通信用鋼管ねじ継手の強度特性に関する研究

若竹　雅人[1]・伊藤　陽[2]・鈴木　崇伸[3]

[1]正会員　NTTアクセスサービスシステム研究所（〒305-0805 茨城県つくば市花畑1-7-1）

[1]E-mail:wakatake.masato@lab.ntt.co.jp

[2]正会員　西日本電信電話株式会社（〒540-8511 大阪府大阪市中央区馬場町3-15）

[2]E-mail:a.itoh@west.ntt.co.jp

[3]正会員　東洋大学　理工学部　都市環境デザイン学科　教授（〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100）

[3]E-mail:tsuzuki@toyo.jp

本稿では通信用の地下管路設備において最大の設備割合を占める，鋼管ねじ継手の強度特性把握のために実施した実験について報告する．通信用管路において，鋼管ねじ継手式の管路は数多く存在しており過去の地震被害の経験により被害を受けやすいという知見が存在しているため，適切な耐震対策が望まれている．効率的な耐震対策のためには，鋼管ねじ継手の耐力を適切に把握し優先順位を設定する必要があるため，強度特性を把握するための種々の実験を実施した．得られた実験結果と簡易的な構造計算結果との比較により，鋼管ねじ継手が限界状態となる基準が明確化された．

Key Words : *underground pipeline, screw joint, telecommunication*

1.　はじめに

日本電信電話株式会社(以下，NTT)は日本全国で約62万延長kmの通信用地下管路設備を有しており，管路にケーブルを布設することにより通信サービスを提供している．NTTの地下管路に利用される管種は硬質ビニル管，鋳鉄管，鋼管の3種類に分類される．また管路設備が建設された年代により，継手構造が異なっている[1)]．現在は差込継手式の硬質ビニル管を標準設備としているが，NTTの地下管路の大半が建設された1960年~80年代はねじ継手式の鋼管を標準設備として採用していた．このため，NTTの地下管路設備の中で最大を占める管種は現在，新設設備では採用されていないねじ継手式の鋼管となっており，全設備の約半数がねじ継手式の鋼管である[2)]．

埋設管内に流体を収容するようなガス導管においては阪神大震災以降，耐震性の高いポリエチレン管への取替えを積極的に推進したことにより，東日本大震災における被害率が低減されたと報告されている[3)]．水道管においては，文献[4)]において東日本大震災の被害分析が報告されており，耐震継手を有するダクタイル鋳鉄管やポリエチレン管の被害率が他の管種と比較して相対的に低いことが報告されている．加えて新水道ビジョン[5)]において，管路を含めた水道施設の耐震化が提言されている．

一方NTTは地下管路内に流体ではなくケーブルを収容していることから，金属劣化により管路の気密性が失われたとしても通信品質の低下は発生せず，ガスや水道のようにサービス断となる可能性は低い．しかしながら，地震時においてNTTにおいてもねじ継手式の鋼管の被害が確認されており，地震時における通信ネットワークの信頼性向上のためにねじ継手式鋼管の耐震化が求められる．このためにNTTは地下管路に内管を構成し，管路の再生と耐震性を向上させる技術を開発し，実設備への導入を進めている[6)]．これにより，地下管路の耐震性の向上が実現できるが，NTTはねじ継手式の鋼管を全国で30万延長km以上有しているため，全ての設備への適用は現実的ではない．

過去の震災においてもねじ継手式の鋼管の被害が目立っているが，全ての設備が地震による被害を受ける訳ではなく，特定の条件を満たす設備が地震による被害を受けると考えられる．このため継手の破壊実験により強度特性を適切に把握し，解析により想定地震動に対する継手耐力の有無を確認することにより，耐震補強が必要

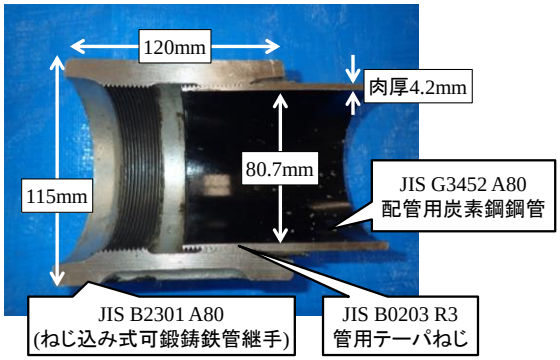


図-1　管と継手の構造

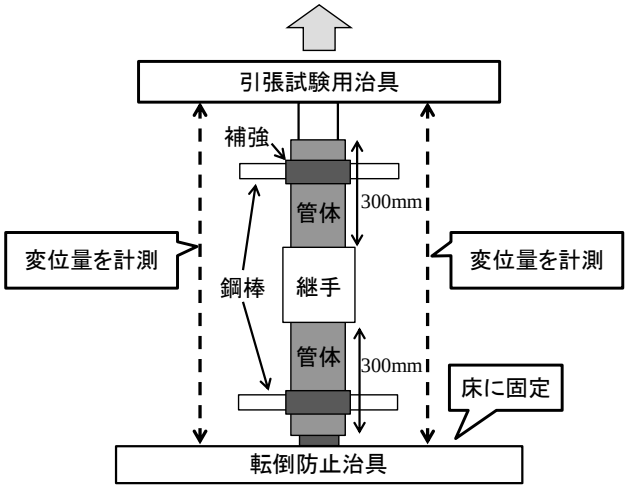


図-2　単純引張実験の概要図

な設備に絞り効率的に対策を適用することが期待される．以上のことから本稿では，著者らが実施した鋼管ねじ継手の強度特性把握実験結果について報告する．はじめに，継手の単純な特性の把握を目的として，ねじ継手に対して単一の外力を作用させる単純実験を実施した．単純実験は圧縮実験，引張実験，曲げ実験の3種類を実施した．加えて，地震時の実設備においては，軸方向の外力と軸直角方向の外力が同時に継手に作用することが考えられるため，継手の軸方向と軸直角方向に同時に外力を作用させる軸力曲げ実験を行い，強度特性の把握を実施した．これらの実験結果と簡易的な解析により，ねじ継手の限界状態となる条件を検討した．

2.　ねじ継手の強度特性把握実験

(1)　単純引張実験

本節ではねじ継手に引張方向の外力を作用させる単純引張実験の概要と結果を報告する．本実験に利用する試験体は，NTTの実設備に利用されている規格を利用している．管体部はJIS G 3452のA80に準拠する配管用炭素鋼鋼管(内径80.7mm，肉厚4.2mm)であり，継手構造はねじ込式とする．管体の雄ねじ部はJIS B 0203のR3に準拠する管用テーパねじ，ソケットの雌ねじ部はJIS B2301のA80準拠のねじ込み式可鍛鋳鉄製管継手とする．以降の節で報告する実験は全てここで示した規格の管と継手を利用して実施している．図-1に管と継手構造を示す．単純引張実験は図-2に示すように万能試験機を用いて継手部に引張方向の外力を作用させて実施した．実験は，計12ケース実施した．図-2に示すように，継手の片端から管端までの長さを300mmとする試験体に対して，継手に引張方向の外力を5mm/minの変位速度で静的に作用させた．引張実験については，管端から70mmの位置に引張用の鋼棒を挿入するための外径36mmの孔を開けている．また，穿孔部付近の変形を防ぐことを目的として，板厚9mmの鋼板を溶接し補強している．試験体の両側に変位計を2つ設置し，それぞれの変位量を測定した．試験荷重は試験機に内蔵されているロードセルにより計測された荷重とした．図-3に全12ケースの実験結果を示す．いずれも最大荷重が計測されるまでの試験結果を描画している．表-1に各試験の最大荷重，そのときの変位量の関係を示す．1ケースのみ全体の傾向から外れている試験結果が存在しているが，全体的に共通した試験結果が得られていることが分かる．次に実験後の継手の破壊モードについて検討する．破壊形態としては管側のねじの谷部が破断しているものと，管側のねじがソケットからすっぽ

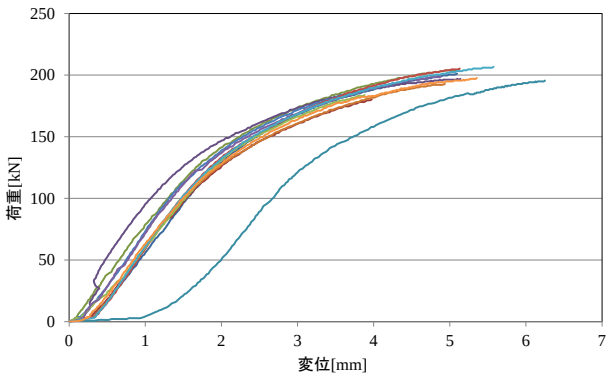


図-3　単純引張実験結果(荷重最大まで)

表-1　継手変位量と最大荷重の関係(単純引張実験)

Case	変位 [mm]	荷重 [kN]	Case	変位 [mm]	荷重 [kN]
1	4.46	198	7	3.78	189
2	3.40	177	8	4.44	202
3	4.68	202	9	3.41	181
4	4.64	194	10	4.37	196
5	4.98	193	11	4.87	203
6	4.29	189	12	4.76	194
			Ave	4.34	193

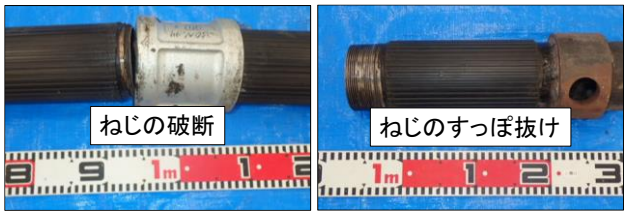


図-4　引張実験後の試験体

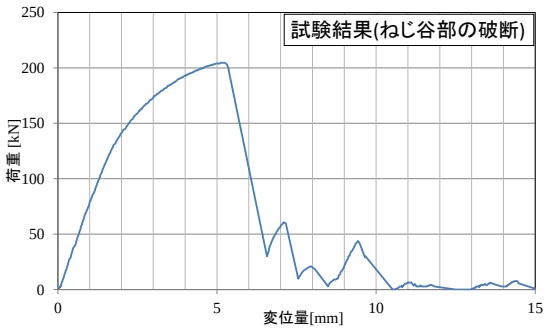


図-5　引張実験結果(ねじ谷部の破断)

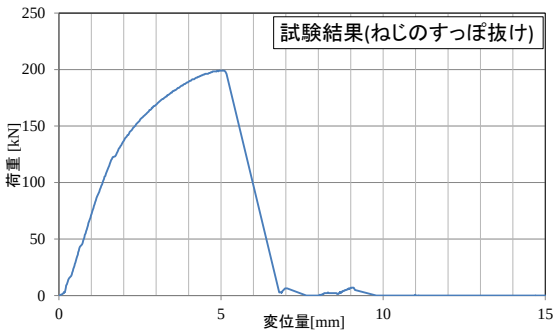


図-6　引張実験結果(ねじのすっぽ抜け)

抜けているような破壊形態(ジャンプアアウト)の双方が確認できている．図-4にそれぞれの破壊形態の継手部の状態を示す．ねじが破断する理由としては，ねじの谷部の断面積が挙げられる．管体部は内径80.7mm，肉厚4.2mmに対し，ねじの谷部は基準径位置において内径80.7mm，肉厚2.11mmであるため，ねじの谷部の断面積は管体の半分程度である．このため，断面積の小さなねじ部が破断する．ねじがすっぽ抜ける理由としては，文献[7]で考察されているように，管体部と比較して断面積の小さなねじの谷が降伏するためと考えられる．ねじ部が降伏することにより，ねじの引っ掛かりの高さが徐々に減少し，ねじの引っ掛かりがゼロとなる．この現象が繰り返され，引張方向の荷重に抵抗するねじ山が1つ1つ少なくなっていくことにより，ねじのせん断抵抗が引張荷重より小さくなる点でねじがせん断破壊しすっぽ抜けが発生する．文献[7]では台形ねじを対象とし，今回の実験では三角ねじを対象としているが，ねじのすっぽ抜けが発生した試験体を確認すると，ねじ山がせん断破壊したようなねじ山のめくれが確認できている．このことから今回の実験においては，文献[7]で検討されているジャンプアウトが発生したことにより，ねじ継手が破壊したと考えられる．図-5にねじ谷部の破断が確認できた実験結果，図-6にねじのすっぽ抜けが確認できた実験結果を示す．谷部が破断する場合は，全周が同時に破断するのではなく一部が破断し，徐々に破断箇所が広がっていくという破壊の進行であったため，荷重がピークとなった後にも軸ズレのため継手内部での引っ掛かりによる複数のピークが確認できている．ねじのすっぽ抜けが確認できたケースについては，ねじ山のせん断抵抗が引張荷重に抵抗できない荷重を超過すると一気にネジがすっぽ抜けるという破壊の進行であったため，最大荷重以降は大きな荷重が計測されていない．いずれの破壊モードにおいても，実験の初期段階では弾性的な挙動を示し，その後，変位量に対する荷重の増加が緩やかとなり限界状態を迎えるという結果が得られている．最終的な破壊モードは異なるものの，限界状態までの挙動は主として，管体と比較して断面積が小さなねじ部の降伏と塑性変形であると考えられるため，本稿では，両者の破壊形態については区別しないこととする．

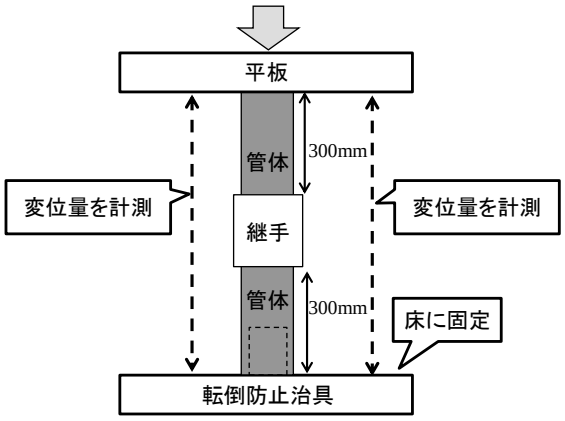


図-7　単純圧縮試験の概要図

(2)　単純圧縮実験

本節ではねじ継手に圧縮方向の外力を作用させる単純圧縮実験について報告する．単純圧縮実験は図-7に示すような形態で実施した．引張実験と同様に，継手の端からの長さを300mmとする試験体に対して，継手に圧縮方向の外力を5mm/minの変位速度で静的に作用させた．試験体の下部には試験体の転倒を防止するために，管軸方向へのガイドとなる治具を設置している．試験体上部には平板を設置し，管軸方向に対して均等に外力を作用させられるようにしている．変位量は試験体の両側に設置した2つの変位計により測定する．試験外力は試験機に内蔵されたロードセルにより計測された荷重とした．実

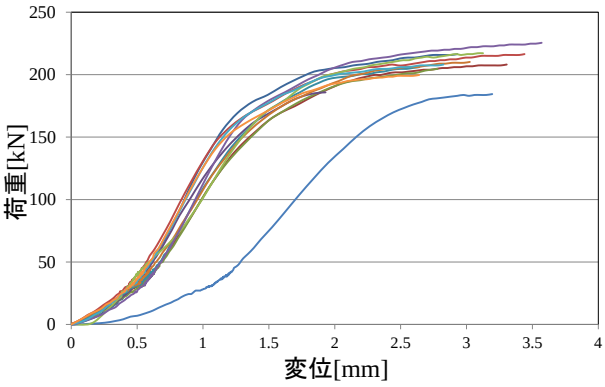


図-8　単純圧縮実験結果(荷重最大まで)

表-2　継手変位量と最大荷重の関係(単純圧縮実験)

Case	変位 [mm]	荷重 [kN]	Case	変位 [mm]	荷重 [kN]
1	2.93	216	7	3.20	184
2	3.31	208	8	3.44	216
3	2.78	205	9	3.13	218
4	1.93	186	10	3.57	226
5	2.64	206	11	2.83	208
6	3.03	210	12	2.64	200
			Ave	2.95	207

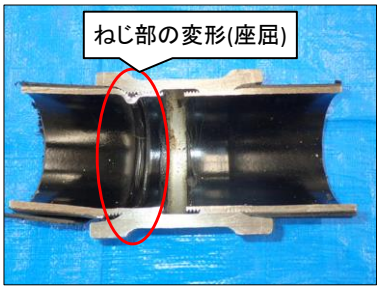
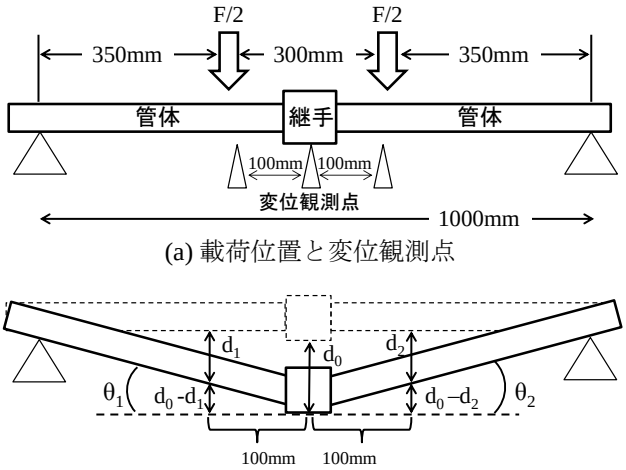


図-9　圧縮実験後の試験体

施数は12ケースであり，引張試験の場合と同様に最大の荷重が計測されるまでの，荷重と変位量の関係に着目して整理した実験結果を図-8に示す．表-2に各試験の最大荷重とそのときの継手変位量を示す．こちらも引張試験の場合と同様に，1ケースのみ全体の傾向からは乖離している試験結果が存在しているが，試験結果全体の傾向は共通していると考えられる．最大荷重は引張と比較して7%程度大きくなっているが，これは破壊形態の違いによるものと考えられる．破壊形態としては，図-9に示すように全てのケースにおいて，管体部と比較して断面積の小さなねじ継手部が内側へ座屈しているような破壊形態が確認された．単純引張実験において確認できたような，ねじ山のせん断破壊といった破壊形態は単純圧縮実験では確認できなかった．このことが両者の限界状態となる



(a) 載荷位置と変位観測点

(b) 曲げ角度の算出

図-10　単純曲げ実験の概要図

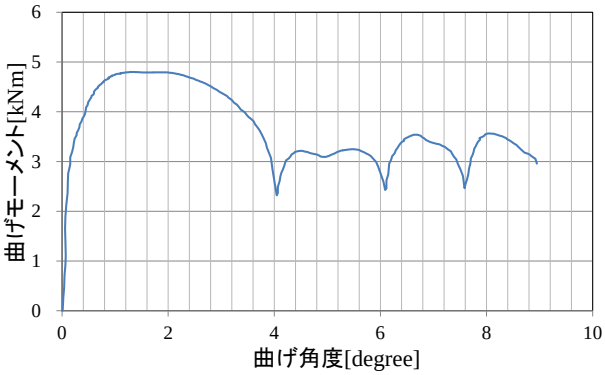


図 11　単純曲げ実験結果の一例

荷重の大きさの違いとして表れたと考えられる．

(3)　単純曲げ実験

本節ではねじ継手に曲げ方向に外力を作用させる単純曲げ実験の概要と結果を報告する．単純曲げ実験は図-10 (a)に示すように，支持間隔を1,000mmとした4点曲げ試験で実施した．継手部に鉛直下向きの方向に2.5mm/minの変位速度で外力を作用させた．継手の中心及び，中心からそれぞれ100mm離れた箇所に変位計を設置し，鉛直下向き方向の変位量を測定した．得られた変位量から継手の曲げ角度を算出した．今回の検討では継手に作用する曲げモーメントの大きさと曲げ角度に着目して整理する．また，他の単純試験の場合と同様に継手に作用する曲げモーメントが最大となるまでの変位量と荷重の関係を検討する．今回の実験における荷重を作用させた位置と，支持間隔は図-10 (a)に示す通りであるため，曲げモーメントM は$M = \frac{F}{2} \cdot 0.35$で計算した．ここで$F$は試験

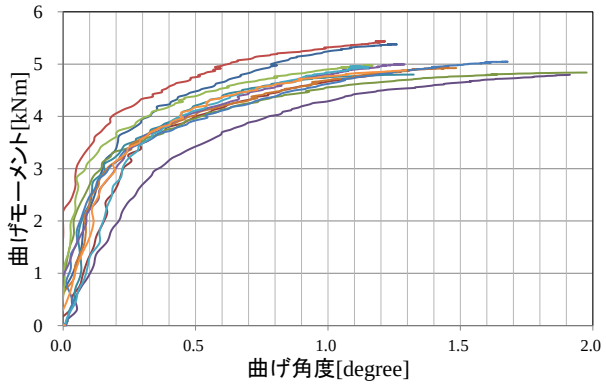


図-12　単純曲げ試験結果(最大荷重まで)

表-3　継手変位量と最大荷重の関係(単純曲げ実験)

Case	変位 [degree]	荷重 [kNm]	Case	変位 [degree]	荷重 [kNm]
1	1.24	5.38	7	1.67	5.05
2	1.46	4.95	8	1.21	5.44
3	1.98	4.84	9	1.15	4.98
4	1.91	4.80	10	1.25	5.00
5	1.32	4.80	11	1.12	4.95
6	1.48	4.92	12	1.29	4.89
			Ave	1.42	5.00

機に内蔵されたロードセルで観測された荷重であり，単位はkNである．曲げ角度θについては図-10 (b)のように$\theta = \theta_1 + \theta_2$で計算した．$\theta_1$，$\theta_2$については継手の中心の鉛直下向きの変位量を$d_0$，継手の中心から100mmの位置における鉛直下向きの変位量をd_1，d_2としたとき，それぞれ $\theta_1 = \tan^{-1}(\frac{d_0-d_1}{100})$, $\theta_2 = \tan^{-1}(\frac{d_0-d_2}{100})$で計算した．

曲げ試験における試験結果の一例を図-11に示す．実験結果より曲げモーメントが複数の極大値(ピーク)を有することが確認できる．これはねじ継手部が曲げによる外力を受けることにより，ねじ山が1つ1つせん断破壊されるという現象であると考えられる．今回の実験では全てのケースにおいて最初のピークが，各ケースにおいて計測された最大の曲げモーメントであるということ結果を得られていることから，実験により得られた最大の曲げモーメントまでの関係について検討する．実験結果を図-12に，最大の曲げモーメントとそのときの曲げ角度の関係を表-3に示す．最大荷重までの傾向は概ね共通しており，精度良くねじ継手の曲げ特性の把握が実施できたと考えられる．破壊形態は図-13に示すようなものであり，圧縮力が作用する側では，圧縮実験で確認されたようなねじ部の座屈が確認でている．引張力が作用する側では，引張実験で確認されたような，ねじ山のせん断破壊によるものと考えられるめくれが確認できている．このことから，曲げによるねじ継手の破壊はねじ山が1つ1つ破壊されることにより進行していくと考えられる．ここまでで報告したそれぞれの単純実験結果から得られた，各外力に対する限界状態となる荷重は，次の章で報告する軸力曲げ実験による結果と組合せ，ねじ継手の限界状態となる荷重条件の検討に利用する．

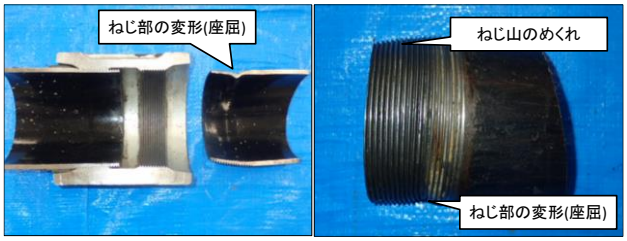


図-13　曲げ実験後の試験体

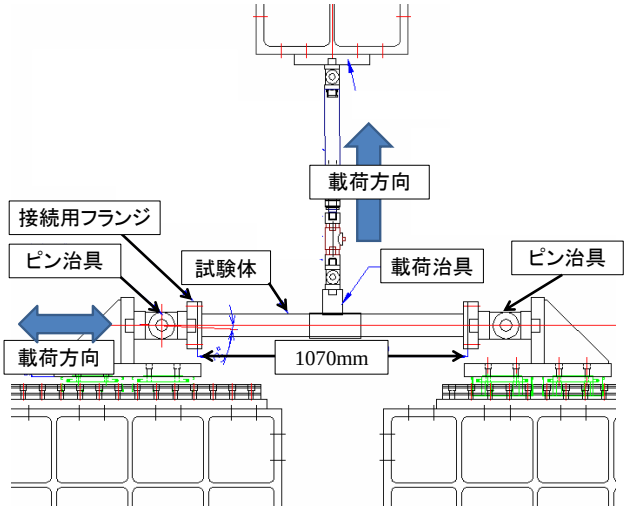
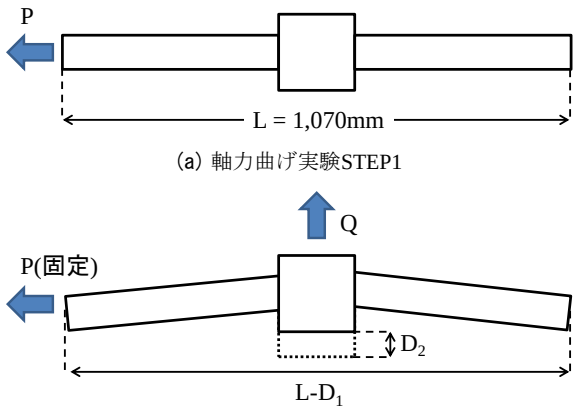


図-14　軸力曲げ実験概要図

3　軸力曲げ試験

(1)　試験概要

本節ではねじ継手の軸方向に圧縮又は引張方向に外力を作用させながら，ねじ継手の軸直角方向に曲げ方向の外力を作用させる軸力曲げ試験の概要を報告する．試験装置の概要を図-14に示す．軸力曲げ試験に利用した装置は，管軸方向に一定荷重を加えるために，ガイドローラに2台の油圧シリンダーと試験体を取り付けた軸方向載荷装置と，管軸直角方向に外力を作用させるための油圧シリンダーを有する構成とした．試験体の変形を阻害する力が作用しないことを目的として，試験体の両端はピン構造を採用し，また試験体の取付け治具全体が水平方向に変位可能である構造とした．軸力曲げ試験は中心部にねじ込式の継手を有する全長1,070mmの試験体に



(a) 軸力曲げ実験STEP1

(b) 軸力曲げ実験STEP2

図-15　軸力曲げ実験概要

表-4　軸力曲げ実験実施パターン

軸力の方向	軸力の大きさ	実施数
圧縮	40kN	3
圧縮	80kN	3
圧縮	120kN	3
圧縮	160kN	2
引張	40kN	3
引張	80kN	3
引張	120kN	3
引張	160kN	3

対して，まず図-15 (a)に示すように所定の大きさとなるまで管軸方向に作用させる外力Pを増加させた．その後，図-15 (b)に示すように軸方向の外力Pを所定の大きさに固定したままで，管軸直角方向に作用させる外力Qを増加させることにより実施した．実験では試験体両端の管軸方向の変位量であるD_1，継手中心部の鉛直方向の変位量D_2，及び，PとQを測定した．図-15 (b)のように管軸引張方向の軸力を正，管が縮む方向の変位量を正，鉛直上向き方向の外力と変位量を正とした場合の継手部に作用する曲げモーメントの大きさを

$$M = \frac{Q(L - D_1)}{4} - PD_2 \qquad (1)$$

で計算した．試験は表-4に示すように作用させる軸力の方向と大きさを変化させたパターンで実施した．

(2)　軸力曲げ試験の試験結果

本節では軸力曲げ試験の試験結果を報告する．単純試験結果の場合と同様に，継手部に発生した曲げモーメントと，そのときの作用させた軸力の関係に着目して整理した結果を図-16に示す．横軸を軸力，縦軸を曲げモーメントとして分布図を作成した．作用させる軸力は一定の

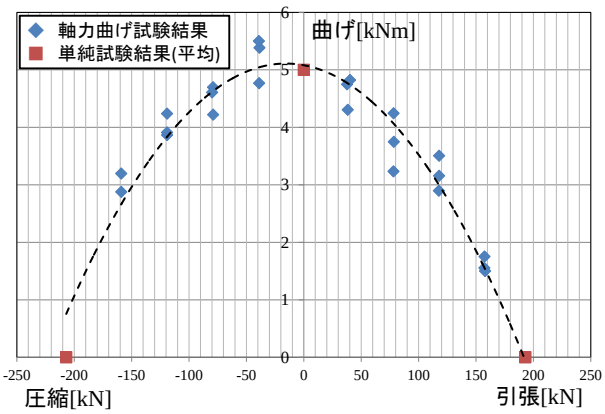


図-16　軸力曲げ実験結果

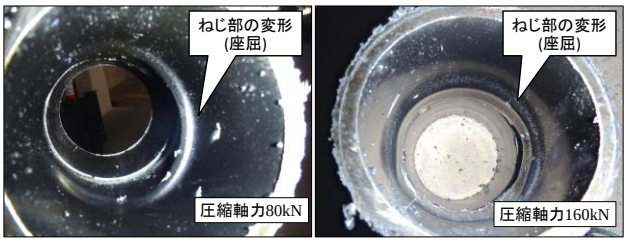


図-17　圧縮曲げ実験後の試験体

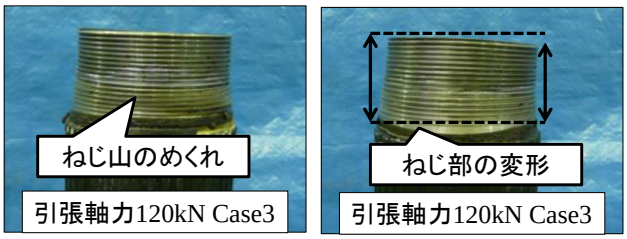


図-18　引張曲げ実験後の試験体

値となるように制御していたが，厳密に一定の値となるようにすることはできたなかったため，結果の分布図においては軸力に若干のバラつきが存在する．また，軸力が0である実験結果及び，曲げモーメントが0である実験結果については，前の章で報告したそれぞれの単純試験において計測された最大値の平均値を分布図にプロットしている．図-16中の破線は，最小二乗法による近似曲線(二次関数)である．軸力として引張を作用させた場合全ての試験ケースにおいて，図-15 (b)におけるQが最大値に達した直後に継手が離脱するということが確認でき，またQが最大値に達したときに曲げモーメントも最大値となっていることから，図-16では曲げモーメントの最大値とそのときの軸力をプロットした．軸力として圧縮を作用させた場合，継手の終局状態以降も継手外側の鋳鉄製のソケットにより，引張を作用させた場合のように力が解放されなかった．このため，Qが最大値に達して以降も，固定軸力Pにより変形が進行した．つまり，式(1)における試験体の変形量D_1とD_2が増加し続けたため，曲げモーメントが最大となった点とQが最大となった点は

一致していない．全てのケースにおいてQが最大値となった以降に式(1)で計算される曲げモーメントが最大値となった. **図-17**に示すように圧縮曲げ実験後の試験体の内部を確認すると，ねじ部が内側へ変形していることが確認でき，終局状態以降にも大きな変形が発生したと考えられる．継手内部は実験中に確認することができなかったため，本稿では圧縮方向の軸力を作用させた実験ケースについてはQが最大値となった点を継手の限界状態とみなし, そのときの軸力と曲げモーメントの値を**図-16**にプロットしている．当初より想定していたように，ねじ継手に複数方向の外力が同時に作用する場合，単一の外力による破壊荷重よりも小さな外力の組合せで継手が破壊するという実験結果を得ることができた.

次に継手の破壊形態について検討する．圧縮方向に軸力を作用させた場合の継手の破壊形態は前述したように, ねじ部が内側へ変形していることが確認できている．単純圧縮実験においても同様の破壊形態が確認できていることから，管軸圧縮方向の外力を作用させた場合の軸力曲げ実験における破壊メカニズムは，単純圧縮実験による破壊と同様であると考えられる．一方，管軸引張方向の外力を作用させた場合の軸力曲げ実験の実験後のねじ継手の状況は**図-18**に示す通りであり, 単純曲げ実験による破壊後の継手部と同様のねじ山のめくれとねじ部の変形が確認できている．単純引張実験では，一部の実験ケースにおいてねじの谷のちぎれによる破壊が確認できていたが，軸力曲げ実験においては，ねじ谷部の破断は確認されなかった．このことから，管軸引張方向の外力を作用させた場合の軸力曲げ実験によるねじ継手の破壊メカニズムは単純曲げ実験，もしくは，単純引張実験におけるねじ部がすっぽ抜けたケースの破壊と同等であると考えられる.

4　解析的手法による解と実験結果の比較

(1)　パイプ降伏条件の検討

本節ではパイプの降伏条件について検討する．**図-19**に示すようなパイプの断面とパイプに曲げ方向の外力を作用させ，パイプの全断面が降伏しているときの応力状態を考える．**図-19**中のσ_yを降伏応力とする．本節では，パイプを半径rの円形の線が厚さtを有する，つまり

$$dA = trd\theta \tag{2}$$

が成立するとして議論する．ここでAはパイプの断面積である．部材の特性は完全弾塑性を仮定し，全断面が降伏するときの軸力と曲げモーメントの関係を考える．なお今回の検討において座屈の影響は考慮しない．図心から

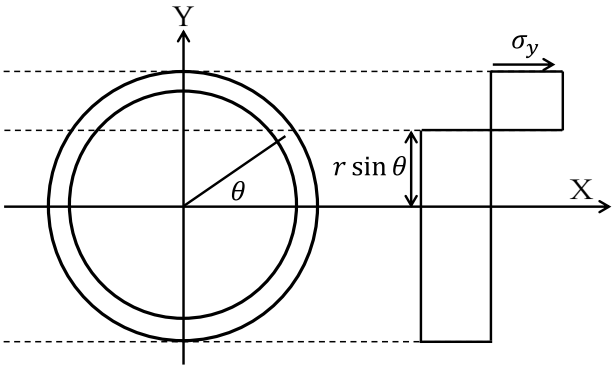


図-19　検討対象モデルの応力状態

らy離れた位置の応力σ は，Nを軸力，Mを曲げモーメント，Iを断面二次モーメントとすると，

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{I}y \tag{3}$$

となる．回転中心y_0はσ=0であることから

$$y_0 = -\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{M}} \cdot \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{A}} = (r\sin\theta) \tag{4}$$

となる．このときの軸力Nは

$$\begin{aligned} N &= \int \sigma\, dA \\ &= 2\sigma_y \left(\int_{\theta}^{\frac{\pi}{2}} trd\theta - \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\theta} trd\theta \right) \\ &= -4\sigma_y tr\theta \end{aligned} \tag{5}$$

曲げモーメントMは

$$\begin{aligned} M &= \int \sigma_y y dA \\ &= 2\sigma_y \left(\int_{\theta}^{\frac{\pi}{2}} tr^2 \sin\theta d\theta - \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\theta} tr^2 \sin\theta d\theta \right) \\ &= 4\sigma_y tr^2 \cos\theta \end{aligned} \tag{6}$$

ここで式(5)を降伏軸力である

$$N_y = \sigma_y A = 2\pi tr\sigma_y \tag{7}$$

式(6)を全塑性曲げモーメントである

$$M_P = \sigma_y Z_p = 4tr^2\sigma_y \tag{8}$$

で正規化する(除する)ことにより，

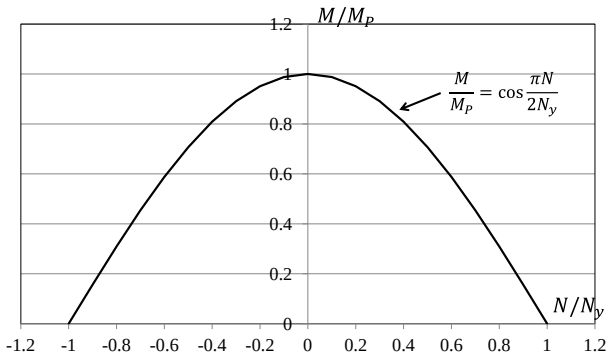


図-20　パイプの全断面降伏条件

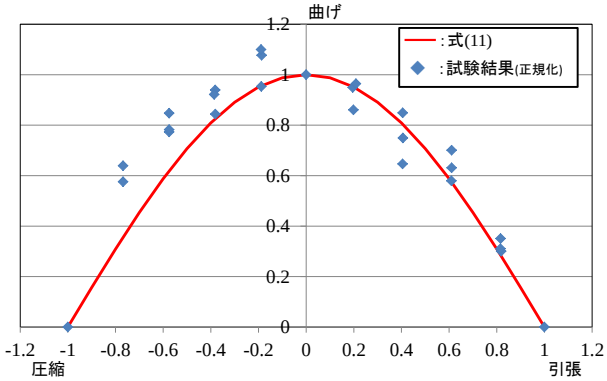


図-21　式(11)と軸力曲げ実験結果の比較

$$\frac{N}{N_y} = -\frac{2}{\pi}\theta \tag{9}$$

$$\frac{M}{M_P} = \cos\theta \tag{10}$$

をそれぞれ得る．ここでZ_Pは塑性断面係数である．さらに式(9)，式(10)により

$$\frac{M}{M_P} = \cos\frac{\pi N}{2N_y} \tag{11}$$

となる．これが軸力と曲げモーメントが作用する場合のパイプの全断面が降伏する条件である．式(11)を図-20に示す．パイプの全断面が降伏する軸力と曲げモーメントの関係はコサインカーブで表現され，単一の外力のみが作用する場合の降伏するときの外力よりも小さな外力の組み合わせでパイプは全断面が降伏することになる．

(2)　実験結果と構造解析との比較

前節の結果と鋼管の軸力曲げ実験の結果を比較する．前節では，M_PとN_yを利用してパイプの全断面の降伏条件を導出した．本節ではねじ継手の限界状態となる条件を検討する．前述したように，軸力曲げ実験による破壊形態と単純実験による破壊形態は同様であると考えられる．ねじ継手が破壊する限界状態を考える場合，前節のMpは単純曲げ実験による継手の破壊荷重，N_yは単純圧縮実験，単純引張実験による破壊荷重に対応すると考えられる．式(11)におけるM_P, N_yを単純実験における破壊荷重，M，Nを軸力曲げ実験により得られた破壊荷重として正規化した結果と式(11)との比較を図-21に示す．式(11)はパイプの全断面降伏から導いた条件であり，実験結果はねじ継手の破壊であるため，対象とする構造や限界状態は異なっているが，ねじ継手の限界条件は式(11)で良好に説明できることが示唆された．この理由としては，引張方向の軸力を作用させた場合は，式(11)と実験結果は大きな乖離が存在しない．単純引張実験，軸力曲げ実験ともに継手に作用させる荷重が最大となった直後に継手が破壊するという現象を実験により観測でき，限界状態とみなすことができる荷重を精度良く計測できたためであると考えられる．圧縮方向の軸力を作用させる場合は式(11)と実験結果にやや乖離が確認できる．この理由としては，式(11)は部材の座屈を考慮していないことが挙げられる．また，単純圧縮実験と軸力曲げ実験における限界荷重の設定も乖離の理由であると考えられる．軸力曲げ実験では軸直角方向に作用させる外力が最大となった点を基準の値としている．単純圧縮実験では継手に作用させた最大荷重を評価基準としているため，両者の限界状態となった荷重を適切に設定できていない可能性が存在する．この2点の理由により，式(11)と圧縮方向の外力を作用させた場合の軸力曲げ実験結果に乖離が発生したと考えられる．

5　まとめと今後の課題

本稿では，通信用地下管路で数多く存在している鋼管ねじ継手に対し，耐震性能の定量評価を目的として実施した，単純引張実験，単純圧縮実験，単純曲げ実験，軸力曲げ実験について報告した．単純実験により鋼管ねじ継手が破壊する限界状態の把握を行い，次に実設備を想定して複数方向の外力を同時に作用させる実験により，鋼管ねじ継手に対して軸力と曲げモーメントが同時に作用する条件における破壊条件を実験的に導出した．さらにパイプが降伏する条件を解析的に算出し，実験により得られたねじ継手の限界状態となる軸力と曲げモーメントの組合せと比較した．解析結果と実験結果の比較により，ねじ継手の限界状態となる条件は，単純実験による限界荷重とコサイン関数により良好に近似できることが明らかとなった．

今後の課題としては，ねじ継手の座屈による影響の検討が挙げられる．座屈が発生しない引張荷重を作用させ

た場合と比較すると，座屈が発生した圧縮荷重を作用させた場合の実験結果は解析的に算出した条件との乖離が大きい．座屈の影響を明確にし，それぞれの実験における継手の限界荷重を適切に設定することにより，ねじ継手の破壊条件が更に明確になることが期待される．

参考文献

1) 土木学会：都市ライフラインハンドブック， 2010
2) 杉野文秀：安心・安全なアクセスネットワークを支える通信基盤設備の R&D 動向，http://www.ntt.co.jp/journal/1302/files/jn201302046.pdf (2016 年 8 月 25 日閲覧)
3) 経済産業省：東日本大震災を踏まえた都市ガス供給の災害対策検討報告書，2012.
4) 厚生労働省：管路の耐震化に関する検討会報告書，2014.
5) 厚生労働省：新水道ビジョン，2013.
6) 奥津大，榊克実，山崎泰司，片桐信，鈴木崇伸：ケーブル収容管補修技術によりライニングした通信管路の地震時ケーブル防護効果，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.70，No.4，地震工学論文集第 33 巻，pp897-907，2014
7) 河嶋壽一：油井管継手のジャンプアウト破損に及ぼす不完全ねじの影響, 日本機械学会論文集(C 編), Vol.54, No.507, pp2765-2770，1988

STUDY ON THE INTENSITY CHARACTERISTICS OF SCREW JOINT FOR TELECOMMUNICATION STEEL PIPE

Masato WAKATAKE, Akira ITOH and Takanobu SUZUKI

In this paper, the experiments are shown for analyzing the intensity characteristics of screw joint for steel pipes which is the majority telecommunication pipeline system. The screw joint of steel pipes accounts for a large number in telecommunication pipelines. In addition, it is also known that the steel screw joint is tend to be damaged compared to other types of steel joints from the experience of past earthquake studies. Therefore proper seismic countermeasures are required. In order to apply the seismic countermeasures efficiently, it is necessary to make a priority order according to the intensity of screw joints. To achieve this, experiments have been done to analyze the intensity characteristics of steel screw joint. From the comparison of experiment results and structural analysis, the destruction conditions of steel screw joint are clarified.