

初期応力の設定が液状化時の変位に与える影響に関する研究

東北学院大学工学部 学生会員 ○高橋 寿
東北学院大学工学部 椎谷 真
東北学院大学工学部 正会員 吉田 望

1 はじめに

兵庫県南部地震を契機として、各種設計指針に性能設計の考えが取り入れられるようになった。その結果、液状化の問題においても液状化の発生を許容するような設計が可能になってきた。液状化が絡む問題では、地盤の変位を精度よく予測することが、液状化の発生を許容し、構造物の機能を維持するためには重要である。

液状化が発生すると、せん断強度がなくなるので、初期に作用していた応力は解放され、これに伴い、液状化した要素が変形する。変形量は作用している応力に依存する。したがって、異なる初期応力から液状化すると、異なる変形となることが想定される。ということは、初期応力の値が変形予測のキーとなる可能性があるということである。地盤の初期応力を求めようとすれば、自然堆積地盤では堆積過程からの応力の履歴を把握する必要があるし、工事の進展に伴う盛立、掘削などの過程も追う必要がある。しかし、このような作業は実務的には不可能なことも多いし、また、その様な機能が備わっているプログラムを使ったりして、手間もかかるため、実務ではそこまでの深入りは避け、簡易な方法で求めることが多い。

本論文では、初期応力の設定法が、液状化時の変形挙動にどのように影響を与えるかを検討する。

2 解析モデル

解析対象は、文献1)に示されるタンクのある地盤である。図1に解析モデルを示す。①はタンク、②～④は地盤（③が液状化層）である。タンクは二次元解析の都合上、見かけの特性としてモデル化している。また、文献1)では地盤は未改良、構造物直下を改良、やや広めの改良などのケースを想定したが、本論文では、そのうち、地盤が未改良地盤のケースを扱う。材料特性等は文献1)に示されているものと

同じものを用いたので、ここでは省略する。

3 解析手法

解析は、ALID²⁾の考えに基づいて行う。図2は地震前と液状化時の応力-ひずみ関係を模式的に示したものである。図のA点は地震前の状態で、構造物の存在によりせん断応力が採用している。地震が始まると、過剰間隙水圧の上昇に伴い、せん断強度も低下していくので、図で実際のパスと示したような経路で、せん断応力は低下していく。

ALIDでは、これを地震前後の応力-ひずみ関係のみを用いて簡易的に求めている。ここでは、応力緩和法を用いて液状化時の変形を求める。すなわち、液状化対象ではA点で変形を拘束し、応力-ひずみ関係を初期状態から液状化時のものに変更する。すると、この変形を維持するためには、 $\tau_A - \tau_B$ の応力で拘束する必要があるが、これを解放することによって液状化時の変位を求める。

なお、実際の解析では、液状化時の応力-ひずみ関係は初期せん断剛性の約1/3000の剛性を持つ線形



図1 解析モデル

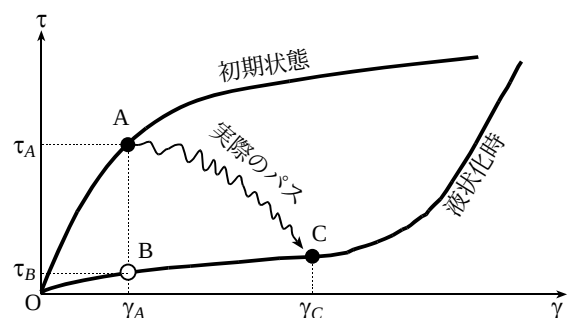


図2 地震前後の応力-ひずみ関係模式図

の関係におき、さらに、 τ_B は小さいので0と想定する。また、図ではせん断挙動が示されているが、体積変化に関しては、非排水状態を仮定し、体積弾性係数を水と土骨格の体積弾性定数から全応力解析に用いる体積弾性係数を求めた。

- 初期応力は、次の5つの方法で設定した。
- ・自重解析：弾性で全ての重量を一度に載荷
 - ・ K_0 状態を想定した簡易設定： K_0 は0.5と1.0、また有効上載圧は構造物のない水平成層地盤の値をそのまま用いるケースと、構造物直下の要素のみ構造物の重量を考慮したケースを想定

実際の計算では、上記のように設定した応力状態より液状化層の等価節点力を求め、液状化時の応力－ひずみ関係を用いたモデルに外力として作用させた。なお、ALIDでは液状化層上部の非液状化層の剛性低下も考慮しているが、ここでは、簡単のため液状化層以外は初期剛性を用いた。

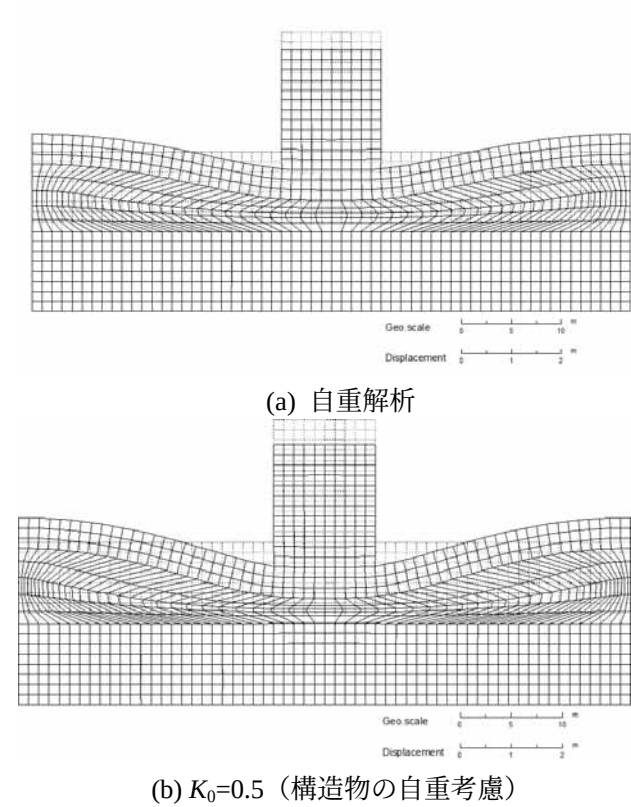
4 解析結果と考察

図3に変形の大きかった二つのケースの変形図を示す。また、表1に重要な節点の変位を示す。ここで、変位は正が浮き上がり、負が沈下である。また、地盤A、Bはいずれも地表で、Aは構造物との共通節点、Bは側方境界上の点である。当然、天端および地盤Aは沈下、地盤Bは浮き上がりとなっている。

また、図3に示した二つのケース以外では変形はほとんど0である。わずかに値があるのは、見かけの体積弾性係数が無限大ではないからである。 K_0 で設定するケースでは構造物の存在を考慮した上載圧を用いる場合で、 $K_0=0.5$ の時にのみ大きい変形が現れている。水平成層地盤のみとして初期応力を求めた場合には、等価節点力は各節点で同じで、鉛直下方を向いているだけなので、全体が同じ量沈下するだけである。また、構造物の存在を考慮しても、 $K_0=1.0$ では初期せん断応力が作用していないので、変形が生じなかった。わずかに、構造物直下の要素と自由地盤の要素で鉛直応力の差はあるが、大きな変形を起こすようなものではなかった。

5 おわりに

初期応力が液状化時の変位に与える方法を検討し



(a) 自重解析

(b) $K_0=0.5$ (構造物の自重考慮)

図3 変形図

表1 キーポイントの変位

初期応力設定		天端	地盤 A	地盤 B
自重解析		-0.357	-0.350	0.351
水平成層	$K_0=0.5$	-0.007	-0.007	-0.007
	$K_0=1.0$	-0.007	-0.007	-0.007
構造物考慮	$K_0=0.5$	-0.490	-0.479	0.476
	$K_0=1.0$	-0.013	-0.013	-0.007

た。その結果、液状化時の変形を発生させるのは初期せん断応力であり、その設定により変位は大きく異なることがわかった。なお、ここでは、液状化層が全て同時に液状化する、液状化層上部の非液状化層の剛性の低下を考慮していないなどの条件下で行ったが、これらを考慮すれば変形の差はより大きくなる可能性がある。

参考文献

1) 土木学会 地震工学委員会 (2003)：レベル2地震動による液状化，レベル2地震動による液状化研究小委員会活動成果報告書，レベル2地震動による液状化に関するシンポジウム論文集，pp. 253-254

2) 安田進，吉田望，安達健司，規矩大義，五瀬伸吾，増田民夫 (1999)：液状化に伴う流動の簡易評価法，土木学会論文集，No. 638/III-49，pp. 71-89