

建物貫通部付近の立体配管系の地盤変位能力における地盤定数の影響評価

武蔵工業大学 学生会員○ 小平 聡一
正会員 小池 武

1. 研究目的

地上配管系は、地震震動により支点間に大きな相対変位を生じた時、架空でのたわみ性変形によってその相対変位を吸収することができる。一方、埋設配管は地盤震動の水平方向相対変形に比較して管体の変形性能が十分大きいと、地盤震動に対して一定の耐震性能を有している。しかし、地中から立ち上がった配管が建物に接続する部位に大きな強制変形が生じたときには、配管系に地震時被害が発生した事例が散見される。

実際、埋立地内のプラント周辺で、液状化に伴う地盤沈下が起こった場合、図1に示すように埋設部配管と杭支持された構造物の間に大きな相対変形が発生する。もし、配管埋設部周辺の地盤が液状化により管周辺の地盤拘束力を極端に低下させた場合には、地上配管のように大きな相対変位を吸収できるかもしれない。しかし、液状化後の地盤拘束力がある程度の大きさを保持している場合には、配管の変位吸収能力は相対的に小さく、地盤沈下による大きな相対変位を吸収することができず、配管系の一部に地震時被害が発生することになる。

このことは、配管系の地盤変位吸収能力は埋設管周辺地盤の地盤拘束力の大きさに大きく依存していることを意味している。ところが、従来のガス配管系の変位吸収能力は、図2に示す標準立体配管系に対して表1に示す値を規定しているが、対象地盤の特性値については必ずしも明確でない。

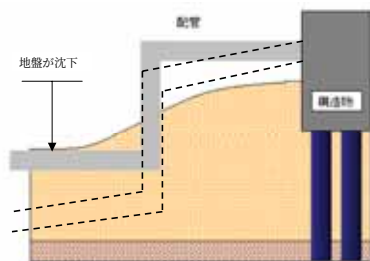


図1 地盤変形前後の配管系の挙動

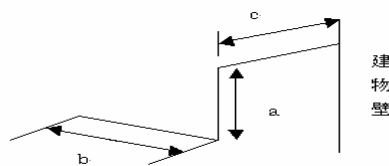


図2 標準立体配管系

本研究は、埋設部から建物に接続する立体配管系について、表1の許容変位吸収能力が適用できる地盤条件を確認しようとしたものである。

表1 口径に対する許容変位吸収能力¹⁾

口径	地盤変位吸収能力(mm)	
	管軸方向	管軸直角方向
50A	470	67
80A	650	77
100A	780	135
150A	1250	170
200A	1870	230
a=600mm, b=1500mm, c=2000mm		

2. 地盤拘束条件の影響評価

埋設管周辺の地盤拘束力は、管と周辺地盤を地盤バネで結ぶことでモデル化できる。管軸方向および管軸直角方向の地盤バネモデルを図3に示す。それぞれの地盤バネは図4に示す非線形特性を有するものと仮定する。すなわち、管軸方向地盤バネは、周辺地盤と埋設管のせん断応力が図4(1)の応力ひずみ関係より与えられるとして、次式で定義できる。

$$K_1 = \pi k_1 D \quad (1)$$

ここで、 $k_1, \tau_{cr}, \delta_{cr}$ はそれぞれ $6N/m^3, 1N/m^2, 1/6cm$ 。

また、管軸直角方向地盤バネ係数は、埋設管が管軸直角方向に圧された場合、管下端部からのすべり線に沿って変形する特性が図4(2)の応力ひずみ関係より与えられるとして、次式で定義できる。

$$K_2 = k_2 D \quad (2)$$

ここで、 $k_2 = k_{10}$ 。

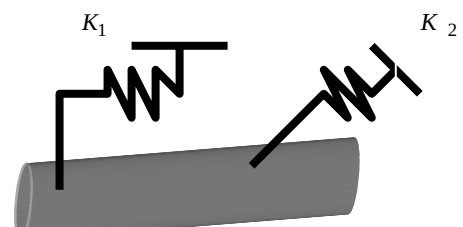
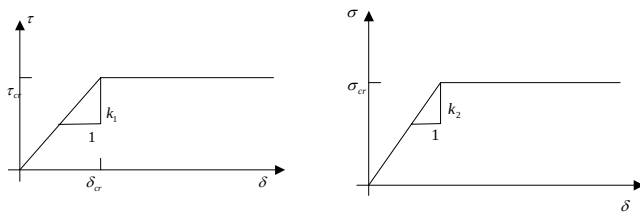


図3. 地盤バネモデル

キーワード 埋設部配管、地盤変位吸収能力

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 リスク数理工学研究室



(1)管軸方向地盤バネ (2)管軸直角方向地盤バネ

図4. 地盤バネの非線形特性

数値計算により、液状化時の地盤バネを非液状化時の地盤バネの 1/10, 1/100, 1/1000 に変化させて、配管系内部が弾性状態を維持できる変位吸収能力を検討した。図5によると、口径 100A の配管系の場合、地盤バネを当初の 1/10 以下にすると、その管軸方向変位吸収能力は 30mm 前後になることがわかる。しかし、この結果は表1の既往評価基準値の 470mm に比較して非常に小さな変位吸収能力しかないことを示している。

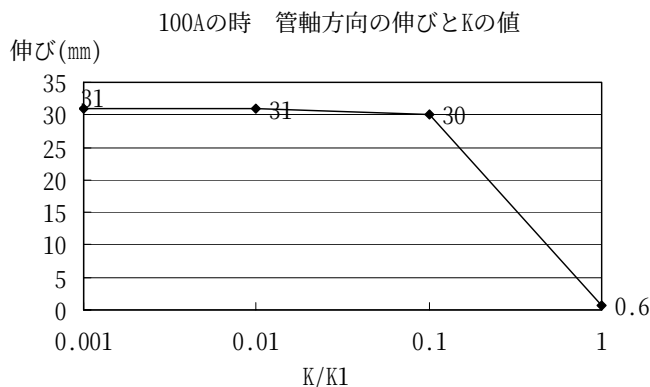


図5. 地盤拘束条件が配管系変位吸収性能に及ぼす影響評価

3. 曲管部の塑性曲げ変形の影響

上記では、配管系内部がすべて弾性条件にある場合を検討したが、曲管部のたわみ性がさらに進行して塑性化した場合を想定すると、配管系の変位吸収能力はさらに拡大するものと想定される。

ここでは、AUTOPIPE²⁾による解析範囲内で数値検討を行うため、曲管部の塑性変形を等価線形モデルで近似的に評価した。等価剛性は、曲管部の材質を曲げ剛性の低い材料に変更する事により評価した。

表2は、曲管部の剛性低下を考慮した場合の変位吸収能力を示している。同表によると、地盤条件 1/100、曲管部剛性を 1/30 程度にすることで、変位吸収能力が 385mm となって、表1の許容値 470mm に接近した値となっている。

このことは、曲管部剛性が 1/30 に低下した場合に、曲管部最大ひずみが降伏ひずみの 30 倍程度と推定され、当初の曲管部降伏ひずみ ε_y を 0.1% とすれば、等価剛性モデルによる塑性時曲管部降伏ひずみが概

略 3% 程度のひずみを発生することを意味している。この 3% ひずみ程度の値は、埋設管曲管部の地震時最大ひずみ³⁾と同程度であり、実現可能な値と言える。

したがって、表1の許容変位吸収能力は、軟弱地盤の地盤剛性が当初の 1/100 以下、曲管部塑性変形による剛性低下を近似的に 1/30 程度と推定される地盤・曲管を持つ配管系を想定したものと解釈できる。

表2 曲管部の剛性低下を考慮した場合の変位吸収能力

	バンド変化なし	バンド部分1/10	バンド部分1/20	バンド部分1/30
K=2830	0.6mm	75mm	135mm	190mm
K=283	30mm	125mm	200mm	280mm
K=28.3	31mm	125mm	240mm	385mm
K=2.83	31mm	126mm	245mm	390mm

4. 結論

配管系の埋設部と建物との接合部分は、地震時に地盤沈下などによる大きな相対変形を受けると、被害が集中する可能性がある。この部分の許容変位吸収性能を照査する既往指針があるが、適用地盤に関する記述がない状況にあった。

本研究は、この状況を鑑みて埋設部から建物に接続する立体配管系について、既往指針の許容変位吸収能力が適用できる地盤条件を確認しようとしたものである。

数値計算結果から評価すると、既往指針に示す許容変位吸収能力は、軟弱地盤の地盤剛性が当初の 1/100 以下、曲管部塑性変形による剛性低下を近似的に 1/30 程度と推定される地盤・曲管を持つ配管系を想定したものと解釈できる。

参考文献

- 1) 社団法人日本内燃力発電設備協会、建物外壁貫通部付近の立体配管系の地盤変位吸収能力、1996.
- 2) AUTOPIPE: Bentley system. Autopipe. Bentley system Inc. 1997.
- 3) 社団法人日本ガス協会：ガス導管耐震設計指針、社団法人日本ガス協会ガス工作物設置基準調査委員会、2002.