

NO-DIG'87 注目論文

ガラス繊維補強コンクリート管による 長距離推進工法の実施例



宮原 強

栗本コンクリート工業(株)
営業部長

概要

推進工法は日本では特に重要で、開削工法は密集市街地ではむしろ好ましくなくなった。大口径管にこの工法が広く採用されて、従来より長距離の推進が可能になり、その経済性も注目されてきた。日本スーパーラインパイプ工業会は、英国より技術導入しガラス補強コンクリート管を開発してきた。試験の結果、この管は軸方向の圧縮力が高く、長距離推進工法に最適であることが分った。兵庫県川西市ではスーパーラインパイプと従来のヒューム管を用いて現場実験が行なわれた。

この報告では、その工事概要と推進能力の理論比較並びに建設費用の分析を行なった。推進力の綿密な計算、滑材の効果および推進力によって管に発生する歪の現場測定を行なった。その結果ガラス補強コンクリート管は従来のヒューム管より長距離の推進工事が可能であることが確認され、経済性の点からも将来有望であることが立証された。

1. はじめに

近年、都市域における下水道管渠工事は、密集市街地の中で道路が狭い上に、地下埋設物の輻輳、さらには交通量の増大に伴う道路事情の変化、工

事中の騒音・振動に対する公害問題等、施工に対する環境条件は厳しさの一途をたどっている。従来は管渠築造工法の大部分が開削工法で経済的かつ一般的な工法とされてきた。しかし、前述の事情や都市化の進展に伴い施工環境の悪化から最近では経済的かつ効果的の工法とはいえない感じがする。したがって、最近では推進工法やシールド工法等の採用が著しく増大する傾向にある。

このような状況下にあつて特に大・中口径管の推進工法の採用により、推進技術の研究・開発も進み推進延長の長距離化とともに施工精度も向上し、さらに曲線施工も可能になりつつある。そこで管渠整備の効率化が叫ばれている昨今の状況から、その一端となるべく長距離推進の利点を生かし、さらに施工コストの低減を図る目的から、軸方向の耐荷力に高強度の期待ができる、ガラス繊維補強コンクリート管(スーパーラインパイプ)の採用を試みた。その結果、設計時には種々問題点の検討も行ない若干の懸念もあったが、ほぼ初期の目的どおり無事完成することができた。

以下、本工法の事例を報告する。

2. 工事概要

本報告は川西市加茂地区低地帯の雨水幹線管渠

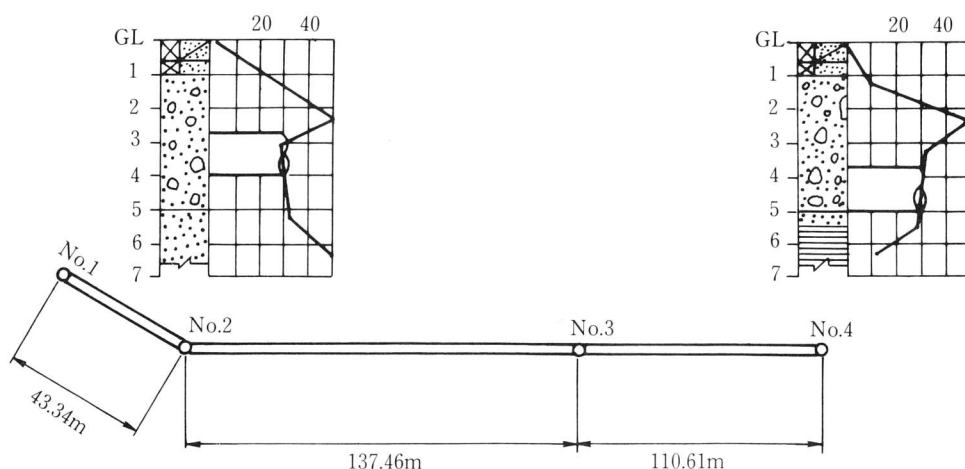


Fig.-1 Site layout and soil characteristics

の第1工区で1983年7月～1984年3月に施工された。管径は1200mmで3スパンで48.3m、137.5mおよび110.6mであった。現場条件は最悪で第1スパンは幅員3.8m、両側には商店と民家が密集している。また国鉄の堤防ぞいに平行した非常に狭い場所である。現場の土質は玉石混りの砂礫層で旧河川の体積物より形成されている。(Fig-1参照)

3. 設計前の検討事項

(1) 工法の選定

施工法の選定は地質や施工条件を十分調査した上で、本体・仮設・補助各工法のそれぞれの分野と、これらの組合せによって決めなければならない。しかし、市街地の中での施工環境がさまざまな要素を含んでいるからといって、施工条件ばかり先行しすぎ、経済性を軽視することはできない。したがって、安全かつ経済的な最適工法を選定する必要がある。

そこで、先に述べた施工環境を踏まえ Table-1 に工法選定のため各項目別に比較検討した結果をまとめてみた。ここで考察されることは、推進工法(長距離推進工法)が適していることになっているが、さらに経済性と工期を追及してみると、刃口元押し推進工法による長距離推進が最も適していると判断する。

(2) 管種選定

長距離推進を施工するには、土質等の外因的な

要素に基づく問題と、推進する管そのものの耐荷力の検討も充分必要とされる。

そこで、現在の下水道推進工事に使用している推進管の大半は鉄筋コンクリート管である。この管の規格は日本下水道協会によって「J S W A S A-2」(以下A-2管という)として定められている。

この規格は、刃口元押し推進を行なうとき鉛直等分布荷重として、土破り5.0mの土圧、管の重量及び自動車荷重T-20が同時に働いた場合に、標準推進延長を満足するように推進方向の管の耐荷力を定め規格化されている。したがって長距離推進になると、鉛直等分布荷重に対しての変化はあまりみられないが、推進方向については、先端刃口抵抗や管の周面摩擦抵抗等による総推進力は当然増大することになる。刃口元押し長距離推進工法では、地質条件や推進延長が増大する場合は、推進方向の管の耐荷力が若干懸念される。

そこで、これらの諸条件をおおむね満足し、かつ材料費等も含め総合的に考察し、優れた管種としてガラス繊維補強コンクリート管(以下スーパーラインパイプという)使用による長距離推進に著目した。

一般に鉄筋コンクリートの宿命的欠陥として、補強材としての鉄筋の腐蝕という問題がある。鉄筋が腐蝕すると、その体積は2.2倍にもなるといわれ、腐蝕が起きるとその膨張圧で急激に断面減少

Table-1 工法選定のための比較表

工 法 項 目		当該地の条件	開削工法	推進工（長距離）			シールド工法	ミニシールド工法				
				刃口元押し		中押し						
施工条件	地 質	玉石混り砂礫層	くい打時に玉石が難	△	玉石取込に多少難	○	同左	○	同左	○		
	道 路 交 通	幅員3.5～4.5m 交通量は朝夕多く生活道路である	開削箇所はすべて通行止となる	×	立坑築造時等に一部通行止	◎	同左	◎	立坑が大きく通行止期間が長い	△	同左	△
	沿 道 家 屋	密集し連たんされている	住民の生活支障が多	×	住民の生活支障は少ない	◎	同左	◎	通行止期間が長く住民の生活支障大	△	同左	△
	軌 道 近 接	JR 線が近接している	影響防止の対策が多	△	影響は少なく対策は比較的小	○	同左	○	同左	○	同左	○
	地下埋設物	ガス管（φ50～150mm） 水道管 φ75、 污水管 φ250mm	全面的に移設復旧	△	移設復旧は一部	○	同左	○	同左	○	同左	○
経済性	本 休 工	——	安価である	◎	比較的安価	○	中押し分若干割高	△	2次覆工があり径も大きく割高	×	2次覆工はないが推進に比べ割高	×
	仮 設 工	——	全線山留の設置により掘削量が多い	×	立坑規模小さく割安	○	中押し使用で左に比べて割高	○	立坑規模は大きくなるが発進・到達の2箇所のみ	△	同左	○
	補 助 工	——	山留の方法によるがほとんど不要	◎	掘削径が小さく薬注範囲小	○	同左	○	掘削径が大きく薬注範囲大	△	同左	△
家 屋 補 償		——	山留の方法によるが可能性大	×	可能性小	○	同左	○	同左	○	同左	○
地 下 埋 対 策		——	移設復旧費が大	△	移設復旧費が小	○	同左	○	同左	○	同左	○
施 工 設 備		——	全線で大型重機の使用が伴う	△	小規模	◎	同左	◎	立坑設備大	○	同左	○
施 工 精 度		——	特に問題なく良い	◎	施工管理により十分確保できる	○	同左	○	2次覆工で内空精度の調整可能	○	1次覆工のみであり内空調整は不可	○
工 期		——	通行止可能としても搬入路の関係で片押し施工となる	○	2箇所以上の同時推進が可能、左に比べ日進量が若干多い	◎	同左であるが日進量が小さい	○	2次覆工があり、又片押し施工となる	×	2次覆工はないが片押し施工となる	△
総 合 評 価		——	×	◎	○	○	△	△	△	△	△	△

注) ◎：最も優れている ○：優れている △：やや劣る ×：不敵

Table-2 管種の比較検討表

項 目	スーパーラインパイプ (ガラス繊維補強コンクリート管)	比較	JSWAS A-2 管 (推進工法用鉄筋コンクリート管)
1) 外圧強さ	(1種管) 呼び径: 1,200mm 設計荷重: $P_F=6,600 \text{ kg/m}$ 破壊荷重: $P_B=10,000 \text{ kg/m}$	> >	(1種管) 呼び径: 1,200mm ひび割れ荷重: $P_C=4,500 \text{ kg/m}$ 破壊荷重: $P_B=8,800 \text{ kg/m}$
2) 管体コンクリートの強さ (σ_c)	$\sigma_c=900 \text{ kg/cm}^2\text{UP}$	>	$\sigma_c=500 \text{ kg/cm}^2\text{UP}$
3) 平均許容圧縮応力度 (σ_{mean})	$\sigma_{mean}=220 \text{ kg/cm}^2$	>	$\sigma_{mean}=130 \text{ kg/cm}^2$
4) 強化材の腐蝕	ほとんど起こらない	>	水や空気にふれると起こる
5) 接合の難易	鋼製カラーの取付なし ゴム輪の使用1箇所 特殊押輪が必要	> > <	鋼製カラーの取付けあり ゴム輪の使用2箇所 一般押輪ではよい
6) 鋼製カラーの厚さ (T_{cl})	$T_{cl}=6.0\text{mm}$ (33%UP)	>	$T_{cl}=4.5\text{mm}$
7) 強化材の強さ (σ_t)	耐アルカリ性ガラスロービング $\sigma_t=130 \text{ kg/cm}^2\text{UP}$	>	鉄筋 $\sigma_t=40\sim100 \text{ kg/cm}^2$
8) 鉛直方向の検討	(土質) N 値: $\bar{N}=32$ 土の内部摩擦角: $\phi=42^\circ$ 土の粘着力: $C=0\text{t/m}^2$ 土の単位重量: $\gamma=1.8\text{t/m}^3$ 土 被 り: $H=3.0\text{m}$ 管の単位重量: $W=1,175\text{t/m}$ 活 荷 重: $P=1,219\text{t/m}^2$ 土 圧: $\omega=2,117\text{t/m}^2$ 鉛直等分布荷重: $Q=3,336\text{t/m}^2$ 設 計 強 さ: $P_F=6,600\text{kg/m}$ 鉛直方向の耐荷力: $Q_r=13,161\text{t/m}^2$ 鉛直方向の安全率: $f=3.96$	= < = = = > > >	$\bar{N}=32$ $\phi=42^\circ$ $C=0\text{t/m}^2$ $\gamma=1.8\text{t/m}^3$ $H=3.0\text{m}$ $W=1,164\text{t/m}$ $P=1,219\text{t/m}^2$ $\omega=2,117\text{t/m}^2$ $Q=3,336\text{t/m}^2$ ひび割れ荷重: $P_C=4,500\text{kg/m}$ $Q_r=9,452\text{t/m}^2$ $f=2.72$
9) 推進時の検討	初 期 抵 抗: $F_0=189.8\text{t}$ 管の許容耐荷力: $F_r=899\text{t}$ 管と土の摩擦係数: $\mu'=0.3839$ 管 の 外 径: $B_c=1.43\text{m}$	= > = =	$F_0=189.8\text{t}$ $F_r=531\text{t}$ $\mu'=0.3839$ $B_c=1.43\text{m}$
① 許容推進延長 (L_a)	$L_a = \frac{F_r - F_0}{(\pi \cdot B_c \cdot Q + W) \mu' \cdot \beta}$ $= 152.4\text{m} > 131.3\text{m} \therefore \text{O. K.}$	>	$L_a = 73.3\text{m} < 131.3\text{m}$ $\therefore \text{out}$
② 中押し工法の検討	計画推進延長 ($L=131.3\text{m}$) に対して 中押し工法は必要としない	>	計画推進延長 ($L=131.3\text{m}$) に対して 3箇所の中押し工法が必要である。

が促進され強度劣下が進行する。スーパーラインパイプの補強材は、耐アルカリ性ガラスロービングを用いているため腐蝕の問題はなく、鉄筋を保護するため死荷重となるカブリ厚を必要としないため、全管厚が有効断面となり高強度化が企てられ、ドライコンクリートを遠心力と振動を利用して締固めるので高強度混和材も分離することなく管体強度が著しく高くなるなどの特長を有している。

論文を発表された高田参事は、1983年7月(社)日本下水道協会主催による欧州下水道施設視察団の一員として参加した時、英国内でこの製法によるパイプがスリムラインパイプと呼ばれて広く使

用され、すでに120kmにも及ぶ実績を示し、コンクリート製パイプの約1/3を占めていることを知らされ、布設現場や製造工程を見学する機会があった。又、過去に埋設されたパイプを布設現場ごとにコンピューター解析を行い、常に経年変化の研究解析等、真剣に取り組んでいる状況をみて、英国人気質のあらわれを知り信頼性を増した。

このスリムラインパイプは、英国規格BS556クラスH相当の製品で、BS5911PART5として規格化されようとしている。

一方、^{*1}日本においては浦和市で、既に1981年に開削工法で使用した実績の報告もありそれらを参考に比較検討を行い、Table-2に示す検討結果

から本工事にスーパーラインパイプを採用することにした。

(3) 経済比較

前の(1)、(2)項で述べたように施工目的、安全性、地域環境適応性、管渠資材等を中心に検討を加えてきたが、それぞれの過程でも常に経済性を念頭に、いかにして効率的かつ経済的に管渠整備が進められるかを追及したものである。

そこで、前述の事柄を踏まえ総合的にみた工費比較をTable-3にまとめてみた。それぞれ(刃口元押し、中押し)の工法に設計条件を設定し工種、種目ごとに比較したものである。但し、標準距離推進については参考までに列記してみた。

表中、比較数値を指数表示としたのは、各都道府県によってそれぞれ単価の差異が生じているためあえて指数に置換えたものであるが、比較の思想や実質は変わらないものと考え。

この結果、スーパーラインパイプによる刃口元押し長距離推進の方が約6.7%の優位性を示した。したがって、この表から判断されることは多くを語らなくとも、設計前の検討事項それぞれの過程がいかに重要であり、かつ慎重に取組むべきかを痛感した。

4. 施工報告

(1) 製品試験

一連の製品検査が行なわれたがここでは外圧試験と接合試験について示す。スーパーラインパイプの外圧試験では8,850kg/mのひび割れで10,860kg/mの破壊強さが得られた。規格値はそれぞれ

6,600kg/mと10,000kg/mである。接合試験では約1.7tの力で容易に接合でき内圧2.0kg/cm²で洩れなかった。これは通常の2.0倍である。接手曲げ試験では3°曲げて、1.0kg/cm²で漏水はなかった。

(2) 推進工

長距離推進を施工するに当り、前の管種選定で述べたように、推進方向の管の耐荷力は十分期待できるとしても、その反力を受ける支圧壁の対策も慎重に検討する必要がある。又、長距離推進に対しての特別な設備は設置していないが、過去の経験から施工精度を上げるべく、次の項目について

注意をはらった。

1) 推進受台

推進受台は施工精度を確保する目的と刃口元押し長距離推進に対応できるよう変位の生じない構造とした。

2) 坑口コンクリート

発進坑口工には立坑山留工(ライナープレート)の保護のため坑口コンクリートを設けた。さらに、地山及び地下水、摩擦減少剤、裏込材の流出防止用坑口パッキン(ゴム製)を設置した。

3) 元押し装置

元押しジャッキはスーパーラインパイプの推進方向の管の耐荷力899tに対して150t×6本を使用した。

(3) 総推進力と元押し推進力の検討

1) 総推進力の算出

総推進力の算出に当っては、J S W A S A-2の推進力算定式における管の周面抵抗値に、摩擦減少剤の効果(β)の分だけ軽減されるとして下式を構成し求めた。

$$F = F_0 + [(\pi \cdot Bc \cdot q + W) \mu' + \pi \cdot Bc \cdot C] \cdot \beta \cdot L \cdots \cdots (t)$$

ここに、

$$F_0 = 1.32\pi \cdot Bc \cdot N = 189.8t$$

$$Bc = 1.43m \quad q = 3.336t/m^2 \quad W = 1.175t/m$$

$$\beta = 0.75 \quad \mu = 0.3839 \quad C = 0 \text{ t/m}^2$$

$$L = 131.3m \quad \therefore F = 800.8t$$

2) 元押し推進力の検討

$$F_1 = 150t \times 6 \text{ 本} = 900t$$

$$F = 800.8t < F_1 = 900t \quad \therefore \text{O.K.}$$

3) 支圧壁

刃口元押し長距離推進を施工する中で最も重要なポイントとなるのは後方支圧壁である。したがって下記計算に基づいて設備の検討を行った。

① 支圧壁の反力の算定式

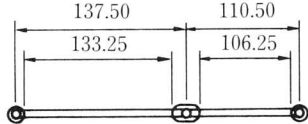
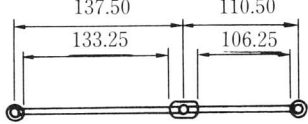
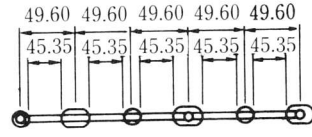
^{*2}推進力(F)が働いたとき、反力(R)をランキン^{*}の受働土圧式で求める。

$$R = \alpha \cdot B \left(\gamma \cdot H^2 \frac{K_p}{2} + 2 \cdot C \cdot H \cdot \sqrt{K_p} + \gamma \cdot h \cdot H \cdot K_p \right) \cdots \cdots (t)$$

上式中 C = 0 t/m²であるので下式となる。

$$R = \alpha \cdot B \left(\gamma \cdot H^2 \frac{K_p}{2} + \gamma \cdot h \cdot H \cdot K_p \right) \cdots \cdots (t)$$

Table-3 工費比較

種 目			スーパーラインパイプによる 長距離推進（刃口元押し）		JSWAS A-2管による 長距離推進（中押し 2 段、3 段）		JSWAS A-2管による 標準距離推進（刃口元押し）		備 考
ス パ ー ン の 構 成									◎：到達坑 ⊙：発進坑 ⊕：到達坑空伏 ⊗：発進坑空伏
総 延 長	m		248.00		248.00		248.00		
管 体 延 長	m		245.00		245.00		245.00		
推 進 延 長	m		239.50		239.50		226.75		
推 進 設 備	—		刃口元押し		中押し 2 段、3 段		刃口元押し		
日 進 量	m/日		2.60		2.20, 2.10		2.60		
施 工 日 数	日		28 } 120 92 }		28 } 140 112 }		2 班で施工する 56 } 109 53 }		
発 進 立 坑 築 造 日 数	日								
推 進 日 数	日								
			数 量	指 数	数 量	指 数	数 量	指 数	
1,200mm 推 進 工	推 進 用 管	本	101.0	98.8	101.0	100	99.0	93.3	
	管 推 進 工	m	239.5	82.0	239.5	100	226.0	77.6	
	注 入 工	m	239.5	90.1	239.5	100	226.0	85.3	
	仮 設 備 工	箇所	1.0	77.7	1.0	100	3.0	238.2	
	機 械 器 具 損 料	式	1.0	84.4	1.0	100	1.0	80.3	
	管 布 設 工	m	5.0	100.0	5.0	100	18.0	360.0	
立 坑 築 造 工	発 進 立 坑	箇所	1.0	100.0	1.0	100	3.0	300.0	
	到 達 立 坑	箇所	2.0	100.0	2.0	100	3.0	150.0	
人 孔 築 造 工	発 進 立 坑 部	箇所	1.0	100.0	1.0	100	2.0	200.0	
	到 達 立 坑 部	箇所	2.0	100.0	2.0	100	1.0	50.0	
補 助 工 法	薬 液 注 入 工	式	1.0	100.0	1.0	100	1.0	99.4	
直 接 仮 設 費	水 替 工	日	103.0	83.7	123.0	100	86.0	69.9	
直 接 工 事 計	—	—	—	93.3	—	100	—	100.1	
1.0m 当 り	直接工事費 総延長	—	—	93.3	—	100	—	100.1	

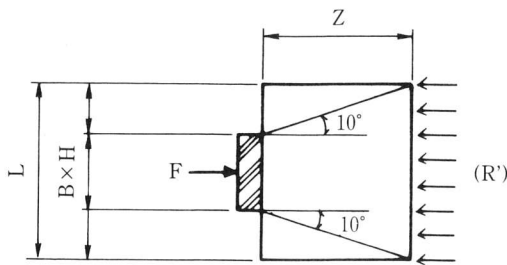


Fig.-2 地盤改良の範囲

ここに、

R：支圧壁の反力(t)

B：支圧壁の幅(ライナープレートの場合は平均幅) (m)

α ：係数 $\alpha=1.5\sim 2.5$

立坑がライナープレートのため $\alpha=1.5$ とする。

γ ：土の単位体積重量(t/m³)

Kp：受働圧係数 $Kp = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$

ϕ ：土の内部摩擦角(度)

C：土の粘着力(tm)

H：支圧壁の高さ(m)

h：GLより支圧壁の深さ(m)

②支圧壁反力の算出

B=3.0m $\gamma=1.80\text{t/m}^3$ Kp=5.045

C=0 t/m² $\alpha=1.5$ H=3.20m h=1.305m

$\therefore R=379.9\text{t}$

③総推進力と支圧壁反力の検討

$$f = \frac{R}{F} = \frac{379.9}{800.8} = 0.47 \quad \therefore \text{No}$$

以上のように支圧壁の反力が不足するので、支圧壁背面地盤を補強する必要がある。

④支圧壁の補強

Fig.-2に示すように幅(L)、厚さ(Z)の範囲を薬液注入により地盤改良を行う。

支圧壁背面地盤の補強後の反力(R)を下式により求める。

$$R' = \alpha(B+2l)\left\{\gamma(H+2l)^2 \frac{Kp}{2} + \gamma(h-l)(H+2l)Kp\right\} \dots\dots (t)$$

$$= 28,943(9.6+12.4l+4l^2)$$

$$R'=F \text{ とすると } 4l^2+12.4l-18.068$$

$$\therefore l=1.08\text{m}$$

$$\therefore Z=1.08/\tan 10^\circ=6.13\text{m}$$

安全率(Fs)を1.5とすると

$$l'=Fs \cdot l=1.5 \times 1.08=1.62\text{m}$$

$$Z'=Fs \cdot Z=1.5 \times 6.13=9.20\text{m}$$

$$\therefore Lv=3.20+1.31+1.62=6.13 \rightarrow 6.5\text{m}$$

$$\therefore Lh=3.00+1.62 \times 2=6.24 \rightarrow 6.5\text{m}$$

*3 薬液注入による地盤改良効果として、一軸圧縮強度 $qu=3\sim 10\text{kg/cm}^2$ が期待できる。又、粘着力と一軸圧縮強度の関係は、 $qu=Z \cdot C$ で表される。よって $C=1/2qu=1.5\sim 5\text{kg/cm}^2=15\sim 50\text{t/m}^2$ となるので最小値に安全率1.5をとり $C=10\text{t/m}^2$ とする。

$$R' = \alpha \cdot B \left(\gamma \cdot H^2 \cdot \frac{Kp}{2} + 2CH\sqrt{Kp} + \gamma h \cdot H \cdot Kp \right) \dots\dots (t)$$

$$= 1,026.8\text{t}$$

$$\therefore R'=1,026.8\text{t} > F=800.8\text{t} \therefore \text{O. K}$$

(4) 推進工の推移

推進工の推移については、設計勾配に対する誤差、設計放線に対する誤差、切羽の土質状況等を常に確認しながら、合せて元押し推進力の推移を管理することになる。その推進力の推移はFig.-3に示すとおりである。推進過程では特に推進管の摩擦抵抗を極力減少させる必要があり、その対策の一つとして摩擦減少剤を用いている。今回は一液性摩擦減少剤を採用することにした。その効果により初期の目的に近い推進力の推移を示した。

なお、一液性摩擦減少剤の特長は次のとおりである。

(摩擦減少剤の特長)

①摩擦減少率が73.8%と高い。

②一品配合のため配合が容易である。

③作液作業の省力化が図れる。

④pHが中性である。

(5) 元押し推進力の応力測定と解析

1) 元押し推進力が管体にどのように分布して伝達するか、また土質や諸条件がほぼ同一な箇所、スーパラインパイプとA-2管を比較検討するために現場実験を行なった。

2) ストレインゲージ、は管端部から、80、215、415と1215mmの位置に貼付した。ゲージは同一

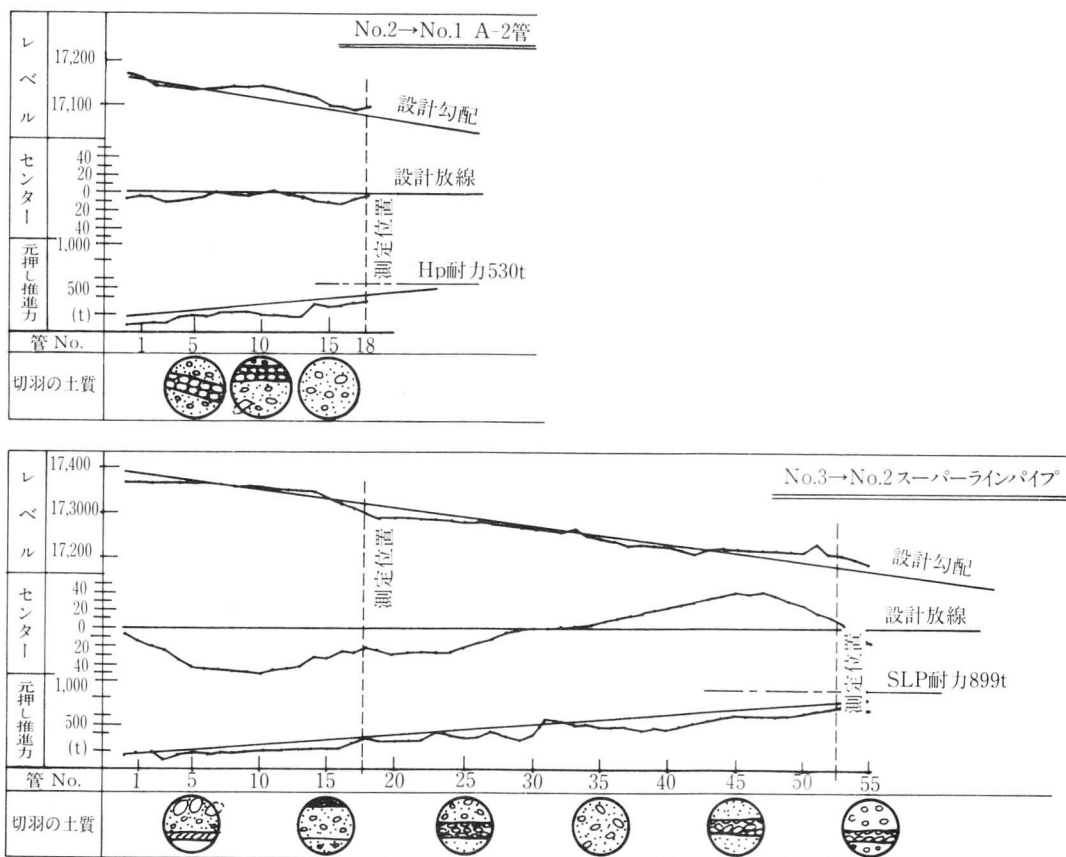


Fig.-3 推進管理図

距離に120°間隔に貼付し、その3ヶ所の歪測定を行なった。現場実験のためのゲージ不良、工事に依る振動のための測定誤差、推進力の偏心による測定値のバラツキ等が生じるため3個の平均値で示した。

3) 近接するほぼ同一条件下における推進延長(L)=43mでのスーパーラインパイプとA-2管についての応力測定結果の比較と、スーパーラインパイプの推進延長(L)=129mでの測定結果をFig.-4に示す。

なお、測定位置の決定については、過去の実験及び報告から到達の5m付近が最大推進力となるのでその位置とした。

(6) 測定結果のまとめ

推進管に働く推進時の応力は、さまざまな要因が複合して本質の把握はむずかしい。今回の測定結果から次のことが確認できた。

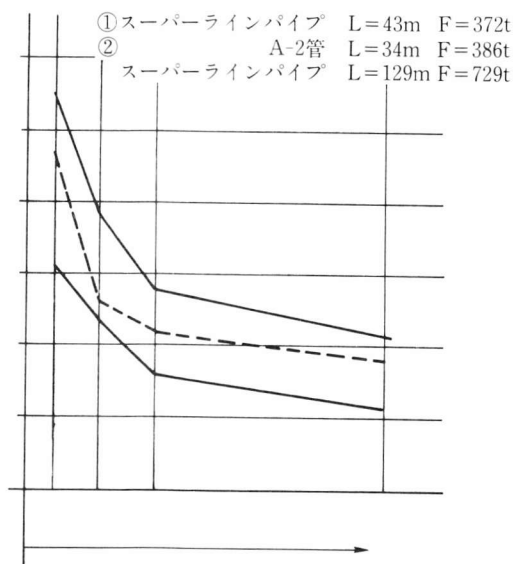


Fig.-4 平均ひずみの比較

① 同一推進延長の場合

スーパーラインパイプとA-2管を、同一延長(L)=43mで、同一管路でかつ土質や諸条件がほぼ等しく、しかも近接するスパンで応力測定を行ったが、その測定結果はFig. 4に示すように、推進力はほぼ等しいがA-2管の方が、スーパーラインに比べて約20%ひずみ大きいこれは同一施工機械を用いたにもかかわらず差が生じたのは、スーパーラインパイプは継手部がカラー埋込み形であり特殊押輪を用いたため、押輪の剛度と精度(機械仕上げ)の差が現れたものと思われる。素材的にみるとスーパーラインパイプはA-2管に比べると、管体の圧縮強度が高く、弾性係数も大きく全般にひずみは小さく、バラツキも小さく現れたものと考ええる。

推進力を比較すると、スーパーラインパイプは埋込みカラー形であり、A-2管は一般カラー形であるので、礫の喰込みによる推進力の増大が起ると思われたが、その差は約4%程度で顕著な差は生じなかった。

② 推進延長129mの場合

今回測定した結果全般に言えることであるが、管端部に近いほどひずみが大きく、管端から415mmの位置でのひずみが半減し、管の中央部では管端80mmの40%以下となることが確認できた。この傾向は実物軸力試験で報告されている傾向と類似している。

また、^{*4}大型構造物試験機による実験結果では、破壊時の最大圧縮ひずみは、本実験と同一管種、同一呼び径のものであるが、圧縮力2,500tで $2,200 \times 10^{-6}$ 程度を示したことが報告されているが、本測定結果における最大圧縮ひずみは 600×10^{-6} 程度であり十分な耐力があると言える。

5. 今後の見通しと課題

(1) 今後の見通し

今後、推進工法はますます長距離化の傾向にある。それは都市域内での施工環境、工事公害等の条件の厳しさに対応し要求されるものである。したがってそれには推進技術の研究・開発と同時に管材質の研究と開発も必要不可欠となろう。

^{*5}特に大・中口径管φ1000mm～1850mmの管径別発注管種延長(昭和57年度分)から見ても、全管

種の約36%が推進管の発注延長と報告されている。したがってすべてが長距離推進実施可能延長とは言い難いが、この中にはまだまだ経済性と諸条件が整えば実施可能な延長も十分と思われる。

今回使用したスーパーラインパイプの主原料は、セメント、滑材、高強度混和材と補強材としての耐アルカリ性ガラス繊維であるが、その中でのコンクリートの高強度化を図る超高強度混和材の開発も急速に進みさらに高強度化が期待される。

また、もう一つの補強材としての耐アルカリ性ガラス繊維であるが、これは近年FRP(ガラス繊維補強プラスチック)を用いた広範囲の製品が急速に普及している。これに類似の耐アルカリ性ガラス繊維で補強したGRC(ガラス繊維補強セメント製品)が広く普及する中であって、このGRCに用いる耐アルカリ性ガラス繊維の使用量も急激に増大しているためコストダウンが計られる方向にある。

したがって、今後は「より強く、より安価」な管の実現もそう遠くない時期に達しており、それらを期待するものである。

以上、ガラス繊維補強コンクリート管の使用により、刃口元押し長距離推進工法の実施例を紹介したものであるが、その内容の中には多くの部分で検討・研究をする必要が残されている。今後推進工法の動向を考える上で、その素材の一つとして参考となれば幸いである。

(今後の課題(2)および謝辞略)

<参考文献>

- 1) 石橋信利 ガラス繊維筋コンクリート管(GRC)の試用報告, 月刊下水道Vol. 4, No. 2, No. 7
- 2) 建設省都市局下水道部監修, 下水道推進工法の指針と解説, 社団法人 日本下水道協会
- 3) 柴崎光弘, 下田一雄, 野上明男, 薬液注入工法の設計と施工, 山海堂
- 4) 日本スーパーラインパイプ工業会, ガラス繊維補強コンクリート管性能試験概要報告書
- 5) 安藤茂, 下水道管きょ工事の現状と課題, 下水道協会誌, Vol. 21, No. 239, 1984年4月

(NO-DIG'87第3セッション, 「A case study of long distance jacking with glass reinforced concrete pipes」, T. Takada, 発表論文より)