

Ⅲ-A170

有効応力解析を用いた神戸ポートアイランドの改良・未改良地盤における液状化挙動の検討
（その1）地盤のモデル化

東京理科大学	学生会員	小俣 貢
東京理科大学	正会員	石原 研而
基礎地盤コンサルタンツ（株）	正会員	シユコ チュアリノキ
東京電力（株）（元東京理科大学）	正会員	古川園 健朗

1. はじめに

兵庫県南部地震は、埋立地盤を中心に液状化による被害を多大にもたらしたが、地盤状況によって被害の度合いに大きな差が見受けられた。そして、特に埋立地盤の改良地盤における地震時の挙動を解明することは、液状化対策工の効果や今後の設計・施工に反映させる貴重な資料となると考えられる。そこで本報告では有効応力解析手法によって神戸ポートアイランドの改良・未改良地盤の液状化挙動について解析を進めたので報告する。まず（その1）では、埋立土であるまさ土の室内試験結果より Stress-Density モデル¹⁾におけるパラメータの選定を行い、解析サイトのモデル化を定量的に進めた。そして（その2）では解析結果を示している。

2. まさ土の S-D モデルのモデルパラメータ

S-D モデルは、砂の状態概念（State Index）を用いることによって、一組のモデルパラメータで様々な密度の応力状態を再現できることが特徴である。そしてモデル化にあたっては、まさ土を用いた再構成試料による非排水と排水の三軸単調載荷試験の結果、並びにまさ土の不攪乱試料を用いた繰返し三軸試験で得られた液状化強度曲線を用いて、S-D モデルに関するパラメータを決定した。また不攪乱試料を用いた三軸単調載荷試験の結果から導いたまさ土の密度と原地盤の N 値の関係を用いることによって、地盤のモデルの定量化を図った。以下にその詳細について述べる。

2-1 State Index に関するパラメータ

State Index に関するパラメータは、非排水三軸単調載荷試験の結果から選定した。図-1 には、非排水三軸圧縮・伸張試験によって得られた定常状態ラインおよび極限間隙比ラインを示す。以下にこれらの関係を示す式を示す。またこの e-p 平面から State Index を算出することができる。ここで e_0 は、極限間隙比である。

$$e - e_0 = 0.034 - 0.051 \log P' \quad (P' > 10 \text{ kPa}) \quad \text{式 (1)}$$

$$e - e_0 = -0.017 P' \quad (P' \leq 10 \text{ kPa}) \quad \text{式 (2)}$$

$$e_0 = 0.43 \quad \text{式 (3)}$$

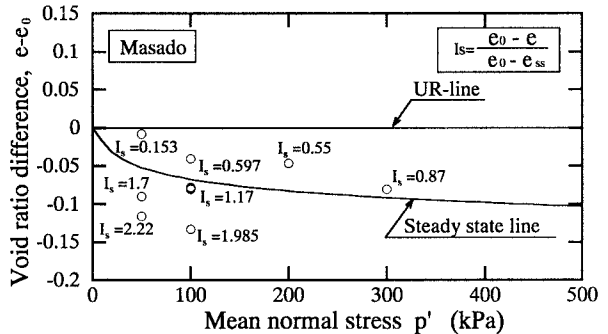


図-1 まさ土の State Index を定める e-P 平面

2-2 応力・ひずみに関するパラメータ

応力・ひずみに関するパラメータは、排水試験の結果から選定した。図-1 には、排水三軸圧縮試験の初期状態も併せて示しており、それぞれ初期状態の State Index を計算することができる。そして最大せん断応力比 $(\tau/P)_p$ 、せん断初期の正規化せん断剛性 $G_{N,max}$ 、そして大ひずみ時の正規化せん断剛性 $G_{N,min}$ をそれぞれ I_s の関数として表したものを図-2、図-3 に示す。これが、応力・ひずみに関するパラメータとなる。以下にこれらの関係を表す式を示す。この関係から S-D モデルでは、応力ひずみに関するパラメータは State Index の関数であることが理解できる。

$$(\tau/P)_p = 0.745 + 0.1 * I_s \quad \text{式 (4)} \quad G_{N,max} = 332 + 60 * I_s \quad \text{式 (5)} \quad G_{N,min} = 158 + 23 * I_s \quad \text{式 (6)}$$

S-D モデル、まさ土、液状化、有効応力解析

〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学土質研究室 TEL0471-24-1501 (内) 4056

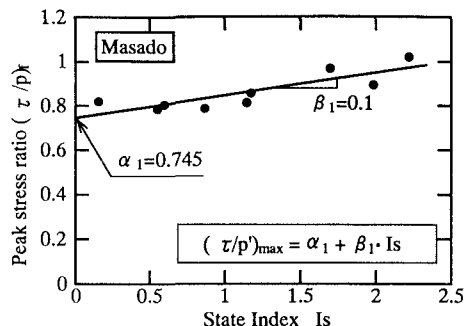


図-2 State Index の関数である強度パラメータ

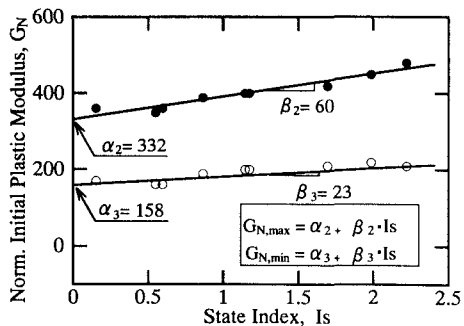


図-3 State Index の関数である変形パラメータ

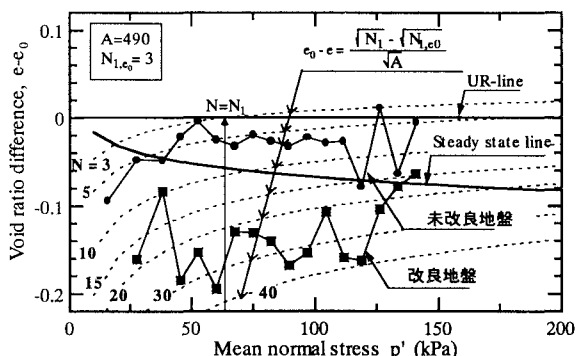


図-4 N値と間隙比e、平均有効主応力P' との関係

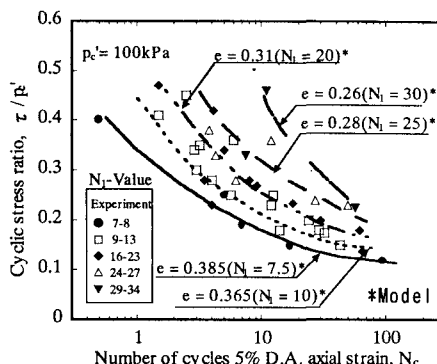


図-5 不攪乱試料を用いた液状化強度曲線

2-3 N値と間隙比の関係

不攪乱試料を用いた三軸単調載荷試験の結果から導いたまさ土の密度と原地盤のN値の関係を図-4に示す。紙面の都合上、詳細については割愛させて頂くが、レキ含有率と極限間隙比の関係から整理したものである。図面中の N_1 値は、N値を上載圧で補正したものであり、Aは、まさ土の最大間隙比、最小間隙比、レキ含有率によって定まる定数である。また N_{1e0} は、極限間隙比に対応する N_1 値のことである。図-6に(その2)に示す解析サイトのまさ土層のN値分布が示されているが、これを図-4に示す関係を用いて併せて図-4の中に示している。図-4から分かるように改良・未改良地盤サイトの、State Indexの領域はかなり異なっていることが理解できる。

2-4 ダイレイタンスーに関するパラメータ

図-5に示すようにダイレイタンスーに関するパラメータは、まさ土の不攪乱試料を用いた繰返し三軸試験で得られた液状化強度曲線を用いて決定した。同程度の N_1 値ごとにそれぞれの液状化強度曲線がひけるので、それらを再現するようにダイレイタンスーに関するパラメータを求めた。以下にパラメータを示す。 N_1 値は、図-4の関係を用いて間隙比と対応させている。

$$M=0.750 \quad \mu_0=0.280 \quad Sc=0.01200$$

謝辞 波多野正邦氏(株)清水建設)、野中毅氏(株)基礎地盤コンサルタンツ)の両氏に御協力頂いたことに謝意を表します。

参考文献 1)M.Cubrinovski、応力に依存する密度定数を用いた砂質土の構成モデル、1993年 2)石原他：阪神淡路大震災・地盤調査研究会平成9年度報告書、平成10年3月 3)古川園健朗、東京理科大学土質研究室修士論文、1999年

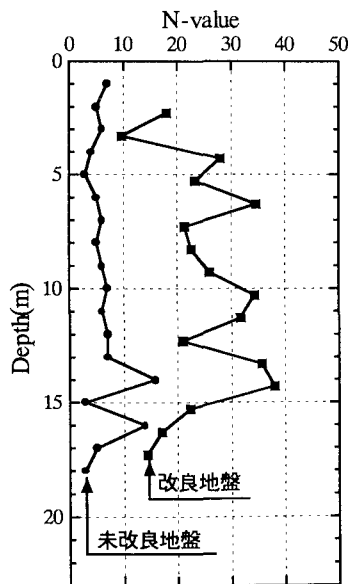


図-6 解析サイトのまさ土層のN値分布