

III-104 液状化過程における埋設管の応力解析

九州工業大学 工学部 学生員 ○ 豊嶋賢治
 同上 工学部 正員 安田 進
 新日本製鉄（株） 小野敏孝
 九州工業大学 大学院 学生員 規矩大義

※はじめに※

液状化地盤中の埋設管の被害を考えると、過大な変位振幅や永久変位などの地盤変位に加えて、地盤の軟化に起因する拘束力の低下も考慮する必要がある。筆者ら¹⁾はかつて、埋設管に対する振動台実験で、液状化の進行に伴う地盤拘束力の低減傾向を実験的に調べている。本研究では、この結果をもとに液状化過程中的地盤ばね定数を求め、それを用いた埋設管の応力解析と有効応力法による地震応答解析結果とを組み合わせることで、埋設管の地震時の応力状態の時間的変化について検討を行なった。以下に報告したい。

※液状化地盤ばね定数の決定※

図-1 (a), (b) に解析に用いる地盤ばね特性の概念図を示す。管軸方向では、管の埋設深度における最大せん断抵抗 τ_s から、管と地盤の限界せん断力 τ_{cr} を求めることとした。一方、軸直角方向においても、変位量が大きくなると地盤拘束力はピークを持つと考えられる。そこで、軸方向と同様に、バイリニア型のばね特性とし、液状化の進行に伴って降伏荷重が低減してくるモデルを用いた。地盤拘束力の値については、確立された考え方が無いため、図-2 に示すように、受働崩壊面に沿って管が移動するモデルを仮定した。これらの値に、振動台実験より得られた限界せん断力、降伏荷重の低減率を掛けてやることで、液状化過程中的地盤ばねを決定した。また、管と地盤の降伏相対変位 Δ_{cr} は、軸方向、軸直角方向でそれぞれ、0.17 (cm)、1.0 (cm) で一定と仮定した。図-3 に、実験結果から得られた限界せん断力、降伏荷重の低減率を示す。

※埋設管の地震時応力解析※

まず、対象地盤に対して有効応力解析を施し、1秒間隔で最大応答変位とその時刻における過剰間隙水圧を求めた。これより各ステップでの地盤ばね定数と入力変位量を決定し、その値を用いて、埋設管の応力解析を行ない、管の応力状態を時間的に追跡した。対象地盤としては、新潟市川岸町の地盤を選び、深さ3m (GL=-2m) の位置に管が埋設されていると想定した。入力地震波には、千葉県東方沖地震と十勝沖地震の波を最大加速度140galに調整し用いている。管路モデルは、100A 鋼管の直管モデルと、22.5° ベンドを有する曲管モデルの2種類とし、地盤変位は液状化層全体が均一に振動したと仮定し、矩形分布で入力した。(図-4)

図-5、図-6 に軸力（曲管のみ）、曲げ応力の最大値の時間的変化を、有効応力解析の結果と合わせて示す。千葉の波は短周期型の地震でもあり、応答変位も小さく、完全液状化には至らない。しかしその結果、地盤拘束

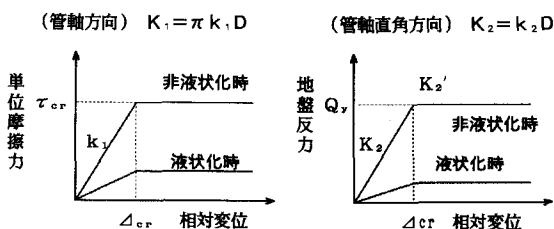


図-1 地盤ばね特性の概念図

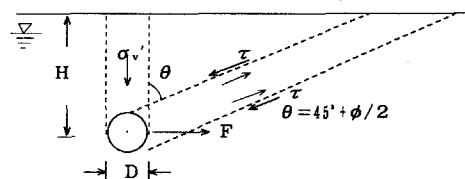


図-2 地盤拘束力の考え方

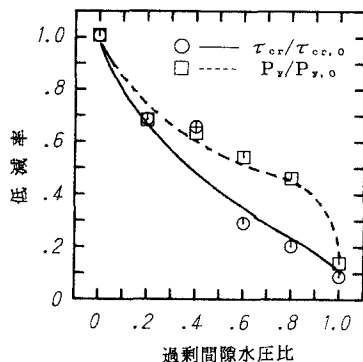


図-3 地盤拘束力の低減

力はそれほど低下せず、曲管モデルでは比較的大きな応力が発生し、降伏応力（約2,500 kgf/cm²）程度の曲げ応力発生している。

一方、十勝の地震波では、水圧比が上昇し、地盤が軟化するに従い応答変位が急激に増大してくる。その後、主要動付近で完全液状化に至り、それ以降も変位は増大し続ける。そのため、地盤拘束力が小さいにも拘わらず、直管モデルでも大きな応力が発生している。曲管モデルでは、曲げ応力がエルボ部に集中することから、発生応力はさらに大きくなり、主要動以前で管の破断応力（約4,400 kgf/cm²）を超える結果となっている。

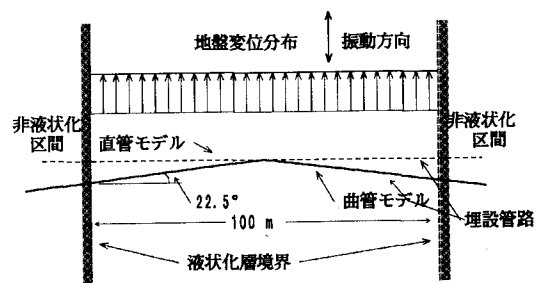


図-4 管路・地盤変位モデル

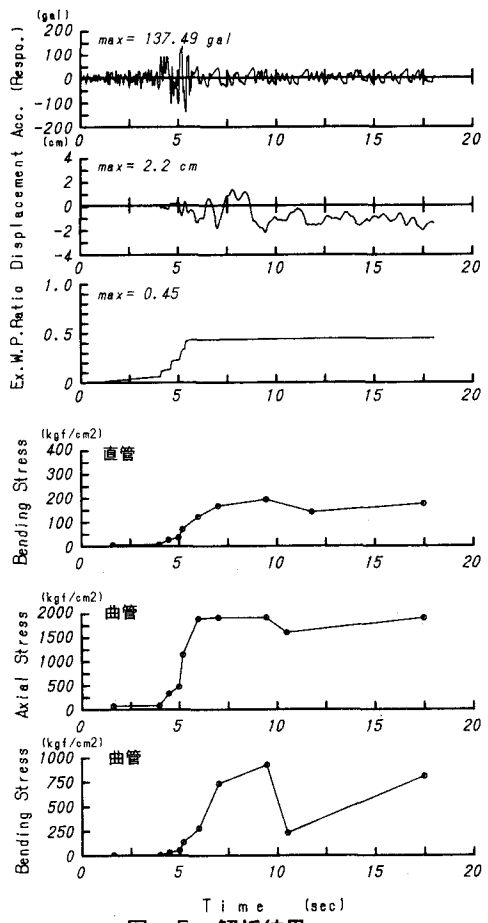


図-5 解析結果
（千葉県東方沖地震）

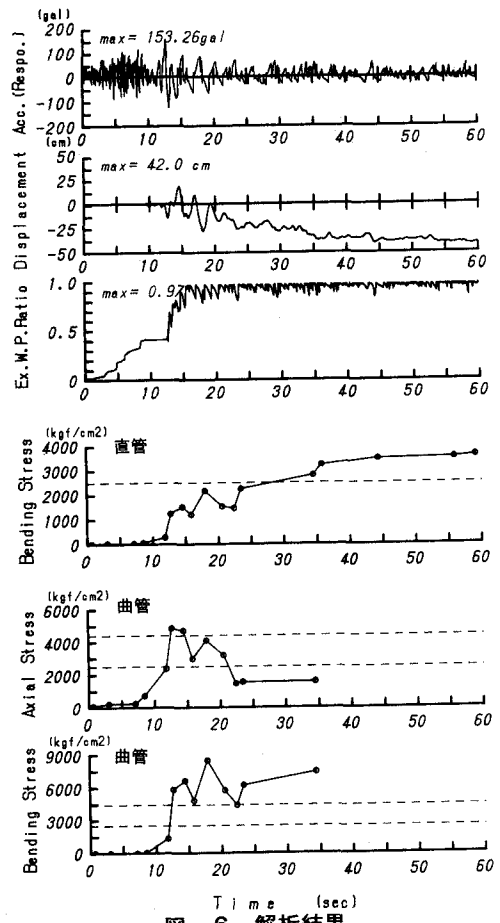


図-6 解析結果
（十勝沖地震）

※おわりに※ 液状化過程中的地盤ばねモデルの提案を行なった。さらに、有効応力解析と埋設管の応力解析を組み合わせることで、液状化時の管の応力を時間的に追跡する方法を示した。今後も研究を進めていきたい。

※参考文献※

- 1) 規矩・安田・吉田：埋設管に対する地盤の拘束力と液状化の関係、第20回地震工学研究発表会、1989。