

18. NewZ工法の実用化 ——連続式管渠埋設システム——

銭高組 岡崎 登

1 緒 論

過密化された都市集積による土地の高度利用と、振動・騒音による建設公害を重視した考えのもとに、より安価で最も安全な方法で管渠の埋設を実現させるべく独自で開発、これをNewZ工法と称し50年12月「建設の機械化」誌で提唱したことは周知の事実である。

これまでの開削施工による周辺地盤の沈下が沿道公害問題の一つとして厳しく批判されるようになった原因は、埋め戻し後の圧密沈下にあると考える。

こうした地表物件の沈下による被害を未然に防ぎ、損害を避けるためには、第一に沈下の規模とその分布をあらかじめ予測することが重要である。次には施工技術の革新にあると言えよう。シールド工法、管渠埋設技術等、両者共通して言えることは、最終段階における施工の良否に決定づけられている。現況からして、土質試験に基づいた理論によって有効な沈下予想をたてることは、まづ困難であり、不可能である。

すなわち、現地での観測データはその地域、地区での判断と一つの指針としては理解されるが、未だこれの観測資料すら十分に収集されて

いない現況にある。

一方、掘削地表面上の諸点での沈下測定値であって、掘削施工の進行に伴った時間的変位と地質の環境変化に対する諸条件、つまり降雨量、湧水、パイロ等による振動、振幅からなる膨潤性地圧現象にかかる要因などを掌握することはナンセンスと考えるべきであろう。

例えば、山形県東根市での従来の開削工法で軟かい塑性粘土中では、鉛直側面をもった深い掘削(約6.0m)で底面スベリが生ずる限界の深さを超えて行うことは不可能であることはよく知られている。

また、極めて固い粘性土中でも側面の膨潤性地圧現象にともなって周辺の沈下が認められている……。上述のような観測データから、「NewZ工法」の実用化を体系づけるために、側面土圧がおよぼす買入力の実験結果を基に理論解析と、これに基づく過去の埋設技術の経験の積み重ねを踏えたりえて買入推力の算定から施工指針を作成し、このたび広島市下水道工事で実用化したものである。

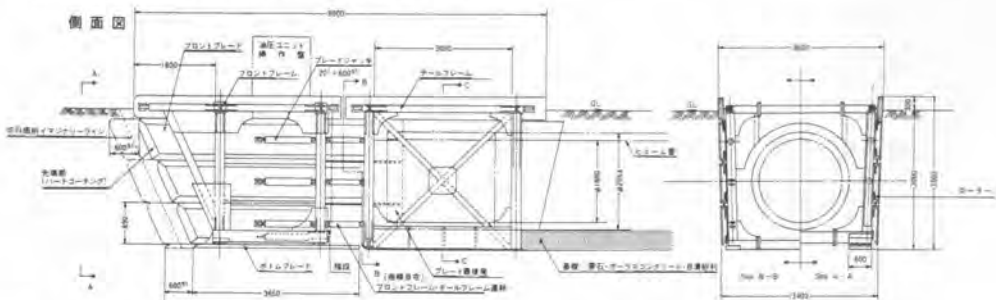


図-1 UZスーパー推進機の概要図(国際特許Publication No225428・Eng・No7416876)

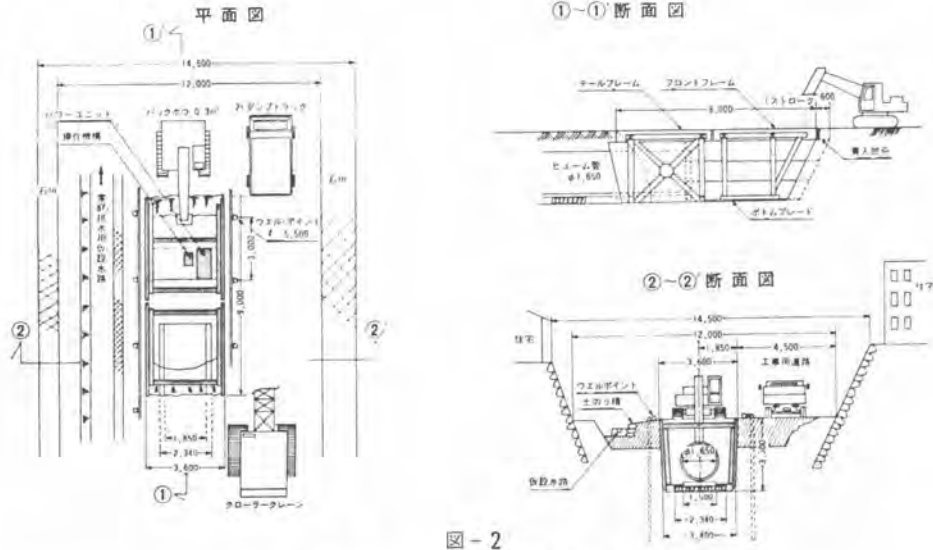


図-2

表-1 他工法との工事費の比較

工 法 名	直接工事費 (1m/枚)	パイロ損料 (A)	工 事 費 計 (施工延長1m当り)	備 考
掘矢板土留工				
アースオーガー (新日鉄)	3600/m (打・抜き)	21,690	129,690	引抜時間問題あり
アースオーガー (川鉄式)	3000/m (打・抜き)	21,690	111,690	"
オーガーモンタージュ式	2000/m	21,690	81,690	"
従来のパイプロ	1200/枚	21,690	57,690	騒音・振動あり
C・C・P工法 φ400SD321	42600		213000	不確実
連続地中壁 400i	55000		55000×6m×2枚 330000	高価・施工性良
アイアンモール	φ500mmを対象として		180000	精度問題
New Z 工 法			55000	Vφ9.5mmφ 延長600mとして

2 NewZ工法

土留工を横矢板複動油圧貫入方式で、側面土圧の崩落を防ぎながら低振動、低騒音で推進機自体が自己運動を行いながら、切羽面の土砂を掘削・排土・埋設・埋戻し作業を本機械内部で連続的に処理する工法で、埋設から即埋戻し作業を可能としたことよって、地盤の圧縮沈下を最小限にとどめた（沖積層の場合で85%~93%の復元効果を示した）。

工法の特長

- 1) 建設公害の排除：横矢板貫入ならびに一連作業が低振動、低騒音で施工でき作業スペースの縮小と交通障害の防止。
- 2) 安全施工：フレーム内と後方Boxでの作業員を保護し、また第三者の安全確保。
- 3) 工期と工費の節約：作業の簡素化と省力

表-2 使用機器並びに作業員

機械器具・作業員	台 数	機械器具・作業員	台 数
30tクレーン	1 台	2tダンプ	1 台
D20S	1 台	土 工	5 人

化による。

3 他工法との工事費の比較(表-1)

3.1 作業分析とサイクルタイム

本体後方にBoxを取付け、作業サイクルに入る。φ1,800mmのC管の場合で布設、ダンプトラックによる資材搬出入、測量等の時間待ちを考慮して一応のサイクルタイムの予測を立てると、最高120m、平均4.8mであったが、実施工の結果は、236m×6本埋設時においては、最高14.16m、平均4.8mの実稼働をあげることができた。

3.2 ブレード貫入による地山の挙動(実験1)

推進機の設計に当って、まづ貫入応力度を算出することは重要である。(実験1)により応力度の変化状況を図-3に示す。

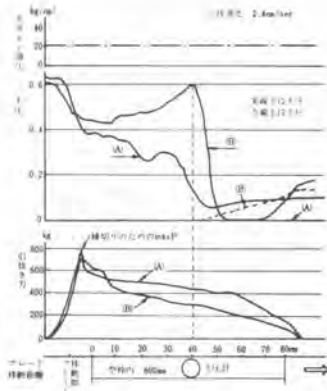


図-3 ブレード貫入時の測定記録

砂質ローム層で約6 $\frac{1}{m}$ の土圧が及ぼす貫入力Pは800kg(max)に及んでいる。つまり瞬間的には、

$$P = \frac{1}{1000} \times 535 \times 800 = 42.8 \text{ t}$$

約40tの推力を必要とするが、実際にはシリンダーの許容圧力は250kgで十分可能な結果を得た。

以下、高圧式油圧ユニットからシリンダーの圧力を考察すると、

ボトムブレード

$$F_1 = \frac{1}{1000} \times 1226 \times P$$

フロントブレード

$$F_2 = \frac{1}{1000} \times 63.6 \times P$$

(P:油圧ゲージの読み)

表-3 ユニットA-ZER

圧力	容量	ボトムブレード(t)	フロントブレード(t)
0		0	0
50		6.1	3.2
100		12.2	6.4
150		18.4	9.5
200		24.4	12.7
250		30.0	15.8

3.3 貫入理論値の検討

前述3.2の結果と理論値からの応力度を対比する。

1) 理論貫入応力度

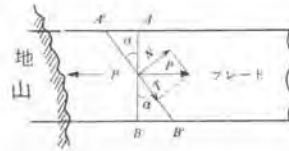


図-4

$$N = P \cos \alpha \dots \dots \dots (1)$$

$$\bar{T} = P \sin \alpha \dots \dots \dots (1)$$

$\sigma = A B$ に働く引張力(応力)

$\sigma' = A' B'$ に働く引張力(応力)

$s = A' B'$ に働く剪断応力とすれば

$$P \cos \alpha = \sigma \frac{A}{\cos \alpha} \quad P \sin \alpha = S \frac{A}{\cos \alpha}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \cos^2 \alpha = \sigma \cos^2 \alpha$$

$$s = \frac{P}{A} \sin \alpha \cos \alpha = \frac{P}{2A} \sin 2\alpha$$

すなわち

$$\sigma = \sigma \cos^2 \alpha \dots \dots \dots (a)$$

$$s = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha \dots \dots \dots (b)$$

よって 垂面応力 σ' は

$$\sigma' = \sigma \cos^2 \alpha = 208 \cos^2 60^\circ = 52 \text{ kg}$$

剪断応力は

$$s = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha = \frac{208}{2} \sin 120^\circ = 91 \text{ kg}$$

2) 上記ブレードに加わる垂面応力と剪断応力の関係から要約すると

(詳細部式の誘導は省略した)

これまでに計画した実験および理論貫入値からして、刃口1.2cmで内部応力に十分耐え得ることが証明できる。

つまり、換言するとN値 $\div 60$ 程度で油圧推力20tジャッキで貫入は容易である。但し、フレームの接触低抗は別途考慮するものとする。

3.5 曲線部の施工（図-5）

UZスーパー推進機での機械操作のみで曲線施工を行う手法として、片側の矢板を一体として地山に貫入しフロント部後方を振らせ地山の微小なゆるみを利用してカーブセティングを行う方法で一応 $R=300m$ 迄は可能である。

本機の場合は、フロント部とテール部 Box の連結極小部分のひずみを利用するもので理論と仕組を示すと、

$$B = \sin^{-1} \frac{600 \times \sin \alpha}{2200} = 0.2$$

$$\therefore R = \frac{0.6 \times 360}{2\pi \times 0.2} \approx 172m$$

理論上、 $R \approx 172m$ は可能で貫入ストロークの相関関係を表-4に示す。

4 結 論

施工者の立場から経験した、土質並びに推進機の製作上から主要なポイント等簡単に取纏めておく。

まず、概念的にいえることは、過密化された都市内で住民意識の変革に伴われながら、旧河川内で湧水等に影響されかつ掘削設置深度で栗石、軟岩に遭遇されながらも、急曲線Sカーブを克服し、短期間にその目的と成果をあげ得たことは今後の施工で十分実用化と応用性をもった工法であることを立証した。

4.1 土質学上からみた重要な二つの経験

1) 砂質粘性土を対象とした地山に湧水地下水が複合した場合の埋設技術として最も重要なことは、時間的経過に伴って発生する膨張性地圧現象を極力最小限にとどめながら本機を前進させ、埋設・埋戻し作業を連続的に行うことが重要である。すなわち、水の透水速度（土粒子間を通過する流速）より若干はやめに掘削することによって切羽の崩落現象を未然に防ぐことができる。

2) 粘性土（ N 値 0~2）の軟弱地盤下でのヒ

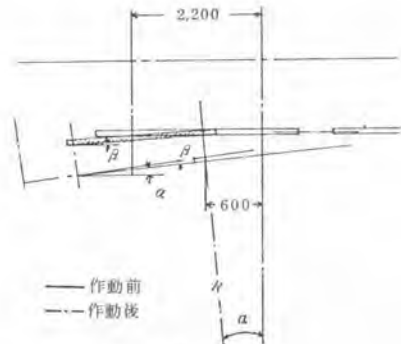


図-5

表-4

S (mm)	600	500	400	300
R (m)	172	143	114	86

ーピング阻止対策として、即栗石の敷設効果は十分その効を奏し予期しない状況下でも適応し得ることを立証した。

4.2 推進機の設計並びに製作上からみた主要なポイント

1) 側部スキンプレーットの貫入を容易とするための3点支持ローラーは推力の効率化が期待できた。また先端部のハードコーティング処理加工は不慮の軟岩、礫層にも十分な威力が発揮できた。

2) フロント部と後方テール部をBoxにしたことが本機の重量軽減と相俟ってフロント推力の効果を高めた。

3) 設計に際して、今後予想される地山のフリクションによる土圧（粘着係数）をとるかによって後方Boxの前進をスムーズに稼働させる鍵になる。

4) 急曲線施工を対象とした場合での連結方法として伸縮性の連結ジョイントを開発することによって更に容易に急曲線施工が可能となることを立証した。以上からして、今後の各種用排水路の施工から、パイプラインの施工技術に飛躍的進展をみせたことに意義があった。