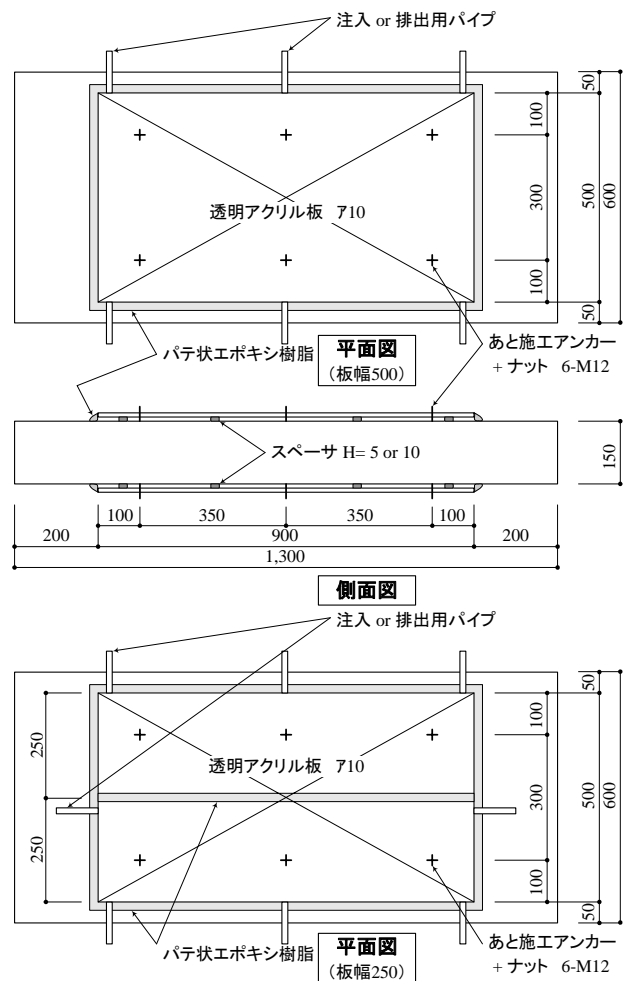


図1 RC板試験体の概要図

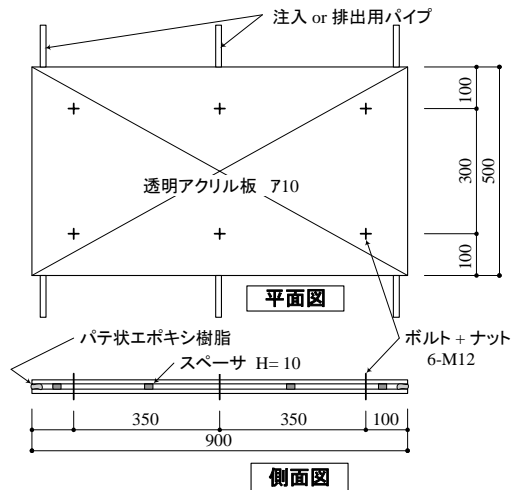


図2 両面透明アクリル板試験体の概要図

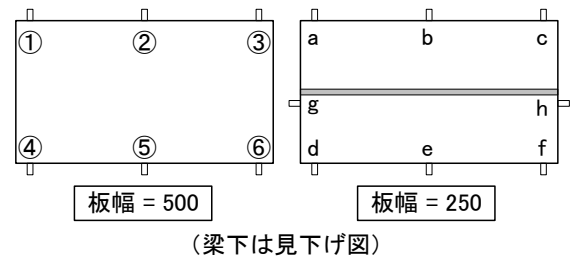


図3 注入・排出孔案内図

表1 実験変数

試験体NO	鋼板幅	床上/梁下	目地厚さ	注入孔	排出孔	備考
A	500	上	5	②	初期: ①, ③, ④, ⑥, 途中+⑤	R C + 板 ア クリ ル 板
		下		②	①, ③, ④, ⑤, ⑥	
B	500	上	10	①	②, ③, ④, ⑤, ⑥	
		下		②	①, ③, ④, ⑤, ⑥	
C	250	上	10	a	b, c	
				d	e, f, g, h	
		下		b	a, c	
				e	d, f, g, h	
D	500	-	10	②	①, ③, ④, ⑤, ⑥	両面アクリル板

位置は、試験体NO.A1, A2, B1, B2の実験結果から、決めたものである。

3. 実験結果および考察

A1, A2は目地厚さを10mmと比べて5mmと薄く設定したが、注入時の流動性には支障がないことが観察された。よって、目地厚さは5mm以上確保されていれば、注入可能と判断される。(写真2, 3)

A1は注入孔を②とし、注入開始時の排出孔配置はアクリル板の四隅としたが、樹脂がほぼ同心円を保持して広がっていく際に、注入孔②の対面にあるパイプ⑤近辺に到達した際、パイプ⑤の辺りに気泡を残存しそうな状況が観察されたので、急遽⑤のキャップを開放し排出孔として増設したところ、⑤の辺りの気泡が排出された。そして順次四隅から気泡とともに、余剰の樹脂が排出された。これを踏まえて、A2では最初から⑤を排出孔としたところ、A1と同様の結果が観察された。このことから、長辺900mm程度の場合には、長辺中央から注入する場合には、排出孔数は四隅に加えて対辺中央部を含め

た5箇所が妥当であると判断される。この時、アクリル板幅は500mmでも注入状況は良好であった。

B1, B2は目地厚さを10mmとAシリーズより厚くしたが、樹脂が注入されていく際に、上下2層の二段階でやや時間がずれて拡大していく状況が観察された。(写真4) この状況はB1, B2とも床上・梁下というアクリル板面とコンクリート面の上下が反対の場合でも、同様に観察された。B1はB2に比べて最終の排出孔までの移動距離が長いので、下層樹脂上部に空気を載せたままある程度長い時間をかけて拡大した。この時、下層の樹脂先端が、スペーサ部パテ状エポキシ樹脂の凹凸の影響で部分的に上方に盛り上がり、排出孔周りではない一般部分に気泡を残存した箇所が観察された。(写真5) 一方、B2の場合も一部の排出孔周りに気泡が観察された。これは、樹脂の移動距離の長さには関係なく、排出孔パイプの挿入部を設置し易くするため扁平に変形させたことも影響して、一部アクリル板裏面にパイプの上端が接していない場合に起因したと考えられ、さらにその箇所では樹脂の2層状態での移動現象によ

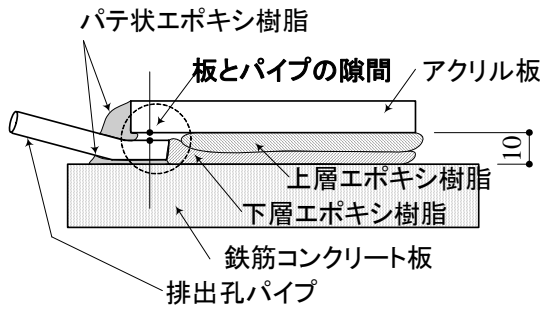


図4 排出孔パイプとアクリル板裏面の隙間に生じた気泡の概要図

り、下層樹脂のみで閉塞し、最終段階で排出孔上部に気泡が残存したと考えられる。その状況の概要を図4に示す。これは、注入目地厚さが5mmの場合においても、2層状態での移動は観察されなかったが、上部に隙間が生じない様に排出孔パイプを設置することが重要であると思われる。

C1, C3では床上・梁下の違いはあるが、長辺のみへの注入および排出孔の設置であったことに起因すると考えられる気泡の残存が、両者に観察された。C1では、片押しで樹脂が移動し、最終的に排出孔cから樹脂が溢れ出るが、排出孔cの対面側の隅角部に気泡が残存した。(写真8)ただし、注入孔aの対面側の隅角部には気泡は見られなかった。C3では、ほぼ同心円を描いて移動し、続いて対面の長辺に沿って移動し最終的に排出孔a, cから樹脂が溢れ出るが、排出孔a, cの対面側の隅角部にともに気泡が残存した。これらに比べて、C2, C4では短辺部に設けた排出孔が有効に機能したものと認められ、C1, C3で観察された気泡は見られなかった。(写真11)また、途中の樹脂の移動状況は、Bシリーズ同様に上下2層の二段階でやや時間がずれて拡大していく状況が観察された。

Dでは、AおよびBシリーズの結果を踏まえ、注入孔を一方の長辺の中央部とし、排出孔は四隅に加えて注入孔の対面の5箇所とした。途中の樹脂の移動状況は、Bシリーズ同様に上下2層の二段階でやや時間がずれて拡大していく状況が観察された。(写真12)注入後は、一部、図4で示す気泡が観察されたが、隅角部の大きな気泡は観察されず、注入方法としては妥当であったと判断できる。(写真13)

なお、注入終了後、本実験の目的とは直接的には関連しないが、実施工においては不具合の原因となり兼ねない現象が2点観察されたので、ここに付記して留意することとする。1点目は、RC板に削孔し

たあと施工アンカー用孔底に残存していたと思われる空気が、時間の経過とともにエポキシ樹脂と置換し微細気泡としてアンカー孔周囲にまとまって集結した部分が観察された。(写真14)対策として、あと施工アンカーを金属系ではなくケミカル系を用いる、あるいは金属系アンカー施工後、アンカー出口の孔壁周りの隙間をパテ状エポキシ樹脂等で塞ぐなどの方法が考えられる。2点目は、RC板の一般平滑部分からコンクリート中の空気が、時間の経過とともにエポキシ樹脂と置換して微細気泡として集結したと思われる部分が観察された。(写真15)これは、その部分のプライマーの過少塗布が原因と思われる。

4. まとめ

接着工法において、鋼板の代替として透明アクリル板と、着色した注入接着用エポキシ樹脂を用いて行なった注入可視化実験により、以下の知見が得られた。

- ・注入目地厚さ5mmは、注入可能である。
- ・鋼板幅は、500mmと比較的広い場合でも、気泡を残存せずに注入可能である。その時の注入孔および排出孔の位置は、一方の長辺方向の中央部を注入孔とし、排出孔は四隅に加えて注入孔の対面の5箇所とする。
- ・本実験で使用した注入接着用エポキシ樹脂は、注入目地厚さ10mmでは、上下2層の二段階でやや時間がずれて拡大していく状況が観察された。しかし、注入目地厚さ5mmでは、この現象は観察されなかった。
- ・排出孔用パイプの挿入部上端は、床上の場合は鋼板裏面に、梁下の場合はコンクリート面に接するように設置し、隙間が生じないようにする。
- ・鋼板の長辺方向の一方に注入および排出孔が設置できない場合には、設置できる側の中央部を注入孔とし、その側の両端および短辺方向(鋼板のジョイント目地部分)の奥側2箇所の4箇所に排出孔を設置する。

また、実施工においては以下の点に留意する。

- ・あと施工アンカー用孔底の空気への対応(ケミカル系アンカーの使用・金属系の場合は孔上部の隙間処理など)
- ・素地面への十分なプライマー塗布

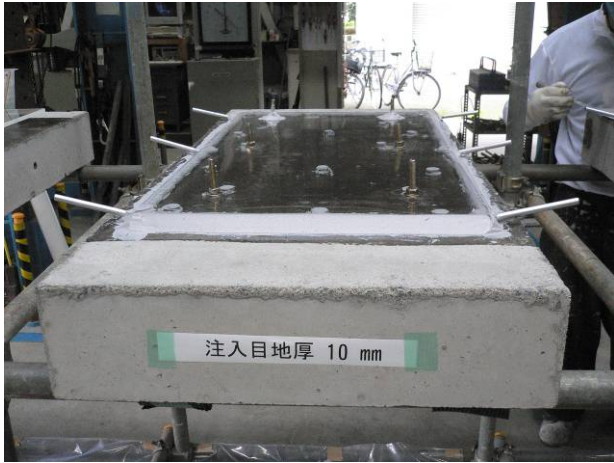


写真 1 試験体 B1(注入前)

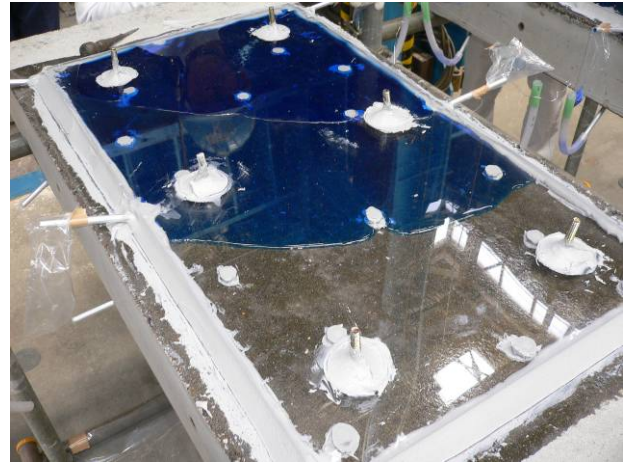


写真 4 試験体 B1(樹脂移動上下 2 層)

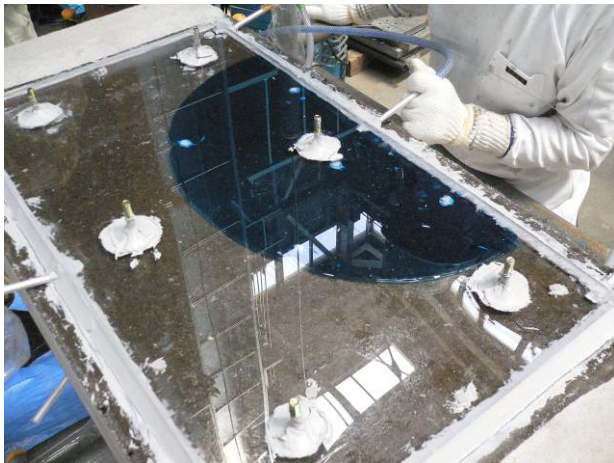


写真 2 試験体 A1(注入中)



写真 5 試験体 B1(排出孔⑥の横に気泡)

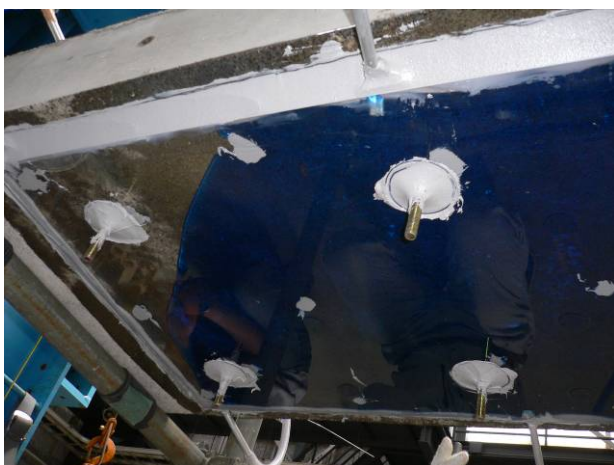


写真 3 試験体 A2(注入中)

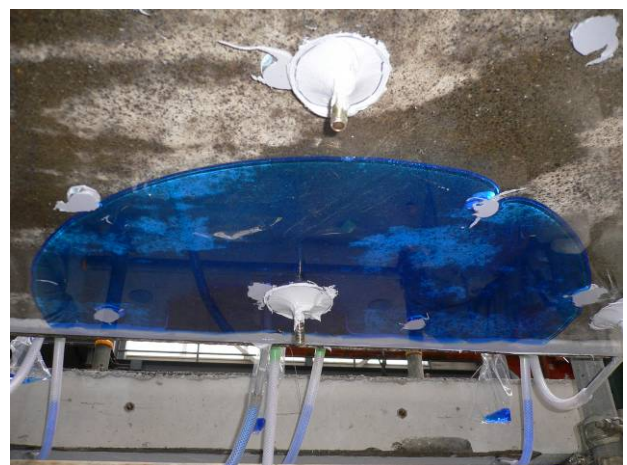


写真 6 試験体 B2(注入中)

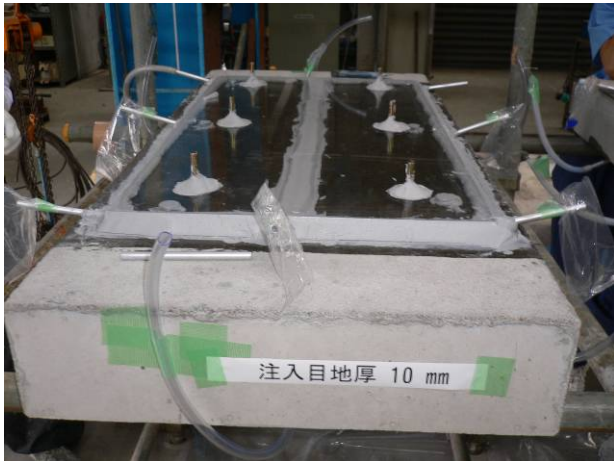


写真7 試験体 C1,C2(注入前)

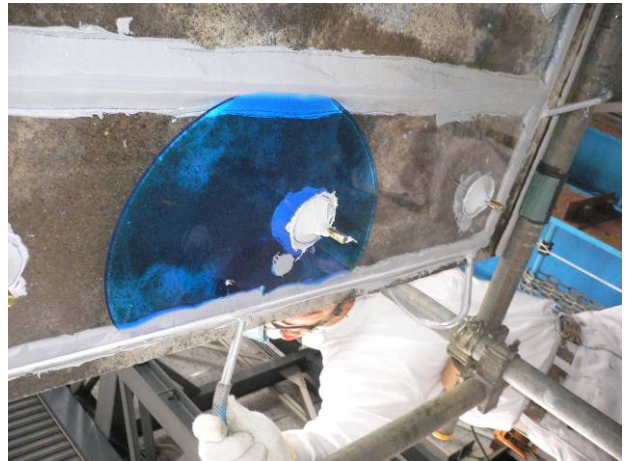


写真10 試験体 C4(注入中)



写真8 試験体 C1,C2(注入後 C1 隅部気泡)



写真11 試験体 C4(注入後 隅部気泡なし)



写真9 試験体 C3(注入中)

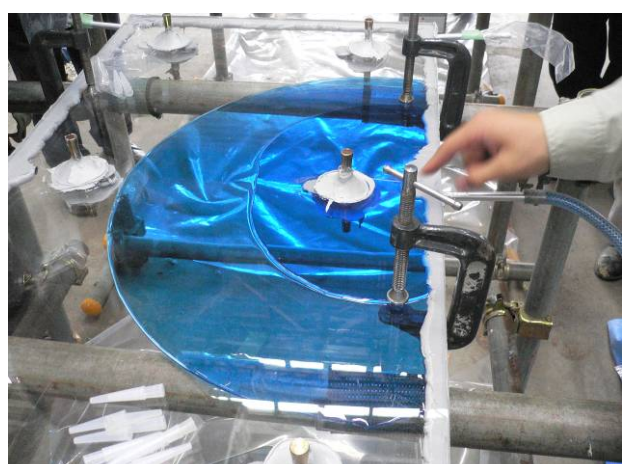


写真12 試験体 D(樹脂移動上下2層)

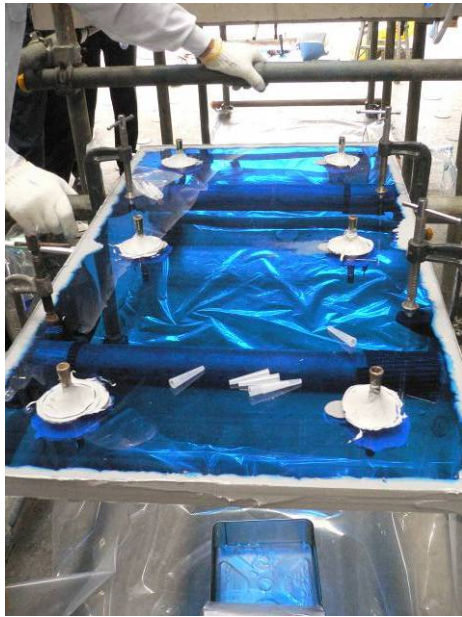


写真 13 試験体 D(注入後 気泡なし)

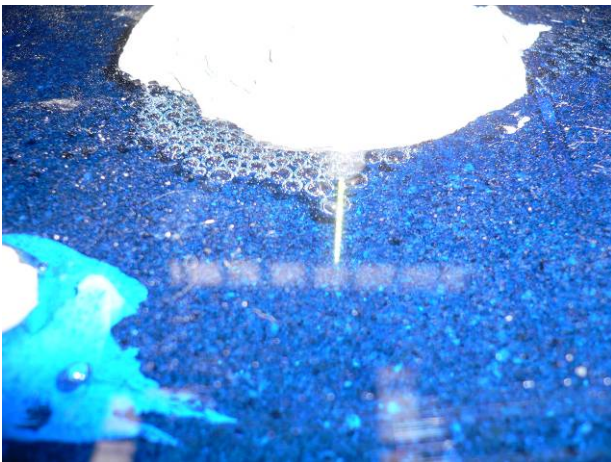


写真 14 微細気泡(アンカー孔回り)



写真 15 微細気泡(一般平滑部)

