

液状化地盤上の橋台基礎に作用する流動力の評価に関する実験的検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○鈴木 貴喜
 独立行政法人土木研究所 正会員 田村 敬一
 独立行政法人土木研究所 正会員 近藤 益央

1. はじめに

液状化地盤上の橋台の基礎では、地盤の液状化に伴って裏込め土が沈下し杭基礎に土圧（流動力）が作用することが考えられる。過去に地震被災を受けた橋台では、このような流動力が原因と考えられる事例が報告されている¹⁾。この側方流動の発生メカニズムに関しては未解明な点が多く残されており、橋台の合理的な耐震設計には、橋台躯体や基礎に作用する流動力の特性を把握し、それを的確に評価する必要がある。

本稿では、橋台の杭基礎に作用する流動力の特性を把握することを目的として、液状化地盤、橋台、杭基礎をモデル化し、1G 場における模型振動実験を行った。模型振動実験では、裏込め土の沈下に伴い杭基礎に作用する流動力に着目し、杭基礎に設置した小型土圧計により流動土圧を直接測定した。その測定した流動土圧から道路橋示方書²⁾の流動力算定式で用いる流動力補正係数 c_L を逆算し、実験結果に基づく c_L について検討した。その結果、 c_L は地盤の深度と液状化の程度に関係していることを明らかにした。

2. 実験概要

模型の概要および計測項目を図-1 に示す。なお、実験の詳細については、参考文献 3) を参照されたい。実験ケースと背後地盤内における最大過剰間隙水圧比の平均値 L_{uo} を表-1 に示す。ここで、 L_{uo} は各計測点で得られた最大過剰間隙水圧比を深さ方向に平均したものである。

3. 実測値から求めた流動力補正係数の評価

後列杭に作用する流動土圧の最大値の深度分布を図-2 に示す。流動分布の特徴としては、背後地盤の液状化程度が大きいほど流動力も大きく、橋脚に作用させる流動力分布（三角形分布）とは異なり、概ね深度方向へ一様な分布を示している。以上の実験結果をもとに、道路橋示方書の流動力算定式における液状化層中の流動力補正係数 c_L を、式 (1) により算出した。

$$c_L = \frac{q_L}{c_s \times \{\gamma_{NL} \times H_{NL} + \gamma_L (x - H_{NL})\}} \quad \dots (1)$$

ここに、 q_L ：液状化層中の深さ $x(m)$ の位置での後列杭に作用した流動力の実測値 (kN/m^2)、 c_s ：水際線からの補正係数(ここでは $c_s = 1.0$ とした)、 γ_{NL} ：裏込め土の単位体積重

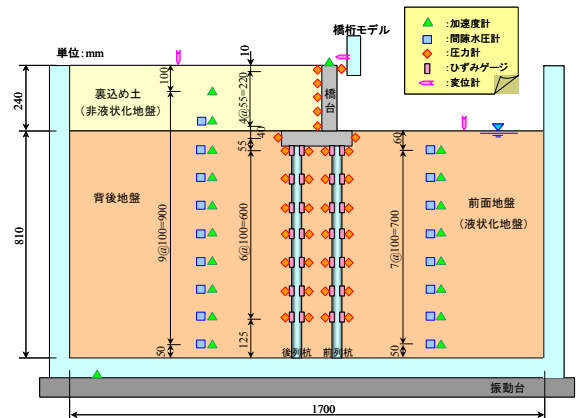


図-1 模型概要および計測器の配置

表-1 実験ケース

実験ケース	液状化地盤の 相対密度 (%)	入力加速度 (gal)	最大過剰間隙水圧 比の平均値 L_{uo}
Case02-11	4 O	400	0.93
Case02-12		200	0.76
Case02-21	5 O	400	0.74
Case02-22		200	0.51
Case02-31	6 O	400	0.77
Case02-32		200	0.44
Case02-4 (橋脚モデルなし)	4 O	400	0.71

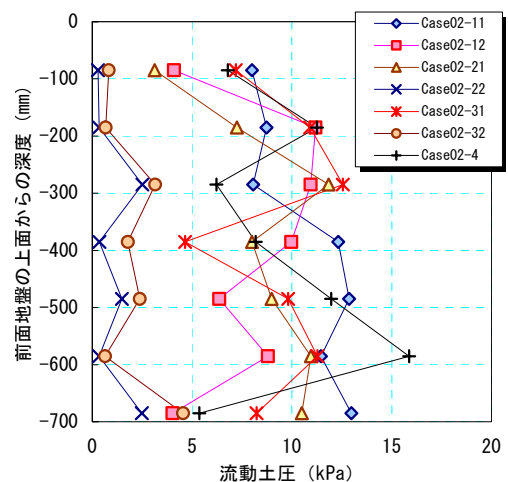


図-2 流動土圧の最大値の深度分布

キーワード 液状化，流動化，橋台，杭基礎，振動台実験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 耐震研究グループ振動チーム TEL029-879-6771 FAX029-879-6735

量 (kN/m^3)、 H_{NL} ：裏込め土の高さ (m) γ_L ：液状化層の単位体積重量 (kN/m^3)、 x ：前面地盤の上面からの深さ (m)。

(1)式により算出した流動力補正係数 c_L の深度分布を図-3 に、 c_L と過剰間隙水圧比 Lu の関係を図-4 に示す。 Lu の算出には、背後地盤内で計測した値の最大値を使用した。図-2 と図-3 より、流動力と背後地盤の過剰間隙水圧比の関係を考慮し、次に示す4つのグループに分けた。まず、実線で囲んだグループAは、 c_L と Lu が大きな値を示し、比較的杭の上端部で発生している傾向が見られる。グループAは、液状化に伴う地盤のせん断ひずみが大きく、流動力も大きく作用したものと考えられる。点線で囲ったグループBは、液状化程度は大きい、グループAに比較して、中程度の流動力が杭の中間部以深で発生している傾向が見られる。これは、グループAに比較して、杭中間部以深のため有効上載圧が大きくなることから液状化に伴う地盤のせん断ひずみが小さくなり、流動力も小さくなったと考えられる。1点鎖線で囲んだグループCは、全層にわたり液状化程度が小さく流動量も小さい。これは液状化が発生しなかったことにより、地盤のせん断ひずみが増加せず、流動力が大きくならなかったことによると考えられる。2点鎖線で囲んだグループA'では、液状化程度が大きくならないにもかかわらず、流動力は大きくなっている。これは、表層地盤では過剰間隙水圧の前面地盤への消散は早く進行するが、その下層において液状化程度が大きく、地盤のせん断ひずみが大きくなるため、大きな流動力が発生すると考えられる。

今回の実験結果によれば、橋台に作用する流動力は、表-2のような区分により流動力補正係数 c_L を用いて簡易的に算出することができる。算出に必要とされるパラメーターは、各計測点での最大過剰間隙水圧比 Lu 、表-1 に示す実験ケースごとの背後地盤内における最大過剰間隙水圧比の平均値 Luo および前面地盤からの深度である。

4. まとめ

本研究では、橋台の杭基礎に作用する流動力の特性について検討するため、道路橋示方書における流動力算定式を用いて、模型振動実験にて計測した流動土圧から流動力補正係数 c_L を算出した。その結果、 c_L は背後地盤の液状化程度と地盤の深度により変化するという特徴を示した。橋台の場合は、裏込め土による偏土圧が作用するため、流動分布や流動土圧の大きさが橋脚の流動メカニズムと異なるものと考えられる。今後は、橋台基礎に作用する流動力の定量的な評価に向けて、解析を含めて検討を行っていく必要がある。

【参考文献】1) 福井, 宮本, 染谷, 佐伯, 白戸：道路橋橋台およびその基礎の地震被災事例分析, 第4回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集, 2003.3 2) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, 2002 3) 鈴木, 田村, 近藤：液状化地盤上の橋台基礎に作用する側方流動力に着目した模型振動実験, 第38回地盤工学研究発表会講演論文集, 2003, 7(投稿中)

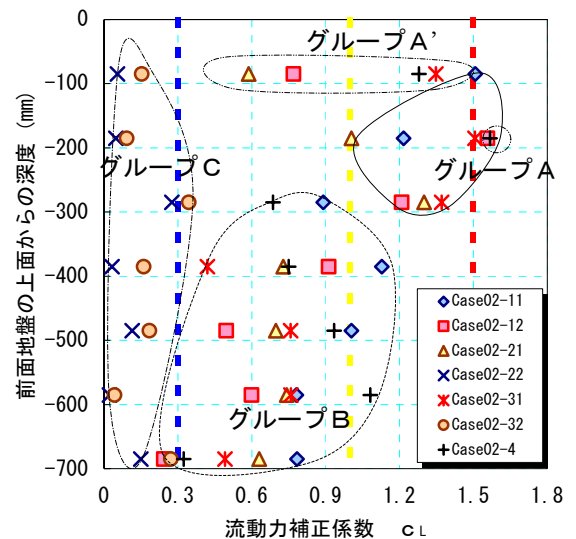


図-3 流動力補正係数の深度分布

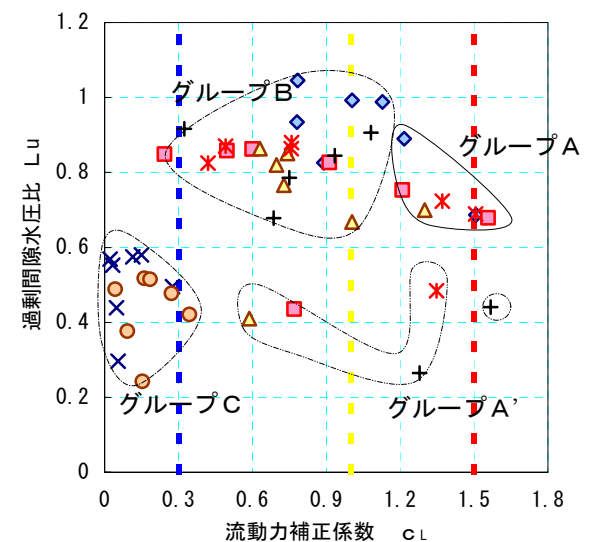


図-4 流動力補正係数と過剰間隙水圧比の関係

表-2 流動力補正係数 c_L の算出

グループ	流動力 (c_L で評価)	過剰間隙水圧比		前面地盤上面からの深度 x (mm)
		計測点ごとで評価	全体で評価	
A	$c_L=1.5$	$Lu \geq 0.6$	$Luo \geq 0.6$	$x < 300$
B	$c_L=1.0$			$x \geq 300$
C	$c_L=0.3$	$Lu < 0.6$	$Luo < 0.6$	-
A'	$c_L=1.5$		$Luo \geq 0.6$	$x < 100$