

誌上講座

GX形ダクトイル鉄管(呼び径75~250)の設計について

1.はじめに

前号において、新耐震管GX形ダクトイル鉄管(呼び径75~250)の概要について紹介した。

今回は管路の設計を行うための基本事項について紹介する。

2.管路設計のための基本情報

GX形の管路設計はNS形の設計と基本的に同じ部分が多いが、一部にGX形特有の設計方法が必要となる。ここではNS形と異なる主な内容について述べる。

2.1 管の種類

GX形の管の種類を表1に、配管図の作成時に使用する管の記号を表2に示す。

表1 GX形の管の種類

直管	管の種類(記号)	1種管(D1) S種管(DS)
	有効長	75, 100 : 4m 150~250: 5m
異形管	二受T字管 片落管 曲管 (90°、45°、22 1/2°、11 1/4°) 両受曲管(45°、22 1/2°) フランジ付きT字管 浅層埋設形フランジ付きT字管 うず巻式フランジ付きT字管 継ぎ輪 両受短管 乙字管(H=300、450) 帽	
切管ユニット	P-Link(直管用) G-Link(異形管用)	

表2 管の記号

直管・異形管		P-Link	
直管受口 (ライナ使用時)		G-Link	

2.2 NS形との相違点

(1) 直管

① 管厚の変更

表3に示すように、直管の管厚においてS種管を新たに規定した。S種管は従来の3種管に比べ、呼び径75、100において若干最小管厚が小さくなるが、負荷が大きい土被り60cmの浅層埋設でも十分な安全性が確保できる。したがって、一般的な使用条件では3種管と同等に取り扱うことができる。

表3 直管の管厚

呼び径	GX形		従来	
	1種管 (mm)	S種管 (mm)	3種管 (mm)	
75	7.5	6.0 [+規定せず -1.4mm]	6.0 [+規定せず -1.0mm]	
100		[+規定せず -1.0mm]		6.5 [+規定せず -1.5mm]
150	6.0			
200				
250				

② 切管方法の改善

NS形では、切管時に切管用挿し口リングを使用して挿し口突部を形成する。そのため、切管に溝切り加工が必要であり、切管用は1種管を使用する必要があった。今回、GX形では切管ユニット(P-Link、G-Link)が追加され、このユニットを使用することで、切管用にS種管を使用することができる。

切管ユニットには、P-LinkとG-Linkの2種類がある。P-Linkは切管挿し口を直管受口と接合する場合に、G-Linkは切管挿し口を異形管受口と接合する場合に使用する。

また、継ぎ輪部にG-Linkを使用することで離脱防止を図ることができ、異形管部の不平均力に対する管路の一体化範囲に使用することができる。

(2) 異形管

GX形では、両受短管と乙字管が新たに規格化された。両受短管は、配管時の方向転換や残管利用を図るため使用する。また、継ぎ輪と異なり異形管との接続もできる。

乙字管は、2個の曲管をS字に接続する様な箇所に使用し、施工時間の短縮や経済性の向上が期待できる。

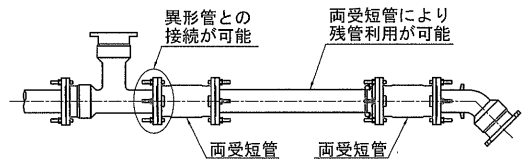


図1 両受短管使用例

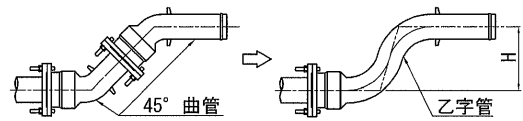


図2 乙字管使用例

3. 管路設計について

3.1 管の有効長

鎖構造管路の管路長は、管の有効長を基準に算出する。管の有効長は、図3に示すように接合状態における一方の挿し口端部から他方の挿し口端部までの長さを表している。

GX形直管の場合は、有効長のなかに受口内の入り込み量となる標準胴付寸法(Y寸法)が含まれており、たとえば定尺直管であれば、この有効長が呼び径によって4m、5mとなっている。また、甲切管の場合は、このY寸法を含めた管長となるように管を現場加工する。

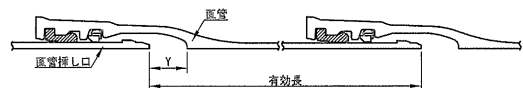


図3 管の有効長

3.2 管路延長算出時の留意点

(1) ライナを使用したGX形直管の受口

図4にライナを使用したGX形直管の継手構造を示す。ライナを装着するとライナの軸方向長さAと標準胴付寸法Yの差の分だけ挿し口が伸び出した状態で離脱防止継手となる。有効長は挿し口端部を基準に決定するため、ライナを使用することによって管路長はこの(A-Y)寸法分だけ長くなることになる。したがって、配管設計はこの寸法を考慮して行い、設計図にも明記しておく必要がある。GX形にライナを使用した場合の伸び量を表4に示す。

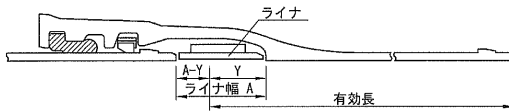


図4 ライナを使用した継手

表4 ライナの使用による伸び量

単位:mm

呼び径	ライナ幅 A	標準胴付 寸法Y	ライナによる 伸び量 (A-Y)
75、100	74	45	29
150~250	99	60	39

(2) 継ぎ輪

継ぎ輪内の挿し口の間には、図5に示す標準胴付寸法(y1寸法)を確保する。これは、地震時の入り込み量や既設管撤去時に管をずらすための間隔に相当するもので、配管設計時に考慮する必要がある。

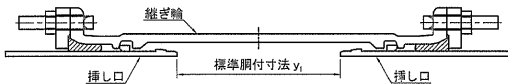


図5 継ぎ輪

表5 継ぎ輪の標準胴付寸法

単位:mm

呼び径	y1
75	190
100	200
150	240
200	250
250	250

(3) 両受短管

図6に継手構造を示す。両受短管の内側には壁があり、配管設計時に考慮する必要がある。

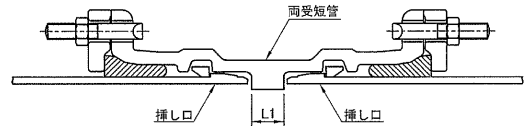


図6 両受短管

表6 両受短管の有効長

単位:mm

呼び径	L1
75~250	20

(4) P-Link

GX形直管の切管部を直管受口に接合する場合、切管部にP-Linkを取り付ける必要がある。図7にP-Linkを使用した場合の直管の継手構造を示す。

P-Linkの挿し口の胴付寸法は、通常の直管受口の標準胴付寸法Yよりy2だけ長くなることになる。有効長は挿し口端部を基準とするため、P-Linkを使用することにより管路長は、図7に示すようになる。したがって、配管設計はこの寸法を考慮して行い、設計図にも明記する必要がある。P-Linkを使用した場合の伸び量を表7に示す。

また、ライナを使用した場合は、(1)ライナを使用したGX形直管の受口に示す図4と同様な状態となるためy2寸法を考慮する必要はない。

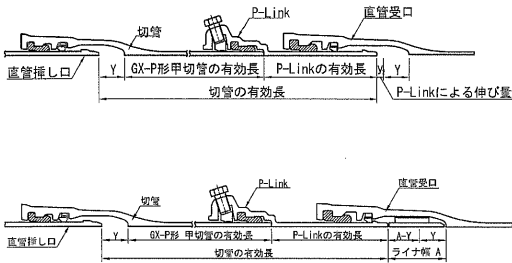


図7 P-Linkを使用した継手

表7 P-Link使用による伸び量

単位:mm

呼び径	P-Linkの有効長	P-Linkによる伸び量 y_2
75	180	17
100	180	20
150	210	23
200	220	22
250	220	23

3.3 一体化長さの設計

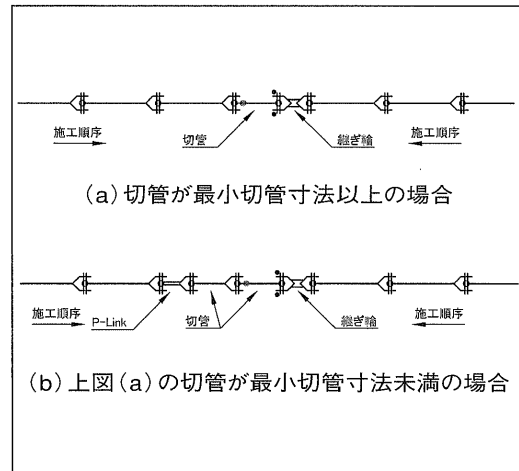
管路の異形管部には、水圧による不平均力が作用するため、離脱防止継手による管の一体化、または防護コンクリートによって異形管防護をする必要がある。

GX形の一体化長さは、NS形と同じであり、曲管とT字管部の一体化長さを早見表から選定する。片落管や管端部については、別途一体化長さを算出する。

3.4 管路の寸法調整

(1) 直線配管時の寸法調整

配管施工時は、測量誤差や現場条件による種々の制約などによって寸法調整が必要になる。GX形の場合は、切管を使用して現場での寸法調整が可能である。このため、寸法調整が必要となる箇所には、設計段階から切管を適切に配置しておくようにする。直線配管時の寸法調整の例を図8に示す。

図8 直線配管時の寸法調整の例
(せめ配管の場合)

(2) 異形管前後における寸法調整

異形管前後の寸法調整は、施工順序にもよるが原則として異形管および仕切弁の前後の管で行う。この場合、多少の長さ調整があった場合でも必要な一体化長さが不足しないように、あらかじめ一体化長さに余裕を見ることが望ましい。異形管前後における寸法調整の例を図9に示す。

ここで、継ぎ輪を一体化長さの範囲内に設置する場合、継ぎ輪の伸縮および屈曲を防止するためにG-Linkを用いる。なお、継ぎ輪に異形管の挿し口を接合することは、ゴム輪の正常な接触面の確保ができない問題注)や継ぎ輪の移動により異形管の接合用フックと押輪が接触による破損や漏水の原因となるなど、水密性の観点から不都合であるため避けなければならない。

注) 異形管の挿し口は管端部から受口深さ程度までの間で外径が管理されている。したがって、継ぎ輪に異形管の挿し口を受口深さ以上に挿し込んだ場合、ゴム輪の正常な接触面が確保できないため十分な水密性が確保できないことがある。

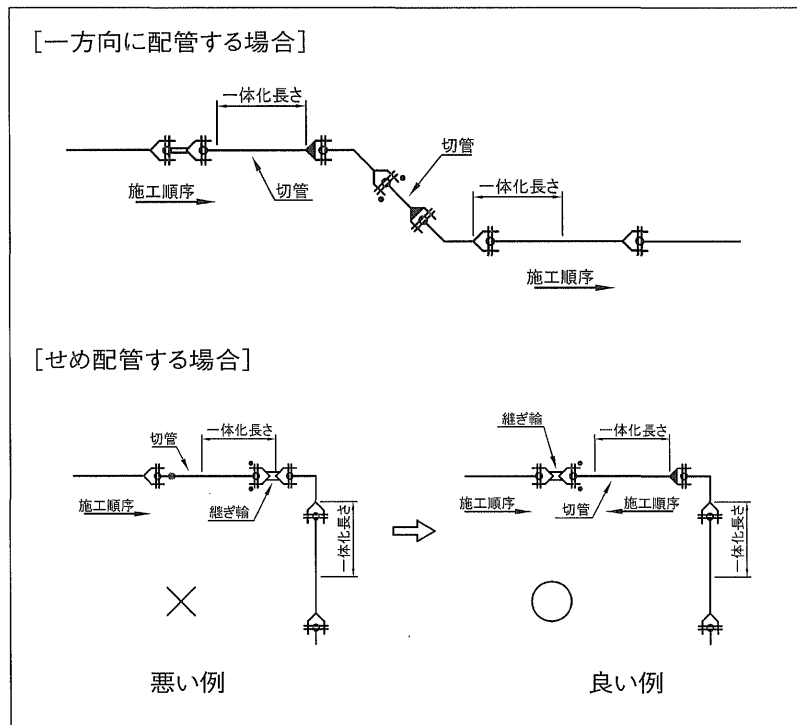


図9 异形管前後における寸法調整部の例

4. 既設管との接続方法

既設管の継手形式が異なる挿し口(NS形等)において、切断することが可能な場合のGX形との接合方法を表8に示す。

ダクタイル鉄管の外径は継手に依らず同一である。既設管との取り合いは既設管の直管部分を切断するか、既設の挿し口を用いてK形挿し口を準備し、P-Linkもしくは継ぎ輪や异形管とG-Linkの組み合わせにより、離脱防止構造として配管する。なお、GX形受口ののみ込み寸法が他の継手と異なるため、特に可撓管や不断水分岐などのK形用の挿し口と接続する場合には、G

X形継手に必要な寸法が確保できるか確認を行う。

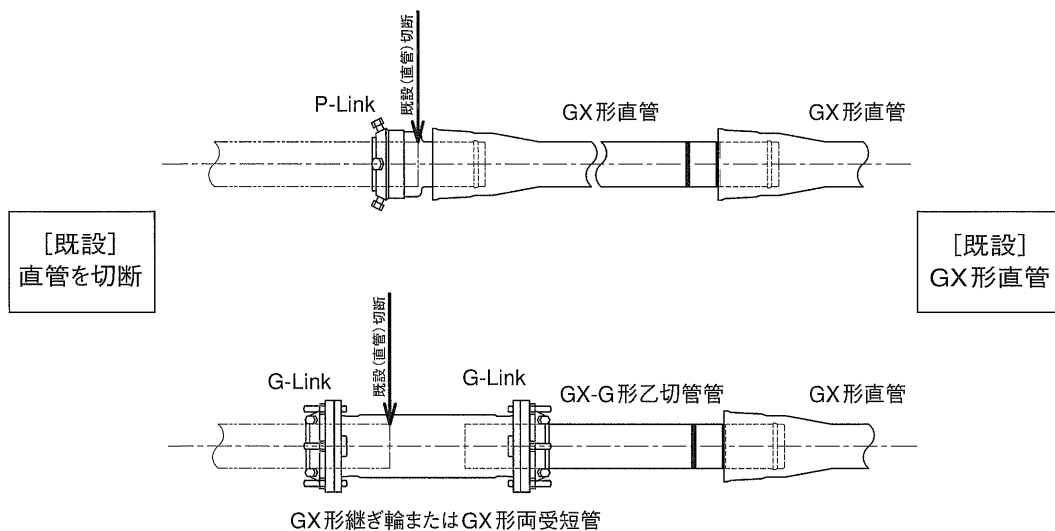
また、連絡箇所不平均力が作用する場合は管路の一体化等の適切な対策を講じる。

5. おわりに

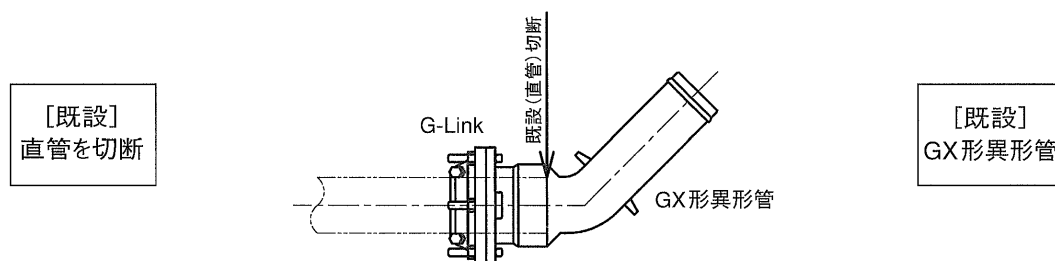
本講座において、GX形ダクタイル鉄管管路の設計におけるポイントについて説明した。詳細な設計方法については、ダクタイル鉄管協会技術資料「GX形ダクタイル鉄管管路の設計」(T-57)が当協会ホームページからダウンロードできるので、参照いただきたい。

表8 既設管との接続方法

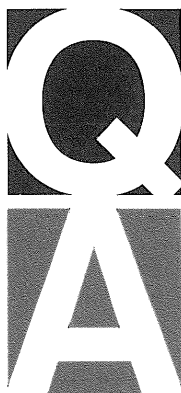
(1) 既設を切断し、GX形直管受口を接合する場合



(2) 既設を切断し、GX形異形管受口を接合する場合



ダクティル鉄管に関する 素朴な疑問集 (その21)



GX形ダクティル鉄管はどうして長期耐久性が期待できるのでしょうか？

GX形ダクティル鉄管の長期耐久性について、管外面、管内面、ゴム輪、ボルト・ナットの各項目について説明します。

1. 管外面

GX形の管外面には外面耐食塗装が施されています。この外面耐食塗装は、「亜鉛系合金溶射＋封孔処理＋合成樹脂塗装」から構成されており、直管、異形管、P-Link、G-Link、押輪等に適用しています。

GX形は、一般的な埋設環境(山地を除く国土の95%)においてポリエチレンスリーブを装着せずに、耐食皮膜の寿命が70年以上、鉄部の寿命が30年以上とし、長期の寿命が期待できるよう防食設計しています(図1-1参照)。これらは、全国約3000地点での腐食に関する調査データや実験室における促進試験結果を基に推定した結果です。

推定結果のうち、促進試験結果より求めた各種防食期間を紹介します(表1-1参照)。「亜鉛溶射皮膜の防食期間」は、腐食性の強い環境(海水環境)では2年以上で、腐食促進試験(複合サイクル試験)では約3日でした。「外面耐食塗装の防食期間」は腐食促進試験で120日以上であることから、亜鉛溶射の35倍以上となり、この結果、腐食性の強い環境での「外面耐食塗装の防食期間」は70年以上となります。

以上より、外面耐食塗装は一般的な埋設環境(国土95%)において長期の耐久性が期待できるものと推定されます。

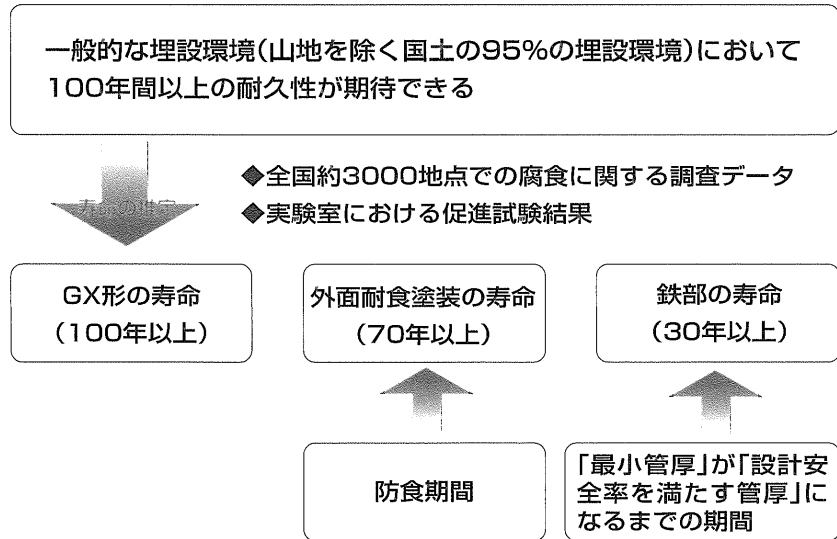


図1-1 GX形の寿命の考え方

表1-1 外面耐食塗装および亜鉛溶射皮膜の防食期間

	腐食性の強い環境(国土95%以内を想定)での防食期間	腐食促進試験 ¹⁾ での防食期間
〔従来〕亜鉛溶射皮膜 (溶射量130g/m ² 、 塗装なし、傷なし)	2年以上 (実験値)	約3日 (平均実験値)
外面耐食塗装 (溶射量325g/m ² 、 塗装あり、傷あり)	70年以上 (推定値)	120日以上 (実験値)

注1)複合サイクル試験(JIS K 5600-7-9サイクルA)

2. 管内面

2-1 エポキシ樹脂粉体塗装

約20年間使用された経年エポキシ樹脂粉体塗装管について、粉体塗膜の性能を調査し、耐久性を評価しました。

①付着強さ、吸水率およびインピーダンスは、新品の値と同等であり、粉体塗膜の劣化兆候は認められませんでした。

②塗膜表面からの塩素浸透深さは20 μ m以内と塗膜表層のごく浅い部分にしか浸透しておらず、優れた耐久性を有することを確認しました。

図2-1に示すように、塗膜の厚さは300 μ m以上と規定されていることから、粉体塗膜は長期の耐久性を有するものと推定されます。

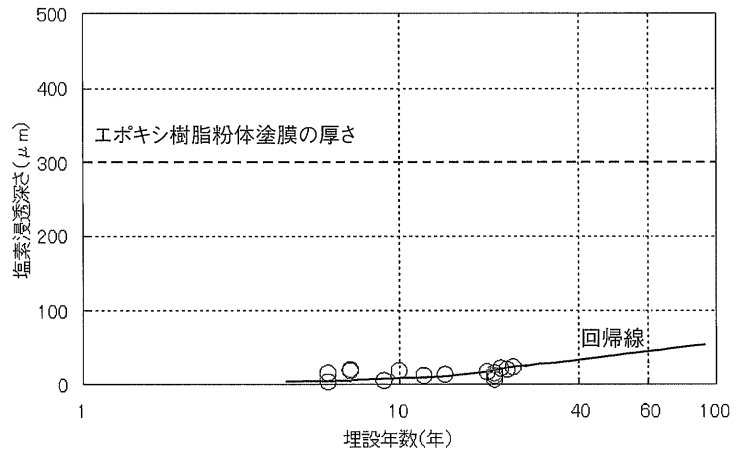


図2-1 経年エポキシ樹脂粉体塗膜の塩素浸透深さ¹⁾

〔出典〕1) 内面エポキシ樹脂粉体塗装ダクタイトル鉄管について〔JCPA T47〕(日本ダクタイトル鉄管協会)

2-2 モルタルライニング

直管の内面は、1950年代半ば以降、主としてモルタルライニングが施され、長期間の使用実績があります。

横浜市水道局では、老朽化したダクタイトル鑄鉄管の更新計画を策定する際の耐用年数推定の知見を得るため、管内面のモルタルライニングの中性化について各種試験を行っています²⁾。その結果、中性化したモルタルライニングは、管への振動によるクラックや剥離、防食性能に関して、中性化していないものと比べても顕著な差は確認されず、中性化してもすぐに発錆することがないため、管路への影響は少ないと報告しています。また、老朽管の更新計画策定の際に根拠とすべきモルタルライニング管の耐用年数は、モルタルライニングが完全に中性化するまでの期間を考慮して、シーラコートありの小口径管では埋設後100年程度が妥当であると提案しています。

以上のことから、シーラコートのあるモルタルライニングが完全に中性化するまでの期間および中性化後も一定の防食機能が期待できることを考慮すると、モルタルライニングは一般的な水質において長期の耐久性を有すると考えられます。

ただし、モルタルライニングが中性化する期間は、水質条件により大きく異なります。遊離炭酸が多い等、侵食性の強い水質の場合、早い期間でモルタルライニングが中性化する場合がありますことに留意する必要があります。

〔出典〕2) 横浜市水道局：「ダクタイトル鑄鉄管のモルタルライニングの中性化と機能劣化に関する研究」

3. ゴム輪

一般的にゴムの劣化要因には以下の項目があると言われています。

- ①紫外線による劣化
- ②酸素による劣化
- ③オゾンによる劣化
- ④熱による劣化

通常、地中埋設されている水道管路では、①～④の影響はほとんどないためゴムの劣化は極めて緩慢であると考えられます。実際に40～50年使用されたゴム輪の物性にほとんど変化がなく、水密性も確保されていることを確認しております(図3-1参照)。

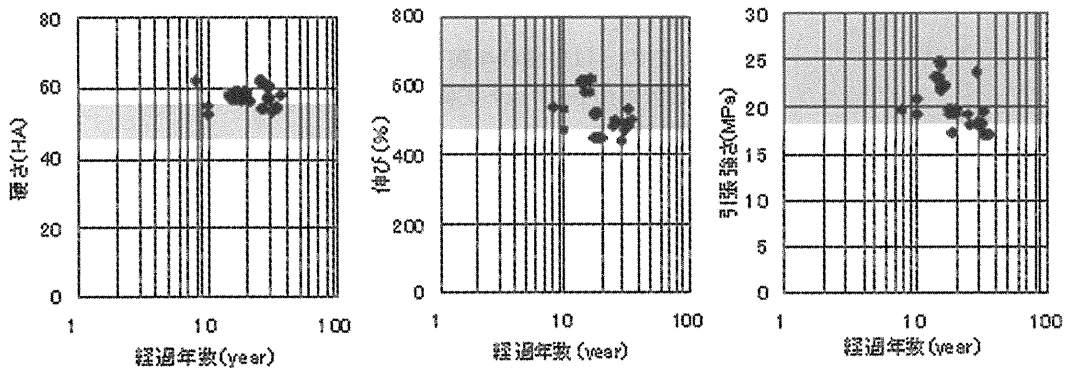


図3-1 長期間使用されたゴム輪の物性(着色部は規格値)

上記①～④の影響の他に応力によるゴム輪の永久変形があります。G×形ゴム輪の水密機構はバルブ部(直管)、丸部(異形管)の圧縮により発揮されるため、長期間使用すると圧縮応力によりゴム輪が永久変形します。

図3-2に実際に約0.5～30年間使用されたT形ゴム輪の圧縮永久ひずみを示します。実測データから推定した100年後の圧縮永久ひずみは約45%であり、許容圧縮永久ひずみの80%よりも十分に小さい値であるため、長期的に水密性を確保できると考えられます。

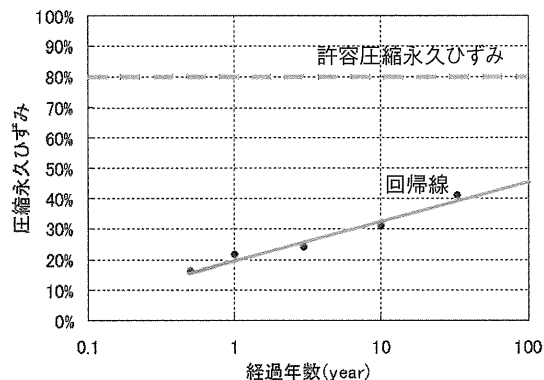


図3-2 T形ゴム輪の圧縮永久ひずみ

G×形ゴム輪の長期耐久性は加熱促進試験により評価しています。加熱促進条件は実際に長期間使用されたT形ゴム輪の圧縮永久ひずみと、加熱促進試験後のT形ゴム輪の圧縮永久ひずみを比較し算定しました。

G×形ゴム輪を接合状態で100年相当加熱促進した結果、圧縮永久ひずみは約40%であり、T形と比べて永久変形しにくいことが判りました。また、100年相当加熱促進後のG×形ゴム輪で水密試験を実施しましたが漏水はなく、長期的に水密性能を保持できることを確認しています。

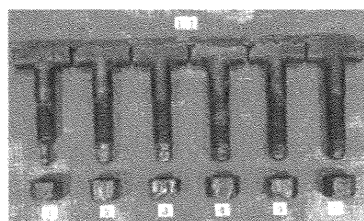
4. ステンレス鋼製(SUS304)ボルト・ナットの寿命について

SUS304製ボルト・ナットは主にS形やSⅡ形で使用されはじめ、約20年が経過しました。

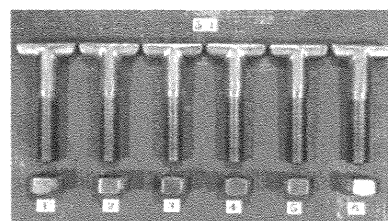
これまでのSUS304製ボルト・ナットの調査事例と、参考としてSUS403製ボルト・ナットの調査事例を以下に示します。

(1) 調査事例Ⅰ³⁾

腐食性の強い粘土(最大ANSI評価18.5点、酸性土壌)に、ポリエチレンスリーブを装着せずに6年間埋設しました。酸化皮膜付きダクタイル鋳鉄製は、ボルト先端部やナット角部で腐食が認められました。一方、SUS304製は発錆もなく良好でした(写真4-1参照)。



〔酸化皮膜付きダクタイル鋳鉄製〕



〔SUS304製〕

写真4-1 埋設実験結果(酸性土壌に6年間埋設)

(2) 調査事例Ⅱ〔参考:SUS403製ボルト・ナットの事例⁴⁾〕

埋立地において腐食性の強い粘土質の土壌(最大ANSI評価13.5点、海水の影響あり)に、ポリエチレンスリーブを装着していない状態でSUS403製のボルト・ナットを20年間埋設しました。ボルトのネジ切り部や頭部角、ナットの角部等に、若干の腐食が発生していましたが、大きな腐食は認められませんでした(写真4-2参照)。

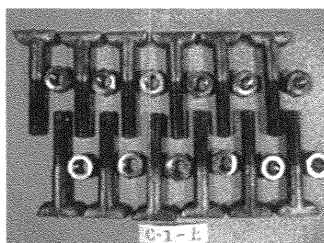


写真4-2 埋設実験結果(埋立地に20年間埋設)

(3) 調査事例Ⅲ⁵⁾

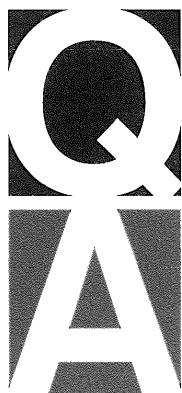
各種ボルトの耐食性を評価するために、各種試験を100日間行いました。表4-1に示すように、塩水噴霧試験や3% NaCl浸漬試験では、SUS304製ボルト・ナットの腐食減量はSUS403製の100分の1～200分の1程度でした。

表4-1 耐食性試験(100日後)における腐食減量(wt%) [一部抜粋]

ボルト	塩水噴霧	3%NaCl
SUS304製	0.026	0.003
SUS403製	2.204	0.663

以上より、SUS403製ボルト・ナットは埋立地に20年間埋設後も大きな腐食は認められず、また塩水に関する腐食促進試験でもSUS304製ボルト・ナットの腐食減量はSUS403製に比べて極僅かであることから、SUS304製ボルト・ナットは長期の耐久性が期待できるものと推定されます。

- 【出典】 3) 日本ダクティル鉄管協会：「いわき市水道局殿 外面被覆材及び各種ボルト・ナットの耐食性調査埋設実験(6年後調査結果報告書)」、平成12年12月
 4) 玉瀬充康(大阪市水道局)：「ダクティル鋳鉄管の各種内・外面塗装埋設実験(その4-埋設20年後および追加埋設実験10年後の調査結果)」、水道事業研究 第148号、大阪市水道局、平成16年10月
 5) 喜多川真好、道浦吉貞：「冷間鍛造ステンレスT頭ボルト・ナット」、栗本技報、pp.25-31(1993)



GX形ダクティル鉄管の外面耐食塗装に傷がついても大丈夫なのですか？

小さな傷※がついた場合には、外面耐食皮膜中の亜鉛合金が傷部を守り、長期の耐久性が期待できます。それより大きな傷がついた場合には、期待する防食性能が得られません。

なお、小さな傷やそれより大きな傷がついた場合の補修方法については、「GX形ダクティル鉄管 接合要領書」をご参照ください。

※小さな傷：管外表面1m²当たり15cm²以内の傷、かつ幅5mm以内の傷

傷部に対する防食性を確認するため、試験片に鉄地にまで達する傷を付け、複合サイクル試験を行いました。図1に示すように、外面耐食塗装は傷部に対して良好な防食性能を示しています。これは、図2のように、傷がつき、鉄地が露出しても、この部分を守るために矢印のように電流が流れて亜鉛がゆっくと溶出することにより、傷部に亜鉛化合物が堆積し、保護皮膜を形成するためです。

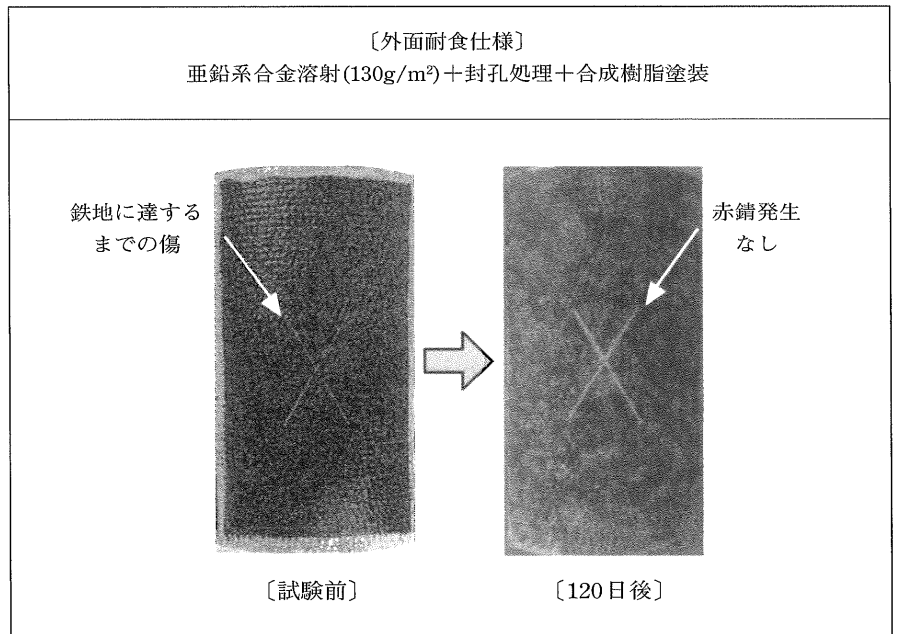


図1 複合サイクル試験*結果

(* JIS K 5600-7-9サイクルA:塩水噴霧2h→乾燥4h→湿潤2hのサイクル)

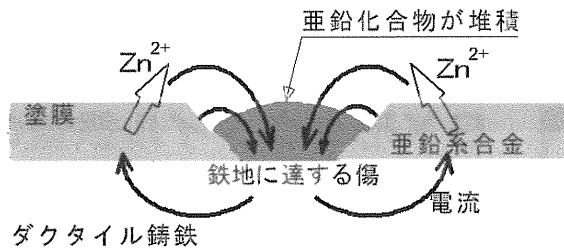
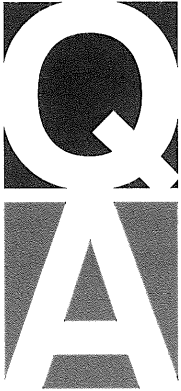


図2 傷部の防食メカニズム



GX形ダクタイトイル鉄管は、なぜ狭い掘削幅で施工ができるのですか？

GX形ダクタイトイル鉄管は、新しい継手構造で施工性を大幅に向上したことにより、NS形に比べ狭い掘削幅での施工が可能となっています(図1、表1)。GX形ダクタイトイル鉄管における管路布設時の掘削幅削減に関わる施工性向上のポイントを表2に示します。

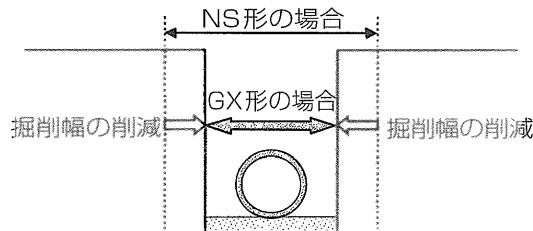


図1 掘削幅の比較

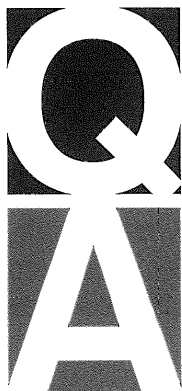
表1 掘削幅(土留めなし)

呼び径	掘削幅(cm)		
	GX形	NS形	T形
75	50	60	50
100	50	65	50
150	50	70	50
200	55	75	50
250	60	80	50

表2 管路布設時の掘削幅削減に関わる施工性向上のポイント

施工性向上のポイント	内容
直管の接合	GX形ゴム輪の採用で継手接合時の挿入力を大幅に低減させたことにより、1台のレバーホイストでの継手接合が可能となりました。
異形管の接合	メタルタッチ押輪の採用により、T頭ボルト締め付け時のトルク管理が不要となり、インパクトレンチによる締め付け作業が可能となりました。 なお、G-Link押ボルトのトルク管理については、柄の短いトルクレンチを使用することにより作業可能となります。

GX形管路布設に必要な掘削幅はT形管路布設時と同じ、あるいはそれ以上あります。これまで、T形管路での埋め戻しが問題なく行われていることから、GX形管路においても掘削幅削減の影響を受けることなく埋め戻しを行うことができます。



GX形の接合や切管挿し口加工に必要な工具は、NS形と同施工に使用するものと変わのでしょうか？また、共用できるのでしょうか？

GX形の施工に必要な工具は「GX形ダクトイル鉄管接合要領書」に示されています。それら工具を、NS形と共用できるものと新規準備が必要な工具とに分けると以下のようになります。

1. GX形の接合に必要な工具

(1) NS形呼び径250以下の施工と共用できる工具

- ① プラスチックハンマ
- ② スリングベルト(4本):吊り具として使用しているナイロンスリングで代用が可能です。
- ③ レバーホイスト(0.8tf用 2個):管との接触部はゴム板などで養生してください。
- ④ ラatchetレンチ(異形管用)
- ⑤ ロックリング絞り器

(2) 新規に準備が必要な工具

- ① ゴム輪位置チェックゲージ(直管、P-Link用):厚さ2mm-4mm
- ② インパクトレンチ(異形管用)
- ③ ユニバーサルジョイント(異形管用):屈曲角30°
- ④ 隙間ゲージ(異形管、P-Link用):厚さ0.5mm
- ⑤ ロックリング拡大器(異形管用)

2. GX形の切管に必要な工具

GX形の切管は、P-LinkやG-Linkを用いる方法と、NS形と同様に切管用挿し口リングを使用して、挿し口突部を形成する方法とがあります。P-LinkやG-Linkを用いる方法では全てNS形の施工工具と共用できます。

(1) P-Link、G-Linkを用いる場合

- ① 切断機
- ② グラインダ・面取りヤスリ
- ③ トルクレンチ:トルク100N・m

(2) 切管用挿し口リングを使用する場合

1) NS形呼び径250以下の施工と共用できる工具

- ① 専用の溝切機・切断機
- ② 挿し口リング拡大器
- ③ シャコ万力
- ④ 専用ストップ付ドリル刃
- ⑤ ドリル
- ⑥ グラインダ・面取りヤスリ

- ⑦ プラスドライバ(呼び番号2番)
- 2) 新規に準備が必要な工具
 - ① チェックゲージ

3.GX形の解体に必要な工具

- (1) NS形呼び径250以下の施工と共用できる工具
 - ① 解体矢
 - ② 特殊割押輪
 - ③ 油圧ジャッキまたはだるまジャッキ
 - ④ 解体矢打込みキャップ
 - ⑤ ハンマ
- (2) 新規に準備が必要な工具
 - ① 薄板(P-Link、G-Link用)

なお、管を吊る時は、従来管と同様にナイロンスリングやゴムチューブなどで被覆されたワイヤーロープを用いてください。