

の設計式と最も適合性の良かった式は次式である。

$$\text{初期推進力} \quad F_0 = B^{C1} \cdot b_e^{C2} \cdot \left(\frac{V \cdot T}{6000}\right)^{C3} \cdot E_{ex}^{C4} \cdot E_s^{C5} \quad (\text{kN}) \quad (\text{式-1})$$

C1 から C5 までの指数は、解析結果から最小二乗法を用いて表-2 に示すように算出した。表では、全解析データ、解析による初期推進力が 100kN 以上、100kN 未満のデータに基づき算出した 3 つの結果の比較を示している。

表-2 最小二乗法により求めた指数部と実験式の適合率

初期推進力	指 数					適合率		
	地盤要素幅 B	掘削要素幅 be	変形量 VT/6000	掘削要素剛性 Eex	地盤要素剛性 Es	(解析/実験式) × 100 (%)		
	C1	C2	C3	C4	C5	平均	最大	最小
全体	-0.266	-0.689	1.046	0.737	0.226	104.2	158.6	59.4
100kN以上	-0.270	-0.684	1.001	0.713	0.232	101.1	136.1	88.9
100kN未満	-0.052	-0.574	1.098	0.723	0.225	93.8	119.4	64.9

表に示す結果から (式-1) の右辺各項の影響を考察すると以下のとおりである。変形量(VT/6000)、掘削要素剛性および地盤要素剛性にかかる指数は正値であり、これらの項の値の増加は初期推進力を大きくする。逆に、指数が負値である、地盤要素幅および掘削要素幅の増加は、初期推進力を小さくする。掘削要素幅および地盤要素剛性にかかる指数は 0.25 程度であり、この指数の値が初期推進力の算定に無視できないことがわかった。また、解析による初期推進力が 100kN 未満では、地盤要素幅の影響が著しく小さくなっている。

解析による初期推進力と実験式による初期推進力の全データの比較を図-2 に示す。また、100kN 未満のデータだけを用いた比較を図-3 に示す。いずれの比較も解析による値と実験式による値がほぼ 1 対 1 に対応しており、実験式が解析による初期推進力と合致していることがわかる。

一般に、推進力の算定に用いられる式は(式-2)に示される¹⁾。

$$F = F_0 + f \cdot L \quad (\text{式-2})$$

[ここに、F:総推進力(kN)、f:単位長さあたりの周面抵抗(kN/m)、L:推進長(m)]
総推進力は、土圧や地下水圧により決まる初期推進力 F_0 と周面抵抗力 $f \cdot L$ の和として求められる。いずれの項も推進速度を考慮するパラメータは含まれない。しかし、実際の推進工事では推進速度によって大きく影響される。

有限要素法に用いた推進力解析を行うことにより、推進速度を含めた予測が可能となる。また、有限要素メッシュサイズなどの影響も考慮することができる。

4. まとめ

本研究により、有限要素法を用いて初期推進力を求める場合における解析パラメータを実験式(式-1)により求めることができるようになった。

今後、実施工の推進力データと地盤条件などを対比させることにより、推進速度を含めた適切な解析パラメータを決定することに役立つものと考えられる。

参考文献

- 1) 「下水道推進工法の指針と解説」: (社)日本下水道協会, 2000.
- 2) 小宮一仁: 「シールドトンネル工事における地盤の力学的挙動に関する解析的研究」, 早稲田大学博士論文 1994
- 3) 露崎正行・小宮一仁・渡辺勉: 「有限要素法による推進工法のモデル化」, 第 59 回土木学会年次学術講演会概要集 , 3-381, 2004.9.

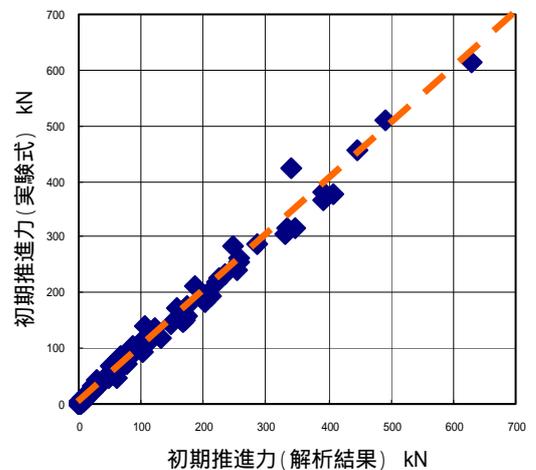


図-2 初期推進力比較(全データ)

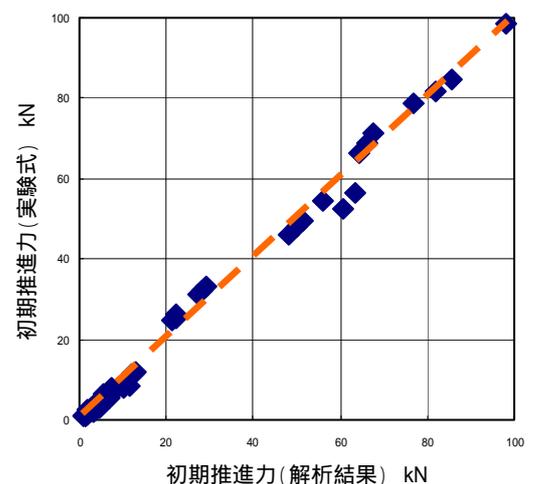


図-3 初期推進力比較(100kN 未満)