

Ⅲ－34 2 質点オンライン実験による神戸ポート アイランド の地震時 地盤挙動の再現

東北大学 学生員 ○山口 晶 目黒 寛
東北大学 正会員 柳沢 栄司 風間 基樹

1. 研究の目的

オンライン実験とは、地震応答解析において応力－ひずみ関係を構成則によってモデル化する部分を要素試験に置き換えたものである。従って、解析結果は、原位置の土の繰返しせん断特性を直接的に反映したものとなる。本研究では、数値計算と要素試験を組み合わせた2質点オンライン実験を行い、実際の地震時の地盤挙動とオンライン実験の比較を行うことによって、2質点オンライン実験の実地盤挙動の再現性について検討しようとするものである。検討対象地点は、兵庫県南部地震において沖積粘土層上部のまさ土層が液状化した神戸ポートアイランド（P.I.）である。検討対象地点ではアレー記録が取得されているため、実験結果を実際の地震被害と比較検討することが可能である。また、P.I.より埋立時期が遅く圧密未終了の六甲アイランド（R.I.）では液状化被害が少なかったことから、沖積粘土層の圧密状態が液状化被害に与える影響を検討するために、R.I.をモデル化した地盤についてもオンライン実験を行った。

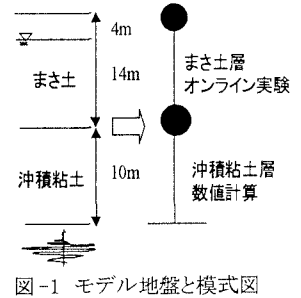


表-1 P.I. 沖積粘土層のせん断剛性

	P.I. モデル	P.I.2 期地点	R.I. モデル
$V_s(m/s)^2$	180	100	---
単位体積重量 g/cm^3	1.5	1.5	1.5
初期剛性MPa	48.6	---	15.0
H-D基準ひずみ%	0.2	---	0.2

2. オンライン実験

オンライン実験で用いる要素試験は日下部¹⁾らによって開発された簡易型単純せん断試験機を用いた。モデル化した地盤の模式図を図-1に示す。検討対象地点は、P.I.アレー観測地点である。沖積粘土層の下部には洪積砂礫層が存在するが、ここではまさ土と沖積粘土層の2層の地震時挙動を検討することとした。試験方法は水平成層2層系地盤を集中質点法によりモデル化し、上層をまさ土の要素試験、沖積粘土層はHardin-Drnevichモデル（H-Dモデル）を用いた数値計算によりオンライン実験を行った。沖積粘土層の下部に入力する加速度時刻歴は、兵庫県南部地震の際にP.I.のG.L.-32m（沖積粘土層最下部付近）で観測された加速度を0.01秒の時間ステップで入力した。実験に用いたまさ土はP.I.で採取したまさ土の2mmふるい通過分である。本実験においてP.I.とR.I.の粘土層の圧密状態の違いはH-Dモデルの初期剛性を変えることによって表現した。なお初期剛性はP.I.モデルは鉛直アレー観測地点を、R.I.モデルはR.I.地盤のデータが入手出来なかったため、P.I.2期工事地区のせん断波速度を参考²⁾に、 $G_0 = \rho V_s^2$ の式から決定した。またH-Dモデルにおける基準ひずみはアレー観測地点沖積粘土層の G/G_0 曲線から決定した²⁾。表-1に沖積粘土層のせん断波速度と計算に用いた初期剛性及び基準ひずみを示す。まさ土層のオンライン実験における拘束圧はP.I.地盤のG.L.-7m付近の拘束圧93.1kPaを $K_0=0.44$ として作用させた。また、せん断中は鉛直方向のひずみを拘束している。計測項目はせん断応力・せん断ひずみ・鉛直応力・間隙水圧の4項目である。

3. 実験結果及び考察

図-2a), b)にオンライン実験におけるまさ土層のP.I.モデルとアレー記録から推定したせん断ひずみとせん断応力を示す。また、図-3a), b), c)にはオンライン実験における各モデルのまさ土層のせん断ひずみと平均有効主応力及び応力－ひずみ関係を示す。図-2a), b)に示すP.I.モデルのまさ土層のせん断ひずみ・せん断応力をみるとアレー記録から計算したものと概ね一致している。ただし、アレー記録から応力とひずみを計算する際は精度の関係上0.12Hz～1.5Hzのバンドパスフィルターを通していているため、アレー記録か

ら計算したひずみは長周期の波は表現できない．アレー記録と実験で若干の差が見られるのはその影響と思われる．ただし，せん断応力とひずみの時刻歴の形状はほぼ一致しており，本実験の妥当性が確かめられたといえる．また，図-3b)に示す通りP.I.モデルのまさ土層は加震中に平均有効主応力がゼロに達しており，液状化している．これはP.I.まさ土層が兵庫県南部地震において液状化したことと一致している．次に図-3a)，b)をみると，粘土層が柔らかいR.I.モデルではまさ土層のせん断ひずみが小さくなっており，平均有効主応力もゼロに達していない．また，図-3c)に示す応力-ひずみ関係をみると，P.I.モデルでは液状化することによってせん断抵抗が低下しているが，R.I.モデルではP.I.モデルほどのせん断抵抗の低下は見られない．沖積粘土層の柔らかいR.I.ではP.I.よりも液状化被害が少なかったという実際の地震被害と符合した結果が得られた．以上の実験結果から，沖積粘土層上にある埋立地盤の液状化被害の程度は，沖積粘土層の圧密状態の影響を強く受け，沖積粘土層が圧密未終了で柔らかい方が液状化被害が少なくなるという興味深い結果が得られた．

4. 結論

本研究では，オンライン実験により兵庫県南部地震におけるP.I.地盤のまさ土の地震時挙動を再現した．その結果オンライン実験で得られたせん断ひずみ・応力の挙動はアレー記録と一致した結果が得られた．本実験方法は地震時の地盤挙動を検討する際に有効であると言える．また，沖積粘土層の堅さがまさ土層の地盤被害に与える影響を調べるために，沖積粘土層の圧密状態の違いをH-Dモデルのパラメーターを変えることによって表現しオンライン実験を行った．

その結果沖積粘土層が柔らかいR.I.モデルでは上層のまさ土層では液状化被害が少ないという実際の地震被害と符合した結果が得られた．ただし本研究では2質点という少ない質点系でオンライン実験を行っており，まさ土層の液状化が深さ方向にどのように異なるか等の検討をするには質点を増やす必要がある．また，沖積粘土層においては数値計算をおこなっているため，構成モデルの影響を受けている可能性がある．沖積粘土層を要素試験によりオンライン実験を行うことも検討する必要があると思われる．

参考文献

- 1) 日下部伸・森尾敏・岡林巧・藤井照久・兵藤正幸；簡易単純せん断試験装置の試作と種々の液状化試験への適用，土木学会論文集，No.617/Ⅲ-46，pp19-304，1999
- 2) 神戸市開発局；兵庫県南部地震による埋立地地盤変状調査 報告書，1995
- 3) 風間基樹・柳沢栄司・稲富隆昌・菅野孝弘・稲垣紘史；アレー記録から推定した神戸ポートアイランドの地盤の応力-ひずみ関係，土木学会論文集No.547/Ⅲ-36，pp171-182，1996
- 4) M. Hatanaka, A. Uchida and Y. Taya; Estimating K_0 -Value of in-situ gravelly soils, Soils and Foundations, Vol.39, No.5, pp93-101, 1999

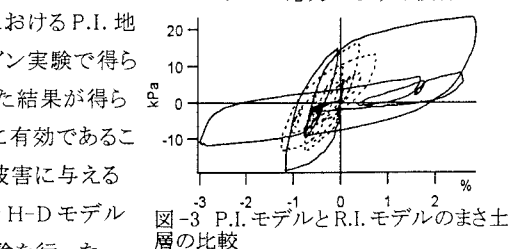
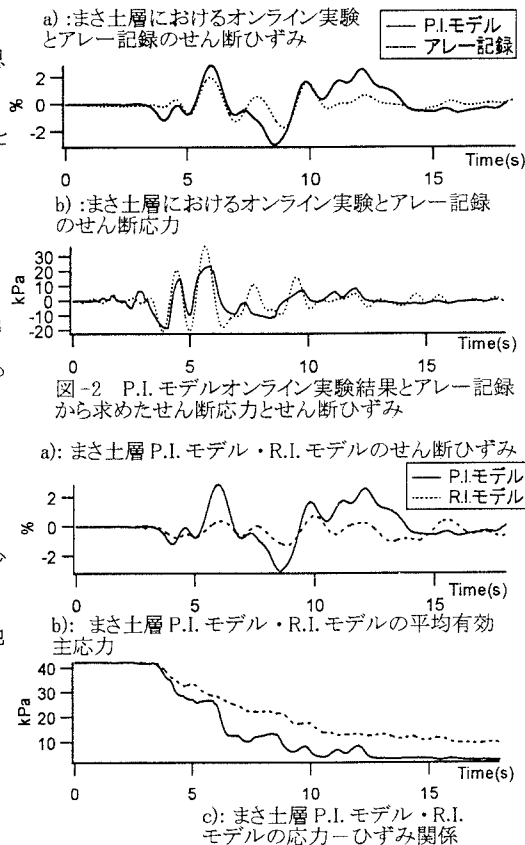


図-3 P.I.モデルとR.I.モデルのまさ土層の比較