大阪都市部大深度シールド掘進推力からの作用土圧の考察：西梅田１工区シールド

関西電力㈱総合技術研究所　　正会員 近藤悦吉
関西電力㈱中央送変電建設事務所　正会員 大道武治　小山茂

１．はじめに　近年のシールドの大深度化に伴い、我々は、大深度シールドの硬質砂・礫地盤掘進時に頻繁に生じる推力の著しい増大（現場用語で胴締めと呼び、本報でも以下「胴締め」という）を考慮することが重要であることを、掘進実績からこれまで述べてきている。しかしながら、その作用土圧については不明確であるのが現状である。本報は、この胴締め時の作用土圧について西梅田１工区の掘進推力実績から考察した内容を報告するものである。

２．実績掘進推力からの作用土圧の推定方法

作用土圧の推定は、以下の式により算定した。

ＦＪ＝ＦＦ＋ＦＺ＝ＦＦ＋Ｆ２＋Ｆ３

ＦＪ：シールドジャッキ推力（掘進推力）

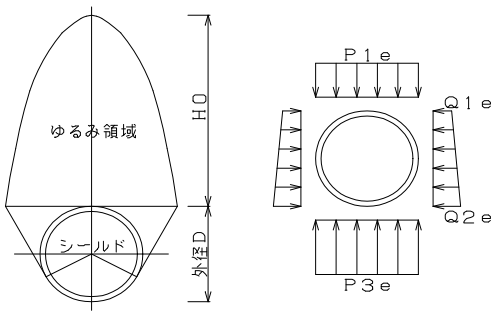
ＦＦ：切羽泥水圧による前面抵抗＝π／４・Ｄ²・Ｐｗｄ

ＦＺ：シールド外周面と土の摩擦抵抗＋その他の抵抗

Ｆ２：シールド外周面と土の摩擦抵抗

Ｆ３：その他の抵抗（掘進時刃先貫入抵抗＋曲線施工・蛇行修正等の抵抗＋テール内でのセグメントとテールシールの摩擦抵抗＋後方台車の牽引抵抗＋その他の抵抗）

Ｄ：マシン外径、Ｐｗｄ：シールド前面に作用する泥水圧



図－１　従来の土圧モデル図

本掘進推力算定においては、ＦＦとＦ２が大部分でありＦ３／（Ｆ２＋Ｆ３）は通常７％前後程度である。

このうちＦ２：シールド外周面と土との摩擦抵抗は次式による。

Ｆ２＝μ・π・Ｄ・Ｌｓ・Ｐａｖ　，　Ｐａｖ＝(Ｐ1e＋Ｑ1e＋Ｑ2e＋Ｐ3e)／４（図－１参照）

μ：土と鋼との摩擦係数および付着抵抗力｛　tan(φ)・ｋａ＋Ｃ・ｋｂ｝、ｋａ，ｋｂは低減係数

Ｐａｖ：平均作用土圧、Ｄ：シールド外径、Ｌｓ：シールド機スキンプレート長

一般的にｋａ　1/2～2/3を採用し、実績φ　30～33程度であるからμ　０.３を採用する例が多い。

これらの式から実績平均土圧Ｐａｖは次式で算出される。

Ｐａｖ＝（ＦＪ－ＦＦ－Ｆ３）／（μ・π・Ｄ・Ｌｓ）

また、ＦＺ／（π・Ｄ・Ｌｓ）を「スキンプレート単位面積当たりのシールド外周面と土の摩擦抵抗＋その他の抵抗」と本報ではいう（以下本報ではＦＺｓという）。

３．西梅田１工区シールドの工事概要・経緯と掘進推力関係実績

１）工事概要・経緯　本報の検討対象とした大深度シールドである「西梅田１工区」の概要・経緯を表－１に、全体縦断図を図－２に示す。本シールドは大阪層群洪積層を泥水加圧式で掘進したもので、掘進地盤は表－２に示すように洪積層過圧密地盤であり、過圧密比O.C.R値は約２である。

２）掘進推力関係実績

本工区実績のセグメントリング毎の平均掘進推力、ＦＺｓ、泥水圧と砂＋礫分、カッタトルクを図－３に示す。

本図に示すように、ＦＺｓは従来の設計値よりかなり大きくなっている。

表－１　西梅田１工区工事概要表

マシン外径	７,２６０㎜
マシン長	８,１８０㎜
シールド延長	１,７９２m
最大深度	約６６m
シールド工法	泥水加圧式
発　進　日	Y1996.M 9.D12
到　達　日	Y1997.M 9.D26

表－２　西梅田１工区シールド対象地盤概要表

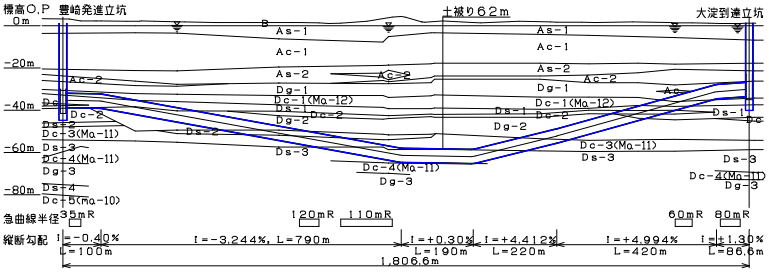
地層分類（全て洪積層）	層厚 約m	平均 N値	一軸圧縮強度or,D50	圧密降伏応力 or,均等係数
砂質土:Ds１	0～ 4	60	D50 0.5	Uc 3～7
砂レキ:Dg２	0～12	60	D50 2～11	Uc 18～47
砂質土:Ds２	0～ 3	40	D50 0.2	Uc 122
粘性土:Dc３	3～ 9	15	qu 1.9～5.5	Pc 7.3～9.4
砂質土:Ds３	5～16	34		

注：表中の一軸圧縮強度quと圧密降伏応力Pcの単位はkgf/cm^2、D50は㎜である

キーワード：大深度シールドトンネル、洪積層、掘進推力、摩擦抵抗、土圧
兵庫県尼崎市若王子３丁目１１番２０号　TEL 06-6494-9707 FAX 06-6494-9727

４．ＦＺｓからの作用土圧の検討

前述の算定式に基づき摩擦係数μを０．３と０．５の２ケースで、また土圧による摩擦抵抗を（ＦＺｓ－設計ＦＺｓ×90%）として断面方向平均土圧を算定すると図－４になる。また本図にはセグメントリング毎の深度方向の有効応力（以下本報では深度有効応力という）を併記している。



図－２　西梅田１工区シールド全体縦断面図

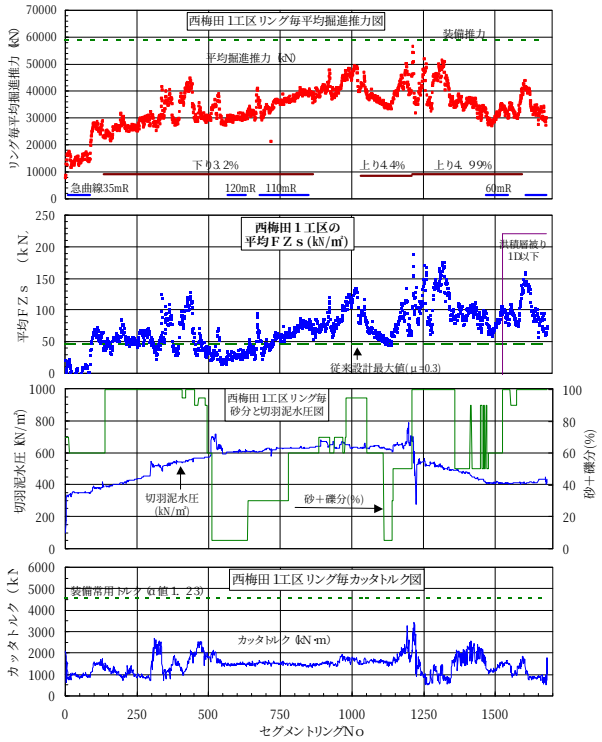
本図から以下のことがいえる。

①、従来から多用されているμ＝０．３のときの推定平均土圧は、深度有効応力より大きくなっている点が多く現れる。このような現象は実際上生じていないと考えられ、またそのときのカッタトルクは比較的小さな値であることから、マシンの前部と中胴・後胴部ではμが変化していると考えられる。

②、μ＝０．５の推定平均土圧最大値は深度有効応力に近いものとなっており、それらの極大値は砂＋礫分の多い箇所で生じている。

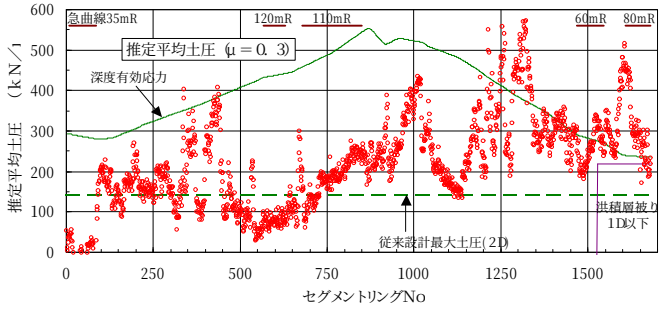
③、胴締め時の推定平均土圧の極大値は十数カ所あるが、深度有効応力との相関性は弱いといえる。

④、μ＝０．５の推定平均土圧最大値は約370kN／㎡であり、従来モデルの上部最大土圧Ｐ1e(max)　２・Ｄ・ρ　140kN／㎡に対しかなり大きいといえる。

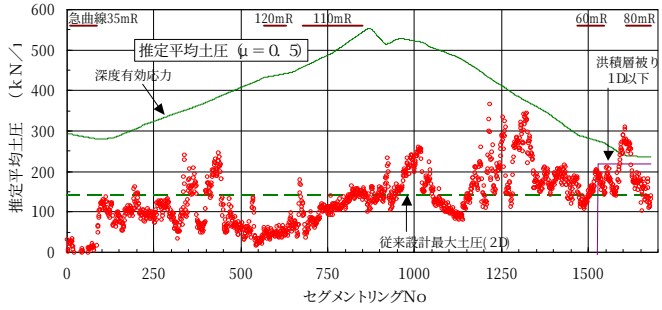


図－３　西梅田１工区掘進関係データ図

また、作用土圧が従来モデルのように偏圧であれば、



図－４（１）　μ＝０．３の推定土圧



図－４（２）　μ＝０．５の推定土圧図

セグメントは破壊するであろうから、胴締め時の作用土圧形態は比較的等方的であろうと考えられる。

５．まとめ

当工区の実績から検討した内容を整理すると、以下のことが考察された。

①、摩擦係数μは、マシンの前部と中胴・後胴部では変化していると考えられる。

②、（参考文献他で述べてきているとおりＦＺｓの極大値は砂＋礫分の多い箇所で生じ）μ＝０．５で推定平均土圧最大値と深度有効応力に近くなる。

③、胴締め土圧の極大値と深度有効応力との相関性は弱いといえる。

④、胴締め時の作用土圧形態は比較的等方的であろうと考えられる。

６．終わりに

シールドの大深度化に伴い、セグメント・止水等の設計及び近接掘進等の周辺影響検討に、多くの箇所で苦慮されている。本報がそれら設計・検討の一助となれば幸いと考えている。

参考文献1) 近藤悦吉、廣田雅博、酒本博、吉田良三、他：谷町筋と西梅田（大阪都市部）の大深度シールド掘進推力について：第43回地盤工学シンポジウム・論文集、1998.11、