

摩擦圧接によるガス及び水道用ポリエチレン管の支管接合法の開発

長谷川 正義

小澤 泰裕, 木村 政雄 (アサダ株式会社)

阪神・淡路大震災においても全く破損が起きなかったポリエチレン管が鋼管に代わりガスおよび水道管として用いられている。これらの本管は道路下のほぼ定位置に埋設されている。そこで、新しい需要家にガスおよび水道を供給する場合には、アスファルト道路を破壊し本管が埋設されている箇所まで掘り起こし、本管から需要家の希望する箇所まで支管を配管する必要がある。既に著者らはガス支管の撤去後、ガス漏れが全く生じない栓摩擦圧接法を開発して前報¹⁾で報告した。この特徴は高価な電熱線入りのキャップを用いず、支管と栓の接合部をテーパにすることで、力のくさび効果を利用した摩擦圧接法でガス漏れを完全に止める迅速で低コストの施工法である。しかし、現在の支管工事はガスおよび水道のいずれの場合も道路は一時的に通行止めや片側通行となるため、多くの道路使用者に迷惑をかけている。また、本管に支管を取り付けるには電熱線入りの高価なサドルを用いているので多額の工事費を要する。

そこで本研究では摩擦圧接を用い、アスファルト道路を破壊せずに道路側面から本管に通ずる横穴をあけ、そこに支管を通して接合する方法について検討した。なお、ガス管である中密度と水道管である高密度ポリエチレン管の摩擦圧接接合性は良好であることを既に明らかにしている²⁾。そこで、本報ではガス支管についてのみ検討を行った。その結果について報告する。

1. はじめに

一般にガスおよび水道管は道路下に埋設された本管に支管を取り付けて道路沿いの建物へと引きこむが、現在、支管の接合も電熱線入りの高価なサドルを用いるエレクトロフュージョン法(以後、EF法という)を用いて施工されている¹⁾。また、ガス本管は通常道路の端から約1200mmおよび道路表面から約600mmの箇所に埋設されているため、ガスの新しい需要家に供給する場合には、道路の本管を埋設している箇所に作業を行う範囲を加算してアスファルトを破壊し、支管の取り付け工事が施工されている。その結果、道路は通行止めあるいは片側通行となり、通行車両に多大な迷惑をかける。EF法による支管接合の手順は、まず接合する部分の道路を掘り起こし本管を露出させ、接合面を清掃し専用のスクレーパーで削り、ゴミや油脂類の汚れを完全に除去した後、内部に電熱線が入っているEFサドルを本管にクランプして電熱線に通電することによって融着させ、最後にタッピングツールを用いて孔を空け本管と支管を道通させている。このため、接合面の清掃作業および高価なEFサドルにコストがかかるだけでなく、清掃作業やサドルを固定するためのスペースが必要で、本管を露出させるためにアスファルトの道路を大きく掘り起こす必要がある。

そこで本研究では道路の横側から本管に達する支管直径の横穴をあけ、その穴に支管を挿入して摩擦圧接接合する新しい施工法について検討した。この方法を用いれば、高価なEFサドルが不要となるばかりでなく、接合面の清掃作業等の作業スペースが不要となるため、アスファルト道路を一切破壊せずに支管工事ができることから、アスファルトの破壊と道路下の掘り起こしおよびそれ

らの修復が一切不要となり、各段なコストの低減が期待できる。また、この方法を採用できれば既報^①で述べたように、接合部に泥が付着していても入念な清掃作業の必要がないので、さらにコストと施工時間が著しく短縮できることが期待出来る。また、ポリエチレン管に代わって道路の側面の土がむき出しのなっている箇所で、この道路側面から本管に支管を摩擦接合する場合には最も大きな施工費用と時間が低減できるものと考えられる。これらについて検討したので報告する。

2. 実験方法

Fig.1は新しく開発した摩擦圧接法およびEF法による支管の施工方法の略図を示したものである。本研究では、Aで示す本管に呼び径100(外径 $D_m=114.0\text{mm}$ 、内径 $d_m=91.9\text{mm}$)、Bで示す支管に呼び径30(外径 $D_b=42.0\text{mm}$ 、内径 $d_b=33.6\text{mm}$)のガス用中密度ポリエチレン管を用いた。摩擦圧接を行うに当たって、本管が固定側となるので支管を回転させた。なお、本研究で用いた摩擦圧接機は既報^③と全く同様である。

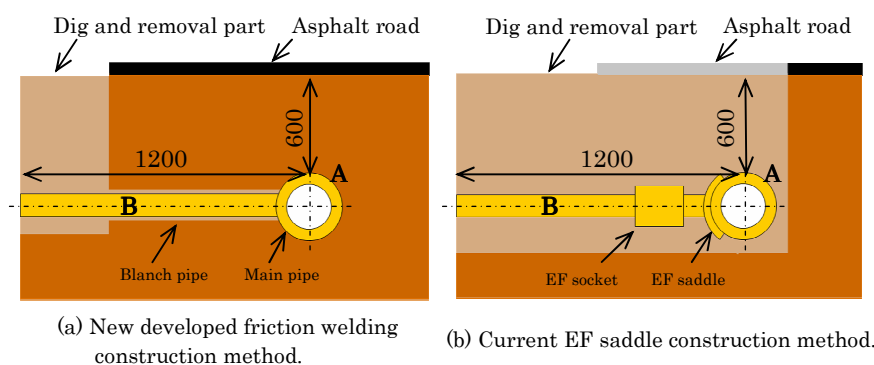


Fig.1 Comparison of new developed and current construction method. unit: mm

本研究では、曲面である本管の側面に平面である支管端面を接合するため、Fig.2に示すようにまずaの位置で支管先端の中心が本管の外周に線接触し、この点を基準とした場合、4mmのbの位置で支管端面の全面が本管と接触し、11mmのcの位置で本管の内壁に到達する。

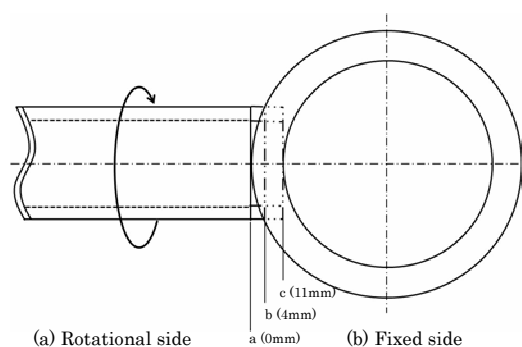


Fig.2 Relation between branch pipe and main pipe friction welding specimen.

支管端面全体が接合されなければ十分な接合強度が得られないだけでなく、接合部からガスが漏れ出す危険性もある。現在、支管接合工事のような比較的規模の小さい工事ではガスは流しっぱなしで行われるためcを超えるとガスが流出する。これらを考慮すると支管先端の適正位置はbとc

の間となる。そこで、寄り量を測定しながら摩擦圧接を行い、支管先端が b と c の中間である約 7.5mm に到達したら圧接を終了させることが望ましい。しかし、摩擦圧接では本管側面と支管先端の両方が摩擦し、ばりが発生することにより寄りが得られるため、固定側に与えた寄り量がそのまま支管先端の寄り量とはならないため、固定側に与えた寄り量と支管先端位置の関係を調べた。

Table 1 は本研究で用いた摩擦圧接条件を示したものである。摩擦推力 F_1 とアップセット推力 F_2 は同一の値とし $F_1=F_2=F=70\sim 200\text{N}$ 、摩擦速度 $N=30\sim 60\text{s}^{-1}$ 、アップセット時間 $t_2=60\text{s}$ とした。通常の摩擦圧接では摩擦圧力 P_1 およびアップセット圧力 P_2 として圧力で示すことが多いが、本研究では曲面である本管の側面に平面である支管先端を接合するため、摩擦初期には支管先端の一部分しか接触せず、摩擦圧接中の寄りによって時間の経過と共に接触面積が増加するため、それに伴い摩擦圧力も変化するので推力 F で示した。

Table1 Friction welding conditions.

Friction force, F_1 (N)	Upset force, F_2 (N)	Rotational speed, N (s^{-1})	Upset time, t_2 (s)
70,100,200	70,100,200	30,40,50,60	60

Fig.3 は引張試験片の外観写真を示したものである。本研究で作製した支管継手は形状が特殊であるため通常の棒材の引張試験のようにチャッキングが出来ないので、Fig.3 に示すジグに取り付けて引張試験を行った。本管側は本管の内径と同一の外径を持つ円筒を挿入し、その円筒に接続した丸棒をチャッキングし、支管側は支管の内径と同一の外径を持つ丸棒を挿入しボルトで固定した。また、穴を空けた箇所には応力集中が発生するので引張強度が低下することが懸念されたため、応力集中を緩和するために複数の穴を位置をずらして配置した。試験は JIS K 6774-2009 に示す試験温度で行った。また、引張試験片は実際のガスおよび水道管と同条件にするため、実際の施工に用いられるタッピングツールで本管に孔を空けて本管と支管を導通させてから行った。

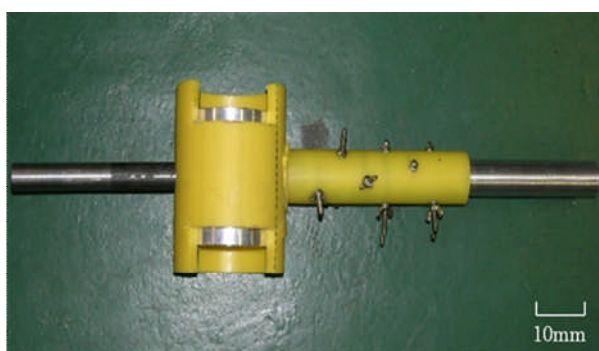


Fig.3 Appearance of tension test specimen.

3. 実験結果および考察

Fig.4 は支管の寄り量と本管における支管先端位置との関係を示したものである。支管先端位置は与えた寄り量の増加と共にほぼ直線的に増大する傾向が見られ、 12mm の寄り量を与えたときに先端位置が約 7.5mm になることが確認される。したがって以後の実験は全て寄り量を 12mm とした。

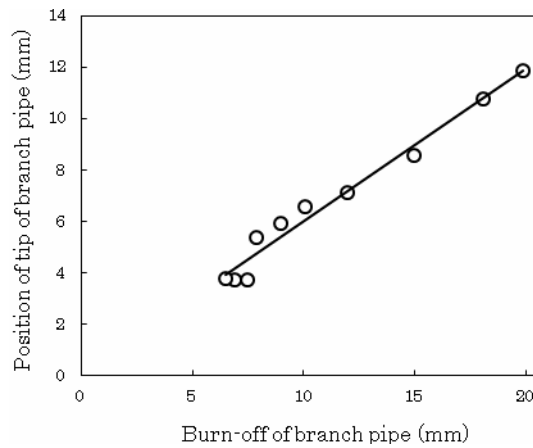


Fig.4 Relation between moved quantity of main pipe and position of tip of branch pipe. (F=200N, N=60s⁻¹)

Fig.5 は F=70~200N, N=30~60s⁻¹ の条件で摩擦圧接した継手の外観写真を示したものである。F=100N で N=30s⁻¹ 並びに F=200N で N=30~40s⁻¹ の場合には光沢のないぼりが発生していることが認められる。これは摩擦推力が大きく摩擦速度が低い場合には摩擦初期に大きな力が摩擦面に作用するため、接合面の軟化していないポリエチレンが削られることで光沢のないぼりが発生しているものと考えられる。F=70~100N で N=50~60s⁻¹ の場合は接合面のポリエチレンが溶融し光沢のあるぼりが発生していることが観察される。

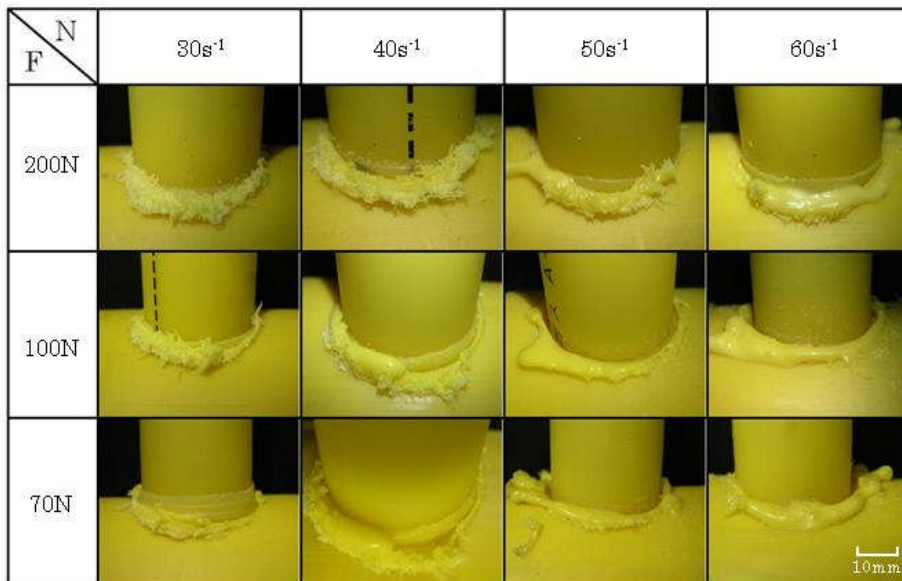


Fig.5 Appearance of branch pipe friction welded joint.

Fig.6 は支管摩擦圧接継手を軸方向に切断した縦断面外観写真を示したものである。F=70~100N で N=40s⁻¹ 並びに F=200N で N=50~60s⁻¹ の場合は支管と本管の間に V 型の溝(以後、これを V 溝という)が発生していることが観察され、摩擦速度が高く摩擦推力が低いほど深い V 溝が発生する傾向が認められる。これは摩擦圧接中に溶融したポリエチレンが支管の回転による遠心力で飛散したためできたものと考えられる。摩擦速度が高いほど遠心力も大きくなるため溶融したポリエチレンが飛散しやすく、Fig.5 からも確認できるように摩擦推力が低いほど接合面のポリエチレンが溶融するため遠心力によって飛散しやすいことが原因と考えられる。

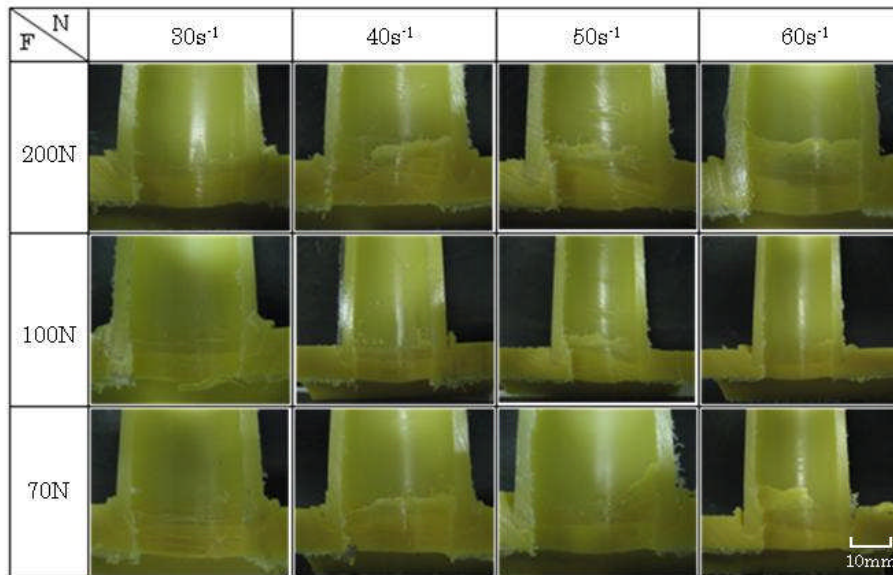


Fig.6 Appearance of longitudinal section of branch pipe friction welded joint.

Fig.7は種々の摩擦圧接条件で接合した継手の引張試験の結果を示したものである。○印は母材から破断した場合で、△印は接合面の剥離によって破断したが引張強度が母材の80%以上であった場合で、×印は接合面の剥離によって破断し、引張強度が母材の80%未満であった場合を示したものである。F=200N, N=40~60s⁻¹で摩擦圧接した継手はすべて母材から破断した。これらの継手はジグに取り付けるために空けたボルト穴の部分から破断しているが、いずれも母材強度の90%以上の引張強さで破断した。F=70~100NでN=40~60s⁻¹の場合はいずれも母材強度の80%未満の荷重で接合面の剥離によって破断した。これは接合部に発生したV溝の影響により強度が著しく低下したためと考えられる。N=30s⁻¹の場合にはいずれの摩擦推力で接合した継手も引張強さは母材の80~90%程度で接合面の剥離によって破断した。これは摩擦速度が低いためV溝は発生しないが、接合面が十分に溶融しなかったため接合強度も低下したことが原因であると考えられる。

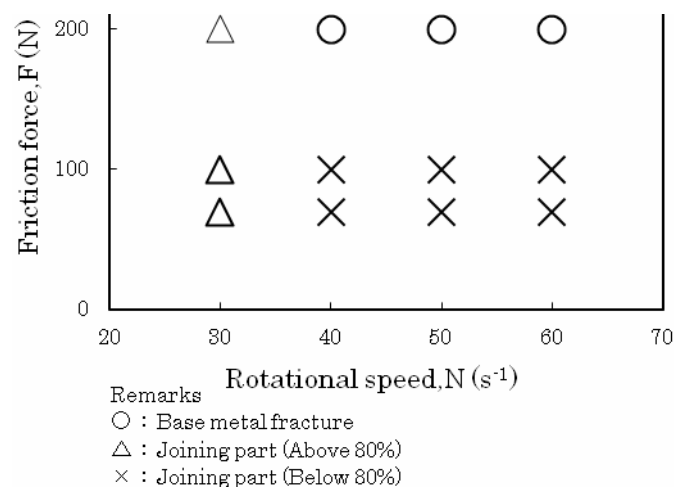


Fig.7 Results of tension test.

Fig.8 は母材で破断した継手の外観写真を示したものである。なお圧接条件は $F=200N$, $N=60s^{-1}$ である。接合面の剥離は確認されず完全に母材から破断していることが観察される。

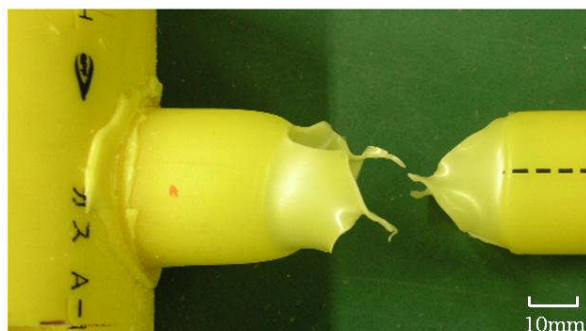


Fig.8 Appearance of broken tension test specimen.

Table 2 は支管継手の引張強さおよび伸び率を示したものである。本実験では支管にあけた引張ジグ取り付け穴から破断したが、引張強さおよび伸び率ともに母材とほぼ同程度の値が得られた。

Table2 Result of tension test.

	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)
Joint	18.0	700
Base metal	18.6	600

4. おわりに

摩擦圧接法を用いたガス用ポリエチレン管の支管接合方法を開発について検討した。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 摩擦推力が小さく、摩擦速度が高い場合は摩擦圧接中に溶融したポリエチレンが遠心力により飛散するため接合部に V 溝が発生し、著しく引張強度が低下した。
- 2) 適正条件で接合した場合の継手は母材と同程度の強度および伸び率を有している。
- 3) 摩擦圧接法で支管接合することにより、接合面の清掃作業および EF サドルが不要となることにより迅速で低コスト接合が可能となった。
- 4) EF 法では道路を掘り起こしガスを露出させなければ接合作業が行えないが、摩擦圧接法を用いれば道路脇からの横穴のみで接合作業が可能となり、大幅な施工コスト削減及び道路交通の妨げない施工方法となる。

参考文献

- 1) 長谷川正義, 小澤泰裕, 木村政雄: ポリエチレン管の超高速・低コスト接合法の開発とその評価, 生産技術開発センター, 平成 22 年度報告書。
- 2) 長谷川正義, 海野輝, 古川ゆみ, 浅田一吉, 小澤泰裕: 摩擦圧接法によるポリエチレン支管の安全・迅速・低コスト栓摩擦圧接法の開発, 摩擦接合技術協会 (査読中)
- 3) 長谷川正義, 浅田一吉, 小澤泰裕: ポリエチレンの摩擦圧接に関する研究, 溶接学会論文集, 19, 4, (2001) p. 634-640.