

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：82111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25871103

研究課題名(和文)基礎材料の振動特性を考慮した農業用パイプラインの設計手法の開発

研究課題名(英文)The development of design method of agricultural pipeline considering the dynamic characteristic of backfill materials.

研究代表者

有吉 充 (ARIYOSHI, Mitsuru)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・施設工学研究領域・主任研究員

研究者番号：10414442

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：振動実験により、曲管背面の地盤のスラスト抵抗力を明らかにした。砂の地震時のスラスト抵抗力は密度により異なる。密詰め砂に埋設した曲管模型に、静的な砂のスラスト抵抗力の80%のスラスト力を作用させた場合、地震時(800gal)の変位量は緩詰めの場合の16%であった。静的なスラスト抵抗力の1/2のスラスト力でも模型は変位したことから、砂のスラスト抵抗力は地震時に大幅に低下することが分かった。碎石についても、砂と同様の挙動を示した。一方、固化処理土は、スラスト抵抗力が極めて高く、砂の静的なスラスト抵抗力の2.5倍のスラスト力を作用させた場合でも、静的及び加振時においても、模型に変位は生じなかった。

研究成果の概要(英文)：For buried pipes loaded with internal pressure, thrust forces arise at bends. Generally soil pressures can resist the thrust forces. However, bends are subject to damages by earthquakes. Reductions soil stiffness by earthquakes may cause the damages. The aim of this research is to clarify the dynamic resistance force of soil for thrust forces. The resistance forces of soils are examined by shaking table tests. The dynamic resistance forces of sand are dependent of the density. When the thrust force is 80% of static resistance force, the displacement of the bend model in dense sand is 16% of that in loose sand. And the model moves though thrust force is half of the static resistance forces. These results show that dynamic resistance force of sand decreases considerably during earthquake. And dynamic behavior of gravel is almost equal to that of sand. On the other hand, dynamic resistance force of cement-treated soil is large. The resistance force is more than 2.5 times of that of sand.

研究分野：civil engineering

キーワード：buried pipe thrust forces bend earthquake backfill material

1. 研究開始当初の背景

農業用パイプラインは、大きな地震を受けるときに被災をしている。特に、2011年の東日本大震災では、東北地方及び関東地方の多くの農業用パイプラインに被害が生じた。被害の多くは、曲管などの異形管に集中しており、完全に継手部が離脱し、漏水事例も数多く発生した(写真1)。将来の被害を防止するためには、地震時の曲管周辺の挙動を明らかにして、効率的に耐震対策を実施することが重要である。



写真1 地震により生じた継手の離脱

2. 研究の目的

本研究の目的は、農業用パイプラインの曲管の地震時の挙動を明らかにすることである。曲管には、内圧によりスラスト力(不平衡力)が作用しており、通常は、地盤から得られる反力で安定している。しかしながら、地震時には曲管が変位しているため、地盤反力が低下している可能性が高い。これまで、液状化による地盤反力の低下については検討されているが、地震時に被害が生じた箇所では、液状化が確認されていない場合もある。そこで、乾燥状態及び不飽和状態における基礎材料の地震時のスラスト抵抗力を明らかにして、曲管の地震時挙動に与える影響を検討する。なお、基礎材料は、パイプラインに広く利用されている砂、碎石及び固化処理土を対象とした。

3. 研究の方法

(1) 実験模型

実験模型を図1及び写真2~3に示す。鋼製の土槽内に長さ1700mm、高さ400mm、奥行き400mmの地盤を作成し、埋設深250mmに曲管を模擬したプレートを設置した。地盤材料には、緩詰め(乾燥密度1.477~1.479kN/m³)及び密詰め(1.539~1.549kN/m³)の6号珪砂、碎石、固化処理土を用いた。なお、砂を用いたケースは、空

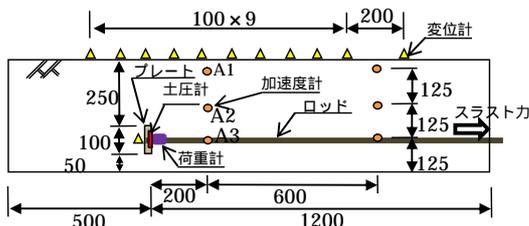


図1 実験模型とセンサーの位置(横断図)

中落下法により地盤を作成した。

プレートには2本のロッドを接続し、ロッド、ワイヤー、滑車を用いて、スラスト力を与えられる構造とした。写真3に示すように、ロッドに繋いだワイヤーの端部に錘を載せて、スラスト力を与えた。



写真2 実験模型

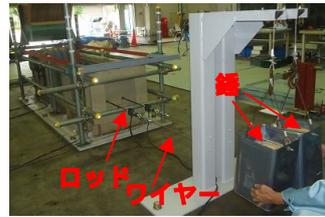


写真3 スラスト力の与え方

(2) 実験条件

実験は表1に示す9ケース(静的実験3ケース、振動実験6ケース)を実施した。静的実験は、地盤が破壊するまでスラスト力を与えて、静的な状態における地盤のスラスト抵抗力を求めるのが目的である。振動実験では、静的なスラスト抵抗力の50%及び80%のスラスト力を与えた状態で、200gal、400gal、600gal、800galの5Hzの正弦波を10秒間与えた(図2)。なお、加振方向は、写真1に示すように、スラスト力の作用方向と垂直である。

表1 実験ケース

実験ケース	実験の種類	地盤条件	スラスト力
Test1	静的実験	砂(密詰め)	
Test2	振動実験	砂(密詰め)	980N(50%)
Test3	振動実験	砂(密詰め)	1570N(80%)
Test4	静的実験	砂(緩詰め)	
Test5	振動実験	砂(緩詰め)	940N(50%)
Test6	振動実験	砂(緩詰め)	1504kN(80%)
Test7	静的実験	碎石	
Test8	振動実験	碎石	1600N(80%)
Test9	振動実験	固化処理土	5000N

(3) 計測

主なセンサーの位置を図1に示した。プレートとロッドの間には荷重計を設置し、スラスト力を計測した。また、プレートには変位計を設置して、水平方向の移動量を計測した。さらに、地表部の変位を計測するための変位計や地盤中の加速度等を計測した。

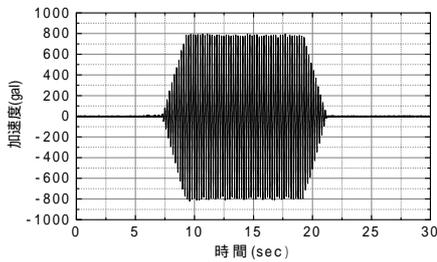


図2 振動実験の地震波形（800gal時）

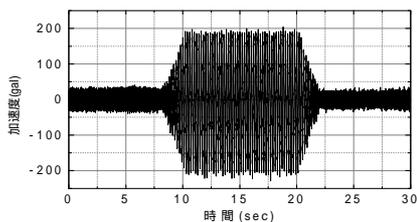
4. 研究成果

(1) 静的における地盤のスラスト抵抗力

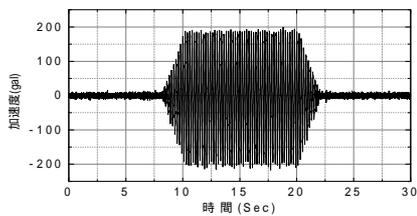
Test1、Test4、Test7の破壊時の荷重は、それぞれ1,960N、1,880N、2,000Nであった。なお、Test9の固化処理土については、5,000Nを与えた場合でも地盤は破壊せず、5,000Nで地震動を与えた。固化処理土を除くと、静的なスラスト抵抗力は、地盤材料による大きな違いは見られなかった。

(2) 地盤中の加速度

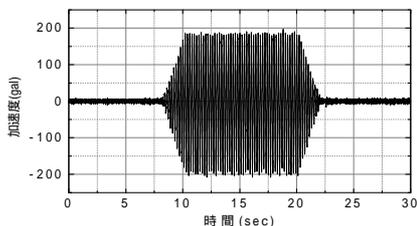
密詰め砂を用いたTest2の200gal加振時のA1、A2、A3における加速度応答を図3に示す。図3より、全ての位置で同程度の応答をしたことが分かる。加速度が大きいケースでは、最上部の加速度がわずかに大きくなる場合もあるが、地盤材料を変更した場合でも、同様の傾向を示した。



(A1：上部)



(A2：中央部)



(A3：下部)

図3 地中の加速度

(3) スラスト力の変化

Test2（密詰め砂）及びTest8（砕石）の加振中のスラスト力（図1に示す荷重計の値）を図4に示す。加振によりスラスト力は増減するが、その量は小さく10%程度であり、加振中においても、与えたスラスト力がプレートに作用していることが分かる。その他のケースについても同様である。そのため、後述するプレートの変位量は、加振によるスラスト力の変化よりも、地盤のスラスト抵抗力の変化であることが確認できる。

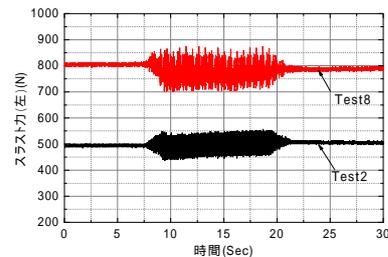


図4 加振中のスラスト力

(4) 地表面の変化

Test1の試験終了時の実験模型を写真4に示す。プレートの変位に伴い、地盤がせん断破壊して、すべり面より上部の砂が隆起した。加振後においても、明確なすべり面が生じたケースでは、写真4と同様に、プレートから水平方向に600~700mmから離れた地表面にすべり面が生じた（図5）。

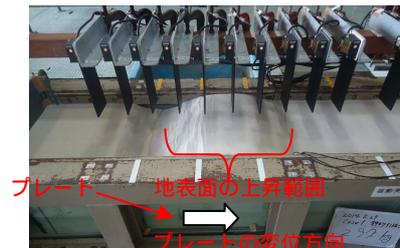


写真4 試験後の地表面の様子(Test1)

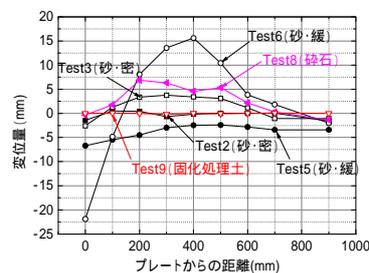


図5 800gal加振後の地表面の変位量

(5) プレートの変位量

加速度と加振後のプレートの変位量の関係を図6に示す。砂と砕石の静的な破壊荷重

は同等であったが、地震時の挙動は大きく異なる。なお、プレート変位量は、200gal 加振前の値を 0 とした。200gal 加振前（静的にスラスト力を載荷後）の変位量は、Test2,3,5,6,8,9 でそれぞれ 1mm、2mm、2mm、12mm、5mm、0mm である。

200gal の地震動に対しては、全てのケースで、ほとんど変位は生じてない。400gal に対しては、緩詰めの場合で破壊荷重の 80% をスラスト力として与えた場合 (Test6) 10mm の変位が生じた。砂は振動を受けると沈下を生じており、振動時に粒子同士の接触が弱まり、スラスト抵抗力（せん断強度）が低下したためと考えられる。また、その低下量は、加速度が大きいほど大きく、Test6 では 800gal 加振時には、56mm の変位が生じた。また、**図 7** から分かるように、プレートは、振動を与えている間は変位し続けている。これは、地震時のパイプの移動量は、地震動の長さに大きな影響を受けることを意味する。また、Test5 のように、スラスト力が破壊荷重の 50% の場合でも、800gal の大きな地震動を受けると、7mm の変位が生じた。

一方、密詰めの場合は、400gal ではほとんど変位していない。静的なスラスト抵抗力はほぼ同等であったが、地震時のスラスト抵抗力については、地盤の密度が高い方が、大きくなることを確認した。但し、破壊荷重の 80% をスラスト力として与えた場合 (Test3) では、800gal の大きい地震動を受けると、10mm 以上の変位が生じた。

碎石についても、砂と同様で、地震時にスラスト抵抗力が低下しており、400gal から変位が生じ、800gal 時には約 20mm 変位した。碎石も振動により変位するため、振動中は碎石同士の摩擦力が低下し、スラスト抵抗力が低下したと考えられる。

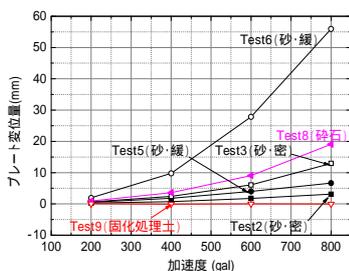


図 6 加振後のプレート変位量

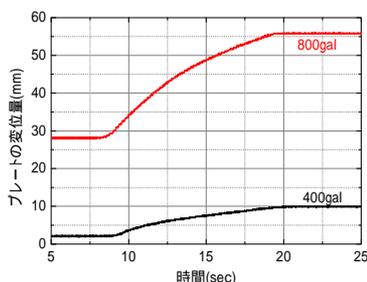


図 7 加振時のプレートの変位 (Test6)

固化処理土は、800gal 加振時においても、プレートはほとんど変位しなかった。粘着力があるため、振動を受けても、土粒子の移動量が小さく、地震時にも高いスラスト抵抗力を保持できることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有吉 充 (ARIYOSHI, Mitsuru)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・施設工学研究領域・主任研究員

研究者番号：10414442

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし