

スーパーフロー工法(流動化充填材)の開発

Development of Filling Method "Super Flow Method" by High Fluid Filler

赤木洋二* 齊藤昌彦** 大久保 敦*** 小室泰寛***

Youji Akagi,

Masahiko Saitou,

Atsushi Okubo,

Yasuhiro Komuro

当工法はさや管内推進やシールド内配管などの外管と内管の間隙充填材として従来用いられてきたエアモルタル、エアミルク工法に替わる工法として開発されたものである。その最大の特長は、工法に用いる充填材の高流動性にあり、この特長からエアミルク、エアモルタル工法による長距離充填の際に必要な管内充填用配管を削減することが可能となった。これは、管内充填用配管断面を縮小あるいは不用にすることから、さや管、シールドなどの外管口径の縮径が可能となり、全体工事費の大幅な削減となる。

"Super Flow Method" was developed as the method which replaces by the construction method using the air mortar and the air milk, which has been applied as the filler for empty space between the inner pipe and the outer. The main sales point of this method originates in the high fluidity of the filler. Therefore, the plumbing in the outer pipe for the filling which was needed in case of long-range filling was taken away, and even made the large amount of cost reduction of the whole construction.

1. はじめに

現在、都市部における上下水道の管布設に際して、交通事情などの制約によりさや管内推進やシールド内配管が多く採用されている。このような施行では、外管と内管の間隙にエアミルクやエアモルタル(以下、従来工法)を充填するのが一般的である。しかし、これら充填材は流動性が低いため延長50mを超えた場合、さや管内に充填用の配管を必要とし、延長が長くなるにしたがい充填用配管の本数を増やす必要がある。この結果、本管の挿入に必要な口径以上のさや管が必要となり、工事費の増大を招く結果となっている(図1)。本開発はこの様な問題を解決するために、

- a) 高流動性
- b) 狭小断面においても充填可能
- c) 体積変化(減少)がない
- d) 取扱が簡単

e) 圧縮強度の調整が可能

f) 硬化による発熱量が少ない

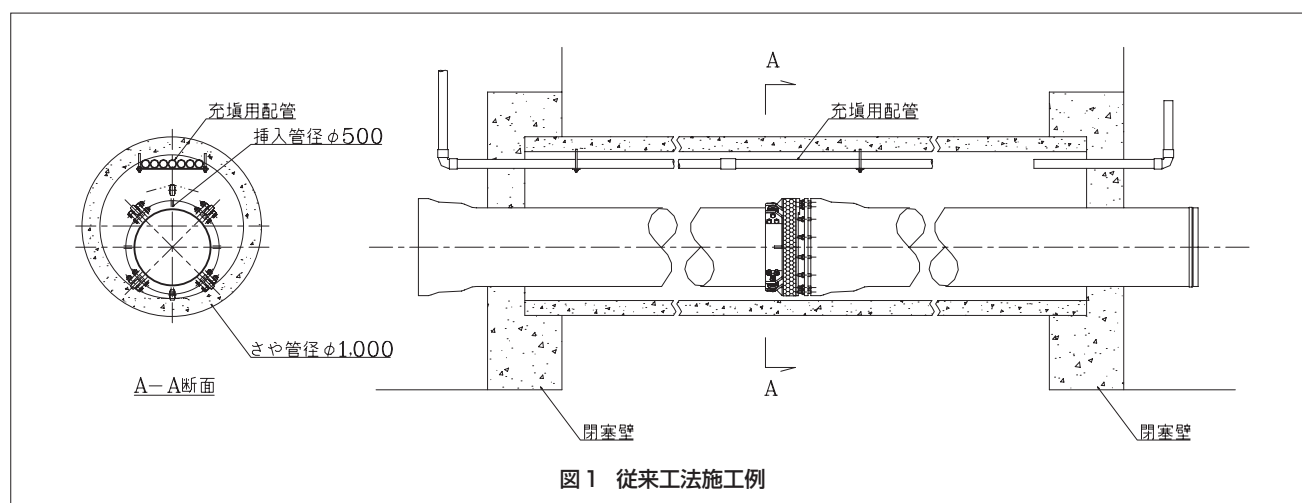
などの特長を備えた充填材を開発した。その内容について以下に報告する。

2. スーパーフロー工法(流動化充填材)の性能、特長

2.1 流動化材

当スーパーフロー工法はセメントと流動化材、水を加えて充填材とするもので、上記性能の充填材を確保するためにセメントと混練する流動化材の開発を行ったものである。今回開発、商品化した流動化材は、主成分として膨潤性に優れたベントナイトを材料分離抵抗材とし、それに体積減少対策として発泡剤、また、硬化の遅延を図るために遅延剤を加えることで上記性能を確保した。

表1に流動化材成分、表2に物性値を示す。



* 鉄管事業部 鉄管エンジニアリング部

** 鉄管事業部 鉄管研究部

*** ビー・エス・ティ(株)

表1 流動化材成分表

単位 (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Igloss
65～78	16～19	2.0～4.5	0.4～1.8	0.6～1.5	0.5～3.0	1.0～2.5	5～6

表2 流動化材物性値

外観	真比重	pH	水分
淡黄灰色粉末状	2.4～2.6	8.6～9.6	10% 以下

表3 配合、設計圧縮強度

(1 m³ 当り)

充填材配合	ポルトランドセメント量 (kg/m ³)	流動化材 (kg/m ³)	水量 (リットル /m ³)	練上り量 (リットル)	設計圧縮強度 (N/mm ²)
① (C240)	240	50	904	1,000	0.2～0.5
② (C300)	300	50	885	1,000	0.5～1.0
③ (C400)	400	50	853	1,000	1.0～1.5
④ (C500)	500	50	821	1,000	2.0

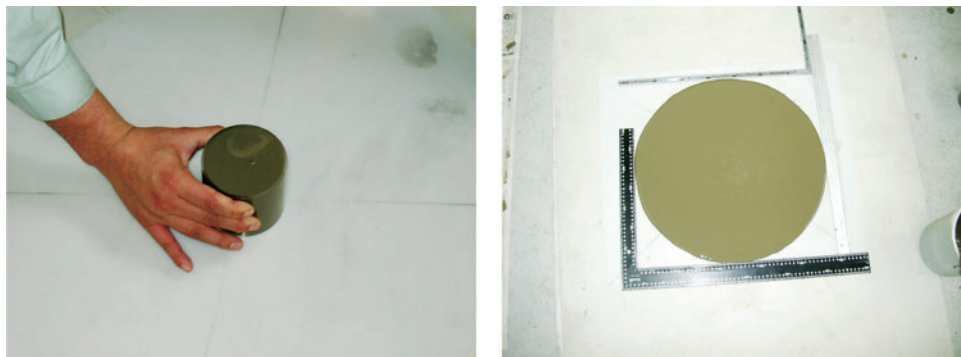


図2 フロー値試験

2.2 配合、設計圧縮強度

当スーパーフロー工法はセメントの配合を変えることで強度の調整が可能である。これは、充填する配管の用途に合わせた必要充填材強度を確保するため、最適コスト設計が可能となる。また、耐震管を内管として用いる場合(当社EPS工法¹⁾など)、耐震管としての鎖構造継手を活かすため、なるべく低強度の充填材が求められる。従来工法では困難であった低強度での品質管理も、当工法では実施工においても安定した品質が得られている。

表3に配合、設計圧縮強度を示す。

2.3 流動性

当スーパーフロー工法における最大の特長は、流体として扱える流動性を持っていることである。また、開発の目的として長距離の充填材とすることから、材料混練直後より4時間後まで流動性を保持する性能を確保した。当性能を確認、施工管理する試験方法として次の試験方法があり、試験方法とその計測データの一例を示す。

2.3.1 フロー値試験

当試験は、「日本道路公団規格 JHS A 313 シリンダー法による測定」により確認、管理を行うものである。試験方法は、縦80mm×直径80mmの円筒形の筒に材料を入れ、筒を引き上げたときの材料の拡がりを見るものである(図2)。数値の見方としては材料の拡がりが多いほど流動性があると判断できるものである。

表4に試験データと従来工法カタログデータを示す。

表4 フロー値試験

経過時間	配合② (C300) (mm)	エアミルク (mm)
混練直後	502 × 495	190～200
1時間後	485 × 480	—
2時間後	475 × 468	—
3時間後	475 × 462	—
4時間後	458 × 453	—

2.3.2 コンシステンシー試験

当試験は「土木学会基準 JSCE F 531 541 充てんモルタルの流動性試験方法 J14 ロートによるフロータイムの測定」により確認、管理を行うものである。試験方法は逆円錐形の筒の下部を閉塞しておき、上部より材料を筒上部端まで入れ、下部開放により材料が落ち切るフロータイム(流下時間)を測定するものである(図3)。



図3 コンシステンシー試験

当試験は、材料のやわらかさを測る試験方法であるが、現場施工管理において流動性を確認、管理する試験方法として前出フロー試験より簡易にできることから多用されている。数値の見方としてはフロータイムが早いほど流動性があると判断できるものである。

表5に試験データを示す。

なお、当試験における清水(水道水)のフロータイムは 2.0 ± 0.1 (秒)程度である。

表5 コンシステンシー試験

経過時間	配合② (C300) (秒)
混練直後	2.30
1 時間後	2.37
2 時間後	2.39
3 時間後	2.43
4 時間後	2.43

2.4 ブリーディング率、膨張収縮率

ブリーディングとは、まだ固まらないコンクリートまたはモルタルにおいて、固体材料の沈降または分離によって混練水の一部が遊離して上昇する現象であり、この発生した水をブリーディング水という。ブリーディングは充填材の材料分離を引き起こし、強度のバラツキを大きくする可能性があるため、できる限り少ない方が望ましい。また、ブリーディング率とは、全充填量に対するブリーディング水の割合である。

一方、膨張収縮率は全充填量に対する体積変化の割合であり、充填材本来の施工目的からして減少は認められない性能である。

上記2項目の試験は「土木学会基準 JSCE F 522 プレパックドコンクリートの注入モルタルのブリーディング率および膨張率試験方法」に準拠して確認、管理を行うものである(図4)。

なお、図4における左側メスシリンダは流動化材を添加しない場合の状況を示す。

表6、7に試験データを示す。

2.5 比重、pH

比重は、品質管理上重要な管理項目であり、簡便な器具にて正確に計測する必要がある。計測は、泥水シールドなどの泥水管理に使われている「API 規格 (American Petroleum Institute) 石油掘削などに使用する泥水の試験に関する規格」に準拠したマッドバランス計にて行う(図5)。

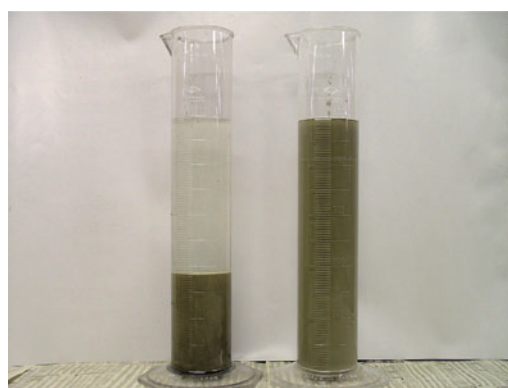


図4 ブリーディング率、膨張収縮率

表6 ブリーディング率試験

経過時間	配合① (C240) (mm)		配合② (C300) (mm)		配合③ (C400) (mm)		配合④ (C500) (mm)	
	ブリーディング水 A (ml)	率(%) A/500	ブリーディング水 A (ml)	率(%) A/500	ブリーディング水 A (ml)	率(%) A/500	ブリーディング水 A (ml)	率(%) A/500
混練直後	0	0	0	0	0	0	0	0
1 時間後	0	0	0	0	0	0	0	0
2 時間後	0	0	0	0	0	0	0	0
3 時間後	2	0.4	0	0	0	0	0	0
24 時間後	10	2	5	1	5	1	5	1

※メスシリンダーに500mlの充填材を入れ、上部開口部をラップで密閉後の時間毎のブリーディング水(Aml)を測定する
ブリーディング率 = A (ml) / 500 (ml)

表7 膨張収縮率試験

経過時間	配合① (C240) (mm)		配合② (C300) (mm)		配合③ (C400) (mm)		配合④ (C500) (mm)	
	増減量 B (ml)	率 (%) B/500	増減量 B (ml)	率 (%) B/500	増減量 B (ml)	率 (%) B/500	増減量 B (ml)	率 (%) B/500
24 時間後	0	0	0	0	0	0	0	0

※メスシリンダーに500mlの充填材を入れ、24時間後の体積変化B(ml)を測定する。
膨張収縮率 = B (ml) / 500 (ml)



図5 比重測定

表8 比重、pH

液比重	1.19 ~ 1.37
pH	12.6 ~ 12.8 程度

比重、pH試験データを表8に示す。
なお、比重は配合セメント量により数値が異なる。

2.6 硬化熱

硬化熱はセメントの水和反応によって生じるものであるが、シールドの一次、二次覆工の間隙充填に使用する

際などでは、二次覆工内温度が上昇し、作業員にとって危険な状況となることから、極力低温のほうが望ましい。

当工法の実施工での計測はまだ行っていないが、下記条件にて従来工法との比較計測を行った。

2.6.1 測定条件

- 下記3供試充填材の比較を行う。
 - スーパーフロー工法 設計圧縮強度2.0N/mm²配合。
 - スーパーフロー工法 設計圧縮強度0.2~0.5N/mm²配合。
 - エアミルク工法 設計圧縮強度2.0N/mm²配合。
- 各供試充填材を13リットル作成する。
- 容量12リットルのポリ容器に供試体を充填し、熱電体を容器の中央にセットする。
- 容量75リットルのポリ容器に断熱材を敷詰め、③のポリ容器をセットする。
- 熱電体にデータローガを接続し、1時間ごとに温度を測定する。
- 測定は、恒温恒湿室(気温23 ± 2℃、湿度50 ± 5%)で行う。

試験概略図と写真をそれぞれ図6、図7に示す。

以上の条件のもとに測定を行った結果(図8)、同強度配合の従来工法との上昇温度で比較すると、約60%の温度上昇にとどまっている。これは、前述した問題には非常に望ましい材料であるといえる。

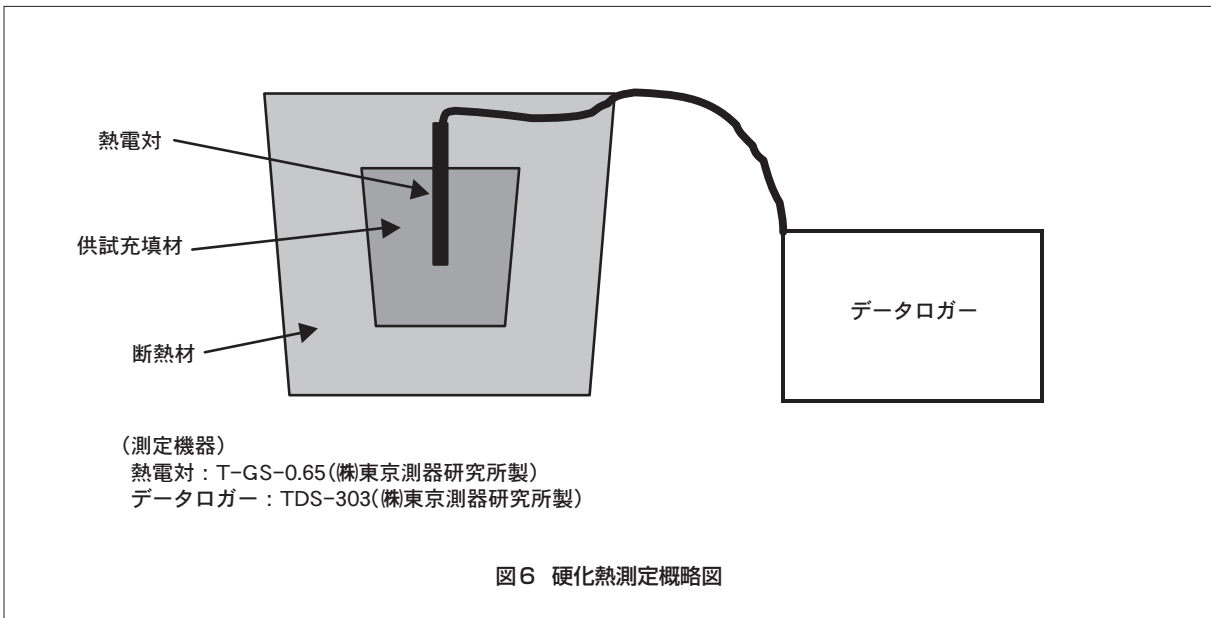


図6 硬化熱測定概略図

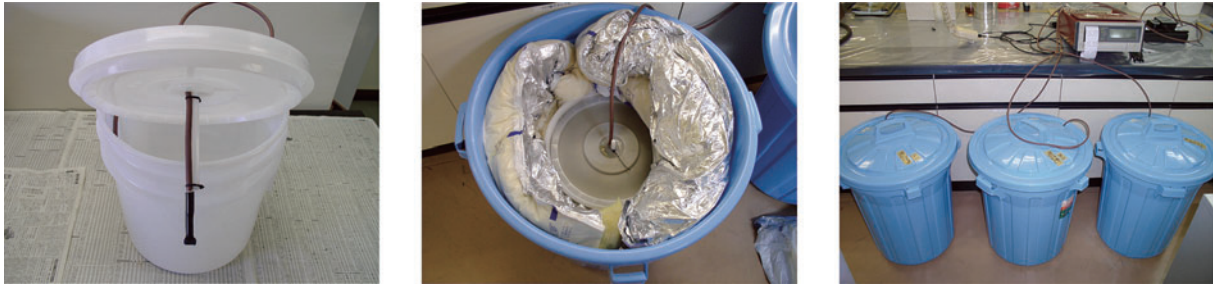


図7 硬化熱測定

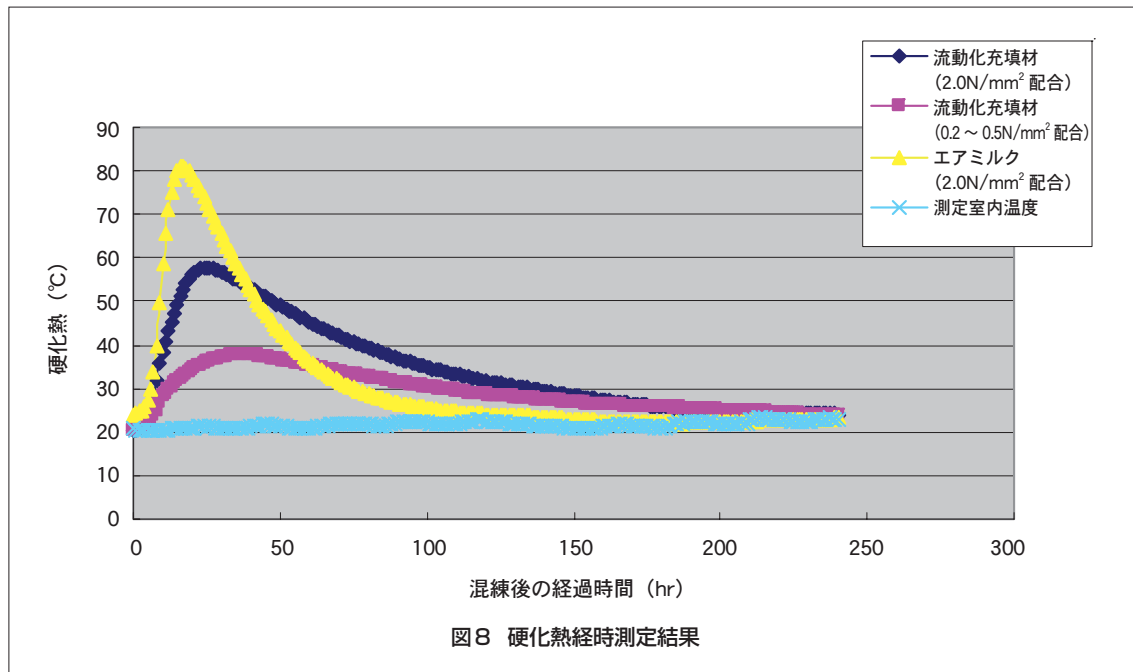


図8 硬化熱経時測定結果

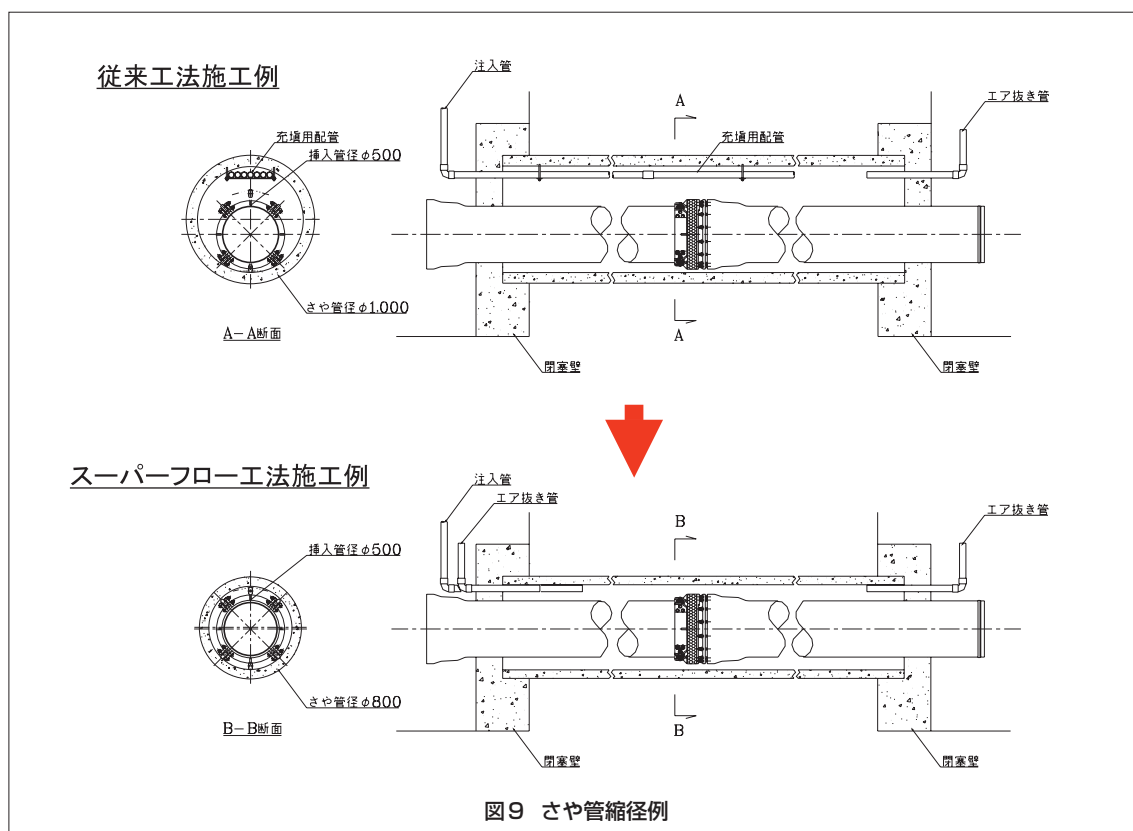


図9 さや管縮径例

2.7 実施工での品質管理

以上の試験結果の特長とデータを基に、品質管理の基準値を設けた。

a) 比重

基準値 各配合の理論比重 $\pm 3/100$ 。

b) コンシステンシー

JSCE-F 541 による混練直後のフロータイムの計測。

基準値 3.0 秒以下。

c) ブリーディング率、膨張収縮率

JSCE-F 522 に準拠し、試験を行う。

基準値 ブリーディング率 24 時間後 2.0% 未満。

体積減少はないもの。

d) 一軸圧縮強度

基準値 指定強度確保。

2.8 当工法を用いることでの効果

当工法を用いることにより、

a) 充填距離が 300m 程度であれば、充填用配管が不要と

なり、さや管径の縮径が可能となる。

挿入管 $\phi 500$ を延長 200 m 挿入する場合のモデルケースでの経済比較を行った。結果、従来工法で $\phi 1,000$ 以上必要であったさや管径を当工法では $\phi 800$ に縮径できることにより、全体直接工事費で約 20 % の削減となる。

→ 建設コストの削減 (図 9)

b) $\phi 700$ mm 以下、延長 50m 以上の残置管の充填が可能。

c) 狭小な断面においても充填可能。

d) 低強度での品質管理が可能のため、挿入管に耐震継手を持った管種を挿入しても、地震時に挿入管の動きを阻害しない。

e) 硬化熱が低く、pH も 12 以上あることから挿入管に対して悪影響を及ぼさない。

f) 特殊機材を使用することなく、在来汎用機材にて施工が可能である。

などの効果が得られる。

表 9 施工実績表

No.	施工年月	客先	物件名	施工内容	充填プラント種類
1	2003.7	東京都水道局 多摩水道改革推進本部 殿	東村山市芋窪 5 ～ 3 丁目 地先間配水本管 ($\phi 500$) 新設工事	さや管: $\phi 900$ HP 内挿管: $\phi 500$ S 形 延長: 196m 注入量: 83m^3	大規模プラント
2	2004.1	大阪市水道局 殿	北部幹線・島屋枝線 686mm その他配水管改良工事	既設管: 27 インチ FC 内挿管: $\phi 500$ S 形 延長: 95m 注入量: 22m^3	車上プラント
3	2004.7	札幌市水道局 殿	石狩幹線外面腐食管改良工事 その 4	既設管: $\phi 500$ DC 内挿管: $\phi 400$ P II 形 延長: 394m (2 スパン) 注入量: 26m^3	車上プラント
4	2004.8	札幌市水道局 殿	石狩幹線外面腐食管改良工事 その 2	既設管: $\phi 500$ DC 内挿管: $\phi 400$ P II 形 延長: 402m (2 スパン) 注入量: 26m^3	車上プラント
5	2004.8	札幌市水道局 殿	石狩幹線外面腐食管改良工事 その 1	既設管: $\phi 500$ DC 内挿管: $\phi 400$ P II 形 延長: 458m (2 スパン) 注入量: 30m^3	車上プラント
6	2004.9	札幌市水道局 殿	東苗穂幹線新設工事 No. 5	さや管: $\phi 1000$ HP 内挿管: $\phi 700$ S 形 延長: 300m 注入量: 107m^3	定置式プラント + ミキサー車
7	2004.10	札幌市水道局 殿	石狩幹線外面腐食管改良工事 その 5	既設管: $\phi 500$ DC 内挿管: $\phi 400$ P II 形 延長: 270m (2 スパン) 注入量: 18m^3	車上プラント
8	2004.11	登別市水道部 殿	鷺別学田踏切配水改良工事	充填管: $\phi 150$ SP 他 延長: 100m 注入量: 2m^3	車上プラント
9	2005.2	東京都水道局 殿	中野区弥生町 1 丁目 4 番地先 から同区本町 1 丁目 4 番地先 間配水本管 ($\phi 1350$ mm) 移設工事	さや管: $\phi 1500$ SP 内挿管: $\phi 1350$ SP 延長: 19.2m 注入量: 5.3m^3	車上プラント
10	2005.3	東京都水道局 殿	杉並区久我山 5 丁目～高井戸 4 丁目地先間配水本管 (400mm) 既設管内配管 工事	さや管: $\phi 500$ FC 内挿管: $\phi 400$ P II 形 延長: 183.4m 注入量: 13m^3	車上プラント
11	2005.3	熊本市水道局 殿	秋津町秋田 (木山川) $\phi 500$ ・ 400 ・ 200 耗導水管推進工事	さや管: $\phi 900$ HP、 $\phi 600$ HP 内挿管: $\phi 500$ S 形 延長: 120m $\phi 400$ NS 形 延長: 98m 注入量: 56m^3	定置式プラント + ミキサー車
12	2005.3	西佐賀水道企業団 殿	配・給水管布設工事 (J R 推進)	さや管: $\phi 500$ SP、 $\phi 125$ SP 内挿管: $\phi 200$ NS 形、 $\phi 75$ PE-WE 延長 29.5m 注入量 4.2m^3	小型プラント

3. 実績

以上のデータを基に、平成15、16年度において表9に示す事業体殿に採用していただき施工を行った。

図10に大規模プラント例と図11に車上プラント例を示す。



図10 大規模プラント例



図11 車上プラント例

執筆者

赤木洋二

Youji Akagi

昭和63年入社

ダクトイル管の設計、施工に従事



齊藤昌彦

Masahiko Saitou

昭和63年入社

ダクトイル管の研究、開発に従事



大久保 敦

Atushi Okubo

平成3年入社

ダクトイル管の設計、施工に従事



小室泰寛

Yasuhiro Komuro

平成8年入社

ダクトイル管の設計、施工に従事



4. おわりに

以上、当工法の特長と使用実績について報告したが、開発は事業体殿よりのコスト削減対策の提案要請から始まったものであり、上記実績表の採用事業体殿の意見や指摘、指導を頂戴することで開発できたと考ええる。言い替えば、当工法は当社独自で作上げたものではなく、お客様(事業体殿)と共に作り上げた商品であると言える。したがって、今後ともに客先ニーズに沿った改良をつづけ、より良い商品として客先に提案、提供できるように努める所存である。

参考文献

1) 山本吉彦、下保哲二：耐震管用さや管用配管工法の開発、クリモト技報No.50、pp40-51、2004.3