

# 国産活管分岐工法用継手の開発

## ～新型式継手(ANHT<sup>®</sup>型継手)の実用化～

Development of original fittings (ANHT-type) for Hot Tapping  
 ~Practical application of ANHT-type fitting~

青柳 成彰\* Shigeaki AOYAGI  
 日鉄パイプライン(株) 技術本部  
 技術開発部 開発課長

佐々木和寿 Kazutoshi SASAKI  
 日鉄パイプライン(株) 工事本部  
 工事部 ノープロー・設備チーム長

池田 里恵 Rie IKEDA  
 日鉄パイプライン(株) 技術本部  
 技術開発部 開発課 マネジャー

赤坂 政芳 Masayoshi AKASAKA  
 新日鉄エンジニアリング(株)  
 技術開発研究所 溶接・材料評価技術室 マネジャー

### 抄 録

活管分岐工法は、施工方法、施工機器および継手のすべてが海外から導入された経緯を持つため、現在においても機器や材料は海外で製造・加工されたものが主流である。そこで、材料の製造から加工および組立てまでの全てを国内で行う継手の開発が望まれ、近年自社開発を行った。本稿では、この国産活管分岐用継手の実用化に向けて行った各種性能検討結果と併せて実施工状況を紹介する。

### Abstract

In these decades, in Japan, typical hot tap installation consists of a fitting, gate valve, hot tapping machine, drillings and other equipments made to a hot tapping world pioneer product's specifications. Nippon Steel Pipelines Co., Ltd has recently developed an original fitting (ANHT-type) and equipments made of domestic product only. This report presents the summary on original fitting (ANHT-type) especially for mechanical properties, limit deformations and pressure loss studies under the pressure gas pipelines.

## 1 緒言

活管分岐工法とは、都市ガスパイプラインへの分岐管の接続や閉塞に用いられる工法であり、現在、国内のガス事業者に広く採用されている。本工法は、管内ガスを大気中に放出せず、かつ、ガスの供給を停止する必要がないことが特徴であるが、専用の継手の使用が必須である。

近年、ガス事業者では、従来用いられていた Mueller 型継手の製造中止に伴い、TDW 型継手が一般的に用いられている。しかし、TDW 型継手は、海外で製造・加工された部品で構成されているため、緊急時など、短納期の要請に対応することが

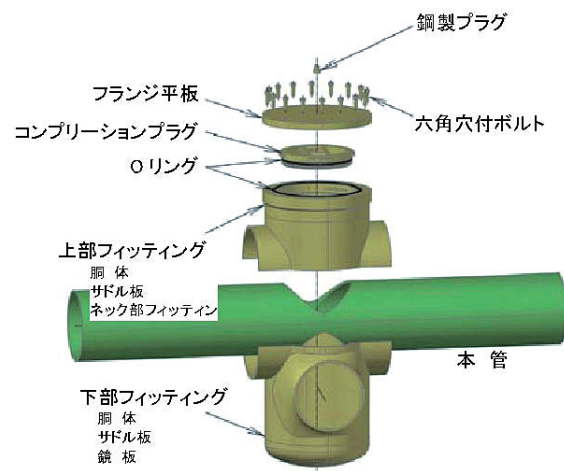


図1 ANHT 型継手部品構成図(同径分岐継手)  
 Fig. 1 ANHT<sup>®</sup> typical fitting for side-out

困難な場合があった。

本稿では、材料の製造から加工および組立てまでの全てを国内で実行・管理可能な、自社純国産継手「ANHT 型継手」の開発と実用化状況について紹介する。

## 2 活管分岐工法

活管分岐工法は、供給状態下の都市ガスパイプラインに対して、次に示す a～g の作業により分岐管の接続や閉塞を行う工法である。

### a. 継手溶接・検査工

供給中の管の外面被覆を除去した後、継手を溶接にて取付け、溶接部の浸透探傷検査および耐圧検査を実施する。

### b. 防食工

後の穿孔作業等に支障が無い様に、ネック部フィッティングを除いた部分のみ、外面防食被覆を施工する。

### c. 穿孔工

ネック部フィッティングに穿孔機器を取付け、供給中の管へガスが流出する孔を開ける。

### d. 切粉処理工

穿孔時に発生する切粉を回収し、排出する。

### e. コンプレッションプラグ工

コンプレッションプラグをネック部フィッティングに取付け、継手内を密閉状態にする。

### f. フランジ平板取付

ネック部フィッティングの最上面にフランジ平板を取付ける。

### g. 防食工

ネック部フィッティングおよびフランジ平板に防食被覆を施工する。

活管分岐工法に用いる継手は穿孔機器の設置ができることはもちろん、分岐管の接続が可能な構造でなければならない。さらに、穿孔工以降の内圧の保持、さらに、都市ガスパイプラインの一部としての構造的安全性が要求される。

## 3 ANHT 型継手の開発

### 3.1 開発方針

ANHT 型継手の開発に当たり、設備投資を抑制

し、かつ、短期間での商品化を目指し、次の3点から成る開発方針を設定した。

- ・施工機器類は現保有物を適用する。
- ・金型を使用する成形加工は使わない。
- ・国内に一般的に流通している鋼材を素材として用いる。

### 3.2 開発の課題とその対応

#### (1)組立て精度の確保

金型を用いた一体成型において、継手の組立て精度の確保は容易である。一方、金型を使用しない ANHT 型継手は鋼管や鋼板を加工した部材を溶接により接合・組立するため、溶接時の変形で寸法精度確保が難しい。そこで、各溶接部における開先形状と溶接順序の最適化を図り、精度の確保を可能にした。

#### (2)応力集中の軽減

既設本管との取り合い部にはサドル部材を適用することにより、本管と継手の接合部に生じる応力集中を軽減する形状とした。また、分岐部においては枝出し成形法を適用した。これらの効果の検証は実大載荷試験と FEM 解析によって確認した。

#### (3)作業性の向上

Mueller 型継手のネック部フィッティングとコンプレッションプラグとの取合いはネジであり、穿孔により生じた切粉がこのネジ部に付着し、コンプレッションプラグ取付け作業に支障を来すことが稀にあった。TDW 型では、設置時のコンプレッションプラグの位置管理が必要である。そこで、「止まるまで」の操作で取付けが完了し、かつ、気密性の確保可能な構造を考案し現保有の施工機器類での施工に対応しつつも作業性の向上を果たした。

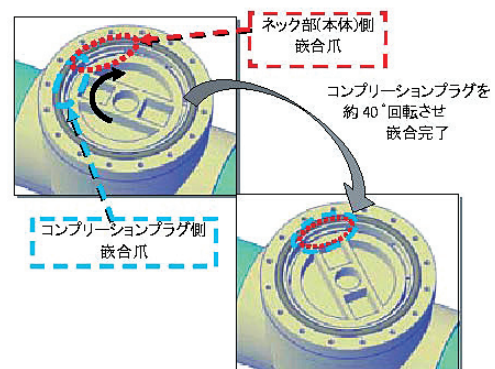


図2 コンプレッションプラグ取付け模式図  
Fig. 2 ANHT<sup>®</sup> completion-plug

### 3.3 材料選定と製作方法

ANHT 型継手各部位の材料と製作方法について 200A 用を例に、以下に示す。

- a. 胴体となる300A のシームレス鋼管を所定の長さで切断。この材料には汎用性のある STPT 370-S を用いる。
- b. 胴体となる300A 鋼管に枝出し成形を施し 200A の分岐部分を成形した後、胴体としての所定の長さで切断し開先加工する。なお、枝出し成形はスムーズな形状の分岐を形成できるので応力集中が軽減される。
- c. 鋼板 (SS400) から機械切削で製作したネック部フィッティングと鋼板 (SS400) をプレス加工で製作した鏡板を胴体となる300A 鋼管へ溶接により取付ける。
- d. 胴体となる300A 鋼管に本管貫通部となる開口部をつくる。
- e. あらかじめ鋼板 (SS400) から曲げ加工により製作しておいた、サドル部材を溶接により胴体となる300A 鋼管に取付ける。
- f. 胴体となる300A 鋼管を本管中心を通る面で 2 分割切断して、切断部を開先加工する。ネック部フィッティング側が上部フィッティング、鏡板側が下部フィッティングとなる。

### 3.4 性能確認

ANHT 型継手の性能として、継手材質、構造強度および圧力損失を確認した。なお、構造強度に関しては実物大継手を供した载荷試験と FEM 解析により継手が取付けられた状態における変形性能も検証した。

#### 3.4.1 継手材質

継手を取付ける鋼管には都市ガス用中圧導管用鋼管規格 SGP (材料規格 JIS G3452) を供した。継手を構成する主要部位は上述の通り、STPT370-S (材料規格 JIS G3456) と SS400 (材料規格 JIS G3101) であり、これら主要材料の機械的性質を表 1 に示す。

継手溶接部の健全性については複数箇所マクロ断面を観察し、何れの断面もビード形状がよく良好な継手であることを確認した。また、母材、塑性変形部および溶接熱影響部等のミクロ組織を観察し、この材料強度クラスとして一般的なフェライトパー

ライト組織を呈していることを確認した。マクロ断面とミクロ組織の観察例を図 3 と図 4 に示す。

表 1 鋼管の材料特性

Table 1 Tensile properties of test fittings and pipes

Part and Grade	Specimen No.	YS (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	EL (%)
Fitting Body Spec.	Grade requirements	≥215	≥370	≥30
	No. 1	273	479	37
STPT370-S	No. 2	318	497	37
	Grade requirements	≥245	400~510	≥17
Fitting saddles Spec.	No. 1	363	475	30
	No. 2	358	472	33
SS400	Grade requirements	—	≥290	≥30
	No. 1	385	428	35
Pipe Spec.	No. 2	431	454	31
	SGP			

YS: Yield strength TS: Tensile strength EL: Elongation

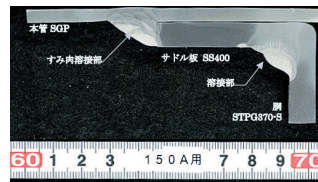


図 3 マクロ断面写真  
Fig. 3 Examples of macrotech

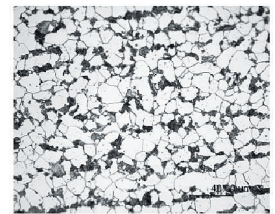


図 4 ミクロ組織 (塑性変形部)  
Fig. 4 SEM micrographs of the middle thickness position

#### 3.4.2 载荷試験

##### (1) 試験体

試験体には、実施工手順に従って既設本管を模した鋼管に継手を溶接にて取付け、実機穿孔機で鋼管を穿孔したものを供した。試験体は継手サイズが 150A 用と 200A 用の 2 タイプ、鋼管は呼び径 (公称外径 (OD)) で 150A (165.2mm) と 200A (216.3mm) である。

曲げ载荷には No. 1 と No. 2、引張り载荷には No. 3 を供し、試験体数を合計 3 体とした。

表 2 試験条件と試験体長さ

Table 2 Dimensions of test fittings and pipes

Test No.	Fitting size	Loading	Pipe Grade	Pipe dimensions		Span length
				OD (mm)	WT (mm)	
No. 1	150A	Bending	SGP	165.2	5.0	6 m (2 m) *
No. 2	200A	Bending	SGP	216.3	5.8	6 m (2 m) *
No. 3	150A	Tension	SGP	165.2	5.0	1.2 m

OD: Outside diameter, WT: Wall thickness, \*: Minimum span length

##### (2) 载荷方法

曲げ载荷には 10MN 構造試験機、引張り载荷には 5 MN 構造試験機を使用した。

曲げ载荷の全長は支持点長さ 6 m、等モーメント



区間長さ2mとし、両端支持スパンの中央に継手をセットした。漏洩検知用空気圧を負荷した後、四点曲げ取り付け治具を試験機チャックでつかみ、変位の進行を考慮しつつ供試体に荷重を与え、荷重が低下する変位まで載荷した。引張り載荷では、スパン1.2mの両端に載荷用治具を取り付け、スパン中央に継手をセットした。漏洩検知用空気圧を負荷した後、引張載荷は供試体両端の治具を試験機チャックでつかみ、変位の進行を考慮しつつ荷重を与え、荷重が低下する変位まで載荷した。載荷装置への供試体セット状況を図5と図6に示す。

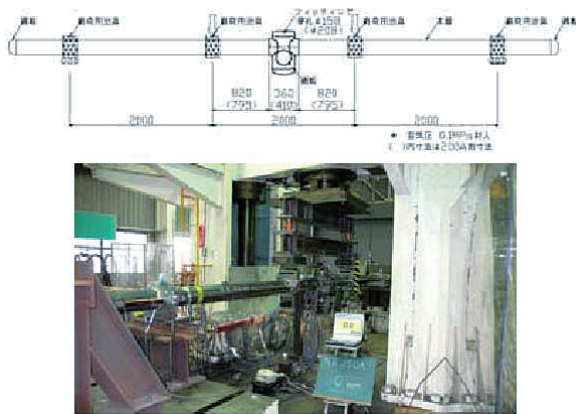


図5 曲げ試験(試験体セット状況)  
Fig. 5 Experimental set-up for bending test

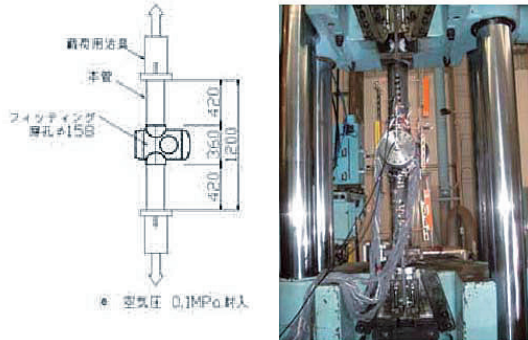


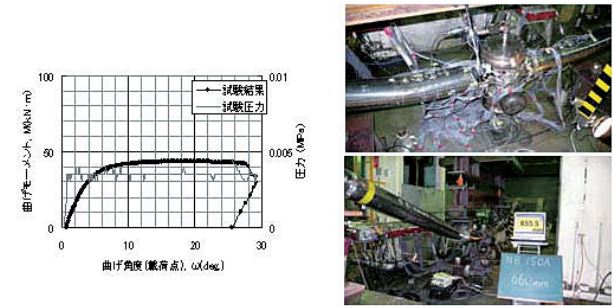
図6 引張試験(試験体セット状況)  
Fig. 6 Experimental set-up for tension test

**(3)試験結果**

曲げでは荷重により降伏が生じた後、一様曲げ変形が進行し荷重が低下したところで試験を終了した。曲げモーメントと曲げ角度の関係を図7(a)に、供試体の変形状況(終局状態)を図7(b)に示す。No.1では最大曲げモーメントを記録した後、継手と本管の隅肉溶接部から約300mmはなれた本管の曲げ圧縮側が凹状に局部座屈した。No.2では最大

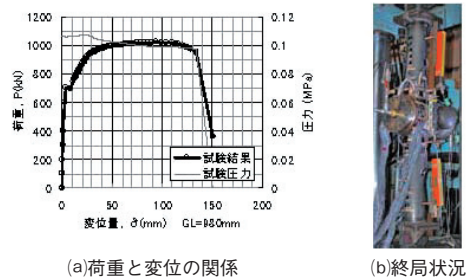
曲げモーメントを記録した後、継手と本管の隅肉溶接部から約30mmはなれた本管の曲げ圧縮側が凸状に局部座屈した。圧力モニター結果より、No.1、No.2とも載荷終了後も試験荷重を除荷するまで圧力変化が大きく変動することなく継手構造の内圧漏洩は生じないことを確認した。No.1、No.2とも継手自体に外観上大きな変形、損傷は生じなかった。

引張りでは、荷重により降伏が生じた後、引張り変形が進行し荷重が低下したところで本管が破断して試験を終了した。荷重と変位の関係を図8(a)に、供試体の変形状況(終局状態)を図8(b)に示す。No.3では供試体に引張り荷重を作用させ最大荷重を記録した後、継手と下部載荷用治具のほぼ中央位置で本管が破断したが、この破断に至るまで漏洩は生じないことを確認した。



(a)曲げモーメントと曲げ角度の関係 (b)終局状況

図7 曲げ試験結果  
Fig. 7 Experimental result for bending test



(a)荷重と変位の関係 (b)終局状況

**(4)FEM 解析**

解析対象は載荷試験を実施した曲げ No.1と No.2 および引張り No.3の3ケースとした。試験対称性から解析モデルは1/2モデルとした。図9に解析モデルを示す。使用要素はシェル要素を基本とし、継手本体の胴体とサドル板の溶接部はソリッド要素とした。材料特性は、材料引張試験の応力-伸びの関係を折れ線で多直線近似し設定した。

解析での最大曲げモーメント時または最大荷重時の変形状況と外表面相当ひずみコンターを図10に示す。また、解析結果と試験結果と比較して図11に示す。

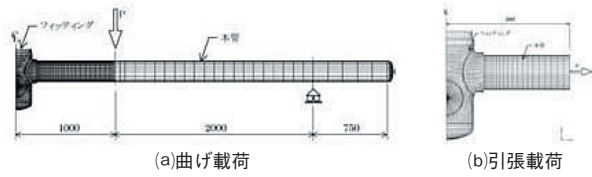


図9 解析モデル(150A)  
Fig. 9 FE models(150A)

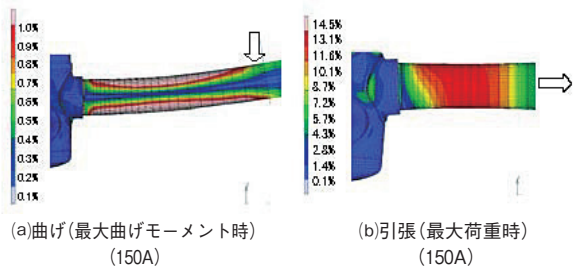


図10 解析結果(外面の相当ひずみ分布)  
Fig. 10 Deformations and equivalent strain counter

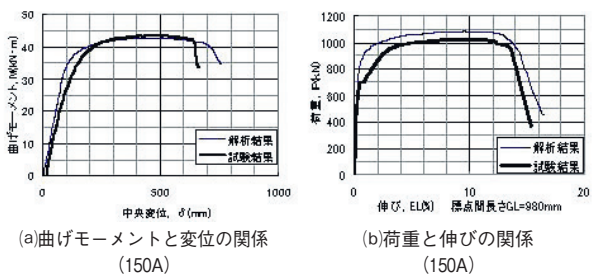


図11 試験結果と解析結果の比較  
Fig. 11 Comparison of experiment with FEA

曲げでは曲げモーメントの増加から降伏、さらに局部座屈による最大曲げモーメントの発生と曲げモーメントの減少の傾向はFEM解析と試験とではほぼ対応がとれており、また、曲げモーメントと変位の関係は試験と比較的良好一致を示すことがわかった。引張では、試験荷重より解析の方が最大荷重は大きく、最大荷重後の荷重の下がり方が大きい。全体的には大きな差はなく、引張り試験荷重と変位の関係はほぼ有限要素法で解析可能である。さらに、試験で計測したひずみ分布の傾向についても解析と試験とで比較的良好一致を示していることを確認した。以上から、継手が取付けられた状態における試験再現可能な解析モデルを構築したといえる。

(5)考察

300A用の継手については、前述の試験再現手法

を用いてシミュレーションにより四点曲げ荷重と引張荷重の変形性能を評価した。最大曲げモーメント時または最大引張荷重時の変形状況を図12に示す。終局状態は曲げでは本管座屈まで、引張では本管破断まで継手の破壊が生じないことを確認した。

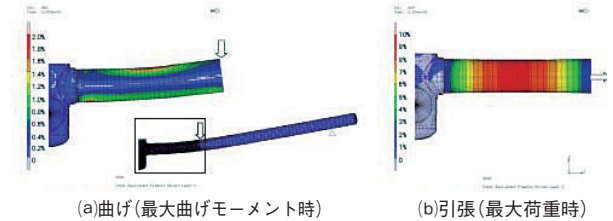


図12 解析結果(外面の相当ひずみ分布)  
Fig. 12 Deformations and equivalent strain counter

3.4.3 圧力損失

継手分岐部では管路の急激な断面と流れ方向の変化により、ガス供給に支障をきたす大きな圧力損失の発生が懸念される。このため、圧力損失の把握は活管分岐工法の適用可否を検討する上で、重要な要素である。

しかし、実際の配管においては、分配流量や圧力がさまざまであり、組み合わせは無敵大と良い。当社では、どのようなケースにも対応可能で、且つ、定量的に損失量の把握が可能な数値解析モデルを構築した。シミュレーションとした事例を図13および図14に示す。

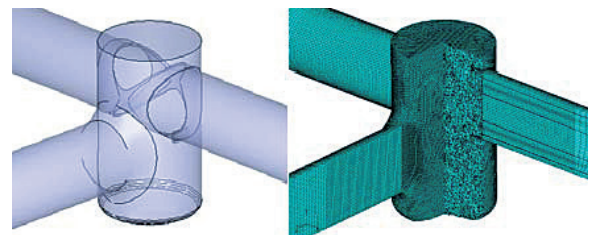


図13 解析モデル図  
Fig. 13 Fluid flow models

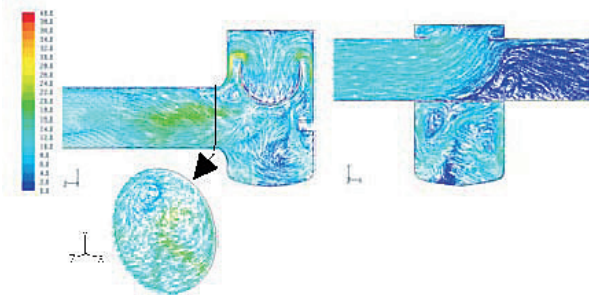


図14 流体解析結果例(流線図)  
Fig. 14 Fluid flow result (streamline)



## 4 実用化状況

### 4.1 現場導入

#### (1)実作業時間

作業性が向上した結果、実作業時間は Mueller 型継手による実績に対して、表3に示す通り、全体として60分の短縮となった。なお、内訳は次の通りである。

- ・継手溶接  
現場溶接開先形状の最適化により10分短縮。
- ・穿孔工およびコンプリーション工  
コンプリーションプラグの形式より10分短縮。
- ・フランジ平板処理および防食工

ANHT 型継手実用化において、Mueller 型継手では必要であったフランジ平板保護用のキャップが廃止でき、その取付け時間である40分を短縮。

表3 作業時間比較表(200A 同径分岐継手)  
Table 3 Installation time(200A side-out fitting, ANHT<sup>®</sup> and "mueller-type")

項目	ANHT 型	mueller 型
継手溶接・防食工	3h20m	3h35m
穿孔工・コンプリーション工 ・フランジ平板処理・防食工	3h45m	4h30m
計	7h05m	8h05m

(200A 同径分岐継手)

#### (2)納入実績

表4に示す通り、平成22年1月の初採用後、これまでに13件の実績を積み重ねている。

表4 納入実績一覧表(同径分岐継手)  
Table 4 Construction achievement for side-out fitting

No.	実施年月	口径	No.	実施年月	口径
1	H22. 1	150A	8	H23. 3	150A
2	H22. 4	150A	9	H23. 3	150A
3	H22. 9	150A	10	H23. 3	150A
4	H22. 10	200A	11	H23. 3	150A
5	H22. 11	150A	12	H23. 6	150A
6	H23. 1	150A	13	H23. 6	150A
7	H23. 2	200A			



図15 取付状態(外面被覆前)  
Fig. 15 Typical application of ANHT<sup>®</sup> fitting

### 4.2 派生商品の展開

#### (1)異径分岐継手

同径分岐継手のネック部フィッティング構造と T 字管を接合することにより、異径分岐継手を構成することができ、対象管路の口径に関わらず、活管分岐工法により分岐管を接続することが可能である(図16)。

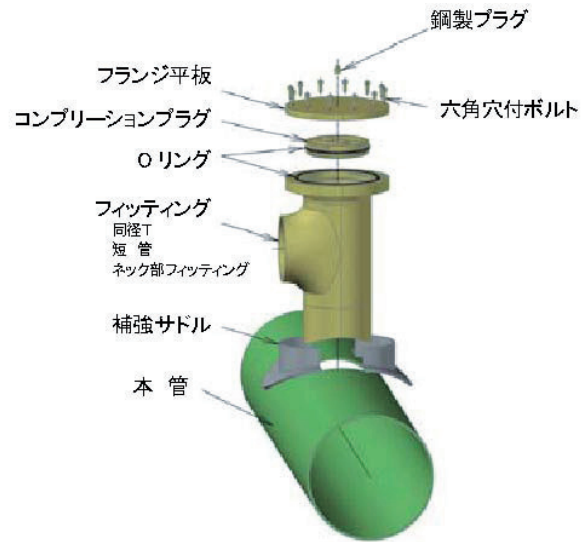


図16 ANHT 型異径分岐継手部品構成図  
Fig. 16 ANHT<sup>®</sup> typical fitting for Tee-Flange

#### (2)同径分岐継手

溶接組立であることから、構成する部品の組み合わせ方により、分岐高さを変えた継手の製造も可能である(図17)。

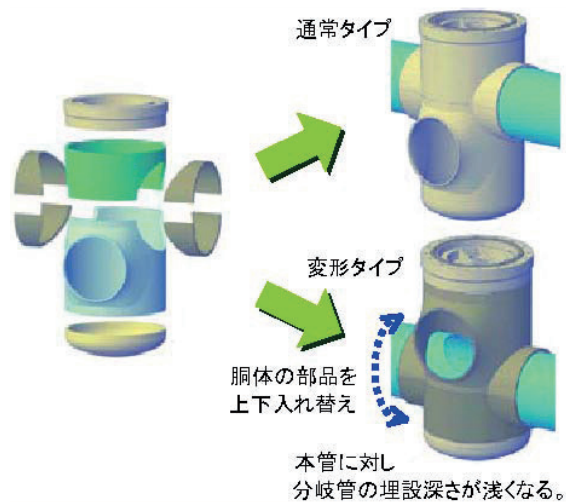


図17 部品組合せ例  
Fig. 17 Combination of ANHT<sup>®</sup> typical fitting for side-out

## 5 結言

機械試験、実物大載荷試験、FEM 解析により、ANHT 型継手は終局状態に至るまで、気密性を確保することが確認された。さらに、現場作業においては作業中のガス漏洩は無く、施工性の向上による作業時間の短縮も達成できた。以上より、念願であった一般的に流通している鋼材をもとに、国内加工技術をもって製造した継手が活管分岐用継手として安全に使用可能であることが証明されたと言える。

今後は、適用口径の拡大と併せ、穿孔機器に関しても国産化を目指し開発を進めていき、国内技術の蓄積の一助になれば幸いである。

最後に、本継手の開発に当たり、東京ガス(株)には多くの助言を頂いた。ここに謝意を表す。