

波浪作用下における海底埋設パイプラインの 動的挙動に関する実験的研究

岡山大学大学院 学生員 ○星山 知恵
 岡山大学環境理工学部 正会員 前野 詩朗
 岡山大学環境理工学部 正会員 名合 宏之
 三井建設（株） 正会員 川浪 裕介

1. はじめに

著者らは、波浪による強度の水面変動が変動水圧として海底地盤に作用し、海底地盤内の間隙水圧や有効応力を変動させることにより地盤の支持力が低下し、構造物の破壊や海底地盤の崩壊などが生じているのではないかとの観点から実験を進めてきた。本研究では、このような変動間隙水圧の影響を受ける実際的な埋設構造物の一つとして、海底埋設パイプラインを取り上げ、パイプ周囲に作用する変動間隙水圧特性および埋設パイプの動的挙動に及ぼすパイプ周辺砂層の透水性、パイプ上部砂層厚、パイプの比重の影響について鉛直2次元砂層模型を用いて実験的に検討するものである。

2. 埋設パイプ周辺砂層の間隙水圧分布特性

(1) 実験方法 実験には図1に示すような装置を用いた。パイプはアクリル製で、実験装置の前後の壁に固定し、奥行き方向の中心断面でパイプ周囲の変動間隙水圧(Pt.2~6)を測定できるようにになっている。なお、パイプに作用する変動流体力は、各測点における変動間隙水圧をパイプ周囲で積分することにより算出した。砂層は標準砂を水中自由落下させて堆積させ、所定の間隙率となるように、バイブレーターやこてを用いて締め固めた。実験条件は表1に示す通りであり、砂層全体に標準砂を用い、上部砂層厚 $d=5.0\text{cm}$ とした Case1-1 を基準として、諸条件の違いによる間隙水圧分布特性への影響を検討した。

(2) 実験結果及び考察 従来の研究により、変動間隙水圧は砂層内を伝播する際、振幅減衰および位相の遅れを伴いながらパイプ周囲に伝播し、パイプに変動流体力が作用することが明らかにされている。図2は透水性を変化させた場合の変動流体力を示している。透水性の高い砂に置換した Case1-2 における変動間隙水圧は振幅減衰、位相の遅れはほとんど見られず、パイプに作用する変動流体力も Case1-1 の約 1/10 である。このことより、透水性の向上により、パイプに作用する変動流体力の発生を軽減できることが確認された。ここにはスペースの関係で載せていないが、上部砂層厚の異なる Case1-3~1.5 の変動間隙水圧図より、Pt.1 と Pt.2 間の振幅減衰は砂層厚に比例して大きくなっているが、Pt.2~6 までの減衰は砂層厚に関わらずほぼ一定であることが分かる。また、図3はこれらのケースの変動流体力図を示している。下向きの流体力は、どのケースもほぼ同じ値であるが、上向きの流体力は、 d が小さい Case1-3,1-4 では、若干小さい値となっており、変動流体力の

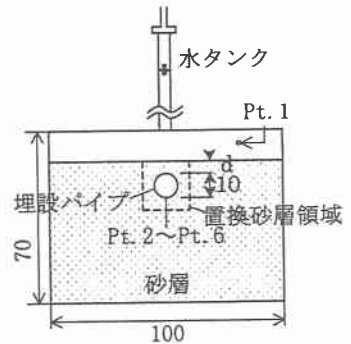


図1 実験装置図（単位：cm）

表1 実験条件

	Case1-1 との違い
Case1-2	透水性の高い砂
Case1-3	$d=0.0\text{cm}$
Case1-4	$d=2.5\text{cm}$
Case1-5	$d=7.5\text{cm}$

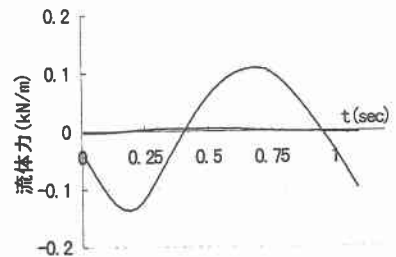


図2 変動流体力

波形は扁平な形状を示している。これは上部砂層厚が小さな場合には、砂層表面付近の応力変化の影響を受けるためであると考えられる。

3. 埋設パイプの動的挙動特性

(1) 実験方法 水圧測定可能な固定パイプを取り外し、移動量測定用のパイプを設置し、実験を行う。実験条件は表2に示すとおりであり、砂層全体に標準砂を用い、上部砂層厚 $d=5.0\text{cm}$ 、パイプの比重0.5としたCase2-1を基準として、諸条件の違いによるパイプの動的挙動への影響を検討した。

(2) 実験結果および考察 砂層を透水性の高い砂に置換したCase2-2では、実験開始後1000分経過した時点においてもパイプの上向きの移動は見られず、透水性の向上によりパイプの浮上を抑制できることが分かる。図4はパイプ上部砂層厚 d を変化させた場合のパイプの移動量を示したものである。 d が大きくなるほど、パイプの浮上に要する時間は増加し、浮上しにくくなる。なお、Case2-3では、水圧作用前にパイプは浮上した。図5はパイプの比重を変化させた場合のパイプの移動量を示したものである。Case2-7(比重0.9)とCase2-8(1.0)は完全に浮上しなかったが、微小ではあるが上昇傾向にあり、いずれ浮上すると考えられる。Case2-9(1.5)は実験開始後、徐々に沈下しており、時間の経過とともに沈下量は小さくなっている。よって、この場合、パイプは浮上することはなく、ある程度、沈下したところで安定するものと考えられる。

4. 結論

①砂層の透水性

パイプ周辺砂層の透水性の向上により、パイプに作用する変動流体力は低下し、パイプは浮上しにくくなる。

②パイプ上部砂層厚

パイプ上部砂層厚 d が小さな場合には、砂層表面付近の応力変化の影響を受けるため、上向きの流体力は、若干小さい値となる。ここで、パイプに直接作用する力 F (鉛直上向き正) は、流体力以外に、パイプの自重と上部砂層の土被り圧がある。これらの力の合計は、砂層厚が大きくなるほど小さくなり、パイプが浮上するのに要する時間は増加する。パイプが動かなくなる限界は、砂層厚 7.5cm 以上と思われる。

③パイプの比重

パイプの比重が大きくなるほど、パイプは浮上しにくくなる。今回の実験の範囲内では、パイプが動かなくなる限界は、比重 $1.0\sim 1.5$ の間にあると思われる。

【参考文献】 名合宏之他：変動水圧場における埋設パイプライン周辺の間隙水圧特性に関する実験的研究

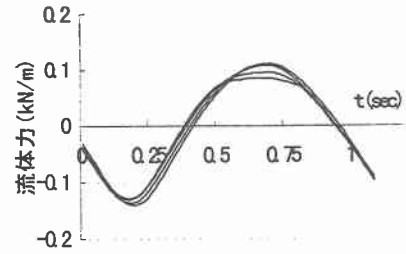


図3 変動流体力図

表2 実験条件

	Case2-1との違い
Case2-2	透水性の高い砂
Case2-3	$d=0.0\text{cm}$
Case2-4	$d=2.5\text{cm}$
Case2-5	$d=7.5\text{cm}$
Case2-6	比重0.7
Case2-7	比重0.9
Case2-8	比重1.0
Case2-9	比重1.5

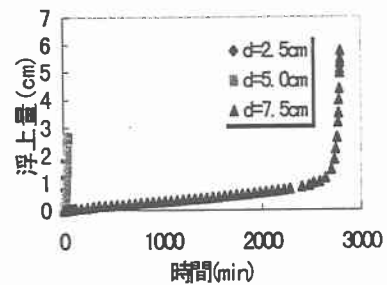


図4 パイプの移動量

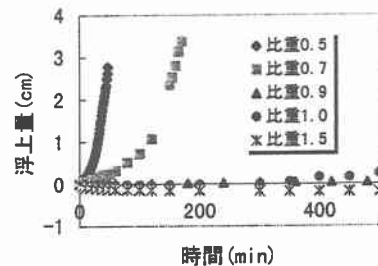


図5 パイプの移動量