

技術報文

袋詰めモルタル覆工の深礎工法への適用

(株) 銭高組 角田 晋相 森 正嗣  
坂本 貴嗣 北野 春男

1. はじめに

一般的に、深礎工法による場所打ち杭基礎の施工を行う場合、山留め構造は、ライナープレートや波形鉄板等の山留め材を用いるものと、モルタルライニングや吹き付けコンクリートによるものがある。しかし、近年においては、鋼材の高騰による仮設材費の増大や、小口径の場合、吹き付け工法では粉塵による作業環境の悪化が懸念される。

そこで、経済的で作業環境を向上することを目的に、袋詰めモルタル覆工<sup>1)</sup>による山留めの深礎工法への適用を検討した。

ここでは、本工法の現場への適用性を確認するために実施した実験と、現場での施工結果について報告する。

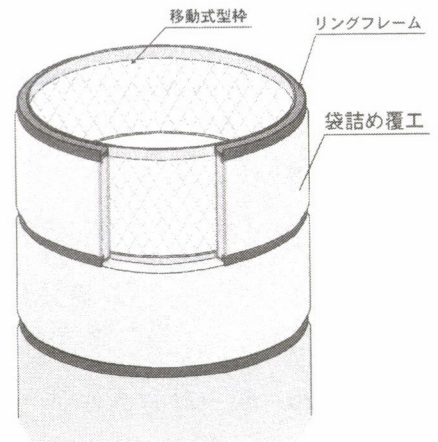


図-1 工法の概要

2. 工法の概要

(1) 工法概要

袋詰めモルタル覆工を用いた深礎工法の概要を図-1、図-2に示す。袋詰めモルタル覆工は、地山と型枠間の空間に配置した袋状のジオテキスタイルにモルタルを加圧充填することにより構築する覆工体である。使用する袋体は高強力ポリエステル繊維の織布で、物性を表-1に示す。また、本工法の施工手順を図-3に示す。

(2) 特徴

袋詰めモルタル覆工体を深礎杭の山留め工法に適用した際の特徴は次のとおり考えられる。

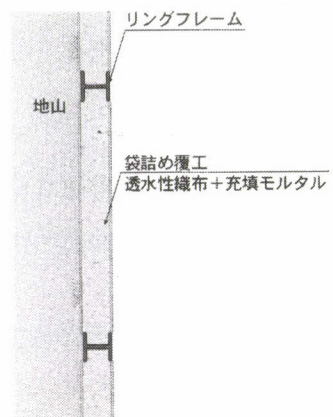


図-2 覆工体の断面

表-1 ジオテキスタイル (袋体) の物性

織布種類	厚さ (mm)	重量 (g/m <sup>2</sup> )	引張張力 (N/3cm)	引裂強力 (N)	透水係数 (cm/sec)
#300	0.50	310	3,140	882	5.0×10 <sup>-3</sup>

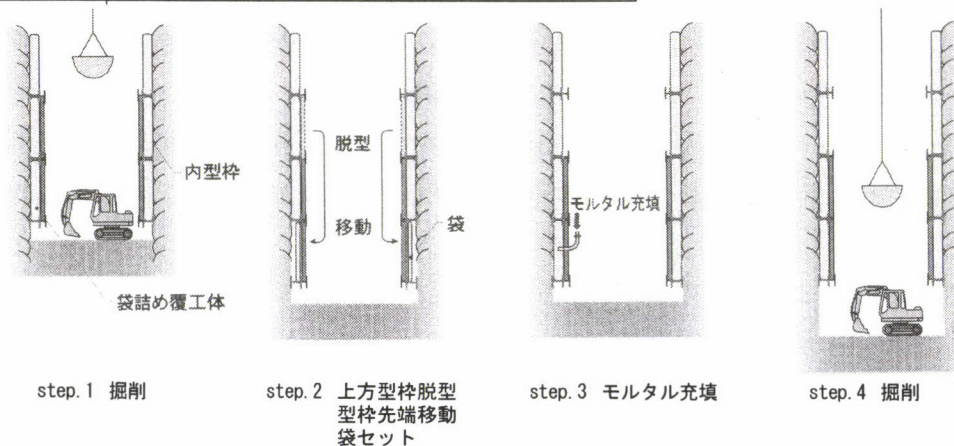


図-3 施工手順

- ①袋の型枠効果により、簡易な内型枠のみで施工ができるため、吹付けコンクリート工法のような粉塵がなく良好な作業環境が確保できる。
- ②湧水の多い地盤や自立性の悪い地盤においても、充填モルタルへの地下水、土砂の混入がないため、覆工体の品質を保持できる。
- ③袋の脱水効果により、密実度高強度、高耐久性の覆工体を構築できるため、早期に地山の安定性（内圧保持効果）が確保できる。

### 3. 室内要素実験

#### (1) モルタル配合試験

##### 1) 試験目的および方法

袋詰めモルタル覆工は、袋体内にモルタルを加圧充填し覆工構造を構成するため、充填するモルタルの流動性および強度が重要となる。

そこで、本工法に用いるモルタル配合を選定するため、モルタル配合試験を実施した。評価する項目は、モルタルの流動性、圧縮強度および弾性係数である。

配合を選定するに当たっての目標値を以下に示す。モルタルの圧縮強度については GL-17.5m の土水圧を対象とし、最大圧縮発生応力度を架設割増しを考慮した許容曲げ圧縮応力度とし設計強度を算定したものと、最大引張発生応力度を 20 倍し設計強度としたものの大きな方とした。

また養生期間は、打設した翌日に内型枠を脱型することを想定し、材齢 1 日での強度を目標として設定した。

- ・目標値 : 流動性 JHフロー180±20mm  
圧縮強度（材齢 1 日）34N/mm<sup>2</sup>  
弾性係数（材齢 1 日）6.8×10<sup>3</sup>N/mm<sup>2</sup>以上

試験の要因を以下に示す。試験は、水セメント比、砂セメント比をパラメータとして実施した。

- ・セメント種類 : 普通ポルトランドセメント  
早強ポルトランドセメント
- ・水セメント比(W/C) : 20～60%
- ・砂セメント比(S/C) : 0.45～2.53  
(1:0.45 モルタル～1:2.5 モルタル)

流動性は高性能減水剤（レオビルド NL4000）を添加することで調整し、評価試験はシリンダー法で行った。

強度の評価試験は、コンクリートの圧縮強度試験方法およびコンクリートの静弾性係数試験方法に基づき実施した。

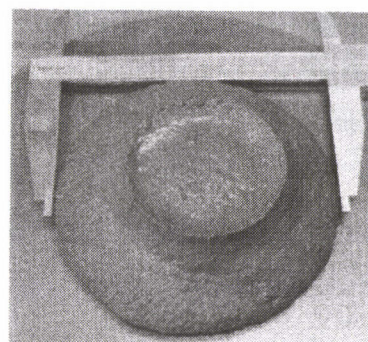


写真-1 JHフロー160mm

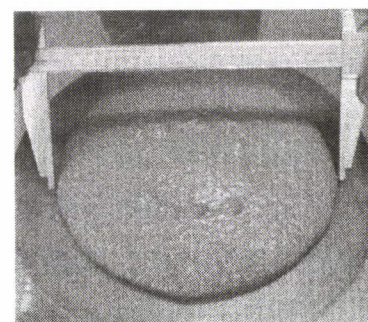


写真-2 JHフロー220mm

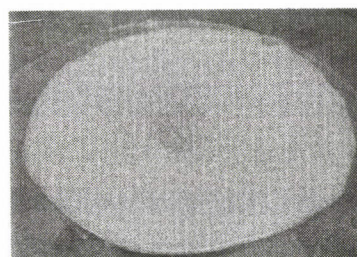


写真-3 JHフロー420mm  
(材料分離)

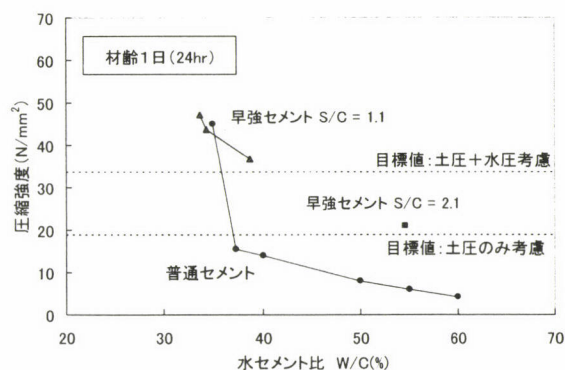


図-4 圧縮強度試験結果

## 2) 試験結果

モルタル流動性の測定状況を写真-1～写真-3に示す。JHフロー220mmまでは、セメントの種別によらず混和剤を適正量添加することで確保できるが、それ以上のフロー値を要求した場合、材料分離を起こすことがわかった。

材齢1日の圧縮強度試験結果を図-4に示す。圧縮強度は、W/Cが34～39%程度(S/Cは1.1)で目標値を満足する結果となった。S/C=2.1、W/C=54.6の試験体では土圧のみを考慮した場合の必要圧縮強度は確保できる結果となった。普通ポルトランドセメントを使用しても、目標値を満足できる水セメント比が確認できたが、安定的に早期強度を確保するためには、早強ポルトランドセメントを使用することが望ましいといえる。

### (2) 袋脱水の効果

#### 1) 試験目的および方法

袋体内へのモルタルの加圧充填による脱水の効果を確認するため、袋体に加圧充填したモルタルの圧縮強度試験を実施した。試験の要領を表-2に示す。試験は、φ55mmの袋体にモルタルを手動ポンプ(写真-4)を用いて加圧充填(写真-5)し、気中養生した後の圧縮強度を測定した。試験を行う配合を表-3に示す。試験体の配合は、前述のモルタル配合試験での早強セメントを用いた配合とした。

#### 2) 試験結果

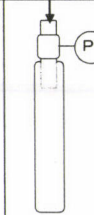
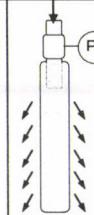
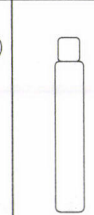
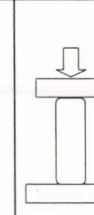
各配合の材齢1日の圧縮試験結果を図-5に示す。モルタルは袋脱水の効果により、配合によらず25～30%程度圧縮強度が増加することが確認できた。

配合No.1および2(S/C=1.1)について、材齢と圧縮強度の関係を図-6に示す。脱水後のW/Cはいずれの配合も同程度(27%)に低下した。早期の強度発現は、脱水効果によりW/Cが同程度になっても配合時の単位水量が少ないほど大きいのが、材齢3日で同程度となった。

表-3 モルタル配合ケース

配合No.	砂セメント比 S/C	水セメント比 W/C	セメント種別	混和剤
1	1.1	34.3	早強ポルトランドセメント	NL4000
2	1.1	38.7	早強ポルトランドセメント	NL4000
3	2.1	54.6	早強ポルトランドセメント	NL4000

表-2 袋脱水の試験要領

試験手順	1	2	3	4
	モルタル充填	加圧脱水	養生	圧縮試験
模式図				

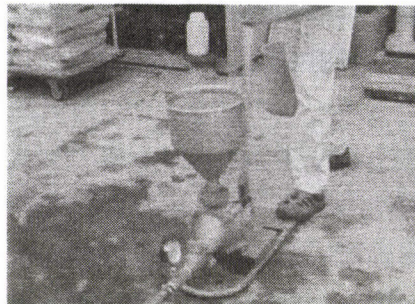


写真-4 手動ポンプ

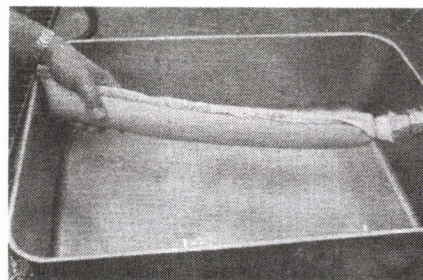


写真-5 モルタル加圧充填状況

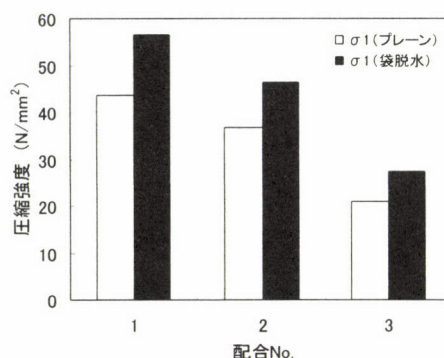


図-5 材齢1日の圧縮強度

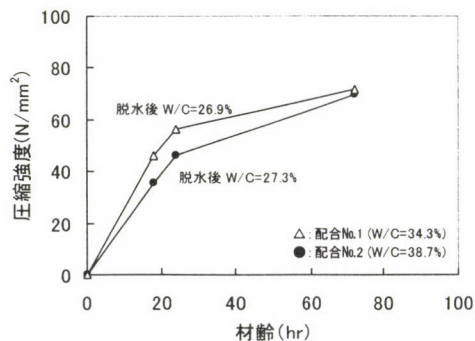


図-6 材齢と圧縮強度の関係

表-4 曲げ試験ケース

試験ケース	打設方法	袋脱水の有無	試験材齢	備考
1	気中打設	なし	1日	プレーン
2		あり		袋脱水・気中打設
3	水中打設			袋脱水・水中打設

表-5 使用モルタルの性状

砂セメント比	水セメント比	フレッシュ性状		硬化性状		備考	
		JHフロー	単位体積重量	材齢24hr 圧縮強度			
S/C	W/C	(mm)	(t/m <sup>3</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	使用セメント	使用混和剤	
1.12	37.1%	194×195 195	2.18	39.4	早強セメント	NL4000	

(3) 袋詰めモルタルの曲げ強度

1) 試験目的および方法

袋体の効果と袋脱水による強度特性を把握するため、モルタル材齢1日の試験体で曲げ試験を実施した。試験ケースを表-4に、使用するモルタルの性状を表-5に示す。強度の評価は、コンクリートの曲げ試験方法により行った。

2) 試験結果

各ケースの曲げ試験結果を図-7に示す。袋詰めモルタルの曲げ強度は、脱水効果により25~30%程度増加することが確認できた。曲げ強度と変位の関係を図-8に示す。袋詰めモルタルは、袋体が引張材として働くため、ひび割れ発生後も粘り強い挙動を示すことがわかった。

また、水中打設によるモルタル強度は、気中打設の場合と同等であり、セメント分の希釈や流出等は見られず、水中打設においても強度低下等の悪影響はないことが確認できた。

4. 現場施工

(1) 適用現場概要

適用現場の橋脚基礎は、ライナープレートを用いた土留め鋼材による深礎杭(φ6,500mm、L=14.5m)である。適用橋脚基礎の断面図を図-9に示す。袋詰めモルタル覆工は地山の自立性が比較的良い最深1リングに採用した。

(2) 使用材料

使用材料を表-6に示す。山留め壁の壁厚は150mmとし、リングフレームにはH-150を使用した。リング径は施工時の誤差および変形量を考慮して60mmの内空余裕代を設け内径6,560mmとした。

袋の仕上がり想定断面図を図-11に示す。袋体には、背面地山の余掘りに追従できるよう150mm幅の余裕を

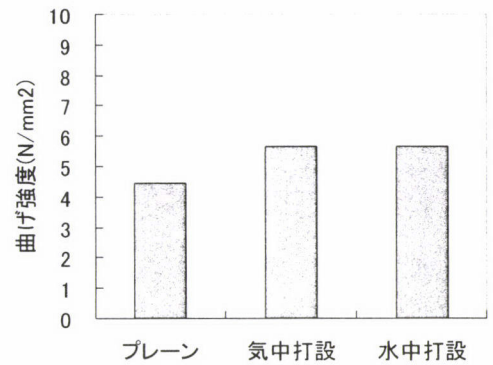


図-7 曲げ試験結果

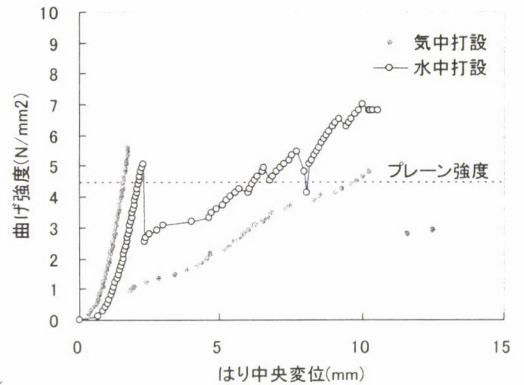


図-8 曲げ強度と変位の関係

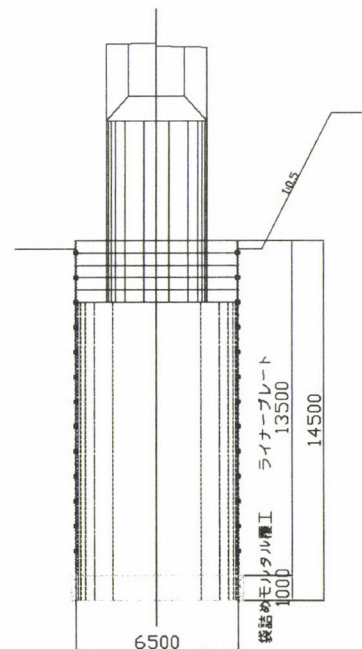


図-9 適用橋脚基礎断面図



図-10 リングフレーム寸法

表-6 使用材料

名称	仕様	物性
リングフレーム	H-150×150×7×10	$\sigma_y = 235\text{N/mm}^2$
袋体	h=1000×L=216000×t=300	透水係数 $5.0 \times 10^{-3}\text{cm/s}$
充填材	1:2モルタル(早強セメント)	M.F = 180±20mm 高性能減水剤使用

持たせた。

充填するモルタルは、早強セメントの1:2モルタルを使用し、高性能減水剤を添加することでJHフローが180mm程度になるよう調整した。

(3) 施工実験

1) 実験目的および方法

現場の実施工に先立ち、本工法の施工性、施工精度を確認するため、実物大規模での施工実験を実施した<sup>2)</sup>。実験で施工した覆工体の断面図を、図-12に示す。直径は適用橋脚基礎と同等とし、リング高さ1mの覆

工体を2リング構築するものとした。

実験ケースを表-7に示す。実験では、充填注入口の箇所数を変えモルタルの充填性を確認した。袋体内への充填は、最大吐出量200L/minモルタルポンプにより実施した。

また、2リング目ではモルタル充填前後のリングフレーム内径の変形量を測定し、所定の内空が確保できるか確認した。

2) 実験結果

モルタルの充填結果を表-8および図-13、図-14に示す。1リング目では、充填注入口間の間隔が広すぎたためモルタルが完全に回りきらず、写真-7に示すように注入口の中間付近に未充填箇所が生じた。

2リング目では、充填注入口を3箇所とし注入口の間隔を狭くすることで、全体を充填することができた。2リング目の最大充填口間距離は8.64mであることから、1箇所からの充填可能距離は4m程度であるといえる。

2リング目の施工におけるモルタル充填前と充填後のリングフレームの内

出来上り想定断面図

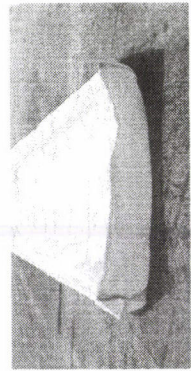
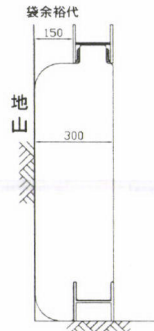


図-11 袋体断面

写真-6 袋体

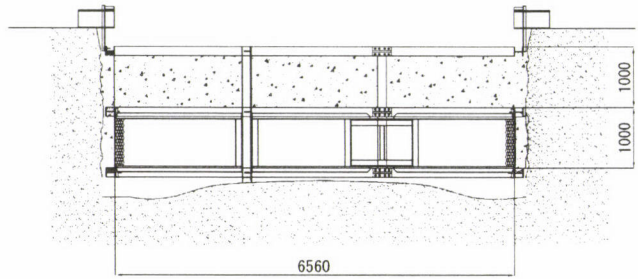


図-12 実験断面

表-7 実験ケース

実験ケース	充填注入口	確認項目
1リング目	2箇所	充填状況
2リング目	3箇所	充填状況、内径変形量

表-8 モルタル充填結果

実験ケース	最大注入口間距離	充填結果
1リング目	12.96 m	未充填箇所が生じた。
2リング目	8.64 m	全体を充填できた。

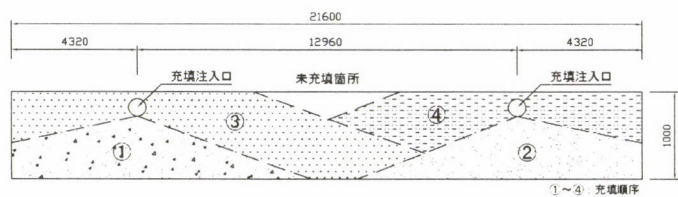


図-13 1リング目のモルタル充填展開図

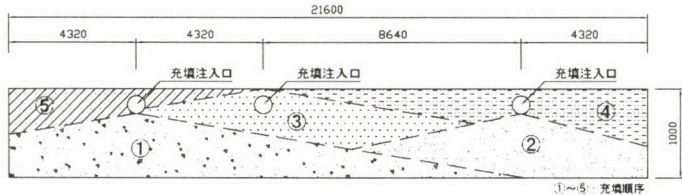


図-14 2リング目のモルタル充填展開図

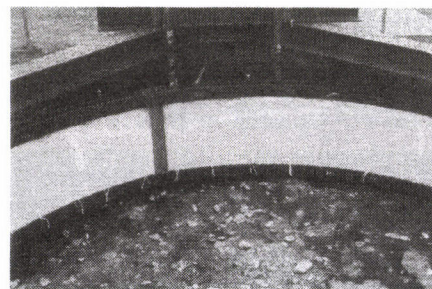


写真-7 モルタル未充填箇所

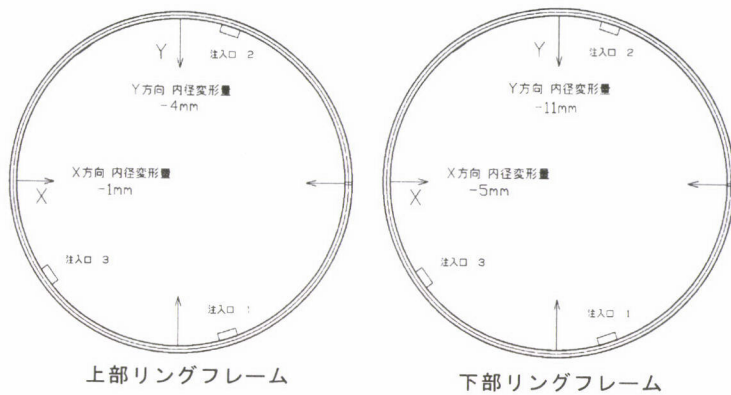


図-15 内径測定結果

径測定結果を図-15に示す。全体として内空は減少する傾向にある。上部リングフレームは硬化した覆工体に拘束されているため変形量は微少であるが、下部リングフレームではY方向に最大11mmの変形が生じた。これは、Y方向測定位置が注入口に近いことと、リングフレーム下端が拘束されていなかった影響によるものと考えられる。

(5) 現場施工

1) 現場施工概要

施工実験の結果を踏まえ現場での実施工<sup>3)</sup>を行った。リングの割付図を図-16に示す。モルタルの充填間隔は施工実験結果より4,120mmとし、打設口を5箇所設けた。

モルタル充填の概要を図-17に示す。充填方法は、最大吐出量100L/minのモルタルポンプによる圧送とした。

2) 施工結果

袋詰めモルタル覆工の現場施工、施工実験およびライナープレートの現場施工H=1m当たりの施工時間を図-18に示す。袋詰めモルタル覆工の現場施工では、実験に比べ、時間を要する結果となった。型枠の設置作業までは実験とほぼ同程度の施工時間であるが、モルタル充填に時間を要している。これはモルタル充填に使用したポンプの能力が、実験では200L/min、現場施工では100L/minのものを使用したためである。このため、ライナープレートの施工に比べても若干時間を要する結果となった。

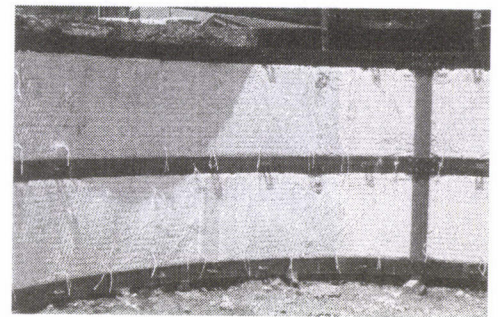


写真-8 実験施工出来形

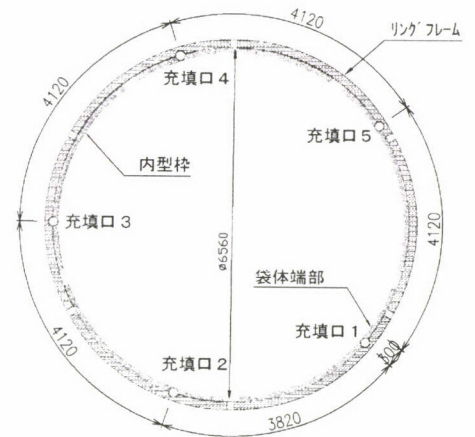


図-16 リングフレームの割付

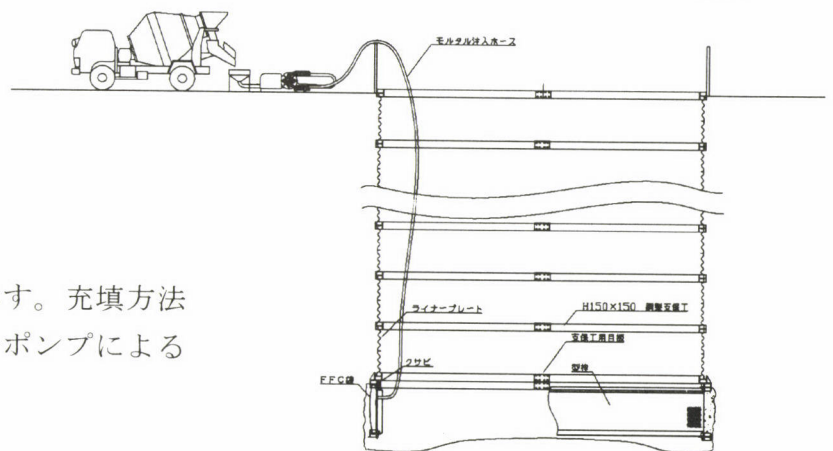


図-17 モルタル充填の概要

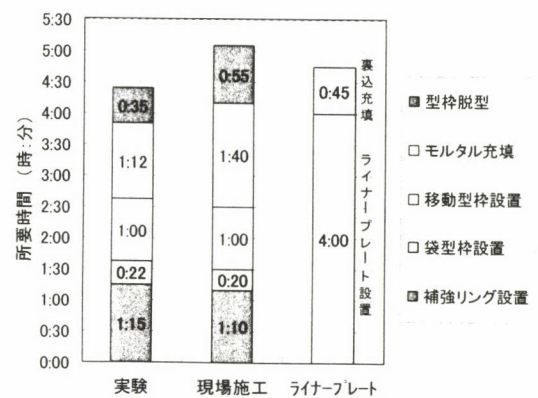


図-18 施工の所要時間

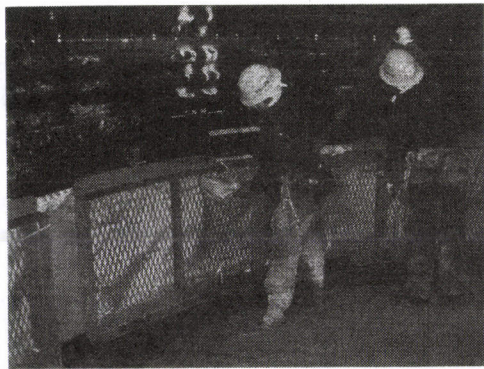


写真-9 モルタル充填状況

モルタル充填の結果を図-19に示す。モルタルの打設口5箇所から8回に分けて施工することで1リング全体を充填することができた。

モルタル充填前後のリングフレームの内径測定結果を図-20に示す。内空は全体として減少する傾向にあり、X方向では6mm、Y方向では4mmの変形が生じた。

X方向測定位置の方が注入口に近いので、充填圧力により、リングフレームが内側に押し出される量が大きくなったと考えられる。変形量としては、事前に見込んだ余裕代内に十分収まることが確認できた。

### 5. おわりに

実験および現場施工より良好な結果が得られ、本工法の有効性が実証できた。

今後は、作業性および施工精度の向上について検討するとともに、リングフレームとモルタルの着についても研究を行い、より合理的な構造として経済性を見いだせるよう開発していきたい。

### 参考文献

- 1) 井田ほか：FFC（袋詰めコンクリート）覆工工法の開発、トンネルと地下、pp985-993、1998. 11.
- 2) 角田ほか：袋詰めモルタル覆工を用いた深礎工法の施工実験、第42回地盤工学研究発表会、2007. 7.
- 3) 角田ほか：袋詰めモルタル覆工を用いた深礎工法の現場適用、第62回土木学会年次学術講演会、2007. 9.

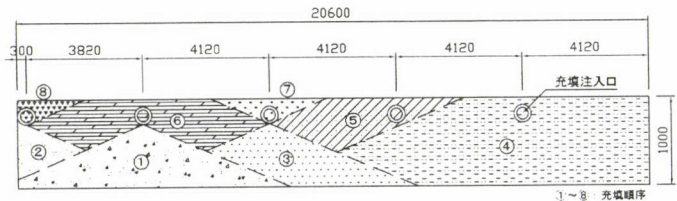


図-19 充填状況展開図

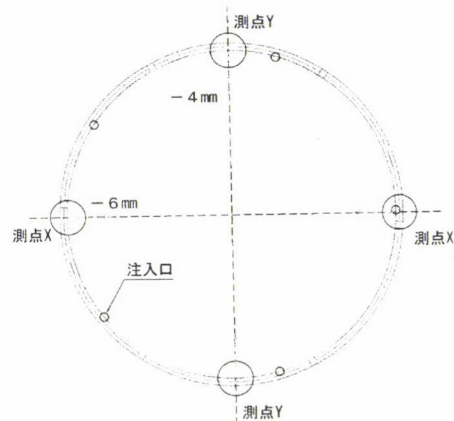


図-20 内空測定結果

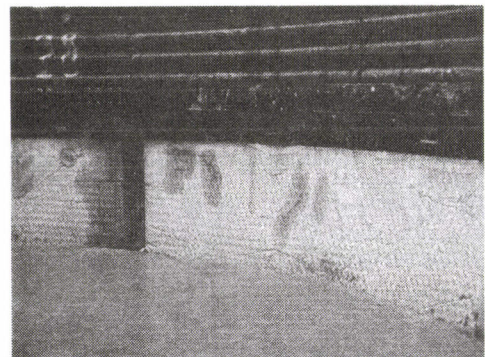


写真-10 現場施工出来型