

鋼管の拡径接合継手工法の開発（その2）

- 継手部の水理機能の評価 -

Pipe End Expanded Joint Method for Steel Pipe (No.2)

今井 俊雄* 松嶋 茂之* 中 達雄** 田中 良和** 山口 克博***

T.IMAI, S.MATSUSHIMA, T.NAKA, Y.TANAKA, K.YAMAGUCHI

1. はじめに 新たに開発した拡径式継手鋼管の水理性能を確認するため、拡径式継手ならびに従来の溶接継手を用いた供試管により屋外水理実験を行い、従来の溶接継手に対する拡径式継手のエネルギー損失の比を測定した。また、実際に拡径式継手により施工された現地管路にて同様に水理計測を行い、屋外水理実験の結果を確認するとともに測定された動水勾配より流速係数を推定し、同継手を用いた管路の水理設計にて採用すべき流速係数を検討した。

2. 水理実験 溶接継手と拡径式継手との水理抵抗（形状損失）を比較するため、100A, 200A, 300Aの供試管を用いたモデル実験を行った。

1) 継手形状 それぞれの口径に対し、溶接継手、拡径式継手〔流れ方向順送〕、ならびに拡径式継手〔流れ方向逆送〕の3ケースとした(Fig.1)。なお、拡径式継手の各部寸法は、各口径で幾何学的に相似となるように設定した。

2) 実験装置 供試管の概略を Fig.2 に、実験装置全体を Fig.3 にそれぞれ示す。口径・継手を変更する都合上、供試管には対象となる継手の他にフランジ継手2カ所と溶接継手2カ所を含んでいる。

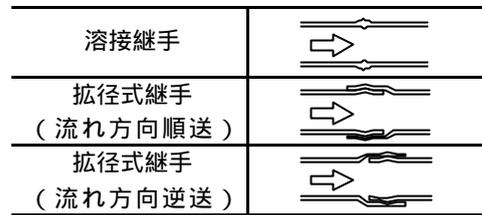


Fig.1 Pipe Joint and Flow Direction

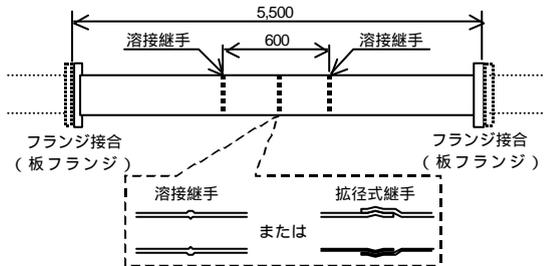


Fig.2 Schematic of Test Pipe

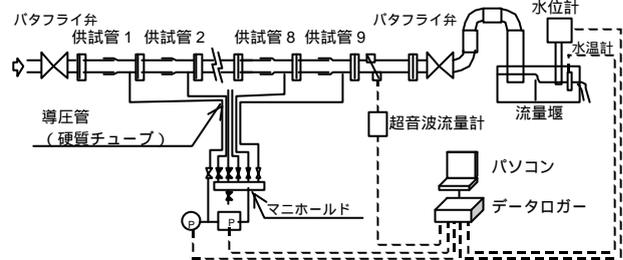


Fig.3 Experimental Apparatus

3) 実験結果 各供試管の間の差圧測定値より動水勾配 I ならびに 摩擦損失係数 を求め、溶接継手供試管に対する相対的水理性能¹として評価した。なお、流速係数ならびに摩擦損失係数は下式により求めた。

$$\text{Hazen-Williams 式: } C = \frac{V}{0.355 \cdot D^{0.63} \cdot I^{0.54}} \quad \text{Colebrook-White 式: } \frac{1}{\sqrt{f}} = 1.74 - 2 \log \left\{ \frac{2e}{D} + \frac{18.7}{Re \sqrt{f}} \right\}$$

C :流速係数, V :流速, D :口径, I :動水勾配, f :管摩擦係数, e :絶対粗度, Re :レイノルズ数

¹ 相対的水理性能: 溶接継手供試管の換算 C 値: C_w , 拡径式継手供試管の換算 C 値: C_e としたときの $(C_e - C_w) / C_w$ (%) とした。 $C_e = C_w$ のとき 0% となり, + であれば $C_e > C_w$, - であれば $C_e < C_w$ となる。

* 川崎製鉄(株) Kawasaki steel Corp. ** (独)農業工学研究所 National Institute for Rural Engineering

*** 水資源開発公団 Water Resources Development Public Corp. キーワード 鋼管, メカニカル継手, 管路流れ, 流速係数

レイノルズ数 Re と管摩擦損失係数 との関係、ならびに拡径式継手供試管（順送・逆送）の相対的水理性能を、300A の例についてそれぞれ Fig.4, Fig.5 に示す。また、100～300A の相対粗度 e/D と相対的水理性能の平均値を Table 1 にまとめる。

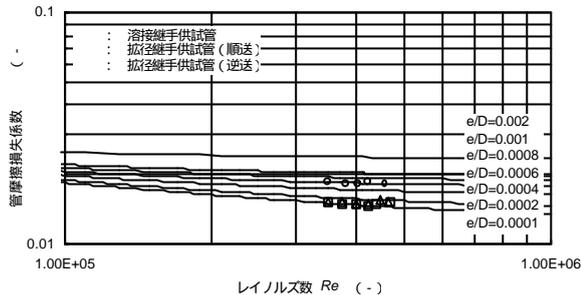


Fig. 4 Friction Factor of Test Pipe (300A:Exp.)

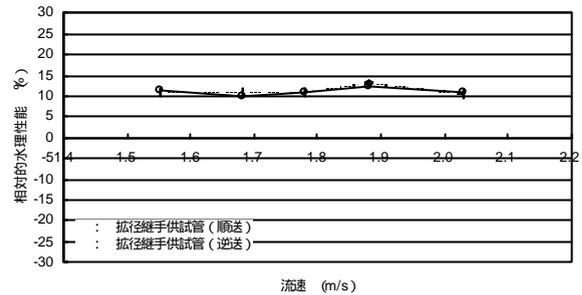


Fig. 5 Hydraulic Performance of Test Pipe (300A:Exp.)

Table 1 Experimental Pipe Roughness and Hydraulic Performance

口径 継手	100A			200A			300A		
	溶接	拡径(順)	拡径(逆)	溶接	拡径(順)	拡径(逆)	溶接	拡径(順)	拡径(逆)
相対粗度 e/D	0.0003	0.0004	0.0004	0.0006	0.0002	0.0002	0.0006	0.0001	0.0001
相対的 水理性能	±0%	-3.3%	-3.0%	±0%	+11.0%	+9.6%	±0%	+11.1%	+11.3%
レイノルズ数 Re	$1.0 \times 10^5 \sim 2.2 \times 10^5$			$2.8 \times 10^5 \sim 5.4 \times 10^5$			$3.5 \times 10^5 \sim 4.7 \times 10^5$		

拡径式継手における形状損失は、順送条件ならびに逆送条件ともに溶接継手における損失と同等またはそれ以下であり、継手の向きの違いによる相違は特に見られなかった。

3. 実証実験 口径 1200A の現地管路（水資源開発公団 香川用水 昭和開水路拡径式継手鋼管併設水路）にて同様の実験を行い、水理実験の結果を確認するとともに実測値より流速係数 C 値を求めた。管路は全て拡径継手により施工し、流れの向きは順送とした（管路の詳細は「その3」報を参照されたい）。なお、実験流速は供用流量の 1.3m/sec と調整流量の 1.1m/sec の2ケースとした。実測値より動水勾配を求めると、Fig.6 の通り $I=0.00083$ ($V=1.3\text{m/sec}$), 0.00060 ($V=1.1\text{m/sec}$) となり、流速係数 C 値を逆算すると、それぞれ $C=150, 154$ となる。Fig.7 は、この結果を Moody 線図に示したものであるが、本供試ラインは、ほぼ Nikradse の式に近く、“水理的になめらかな管”に近い状態であると言える。

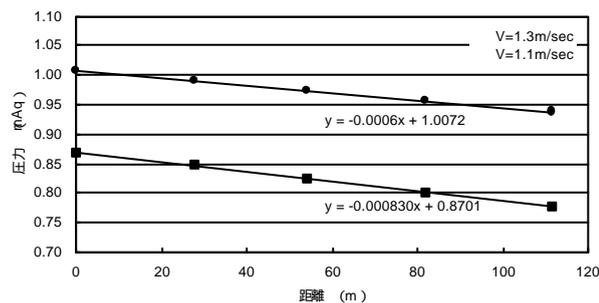


Fig. 6 Experimental Head Loss of KAGAWA Line

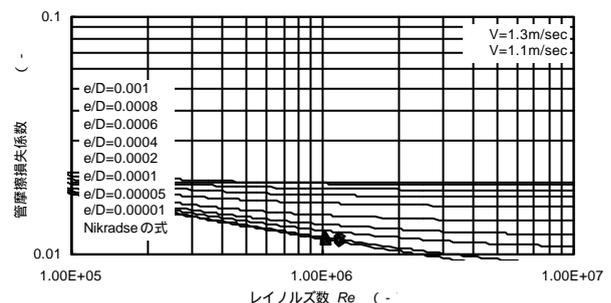


Fig. 7 Friction Factor of KAGAWA Line (Exp.)

4. まとめ 水理実験の結果、拡径式継手の水理抵抗は溶接継手と同等あるいはそれ以下であるとの結論が得られ、現地管路にて行った水理計測においても流速係数は 150 程度となり、水理実験の結果が裏付けられた。両実験の結果から、拡径式継手鋼管の水理計算では、流速係数 C 値として、すくなくとも溶接鋼管の設計値 $C=130$ ¹⁾ を用いれば、安全側の水理設計が可能であると考えられる。

参考文献 1) 農林水産省構造改善局 (1998); 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」