

III-242

山留め壁の回転破壊を想定した時の土圧変化

大成建設 技術研究所 正会員 川崎 宏二
The City University (UK) R. N. Taylor

1. まえがき

土留め壁の設計においては、様々な形で安全率が見込まれている。しかし、受働側の内部摩擦角が高い場合には所要根入れ長が短くなり、床付け周辺での余掘りやゆるみによって安全率が急激に低下することが懸念される。一方、土留め壁が回転等の変位を生ずると主働土圧の再配分があり、安全側に作用することも期待される。この現象を単純にモデル化したFEM解析と遠心載荷実験により検討した結果を報告する。

2. 解析と実験のモデル

図-1に示すように、剛な土留め壁が受働側の抵抗を失い、最下段切梁作用点で降伏し、その回りの回転で破壊に至る場合を想定した。

降伏した点より上部の壁は不動、受働側の土は無視、壁の下部のみが回転することによる土圧変化を調べた。

3. 解析の条件と結果

深さ方向15m、水平方向20mの地盤を図-1に示すメッシュ・境界条件に

て解析し、壁面の作用土圧、地中の応力・変位、地表面変位等を求めた。用いたプログラムは、CRISP90である。

入力定数、計算条件を表-1に示す。回転変位は4ブロック、各50ステップの計200ステップで与えた。壁面に作用する土圧の変化を図-2に示す。壁の回転変位によって回転中心点（下端より5m）の土圧は急増し、回転変位を生ずる位置の土圧は急激に減少する様子が明確に読取れる。静止状態からの土圧の変化は、主働受働を問わず変位量の小さい内が特に大きく、例えば土圧を合力で見た場合、回転角0.005ラジアン程度までの間で変化が特に大きい報告が見られる。今回の計算では、回転部の土圧の減少が大きくある一方、不動部の壁に作用する土圧は増大することを示している。実際問題としては、非常に高い剛性壁の一部が降伏し回転変位を生ずる場合、回転しない部分の壁に対する支保工軸力増加を考慮する必要がある事を示している。

4. 実験方法と結果

図-3に、遠心力載荷装置に搭載した模型を示す。80G場に達した時点で、壁の回転を開始した。壁の回転は、上部水平2ヶ所、下部中央1ヶ所をヒンジで支持しておき、下部支持部をてこによって後退させることで与えた。てこの力点に相当する部分をアクチュエータで受け、これを0.06~0.09mm/secで変化させた。これが作用点では、ほぼ0.026~0.039mm/secとなり、回転角では0.027~0.041rad/minとなる。加速度上昇中を含めて、支持力とアクチュエータに取付けた変位を測定し、搭載したCCDカメラでは地盤の変状を観察

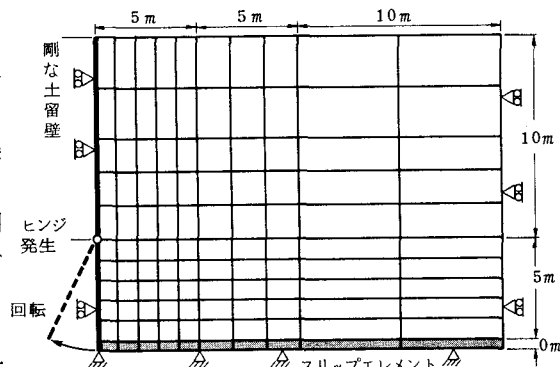


図-1 対象としたモデルおよびFEMにおけるメッシュ

表-1 入力定数及び計算条件

モデル	弾塑性性	強制変位	ブロック	下端変位: m(回転角:ラジアン)
降伏条件	モール・クーロン	1	1	0~0.05 (0~0.01)
単位体積重量	15 kN/m ³	2	2	0.05~0.2 (0.01~0.04)
ヤング率	10,000 kN/m ²	3	3	0.2~0.5 (0.04~0.1)
ポアソン比	0.25	4	4	0.5~1.0 (0.1~0.2)
内部摩擦角	30度	静止土圧係数		0.5

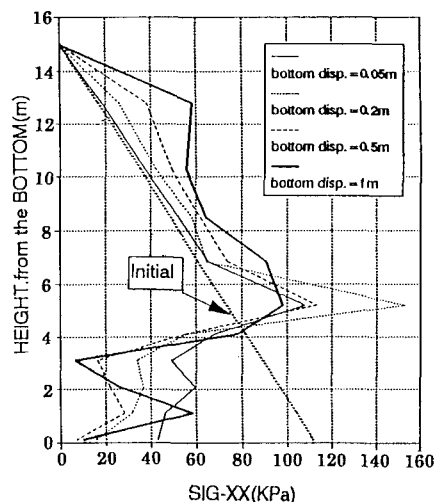


図-2 壁の回転による壁面に作用する土圧の変化

した。本実験の模型では、80Gに達するまでに生ずる主としてこの曲げ変形の影響を完全には除き得ず、静止土圧状態からの実験とすることが出来なかった。すなわち、80Gに達するまでの間で、相対的に軸剛性の低い下部支持の変位によって、回転する壁部分が既に主働状態になっていたと考えられる。このように静止状態からの土圧変化を追うことは出来なかったが、壁回転開始後についての土圧減少を観察されたすべりの進行過程を基に考察する。図-4に、ここで取上げる実験ケースについての概略を示す。なお、用いたのは、Leighton Buzzard砂である。すべりの観察から点A、Bにおける接線が水平となす角が各々 $\pi/2$ 、 $(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2})$ となる対数らせんABと直線AS及び壁面で囲まれたSABRT部について、対数らせんの中心O回りのモーメントの釣合いを見る。この時、図示したようにSART部を上載圧に置換えて扱い、土圧の減少に対してこの上載圧変化が直接寄与することとして、その推定を試みた。

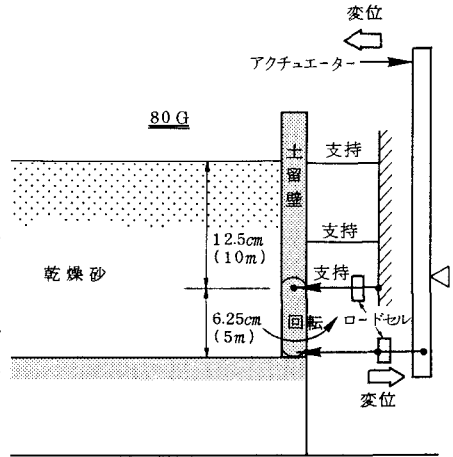


図-3 遠心載荷実験における模型の概要

表-2に実験から得られる支保力と壁面摩擦による時計回りのモーメントと土塊からの反時計回りのモーメントの一覧を示す。時計回りのモーメントは、図-4中の支持力UPとBPの合力の作用点を求め、その点に更に壁面摩擦力との合力を壁に対して角度 δ で作用させた時のモーメントとして算出した。また、上載圧として、A-----SART部の自重、B-----SA及びTR部の摩擦を考慮、C-----底辺ARと $(2 \times \phi)$ の頂角を持つ三角形の自重を採った。表から、既に主働状態の壁の回転開始前は、ほぼSABRT部の土塊に対応するモーメントに釣合う土圧、回転と共にSART部のアーチ作用によって土圧は減少し、観察から指定したA点に誤差はあるものの上載圧がC、又は対数らせん部ABRのみに対応する土圧にほぼ等しくなる事が判かる。

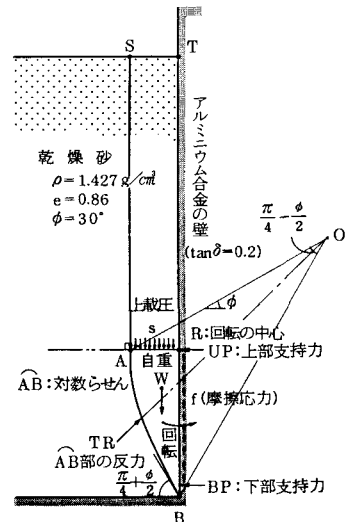


図-4 釣合いを考慮した土塊

5. 結論

土留め壁において、床付けの余掘りやゆるみ等により受働抵抗が不足し、壁に回転変位を生ずる場合の土圧再配分をFEMと遠心実験で検討した。乾燥砂の場合について以下の知見が得られた。

- (1)土留め壁の回転変位による土圧の減少は、回転部のみに生じ、その程度は回転の極初期が大きい。
- (2)回転変位の中心となるヒンジ発生点より上部の不動とした壁に作用する土圧は、回転と共に逆に増加する。このような破壊を対象とした安全性チェックには、この現象を考慮すべきである。
- (3)本報告のように回転部の壁の長さの2倍の土被りがある場合、回転が進んだ時点ではアーチ作用によって回転する壁の土圧は大きく軽減される。対数らせんで近似される土塊の自重のみ、あるいはそれに $2 \cdot \phi$ の頂角を持つ三角形の上載圧を付加し、対数らせん中心回りのモーメントの釣合いを考慮すれば必要支保力は、推定出来る。

<参考文献>

- ・B.Simpson (1992); Retaining structures : displacement and design, Geotechnique 42, No.4, 541~ 576
- ・福岡・村田・今野; 新編土質工学, 国民科学社
- ・K.Terzaghi (1943); Theoretical soil mechanics, New York : Wiley, 66~76
- ・J.H.Atkinson, D.M.Potts (1977); Stability of a shallow circular tunnel in cohesionless soil, Geotechnique 27, No.2, 203~215

表-2 点O回りのモーメント kgf・cm/cm

時計回り	反時計回り		
壁の回転 開始前	22.6	上載圧	計
すべりの直前	5.7	A 20.6	6.0 26.6
		B 7.7	6.0 13.7
		C 1.4	6.0 7.4