

VI-149 立坑壁の壁ばね効果を考慮した設計用主働側側圧に関する一提案

(株)大本組 正員 ○ 中尾 安行

(株)大本組 正員 巢元 利博

1. はじめに

立坑のように掘削平面の形状が小さい構造物では、施工時における土留め壁の変形・断面力が設計値に比べ小さく、不経済な設計となっていることがある。その理由としては、立坑のような3次元構造物に対して通常の土留めの設計に用いられる2次元解析を採用した場合、①壁ばねによる土留め壁の見かけの剛性増大（壁ばねの効果）、②掘削部に隣接する部分による変形の抑止効果（地盤の3次元効果）等によって、発生する変位量がかなり抑制されるためであると考えられる。

本文はこのうちの壁ばね効果に着目し、立坑形状、掘削深さ等をパラメータとした立坑壁の3次元効果を表現できるような設計用側圧（軽減された側圧）の大きさを求めることを目的としたものである。

2. 解析概要

壁ばねの効果を求めるために、図-2.1に示す通常の弾塑性モデルに壁ばねを付加したモデルを用い、壁ばねのばね定数および掘削長をパラメータとして土留めの計算をおこなう。

図-2.2に示すのは、立坑平面の4辺に等分布荷重を作用させたものである。壁ばねのばね定数は、図に示すような等分布荷重が立坑に作用する時の長辺中央におけるたわみ δ （ボックスラーメン中の最大たわみ）と作用荷重とによって定義され、土留め壁の曲げ剛性と立坑の平面形状をパラメータとして、(2.1)式により求められる。

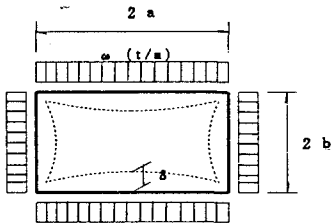


図-2.2 長方形ボックスラーメン

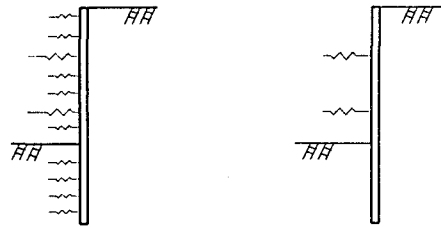


図-2.1 壁ばね付加モデル

図-2.3 弾塑性モデル

$$k_c = \frac{24(a+b)EI}{a^2(a^3+5a^2b-4b^3)} \quad (2.1)$$

ここに a : 長辺長の半分 (m)

b : 短辺長の半分 (m)

EI : 壁の曲げ剛性 ($t \cdot m^2$)

次に、図-2.3に示す通常の土留めの弾塑性モデルを用いて、図-2.1に示すモデルにより求められた壁変位と切ばり軸力のデータに最も近くなるよう、主働側側圧の大きさを求める（逆解析）。このとき壁の曲げ剛性、受働側側圧係数、受働側の地盤反力係数は、順解析で用いたものと同じ値を採用する。

3. 解析結果

図-3.1に示すのは、表-3.1に示す壁ばね定数と表-3.2に示す基準値を用いた場合の解析結果を縦軸に低減率（逆解析によりもとめた主働側側圧／順解析に使用した主働側側圧）、横軸に掘削比（掘削深さ／壁長）をとって各壁ばね定数ごとに表現したものである。したがって、設計に用いる土留め壁の3次元効果を考慮した主働側側圧は図-3.1より任意の掘削深さの低減率を求め、従来用いられている主働側側圧に乗ずることによりもとめられる。

図-3.2に示すのは、切ばりのばね定数を表-3.2に示す基準値の2倍、1/2倍とした時の各掘削深さにおける低減率を図-3.1と同様に示したものである。図-3.2において、同一の掘削比に対して2つの点がプロットされているが、主働側側圧の低減率は切ばりのばね定数にあまり影響されていないことがわかる。

表-3.1 壁ばねのばね定数

2b (m)	20				
a/b	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
2a (m)	20	30	40	50	60
$k_c (t/m^2)$	1093.5	114.4	34.2	14.3	7.1

図-3.3は、立坑の平面形状比が1:1($a/b=1.0$)の時に切ばりの鉛直間隔、壁長、壁厚を表-3.2に示すパラメータを用いた場合の解析結果をプロットし、これらを包絡する線を描いたものである。同図の解析値については、表-3.2に示した値を常識ある範囲内で変動させればばらつきは少なくなるものとする。

表-3.2 解析条件一覧

	壁 長	壁 厚	切ばり ばね定数	切ばりの 鉛直設置間隔	主働側 側圧係数	受働側 側圧係数	地盤 ばね定数
単位	m	m	t/m ²	m			t/m ²
基準値	90	1.5	11482	3	1.333	2.500	1000
	50	2.0	5741	6	1.333	2.500	504
解析 条件	70	2.5	22964	—	1.271	3.190	896
	—	—	—	—	1.217	4.099	1400

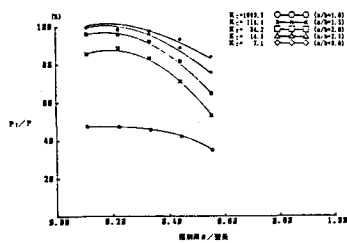


図-3.1 各壁ばね定数による
低減率への影響

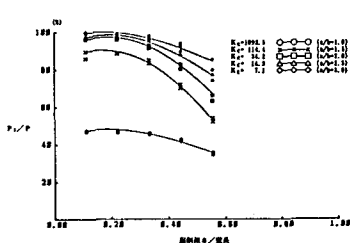


図-3.2 切ばりによる
低減率への影響

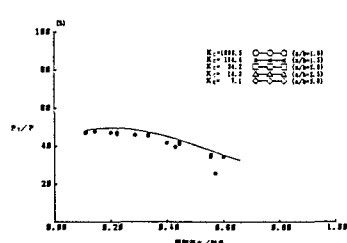
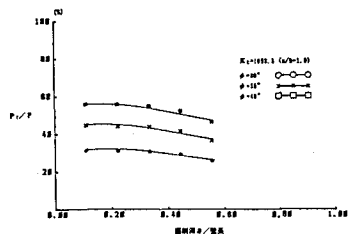
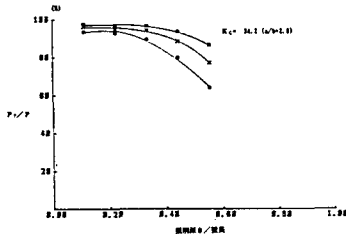


図-3.3 解析条件による
低減率への影響

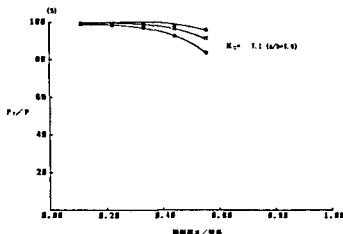
地盤条件の変化によって低減率がどの程度影響を受けるかについて考察するため、表-3.2に示す地盤の内部摩擦角に対応した3種類の地盤ばねを想定し、3種類の壁ばね定数ごとに解析をおこなった。図-3.4に表-3.2に示す地盤ばねを用いた場合の解析結果を示す。同図より、地盤条件によって低減率が影響を受けるのは掘削深度が深い場合、もしくは壁ばね定数がある程度大きな場合に、低減率が地盤条件に大きく影響されるものと考えられる。



$K_c=1093.5(t/m^2)$



$K_c=34.2(t/m^2)$



$K_c=7.1(t/m^2)$

図-3.4 地盤条件による低減率への影響

4. おわりに

以上、矩形断面の立坑において、壁ばね効果を考慮した設計用主働側側圧に関する基本的な考え方と解析結果について述べた。これらの手法は、土留め壁の弾塑性解析時に壁ばねを付加することが困難な場合に用いる代替方法であり、壁ばねを考慮した弾塑性解析が容易におこなえる場合には、(2.1)式に示す壁ばねを土留め壁全面に分布させたモデルを用いて解析をおこなえばよい。設計用主働側側圧を求めるためには、図-3.3の図表を各壁ばねについて用意すれば簡易的に求められるが、地盤条件が変化した場合の解析結果の変動が無視しえないほど大きいので代表的な地盤において図-3.3の図表が必要になるとと思われる。

最後に、本解析の実施において適切なるご指導、ご助言をいただいた大規模土留め・立坑の設計施工技術に関する共同研究グループの関係各位（建設省土木研究所、(財)先端建設技術センター、民間企業11社）に感謝の意を表したい。