

(株)間組 技術本部 CAD技術室 ○可児 憲生

須田 清隆

内田 雅博

1. まえがき

土留掘削における土留壁及び周辺地盤の挙動の把握には、構造的3次元効果が無視できなく、3次元解析の必要性が高いと考えられる。しかし、一般に、3次元解析の評価技術は複雑であり、計算時間及び計算コストも膨大なものとなる場合が多い。一方、2次元解析に関しては、計算時間が短く、細かな施工条件のモデル化も容易に行うことができる。本研究は、形状に依存する3次元構造効果の影響を考慮した2次元解析技術の構築を図ることを目的としたものである。

2. 検討フロー図

検討フローを図-1に示す。3次元構造効果を評価するために、本報では以下の方法を用いた。3次元モデルと2次元モデルによって得られた弾性FEM解析結果の中で、土留壁の水平変位について着目し、2つのモデルの水平変位が等しくなるように、2次元モデルの土留壁及び地盤のヤング係数を変化させ補正定数 α_1 を求める。

$$\delta_3(E_1, E_2, E_3) = \delta_2(\alpha_1 E_1, \alpha_2 E_2, \alpha_3 E_3)$$

δ_3 : 3次元モデル 水平変位 E_1 : MAT①のヤング係数
 δ_2 : 2次元モデル 水平変位 E_2 : MAT②のヤング係数
 E_3 : MAT③のヤング係数

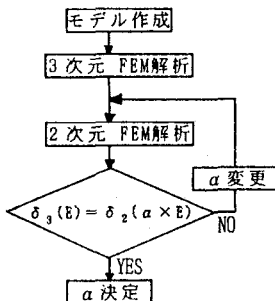


図-1 検討フロー図

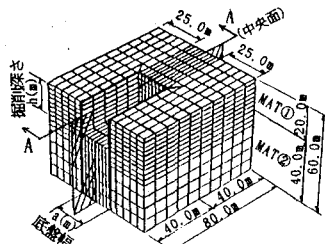


図-2 3次元モデル

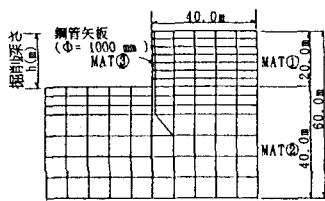


図-3 2次元モデル(A-A断面)

ここで、補正定数 α_1 は3次元構造効果を表す指標であり、 α_1 の値が大きいほど、3次元効果が大きいことになる。

3. 検討モデル

3次元、2次元解析モデルとして図-2、図-3に示すモデルを用いた。解析ケースは、幅 a (m)、深さ h (m)、地盤MAT②のヤング係数 E_2 (t/m²)をパラメータとし、表-1に示す9ケースについて行った。

また、解析用の物性値として表-2に示す値を用いた。

4. 検討結果

CASE-1について、土留壁の水平変位は図-4のようになり、2次元解析による結果よりも3次元解析による結果の方が小さい。(CASE-2~CASE-9についても同様)

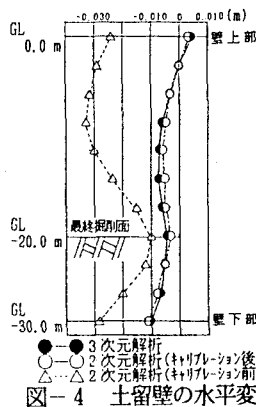


図-4 土留壁の水平変位 (CASE-1)

表-1 解析ケース一覧

ケース	ヤング係数(t/m ²)	深さh(m)	幅a(m)
CASE-1		20.0	20.0
CASE-2		40.0	40.0
CASE-3	$E_1 = 1.0 \times 10^3$	20.0	100.0
CASE-4	$E_2 = 6.0 \times 10^3$	10.0	10.0
CASE-5	$E_3 = 1.364 \times 10^6$	20.0	20.0
CASE-6		50.0	50.0
CASE-7	$E_1 = 1.0 \times 10^3$	10.0	10.0
CASE-8	$E_2 = 3.0 \times 10^3$	10.0	20.0
CASE-9	$E_3 = 1.364 \times 10^6$	50.0	50.0

表-2 物性値

	ヤング係数(t/m ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量(t/m ³)
MAT①	$E_1 = 1.0 \times 10^3$	0.3	1.8
MAT②	E_2	0.3	2.0
MAT③	$E_3 = 1.364 \times 10^6$	0.28	0.0277

*1 CASE-1~CASE-6 ($E_2 = 6.0 \times 10^3$)
CASE-7~CASE-9 ($E_2 = 3.0 \times 10^3$)
*2 鋼管矢板 ($\Phi = 1000$ mm) 換算値

5. キャリブレーションの結果

結果を表-3に示す。キャリブレーションにより得られた補正定数を MAT①については α_1 、MAT②及び③については α_2 とする。そこで、深さ h (m)、幅 a (m)との比 a/h と補正定数 α_1 、また、比 a/h と補正定数 α_2 との関係を

(I) 掘削深さ

$h=10.0$ (m), $h=20.0$ (m)の場合

(II) 地盤のヤング係数比

$E_2/E_1=3.0$, $E_2/E_1=6.0$ の場合

に分け、各々グラフに表現したものが図-5-(I)、図-6-(I)、図-7-(II)、図-8-(II)である。

6. 考察

①掘削幅について

図-5~図-8より、 a が小さいほど、即ち、 a/h が小さいほど α_1 、 α_2 の値が大きくなる。このことより、掘削幅が狭いほど解析結果に対する3次元構造効果の影響が大きいことがわかる。

②掘削深さについて

図-5-(I)、図-6-(I)において、実線は掘削深さ $h=10.0$ (m)、破線は掘削深さ $h=20.0$ (m)の場合の結果を示している。 a/h が同じ場合、 α_1 、 α_2 の値は、掘削深さ $h=10.0$ (m)の場合の方が、掘削深さ $h=20.0$ (m)の場合に比べて大きくなっている。このことより、掘削幅と掘削深さの比率が同じ場合は、掘削深さが浅いほど解析結果に対する3次元構造効果の影響が大きいことがわかる。

③地盤物性値について

図-7-(II)、図-8-(II)で、実線は地盤のヤング係数比が $E_2/E_1=6.0$ の場合、破線は地盤のヤング係数比が $E_2/E_1=3.0$ の場合の結果を示している。 a/h が同じ場合、 α_1 、 α_2 の値は $E_2/E_1=6.0$ の場合よりも $E_2/E_1=3.0$ の場合の方が大きい。このことより、 E_1 の値が同じならば、 E_2 の値が小さいほど3次元構造効果の影響が大きいことがわかる。

7. まとめ

今回の検討において、解析モデル形状が解析結果に与える3次元構造効果の影響についてある程度傾向を明らかにすることができた。しかし、土留壁の根入れ長や地盤の分割数等も解析結果に影響すると考えられるので、今回検討した以外のパラメータも考慮する必要があると思われる。

今後、感度解析等の導入により各種パラメータの解への影響を検討すると共に、非線形モデルの適用による解への影響も合わせて検討していく。

表-3 キャリブレーション前・後のヤング係数

	キャリブレーション前		キャリブレーション後	
CASE-1	MAT①	1.0×10^3	MAT①	5.0×10^3 ($E_1 \times 5.0$)
	MAT②	6.0×10^3	MAT②	1.5×10^4 ($E_2 \times 2.5$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	3.410×10^6 ($E_3 \times 2.5$)
CASE-2	MAT①	1.0×10^3	MAT①	1.35×10^3 ($E_1 \times 1.35$)
	MAT②	6.0×10^3	MAT②	9.0×10^3 ($E_2 \times 1.5$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	2.046×10^6 ($E_3 \times 1.5$)
CASE-3	MAT①	1.0×10^3	MAT①	1.0×10^3 ($E_1 \times 1.0$)
	MAT②	6.0×10^3	MAT②	6.0×10^3 ($E_2 \times 1.0$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	1.364×10^6 ($E_3 \times 1.0$)
CASE-4	MAT①	1.0×10^3	MAT①	2.5×10^4 ($E_1 \times 25.0$)
	MAT②	6.0×10^3	MAT②	4.8×10^4 ($E_2 \times 8.0$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	10.912×10^6 ($E_3 \times 8.0$)
CASE-5	MAT①	1.0×10^3	MAT①	2.3×10^3 ($E_1 \times 2.3$)
	MAT②	6.0×10^3	MAT②	1.5×10^4 ($E_2 \times 2.5$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	3.410×10^6 ($E_3 \times 2.5$)
CASE-6	MAT①	1.0×10^3	MAT①	1.0×10^3 ($E_1 \times 1.0$)
	MAT②	6.0×10^3	MAT②	6.0×10^3 ($E_2 \times 1.0$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	1.364×10^6 ($E_3 \times 1.0$)
CASE-7	MAT①	1.0×10^3	MAT①	3.5×10^4 ($E_1 \times 35.0$)
	MAT②	3.0×10^3	MAT②	4.5×10^4 ($E_2 \times 15.0$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	2.046×10^6 ($E_3 \times 15.0$)
CASE-8	MAT①	1.0×10^3	MAT①	2.5×10^3 ($E_1 \times 2.5$)
	MAT②	3.0×10^3	MAT②	1.35×10^4 ($E_2 \times 4.5$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	6.138×10^6 ($E_3 \times 4.5$)
CASE-9	MAT①	1.0×10^3	MAT①	1.0×10^3 ($E_1 \times 1.0$)
	MAT②	3.0×10^3	MAT②	3.0×10^3 ($E_2 \times 1.0$)
	MAT③	1.364×10^6	MAT③	1.364×10^6 ($E_3 \times 1.0$)

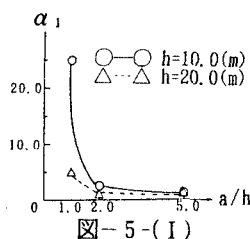


図-5-(I)

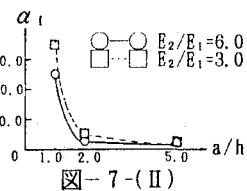


図-7-(II)

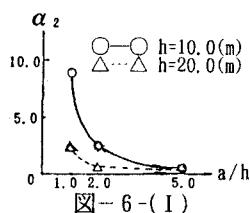


図-6-(I)

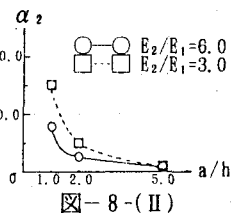


図-8-(II)