

継手挙動に注目した異形管の地震応答解析

香川大学大学院 学生会員 ○角田 貴裕

香川大学工学部 フェロー会員 野田 茂

1. まえがき

埋設管路の曲管やT字管などの異形管部周辺では、管路構造が複雑なため、異形管継手に大きな曲げモーメント・回転応答が生じることにより、被害が多発している。水道施設耐震工法指針では直管の耐震設計のみが示されており、異形管の解析は明確でない。そこで、本研究では地震波入射に伴う管体の応力や歪、曲げモーメント、継手の伸縮量や回転量を調べることで、異形管部の地震時挙動特性を明らかにする。

2. 埋設管路の耐震計算法と継手特性

ここでは、地震入射波、地盤、管体、継手特性を与え、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。異形管としては90°曲管、T字管を扱い、継手には3種類(K形継手、SMD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。

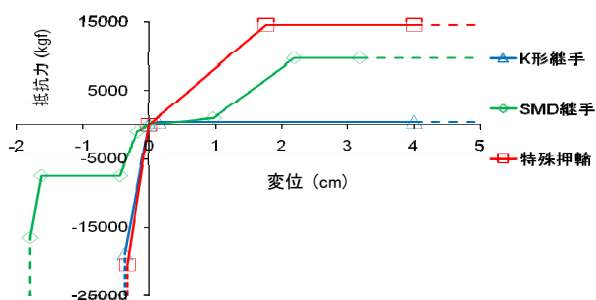


図1 継手の引張・圧縮特性

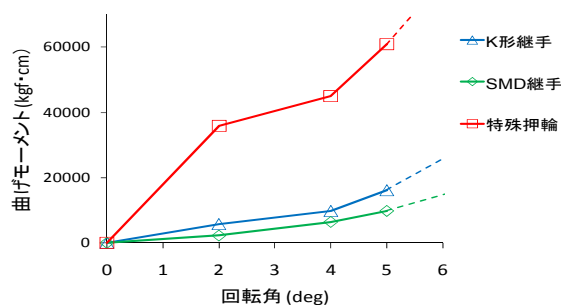


図2 継手の回転特性

図1より、継手が圧縮すると、K形継手と特殊押輪では伸縮量が少ないが、抵抗力が大きくなる結果、管体の応力・歪は大きくなる。SMD継手では伸縮量が大きくなるが、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、SMD継手は伸縮量が大きくなる。一方、K形継手の抵抗力が非常に小さく離脱可能性を高め、特殊押輪では管体の応力・歪を大きくする。

図2に示すように、K形継手とSMD継手がほぼ同様の復元力特性になっている。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. 異形管部の挙動

ここでは約200mの曲管・T字管主管と約100m T字管枝管の中心部に入射角45°と135°の調和地震波を与える。分析は約50m長の管中心部を対象とする。継手配置は、曲がり部とT字部の継手をSMD継手か特殊押輪にした上で、他の継手を全てK形継手に統一する。

K形・SMD継手では曲がり部の伸縮量がK形継手・特殊押輪よりも大きくなるが、図3からわかるように管体曲げモーメントを大きく抑えられるとともに、管路全体にわたる管体応力が小さくなる。入射角45°、135°とも、曲がり部の継手伸縮応答は圧縮の挙動を呈すことから、継手が引張により管体から抜けることはないと考えられる。SMD継手による抑制効果は高く、曲がり部にSMD継手を設置すると、曲げモーメントが小さくなり、管体への負担も低減するようになる。

既往地震によれば、特殊押輪を設置すると曲がり部で被害がないが、その隣接継手に力が伝わって被害を受けるケースが見られている。特殊押輪よりもSMD継手を採用した方が曲がり部だけでなく隣接した継手の地震被害軽減に大きく役立つことがわかる。

今後は、埋設管の地震対策においても、特殊押輪で硬く締める“耐震”の考えから地震力を逃がす“制震”の発想を導入することが求められる。

キーワード：異形管 継手挙動 ERAUL 地震応答解析

連絡先：〒761-0396 香川県高松市林町2217-20 Tel & Fax 087-864-2153

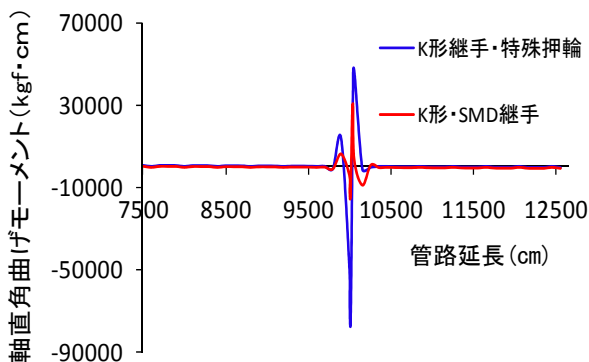


図3 曲管の管体曲げモーメント(入射角 135°)

図4は入射角 135° におけるT字管主管側の継手伸縮量である。継手は圧縮の挙動を呈している。K形・SMD継手におけるT字部(継手番号7, 8)での伸縮量はK形継手・特殊押輪に比べて約4.5倍近大きい。逆にK形継手・特殊押輪ではT字部での継手回転量が2.5倍ほど大きくなり、曲げモーメントが極端に卓越する。

一方、図5よりわかるように、K形・SMD継手にすると、T字部周辺(特に管路延長9000～11000cmの範囲)での管体応力が極端に小さくなっている。継手の復元力特性に依存した結果、継手が圧縮力を受けることで、T字部だけでなく、それに隣接した継手や管体の応力・歪が小さくなっており、SMD継手に伴う管体への負担低減効果が明らかである。

入射角が45°になると、継手伸縮量は図6のように引張の挙動を呈す。T字部(継手番号7, 8)での伸縮量はK形継手・特殊押輪よりもK形・SMD継手の方が若干大きい。隣接継手である継手番号6, 9に注目すると、K形継手・特殊押輪の方が大きく、離脱可能性を高める。これは、T字部を特殊押輪で締めて離脱させないようにした影響の結果、隣接K形継手に働いて応答が大きくなったことによる。それに伴い、K形継手・特殊押輪ではT字部継手の回転・曲げモーメント、管体の応力・歪が

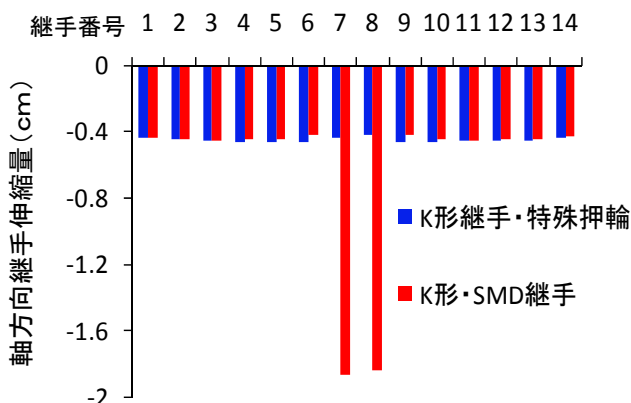


図4 T字管主管の継手伸縮量(入射角 135°)

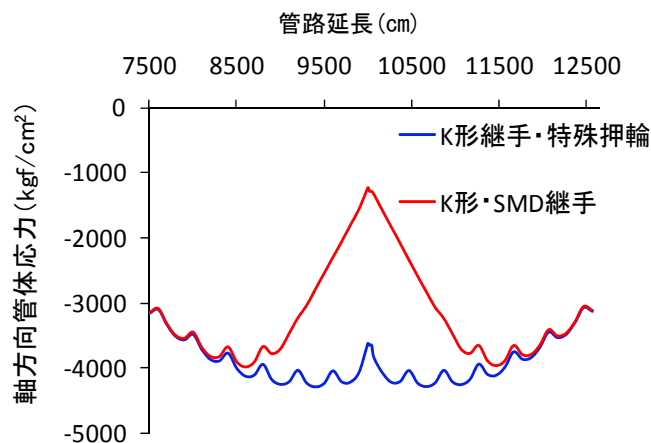


図5 T字管主管の管体応力(入射角 135°)

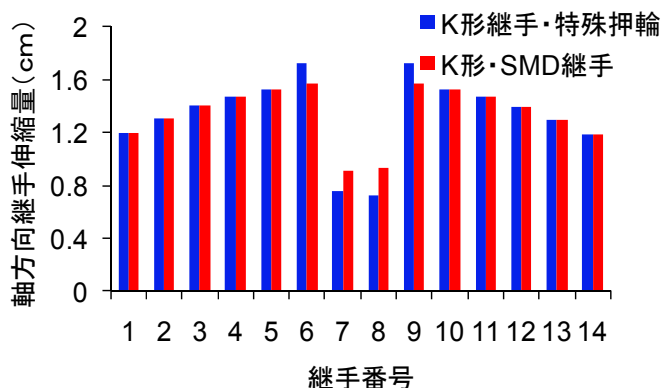


図6 T字管主管の継手伸縮量(入射角 45°)

大きくなり、管体への負担を増すことがわかった。

継手の応答として、曲管では回転が卓越し、T字管では伸縮と回転がともに生じる。地盤が軟弱なほど、回転が大きくなる傾向にある。異形管部の地震被害軽減のためには曲げモーメントに対する抵抗力が必要となる。

4. あとがき

異形管部では曲げモーメントが大きくなり、回転が卓越するので被害が発生する可能性が高く、耐震継手を使用する必要がある。数値解析の結果、継手伸縮量は多少大きくなるものの、地震入力エネルギー吸収に富むこと、管路に及ぼす応力・歪の低減に役立つこと、離脱防止可撓性機能が高いことから、SMD継手が耐震的に優れていることが明らかになった。

謝辞

継手特性に関する各種試験の実施にご協力頂いた(株)川西水道機器ならびに解析に当たってご助言を頂いた神戸大学工学部の楢田泰子准教授に深甚なる謝意を表す。

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。