

## 地下躯体の逆打ち工法における施工性・充填性・止水性に関する施工実験

西田 浩和 高森 直樹  
松戸 正士\*1 佐々木 仁  
シング、ウペンド、ラヴィンドラ

### 概 要

逆打ちコンクリートの代表的な打継ぎ処理法として、施工性が優れている先行埋設型注入ホースによる注入法が多く採用されている。ここでは、実大部材を模擬した外柱・外壁と仮支柱の鉄骨を内蔵した内柱をアゴ打ち工法によるコンクリートの落とし込みおよび打継ぎ部の注入材注入法の施工性、充填性、止水性の性能確認実験を実施したものである。

実験の結果、後打ち部コンクリートは硬練りかつ落とし込みだと施工不良が起きやすいものの、高流動コンクリートと一次注入材の併用で充填困難部の施工が可能となる。高流動コンクリートをバイブレータで締め固めながら片押しで打設するとモルタル過多なコンクリートが打継ぎ部に集中するため、二方向から打設するなどの工夫が必要である。後打ち部コンクリートおよび注入材の充填性は、打継ぎ面を水平とするよりも1/10程度傾斜させた方が良好な結果となる。空隙面積率は、水平打継ぎの19~20%に対して、1/10傾斜打継ぎの5%に低減できた。本実験範囲では、5m相当の水頭圧(0.05MPa)であれば一次注入材の注入で、30m相当の水頭圧(0.30MPa)であれば一次注入材かつ二次注入材の注入で確保できる。

### Mock Up Test on Construction Method, Filling Method, and Waterproof Performance using the Inverted Construction Method of Underground Structure

#### Abstract

In the inverted construction method, one of the major methods adopted for placing joints, due to its superior performance in construction, is the grouting method using a filling hose placed on the casting joint. Concrete casting performance of the inverted construction method and construction performance of the filling material, filling method and water proof performance of the placing joint method were studied using a full scale specimen of a basement level outermost column, outermost wall and inner column with temporary encased steel.

The experiment showed that when using a hard mixed concrete in the drop down casting method leads to poor construction performance of the joint. Using a combination of highly-flowing concrete and first degree filling material can make construction performance better for filling methods with difficult proportions. Casting highly flowing concrete from only one side while consolidating it with the vibrator resulted in concrete with excessive mortar coming up to the joint, thus casting from two sides is necessary. Inclining the casting joint to 1/10 gave a better result in drop down concrete casting and filling method than a flat casting joint. The rate of the air trapped area with a flat casting joint was 19~20%, but with a 1/10 inclined casting joint this reduced to 5%. The water proof performance of the joint conducted in this experiment showed, joints where the water pressure is at a depth of 5m (0.05MPa) can be filled using a first degree filling material and joints where water pressure is at a depth of 30m (0.30MPa) can be filled using a second degree filling material.

キーワード: 逆打ち 施工性 充填性 止水性  
打継ぎ アゴ 先行埋設ホース

\* 1 建設本部 技術部

§1. はじめに

近年、地下躯体の後打ち部コンクリートの打継ぎ処理工法として、施工性が優れている先行埋設型注入ホースによる注入法が多く採用されている。当社においても、地下外壁における打継ぎ部の充填性や気泡の有無等とせん断力伝達性能の関係について報告している。

本実験においては、以下に示す特徴を持つ実大寸法の模擬試験体を用いることとした。

外柱・外壁：部材背面の山留め側には地下水があり、一回の打設範囲が比較的広い。

内柱：内部に仮支柱用鉄骨を有していてコンクリートの充填が困難、独立柱（一部壁付き柱あり）

本報では、上記2試験体を用いて、後打ち部コンクリートのアゴ打ち工法による落とし込み、および注入材注入法の施工性、充填性、止水性の性能確認実験結果について報告する。

§2. 実験概要

外柱・外壁は、実施工を想定して地下外周柱の両側に外周壁が付いたタイプの実大モデルを用い、逆打ち部コンクリートおよび注入材の「施工性」「充填性」「止水性」について検討したものである。

内柱は、実施工を想定してクロス H 型鉄骨の仮支柱を有して地下外壁に接しない内柱の実大モデルを用い、逆打ち部コンクリートおよび注入材の「施工性」「充填性」について検討したものである。

2.1 試験体

試験体の形状・寸法を図1、注入ホース配置図を図2に示す。また、アゴの形状を図3に示す。外壁の打継ぎ部は水平にしたものと1/10傾斜させたものとした。内柱の打継ぎ部の形状は水平とした。

試験体は実施工の手順と同様に、まず先打ち部をコンクリート打設した。先打ち部打設後の状況を写真1に示す。先打ち部の型枠脱型後の打継ぎ部には図4に示すような先行埋設型注入ホースを設置した。

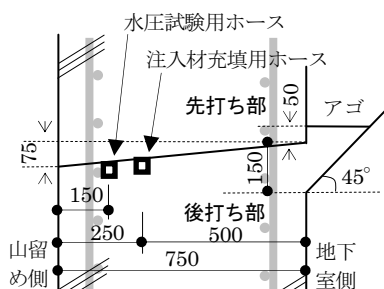


図3 アゴ形状(1/10傾斜部)  
(図2のAA'断面)

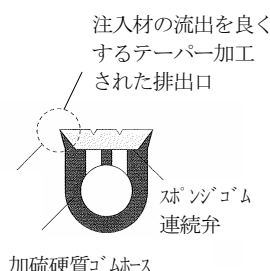
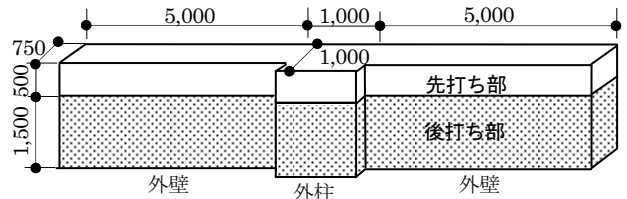
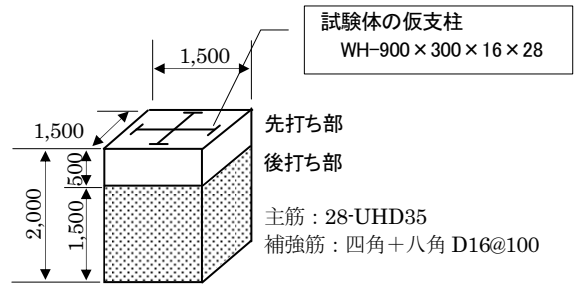


図4 先行埋設型注入ホース



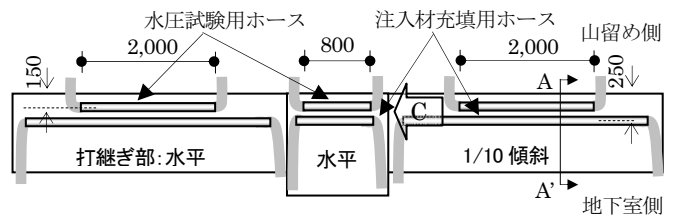
柱形状：1,000×1,000mm  
柱鉄筋：16-D32, 2-D13@100  
壁厚：750mm  
壁鉄筋：縦横とも D22@100 ダブル

(1) 外柱・外壁

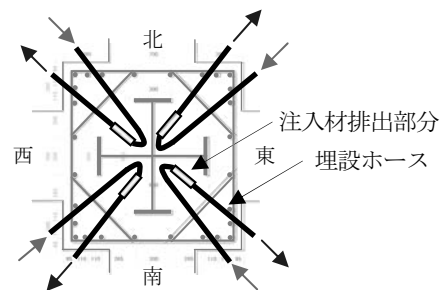


(2) 内柱

図1 試験体形状



(1) 外柱・外壁



(2) 内柱

図2 注入ホース配置図



写真1 先行埋設型ホースの取付け(図2のCから)

なお、外柱・外壁の水圧試験用ホースは、注入ホースと同じホースを山留め側主筋の内側に配した（写真1参照）。内柱は中央に鉄骨の仮支柱（H形鋼：WH-900×300×16×28）を有しているため、注入材の充填性確保の観点から注入ホースは柱の四隅から入口・出口を設ける形で設置した。

ホース設置後、後打ち部の配筋・型枠建入後にコンクリートを打設した（先打ち部打設から32日後）。

最後に後打ち部の型枠脱型後、先打ち部と後打ち部の隙間を充填するために注入ホースから圧力を上げながら注入材を注入した。注入順序は、まず内柱を注入した後、外壁(水平)→外柱→外壁(1/10 傾斜)とした。



写真2 後打ち部コンクリートの打設状況(外柱・外壁)

## 2.2 試験項目・方法

試験項目および試験方法を表1に示す。施工性は、後打ち部コンクリート打設時および注入材注入時のフレッシュ状態を目視観察した。充填性は、打継ぎ部から水平方向にコア採取を行い、側面および打継ぎ面の充填状態を目視観察した。止水性は、先行埋設した水圧試験用のホースから0.05~0.30MPaの水頭圧をかけた時の打継ぎからの漏水状況を一次注入材注入後と二次注入材注入後にそれぞれ確認した。

## 2.3 コンクリートおよび注入材

コンクリートの調合および使用材料を表2に示す。外柱・外壁の後打ち部は呼び強度39、スランブ21cmの普通コンクリート、内柱の後打ち部は呼び強度54、スランブフロー60cmの高流動コンクリートを用いた。運搬時間はいずれも40~50分程度であった。

打継ぎ部の一次注入材は無機系プレミックsgラウト、二次注入材は親水性ウレタン樹脂注入剤を用いた。一次注入材の注入時期は後打ち部コンクリート打設の27日後、二次注入材の注入時はその9日後とした。

## §3. 実験結果

後打ち部コンクリート（市中の生コン工場で製造）の諸特性を表3に示す。一次注入材のJ14ルート流下時間は、4.5秒であった。

呼び強度39の材齢28日圧縮強度は、標準養生で45.5N/mm<sup>2</sup>、現場封かん養生で41.0N/mm<sup>2</sup>であった。呼び強度54の材齢28日圧縮強度は、標準養生で68.0N/mm<sup>2</sup>、現場封かん養生で64.9N/mm<sup>2</sup>であった。一次注入材の圧縮強度は材齢28日現場封かん養生で69.0N/mm<sup>2</sup>であった。

表1 試験項目および試験方法

試験項目および方法		
フレッシュコンクリート	スランブ(JIS A 1101), 空気量(JIS A 1128), 練り上がり温度(JIS A 1156), プリーディング(JIS A 1123), 沈降量(JASS5T-503), 凝結時間(JIS A 1147), J14ルート(JSCE 規準)	
硬化コンクリート	圧縮強度	コンクリート(JIS A 1108), 一次注入材(JASS15M-103: φ5×10cm)
実大試験体	施工性	コンクリート打設・注入材注入時の目視観察
	充填性	注入材充填状況をコア(φ10cm)で確認
	止水性	水圧試験で打継ぎからの漏水確認

表2(1) コンクリートの調合(呼び強度39)

W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				SP混入量(C×%)
	W	C	S	G	
44.2	175	396	830	892	0.90

[使用材料]C:普通ポルトランドセメント, S:相模原陸砂, 市原産山砂, G:城山産砕石, 大船渡産砕石, W:地下水(海老名市), SP:高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系), [目標スランブ]21cm, [目標空気量]4.5%

表2(2) コンクリートの調合(呼び強度54)

W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				SP混入量(C×%)
	W	C	S	G	
35.6	170	478	836	881	1.05

[使用材料]C:中庸熱ポルトランドセメント, S:君津市産砂, G:城山産砕石, W:地下水(海老名市), SP:高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系), [目標スランブ]60cm, [目標空気量]3.0%

表3 コンクリートの諸特性

呼び強度	スランブ(フロー)(cm)	空気量(%)	プリーディング量(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	沈降量(mm)	凝結時間(h-m)	
					始発	終結
39	21.5	5.7	0.03	1.01	5-19	7-26
54	57.0	4.3	0.00	1.22	8-53	11-07

### 3.1 施工性

#### 1) 後打ち部のコンクリート打設

外柱・外壁の後打ち部コンクリートは、棒形バイブレータを用いて締固めを行いながら、外壁 1/10 傾斜部側から柱を通過させて壁水平部へと片押しで打設した。

コンクリートの打設時間は、外柱・外壁の場合、生コン車 3 台の段取り替えを含めて合計 82 分 (約 9m<sup>3</sup>/h に相当)、内柱は約 10 分 (約 20m<sup>3</sup>/h に相当) であった。

後打ち部コンクリートは、両試験体とも棒形バイブレータ (φ50、40mm : 各 1 本) と木槌による叩き (1 名) を併用して締固めた。(写真 3)。

その結果、内柱に比べて硬練りである外柱の後打ちコンクリートの施工性はやや悪かった。また、内柱はコンクリート硬化後、写真 4 に示すようにアゴ部分をはつり落とした西側断面からモルタル過多でやや分離気味のコンクリートが確認された。

#### 2) 一次注入

後打ち部コンクリートの型枠脱型時に、アゴの反対側の山留め側でコンクリートの充填不良が若干確認されたため、一次注入材充填前に充填不良箇所をグラウト材にて補修を行った。

一次注入材の充填圧力は外柱・外壁・内柱とも 1.5N/mm<sup>2</sup> を基本とし、最大圧力を 2.5N/mm<sup>2</sup> とした。また、ホース排出口から注入材の流出を確認後、充填を複数回繰り返して 1 分間の保持安定圧力が 0.5N/mm<sup>2</sup> 以上となった時点で充填終了とした。注入作業はシール施工を兼務した注入工 1 名で実施した。1 箇所の注入に要した時間は内柱で 2~3 分、外柱で 3 分、外壁で 7~8 分であった。

内柱の一次注入材充填状況の一例を写真 5 に示す。写真 5 は打継ぎ部から一次注入材 (赤く着色) のオーバーフロー確認後、急結セメントを用いて端から順次シールしている状況である。内柱は図 2 で示したように内部の仮支柱によって 4 つのエリアに分かれているため、各々のエリアで一次注入材のオーバーフローにより、その充填を確認した。

#### 3) 二次注入

外壁・外柱の二次注入は、一次注入で用いたホースを再度使用し、打継ぎ部から注入材がオーバーフローするか、ポンプのリミッターが利いた時点で充填完了とした。注入作業は注入工 1 名で実施した。1 箇所の注入に要した時間は外壁で 11~13 分、外柱で 14 分であった。



写真 3 後打ち部コンクリートの打設状況(内柱)

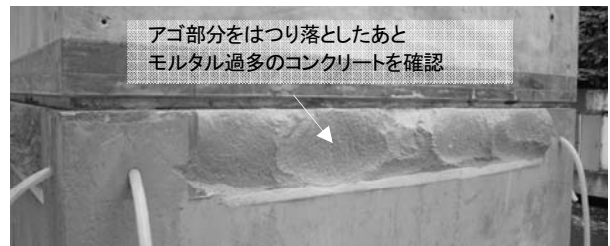


写真 4 モルタル過多のコンクリート(内柱西面)



写真 5 一次注入材充填状況例(内柱:北面, 東面)

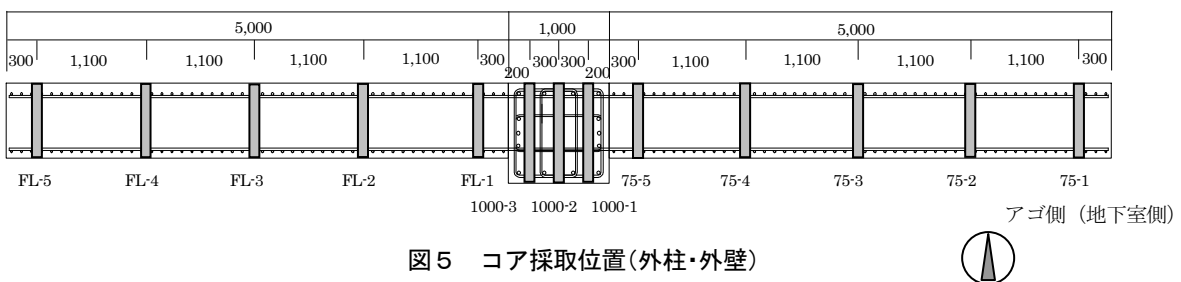


図 5 コア採取位置(外柱・外壁)

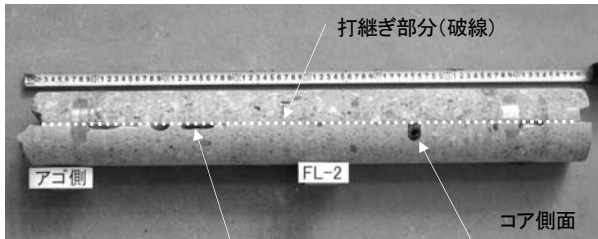


写真6 コア試験体の観察状況例 (壁：水平)

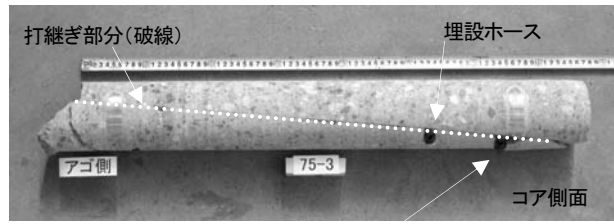


写真8 コア試験体の観察状況例 (壁：1/10 傾斜)

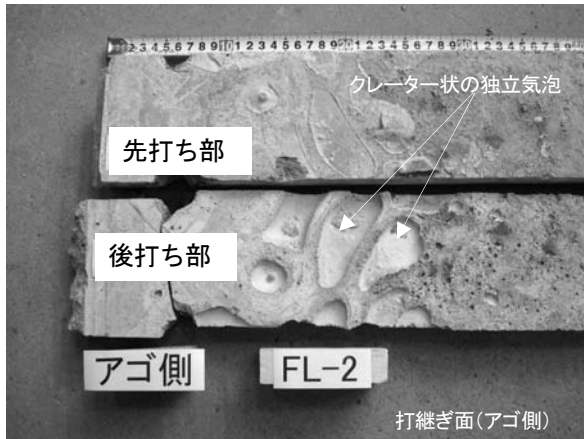


写真7 コア試験体の観察状況例 (壁：水平)

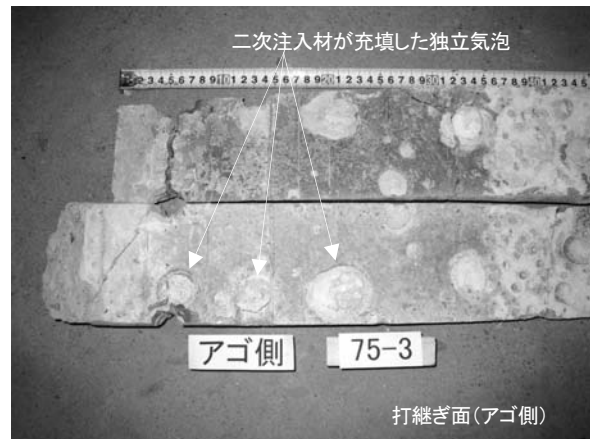


写真9 コア試験体の観察状況例 (壁：1/10 傾斜)

### 3.2 充填性

外柱・外壁の打継ぎ部分の充填性を確認するために、注入材充填および水圧試験後、図5に示す位置にてコア試験体(φ10cm)を採取した。

採取した試験体はコア側面の外観目視観察の後、打継ぎ面の充填状況も確認した。外壁部のコア試験体観察状況例を写真6～写真9に示す。写真6は、打継ぎ部が水平な外壁部のコアである。側面に幅6～12mm程度の比較的大きな隙間が認められた。写真6のコアを打継ぎ部分で先打ち部と後打ち部の境目が分かるように分離したのが写真7である。写真7からは打継ぎ面には最大径7～8cm程度(最大深さ9mm)の楕円状の独立気泡が確認された。独立気泡の一部に一次注入材が充填されているものが認められたが、ほとんどが一次注入材、二次注入材とも充填されていないクレーター状の独立気泡であった。

写真8は、打継ぎ部が1/10傾斜した外壁部のコアであるが、その側面からは大きな隙間は確認できなかった。写真8のコアを打継ぎ部分で先打ち部と後打ち部の境目が分かるように分離したのが写真9である。写真9からは、打継ぎ面には楕円状の独立気泡は確認できるものの、一次注入材・二次注入材とも充填されていない独立気泡はほとんど認められなかった。

外柱部のコアからは、打継ぎ部が水平である写真6および写真7と同様に「比較的大きな隙間」や「クレータ

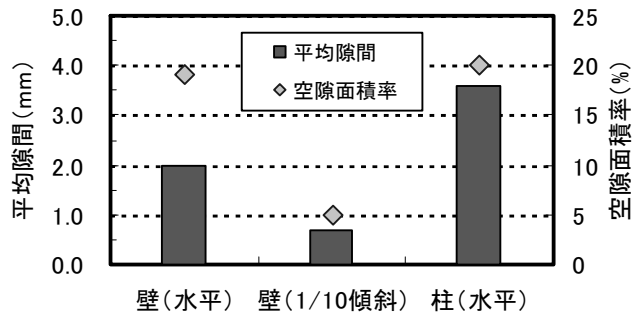


図6 コア試験体の平均隙間・空隙面積率

一状の独立気泡」が認められた。

外柱・外壁のコア試験体側面において5cm間隔に測定した平均隙間と、打継ぎ面の空隙面積率(空隙面積と打継ぎ面積との比)をまとめて図6に示す。

平均隙間は、打継ぎ部を1/10傾斜とする場合は、水平に対して半分以下に出来ることが確認された。

打継ぎ面の空隙面積率は、打継ぎ部が水平の場合は19～20%であるのに対して、1/10傾斜の場合は5%まで低減できることが確認された。

外柱の平均隙間・空隙面積率が比較的大きい理由としては、打継ぎ部が水平であること、外壁部より鉄筋量が多いこと、奥行きがあり締固めによって上部に上がった空気の逃げ場がなかったことなどが考えられる。

外柱・外壁における注入材の到達長さは、ホース上面のコンクリート充填状況に大きく左右されるものの、一次注入材で最大25cm、二次注入材で最大49cmであった。

内柱の打継ぎ部分の充填性を確認するために、注入材充填後、図 7 に示す位置にて、コア試験体 (φ10cm) を採取した。採取したコア試験体はコア側面の外観目視調査の後、打継ぎ面の充填状況も確認した。

内柱のコア観察状況の一例を写真 10 に示す。コア側面のうち、上半分が先打ち部、下半分が後打ち部である。コア試験体の側面から一次注入材の充填が確認された。コア側面において 5cm 間隔で測定した一次注入材の充填厚さは 3.2~4.2mm (n=55~57) であった。なお、一次注入材と打継ぎ面の隙間はいずれのコア試験体ともほとんどなかったため、打設方向による影響はなかったと考えられる。

### 3.3 止水性

外柱・外壁の一次注入材充填後の水圧試験状況例を写真 11 に示す。水頭圧 0.05MPa・水圧保持時間 1 分間では漏水がなく、0.10MPa (地下水位 10m 相当) かけた時に写真 11 に示す漏水が認められた。

二次注入材充填後の水圧試験状況例を写真 12 に示す。水頭圧 0.30MPa (同 30m 相当)・水圧保持時間 1 分間でも打継ぎ部からの漏水は見られなかった。

なお、写真 11 および写真 12 の打継ぎ下のコンクリート不連続部分はアゴ部をはつり落とした痕である。

## §4. まとめ

先行埋設型注入ホースを用いて、実大模擬試験体による逆打ち工法の施工性・充填性・止水性の性能確認実験を行った結果、以下の知見が得られた。

#### [施工性]

- ・後打ち部コンクリートは硬練りかつ落とし込みだと施工不良が起きやすいものの、高流動コンクリートと一次注入材の併用で充填困難部の施工が可能となる。
- ・高流動コンクリートをバイブレータで締め固めながら片押しで打設するとモルタル過多なコンクリートが打継ぎ部に集中するため、二方向から打設するなどの工夫が必要である。

#### [充填性]

- ・後打ち部コンクリートおよび注入材の充填性は、打継ぎ面を水平とするよりも 1/10 程度傾斜させた方が良好な結果となる。
- ・空隙面積率は、水平打継ぎの 19~20% に対して、1/10 傾斜打継ぎの 5% に低減できた。

#### [止水性]

- ・本実験範囲では、5m 相当の水頭圧 (0.05MPa) であれば一次注入材の注入で、30m 相当の水頭圧 (0.30MPa) であれば一次注入材かつ二次注入材の注入で確保できる。

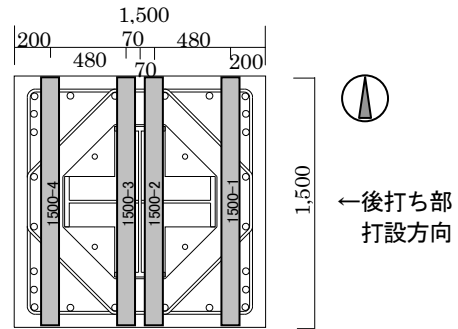


図 7 コア採取位置 (内柱)

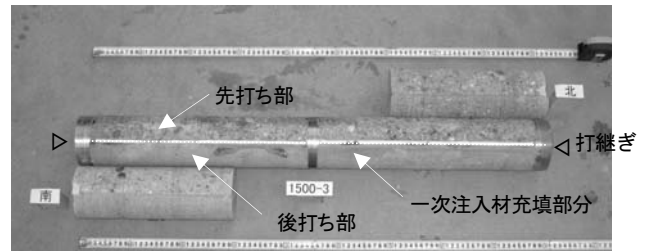


写真 10 コア試験体観察状況例(内柱:1500-3)



写真 11 水圧試験状況例 (一次注入材充填後 : 0.10MPa)

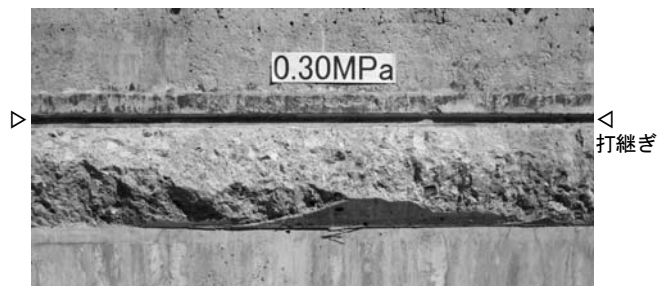


写真 12 水圧試験状況例 (二次注入材充填後 : 0.30MPa)

#### 参考文献(引用文献)

- 1)丸ほか:逆打ち工法における地下外壁打継ぎ部の構造性能、フジタ技術研究所報、第 32 号、1996、pp.16-21



西田 浩和

#### ひとこと

今回の実験結果を踏まえ、より高品質な逆打ち構造物を実プロジェクトへ適用できるように尽力したいと思います。