

Ⅲ-A146

側方流動の簡易解析手法に関する問題点と検証解析

その2. 検証解析

佐藤工業（株） 正会員 規矩 大義
 正会員 吉田 望
 正会員 ○上澤 充
 東京電機大学 正会員 安田 進

1. はじめに 筆者らが提案している、側方流動に関する簡易解析法は、液状化前後の地盤剛性をを用いた2度の自重解析から側方流動量を求めるもので、計算量も少なく、定数の設定が比較的容易であることが特徴であるが、解析条件の設定方法や解析手順によって最終変位量が大きく異なることも指摘されている。第1報¹⁾では、側方流動の予測に簡易解析法を適用する場合の問題点を抽出した。本報告では、こうした点が解析結果に与える影響について、モデル地盤によるパラメトリックスタディを通じて検討を行なう。

2. 検証解析 解析に用いたモデルは、新潟地震の際に側方流動で大きな被害を受けた昭和大橋付近の信濃川右岸の断面である。N値 10 以下の液状化層が内陸側から河心方向に向かって傾斜して堆積しており、護岸矢板の根入れは非液状化層までは達していない。

(1) 初期地盤の物性値に関して 図1, 2には、初期の地盤物性の設定方法として $E=280N$ の換算式による方法1と、N値からせん断波速度を介してせん断弾性係数Gを算出する方法2の2つの方法を用いて解析した結果を示す。ポアソン比は液状化前後で、 $\nu=0.33, 0.499$ に仮定し、剛性の低下率を $1/100$ から $1/5000$ まで変化させている。前報¹⁾でも示したように、2つの方法は初期の地盤物性値が異なるため、同じ剛性低下率を用いると、当然のことながら両者の変位量は異なってくる。今仮に、水平変位量を $5m$ と仮定し、2つの方法を用いた解析結果が一致するように剛性低下率を逆算すると、方法1で $1/500$ 、方法2で $1/2000$ と約4倍の違いとなる。変形はおおむね同じ形状をしており、剛性低下率の設定に配慮すればどちらの方法を選んでもよい。むしろ、剛性低下率の設定に実験結果をどう適用するかといった問題や、その導出過程での物理的意味合いについて検討することの方が重要といえる。

(2) 増分解析 図1の変形図を見ると、地層境界が傾斜し始めた付近が流動の起点となり、矢板が大きくはらみだし、信濃川に向けて大きく地盤が流れだしている様子が表現されている。しかし、矢板背面の地盤で $3m$ 近くの沈下量が計算されたり、矢板前面の河床地盤が逆に大きく押し上げられたようになっているなど、かなり不自然な変形形状となっている。剛性低下率を上げてゆくとその傾向はさらに顕著になり現実の事象と乖離してくる。これは、極端に小さな剛性の要素に大きな力（自重相当分）を一度に掛けることに起因している。そこで、液状化時の解析段階で、荷重を分割載荷し、各ステージ毎に座標系を更新してゆく増分解析を行った。初期地盤の物性は前述の方法2

キーワード: 液状化、側方流動、地震、解析、有限要素法

連絡先: 佐藤工業(株) 中央技術研究所 (〒103 東京都中央区日本橋本町 4-12-20, TEL 03-3661-2298, FAX 03-3668-9481)

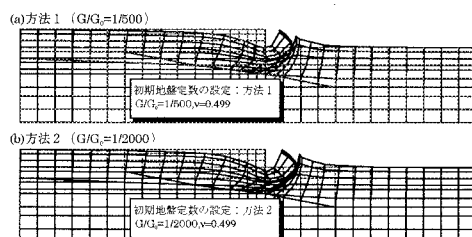


図1 初期物性の違いによる解析結果(変形図)

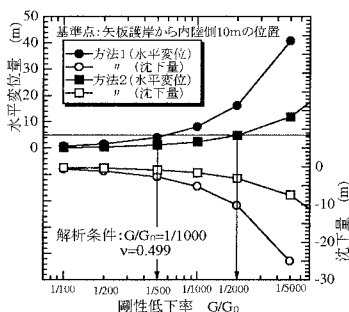


図2 剛性低下率と変位量の関係

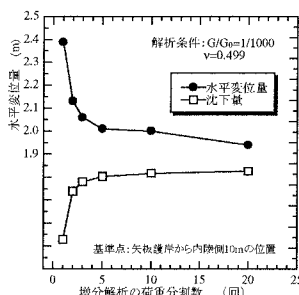


図3 分割回数と変位量の関係

に従い、解析条件は液状化時の剛性低下率 $G/G_0=1/1000$ 、ポアソン比 $\nu=0.499$ に固定して荷重分割数を変えた解析を行った。図3には分割回数と基準点での水平変位量、沈下量を示す。分割回数を増やしてゆくと水平変位は若干小さくなっていくが、矢板背面での沈下量も小さくなってきて変形の不自然さは薄らいでいる。ただし、座標更新でのみ有限変形の効果を採り入れているこの手法では、変形にともなう応力の補正項を考慮していないので、分割が細かくなりすぎると計算誤差が累積して逆に変位量が大きくなる可能性もある。分割回数が3回程度までは、分割を細かくしてゆくと変形量が小さくなっていく。この傾向は、水平変位よりも沈下量において顕著である。分割数5回あたりから変形量の変化は小さくなり、10回から20回程度の分割数でほぼ収束しているようである。ただし、この回数は解析モデルに依存する値であって、剛性低下率が大きい場合や液状化層に加わる初期せん断力が大きい場合には、分割を更に細かくしなければ変形が収束しない。

（3）ポアソン比の検討 前報で例示したように、ポアソン比については、剛性低下率の違いによって等体積変形条件を満足させ得る値が異なってくる。ポアソン比は体積変化に関わる定数として、特に沈下量に大きな影響を与える。図4には、液状化後の解析段階におけるポアソン比を $\nu=0.45$ から $\nu=0.4999$ まで変化させた解析の変位量比較を、図5には変形図を示す。図中の◎と□のプロットは剛性低下率が $G/G_0=1/1000$ の場合における等体積条件を満たすポアソン比を用いて解析した結果である。従って、この値より小さなポアソン比では体積弾性係数が小さくなり、大きな体積変化を起こす結果となる。今回の条件の範囲では、水平変位に大きな違いは生じないが、沈下量では3.3mから80cmまで、かなり大きな違いが見られる。水平地盤で側方流動の影響を余り受けていないと考えられる河床中央部での沈下量を見ても、沈下量は2m～40cmと大きな値を示している。等体積条件での結果は僅か2cmであり、ほとんど沈下を起こしていないことが確認できる。変形図を見ると、 $\nu=0.45$ や 0.49 の条件では、水平変位は概ね出ているが、液状化層全体が極端に圧縮された形状になっている。 $\nu=0.499$ 以降の結果を見ると、護岸近傍を除いて大きな沈下はほとんど見られない。一般に、液状化による側方流動が生じた地盤では、同時に沈下も生じることが通常であり、その値は体積ひずみにして3%～8%と考えられている。今回のモデルで考えると、約15cmから40cmの沈下が生じることになる。側方流動解析において、逆にこうした沈下量をうまく表現できるようなポアソン比を用いて解析を進めている事例も見受けられるが、この手法の原理を考えると、沈下量を合わせることは意味がない。本手法では、液状化後の過剰間隙水圧の消散に伴う体積変化は考慮しておらず、従って、解析では実現象での沈下は再現出来ないことに注意を払うべきである。流動が生じた後の沈下量を算定するには、液状化に伴う体積ひずみを予め求めておいて、この解析モデルの各要素に1次元的に掛け合わせたものを重ねあわせるなどして求める方法が妥当である。

3. おわりに 側方流動の簡易解析法を適用するにあたっての問題点について検証解析を通じて検討した。本手法は簡便でパラメータも少ないことから、それなりの解析結果を得ることは容易であるが、物性値の設定方法や適用の限界を十分に把握・判断した上で解析を行なうことが重要である。

参考文献: 1) 規矩 他:側方流動の簡易解析手法に関する問題点と検証解析(その1)、第53回土木学会年次講演会、(投稿中)

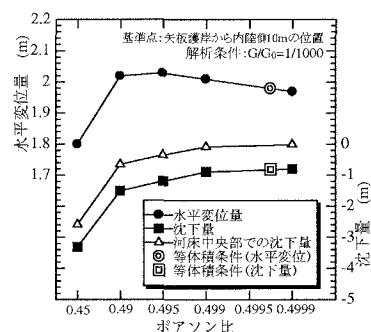


図4 ポアソン比と変位量の関係

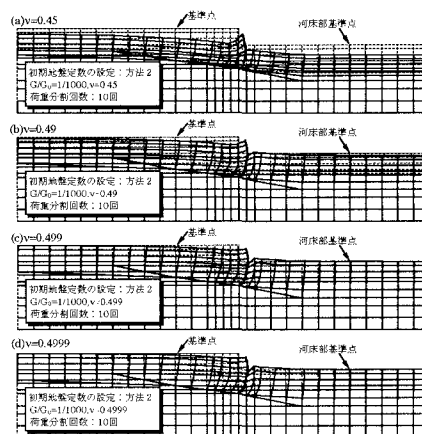


図5 ポアソン比の異なる解析結果(変形図)