浸透固化処理工法を用いたケーソン式岸壁背後地盤の改良範囲に関する実験的考察

九州大学工学部　学生会員○末宗　利隆　　九州大学大学院　フェロー会員　善　功企
九州大学大学院　　正会員　陳　光斉　　九州大学大学院　　正会員　平松 浩三

1. 背景および目的

近年、頻発する大地震により液状化対策の重要性が十分認識されるようになってきている。そこで、既設構造物直下にも適用できる浸透固化処理工法が注目されているが、ケーソン式岸壁背後地盤に対して浸透固化処理工法を適用する際の改良範囲は、静的な設計法である震度法によるセメント系固化処理工法の改良範囲を適用しているのが現状である。そこで本文では、ケーソン式岸壁に浸透固化処理工法を適用する際の改良範囲の妥当性を評価することを目的として振動台実験を行った。

2. 内容

2.1. 実験概要

本実験で使用した模型土槽を、**図-1** に示す。背後地盤には 5 号硅砂(D_{50}=0.63)を使用し、水中落下法により相対密度 60%になるように調整した。本実験では、ケーソン式岸壁の滑動に注目するため捨石マウンドを作製せず、ケーソンの傾斜が発生しないものとし、朝長光らの研究 [1]よりケーソン背後の裏込め石は設置していない。また、土槽の両端にクッションを設置することで、波動の鉛直壁からの反射を低減している。本実験では、水圧計、土圧計、変位計、および加速度計を設置した。加速度計の設置位置はケーソンから 8cm 後方と改良境界面から 16cm 後方で深さ方向に 3 点ずつ設置した。また、変位はケーソンの水平変位・未改良地盤の沈下量を測定し、改良した実験ケースにおいては改良地盤内に水圧計を配置したが、変化は見られなかった。本実験の加振は 3Hz の正弦波を 10 波ずつ 100GAL～400GAL まで 100GAL 単位で増加させるステップ載荷で行った。実験ケースを**表-1** に示す。また、今回の実験で固化処理地盤の作成のために用いた薬液は恒久性の水ガラス(エコシリカⅠ)であり、濃度を 6%、薬液の初期 pH を 3 とし、供試体の一軸圧縮強度は加振時において 32 kN/m^2 である。

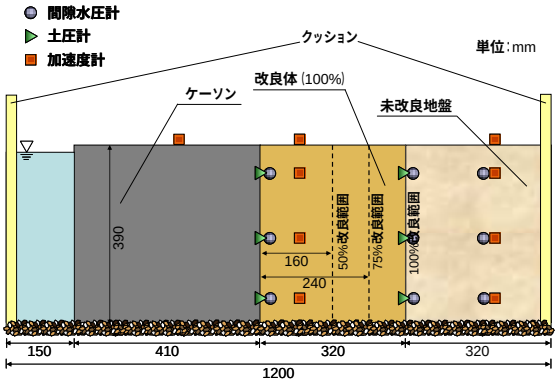

図-1　模型土槽

表-1　実験ケース

Case	薬液濃度	改良範囲　B/H	改良範囲 %表示
1	-	-	0%
2	6%	160/390 (=0.410)	50%
3		240/390 (=0.615)	75%
4		320/390 (=0.821)	100%

※）改良範囲は、震度法により設計水平震度 0.15 で滑動安全率が 1 となるときを 100%と定義する [2]。

2.2.実験結果および考察

図-2 にケーソンの前面への水平変位を示す。まず、背後地盤を改良していない Case1 において、200GAL 加振時で水平変位が生じており、300GAL 加振時で大幅に水平変位が生じている。これは、200GAL 加振時に地表面付近が液状化し、300GAL 加振時に地盤の中央付近の深さまで液状化したためである。一方、改良した Case2～Case4 においては、300GAL 加振時に若干の水平変位が生じ、400GAL 加振時に水平変位が生じている。しかし、Case1 と比較すると変位はわずかで、地盤改良の効果が見て取れる。岸壁水深が-7.5m 以上のケーソン式岸壁の変形量の目安は‘共用可能’で 0～30cm、‘共用制限’で 30～100cm であるが、本模型は 1/40 スケールであるので、400GAL 加振時における各ケースの

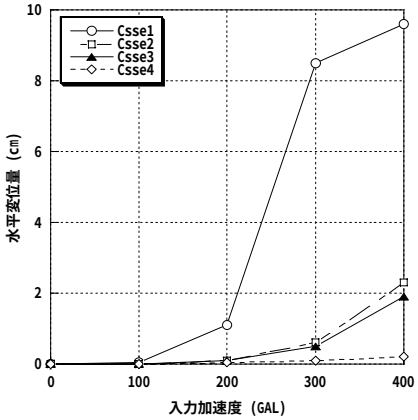

図-2　ケーソンの水平変位

ケーソンの水平変位量は、Case2 で 92cm、Case3 で 76cm、Case4 で 8.0cm である。よって、現設計改良範囲である改良範囲 100%の Case4 では過剰設計であり、改良範囲 75%の Case3 では‘共用可能’の範囲にとどまらないことから、改良範囲を 100%～75%の範囲に設定することが可能であると思われる。

Case4 の 300GAL における、ケーソン後と改良地盤・未改良地盤の境界面の水平土圧深度分布図を**図-3** に示す。水平土圧深度分布図は、土圧は非常に突出した点を多く取ってしまうため、加振前後における側方土圧の増分を K_0=0.5 の側方静止土圧に加えて作製した。K_0=1 の直線に近づくことで液状化が確認でき、変位計、また、本文には掲載していないが、過剰間隙水圧比の傾向とほぼ一致している。**図-3** のケーソン後と境界面の水平土圧を比較すると、ケーソン後の方が境界面より全体的に水平土圧が小さいことが見て取れる。

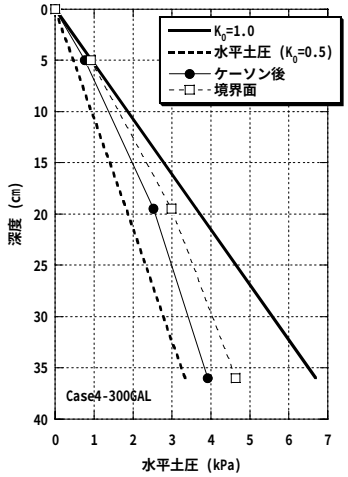

図-3　水平土圧の深度分布図

Case1～Case4 の 300GAL 加振時における土圧低減率【1－(ケーソン後の水平土圧) / (境界面の水平土圧)】の深度分布図を**図-4** に示す。**図-4** によると、未改良である Case1 においては、境界面の水平土圧とケーソン後の水平土圧の差はほとんどないのに対し、改良した Case2～Case4 においてはケーソン後の水平土圧の方が境界面の水平土圧より小さいことが確認できる。これは、液状化していない改良地盤により、液状化した改良地盤の側方土圧がケーソンに伝わるのを抑えられ、ケーソンに作用する土圧が低減されたためであると考えられ、改良範囲 50%の Case2 においても改良地盤により境界面の側方土圧がケーソンに伝わるのを改良範囲 100%の Case4 ほどではないが抑えられたといえる。

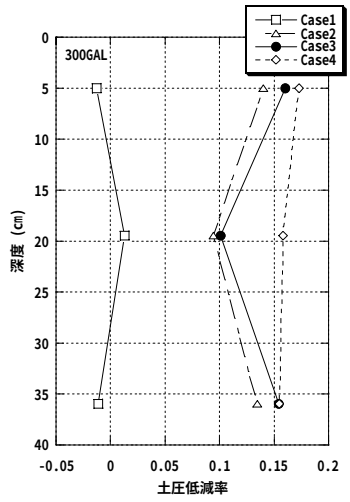

図-4　土圧低減率の深度分布図

土圧低減率と改良範囲の関係を**図-5** に、土圧低減率とケーソンの水平変位量の関係を**図-6** に示す。**図-5** より土圧低減率と改良範囲には相関関係が見受けられ、改良体の幅が大きくなると、土圧低減率も大きくなっていることが分かる。土圧低減率の値が大きくなるということは境界面の側方土圧がケーソンにまで伝わっていないということであるから、その結果として、**図-6** からもわかるように土圧低減率の値が大きくなるとケーソンの水平変位量も小さくなったと考えられる。このことから、改良範囲とケーソンの水平変位量には相関性があることが確認できる。

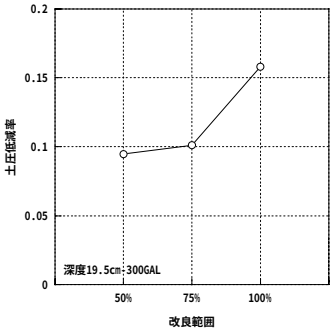

図-5　土圧低減率と改良範囲の関係

3. まとめ

(1)浸透固化処理工法の現設計法における改良範囲は過剰設計であり、改良範囲を 100%～75%の範囲で狭めることが可能である。

(2)ケーソンと未改良地盤との間に改良地盤を挟むことにより、境界面にかかる側方土圧がケーソンに伝わるのを 9%～16%抑えることができた。

(3) 土圧低減率と改良範囲、さらにケーソンの水平変位量には相関性が認められる。

4. 今後の課題

今後は改良体の強度を変えて実験を行うことにより、改良地盤の強度と土圧低減率、ケーソンの水平変位量の関係を解明する所存である。

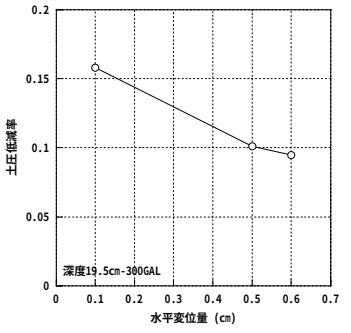

図-6　土圧低減率と水平変位量の関係

＜参考文献＞

1)朝長光ら:背後地盤を固化処理されたケーソン式岸壁の地震時安定性に関する研究，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集，第Ⅲ部門，pp.1059-1060.

2)社団法人　日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説.