

3次元効果を考慮した立坑壁の設計用主働側側圧に関する一提案

顧問 大本組 正員 ○ 中尾 安行

顧問 大本組 正員 栗元 利博

1. はじめに

通常、土留めの設計に用いられる弾塑性法は、図-1.1に示されるような2次元的な掘削を対象としたものであるが、図-1.2に示される立坑のような3次元的の構造物に対して2次元解析を採用した場合、同一の荷重に対して過大な変位量を与えることが予想される。その理由としては、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、図-1.1に示す2次元的な掘削に対し3次元モデルでは発生する変位量がかなり抑制されるためである。

本文はこのうちの壁ばね効果に着目し、立坑の平面形状、掘削深さをパラメータとした立坑壁の3次元効果（変形の抑止効果）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。

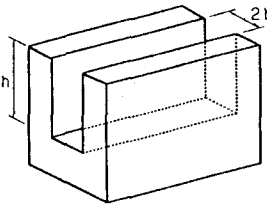


図-1.1 2次元モデル

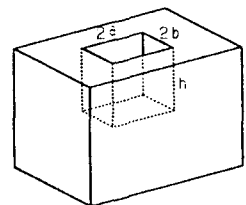


図-1.2 3次元モデル

2. 壁ばねモデル

壁ばねの効果を求めるために図-2.1に示すモデルを用いて土留めの計算をおこなう。これは、通常の弾塑性モデルに壁ばねが付加されているものである。次に、図-2.2に示す通常の土留めの弾塑性モデルを用いて、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、図-2.1で用いたものと同じ値を採用する。

図-2.3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る。

図-2.3における最大たわみ δ は、仮想変位の原理を用いることにより求められる。 δ の値は、長辺中央部のたわみと短辺の軸力による縮み量を足し合わせたものとして算出されるが、後者の値は長辺中央部のたわみ量に比べわずかであり、これを無視するものとする。したがって、壁ばねのばね定数は、等分布荷重をたわみ量で除した（2.1）式となる。

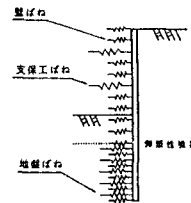


図-2.1 壁ばね付加モデル

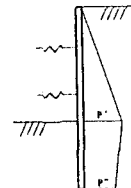


図-2.2 弾塑性モデル

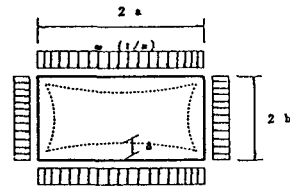


図-2.3 長方形ボックスラーメン

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

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 ($t \cdot m^2$)

また、解析に際しては、表-2.1に示す壁ばね定数 k_c （平面形状、土留め壁の曲げ剛性によって変化する）

と掘削深さをパラメータとし、表-2.2に
示す値は固定値とした。

表-2.1 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_0 (t/m ²)	1093.5	114.4	34.2	14.3	7.1

表-2.2 固定値

項目	固定値
主働側側圧係数	1.333
連続壁の曲げ剛性	0.455625E+6 (t・m ²)
切ばりのばね定数	11482 (t/m ²)
切ばり間隔	水平方向 = 4 (m) 鉛直方向 = 3 (m)
壁全長	90 (m)
受働側側圧係数	2.500
受働側地盤反力係数	1000 (t/m ³)

3. 解析結果

図-3.1に平面形状比(a/b)を1.0、掘削深さを10 (m)とした時の逆解析結果を示す。なお、逆解析結果の変位図においては、○印が順解析による変位データ、実線が逆解析による変位の近似解であり、図中のPARAMETER(1), (2), (3)は、それぞれ逆解析により求めた掘削面上主働側側圧の勾配、掘削面下主働側側圧の勾配、受働側圧係数(入力値)を示す。

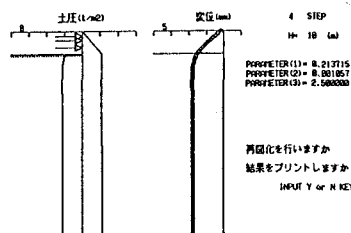


図-3.1 4 STEP 逆解析結果

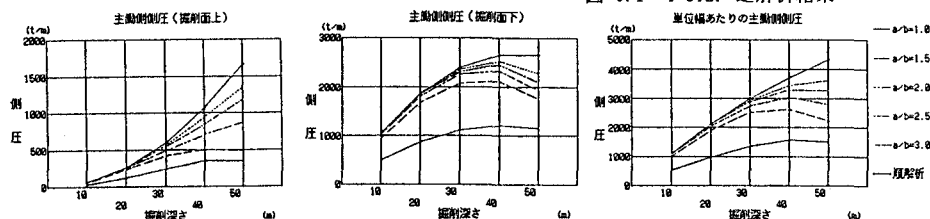


図-3.2 平面形状比別の主働側設計用側圧

図-3.2は設計用主働側側圧を掘削面上、掘削面下およびその合計について、縦軸に側圧、横軸に掘削深さをとり平面形状比別に示したものである。壁ばねによる側圧の減少量は立坑の平面形状比が小さい(a/bが1.0に近い)ほど顕著にあらわれるが、平面形状比が大きい場合(a/b=3程度)ではその効果があまりみとめられない。また、図より掘削深度が大きくなり、平面形状比が小さくなるにつれて、壁ばねが側圧を負担する割合も大きくなることがわかる。

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。

現段階では、固定値としたものを変化させた場合、どの程度設計用側圧に影響を与えるか、簡易的に求めることは困難であった。しかし、平面形状が小さく、掘削深さが深い立坑では、壁ばねの主働側側圧に与える影響が大きくなることが考察できた。今後の研究の進捗状況によっては、壁ばねの効果を設計用主働側側圧に反映させ、経済的な設計をおこなうことが可能になると考える。

なお、本解析の実施にあたっては、適切なご指導、ご助言をいただいた大規模土留め・立坑の設計施工技术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。