

NTT 茨城電気通信研究所 正員 ○ 一久保 和 幸
" " 正員 保 科 宏
" " 正員 野 村 由 司 彦

1. はじめに

通信土木設備をはじめ電力、ガス、上・下水道等の管路設備は、市民生活に不可欠な公益設備であり、サービス供給のためにはネットワーク状の管路設備を構築し維持・管理してゆく必要がある。管推進工法（D301）（以下D301 工法と呼ぶ）は、こうした管路埋設工事において、開削工事の欠点である舗装の損傷、交通渋滞、路面沈下等の問題と沿道住民への影響を軽減し、非開削で管路布設を行うために開発した工法である。

本工法の特徴は、先端の閉塞された管体を地盤内に水平に押し込む圧入無排土方式の小口径トンネル築造技術を採用した点にある。この方式は、施工の容易性、迅速性、経済性等に優れており、比較的軟らかい地盤で威力を発揮するが、オーガ方式等に比べて適用土質は制限する必要がある。

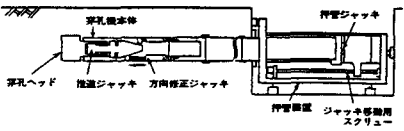


図-1. D301システム図

2. 実用上の課題

D301 工法適用上の課題は、地盤の圧入抵抗力がシステム装備能力を上回らないよう、土質条件を選定する手法が必要とされることである。そこで研究開発を通じて、土質と地盤抵抗力の関係及びその調査方法を明確にするため検討を行ってきたので、報告する。工法の概要を図1に、又D301 システムの装備能力を表1に示す。

表1. D301 システムの装備能力（単位：ton）

	ジャッキ推力	油圧ロス	有効推力
圧入推力	100	15	85
押管推力	200	4	196

3. 推進実験

推進実験における土質条件を表2に示す。

表2. 推進実験の土質条件

	記号	単位	① ② ③ ④			
			砂	密	中	位
粒 径 分 布	厘 分	%	10			1
	砂 分	%	71			80
	シルト 分	%	7			9
	粘土 分	%	12			10
比 重	G_s		2.653	2.659	2.708	
単位体積重量	γ_s	kg/cml	1.270	1.789	1.700	
含 水 比	w	%	16.5	15.5	25.5	
固 相 比	e		1.436	0.730	0.590	
粘 着 力	C	kg/cml	—	0.25	0.28	
内部摩擦角	ϕ	°	—	28.00	26.00	
推 進 条 件	N 値	N	m	3	7~11	5~10
	土 質 係 数	D	m	2.9	2.6~2.7	2.4
	半径	R	m	150	170	200
	推進長	L	m		16	90

4. 圧入抵抗

4. 1 貫入試験値と圧入抵抗

推進実験において、一般的土質調査法である貫入試験値と圧入抵抗力の関係を調べた結果は以下のとおり。

(1) オランダ式コーン貫入試験（ダッチコーン）

実験の地盤から得られたコーン貫入抵抗値 q_c と圧入抵抗力の関係を図2に示すが、この図より両者には $F_R = q_c$ の関係が成立することが判明したと言える。

(2) 標準貫入試験

標準貫入試験から得られるN値とコーン貫入抵抗 q_c の間には、 $N = 1/40q_c$ のような相関があることはMeyerhoff らの実験により知られている。従って、 q_c 値及びN値から圧入抵抗を推定する方法として次式を導出することができる。

$$F_R = q_c \cdot A = 40 \cdot N \cdot A \dots\dots\dots (1)$$

F_R : 圧入抵抗 (kg)

q_c : コーン貫入抵抗 (kg/cml)

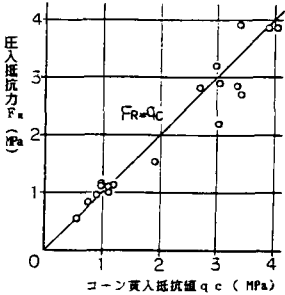


図-2. 貫入試験と圧入抵抗力の関係

N : N値
A : 圧入断面積 (cm²)

(3) 圧入面積と圧入抵抗力

圧入する管体の断面積と圧入抵抗力の関係を図3に示す。同図では圧入力に寸法効果を認めることはできず、貫入試験結果より穿孔機の圧入力を推定する手法に妥当性を見出すことが出来る。

4. 2 弾塑性解析による圧入抵抗力

圧入力の推定値と実験値を比較検証するため、弾塑性理論による解析を行った。この手法は杭の支持力、及び締固め範囲の計算に関して提唱されているが、水平圧入問題に適用された事例はない。本工法の弾塑性解析モデルと推定式を表2に示す。また圧入抵抗力の実測値と貫入試験からの推定値、及び弾塑性解析値を図4に示す。

5. 考察

これまでに得られた推定式を推進実験の実測値と比較検証した結果、以下の事項が考察できる。

- (1) 貫入試験値を用いた推定式は、実測値とよく一致し、実用に供しうる見通しが得られた。
- (2) 弾塑性解析による推定方法は、実測値とよく一致しており、貫入試験値と同様に実用性があると推察できるが、土質定数の相関等をさらに研究する必要がある。
- (3) 本工法の適用条件は、装備能力と地盤抵抗力の比較より次式で表せる。

$$F_R < 100 / F \cdot S \quad (2)$$

F_R : 地盤の圧入抵抗力 (t)

$F \cdot S$: 安全率 (システム設計時は2.0)

- (4) 設計上の安全率を2.0と仮定すれば、砂の場合には $N = 10$ まで適用可能と推察される。

6. まとめ

本報告では、D301工法の適用土質について地盤の圧入抵抗力の面から検討したが、その他に周辺地盤への影響等を併せて考慮することが重要であり、この研究内容については別途報告することとした。

<参考文献>

- 1) 一久保・塩見・梅津、『無排土圧入工法の周辺地盤に与える影響』土木学会第39回全国大会Ⅲ-211、84'
- 2) 塩見・野村・梅津、『水平貫入体の貫入抵抗に関する一考察』土木学会第39回全国大会Ⅲ-55、83'

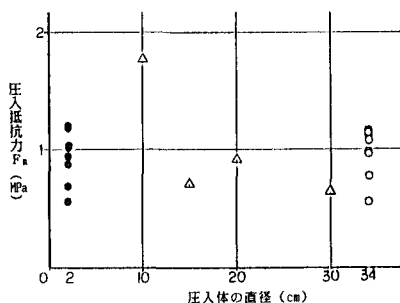


図-3. 圧入抵抗力と圧入体の直径の関係

表2. 弾塑性解析

解析モデル	
方程式	1. Mohr-Coulomb の破壊基準 $\sigma\theta = \sigma\phi$ (引張) $> \sigma\tau$ (圧縮) $\sigma\theta - \sigma\tau = 2\cos\phi - (\sigma\tau + \sigma\theta)\sin\phi$ 2. 塑性式の適合方程式 $\frac{d\sigma\tau}{dr} + \frac{\sigma\theta - \sigma\tau}{r} = 0$
三入力	$(\sigma\tau)_{\max} = \frac{3Po(1-\sin\phi)(3-\sin\phi)E}{1-\sin\phi} \cdot \frac{\cos\phi}{(G\sin\phi)(1+\nu)}$ $Po = \frac{1}{3} (1 + 2 \int_0^H r dr)$

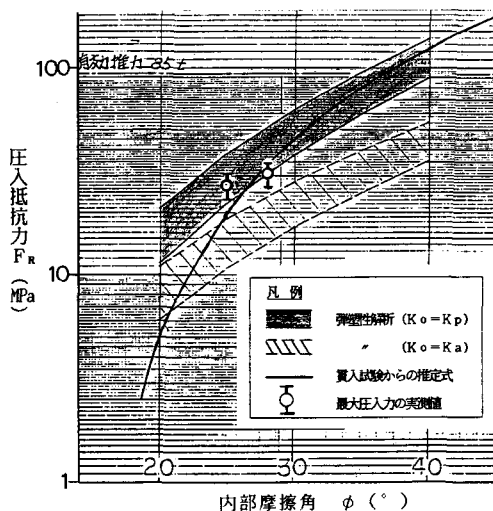


図-4. 圧入抵抗力の比較