

橋台基礎における地盤流動量の評価 (その2)

九州共立大学 学○沖元 翼

九州共立大学 正 前田良刀 正 荒巻真二 正 狩山 裕

1. はじめに

地盤の地震時液状化による流動化を考慮して道路橋の設計を行う時、流動力の算出方法には道路橋示方書による方法<sup>1)</sup>と地盤流動量を求め、応答変位法で算出する方法がある。道路橋示方書による方法は原則として橋脚基礎に適用されるもので、橋台基礎への適用に関しては曖昧になっている。一方、地盤流動量の算出には、二次元解析による静的FEM解析より算出するのが一般的である。しかし、二次元解析は護岸構造物のような帯状構造物に対する検討においては有効であるが、橋台背面盛土を対象とするような場合には流動量を過大に評価してしまう可能性がある。<sup>2)</sup>

過去に経験した大規模地震における被害状況に着目すると、液状化が生じた橋台では背面盛土は前面側への変形をおこすことなく、鉛直方向に沈下する形態を示しており、橋台前面への大きな流動化が作用しているとは考え難い。

本研究では、液状化が生じる地盤上の橋台に働く流動化の影響についてパラメータ解析により地盤流動量の三次元効果について検討した。

2. 解析概要

図1は三次元解析モデルを示したものである。地層は地表面からAs1, Asc, Ac2-1, Ac2-2, As2の水平な5層から構成され、As1を液状化層とする。その上に盛土が有り、X方向幅は50.0mとする。図2に盛土部の解析モデルを示す。盛土部の横断方向幅(Z方向幅)の上面幅5.5m、のり面勾配1:1.8とし、液状化時の盛土の滑りを表現できるようなモデル化を行なった。

表1に解析に用いた各層の物理定数を示す。液状化後の変形係数は液状化層(As1層)では初期値の1/100、盛土部で半分の要素(図2中の白色部)を1/10に低減した。(昨年度の検討では盛土部全部を1/10に低減している)また、ポアソン比は液状化層のみを液状化前後で変化させた。

解析は液状化前・後の地盤の変形係数を用いた有限要素法による自重解析を行い、その相対変位量を流動化による地盤変位とする。解析ソフトは Mr.SOIL3D

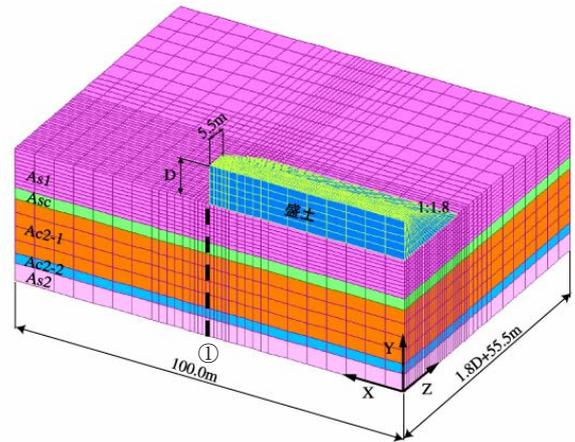


図1 三次元解析モデル

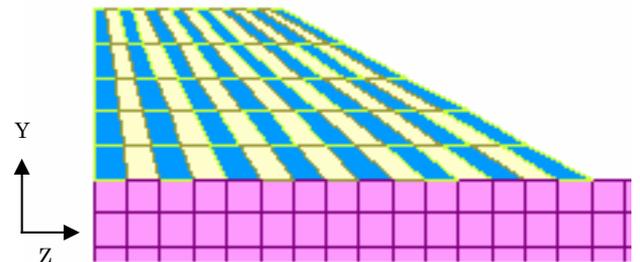


図2 盛土部モデル

表1 各地層の物理定数

	層厚 (m)	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\alpha \cdot E_0$ (KN/m <sup>2</sup> ), ポアソン比	
			液状化前	液状化後
盛土	D	18.0	80000, 0.33	8000, 0.33
As1	H	18.4	E, 0.33	E/100, 0.499
Asc	3.0	19.1	31000, 0.3	—
Ac2-1	14.0	17.2	25200, 0.3	—
Ac2-2	2.6	17.2	25200, 0.3	—
As2	4.6	19.1	84000, 0.3	—

表2 解析条件

盛土高	D	(m)	5.0, 10.0
液状化層厚	H	(m)	5.0, 10.0, 15.0
初期変形係数 $\alpha \cdot E_0$		(kN/m <sup>2</sup> )	10000, 19000, 40000

(株) CRC 総合研究所) を使用した。

表 2 に解析条件を示す。解析ケースは、盛土高、液状化層厚、液状化層の初期変形係数の全組合せ (18 ケース) について、二次元解析と三次元解析を行った。

### 3. 解析結果

図 3 は最大地盤流動量に対する盛土部のモデル化の影響について示したものである。δ X(3D\_A)は今回の解析結果、δ X(3D\_B)は昨年度の解析結果である。

今回と昨年度の最大流動量を比較した場合、比率で 0.1~0.3 程度が小さくなっている。これは、今回の盛土部のモデルが昨年度のモデルより剛性が大きくなり、As1 層の変形を拘束しているためである。

流動量の三次元効果の評価は、液状化層の X 方向最大流動量の三次元解析 δ x(3D\_A)と二次元解析 δ x(2D)の比率によって行う。

図 4 は三次元効果と盛土の横断方向幅Bと液状化層厚Hの比の関係を示したものである。ここで、盛土の横断方向幅Bは、台形断面を等価な矩形断面に置き換えて算出した。また、昨年度提案した三次元効果の近似式 ( $=1 - e^{-B/2H}$ ) も図示している。B/Hが大きくなるにしたがって、三次元効果が小さくなり、盛土の横断方向幅が三次元効果に大きく影響することが分かる。今回の解析ケースでは二次元解析の 0.4~0.7 程度の流動量であった。また、液状化層H=5.0mの解析結果と提案している近似式の間には大きな差がある。

図 5 は三次元解析結果 δ x(3D\_A)と (式 1) より算出した最大流動量の関係を示したものである。

$$\delta_{X(3D\_推定値)} = 17.5 \times \left( \frac{E}{\gamma \cdot D} \times \frac{1}{H} \right)^{-0.95} \left( 1 - e^{-\frac{B}{2H}} \right) \quad (式 1)$$

ここに、E : 初期変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)  
 γ : 盛土単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
 H : 液状化層厚 (m)    D : 盛土高 (m)

液状化層厚 H=5m のケースでは、最大地盤流動量の解析値に比べて推定値が大きく見積もっている。しかし、その他のケースでは比較的良く一致している。

### 4. まとめ

地震時液状化により橋台背面盛土が流動化した場合の地盤流動量の評価に関する検討を行った。今回の検討ケースでは三次元効果として 0.4~0.7 程度あり、橋台背面盛土のように直角方向幅が有限長の場合には三次元効果を考慮することで橋台基礎に対して経済的

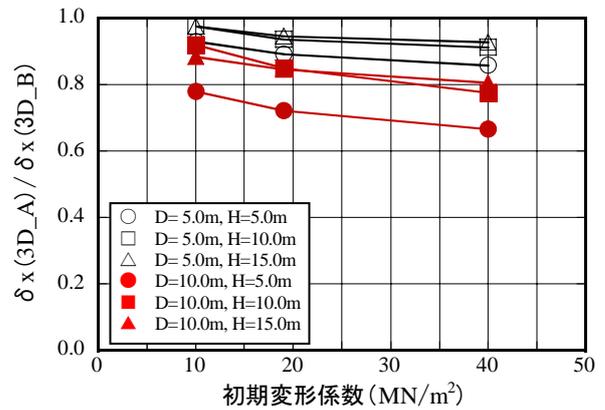


図 3 盛土部のモデル化の流動量への影響

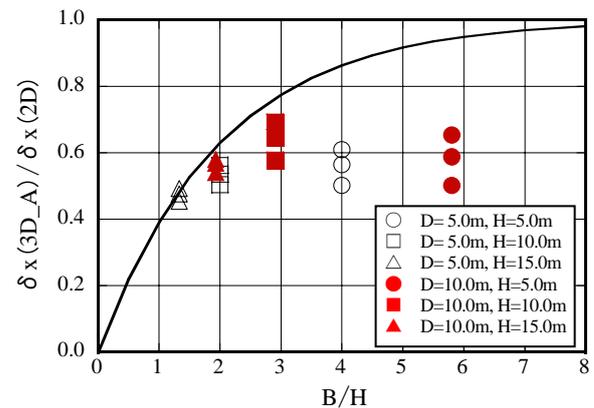


図 4 流動量の三次元効果の評価

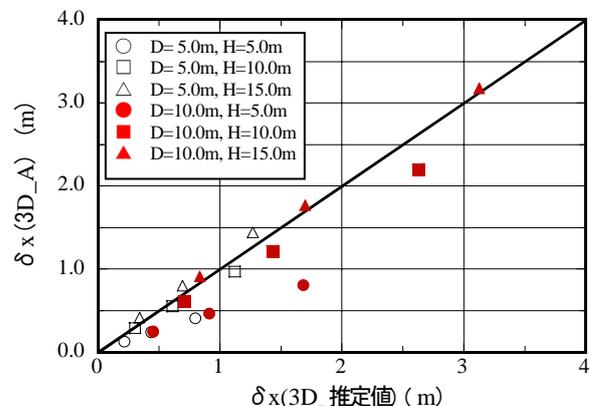


図 5 推定精度の検討

な設計が可能となる。また、提案した最大変位量の推定式は概ね三次元解析結果と一致することが確認できた。ただし、液状化層厚 H=5.0m の場合での誤差が大きく、今後検討する必要がある。

### <参考文献>

- 1) (社) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 丸善, 2002
- 2) 大和、前田、田上、山内 : 地盤の側方流動量の三次元性に関する検討, 第 57 回年次学術講演会, 2002.9
- 3) 埴村、前田、荒巻 : 橋台基礎における地盤流動量の評価, 平成 16 年土木学会西部支部研究発表会, 2006.3