

継手挙動に注目した直管の地震応答解析

香川大学工学部 フェロー会員 ○野田 茂

川西水道機器技術開発室 大藪高弘 香川宗文 横井良典

1. まえがき

既往の研究では伸縮可とう性離脱防止メカニカル継手の有効性が十分に調べられていない。また、継手特性の相違が管体の応力・歪などの応答に及ぼす影響が解明されていない。そこで、本研究では、継手特性を変えて地震波入射に伴う地盤の変位・歪、管体の応力・歪、継手の伸縮・回転応答比率などを調べることで、直管の地震時挙動を明らかにし、伸縮可とう性離脱防止メカニカル継手(S-MD 継手)の有効性を検証する。

2. 埋設管路の耐震計算法と継手特性

地震波、地盤、管体、継手特性の入力条件を与え、修正伝達マトリックス法を用いた擬似静的地震応答解析(ERAUL)¹⁾によって管路の耐震計算を行う。なお、地震波、地盤、管体については、水道施設耐震工法指針²⁾の計算モデル地盤に基づき、地震動レベル 2 (100kine)、N 値 2、呼び径 100 の諸元を設定した。継手には、3 種類(K 形継手, S-MD 継手, 特殊押輪)を用いる。

解析に当たり、継手の引張・圧縮特性と回転特性に関する試験を実施した。その復元力特性をモデル化すると、図 1、図 2 のようになる。

図 1 より、継手が圧縮すると、K形継手と特殊押輪では、少ない伸縮量で急激に抵抗力が大きくなるため、管体の応力・歪が大きくなる。S-MD 継手では、伸縮量に対する抵抗力が小さいため、伸縮量は大きくなるが、管体への負荷を抑えられ、管路全体の応力・歪を低減する効果がある。継手が引張力を受けると、同じ抵抗力に対

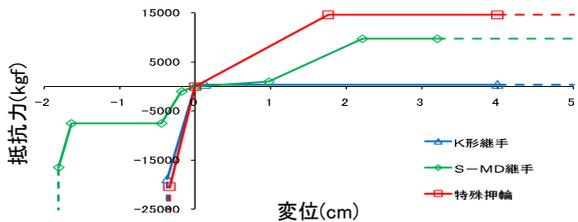


図 1 継手の引張・圧縮特性

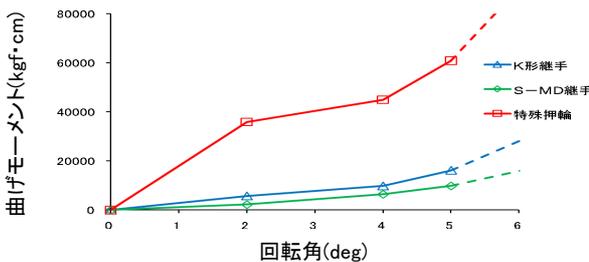


図 2 継手の回転特性

し、S-MD 継手の伸縮量が大きい。一方、特殊押輪では伸縮量が小さくても、管体の応力・歪が大きくなる。K 形継手は、抵抗力が非常に小さいため、離脱可能性が高い。図 2 より、K 形継手と S-MD 継手では、ほぼ同様の回転特性になっている。特殊押輪では、大きな曲げモーメントが発生する可能性がある。

3. 直管の継手挙動

ここでは、中心部に短管を配置した約 480 m 直管の管軸に対し、入射角 45° の調和地震波を与える。継手配置としては、短管部の継手を S-MD 継手または特殊押輪にし、他の継手を全て K 形継手とする。

管軸に対して入射角 45° で短管の中心が位相 0 s になる地震波入射と管軸方向変位の概念図を示すと、図 3 のようになる。なお、入射角は時計回りを正、管軸方向変位は右方向を正とする。同図より、管軸方向変位の波形と引張・圧縮の範囲がよく理解できる。

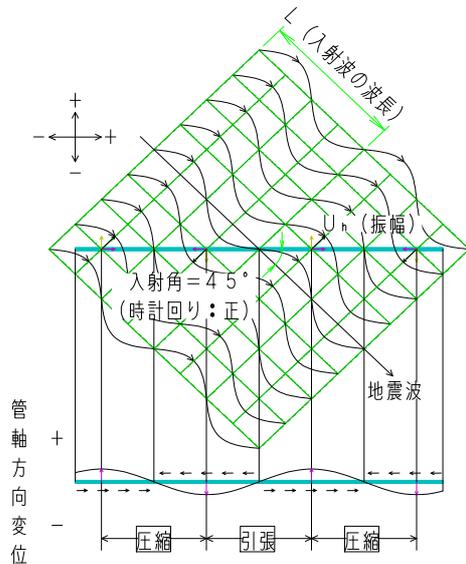


図 3 地震波入射と直管の概念図

図 4 は直管の地盤変位、図 5 は地盤変位の微分である地盤歪である。地盤歪は、引張を正、圧縮を負としている。

図 6 には K 形継手・特殊押輪と K 形継手・S-MD 継手の伸縮応答比率を示す。同図の伸縮応答比率において、正が引張、負が圧縮を意味する。K 形継手・特殊押輪による伸縮応答比率は、短管部で小さく、短管に隣接した K 形継手で大きくなっている。逆に、K 形継手・S-MD 継手における伸縮応答比率は、短管部で大きくなるが、

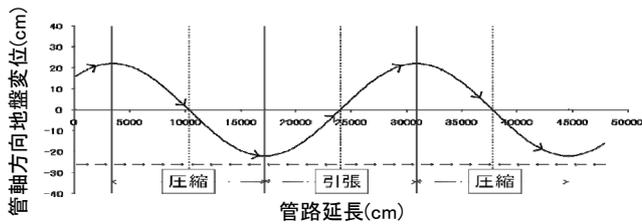


図4 直管の地盤変位

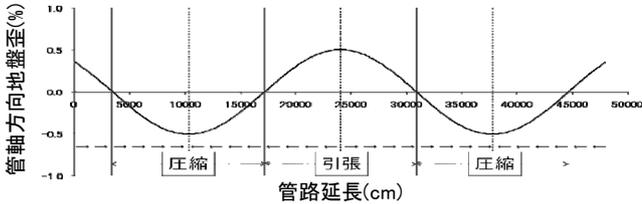


図5 直管の地盤歪

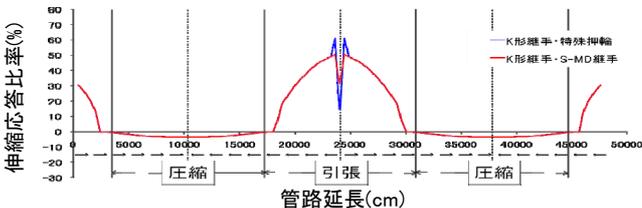


図6 直管の伸縮応答比率

隣接継手では抑えられている。K形継手は圧縮方向にほとんど伸縮しないため、圧縮時の伸縮応答比率はほぼ0%となっている。

地震波の位相がずれると、管体の引張・圧縮範囲は変化する。位相のみを変化させたとき、S-MD継手と隣接継手(K形継手)、特殊押輪と隣接継手(K形継手)の伸縮応答比率はそれぞれ図7、図8のようになる。

短管部をS-MD継手にすると、図7より、S-MD継手の伸縮応答比率は-61%~32%、隣接継手では-3%~51%の範囲にあることがわかる。圧縮力が働くと、S-MD継手では負の伸縮応答比率となっている。短管部が特殊押輪だと、特殊押輪の伸縮応答比率は-3%~14%、隣接継手では-3%~61%である(図8)。短管部のみに注目すると、S-MD継手の方が特殊押輪よりも伸縮応答比率が大きいが、隣接継手に注目すると、S-MD継手では特殊押輪よりも伸縮応答比率が小さくなっている。

回転応答比率は、継手の種類、位置によらず、ほぼ0%であった。これより、直管では回転力はほとんど働かないことがわかる。

図9はK形継手・特殊押輪とK形継手・S-MD継手の管体応力を示したものである。圧縮の範囲では、K形継手が圧縮方向に伸縮しないため、大きな負の応力(圧縮応力)が生起している。

短管部周辺ではK形継手・特殊押輪とK形継手・S-MD継手の違いによって管体応力に差が生じる。そこで、短管部周辺における管体応力の拡大図を図10に示す。K形継手・特殊押輪では、短管部周辺(特に管路延長23800cm~24200cmの範囲)において管体応力が

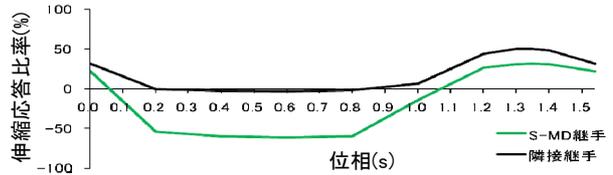


図7 位相変化に伴う短管部 S-MD 継手における伸縮応答比率の変化

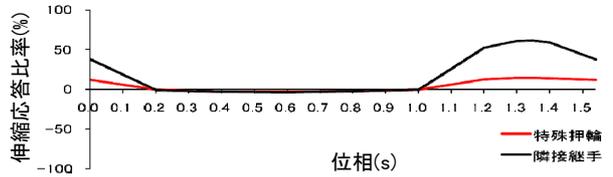


図8 位相変化に伴う短管部特殊押輪における伸縮応答比率の変化

大きくなっている。特殊押輪では伸縮応答比率が小さいことから、引張・圧縮力が吸収されず、短管とその隣接管に大きな管体応力が作用している。

一方、K形継手・S-MD継手の短管部では、S-MD継手が大きく伸縮することで引張・圧縮力が吸収され、管体応力が抑えられている。また、短管部周辺の管体応力も抑えられることから、S-MD継手に伴う管体への負担低減効果が明らかである。

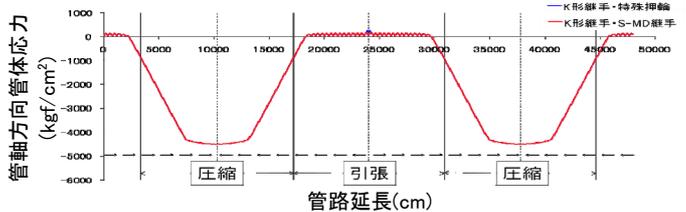


図9 直管の管体応力

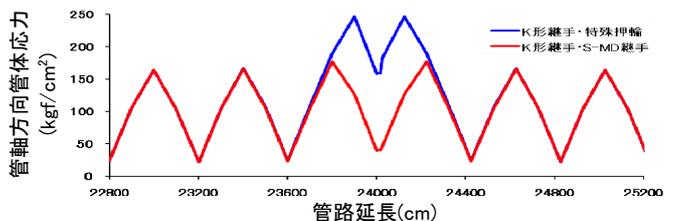


図10 短管部周辺における直管の管体応力

4. あとがき

地震波が入射したとき、直管には回転力が働かず、伸縮力のみが作用する。この場合、伸縮可とう性離脱防止メカニカル継手であるS-MD継手を採用すれば、継手自体が地震入力エネルギーを吸収するので、それに伴って周辺継手に悪影響を与えないことがわかった。S-MD継手の伸縮応答比率は-61%~32%であるため、地震動レベル2(100kine)における継手性能は高いと言える。

参考文献

- 1) 高田至郎:ライフライン地震工学, 共立出版, 1991年9月.
- 2) 日本水道協会:水道施設耐震工法指針・解説(1997年版), 1997年3月.