

遮水壁による地中構造物の液状化時浮上がり防止効果の研究（その1）

浮上がり防止効果の原理と設計方法

阪神高速道路公団 工務部 正会員 浜田信彦 小林 寛 吉村敏志
 清水建設 技術研究所 正会員 後藤 茂 真野英之 福武毅芳
 同 上 関西事業本部 正会員 ○竹束正孝 清水文夫

1.はじめに 釧路沖地震や兵庫県南部地震でのマンホールの浮上がりに見られるように、地震により地盤が液状化すると地中に埋設された比較的軽量の構造物に浮上がり変位が生じる。比較的大規模なものでは、新潟地震での病院地下室の浮上がりや、十勝沖地震での製紙工場中和槽の浮上がり等が報告されている。筆者らは遮水壁で囲むことにより構造物下の液状化層を閉鎖空間化するという概念¹⁾に基づく浮上がり防止工法を対象に、遠心模型実験および有効応力解析を行って構造物の浮上がり変位量の定量的検討を行った。本編では、工法の基本原理および実構造物に対する設計事例について述べる。

2.対策工法の考え方 従来の対策工法は地盤改良などによる液状化そのものを防止する方法やアンカーや杭などの反力部材を設置して構造物を非液状化層につなぎ止める方法であり、浮上がり抑止効果が明確ではあるが、本研究の対象とした工法は構造物周辺を遮水壁で囲むことだけである。この工法の対策原理は図1に示すように、液状化に伴い構造物に大きな浮上がり変位を生じさせる要因である構造物下部への液状化地盤の回り込みを防止することである。すなわち、構造物下の液状化層を遮水壁と構造物下面および非液状化層で囲むことにより、体積変化の出来ない閉鎖空間化することが原理である。この原理に基づけば液状化が生じても構造物は大きな変位を生じ得ない。

3.対策工法の設計手順 図2に設計手順のフローを示す。まず、液状化発生までの健全性を確保するために遮水壁の耐震性の検討を行う。これには有効応力解析などの地盤の液状化の影響を考慮できる手法を用いる。この時の遮水壁の許容応力は遮水壁の破壊しない範囲内で値を決めることができる。但し、遮水壁が塑性化する場合には液状化圧に対する検討でヒンジとして取り扱う等の配慮が必要である。

次に、遮水壁を梁として取り扱い、地盤の液状化圧が作用した場合での遮水壁の応力や変形量および非液状化層の地盤反力を算定する。この時に基本となるのは構造物と遮水壁が上下方向について相対変位を許す設計を行うことであり、両者を剛結した場合には本体構造物に無用な応力が発生することになる。また、相対変位を許すことにより、液状化圧による遮水壁の変形量は構造物の浮上がり量に転化される。

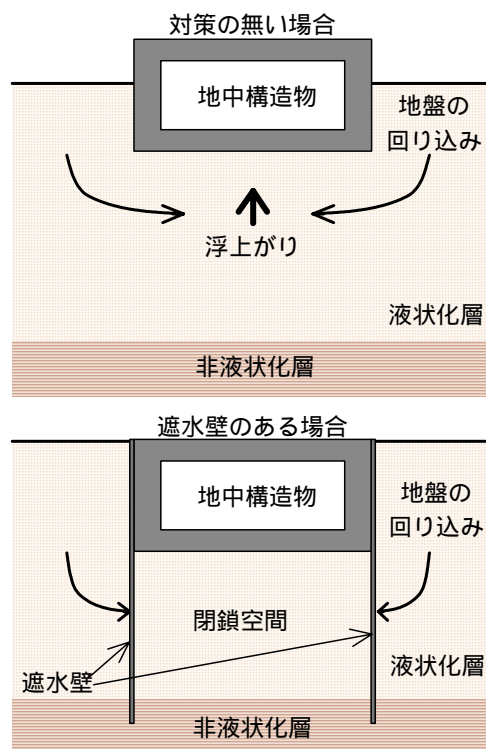


図1 対策工法の基本的概念

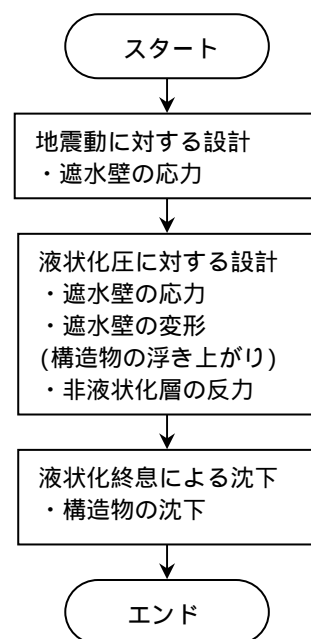


図2 対策工法の設計フロー

キーワード 液状化，浮上がり，対策工法，設計方法

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区本町 3-5-7 清水建設関西事業本部 T E L 06-6263-2814

また、地震直後の供用を要求され構造物については液状化終息後の沈下量も設計照査項目になる。

図 3 に液状化時の圧力分布概念図を示すが、地盤が液状化した時点での遮水壁へ作用する圧力は地盤の上下方向応力に等しいので明確に定まる。構造物下の液状化層は体積変化できず（閉鎖空間化）、構造物と遮水壁が相対変位を許す設計をされていることから、その圧力により生じる遮水壁の変形面積を構造物の幅で

除することにより構造物の浮上がり変位が求められる。遮水壁の変形は表 1 に示す簡便な式でも概算できるが、詳細に検討する場合などは地盤の弾塑性を考慮した梁バネモデル²⁾により解析する。

4.実構造物での設計事例 図 4 に遮水壁を用いた浮上がり防止工法を適用した工事の概念図を示す。この工事は幅約 20m の道路地下導入部であり、本体構造物である道路の建設のための山留め壁である鋼矢板が残置されている。図中の地層の Bk 層および As 層が液状化層であり、Ac 層が非液状化層として取り扱った粘性土層である。構造物を囲む遮水壁は SP-4 および SP-5 であり、構造物と遮水壁の間は低強度のセメント改良土で埋め戻している。

図 5 は地盤の弾塑性を考慮した梁バネモデルによる遮水壁の解析結果であるが、非液状化層に塑性化領域はほとんど生じなかった。壁の変形から算出される構造物の浮上がり変位量は 4mm 程度と極めて小さく、液状化終息後の沈下も周辺地盤と同程度の値であることなどから、本工区に遮水壁を用いた浮上がり防止工法を適用することに問題は無いと判断した。

5.まとめ 遮水壁を用いて構造物下の液状化地盤を閉鎖空間化するという発想に基づく液状化時の地中構造物の浮上がり防止工法の検討を行った。この工法は残置山留め壁がある場合に経済的に有利になる工法であるが、構造物下の地盤に改良等の処置を必要としないことから、既設構造物の対策にも適用できる可能性がある。さらに、長手構造物の縦断方向の取り扱いや沈下発生時期の制御などの検討を進めて実用性を高めていく予定である。

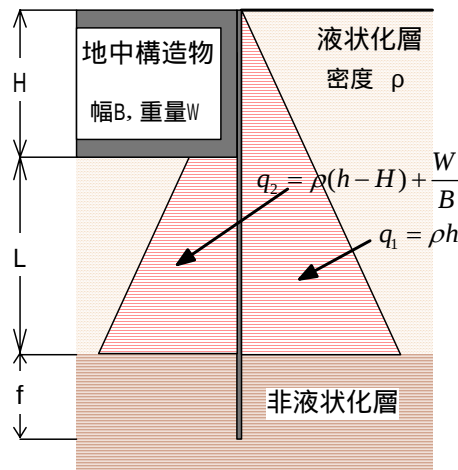


図 3 液状化時作用圧の概念図

表 1 簡便な解

遮蔽壁の応力
$M_{\max} = \frac{(q_1 - q_2)L^2}{8}$
$Q_{\max} = \frac{5(q_1 - q_2)L}{8}$
非液状化層のせん断力
$r = \frac{3(q_1 - q_2)L}{2f}$
構造物の浮上り量
$\delta = \frac{2}{B} \left(\frac{(q_1 - q_2)L^5}{320EI} + \frac{3(q_1 - q_2)L^2}{4fK_h} \right)$

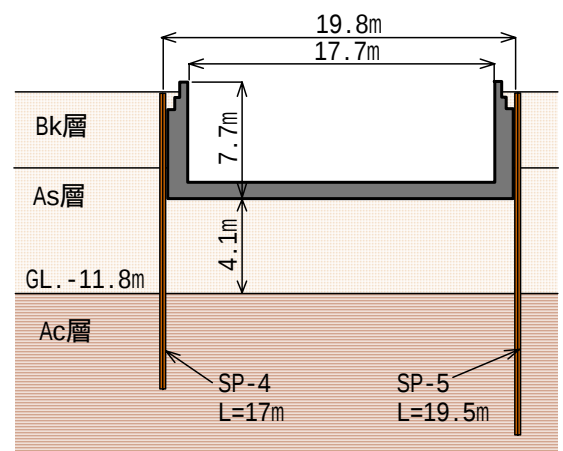


図 4 適用工区の概念図

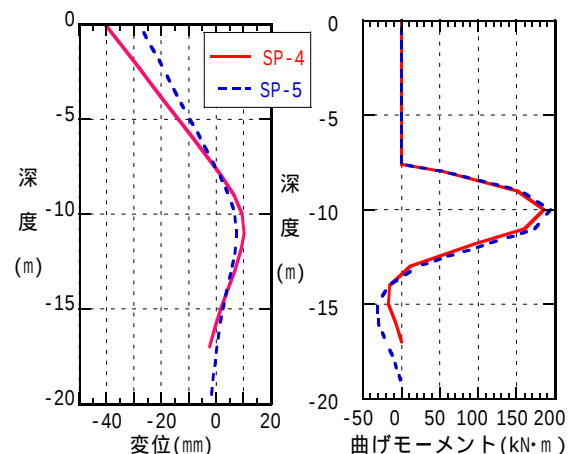


図 5 遮水壁の変位と曲げモーメントの分布

参考文献 1) Yoshimi, Y.(1998):Simplified design of structures buried in liquefiable soil, Soils and Foundations, Vol.38, No.1, pp.235-240, 2)浜田他(2003): 遮水壁による地中構造物の液状化時浮上がり防止効果の研究（その 2）, 第 58 回地盤工学研究発表会