

原子力発電所における埋設消火配管の継手性能評価

(財) 電力中央研究所	正会員	○佐藤 雄亮	(財) 電力中央研究所	正会員	豊田 幸宏
同上	正会員	松浦 真一	同上	正会員	酒井 理哉

1. はじめに

2007年新潟県中越沖地震(M6.8)において、東京電力(株)の柏崎刈羽原子力発電所内では、鋼製の埋設消火配管が建屋近傍の地盤変位による継手部損傷を受け、地震後に発生した火災に対する消火活動に必要な水量が確保できなかった。同発電所内の消火配管継手部のうち、主に損傷が生じたのは、機械式継手に区分されるねじ継手とカップリング継手であった。このような被害状況を踏まえて、電気事業では原子力発電所の消火配管に対する耐震性向上策のひとつとして、機械式継手から溶接継手への交換を検討したが、この方策を実施に移すには、溶接継手と機械式継手を含めた相対的な継手性能に関する実証データが必要とされていた。そこで、本研究では、原子力発電所の埋設消火配管に用いられている各種継手性能を評価することを目的として、中央部に各種継手を有する直線配管を対象として、4点曲げ載荷試験を実施した。

2. 4点曲げ載荷試験の概要

本研究では、実際の原子力発電所で採用されている継手形式として、カップリング継手、ねじ継手、フランジ継手および溶接継手の4種類の継手を検討対象とした。実験ケース数は、カップリング継手が3体、ねじ継手、フランジ継手および溶接継手が2体ずつ、比較のために継手のない無継手配管1体も実験対象とし、合計で10ケースの実験を実施した。なお、ねじ継手は、配管との接合部における止水方法が異なる試験体を1体ずつ用意し、実験を実施した。1ケース目はシールテープによる止水、2ケース目は止水用の溶剤を用いたケースとした。

次に、実験時の載荷状況と載荷概要を図1、図2にそれぞれ示す。同図に示した通り、実験は4点曲げ載荷試験とし、継手部が載荷点の中央になるように試験体を配置した。載荷は単調載荷とした。なお、本実験では、消火配管の性能として、耐荷力だけではなく、水密性についても着目すべきであると考え、内圧が保持できる限界点の目安として、水圧500kPaを内部に作用させた状態で載荷を実施した。以下では、内圧が大気圧まで低下した状態を内圧保持限界と称する。最後に、実験時の計測配置を図3に示す。本実験では、同図に示した変位、水圧ならびにひずみと、同図への記載はないが荷重をそれぞれ計測した。

3. 実験結果と考察

実験で得られた曲げモーメントと回転角の関係を図4に示す。同図には各ケースにおける内圧保持限界点の位置も示した。各ケースにおける最大曲げモーメント、ならびに内圧保持限界点での曲げモーメントと回転角の平均値を、図5、図6にそれぞれ示す。同図から、最大曲げモーメントで比較した場合、カップリング継手に比べて、溶接継手とフランジ継手が約5倍、ねじ継手が約3倍の曲げ耐力を有していることがわかる。次に、内圧保持限界時に着目すると、曲げモーメントではフランジ継手が最大となったが、回転角ではカップリング継手が最大の値を示す結果となり、着目する応答値によって継手間の関係が変化する結果となった。



図1 試験体及び載荷試験装置の外観

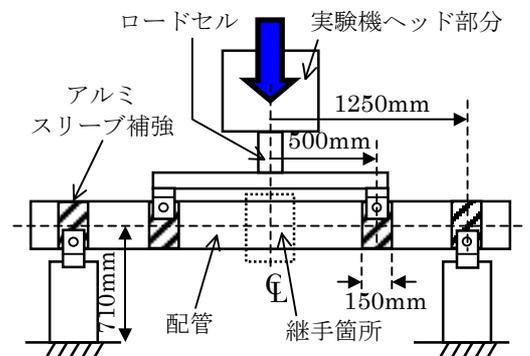


図2 載荷の概要

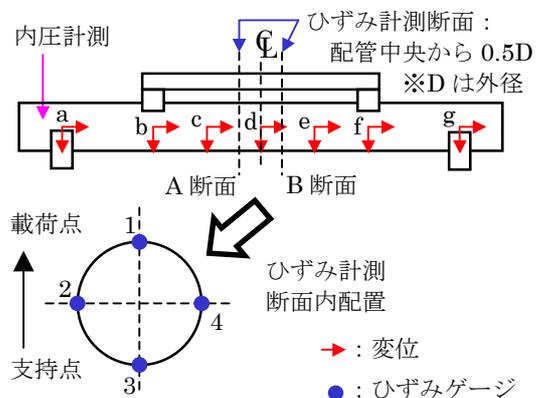


図3 計測点配置

キーワード 埋設消火配管、継手、曲げ載荷試験、2007年新潟県中越沖地震

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子1646 TEL:04-7182-1181 E-mail: satoy@criepi.denken.or.jp

このことから、内圧保持限界状態での継手性能を評価するためには、曲げモーメントや回転角とは異なる観点での評価が必要であることが明らかとなった。これに対しては、田邊らが用いている、弾性床上のはり理論を用いた評価¹⁾などが有効であると考えられる。なお、無継手配管と溶接継手は、今回の実験の範囲内では塑性変形が生じたが、水漏れやき裂が生じることはなかった。

最後に、各継手の損傷状況を図7に示す。同図に示した通り、フランジ継手はフランジ部で載荷面と逆側において締結用ボルトの破断が生じた。カップリング継手とねじ継手は、配管にはほとんど損傷がなく、継手部に損傷が集中していることがわかる。ここで、最大曲げモーメント時の各継手の主ひずみを表1に示す。同表から、カップリング継手とねじ継手は、ひずみが弾性域内に収まっており、配管にほとんど損傷が生じていないことが確認できる。

4. まとめ

本研究では、4種類の継手を対象として4点曲げ実験を実施し、最大曲げ耐力や内圧保持性能に関する評価を実施した。その結果、最大曲げ耐力では、機械式継手に分類されるカップリング継手やねじ継手に比べて、溶接継手やフランジ継手が大きくなる結果が得られた。一方、内圧保持限界時点では、着目する応答値により継手間の大小関係が変化する結果となった。継手の損傷状態に関しては、カップリング継手とねじ継手は継手部に損傷が集中し、配管の損傷が小さいことが明らかとなった。

謝辞

本研究は、電気事業連合会からの要請に基づき実施されたものです。また、本研究を実施するに当たり、研究を実施するにあたり電力会社各社から多くの有益なコメントをいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 田邊揮司良、高田至郎：地盤沈下を受ける地中管路の設計式と適用、土木学会論文集、第374号/I-6、pp. 593-602、1986.10

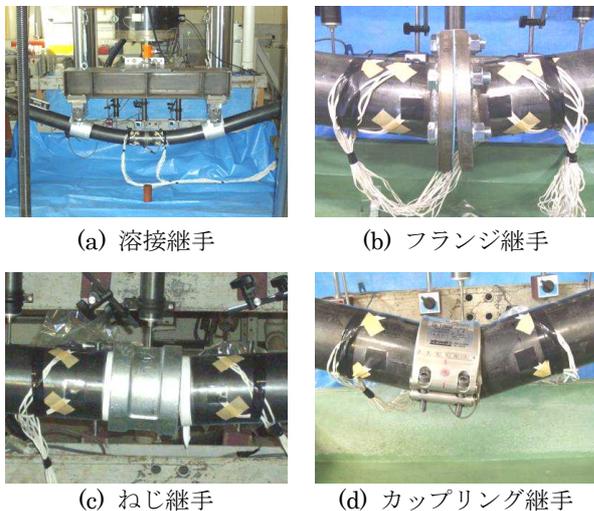


図7 終局状態における継手の外観

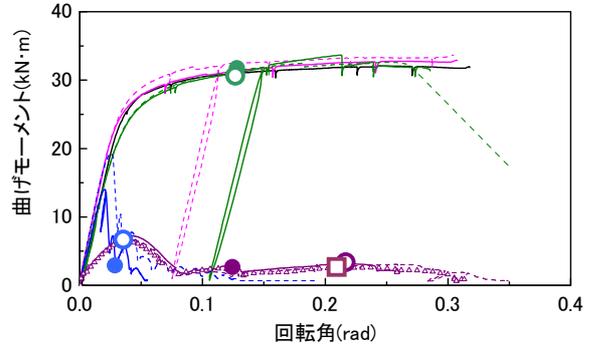
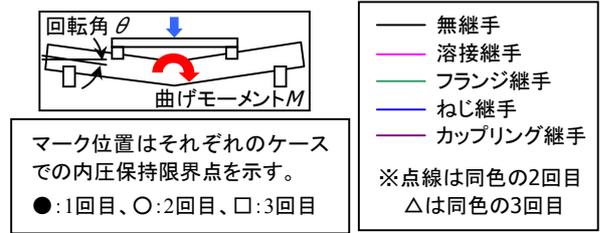


図4 各継手の曲げモーメントー回転角関係

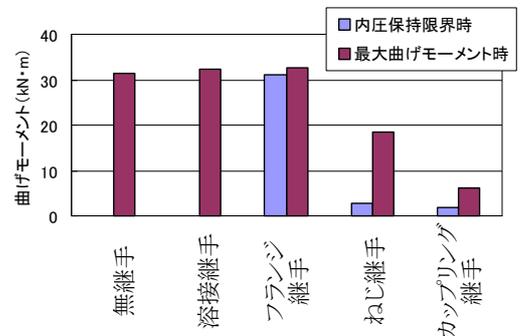


図5 最大曲げモーメント時と内圧保持限界時の曲げモーメント

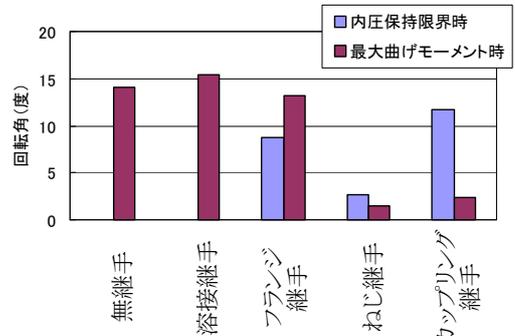


図6 最大曲げモーメント時と内圧保持限界時の回転角

表1 最大曲げモーメント時の主ひずみ

		最大主ひずみ	最小主ひずみ
無継手		1.03	-2.62
溶接継手	1回目	0.8	-2.38
	2回目	0.64	-2.12
フランジ継手	1回目	1.63	-2.35
	2回目	1.91	-2.65
ねじ継手	1回目	0.01	-0.12
	2回目	0.03	-0.20
カップリング継手	1回目	0.01	-0.09
	2回目	0.00	-0.09
	3回目	0.00	-0.08

単位：%