

# 埼玉県南東部沖積低地の震度予測に関する動土質工学的研究

小田 匡寛（理工学研究科・教授）

## 1. はじめに

日本において、地震は避けられない自然災害である。その被害の甚大さゆえに、適切な災害予測や震災対策を講じることが求められている。関東平野は沖積層と呼ばれる軟弱な地盤に覆われている。軟弱な地盤は地震の揺れを大きくすることが知られており、首都圏直下型地震への備えや、安全な都市再生を図るためにも、関東平野における沖積層の分布と物性を的確に評価し、動土質特性の解明を進めることが求められている。

本研究では、中川低地に位置する「埼玉県春日部市」の超軟弱粘性土を主として、基礎物理試験、ベンダーエレメント試験、繰返しせん断試験による力学特性の評価を行った。超軟弱粘性土とは、自然含水比が液性限界の10%以上となっており、不攪乱状態ではある程度の強度を保っているが、繰り返すと液体状になるような土のことである。さらに、地質学による区分との比較、関東大地震との関連性について考察した。春日部は1923年の関東地震の際に震源から100 km程度離れていたにも関わらず、震度7と推定された地域である。

## 2. 試料と実験方法

震度7と推定された春日部市で産総研・都市地質プロジェクトのボーリングコア試料（GS-KBH-2）（地点D）を使って実験を行った。この地点はPS検層の測定も行われた。周辺との比較を行うために、地点A（震度5）、B（震度6-）、C（震度7）、E（震度6+）（図-1<sup>1)</sup>）、及び震源に近い東京低地の大島（震度6+）、枝川のボーリング調査データ<sup>2)</sup>を用いた。

粘土の動的な剛性の指標となる微小ひずみにおけるせん断剛性率 $G_0$ は、等方圧密過程でのせん断波速度 $V_s$ をベンダーエレメント（以下BE）により測定した。ここで、地盤内の応力状態を再現するため、圧密応力は試料採取深度と等しくなるようにした。

## 3. 結果と考察

### 3.1 沖積層の堆積環境と土質・地盤特性

表-1の地層区分はKBHにおける堆積環境の違いを反映している（中西ほか、2007）。8m~27mの海水・汽水環境で堆積した層は含水比が高く、80%以上で液性限界を上回る軟弱な粘土が存在する。液性指数は8m~21mで1.5と高く、カナダのクイッククレイに近い性質を持つ（図-2）。この深度は内湾性のプロデルタ層と一致する。また汽水・海水環境に比べて、淡水環境で堆積した粘性土は液性指数・自然含水比が低く、堆積環境が地盤の土質特性に強く影響していることがわかる。

図-3は、非排水せん断強度と液性指数の関係を表したものである。液性指数が高くなるほど強度が小さいことがわかる。

等方圧密過程での $G_0$ を含水比と比較すると、堆積環境による依存性が見られた（図-4）。また、これらを拘束

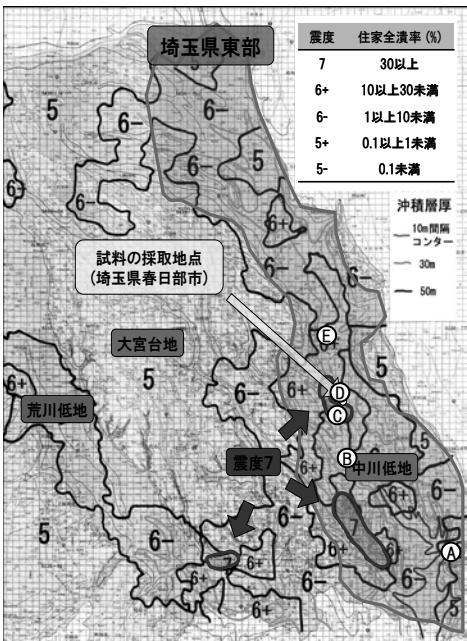


図 - 1. 全潰率による埼玉県東部の震度分布（関東大地震）<sup>1)</sup> 武村・諸井(2002)

表 - 1. 堆積環境による区分

層	システム	堆積環境	水	年代	春日部
上部砂層	デルタ	デルタプレーン	淡水	3000年前～現在	2-8m
上部泥層		デルタフロント プロデルタ	↑ 海水	6000～3000年前	8-19m
中部泥層	エスチュアリー (河口)	泥干潟 エスチュアリー フロント	汽水	10000～6000年前	19-27m
下部砂泥互層	河川	蛇行河川	淡水	13000～10000年前	27-42m

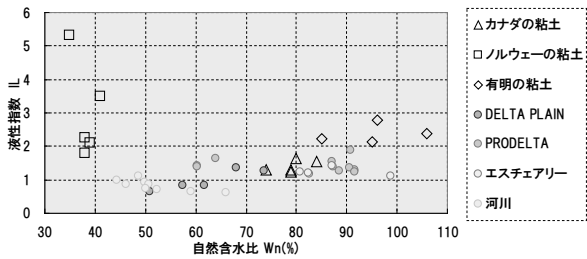


図 - 2. 自然含水比と液性指数の関係

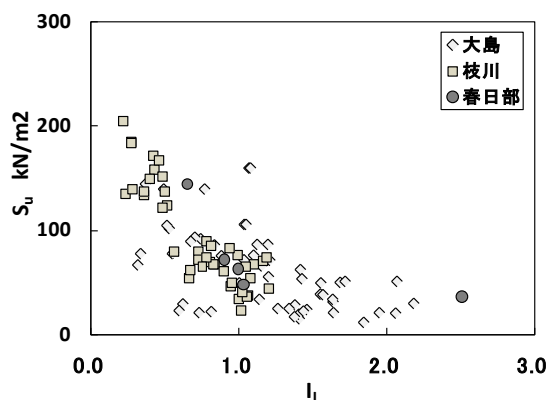


図 - 3. 一軸圧縮強度と液性指数の関係

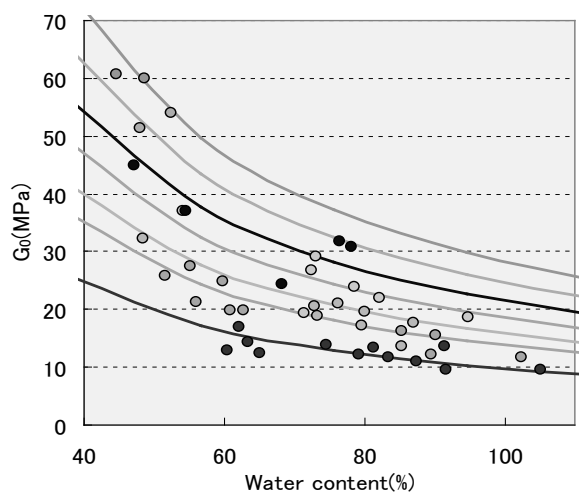


図 - 4. 実験式とG0、含水比の関係

圧で分類し、 $G_0$ を導く既存の実験式を用いて式変形すると式(1)が得られた。これは含水比と深度により $G_0$ を導く事ができ、適合性の良いものとなった。

$$G_0 = \frac{436000}{w} \sqrt{z+2} \quad (1)$$

### 3.2 地盤特性と関東大地震

関東大地震で震度の異なる地点は地盤特性も異なる(図-5)。震度の小さい地点Aは大きい地点C,Dに比べ、砂が多く存在し、自然含水比も小さい。震度の大きい地点C,Dでは粘土分が多く、5m~25mの比較的浅い層に自然含水比が液性限界を超えた軟弱な粘土層が存在する。家屋倒壊率で分類した関東地震の震度(諸井・武村, 2002)が5, 6-, 6+~7の3つの箇所でのボーリングデータに基づく含水比を式(2)に代入して $G_0$ を推定した(図-6)。深さ10~20mにおいて震度の高い地域と低い地域で $G_0$ が約10MPaの差となった。図-5からは震央の距離と震度に関

**謝辞** 本研究は、本学の風間秀彦教授, 川本健准教授, ならびに産総研の木村克己主幹研究員・竹村貴人研究員との共同研究である。実際の実験・解析には赤間・田井両君の修士論文研究に負うところが多い。記して感謝する。

**参考文献** 1) 武村・諸井 地質調査所データに基づく1923年関東地震の詳細震度分布 その2 埼玉県 日本地震工学会論文集 2002, 2) 風間秀彦・山本晋有 都内下町低地における粘性土の圧密特性と年代効果に関する研究 埼玉大学修士論文 2000

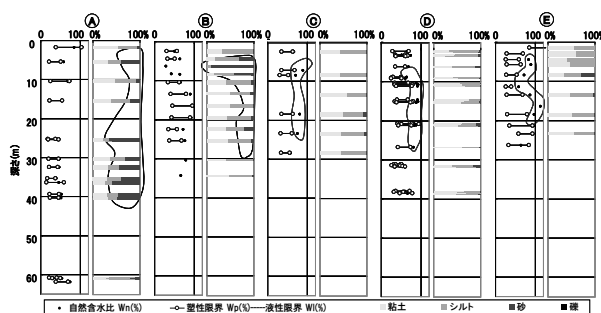


図-5. ボーリング調査地点の地盤特性

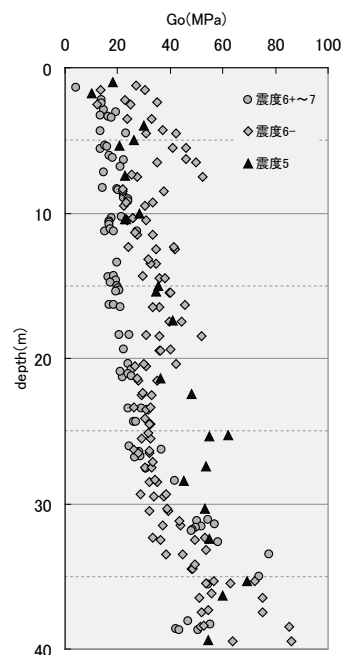


図 - 6. 深さとG0の震度における関係

連性が見られず、地盤の剛性が震度に大きな影響を与えていることを示している。

### 4. 結論

- 地層の堆積環境と土質特性には密接な関係が見られ、淡水環境に比べて、汽水・海水環境で粘性土は液性指数・自然含水比が大きく極めて軟弱である。
- 含水比と深度を用いた実験式によって想定 $G_0$ を導く事が可能である。
- 地震の揺れは震央からの距離だけではなく、地盤特性の影響を強く受ける。想定 $G_0$ を震度で比較すると、深さ0~30mで $G_0$ が変化せず一定の値を取り、軟弱粘土層が地震の揺れに与える影響は大きいと考えられる。