

S50形ダクタイル鉄管の開発

Development of S50 Type Ductile Iron Pipe

山本雅之* 吉田義徳* 下保哲二* 高木啓介* 山本吉彦**
 Masayuki Yamamoto, Yoshinori Yoshida, Tetsuji Shitabo, Keisuke Takagi, Yoshihiko Yamamoto

我が国の水道施設の多くは高度経済成長期に建設され、現在、水道事業にとって老朽化した施設の更新および更新に合わせた耐震化の促進は、喫緊の課題となっている。

特に配水管路における耐震化は、基幹管路だけではなく管路末端部まで求められるため、呼び径 50 以下の小口径管であっても、高い耐震性能を有する管材料が必要とされる。しかし、呼び径 50 で耐震管に分類される管種は、ダクタイル鉄管にはこれまで存在しなかった。

そこで、高い耐震性能を有し、施工性に優れた呼び径 50 の S50 形ダクタイル鉄管を開発した。

With many of the waterworks facilities in Japan having been constructed during the period of high economic growth, updating of the facilities that are now aging as well as promotion of seismic resistance in these facilities in concurrence with the update are urgent tasks for the water projects.

Especially in distribution pipes, seismic resistance improvement must be done not only in the trunks but also the terminal parts, and thus pipe materials with high seismic resistance performance are necessary even for small-diameter pipes with nominal diameters of 50 or smaller. However, there have been no ductile iron pipes that are classified as seismic resistant pipes with nominal diameter of 50 or smaller.

Thus we have developed a S50 type ductile iron pipe with nominal diameter of 50 with high seismic resistance and excellent workability.

1. はじめに

我が国の水道普及率は平成 21 年度末で 97.5% に達しているが、高度経済成長期に大量に建設された水道施設の老朽化が進み、水道事業にとって施設更新は今後の重要な課題である。

また近年、阪神淡路大震災や東日本大震災といった大規模な地震災害が全国各地で頻発し、今後も東海地震や東南海地震などの大きな地震が、その発生の可能性を指摘されている。いつ起こるか分からない災害に備えるためには施設の耐震化が不可欠であり、更新に合わせた耐震化促進も、全国各事業体において急務となっている。

配水管路においては、耐震化率向上のために基幹管路だけではなく管路末端部までの耐震化が望ましいと考えられ、呼び径 50 以下の小口径管においても高い耐震性能を有する管材料の必要性が高まっている。

また、人口の減少や節水意識の高揚、節水機器の普及などのさまざまな要因から、我が国の水需要は横ばいもしくは減少傾向にある。そのため、水使用量が既設管路布設当初の計画使用水量に満たないケースが散見されるようになり、そのような場所では、管路末端部における滞留水の発生が問題となっている。したがって、管路を更新する際は、水量の適正化対策としての管路のダウンサイジングにも配慮する必要がある。

このように、今後小口径耐震管の需要が増加すると予想されるが、呼び径 50 で耐震管に区分される管種はダクタイル鉄管には無く、市場の期待は大きい。

このような背景を受け、呼び径 50 ダクタイル鉄管初の耐震管となる S50 形ダクタイル鉄管を開発したので、その概要と性能について以下に報告する。

2. 継手構造

2.1 直管

直管の継手部外観を図 1、継手構造を図 2 およびロックリング形状を図 3 に示す。

直管継手は、ロックリングによる離脱防止機構を採用し、地震などによる引張力が発生した場合は、ロックリングが挿し口突部と受口突部に掛かり、3DkN (D: 呼び径 mm) 以上の離脱防止力を発揮する。また、同時に管長の±1%の継手伸縮量と屈曲性能(最大8°)を有しているため、地盤の変動に対して柔軟に追従できる。

人力により挿し口を受口内に挿入後は、2本のステンレス製ボルト・ナットを押輪と受口がメタルタッチになるまで締めつけて、押輪およびゴム輪を所定の位置に収める。また、この時、専用の押輪心出し工具を使用する。

切管接合部は、抜け止め押輪を使用して、4本のT頭ボルト・ナットで接合する。切管時の継手構造を図4に示す。

管路の一体化長さの範囲内にある直管の受口には、従来の耐震管と同様、ライナおよびライナ心出しゴムを使用して接合する。

解体時は、押輪およびゴム輪を取り外した後、専用の解体工具を所定の位置までハンマで打ち込むことで、容易な解体が可能である。

* 鉄管事業部 技術本部 研究部
 ** 鉄管事業部 技術本部



図1 直管継手外観

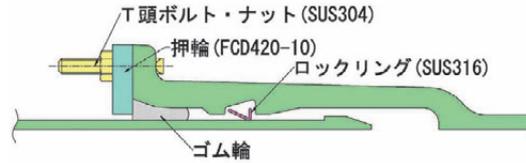


図2 直管継手構造



図3 ロックリング外観

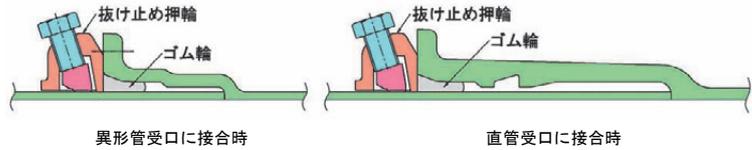


図4 切管時継手構造

2.2 異形管

異形管の継手部外観を図5および継手構造を図6に示す。

異形管継手は、抜け止め押輪を使用する。地震などによる引張力が発生した場合は、抜け止め押輪の爪が挿し口外面に食い込み、3DkN以上の離脱防止力を発揮する。

3. 仕様と特徴

3.1 仕様

S50形ダクタイル鉄管の仕様を表1に示す。

管長は4m、管厚は1種類の設定で6mmとした。また、外面塗装は従来の通常塗装と同仕様とし、ポリエチレンスリーブにより高機能ダクタイル鉄管として位置付けられる。

表1 S50形ダクタイル鉄管の仕様

項目	仕様
管長	4m
管厚	6mm
継手性能	<ul style="list-style-type: none"> ・離脱防止性能 3DkN ・継手伸縮量：管長の±1% ・許容曲げ角度：4°
外面塗装仕様	直管：亜鉛系プライマ+合成樹脂塗装 (JWWA G 113 に準拠) 異形管：合成樹脂塗装 (JWWA G 114 に準拠)
内面塗装仕様	直管：エポキシ樹脂粉体塗装 (JWWA G 112 に準拠) 異形管：エポキシ樹脂粉体塗装 (JWWA G 112 に準拠)
異形管の種類	二受T字管、90°曲管、45°曲管、22 1/2°曲管、11 1/4°曲管、 継ぎ輪、短管1号、短管2号、両受短管、栓、 フランジ付きT字管、NS形75×50受挿し片落管、 NS形75×50挿し受片落管



図5 異形管継手外観

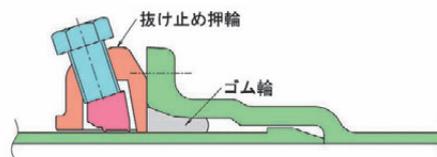


図6 抜け止め押輪継手構造

3.2 特徴

3.2.1 耐震性

NS 形や GX 形など、従来の耐震管と同等の高い耐震性を有している。直管は、ロックリングにより、3DkN 以上の離脱防止力、管長の ± 1% の継手伸縮量、許容曲げ角度 4° を有する構造とし、異形管は抜け止め押輪により、3DkN 以上の離脱防止力を有する構造としている。

3.2.2 施工性

呼び径 50 は、管路末端部での使用が多いと考えられる。管路末端部では狭隘な住宅街や、入り組んだ所での施工が多いと予想されることから、いかなる環境でも容易に施工できるよう、施工性の向上に努めた。

直管、異形管共にメカニカル継手を採用し、押輪をメタルタッチ構造とすることで、T 頭ボルト・ナット締め付け時のトルク管理を不要とし、インパクトレンチを使用することで迅速な締め付け作業を可能とした。

また、従来の耐震管は、挿し口突部がロックリングを通過する際に、レバーホイストなどによる引き込み作業が必要であった。しかし、S50 形ダクタイトイル管は、挿し口を人力で受口に挿入するだけでよく、ロックリングが自動的に広がって挿し口突部がロックリングを簡単に通過し、その後挿し口に抱き付く構造のため、接合が容易である。

さらに、切管時は、挿し口溝切り加工を不要とし、異形管の接合と同様に抜け止め押輪を使用する構造とすることで、施工時の作業負荷の低減を図った。

3.2.3 簡素化

価格面および施工性の両観点から簡素化にも配慮し、従来の耐震管では必要となるロックリングの心出し部材を無くした構造とした。

4. 性能試験

S50 形ダクタイトイル鉄管に関する各種性能試験を実施し、継ぎ手の性能を確認した。

4.1 施工性試験

掘削幅 50cm を想定した場所で、直管および抜け止め押輪の施工性を確認した。試験状況を図 7、図 8 および試験結果を表 2 に示す。

直管、抜け止め押輪共に掘削幅 50cm でも問題無く施工できることを確認し、直管は 3 分、抜け止め押輪は 4.7 分でそれぞれ接合が可能であった。

参考として呼び径 75 GX 形管は 2.9 分、同 NS 形は 4.2 分であり、従来の耐震管と同等の施工性を有しているといえる。なお、解体に要する時間は、直管、異形管共に 3 ～ 4 分程度と短時間であった。



図7 直管の施工性試験状況



図8 抜け止め押輪の施工性試験状況

表2 施工性試験結果

試験回数	試験結果 (分)		参考値 (分)	
	直管	抜け止め押輪	呼び径 75 GX 形直管	呼び径 75 NS 形直管
1 回目	2.6	4.9	2.9	4.2
2 回目	3.2	4.7		
3 回目	3.1	4.6		
平均値	3.0	4.7		

4.2 水密性試験

4.2.1 直管の曲げ水密性試験

直管を正規に接合し、真直状態、および地震時に曲がり得る最大屈曲角度(8°)まで曲げた状態のそれぞれについて、管内に充水後に水圧2.5MPaを負荷して5分間保持し、継手部からの漏水の有無を確認した。試験方法を図9、試験状況を図10、試験結果を図11および表3に示す。

試験の結果、真直状態、地震時に曲がり得る最大屈曲角度のいずれも、水圧2.5MPaを負荷して5分間保持しても、継手部からの漏水は認められなかった。

4.2.2 異形管の水密性試験

異形管を正規に接合し、管内に充水後に水圧2.5MPaを負荷して5分間保持し、継手部からの漏水の有無を確認した。試験方法を図12および試験状況を図13に示す。

試験の結果、水圧2.5MPaを負荷して5分間保持しても、継手部からの漏水は認められなかった。

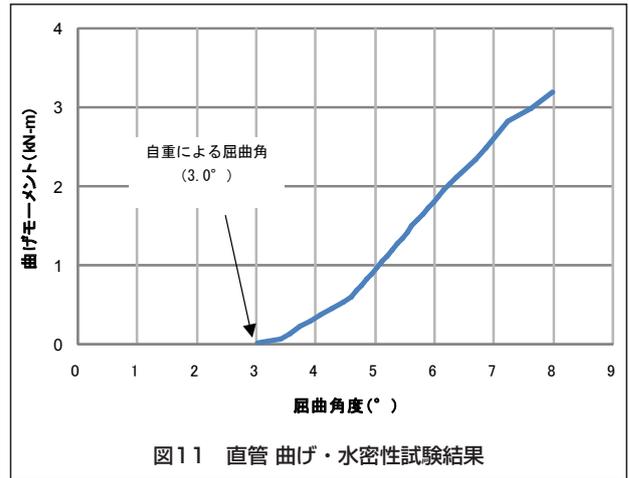


図11 直管 曲げ・水密性試験結果

表3 直管 曲げ・水密性試験結果

継手屈曲角度 (°)	支点間距離 (m)	試験結果 (5分後)
0	6	継手部からの漏水無し
8	6	継手部からの漏水無し

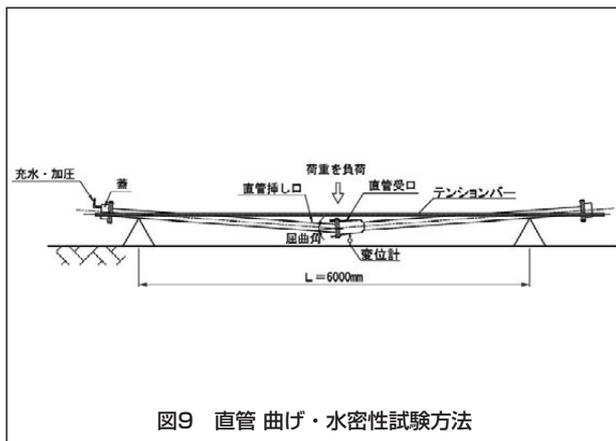


図9 直管 曲げ・水密性試験方法

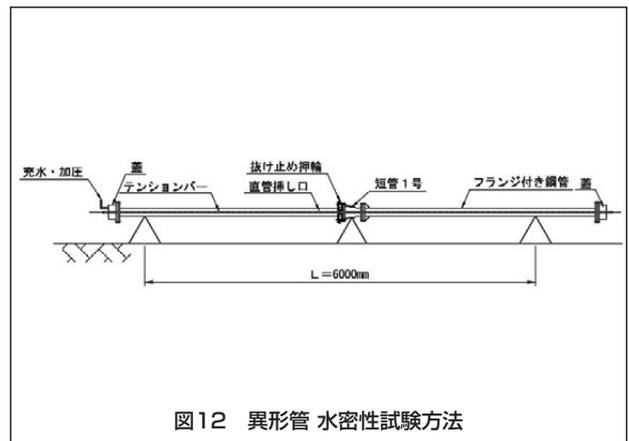


図12 異形管 水密性試験方法



図10 直管 曲げ・水密性試験状況



図13 異形管 水密性試験状況

4.3 離脱防止性試験

4.3.1 直管

直管を正規の状態状態で接合し、3DkNの引張力を負荷した時の継手部の異常の有無を確認した。試験方法を図14、試験状況を図15および試験結果を図16に示す。

直管は、引張力を加えると継手が十分に伸び、ロックリングと管体が掛かった後はほとんど伸びを生じず3DkN以上の離脱防止力を有し、試験後の継手部に異常がないことを確認した。

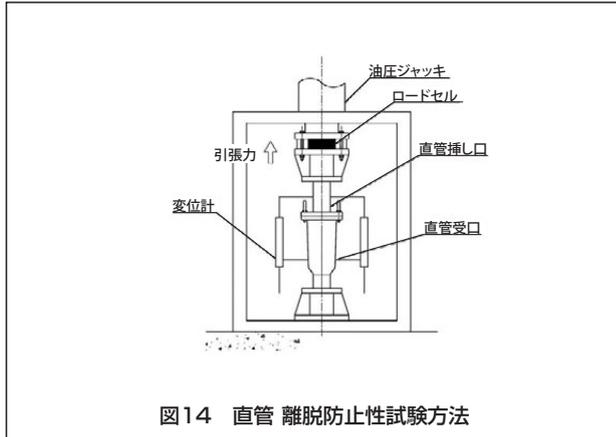


図14 直管 離脱防止性試験方法



図15 直管 離脱防止性試験状況

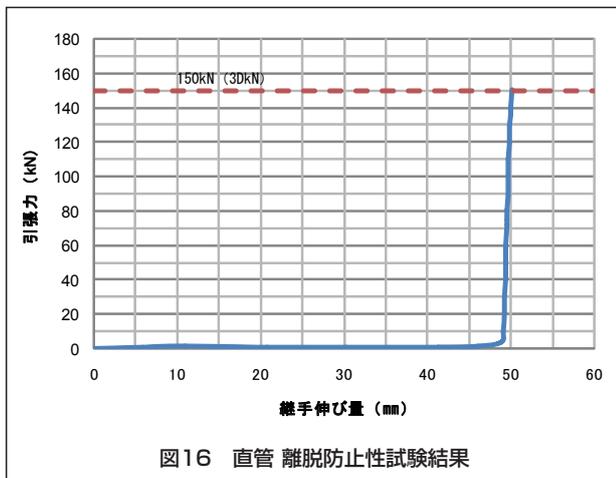


図16 直管 離脱防止性試験結果

4.3.2 異形管

異形管を正規の状態状態で接合し、3DkNの引張力を負荷した時の、継手部の異常の有無を確認した。試験方法を図17、試験状況を図18および試験結果を図19に示す。

異形管は、抜け止め押輪を使用するため、引張力を加えても継手部がほとんど伸びず、3DkN以上の離脱防止力を有し、試験後の継手部に異常がないことを確認した。

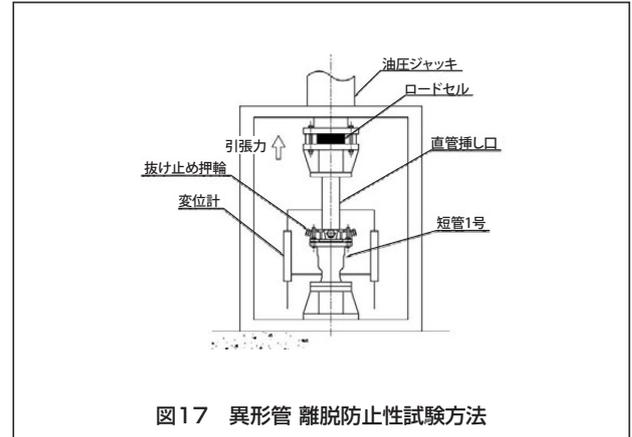


図17 異形管 離脱防止性試験方法



図18 異形管 離脱防止性試験状況

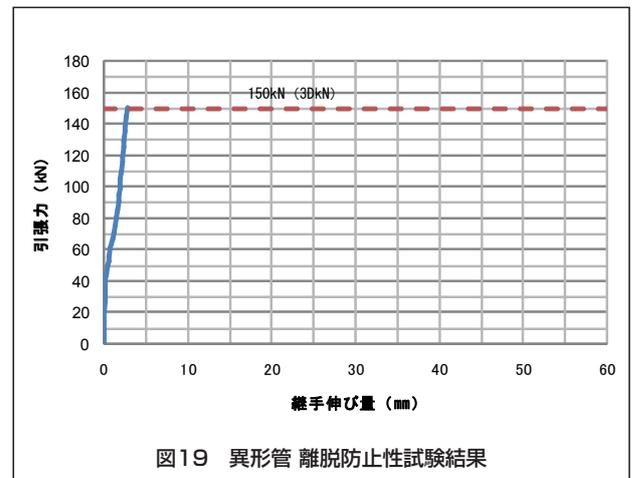


図19 異形管 離脱防止性試験結果

4.3.3 切管時

切管した挿し口を直管受口に接合する場合を想定して、正規の状態で接合し、3DkNの引張力を負荷した時の継手部の異常の有無を確認した。試験方法を図20、試験状況を図21 および試験結果を図22 に示す。

切管時は、異形管と同様に抜け止め押輪を使用するため、引張力を加えても継手部がほとんど伸びず、3DkN以上の離脱防止力を有し、試験後の継手部に異常がないことを確認した。

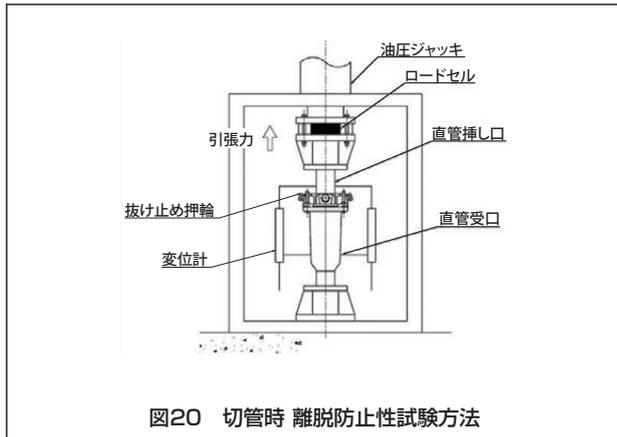


図20 切管時 離脱防止性試験方法



図21 切管時 離脱防止性試験状況

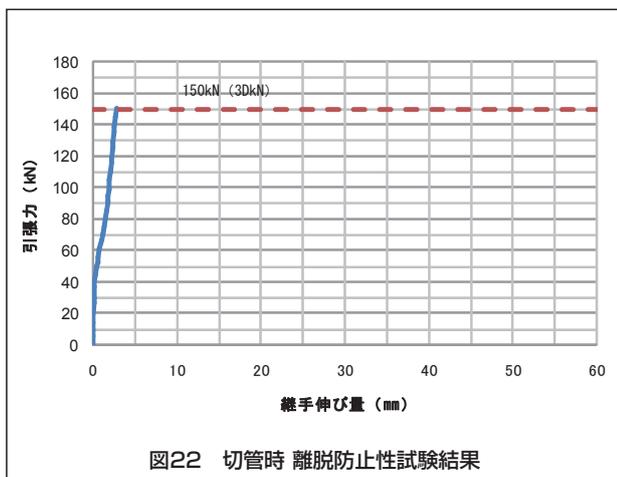


図22 切管時 離脱防止性試験結果

4.4 曲げ試験

直管を正規に接合し、地震時に曲がり得る最大屈曲角度(8°)まで屈曲させた時の継手部の異常の有無を確認した。試験方法を図23、試験状況を図24 および試験結果を図25 に示す。

試験の結果、地震時に曲がり得る最大屈曲角度まで曲げてても継手部に異常は認められなかった。

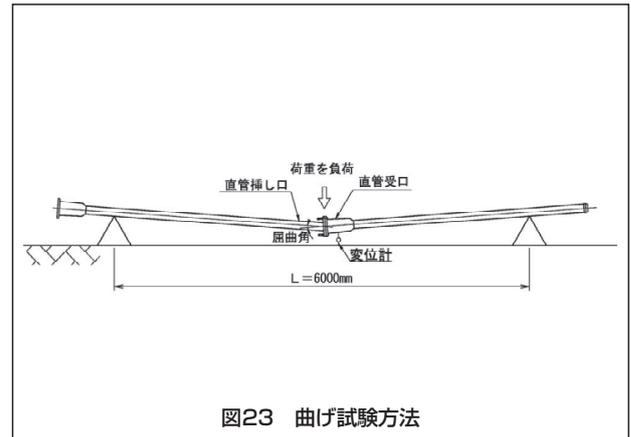


図23 曲げ試験方法



図24 曲げ試験状況

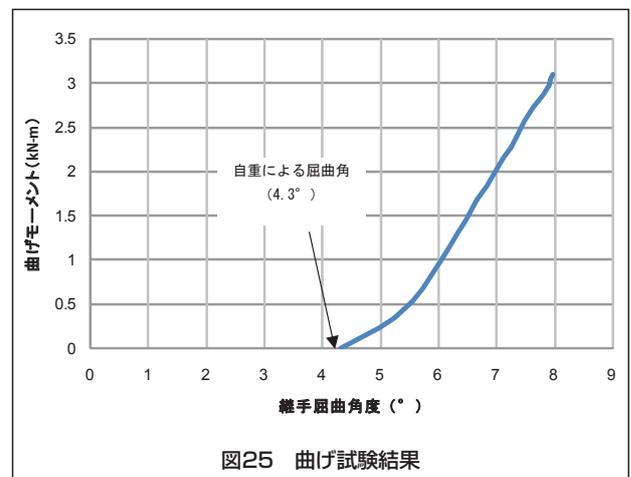


図25 曲げ試験結果

4.5 曲げ強度試験

4.5.1 直管受口（ライナを挿入）に挿し口を接合した場合

直管受口にライナを装着した状態で接合し、限界曲げモーメントを負荷した時の継手部異常の有無を確認した。

試験方法を図26、試験状況を図27および試験結果を図28に示す。

試験の結果、限界曲げモーメントの2.1kN-mを負荷しても継手部に異常は認められなかった。

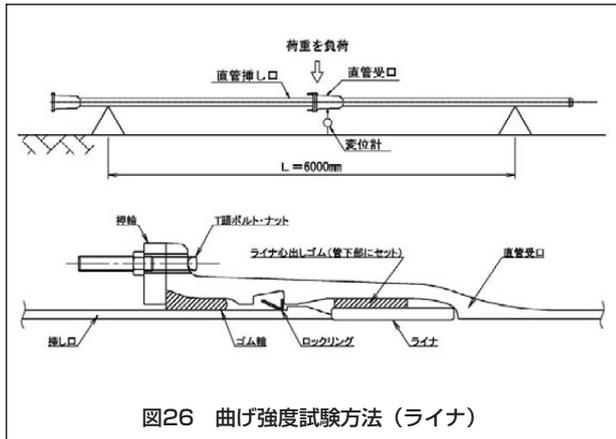


図26 曲げ強度試験方法（ライナ）



図27 曲げ強度試験状況（ライナ）

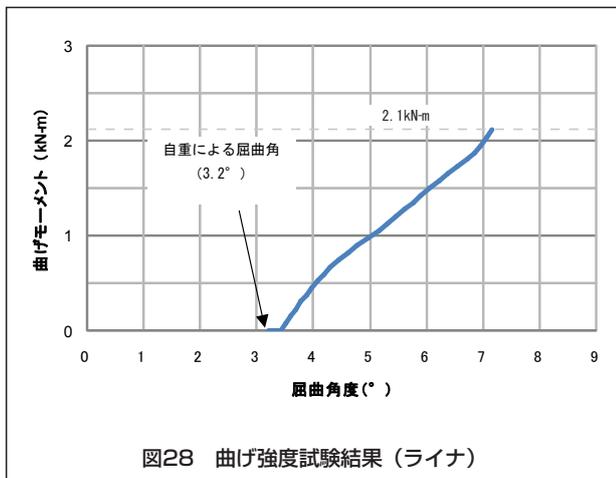


図28 曲げ強度試験結果（ライナ）

4.5.2 異形管受口に挿し口を接合した場合

異形管受口に挿し口を接合し、限界曲げモーメントを負荷した時の継手部の異常の有無を確認した。

試験方法を図29、試験状況を図30および試験結果を図31に示す。

試験の結果、限界曲げモーメントの2.1kN-mを負荷しても継手部に異常は認められなかった。

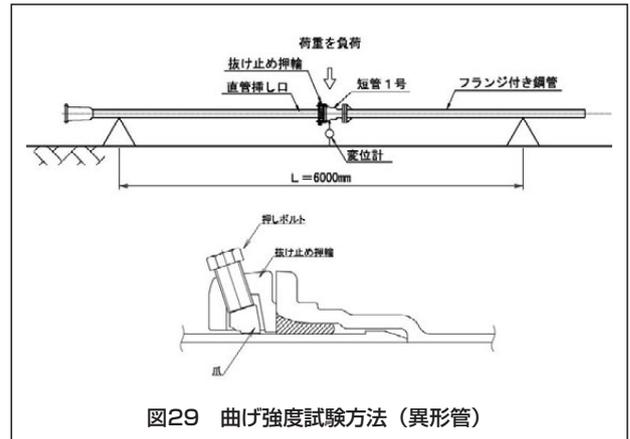


図29 曲げ強度試験方法（異形管）



図30 曲げ強度試験状況（異形管）

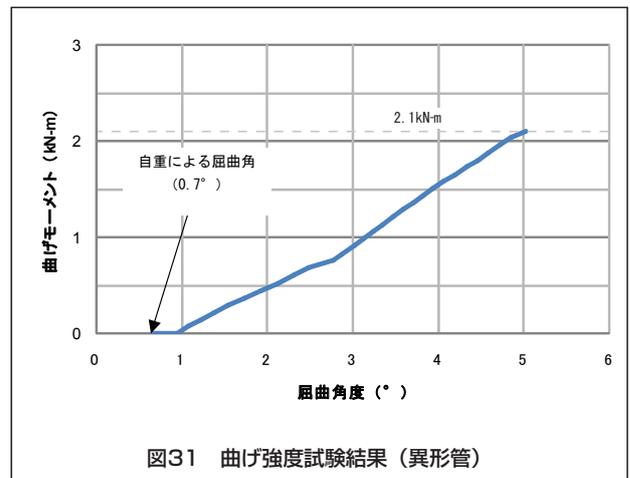


図31 曲げ強度試験結果（異形管）

4.6 高速繰り返し引張試験、水密性試験

4.6.1 高速繰り返し引張試験

抜け止め押輪により接合した継手部に、地震による引張力が連続して加えられたものとして、3DkNの引張力を100回繰り返し負荷し、継手部異常の有無を確認した。引張力を負荷する周波数および回数は、最近発生した大地震の卓越周期および振動時間を参考に、仙台市付近の東日本大震災、阪神大震災、柏崎市付近の中越沖地震を想定して、それぞれ5Hz、2Hzおよび0.5Hzの各周波数とし、回数はそれぞれ100回とすることで、それらの大地震と同程度の振動時間を再現できると考えた。

試験方法を図32、試験状況を図33、試験結果を図34および表4に示す。

試験の結果、いずれの荷重周期においても試験開始直後は継手伸び量が増加する傾向が見られるが、一定サイクル経過後は、伸び量はほとんど増加せず、最終継手伸び量は静荷重による離脱防止性試験と同程度であった。また、継手部に異常は認められなかった。

4.6.2 水密性試験

高速繰り返し引張試験後の管内に充水後、水圧2.5MPaを負荷して5分間保持し、継手部からの漏水の有無を確認した。試験状況を図35および試験結果を表4に示す。

試験の結果、いずれの荷重周期においても漏水は認められなかった。

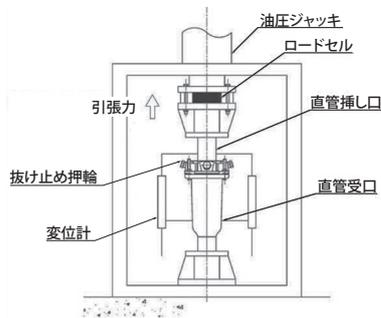


図32 高速繰り返し引張試験方法



図33 高速繰り返し引張試験状況

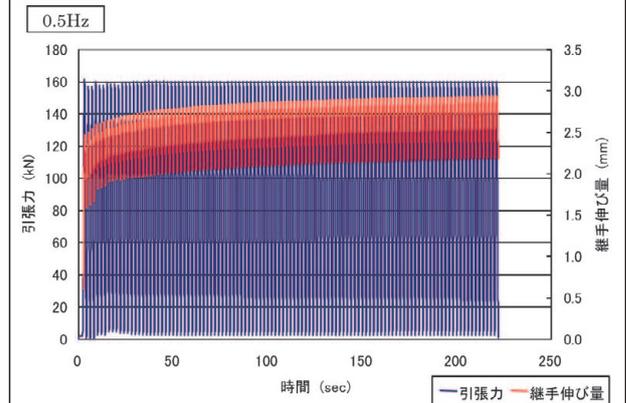
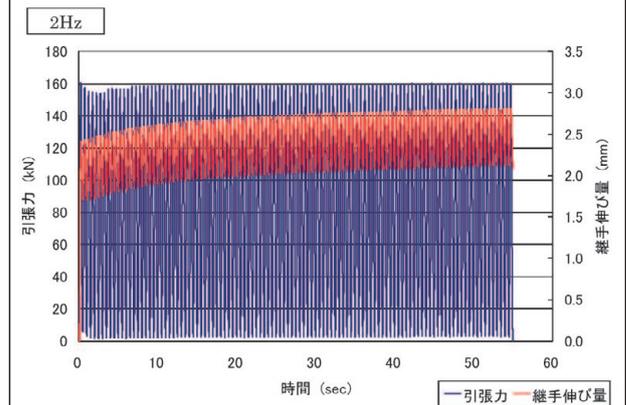
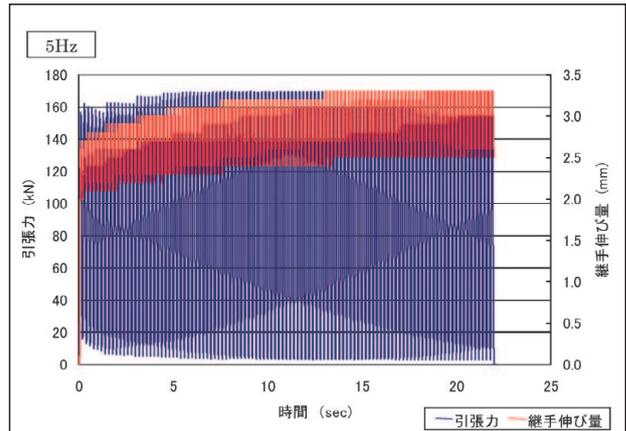


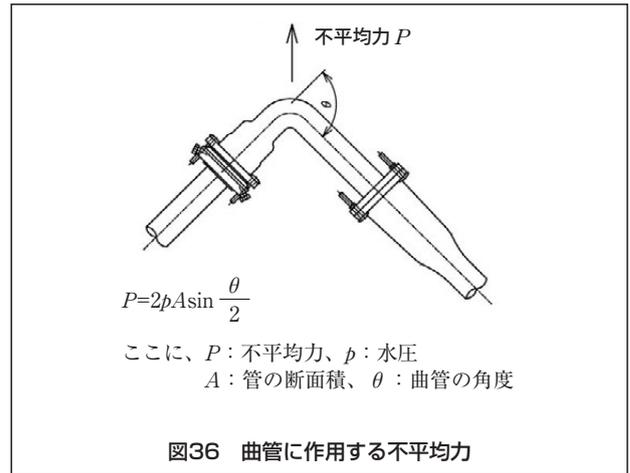
図34 高速繰り返し引張試験結果



図35 高速繰り返し引張試験後の水密性試験状況

表4 高速繰り返し引張試験、水密性試験結果

荷重周波数 (Hz)	荷重周期 (秒)	高速繰り返し引張試験後の継手部の状況	水密性
5	0.2	3DkNの引張力を100回加えても、継手部に異常無し	漏水無し
2	0.5	3DkNの引張力を100回加えても、継手部に異常無し	漏水無し
0.5	2	3DkNの引張力を100回加えても、継手部に異常無し	漏水無し



5. 埋設試験

管路の屈曲部、分岐部、末端の栓などには、水圧によって管を動かそうとする力（不平均力という）が作用する。一例として、曲管部に発生する不平均力を図36に示す。このような箇所では、S50形ダクタイトイル鉄管の場合、離脱防止継手を用いて一体化し、管の抜け出しを防止する必要がある。

そこで、不平均力を支持するために必要な一体化長さを確認するため、埋設試験を実施した。

5.1 90°曲管部の一体化長さの確認試験

図37に試験管路を示す。90°曲管の両側を1m管で一体化した管路を土被り60cmの深さに埋設して0.75MPa、1.0MPa、1.3MPaの各水圧を30秒、3回保持する試験を実施した。非一体化継手の抜け出し量と90°曲管の移動量を測定したところ、水圧荷重によって生じる値がともに規定量（10mm）より小さく、水圧の繰り返し荷重によって増加しなかった。試験条件の不平均力に対して、一体化長さが1mで十分であることが確認された。試験

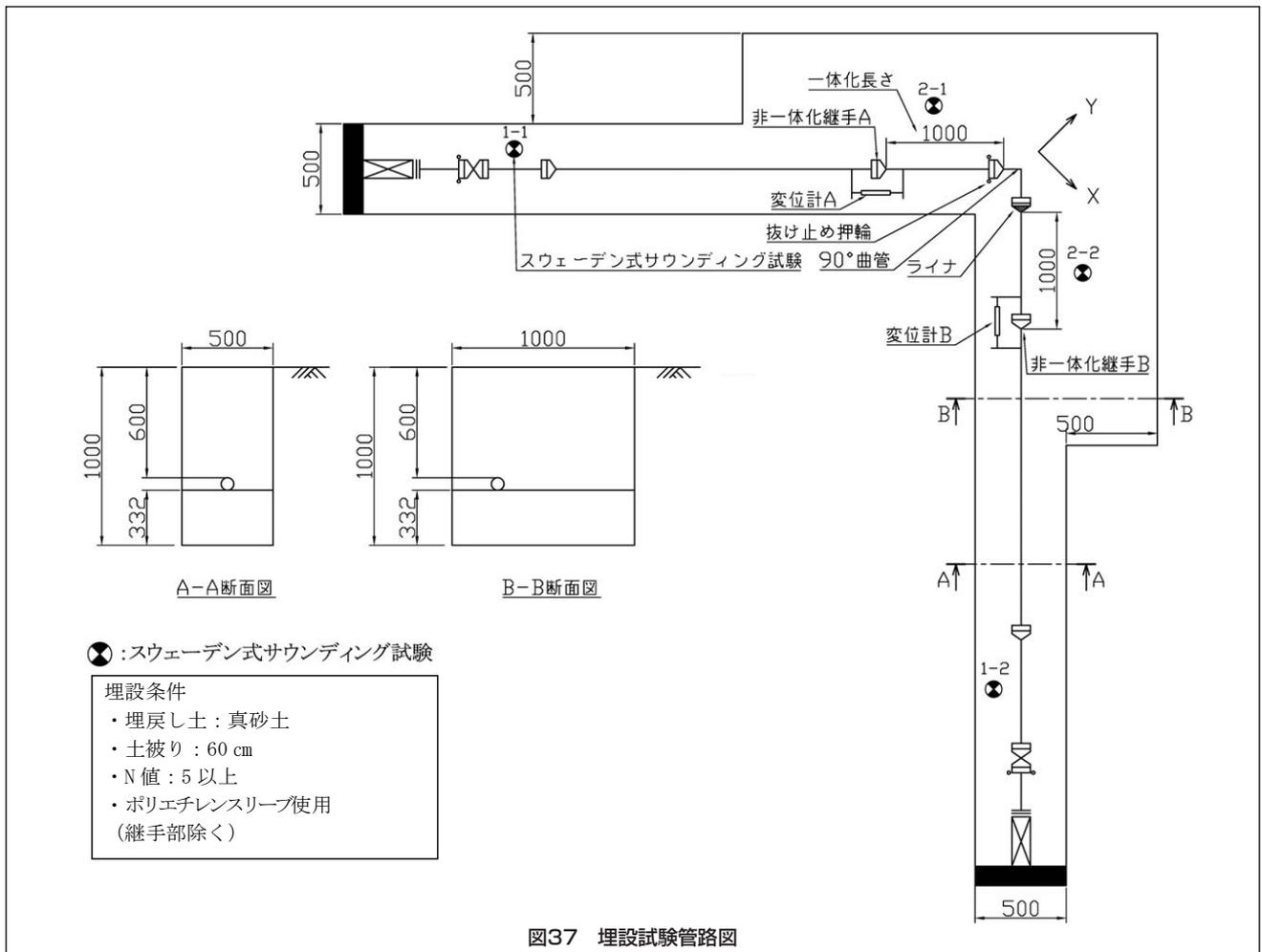


表5 継手抜け出し量および90°曲管移動量測定結果

試験水圧		非一体化継手の継手抜け出し量 (mm)		異形管移動量 (mm)	
		A	B	X	Y
0.75MPa	1回目	0.0	0.0	0.0	0.0
	2回目	0.0	0.0	-0.1	0.0
	3回目	0.0	0.1	-0.1	0.0
1.0MPa	1回目	0.0	0.0	-0.1	0.2
	2回目	0.0	0.0	-0.1	0.2
	3回目	0.0	0.1	-0.1	0.2
1.3MPa	1回目	0.1	0.1	-0.1	0.2
	2回目	0.2	0.1	-0.1	0.4
	3回目	0.2	0.1	-0.2	0.4

注：A、Bは継手が抜け出す方向を正とし、X、Yは図37に示す方向を正とする。

結果を表5に示す。なお、埋め戻しは、真砂土を用いてN値5以上となるように締固めた。N値は、スウェーデン式サウンディング試験の結果からの換算値である。

本試験結果から、設計水圧 1.3MPa 以下、土被り 60cm 以上、N 値 5 以上での締固めの条件下で、90° 曲管の一体化長さの設計値を 1 m に決定した。

管布設状況を図 38 および試験状況を図 39 に示す。

90° 曲管部の一体化長さの設計値を明らかにできたので、今後、T 字管部の一体化長さの確認試験を行う予定である。



図38 管路布設状況



図39 試験状況

6. 試験結果まとめ

一連の試験の結果、S50 形ダクタイル鉄管は施工性に優れ、地震等の地盤変動を想定した各種試験において所定の性能を満たしており、耐震管としての十分な性能を有していることを確認した。

7. おわりに

本製品が、水道管路の耐震化促進の一助となれば幸いである。

執筆者

山本雅之

Masayuki Yamamoto

1999 年入社

ダクタイル鉄管の研究・開発に従事

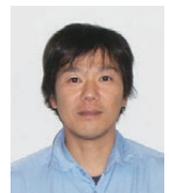


吉田義徳

Yoshinori Yoshida

1991 年入社

ダクタイル鉄管の研究・開発に従事



下保哲二

Tetsuji Shitabo

1992 年入社

ダクタイル鉄管の研究・開発に従事



高木啓介

Keisuke Takagi

1989 年入社

ダクタイル鉄管の配管設計および研究・開発に従事



山本吉彦

Yoshihiko Yamamoto

1984 年入社

ダクタイル鉄管の研究・開発に従事

