

# 消火配管用ダクタイル鉄管の開発

## Development of Ductile Iron Pipe for Fire Hydrant

藤田弘司\*  
Hiroshi Fujita

高木啓介\*  
Keisuke Takagi

小仲正純\*  
Masazumi Konaka

高速道路や国道などの道路トンネルは、トンネル延長と交通量に応じてトンネル等級区分が AA～D で分類されており、等級 AA、A、B の道路トンネルに対しては、消火栓の設置が求められている。トンネル内消火配管用の管材料は、埋設箇所では T 形ダクタイル鉄管が多く採用されているが、露出配管部では新設時および取替時の施工性が重要視されるため、ハウジング形式の管種が多く用いられている。このたび、露出配管部での使用に適したハウジング形式の消火配管用ダクタイル鉄管の開発を行った。本製品は従来品と異なり、ハウジングの分割部が挿し込み形式となっている。管の外径仕上がり寸法にハウジングが追従して、鉄管の挿し口突部にメタルタッチする構造となっており、確実に離脱防止することを特徴としている。各種性能試験を行って、高水圧での使用が求められる道路トンネル内の消火配管用の管材料として適合することを実証した。さらに、阪神高速道路株式会社殿において、阪神高速道路大和川線のトンネル区間の露出配管部でご採用いただいたので、あわせて報告する。

In Japan, road tunnels, including those on expressways and national highways, are classified by tunnel length and traffic volume into five classes, i.e. AA, A, B, C, and D. Road tunnels of class AA, A, and B are required to have fire hydrants installed. T-type ductile iron pipes are often used as the pipe material for buried fire hydrant piping in tunnels, while housing-type pipes are often used for exposed piping because workability is important when it is newly established and replaced. Recently, we developed a housing-type ductile iron pipe for fire hydrant piping, which is suitable for use in exposed piping. Unlike conventional products, this product employs an insertion system in the split part of the housing. The feature of this housing-type ductile iron pipe is that the housing conforms to the finished outer diameter of pipe, and a metal touch joint is applied in the spigot protrusion of the iron pipe, providing a reliable structure to prevent the pipe from being detached. Various performance tests have been conducted to demonstrate that this pipe is suitable as a pipe material for fire hydrant piping in road tunnels, where it is used under high water pressure. This pipe has been employed by Hanshin Expressway Company Limited. It is used in the exposed piping in the tunnels on the Hanshin Expressway Yamatogawa Route. This paper also reports on this usage case.

## 1 はじめに

高速道路や国道などの道路トンネルのうち、延長が 100m 以上のものについては、非常用施設を設けることが「道路トンネル非常用施設設置基準」(国土交通省の通達、平成 31 年 3 月 29 日付)に示されている。この基準には、図 1 に示す等級区分に応じて非常用施設の設置基準が示されている。消火栓は、トンネル延長が長く交通量が多い、トンネル等級 AA、A および B が設置対象となり、設置間隔は 50m が標準となっている。

トンネル内消火配管用の管材料として、埋設箇所では T 形ダクタイル鉄管が多く採用されている。一方、露出配管部では、新設時および取替時の施工性が重要視されるため、ハウジング形式の管種が多く用いられている。このたび、管挿し口突部とハウジングがメタルタッチとなり、確実な離脱防止性を有するハウジング形式の消火配管用ダクタイル鉄管の開発を、日本ヴィクトリック株式会社殿と共同で行った。

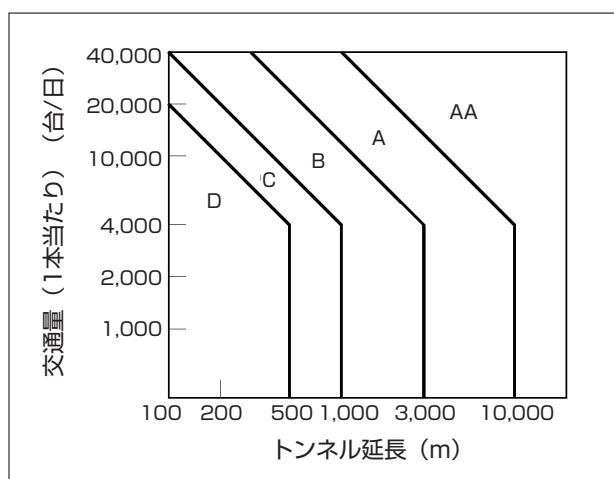


図 1 トンネルの等級区分<sup>1)</sup>

## 2 仕様

表 1、表 2 にこのたび開発を行った消火配管用ダクタ

\*鉄管事業部 エンジニアリング部

イル鉄管とハウジング継手 NC-2 型の仕様を示し、表 3 に水圧仕様を示す。また、図 2 に 2 分割のハウジング継手 NC-2 型の外観図を示し、図 3 に断面図を示す。ここで、最大隙間 E は 8mm である。

また、図 4 にハウジング継手 NC-2 型の取付状態と直管挿し口、図 5 に T 字管を示す。

表 1 消火配管用ダクタイル鉄管の仕様

口径	φ 150 ~ φ 350	
管体鉄部の材質	FCD (420-10)	
直管の管長	φ 150 ~ φ 250 : 5.2m φ 300、φ 350 : 6.0m	
異形管の種類	曲管、T 字管、片フランジ短管 K 形受挿し短管他	
防食仕様*	外面	合成樹脂塗装
	内面	(直管) モルタルライニング (異形管) エポキシ樹脂粉体塗装

\*防食仕様は、環境に応じて変更可能

表 2 ハウジング継手 NC-2 型の仕様

口径	φ 150 ~ φ 350
本体の材質	FCD450-10
ゴムリングの材質	EPDM
分割数	φ 150 ~ φ 300 : 2 分割 φ 350 : 4 分割
ボルト数	φ 150 ~ φ 300 : 2 本 φ 350 : 8 本
防食仕様*	溶融亜鉛メッキ

\*防食仕様は、環境に応じて変更可能

表 3 水圧仕様

口径	φ 150 ~ φ 350
最高使用水圧	2.0MPa
試験水圧	4.0MPa

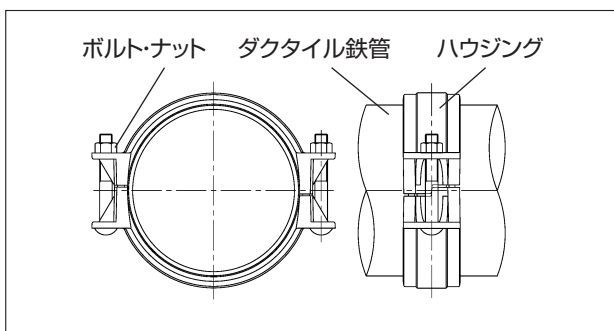


図 2 ハウジング継手 NC-2 型 (2 分割)

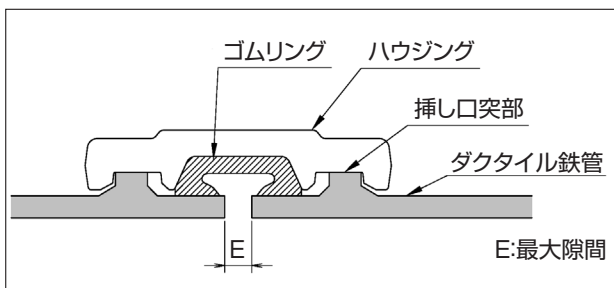


図 3 ハウジング継手 NC-2 型 断面図 (直管の場合を示す)

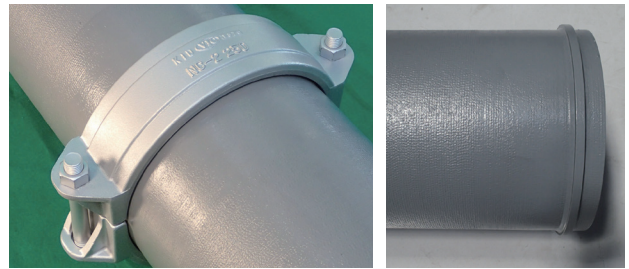


図 4 ハウジング継手 NC-2 型と直管挿し口



図 5 φ 250 × φ 150 T 字管

### 3 特徴

消火配管用ダクタイル鉄管およびハウジング継手 NC-2 型の特徴を以下に示す。

#### 1) 管本体およびハウジング継手 NC-2 型の優れた強靱性

管本体は FCD (420-10)、ハウジング継手 NC-2 型は FCD450-10 の、いずれもダクタイル鋳鉄製である。ダクタイル鋳鉄は、鋳造時の流動性を向上させるために添加されている黒鉛が図 6 に示すように球状化されており、地鉄が連続して延性に優れている。耐震性が求められる水道管の素材として、長年採用されている実績を有する材料である。比較のため、図 7 に普通鋳鉄 (片状黒鉛鋳鉄) の組織写真を示す。また、引張強度は管本体が 420N/mm<sup>2</sup> 以上、ハウジング継手 NC-2 型が 450N/mm<sup>2</sup> 以上であり、一般鋼材である SS400 と同等以上の材料である。

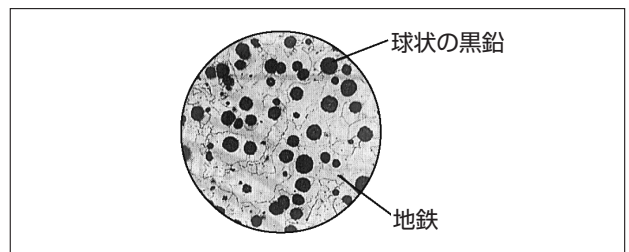


図 6 ダクタイル鋳鉄の組織写真<sup>2)</sup>

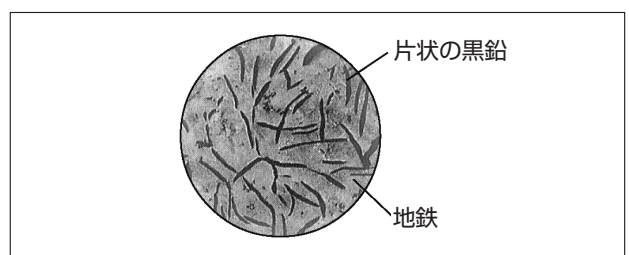


図 7 普通鋳鉄の組織写真<sup>2)</sup>

2) 新設・補修取替や現地長さ調整に優れた施工性

接合方法を図8に示す。接合する鉄管の挿し口と挿し口を突合せ、ゴムリングを嵌め込んだ後に、円周方向に分割されたハウジングをボルト締結により組立てる継手形式である。新設時の施工性の良さに加え、図9に示すように、補修時に取替が必要な部分の継手を解体すれば、管本体とハウジング継手NC-2型を簡便に取替えることができる施工性に優れた継手である。

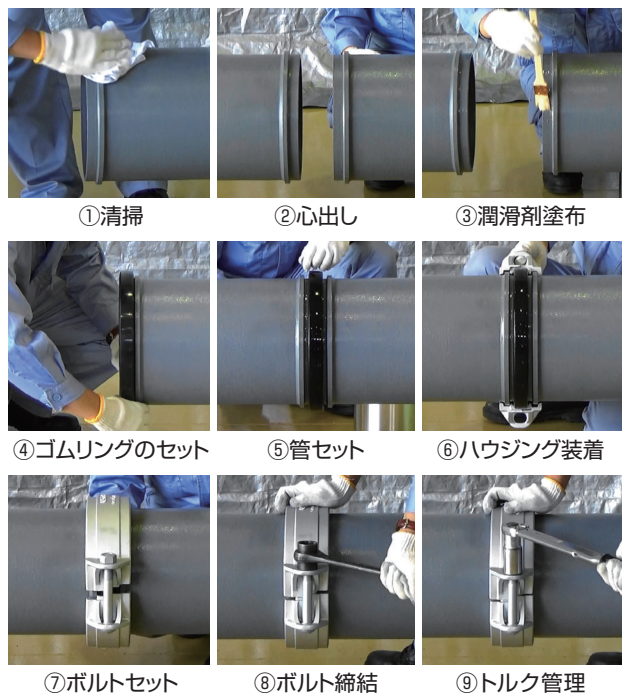


図8 ハウジング継手NC-2型の接合方法

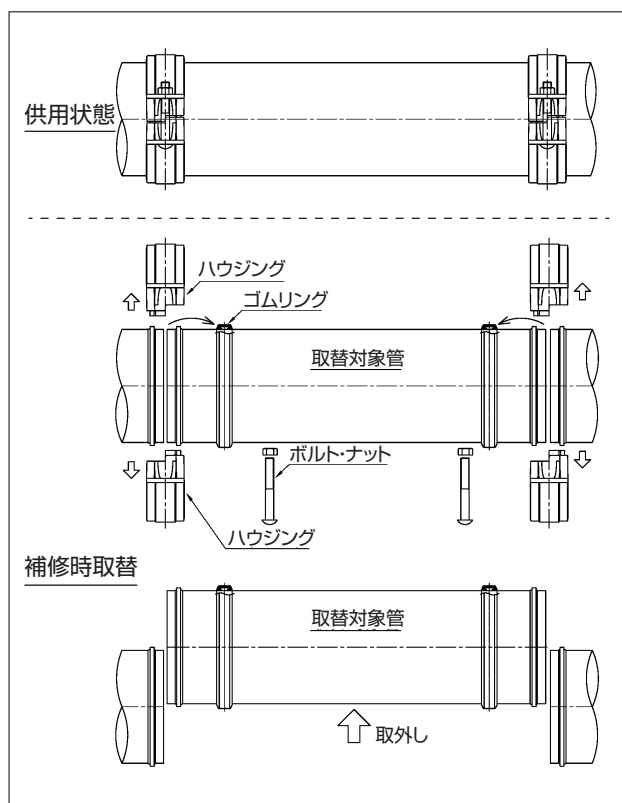


図9 補修時の取替方法

また、設置位置が決められている消火栓部のT字管や曲り部の曲管など、異形管の近傍では直管の長さ調整が必要となることがある。この場合は、切用直管を切断し、切断面に補修塗装を施した上で、K形受口と挿し口突部を有する受挿し短管を、K形管用離脱防止金具を用いて接合する。これにより、両側に挿し口突部を有する長さ調整管を施工現場で製作でき、工期の短縮につながる。図10に、受挿し短管を用いた長さ調整管の施工例を示す。

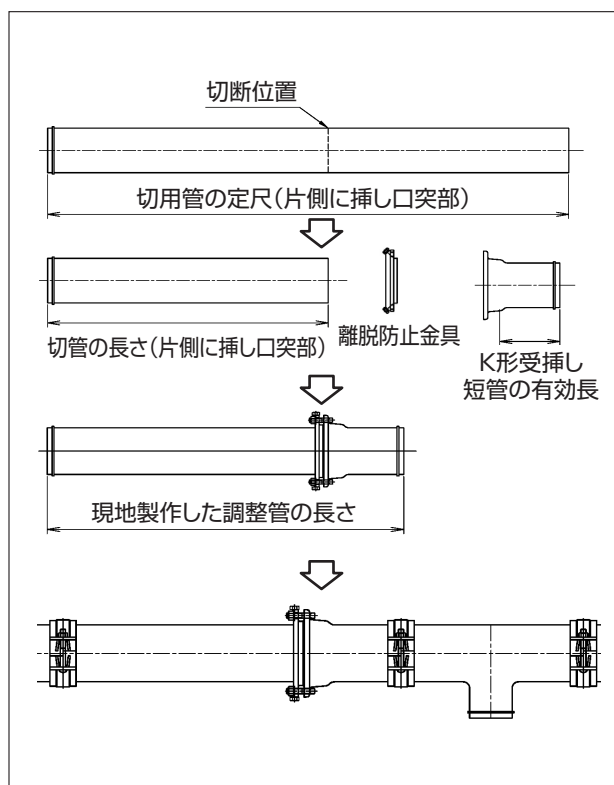


図10 長さ調整管の施工例

3) 継手の可とう性を利用した曲げ配管

ハウジング継手NC-2型は、可とう性を有している。図11に曲げ配管によるカーブ部の配管例、表4に継手限界曲げ角度を示す。道路トンネルのカーブ部が緩曲線の場合、継手の可とう性を利用して図11に示すように曲げ配管することができる。計算式を式(1)に示し、参考として、曲げ角度の安全係数を1/2とした場合の曲げ配管可能なトンネル曲線半径を表5に示す。曲線半径が表5の値より小さい場合、曲管を組合わせて配管する。

表4 継手限界曲げ角度

口径	継手限界曲げ角度 <sup>(注)</sup>
φ 150	2.71°
φ 200	2.08°
φ 250	1.69°
φ 300	1.42°
φ 350	0.90°

注：標準寸法における計算値を示す。

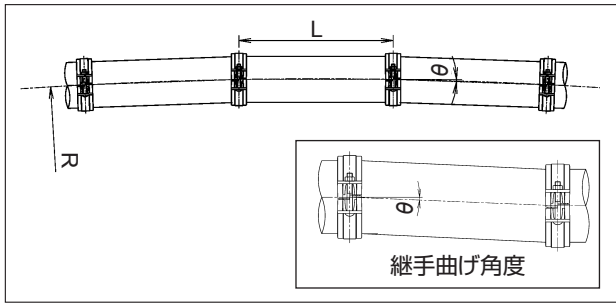


図11 曲げ配管によるカーブ部の配管例

$$R = L/2 \div \tan(\theta d/2) \dots \dots (1)$$

ここで、

R：トンネルの曲線半径 (m)

L：直管の管長 (m)

$\theta d$ ：継手の設計曲げ角度 ( $= a \times \theta_{MAX}^\circ$ )

$\theta_{MAX}$ ：継手限界曲げ角度 ( $^\circ$ )

a：安全係数：1/2

表5 曲げ配管可能なトンネルの曲線半径 (参考)

口径	直管長 L	設計曲げ角度 $\theta d$	トンネル曲線半径 R
$\phi 150$	5.2m	1.35 $^\circ$	221m
$\phi 200$	5.2m	1.04 $^\circ$	286m
$\phi 250$	5.2m	0.84 $^\circ$	355m
$\phi 300$	6.0m	0.71 $^\circ$	484m
$\phi 350$	6.0m	0.45 $^\circ$	764m

#### 4) 管と継手の確実な離脱防止性 (ハウジングの追従性)

本継手のハウジングは、管の挿し口突部に当接するまで結合ボルトを締込む構造である。また、ハウジング分割部は、図12および図13に示すように隙間を有した挿し込み方式である。管外径 (円周長) の仕上がり寸法に応じてハウジング分割部の隙間が変化することにより、確実に管挿し口突部とハウジングが引っかかり、水圧等による拔出しを防止できる。さらに、挿し口突部に剛性の高いハウジングが密着しているため、継手部の管の剛性が高まり、外力が作用した場合でも真円度を保ち、止水性能の低下を防ぐ効果を有する。

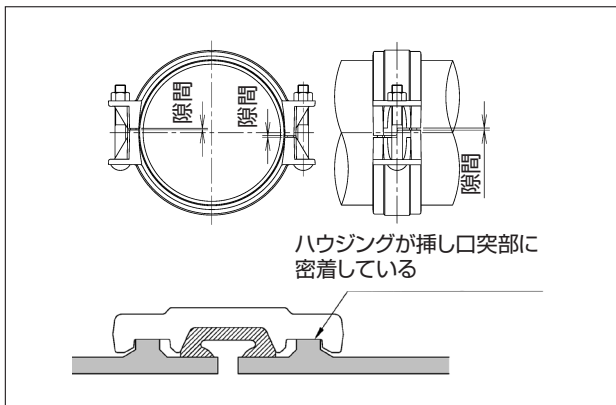


図12 ハウジングの隙間とハウジング管挿し口突部の状況

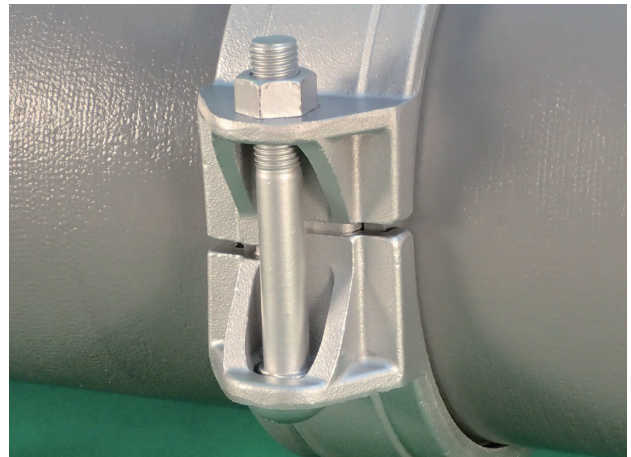


図13 ハウジング継手NC-2型の分割部 (挿し込み部)

#### 5) 高水圧に対応できる耐水圧性

本継手は、鉄管、ハウジングともに最高使用水圧が2.0MPaであり、試験水圧4.0MPaで耐水圧性を確認している。トンネル内消火配管に求められる高水圧に対応している。

### 4 継手性能試験

以下に示す3項目の継手性能試験を実施した。

- ①継手接合試験
- ②水密性試験 (真直・曲げ)
- ③水密曲げ強度試験

#### 4.1 継手接合試験

##### 1) 試験方法

図14に示すように、ダクタイル鉄管を2本、管心を合わせて管受台に置き、作業員2名でハウジング継手NC-2型の取付けを行い、接合時間を測定した。

なお、口径は、2分割 ( $\phi 150 \sim \phi 300$ ) のものから  $\phi 250$  と、4分割の  $\phi 350$  を選定した。

<作業項目>

- (1) 管の清掃、(2) 潤滑剤塗布、(3) ゴムリングのセット、(4) ハウジングの取付け、(5) ボルト締結 (トルク管理)

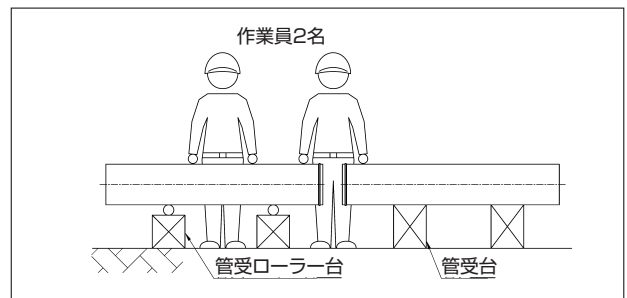


図14 継手接合試験方法

##### 2) 試験結果

作業員2名での接合時間は、 $\phi 250$  (2分割) が約3分30秒であり、 $\phi 350$  (4分割) が約4分であった。

## 4.2 水密性試験

### 4.2.1 水密性試験（真直）

#### 1) 試験方法

図15に示すように、ダクタイトイル鉄管を真直状態で2本接合した継手部に、試験水圧4.0MPaを負荷して5分間保持し、継手部に漏水等の異常のないことを確認した。

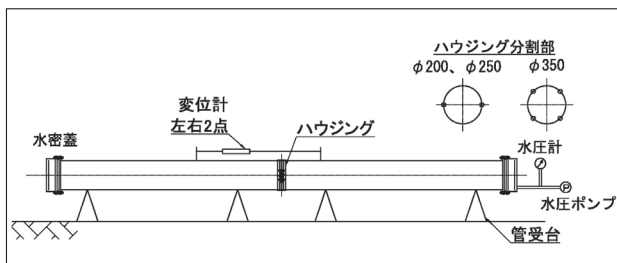


図15 水密性試験方法（真直）

#### 2) 試験結果

φ200、φ250、φ350で確認したところ、いずれの口径も水圧4.0MPa、5分間保持することができ、漏水等の異常は認められなかった。一例として図16にφ250水密性試験状況を示す。

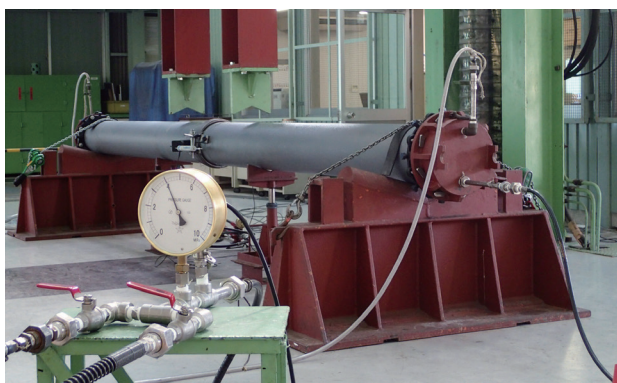


図16 φ250水密性試験状況（真直、4.0MPa負荷）

### 4.2.2 水密性試験（曲げ）

#### 1) 試験方法

図17に示すように、ダクタイトイル鉄管を2本曲げ接合した継手部に試験水圧4.0MPaを負荷して5分間保持し、継手部に漏水等の異常のないことを確認した。

試験条件は、表6に示すとおりとした。

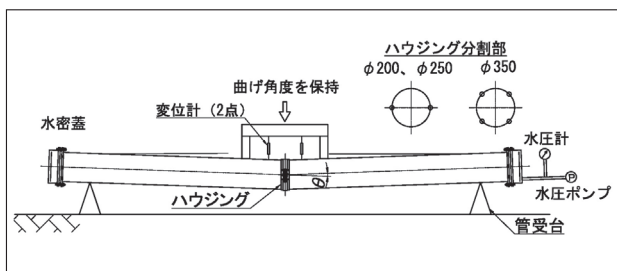


図17 水密性試験方法（曲げ）

表6 水密性試験条件（曲げ）

口径	φ200	φ250	φ350
継手角度 $\theta$ ( <sup>注</sup> )	2.08°	1.69°	0.90°

注：継手角度は限界曲げ角度に設定した。

#### 2) 試験結果

φ200、φ250、φ350で確認したところ、いずれの口径も水圧4.0MPa、5分間保持することができ、漏水等の異常は認められなかった。一例として図18にφ250水密性試験状況を示す。

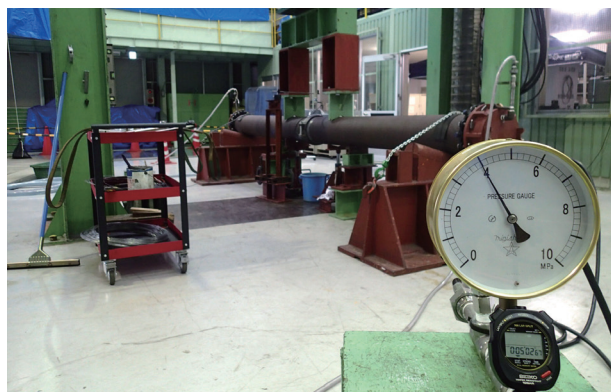


図18 φ250水密性試験状況（曲げ、4.0MPa負荷）

## 4.3 水密曲げ強度試験

### 1) 試験方法

図19に示すように、ダクタイトイル鉄管を真直状態で2本接合した継手部に試験水圧2.0MPaを負荷した状態で曲げモーメントを負荷し、継手部からの漏水や管、継手が破壊する曲げモーメントを計測した。

本試験は、自重や外力によって生じる曲げモーメントに対して安全な設計方法を検討・決定するために実施した。そのため、合格基準値を設けず破壊・破損するまで継手部に曲げモーメントを負荷した。設計に際しては、管受台等のサポートやスラスト防護等により確実に支持することを注意喚起している。

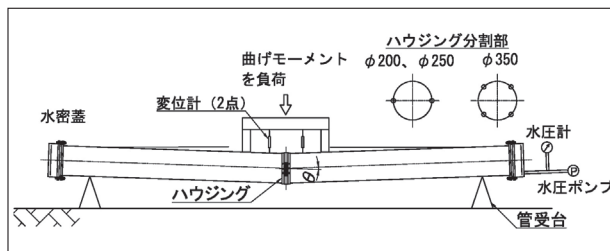


図19 水密曲げ強度試験方法

### 2) 試験結果

φ200、φ250、φ350の継手に水圧2.0MPa負荷して曲げモーメントを増加させたところ、a)～c)および表7に示す結果となった。既存ハウジング継手の許容曲げモーメントと比較したところ、4.5～6.9倍の十分大きな値となり、既存ハウジング継手と同様の支持間隔にできることを確認した。

a) φ 200

曲げモーメントを 27.3kN・m まで増加させると継手が 3.00° 屈曲し、最大曲げモーメントとなった。さらに曲げると、曲げモーメントが減少しつつ挿し口突部が見えるまで継手が抜出したため、試験を終了した。継手を解体して確認すると、挿し口突部の角部とハウジングの溝部とが接触して削れていた。

b) φ 250

曲げモーメントを 35.0kN・m まで増加させると継手が 2.69° 屈曲し、挿し口溶接部の割れと推定される異音が発生したので試験を終了した。

c) φ 350

曲げモーメントを 53.5kN・m まで増加させると継手が 2.16° 屈曲し、管体が破断したので試験を終了した。

表7 水密曲げ強度試験結果

口径	φ 200	φ 250	φ 350
負荷水圧	2.0MPa		
最大曲げモーメント	27.3kN・m	35.0kN・m	53.5kN・m
最大曲げ角度	3.00°	2.69°	2.16°

## 5 実施工

阪神高速大和川線（図 20）のトンネル区間の一部において、消火配管用ダクタイル鉄管が初採用されたので、施工状況を紹介します。（口径：φ 200・φ 250、配管延長：約 5.5km）

管の運搬および吊込み用に、積載型トラッククレーンを 1 台使用し、配管作業用に高所作業車を 2 台使用した。トンネルの壁面との干渉を避けるため、高所作業車に設けた架台に鉄管を吊降ろし、架台上を転動させブラケット上に据付けた。ハウジング継手 NC-2 型の接合作業は別の高所作業車上で、1 人で行った（図 21）。トンネルの壁面への添架配管状況を、図 22 に示す。

積載型トラッククレーンの荷台上の管をブラケット上に据付け、継手接合作業を完了するまでの作業時間は、1 本当たり約 20 分であり、作業はスムーズであった。

また、長さ調整管の配管は、切管と組み合わせる管を K 形直管と K 形受挿し短管の 2 種類で施工した。その結果、K 形受挿し短管を使用した場合、陸組して一度に配管できるなど、施工性が良好であったため、これを今後の推奨方法とする。



図20 阪神高速大和川線工事区間<sup>3)</sup>



図21 継手接合作業状況



図22 トンネル壁面への添架配管状況

## 6 おわりに

トンネル内の露出配管部での使用に適した消火配管用ダクタイル鉄管として、ハウジング形式の鉄管の開発を行った。

従来からハウジング継手の利点とされてきた新設時および補修時の取替性の良さに加え、ハウジングが鉄管の挿し口突部にメタルタッチとなるまで確実に締込む構造としているので、水圧等による抜出しに対して確実に抜出し防止機能を発揮する利点が得られた。また、分割部を挿し込み方式としているので、管外径の仕上がり寸法にハウジングが追従する利点も付与されている。

性能試験においては、最高使用水圧 2.0MPa に対し、2 倍の 4.0MPa の水圧試験を行い、水密性および水圧による管の抜出し力に対しても安全性を確認し、高水圧が求められる道路トンネル内の消火配管用の管材料として適合することを実証した。

さらに、阪神高速道路株式会社殿において、阪神高速大和川線のトンネル区間の露出配管部でご採用いただき、実施工における施工性に問題のないことを示すことができた。

本開発品を、新設される道路トンネル内の消火配管や、老朽化して更新が必要な配管の布設替えに役立てていただければ幸いです。

## 参考文献：

- 1) 国土交通省：道路トンネル非常用施設設置基準、(2019)、p.3
- 2) 日本ダクティル鉄管協会：ダクティル鉄管管路のてびき、(2015)、p.16
- 3) 阪神高速道路株式会社：ホームページ (最終閲覧日 2019.7.12) <https://www.hanshin-exp.co.jp/company/torikumi/building/yamatogawa/>

## 執筆者：

## 藤田弘司

1995 年入社

ダクティル鉄管の配管設計  
および研究開発に従事

## 高木啓介

1989 年入社

ダクティル鉄管の配管設計  
および研究開発に従事

## 小中正純

2000 年入社

ダクティル鉄管の研究開発に従事



※仕様の変更のため、以下の内容を訂正しています。  
(2022 年 11 月)

- 1) P5 表 4 継手限界曲げ角度  
φ 350NC-2 型継手の限界曲げ角度：1.23° → 0.90°
- 2) P6 左段 式 (1)  
継手曲げ角度の安全係数  $a$ ：1/2 ~ 2/3 → 1/2
- 3) P6 表 5 曲げ配管可能なトンネルの曲線半径 (参考)  
φ 350NC-2 型継手の設計曲げ角度  $\theta d$ ：0.61° → 0.45°  
φ 350 のトンネル曲線半径  $R$ ：564 m → 764 m