

Ⅲ-A116

護岸構造物背後の流動化特性に与える背後地盤の液状化層厚及び相対密度の影響に関する実験的検討

建設省土木研究所 正会員 東 拓生  
建設省土木研究所 正会員 田村 敬一

1. まえがき

平成7年兵庫県南部地震では、臨海部の埋立て地盤の広い範囲で液状化が発生するとともに、特に水際線近傍では液状化に伴う流動化が発生し、橋梁基礎に残留変位が生じた事例が見られた。このことに鑑みて、平成8年12月に改訂された道路橋示方書では流動化に対する規定が設けられたが、流動化が基礎に及ぼす影響については未解明の部分が多く残されているのが現状である。本研究では、護岸構造物の背後地盤における流動化を振動台実験によって再現することにより、流動化が橋梁基礎に及ぼす影響について、護岸背後地盤の液状化層厚及び相対密度に着目して検討を行った。

2. 実験方法

図-1に実験模型の概要を示す。実験は、幅6m×奥行2m×高さ2mの土槽内に、護岸構造物模型(幅0.9m×奥行2m×高さ1.3m)を設置し、その背後には、豊浦標準砂を用いて水中落下法により、相対密度25%程度( $\rho_r=1.40\text{g/cm}^3$ )のゆるい砂地盤模型を作成した。ここで、実験前に水位を調整することにより、液状化層の上部に非液状化層を設けた。護岸構造物は、底面の摩擦係数が0.5程度になるよう調整し、水平震度0.15のとき滑動安全率が1程度となるよう重量調整を行った。実験では、150gal及び500galの2段階の加速度の5Hzの正弦波で5秒間土槽の長手方向に加振することにより液状化及び流動化を発生させた。また、背後地盤内には、図-2に示す地盤の水平変位及び流動力を直接測定するための計測器を埋設した。なお、本実験で得られた地表面及び地中の水平変位、流動力のデータ整理については、加振中の振動成分の影響を除去するため、振動台加速度のゼロクロスを抽出し、振動台加速度1周期ごとの平均値を算出して整理を行った。

実験ケースの一覧を表-1に示す。ケース1~4では、背後地盤の相対密度を25%とし、液状化層厚及び非液状化層厚を変化させた。またケース5では、背後地盤の相対密度を50%として実験を行った。

3. 地盤の水平変位に関する検討

図-3に、各ケースの500gal加振後の地表面水平変位と水際線からの距離の関係を示す。既往の報告<sup>1)</sup>と同様に、全てのケースで、水際線からの距離が遠くなると地表面水平変位は小さくなる傾向が見られる。ケース1では、ケース2と較べて大きな変位が生じている。しかし全層が液状化層であるケース3では、護岸構造物模型の浮力が大きくなり、滑動安全率を確保するために護岸構造物模型の重量を増加させており、これに伴って変位量が小さくな

表-1 実験ケース一覧

	非液状化層厚 $H_{NL}$ (cm)	液状化層厚 $H_L$ (cm)	相対密度 (%)
ケース1	50	100	25
ケース2	100	50	
ケース3	0	150	
ケース4	50	50	
ケース5	50	100	50

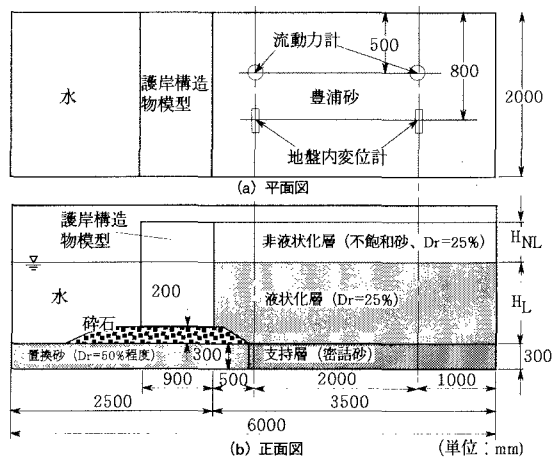


図-1 実験模型の概要

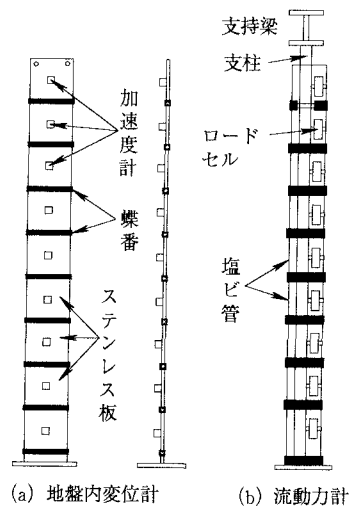


図-2 地盤内変位計及び流動力計

キーワード: 液状化, 流動化, 振動台実験, 橋梁基礎, 相対密度  
連絡先: 茨城県つくば市大字旭1番地, TEL 0298-64-4963, FAX 0298-64-0598

っているものと考えられる。また、液状化層厚及び非液状化層厚ともに50cmのケース4では、ケース1~3に較べて、護岸構造物模型に作用する土圧が小さくなるため、変位も小さい。相対密度を50%としたケース5では、水際線から1~2mの間で急激に変位が減少しており、護岸近傍に変位が集中する傾向があると考えられる。

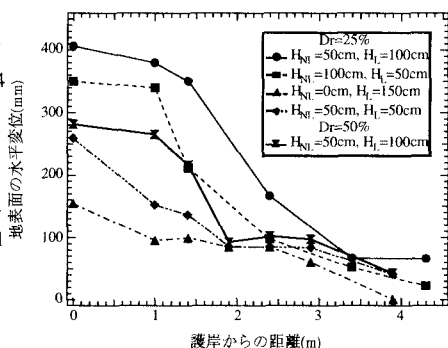


図-3 水際線からの距離と地盤の水平変位量

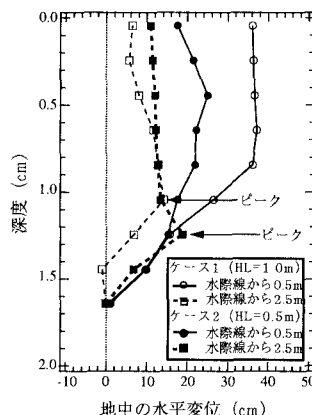


図-4 地中の水平変位分布

図4に、ケース1及びケース2において地盤内変位計により得た地中の変位分布を示す。

表層に非液状化層がある場合は、地表面の変位が小さいときは液状化層の中心深度付近で水平変位にピークが生じるが、地表面の変位が大きくなると、地表面付近での水平変位が大きくなる傾向が見られる。このような特徴を考慮して地中の水平変位分布を、式(1)のように定式化した。

$$\delta(\zeta) = \delta_s \cdot \exp(-3.6\zeta^\alpha + \alpha\zeta) \dots (1)$$

$$\alpha = 6.9 \left( \frac{H_L}{H_{NL} + H_L} \right) \cdot \exp\left(-\frac{3\delta_s}{\delta_0}\right)$$

$$\zeta = \frac{z}{H} \quad z: \text{深度} \quad H: \text{護岸の高さ}$$

$\delta(\zeta)$ : 地中の水平変位

$\delta_s$ : 地表面の水平変位,  $\delta_0$ : 護岸の水平変位

$H_L$ : 液状化層厚,  $H_{NL}$ : 非液状化層厚

式(1)は、 $z=H$ の時に $\delta(\zeta)$ が0に漸近すること、 $z=0$ のとき $\delta(\zeta)=\delta_s$ となること、係数 $\alpha$ により液状化層厚や地表面の変位を考慮して地中の変位分布の形状を変化させることができるなどの特徴を有している。

#### 4. 基礎に作用する流動力に関する検討

図5に、ケース1 ( $Dr=25\%$ )及び5 ( $Dr=50\%$ )の単位面積あたりの流動力及び過剰間隙水圧比の深度分布を示す。ケース1では、表層の非液状化層で流動力が卓越しているが、ケース5では深度50cm以深の液状化層内においても大きな流動力が生じている。これは、液状化層上部での過剰間隙水圧比が非常に低くなっていることが原因と考えられる。杭周辺の地盤のせん断ひずみが増加し、これに伴いやや相対密度の高いケース5では、正のダイレイタンスによる有効拘束圧の増加(回復)が生じたものと推測される。

#### 5. まとめ

護岸構造物の背後地盤における流動化を模型振動実験によって再現することにより、流動化が橋梁基礎に及ぼす影響について検討した。その結果下記のことことが明らかとなった。

- (1) 表層の非液状化層厚及び液状化層厚ともに薄いケースでは、護岸構造物に作用する土圧が小さいため、あまり大きな水平変位は発生しなかった。また、相対密度がやや高いケースについても変位は小さかった。
- (2) 表層に非液状化層がある場合は、地表面の変位が小さいときは液状化層の中心深度で水平変位にピークが生じるが、地表面の変位が大きくなると、地表面付近での水平変位が大きくなる傾向が見られた。
- (3) 相対密度がやや高いケースでは、液状化層上部に正のダイレイタンスによる有効拘束圧の増加(回復)が生じ、液状化層上部の流動力が大きくなっている。

#### 【参考文献】

- 1) 東拓生, 田村敬一: 地盤の流動化が橋梁基礎に及ぼす影響に関する振動台実験, 土木技術資料 40-3, pp50-55, 1998年3月

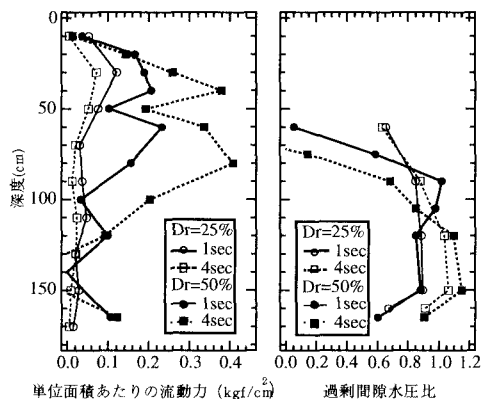


図-5 流動力及び過剰間隙水圧比の深度分布