「兵庫県南部地震による神戸市ポートアイランドでのボアホール 観測記録とそのシミュレーション」に対する討論

(川瀬 博, 佐藤智美, 福武毅芳, 入倉孝次郎著 日本建築学会構造系論文集,
第475号, 83-92, 1995年9月号掲載)

DISCUSSION ON THE RESEARCH ACTIVITY PUBLISHED AS “BOREHOLE RECORDS OBSERVED AT THE PORT ISLAND IN KOBE DURING THE HYOGO-KEN NANBU EARTHQUAKE OF 1995 AND ITS SIMULATION”

(Hiroshi KAWASE, Toshimi SATOH, Kiyoshi FUKUTAKE and Kojiro IRIKURA,
J. Struct. Constr. Eng., AIJ, No.475, 83-92, Sept., 1995)

吉 田 望*

Nozomu YOSHIDA

Liquefaction analysis at Port Island in above paper were discussed as following items.

- 1) Water table: seasonal change ;change by fill
- 2) Boundary condition: initial shear; shear failure and liquefaction
- 3) Material property: determination of model parameters, reliability of the analysis

Keywords: fill land, water table, initial shear, liquefaction, dynamic deformation characteristics

埋立, 地下水位, 初期せん断, 液状化, 動的変形特性

1. はじめに

本論文は, 地震後2ヶ月も経たない時点でまとめられており, その迅速さに驚いています。しかし, 液状化解析の部分に関しいくつかの疑問があるので討論させていただきます。

2. 地下水位の設定について

論文では地下水位の設定に関し, 柱状図には示されていないことから, KP-1m に設定し, 精度として $\pm 1\text{m}$ を挙げておられます。KPは神戸港における平均海面ですから, この設定値は地下水位が海面下にある事を示しています。ポートアイランドが沖合に作られた人工島であることを考えると, この判断は一般的な常識とははずれているように感じられます。また, 盛土をすることによって地下水位が上がることはよく知られている事実です。これらを考えますと, 著者らの用いられた地下水位はかなり常識の範囲を超えているといわざるを得ません。

著者らの根拠はPS検層でP波速度が急変する部分があ

ることと考えられます。しかし, 地下水位に関しては, 柱状図の値を用いることが常に良いとは限らないことも常識的な知識です。それは地下水位には季節変動, 長期変動などがあり, いつも同じ値を保っているとは限らないからです。つまり, ボーリングを行った季節と計算したい季節が異なっていれば, 必ずしも柱状図に示された値を使う必然性はなくなります。地下水位に関しては, 解析を行う時点の値を想定することが大事で, 仮に, PS検層結果で地下水位が著者らの推定値にあったとしても, 前記の理由で地震時にその値が保持されていたという事は考えにくいと考えられます。

液状化解析では地下水位の設定は重要な事項であり, 上記に示したような常識的でない値を用いることは問題があるように思います。

3. 境界条件と過剰間隙水圧の発生量について

液状化解析では, 二次元要素を鉛直に一列に並べ, 要素の各節点を水平ローラーで支持するという境界条件で行

* 佐藤工業(株)中央技術研究所 主席研究員・工博

Research Head, Engineering Research Institute, Sato Kogyo Co., Ltd.,
Dr. Eng.

図-1 過剰間隙水圧の発生に伴うモールの円の移動

われています。このことは、側方では変位（ひずみ）は指定されていませんので、応力が一定に保たれていることを意味しています。

地盤は地震前でも異方応力状態にあり、一次元にモデル化されるような水平成層地盤も初期せん断力が存在し、鉛直方向と水平方向の二つの主応力の大きさは異なっています。モールの応力円で表して、初期状態で図-1で初期状態と示した応力状態にあったとします。ここで、 σ'_{vo} 、 σ'_{ho} は初期有効上載圧と水平応力です。水平方向の力の釣り合いに関して、境界条件から、次式が成立します。

$$\sigma'_{ho} = \sigma'_h + u \quad (1)$$

ここで、 σ'_h は水平応力、 u は過剰間隙水圧です。一方、上載圧も変化しませんから、式(1)と同様の式は鉛直方向についても成立します。したがって、地震によるせん断応力の変化を考慮しなければモールの円は形を変えず図-1の左の方に移動するだけです。モールの円の移動は破壊線に接するところで止まりますから、過剰間隙水圧は最大でも図で u_{max} と示した量しか発生することは出来ません。地震によるせん断応力が作用していれば発生可能な過剰間隙水圧はもっと少なくなります。

一方、貴論文によれば、過剰間隙水圧の発生量は初期有効上載圧と同じオーダーになっているようです。この差はどこからくるのでしょうか？ 一つの仮定は、初期応力状態を等方応力状態としたというもののですが、それでは地盤の解析で非常に重要なファクターである初期応力状態を正しく考慮していないことになります。

4. 非線形解析における材料特性について

非線形解析では材料特性の設定で結果が大きく作用されます。特に本計算のように、ターゲットとすべき応答値が少なく、これに対し設定すべき定数が多い場合には材料特性の選定方法で結果を大きな範囲で変化させることが出来、その中からターゲットにあう物を探すことが可能です。たとえばこのサイトについては、国生らりが逆解析を行い、観測値との一致が非常にいい結果を得ています。貴論文ではこのサイトでは液状化が発生したとの結論になっていますが、彼らの結果を引用し、このサイトでは液状化は起こらなかったという結論も出せないことはないわけです。

このような解析では、材料特性の設定とそのモデル化が

どの程度妥当なものかという事が結果の信頼性を確保するため重要なことです。

貴論文ではこの点につき、「地盤の土質種別、 N 値、年代、 S 波速度を参考に、もっとも妥当と思われる値を設定した」と示されていますが、筆者の知る限りではそのような客観的な方法は存在しません。また、埋土に用いられているマサ土については、その液状化の発生事態が話題になったほどで、貴論文をまとめられた地震後2ヶ月では液状化特性など、ほとんど分かっていなかったと思います。

材料特性に関する論文中の記述に、「砂混り砂層の S 波速度は PS 検層結果では 210m/sec であるがそのままではこの層に歪が集中するので、 N 値や他の調査結果も勘案してここでは 240m/sec と仮定した」という部分があります。地下水位の設定では一般的な常識から離れてまで PS 検層結果を採用されたその一方で「ひずみが集中するので」という客観性のない理由で、弾性波速度を変更され、設定された値にも必然性は感じられません。ひずみが集中することは柱状図を見ただけでは分かるはずがありません。

先にも述べたように、この種の解析ではいくつかの方法で似たような結果を出すことが出来ます。したがって、客観的な、信頼できる方法でモデルパラメータを決めていなければ、その結果を信頼して、結果に基づく議論を行うことは困難と考えます。しかし、これまでに述べましたように、貴論文からはそのような信頼感を得ることが困難です。

材料特性が不明の場合、適当な値を模索し、結果を合わせることに意味があることもあります。それは、そのことにより材料特性を推定する事が出来るからです。逆解析や表面波探査などはその例といえましょう。その場合には、得られた材料特性は結果として重要なものですが、貴論文では、用いた材料特性も、モデルパラメータの値も示されていませんので、このような意図で行われた解析とも考えられません。また、読者である私達が貴論文の計算を追試する事も出来ません。

以上の点につきご意見をいただきたいと存じます。

参考文献

- 1) 国生剛治, 佐藤清隆, 松本正毅: 1995年兵庫県南部地震での非線形震動特性, 土と基礎, 第43巻, 第9号, pp.39-43, 1995.9

(1995年11月27日原稿受理, 1996年2月27日採用決定)