

岸壁基礎の薬液浸透注入による改良に関する遠心载荷模型振動台実験

広島大学大学院工学研究科 正会員 土田 孝 学生会員 ○千田 尚史
 国土交通省中国地方整備局広島港湾空港技術調査事務所 西田 芳浩 鬼童 孝
 東洋建設(株) 正会員 鶴ヶ崎 和博

1. はじめに

阪神淡路大震災では、高置換率サンドコンパクションパイル (SCP) 工法で改良された地盤上に建てられた耐震強化岸壁において、2m を超える水平変位が生じた。耐震強化岸壁では大地震時においても変形を岸壁としての性能を保持できるレベルに抑制することが求められている。そのため、高置換率 SCP 工法を採用し地盤を改良した場合でも、耐震強化岸壁としての性能を満足するために何らかの対策が必要になってくる。

そこで、既設構造物直下への改良が可能で、半永久的な安定性を確保することが可能な、薬液浸透注入工法による改良を検討する。薬液浸透注入工法は、所定の時間後に固結性を示すグラウトという材料を地盤中の所定の箇所に圧入し、地盤の局所的な固結強化や止水化を図る工法である。しかし、薬液浸透注入工法は対象構造物に対して改良率 100%を基本としており、薬液も高価であることから改良コストが膨大になるという問題がある。そこで、本研究では低改良率でありながらも必要な強度が得られる改良パターンを見つけることを目的とし遠心模型実験により検討を行う。

2. 実験方法

実験の対象としたのは、水深 6m の重力式岸壁であり、縮尺 1/50 で模型を作成した。土槽サイズは幅 55cm, 高さ 45cm, 奥行き 15cm である。図-1 に模型断面を示す。

模型は、SCP 工法の 70%改良地盤を想定した相対密度 60%の砂地盤 (改良域) とその両端の相対密度 80%の砂地盤からなる底部地盤、基礎捨石、裏込石、相対密度 80%の裏埋土、粘性流体、ケーソンで成り立つ。底部地盤は、豊浦砂の相対密度 80%部分、60%部分を突固めで作成後、粘性流体を浸透注入し作成した。改良体を設置するケースでは、改良体以外の底部地盤作成後、あらかじめ作成した薬液と豊浦砂の混合物を改良範囲に入れ軽く突固め、3 日間養生し改良体を作成した。底部地盤作成後は水圧計を埋込み、マウンド、ケーソン、裏込石を入れ、粘性流体と豊浦砂の混合物を裏埋土として投入し、粘性流体を入れ、加速度計を模型土槽底部に設置し模型の完成とした。粘性流体の材料はメトロースと水の混合物であり、50g 場で砂の透水性に関する相似則を満足するため粘性が水の 50 倍となるよう調節した。また、薬液は特殊シリカ系の活性シリカを用いた。一軸圧縮強さは施工事例を参考に 120kPa とし、薬液シリカ濃度と養生日数 (3 日) を決定した。実験は模型内の応力を実物と等しくできる遠心载荷装置を用い、遠心加速度 50g のもと振動加速度 200gal, 周波数 50Hz, 波形 sin 波, 波数 20 波の水平振動を与えた。

実験は 4 ケース行った。Case1 は無対策の場合であり、高置換率 SCP 工法で改良した粘土地盤を想定し
 キーワード 液状化, 岸壁, 薬液注入工法, 遠心模型実験,

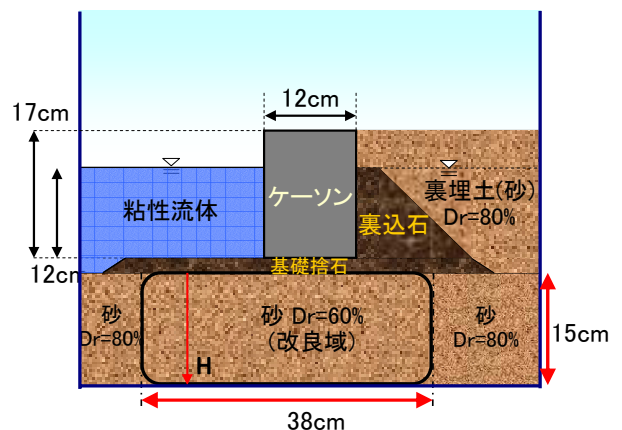


図-1 模型断面

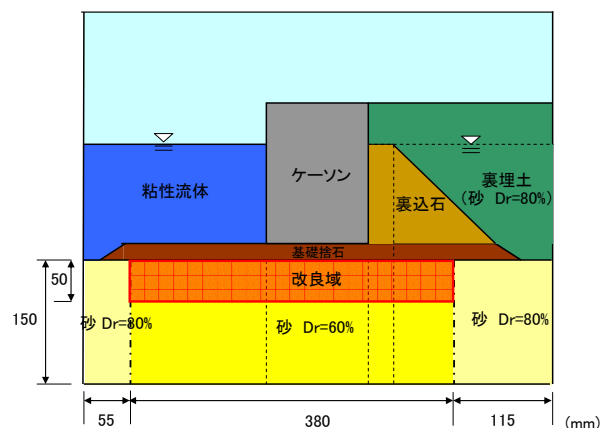


図-2 Case3 の模型断面

改良地盤の標準的な N 値より推定して、相対密度 60%の砂層とした。Case2, 3 はそれぞれ図-1 中に示す改良域の上から 3/3 (全部), 1/3 に薬液を注入した場合を想定している。Case4 は底部地盤の相対密度 60%地盤の内、ケーソン前趾下を中心として横方向に 33%改良した場合を想定している。図-2, 図-3 に Case3, Case4 の模型断面を示す。

計測項目は水平・鉛直変位, 水圧, 土圧, 加速度であり, 水平・鉛直変位は図-4 に示す位置に設置したターゲットをカメラで撮影し, 画像解析することで求めた。ターゲット番号は図-2 に示すようにケーソンでは T1~T6 の 6 箇所, 底部地盤ではカメラ撮影範囲の 84 点を, 上から TA, TB, TC, TD, TE, TF の 6 段, 左から 1~14 とした。

3. 結果

図-5 に実験結果より得られた改良パターンと岸壁底部地盤, ケーソンの変位の関係を示す。値は求めた変位を 50 倍して実物換算に直したものである。(a)岸壁底部地盤にはケーソン下のターゲット TB5, TB7, TB9 の変位を示し, (b)ケーソンにはケーソン左の T1 と T2 の変位を示す。図-5 の岸壁底部地盤の変位に着目すると, 全改良ではターゲットの変位がほとんど無く, 大きな改良効果が得られた。また, 33%水平上部改良においては, 底部地盤地表面の水平変位は半分程度になったが, 鉛直変位に関しては, 改良効果はみられなかった。それに比べ, 同じ 30%の改良でも, ケーソン前趾下 30%改良では水平変位は未改良の 1/5 程度に変位を抑制でき, 鉛直変位はほとんど無いという結果になった。また, ケーソン天端部の変位に着目すると, 全改良の Case2 では, 水平, 鉛直変位が未改良ケースよりもそれぞれ 24%, 31%低減した。また, 33%水平上部改良では変形抑制効果は特にみられなかったが, ケーソン前趾下 30%改良では未改良に比べ水平変位で 22%, 鉛直変位で 28%変位が抑制された。以上のように, ケーソン底部の地盤に着目すると浸透固化により, 地盤の変位は大幅に抑制された。改良率を 30-33%に抑制した場合をみると, 上部の深さ 1/3 を改良するよりもケーソン前趾下を中心とした一定の幅を下まで改良する方法のほうが, 地盤の変形抑制に大きな効果を発揮した。しかし, 今回の実験では地盤の変位が改良によって抑制された場合でも, 岸壁 (ケーソン) には大きな変位が生じた。観察結果より, この原因は加震によってケーソン直下 (前趾下) の基礎捨石部に大きな応力が作用して捨石部分で主要な変形が発生していることがわかった。よって, 重力式岸壁の地震時の変形を十分抑制するためには, 基礎地盤の改良だけでなく, 背後の土圧軽減と組み合わせるなどの工夫が必要と考えられる。

謝辞: 薬液注入工法に関し, 東亜建設工業(株), 富士化学工業(株)から支援を頂いた。ここに感謝の意を表します。

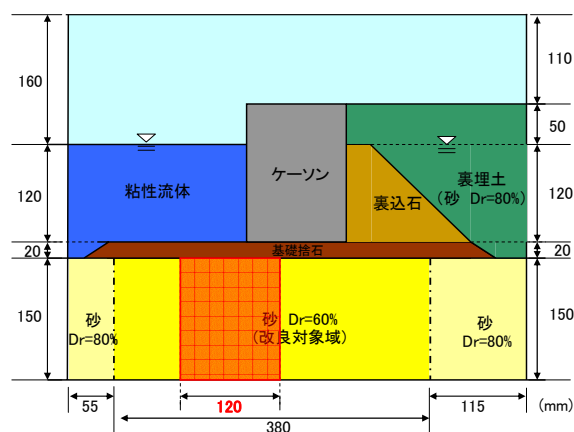


図-3 Case4 の模型断面

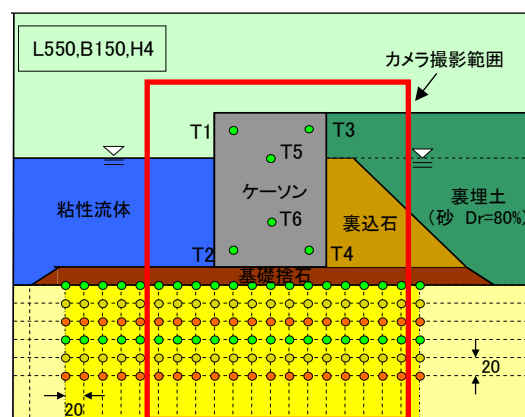
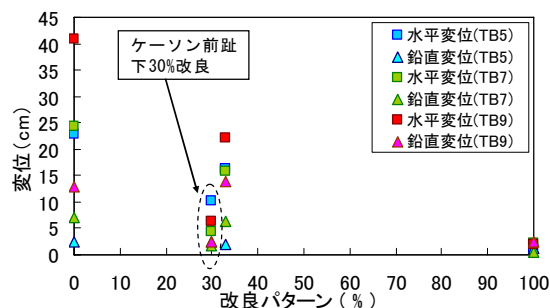
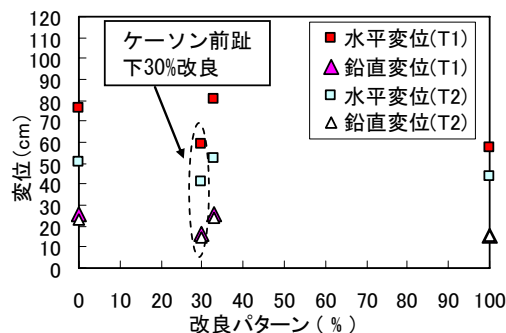


図-4 ターゲットの設置位置



(a) 岸壁底部地盤



(b) ケーソン

図-5 改良パターンと岸壁底部地盤, ケーソンの変位の関係(実物換算サイズ)