

III-A 150

地中矢板壁による液状化地盤の流動抑止効果

東京大学 正会員 東畑郁生

1. まえがき

地震で液状化した地盤が斜面下り方向へ流れる現象は近年大きく問題視されるようになった。流動を抑止するには、関係する地域全体で締固めなど液状化防止対策を施せばよい。しかし既存施設や土地所有の関係で締固めが不可能な状況もあり、そのときには異なる対策を考えなければならない。本稿では液状化の発生はやむをえぬものとし、流動変位を許される範囲内に抑える方法として、地盤の中に非液状化層まで貫通する矢板壁を設ける手法を考える。矢板壁による流動抑制効果をエネルギー手法によって計算し、報告する。

2. エネルギー原理

地中矢板壁による流動抑止工法は図1のように、液状化しない安定した地層まで矢板壁を貫通させ、その弾性反発で地盤流動をせき止めよう、というものである。流動抑止効果や矢板に発生する曲げモーメント等を計算する理論は文献1、2に記述されている。数値計算ではなく地盤や矢板の変形を解析的に解くことを目指しているため、いくつかの仮定をもうけている：

- イ) 液状化層は強度をもたない流体、地表不飽和層は水平方向に圧縮される弾性体である。
- ロ) 矢板壁は非液状化層を固定端とする片持ち梁であり、弾性梁理論で解析できる。
- ハ) 矢板背面の土の流動変位と矢板自身のたわみ ρ とは、局所的には一致しない。しかし鉛直方向に変位を積分した総流量は互いに一致する。

以上の考えに基づき理論的な解析を行なったところ、壁前後の液状化層は泥水として静水圧分布を壁に及ぼすこと、前後の地盤高さ、矢板のせき止め効果による地盤高さ変化が前後の泥水圧に差を生ずること、その結果矢板はたわむこと、が示された。矢板のたわみは未知量である地盤流動に支配されているが、流動は逆に矢板の挙動に依存しており、問題は不静定である。

3. 計算例

図2のモデルのように、長さ310m、厚さ5mの水平な液状化地盤の上に高さ5mの盛土がある。地盤の両端で固定（流動水平変位＝ゼロ）を条件とする。この条件で流動や盛土の沈下を計算したのがケース1の解析である。さらに盛土の安定のために長さ200mにわたって厚さ2mの土を盛ったのがケース2の解析である。ケース3ではさらに斜面法先に曲げ剛性 $E_{p,lp} = 35300 \text{ kN} \cdot \text{m}^2/\text{m} (3600 \text{ tf} \cdot \text{m}^2/\text{m})$ の矢板壁を非液状化層まで貫入させ、ケース4ではもう一カ所押さえ盛土の先端にも同様の矢板壁を設置してみた。

流動が充分長い時間続いたとき、地盤はポテンシャルエネルギーが最小になった位置で運動を停止する。このときのx方向の最終変位分布を図3に描いた。これによると、無対策のケース1で変位が小さいように見える。しかし盛土の部分(x=300m)ではケース1の変位が最大である。ケース2で抑え盛土を設けると盛土の最終変位は75%程度の経るが、代わりに押さえ盛土の変位が大きい。ケース3で盛土本体の法先(x=300m)に矢板壁を設けると盛土の変位はさらに小さくなった。しかし押さえ盛土には改良が及ばない。押さえ盛土を守るためx=100mの位置にさらに矢板壁を設置したところ（ケース4）、変位は全面的に小さくなった。

最終変位だけを比べていると押さえ盛土の効果はそれほどでもない。しかし実際には盛土を追加したことによって流動する土の総質量が増え、限られた地震動継続時間中に起こる変位は小さくなる。震動が止まると土はダイレイタンスーによってせん断抵抗を現わし、きわめてゆるい砂や斜面勾配が大きな場合を除き、この抵抗は流動を停止させるに足る。図4と図5に法先の水平変位及び天端沈下の時刻歴を描いた。無対策のケース1に比べて押さえ盛土のあるケース2ははるかに変位が小さく、ケース3や4のそれは一層微小である。ケース4ではごく短時間で最終変位に達している。具体的な変位値は表1にて確認されたい。

4. まとめ

地盤流動を抑止する方法として矢板壁と液状化しない土壁を想定し、その振る舞いを理論的に研究した。どちらの壁も地中に埋設されていることを前提としており、たとえば護岸のように土が裏込め側にしか無い場合は考慮されていない。また壁の表裏で液状化層厚が同一であることも仮定した。

5. 参考文献

- 1) 東畑郁生(1996) 液状化地盤の流動抑止工法の理論的研究、地盤工学研究発表会
- 2) I.Towhata(1995) "Liquefaction and Associated Phenomenon," Theme lecture, IS-Tokyo '95, Tokyo.

表1 変位の計算値（単位メートル）

| ケース | 流動10秒後 | | 20秒後 | | 最終値 | |
|---------------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| | 法尻水平 変位 | 天端 沈下 | 法尻水平 変位 | 天端 沈下 | 法尻水平 変位 | 天端 沈下 |
| 1 無対策 | 7.23 | 2.60 | 12.57 | 4.52 | 12.80 | 4.60 |
| 2 押さえ盛土 | 1.08 | 0.42 | 3.25 | 1.26 | 9.09 | 3.52 |
| 3 押さえ盛土 + 矢板壁1箇所 | 0.011 | 0.013 | 0.033 | 0.038 | 0.091 | 0.104 |
| 4 押さえ盛土 + 矢板壁2箇所 | 0.076 | 0.092 | 0.076 | 0.092 | 0.076 | 0.092 |

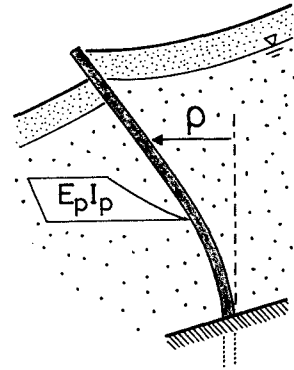


図1 矢板壁による流動抑止

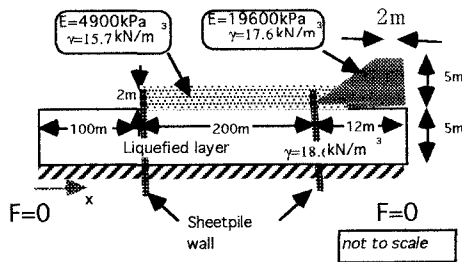


図2 計算用地盤モデル

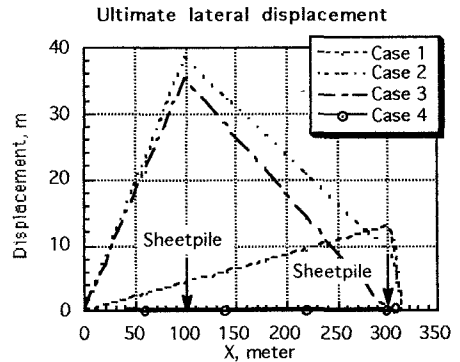


図3 最終水平移動量の比較

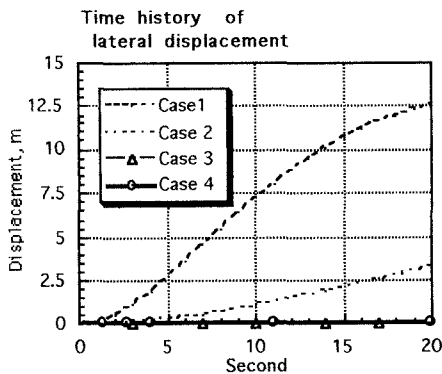


図4 法先水平変位の時刻変化

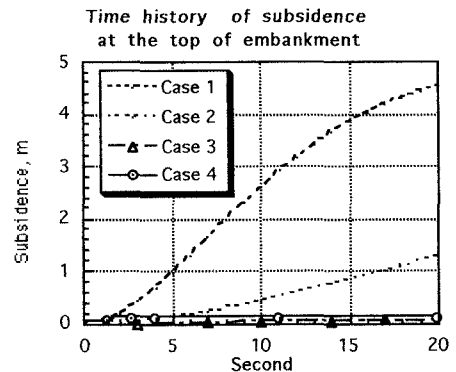


図5 天端沈下量の時刻変化