

## 埋設管に作用する軸直角水平方向地盤拘束力に及ぼす含水比の影響についての実験的検討

東京ガス（株） 正会員 吉崎 浩司

## 1. 緒言

ガス供給等に用いる埋設パイプラインは、地震時の地盤変位により変形する可能性があるが、その影響を定量的に把握するためには、地盤から埋設管に作用する外力を定量的に評価する必要がある。その外力は通常地盤拘束力と呼ばれ、耐震設計指針等<sup>1)</sup>においては、軸方向、軸直角方向についてその値が規定されているが、特に1995年の兵庫県南部地震において数多く見られた側方流動などに対する埋設パイプラインの耐震性を評価する上では、軸直角水平方向の地盤拘束力が重要となる。これまで軸直角水平方向の地盤拘束力については、乾燥砂を用いた実験的検討<sup>2)</sup>が主に行われてきたが、現実には湿潤砂にて埋設されることも多く、その場合の埋設パイプラインの耐震性を評価するには、湿潤砂における地盤拘束力を明らかにする必要がある。そこで軸直角水平方向地盤拘束力に及ぼす含水比の影響について、実規模実験による検討を行った。

## 2. 実規模実験

実験装置を図1に示す。実験では、幅2m、長さ3.1m、高さ1.56mの土層中に口径100mmの埋設管を土被り90cmにて埋設し、油圧ジャッキにて一方向に約30cmの変位を加えた時の反力をロードセルにより測定した。埋め戻しには埋設施行要領に示される標準的な山砂を用いた。ふるい分け試験、突き固め試験による山砂の特性を表1に示す。埋め戻しについては、一層の仕上がり厚が約15cmになるように転圧を行い、各層の締固め度が95%以上でありかつ一定となるよう制御した。

実験に用いた山砂について、含水比を0%（乾燥）、10%、および17%（最適含水比）、ひずみ速度を0.1%/minおよび5%/minに変化させ、排水条件にて実施した三軸圧縮試験の結果を図2に示す。部分飽和土である湿潤砂の場合には、表面張力により負の間隙水圧が生じることが考えられるが、間隙水圧を測定することが困難であるため、ここでは最大主応力が最大値となる時の全応力での内部摩擦角を求めている。本試験結果より、乾燥密度に対する内部摩擦角は、含水比にさほど依存せずほぼ一定の関係を有すること、またひずみ速度が大きい場合、内部摩擦角は若干大きくなることが明らかとなった。

実規模実験は、湿潤砂、乾燥砂それぞれについてほぼ同条件にて2ケースずつ、計4ケース行った。湿潤砂についてはほぼ最適含水比に、また乾燥砂についてはあらかじめ湿潤砂をヒーターにより加熱して、含水比が1%以下になるよう調整したものをを用いた。ケースごとの含水比、締固め度、および図2の結果を用いて算出した内部摩擦角を表2にまとめる。図2に示す通り内部摩擦角はひずみ速度により若干異なるが、実規模実験中のひずみ速度が不明であるため、ここでは5%/minでの土質試験結果を用いて算出した。

キーワード：パイプライン、地盤拘束力、含水比、部分飽和土、地震

連絡先：〒230-0045 横浜市鶴見区末広町1-7-7 TEL：045-505-7309 FAX：045-521-1451

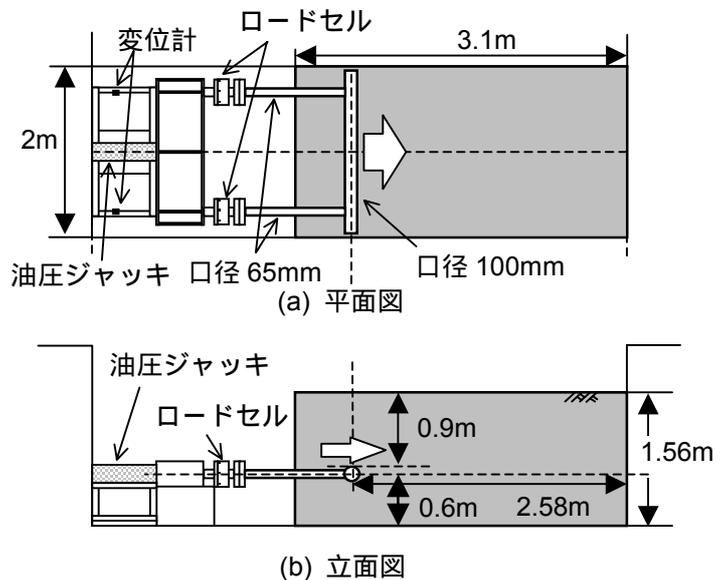


図1 実規模実験装置

表1 実験に用いた山砂の特性

比重 (g/cm <sup>3</sup> )		2.65
粒度特性	礫分(%)	0
	砂分(%)	96.6
	シルト, 粘土分(%)	3.4
最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )		1.63
最適含水比 (%)		17.2

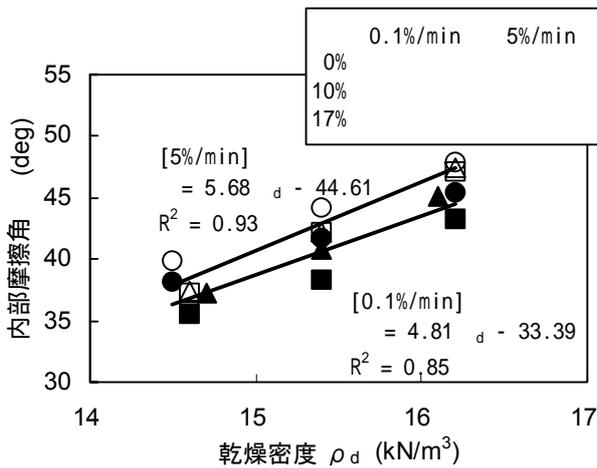


図2 山砂における三軸圧縮試験結果

3. 実験結果および考察

実験結果について、湿潤砂を用いたケース1の実験後の地表面および断面におけるすべり面の様子を図3に示す。湿潤砂においては、管直上の地表面が隆起し、円弧状に発生したすべり面が地上まで達していた。乾燥砂の場合には、砂の流動性のため断面での観察は不可能であったが、地上にて湿潤砂と同様の隆起が見られた。

単位面積あたりの荷重である地盤拘束力について、すべてのケースについて内部摩擦角を一定とするよう補正した結果を図4に示す。湿潤砂、乾燥砂共に、同条件における実験のばらつきは小さいことがわかる。本実験条件においては、湿潤砂における地盤拘束力の最大値は乾燥砂の約1.2倍となった。また地盤拘束力は最大値をとった後低減したが、その傾向は乾燥砂の方が顕著であった。

ただし本実験結果については、端部や載荷部分の影響を分離していないこと、内部摩擦角について、排水三軸圧縮状態であると仮定し全応力で評価していること、口径や土被りなど一定の条件での評価であることなどから、今後耐震設計等に用いるためには、解析的な評価を含めた総合的な検討を行うことが望ましい。

4. 結言

埋設パイプラインの軸直角水平方向地盤拘束力に及ぼす含水比の影響について、実規模実験による検討を行ったところ、湿潤砂における拘束力は乾燥砂の約1.2倍となる結果が得られた。ただし端部や載荷部分の影響、砂の強度、口径や土被りの影響などについては、解析等による追加検討を行うことが望ましい。

謝辞

実規模実験の実施にあたり（株）関配の鈴木毅彦氏に、また室内土質試験の実施にあたり基礎地盤コンサルタンツ（株）の林三男氏に多大なるご協力をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

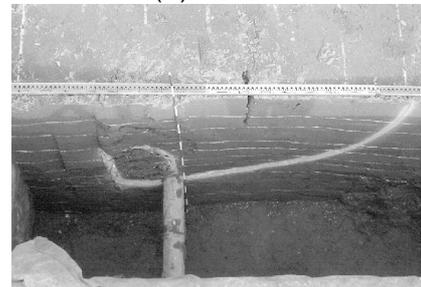
- 例えば、高圧ガス導管液状耐震設計指針，（社）日本ガス協会，2002。
- 例えば、Trautmann, C. H. and O'Rourke, T. D.: Lateral force- displacement response of buried pipe, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Reston, VA, Vol. 111 No.9, pp. 1077-1092, 1985。

表2 実験ケース

実験ケース	1	2	3	4
湿潤 / 乾燥	湿潤		乾燥	
含水比 (%)	16.6	17.6	0.6	0.7
湿潤密度 (kN/m³)	17.8	18.1	15.7	15.9
乾燥密度 (kN/m³)	15.2	15.4	15.6	15.8
締固め度 (%)	95	96	98	99
内部摩擦角 (deg)	43.8	44.6	46.0	47.0



(a) 地表面



(b) 断面におけるすべり面

図3 実験後の地盤変形（ケース1，湿潤砂）

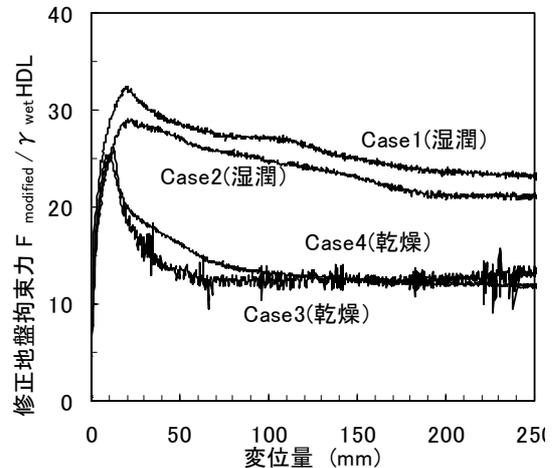


図4 実験結果