

日本鋼管㈱中央研究所 正員 ○関 口 宏 二

日本鋼管㈱中央研究所 正員 大 石 博

1. はじめに

一般に、埋設管路周辺の地盤が液状化した場合、埋設管路に被害を与える要因としては、①不完全液状化時の地盤の動的な挙動^{1),2)}、②完全液状化時に埋設管路に働く浮力³⁾、③過剰間引き水圧の消散時に生ずる地盤沈下^{1),2)}、④液状化に伴う地すべり（地盤が傾斜している場合）、などが挙げられる。

海底パイプラインのように、構造が直線的であり、剛性が高い場合には、主として、上記②の浮力による影響が大きいと考えられる。南ら⁴⁾は、浮力が海底パイプラインに及ぼす影響について、解析手法を体系化し、種々の数値計算例を示し、有用な情報を提供している。本報告は、南らと同様の手法を用いて、①液状化した埋め戻し地盤の単位重量の影響、②アースアンカーを用いて浮上防止対策を行なう場合の効果、について検討を行なった結果について述べるものである。

2. 解析モデル⁴⁾

海底パイプラインの埋め戻し地盤が、どのような広がり（または分布）で液状化するかについては、ほとんどわかっていないのが現状であるが、本報告では、図1に示すように、埋め戻し地盤の一部分が液状化する場合について解析する。図2に解析モデルを示す。パイプラインは、同図に示すようにばね支承上の梁として解析する。同図中に示す“ K_s ばね”は、地盤の拘束力を考慮するためのものであり、“ K_f ばね”は、パイプライン上端が海底面よりも上に浮上したときの、パイプラインに働く下向き（または上向き）の力とパイプラインの変位の非線形な関係⁴⁾を考慮するためのばねである。なお、解析にあたっては、荷重増分法を用いている。

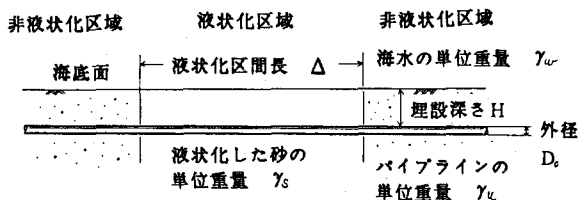


図1 埋め戻し地盤の一部分が液状化する場合の説明図

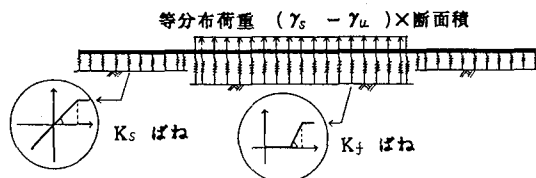


図2 解析モデル

表1 解析の対象としたパイプラインの諸元

外径	管厚	コンクリートコーティング厚	2次モーメント	断面係数	単位重量
101.6 cm	1.6 cm	7.6 cm	$628 \times 10^3 \text{ cm}^4$	$124 \times 10^2 \text{ cm}^3$	$1.79 / \text{cm}^3$

3. 解析結果

本報告では、呼び径40Bのパイプラインを対象として解析を行なった。表1にその諸元を示す。なお、同表中の単位重量は、パイプラインに石油が充満しているときの値である。 K_s ばねは、地盤の単位面積あたりの地盤反力を 1 kg/cm^2 として定めた。また、パイプラインの埋設深さは 3 m とした。

3.1 液状化した地盤の単位重量の影響

ここでは、液状化した埋め戻し地盤の単位重量 γ_s の大きさによって、パイプラインの挙動がどのように影響されるかを検討する。埋め戻し材料として砂を用いた場合、 γ_s の値の上限とし

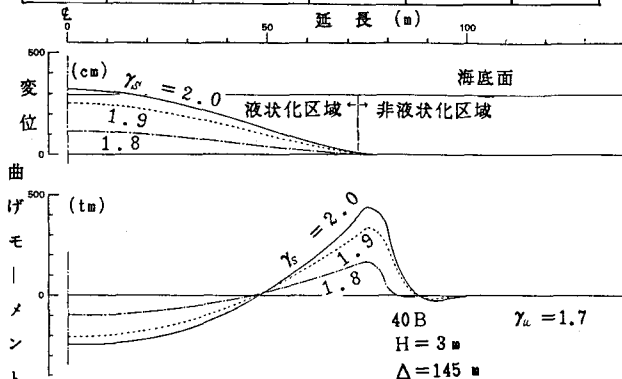


図3 パイプラインの変位と曲げモーメントの分布図

ては、 2 g/cm^3 程度と考えられるが、より小さい場合もあると考えて、 $\gamma_s = 2.0, 1.9, 1.8\text{ g/cm}^3$ の3ケースについて計算した。

図3に液状化区間長が 145 m のときの、パイプラインの変位と曲げモーメント分布図を示す。ただし、解析モデルが左右対称なので、中央より右半分のみを表示している。 $\gamma_s = 2.0\text{ g/cm}^3$ の場合は、パイプラインは海底面上に現われるが、 $\gamma_s = 1.9, 1.8\text{ g/cm}^3$ の場合は、パイプラインは海底面下にとどまる。最大曲げモーメントは、非液状化区域内の液状化区域との境界に近いところに発生する。図4(a)に、 γ_s をパラメータとして液状化区間長と最大浮上量の関係を示す。また、図4(b)には、液状化区間長と最大曲げ応力の関係を示す。両図より、液状化した地盤の単位重量により、最大浮上量と最大曲げ応力は、大きな影響を受けることがわかる。

3.2 アースアンカーによる液状化対策²⁾

液状化時の浮力に対する対策として、アースアンカー（または杭）によって浮上を防止する工法がある。図5は、アースアンカーを、 $30, 40, 50\text{ m}$ の間隔で設置した場合の、パイプラインの変位と曲げモーメントの分布図である。ただし、液状化区間長 175 m 、 $\gamma_s = 2.0\text{ g/cm}^3$ とした。アースアンカーは、弾性ばねでモデル化した。最大曲げモーメント

はアンカー取り付け点で発生しているが、値は非常に小さい。図6(a)に、ア

ンカーの設置間隔と最大浮上量の関係を示す。また、図6(b)に、アンカーの設置間隔と最大曲げ応力の関係を示す。両図より、アースアンカーを用いることにより、何も対策をしない場合（図4）に比べて、最大浮上量、最大曲げモーメントを著しく低減できることがわかる。

4. むすび

本報告で述べたような解析では、液状化区間長や、液状化した埋め戻し地盤の単位重量の値が大きく影響する。したがって、解析を行なう場合には、これらの値の決定に十分な注意を払う必要がある。

5. 参考文献

- 1) 北浦・宮島・松村：液状化時の地中埋設管の応答解析，第17回地震工学研究発表会，1983.7，pp.303-306。
- 2) 大石・関口：埋設管路の液状化対策工法に関する実験的考察，同上，pp.295-298。
- 3) 土木学会：王子製紙㈱専用工業用水道の被害，1968年十勝沖地震調査報告，1969.3，pp.565-569。
- 4) 南・清宮・土田：液状化が海底パイプラインの応力度に及ぼす影響，港湾技研資料，No. 441，1983.5。

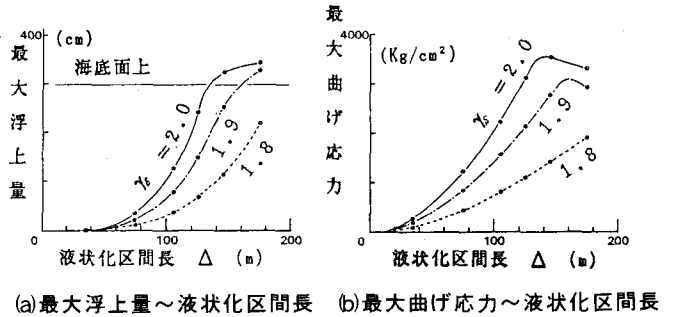


図4 液状化した埋め戻し地盤の単位重量の影響

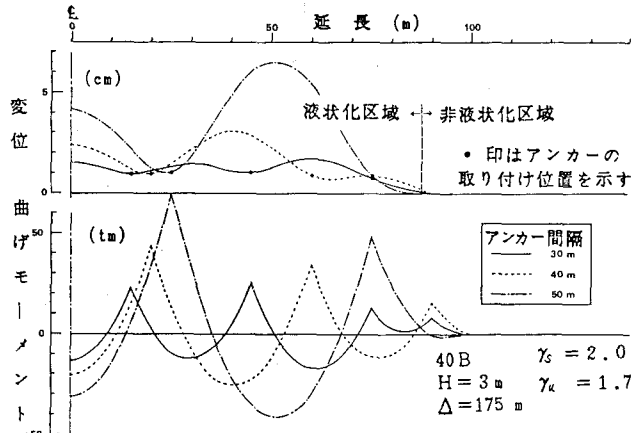


図5 パイプラインの変位と曲げモーメントの分布図

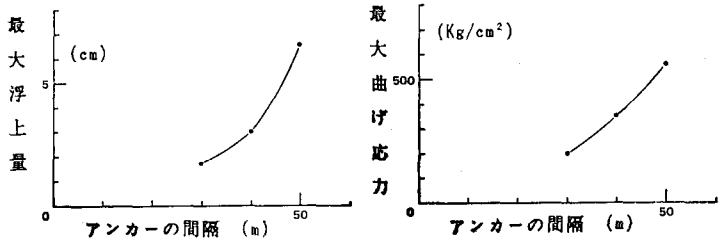


図6 アースアンカーによる液状化対策効果