
水道鋼管現場継手 — Z・ジョイント —

Introducing Z-Joint: At-Site Jointing of Steel Pipes for Water Pipeline

大方 茂(Shigeru Okata) 井上 末富(Suetomi Inoue)

要旨：

水道用鋼管を簡便に接合できる継手として開発されたZ・ジョイントを紹介する。このZ・ジョイントに使用する鋼管は端部の周に沿って丸棒を工場にて溶接したものである。現場における接合は、まず丸棒リングのついた管端どうしを突合せ、これにゴム・パッキングをかぶせ、ボルトによりハウジングで圧着するだけで良い。ゴム・パッキングにはスチールボールがうめ込まれており、ゴムの過度の変形を防止しているため、ゴムの永久変形を防ぐ効果があり、水密性を長期にわたり保持できるようになっている。接合作業は簡単、迅速であり、高度な熟練工を必要としないので、人件費の低減、工期の短縮に効果的である。実験の結果、通常の水道用鋼管に使用して十分な強度、水密性を有することが確認された。

Synopsis：

The article introduces Z-joint, a Kawasaki Steel's new development as an at-site simple jointing of steel pipings for water pipeline. The steel pipe used for the Z-joint has a round bar welded around its circumference at a plant. As a simple work required at site, two ends of pipes each of them having a round bar ring are butted together, covered with rubber packing, and the packing is compressed tightly with bolts to round bar rings by a cast iron housing. Steel balls buried in the rubber packing prevent an excessive deformation of rubber which may lead to a permanent deformation, and also function so as to maintain watertightness for a long time service. With the joining work simple and speedy, saving any high-level skilled labor, the subject method assures an effective reduction in labor cost and construction period. The experimental results have also endorsed sufficient strength and watertightness of Z-joint for ordinary water pipeline.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

水道鋼管現場継手—Z・ジョイント—

Introducing Z-Joint: At-Site Jointing of Steel Pipes for Water Pipeline

大 方 茂*

Shigeru Okata

井 上 末 富**

Suetomi Inoue

Synopsis:

The article introduces Z-joint, a Kawasaki Steel's new development as an at-site simple jointing of steel pipings for water pipeline. The steel pipe used for the Z-joint has a round bar welded around its circumference at a plant. As a simple work required at site, two ends of pipes each of them having a round bar ring are butted together, covered with rubber packing, and the packing is compressed tightly with bolts to round bar rings by a cast iron housing.

Steel balls buried in the rubber packing prevent an excessive deformation of rubber which may lead to a permanent deformation, and also function so as to maintain watertightness for a long time service.

With the joining work simple and speedy, saving any high-level skilled labor, the subject method assures an effective reduction in labor cost and construction period. The experimental results have also endorsed sufficient strength and watertightness of Z-joint for ordinary water pipeline.

1. はじめに

現在、水道管には鋼管、鋳鉄管、塩ビ管などが使用されているが、使用比率は46年度において、鋳鉄管44%、鋼管21%などとなっており、大半は鋼管、鋳鉄管が使用されている。鋼管のうち径別に使用される割合は管径 250A 以下が 48%、800A 以上が42%となっており、300A～700Aはわずか10%にすぎず、この範囲の径の水道管の8割も鋳鉄管が用いられている。その理由として、水道管の場合水質を重視するため内面の腐食を嫌うことが多いが、通常鋼管の接合に用いられる溶接継手では溶接時の高温によって塗覆装が損傷され、人が中に入って修復可能な 800A 以上の場合しか

内部塗装が完全にできないので、ネジ切り継手を主とする 250A 以下を除き、300A～700A に鋼管を使用しにくかったということがあげられよう。たしかに、鋼管を溶接により接合する方法は、現在のところ最も強度が高く、信頼できるものであるが、以上のように溶接によらない接合方法も必要なものである。しかし、従来鋼管にこのような接合方法で性能、経済性ともにすぐれたものが見当らず、結果的には鋼管の使用範囲も限定されていた。

かねてより、当社および山本産業（株）では上述のような点に着目し、現場で溶接を用いず簡単に迅速に接合できる鋼管の継手、Z・ジョイントを共同で開発していたが、一応の成果を見たのでここに報告する。

* エンジニアリングセンター建設開発部土木開発室

** エンジニアリングセンター建設開発部鋼構造研究所工作掛

2. 構造および特長

2.1 構造

Z・ジョイントはあらかじめ工場で端部に丸棒リングを溶接加工された鋼管を使用し、配管現場において、図1に示すように、丸棒リングを覆うようにゴム・パッキングをかけ、さらにその上から鑄鉄製ハウジングで覆い、これを円周方向にボルトで締付けて接合するものである。なお、Z・ジョイントの寸法、重量を表1に示す。

2.2 特 長

接合時塗装を損傷せず、簡単な施工要領で誰でも迅速に確実な接合を行なうことができることはいうまでもないが、そのほか次のような特長を有している。

Z・ジョイントの水密性は図1に示すように、ゴム・パッキングをハウジングで丸棒リングに圧着することにより得ており、内圧にも外圧にも強い構造となっている。したがって、内圧に対し十分な水密性を有しているばかりでなく、埋設管に使用しても、汚水が管内に浸入する心配がない。

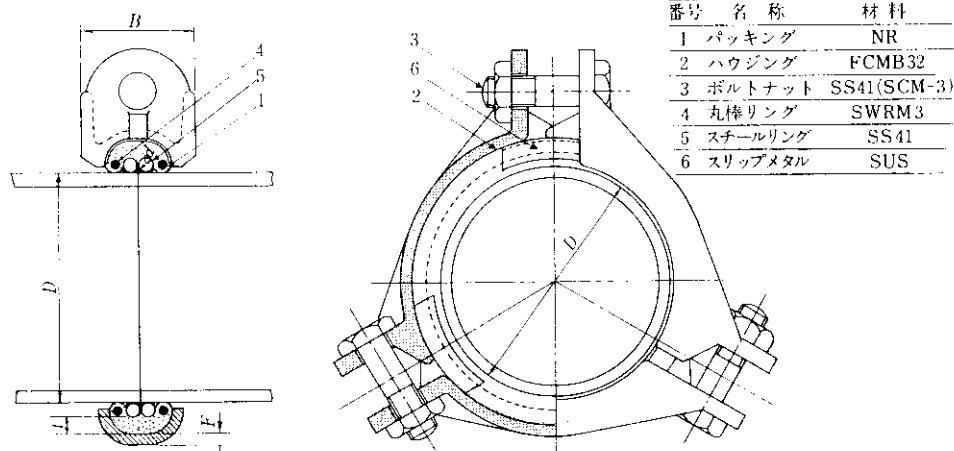


図 1 Z・ジョイントの構造と各部名称

表 1 Z・ジョイントの寸法、重量

サイズ No.	呼び径	管外径 D (mm)	管肉厚 (mm)	鋼 管 重 量 (kg/m)	丸 棒 リ ン グ 径 d (mm)	ゴム厚 t (mm)	ハウジング 厚 F (mm)	フランジ 幅 B (mm)	ハウジング 割 数	ボルト径 d' (mm)	セ ッ ト 重 量 計 算 (kg)
12	300A	318.5	6.9	53	13	14	8	74	3	22	14.2
14	350A	355.6	6	51.7	13	14	9	74	3	22	16.3
16	400A	406.4	6	59.2	13	14	10	76	3	22	17.0
18	450A	457.2	6	66.8	13	14	11	78	3	22	21.4
20	500A	508	6	74.3	16	17.2	12	90	4	24(9T)	33.5
24	600A	609.6	6	89.3	16	18.2	13	90	4	24(9T)	43.6
28	700A	711.2	6	104	19	19.5	14	100	4	24(9T)	65.2

また、地盤沈下などにより管軸方向に引張力が加わっても簡単に脱管しないばかりでなく、ゴム・パッキングの両側にうめ込まれたスチールボールの作用によりゴムの過度の変形が抑止されるので、ゴムパッキングの永久変形を防ぎ水密性を永く保つことができる。しかも、継手強度が大きいため、通常、曲り部に防護工や脱管防止用の特殊継手を用いる必要がない。また、経済性にもすぐれており、Z・ジョイントを使用した鋼管をダクタイル鋳鉄管の工費と比較しても、同程度か多少安いくらいである。性能的にはダクタイル鋳鉄管よりすぐれた点が多いと思われるので、今後管径300A～700Aの範囲へのZ・ジョイントによる鋼管の進出が期待される。

3. 水 密 性

3.1 要求される水密性

通常の水道用鋼管には、SGP(JIS G3452)、STPY41(JIS G3457)を原管とするSGPW(JIS G3442)、STPW(JIS G3443)が使用されるが、これらの鋼管の最大使用静水頭としては、JISで100m以下に規定されている。したがって常時水圧10kg/cm²以下での使用を考えれば良いわけで、鋼管の継手部にもこの規定が準用される。一方、鋼管原管に対するメーカー側の試験水圧はSGPで25kg/cm²、STPY41で21kg/cm²となっており、2.1～2.5倍の安全率をみている。

3.2 水密性実験

3.2.1 実験方法

Z・ジョイントは管径300A～700Aを対象にしているが、その最小管径の300A、最大管径の700Aについて水密性実験を行なった。実験場所は300Aが日本大学理工学部新沢研究室、700Aが当社鋼構造研究所である。

実験は、写真1、写真2に示すように、鋼管をZ・ジョイントで接合し、両端を鋼板で閉塞した実験体に水圧をかけ、漏水を生じるときの水圧を測定した。ただし、装置の都合上300Aは65kg/

cm²、700Aは40kg/cm²までしか水圧を上げられなかったため、それ以上の漏水圧は測定できなかった。なお、写真3のように、実験中水圧による鋼管の管軸方向の伸びを油圧ジャッキで拘束したが、これはZ・ジョイントの構造上、水密性は管両端を自由にした方が向上することが予備実験で確認されているので、両端を拘束し、より厳格な試験を行なおうとしたためである。従来よ

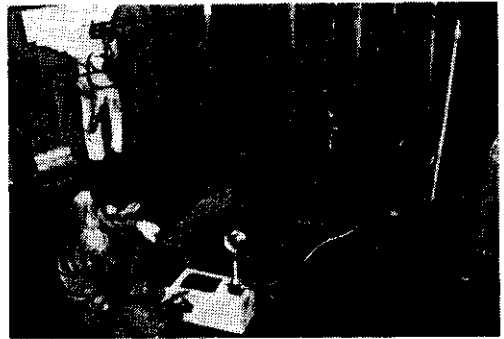


写真1 水密性実験状況(300A)



写真2 水密性実験状況(700A)



写真3 油圧ジャッキによる管端の拘束

り、鋳鉄管に用いられているさし込み式のソケット継手、メカニカル継手は管軸方向の抵抗力が比較的小さいため、両端を拘束しなければ水圧により脱管してしまい水密性が測定できないとか、フランジ継手のようにその水密構造上、両端を拘束した方が試験方法として両端自由の場合より緩和された条件となることとは根本的に異なっている。

以上の実験方法により、締付ボルト数とその締付トルク（ここで、締付ボルトとはZ・ジョイントのボルトのうち、接合作業時必要なトルクまで締付けねばならないボルトのことをいい、残りのボルトは仮締ボルトと称することにする）、鋼管の製作誤差、ゴムパッキングへの砂の付着に着目し水密性実験を行なった。

3・2・2 締付ボルト数、締付トルクの影響

Z・ジョイントの使用ボルト数は表1に示すハウジング割数と同一で300A～450Aで3本、500A～700Aで4本であり、これらのボルトを均等に締付けるのが水密性に良いのはいうまでもないが、現場施工を考えた場合締付けボルト数はできるだけ少ない方が良く、また、その締付トルクもできるだけ小さいことが望ましい。このような観点から締付トルクと締付ボルト数を変化させて水密性を試験した。その結果を図2～図4に示す。

この結果を見ると300A、700Aとも1本締でも適切な締付トルクを与えれば十分な水密性が得られている。300Aではトルク1500kg・cm、700Aでは4000kg・cmで漏水圧のバラツキも少なくなり、300Aでは60kg/cm²以上、700Aでも30kg/

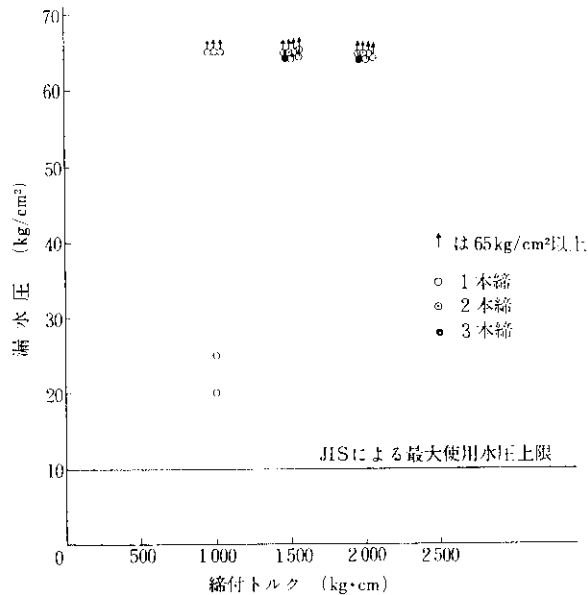


図2 締付トルクと漏水圧 —300A—

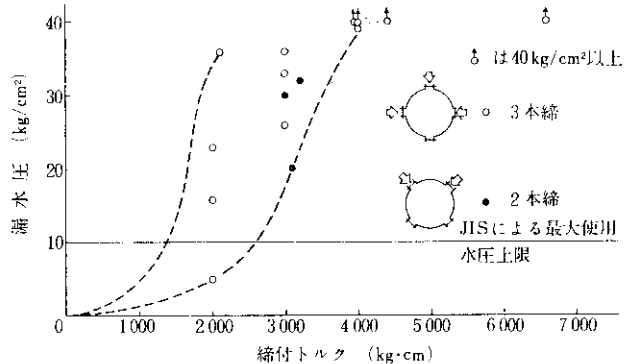


図3 締付トルクと漏水圧（2本締、3本締）—700A—

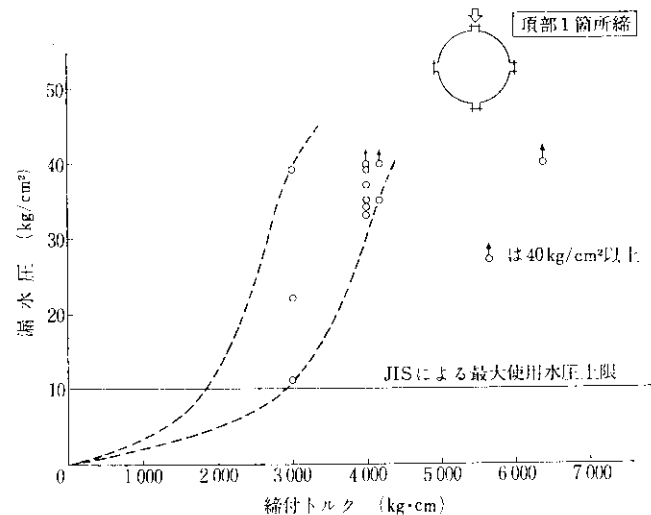


図4 締付トルクと漏水圧（1本締）—700A—

cm² 以上の水密性を有している。

実験時ボルトの締付けはアーム長 40cm 程度のラチェット・レンチを使用した。このレンチでは普通の人が力いっぱい締付けた時 2000kg・cm のトルクは比較的容易に出すことができる。したがって 300A のボルトの締付けはこのレンチで十分であり、700A についてもパイプでアーム長を 80cm 程度にすれば十分所要の 4000 kg・cm トルクを得ることができる。なお、実験時ボルトの締付トルクの測定はトルク・レンチを使用して行なったが、締付け後仮締トルクに生じているトルクも測定した。700A につき測定した締付トルクとその時に仮締ボルト間に生じた最小トルクとの関係を示すと、図 5、図 6 のとおりである。図中直線で示した比率は、締付トルクに対する仮締ボルトの最小トルクの比率が、100%、60%、50% の場合を示している。この測定結果より、1 本締の場合仮締ボルトに与えられるトルクの最小値は締付トルクの約 50% 以上となっていることがわかる。

ところで、実験は 300A、700A しか実施していないため実験的には直接 350A～600A の適正締付トルクが得られていないが、これを次のような方法で決定した。

トルク係数を k 、ボルトの軸力を N 、ボルト径を d' とすると、ボルトのトルク T は、

$$T = kd'N \quad \dots\dots\dots(1)$$

となる。次にハウジングがゴム・パッキングを丸棒リングに圧着する時の圧力を p とし、その時のゴム・パッキングの有効部を図 7 のようにとると

$$N = \frac{p(D+2d+2t)}{2} \cdot 2d \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに、

D : 管外径

d : 丸棒リング径

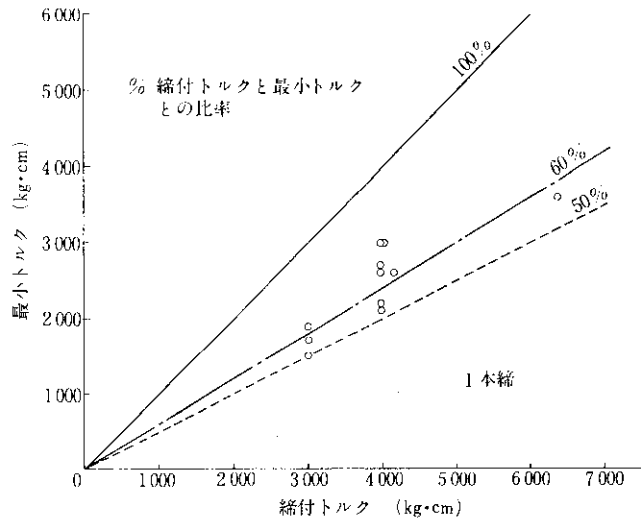


図 5 締付トルクと最小トルク —700A—

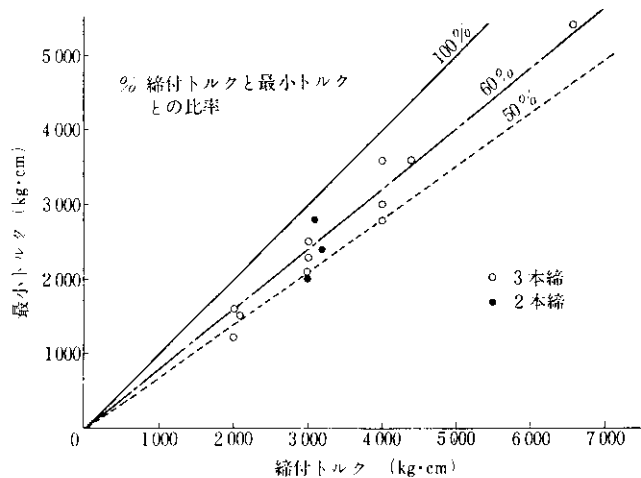


図 6 締付トルクと最小トルク —700A—

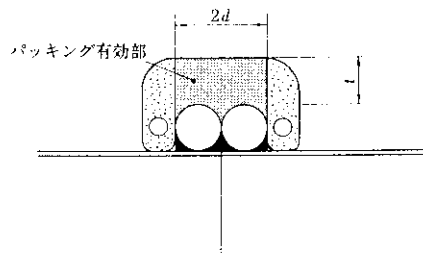


図 7 ゴム・パッキング有効部

t : ゴム・パッキング厚

と表わせる。(1)式, (2)式より締付トルクは,

$$T = kpd'd(D + 2d + 2t) \\ = \beta d'd(D + 2d + 2t) \quad \dots\dots\dots(3)$$

となる。

ここに,

$$\beta = kp$$

圧着圧力 p が同一であれば水密性も等しいと考えられるので, 各サイズのトルク係数が等しいものとみなし, 700A の実験結果より $T = 4000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ の時の β を求めれば, この β の値より 700A, 締付トルク $4000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ と等価な各管径に対する締付トルクを計算することができる。ここで β を求めるのに 700A の実験結果を用いたのは, 水密性が 30 kg/cm^2 以上あれば十分と考えたためである。このようにして求めた各管径の締付トルクを表 2 に示す。300A に対する計算値 $1190 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ の時の漏水圧を逆に実験結果 図 2 より推定する

表 2 締付けトルク

管 径	700A, $4000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ と等価なトルク ($\text{kg} \cdot \text{cm}$)	指定締付トルク ($\text{kg} \cdot \text{cm}$)
300A	1190	2000
350A	1300	2000
400A	1470	2000
450A	1630	2000
500A	2450	4000
600A	2890	4000
700A	4000	4000

と, 大体 $30 \sim 40 \text{ kg/cm}^2$ 程度となるので, このような計算法で 350A ~ 600A の締付トルクを求めても妥当と思われる。しかしながら, 管径に応じ細かく締付トルクを規定することは現場の施工をいたずらに複雑にするだけなので 表 2 に示すように, 4 T ボルトを使用する 300A ~ 450A はトルク $2000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ (ラチェット・レンチのアーム長 40 cm で力いっぱい締付ける程度), 9 T ボルトを使用する 500A ~ 700A はトルク $4000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ (ラチェット・レンチのアーム長 80 cm で力いっぱい締付ける程度) とするのが妥当と思われる。

3.2.3 鋼管の製作誤差の影響

鋼管管端の外径は JIS 規格で SGP に対し, $\pm 1\%$, STPY41 に対し $\pm 0.5\%$ の製作誤差が許容されている。したがって接合時の目違い量は最大で SGP 1% (外径差 2%), STPY41 で 0.5% (外径差 1%) 生じることが考えられる。そこで SGP を用いる 300A に対し目違い量 3.3 mm (約 1%), STPY41 を用いる 700A に対し 6.5 mm (約 0.9%) の変形を鋼管に与え, この鋼管を使用して水密性を実験し, 表 3 に示すように十分な水密性が得られた。したがって鋼管が JIS 規格で製作されていれば Z・ジョイントの使用に問題はない。なお, 実験に際し, 締付けは 1 本締としそれぞれの指定締付トルクとしたことはいうまでもない。

表 3 鋼管に目違いがある時の水密性

管 径	漏 水 圧 (kg/cm^2)
300 A	65 以 上
	52
700 A	36
	34

備考: 300A トルク $2000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 1 本締
700A トルク $4000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 1 本締

3.2.4 ゴム・パッキングの砂付着の影響

写真 4 に示すように, パッキング内面に多量の砂が付着した場合水密性はかなり低下した。しかし, 内面を布でよく拭きとれば水密性の低下は見られなかった。また, 写真 5 に示すようにパッキング外面に砂が付着した場合は内面に付着した場

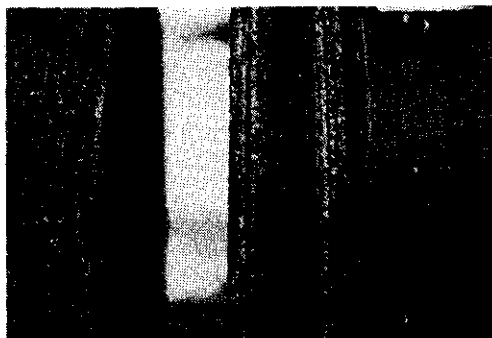


写真 4 パッキング内面の砂の付着

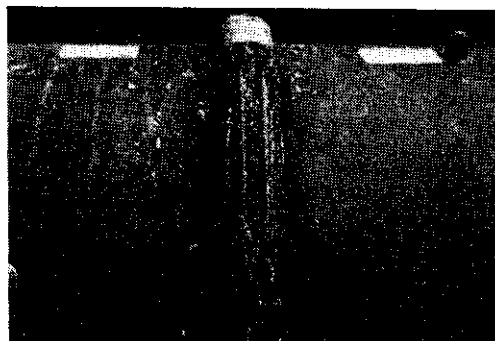


写真 5 パッキング外面の砂の付着

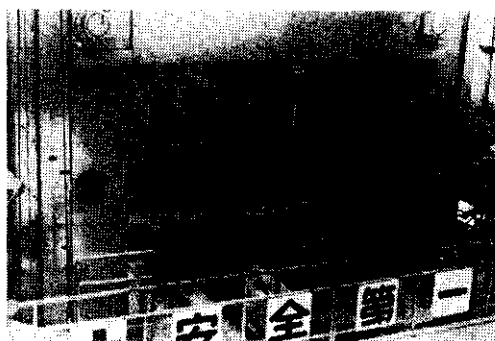


写真 6 全断面引張試験状況

合に比べ、ほとんど水密性の低下は見られないが、局部的に大量に付着するとやはり好ましくない結果を生ずる。したがって、Z・ジョイントの施工にあたっては、ゴム・パッキングの上砂の付着（特に内面）には十分注意し、できるだけきれいに掃除するようにしなければならない。ただし、砂の1粒、2粒が敏感に影響するというものでなく、ボロ布などでていねいに拭きとってやれば十分である。

4. 強 度

铸铁管の継手では水密性に対する JIS そのほかの規定はあっても、継手強度に対する規定はなく、铸铁管と同様な使用目的をもつ Z・ジョイントに対しても同様であるが、参考のため当社鋼構造研究所において、管径 300A、500A、700A の3種の Z・ジョイントの全断面引張試験、曲げ試験を行なった。それぞれの試験状況を写真 6、写真 7 に示す。全断面引張試験では最大引張荷重を、曲げ試験では最大曲げモーメントおよび最大たわみ角を測定した。全断面引張試験結果を表 4 に、曲げ試験結果を表 5 に示す。

通常のメカニカル継手は引張に対する抵抗力がほとんどなく、管軸方向の力が加わると簡単に脱管してしまうが、Z・ジョイントでは表 4 のように大きな引張耐力を有している。たとえば、常時使用水圧 10 kg/cm^2 、水衝圧 5.5 kg/cm^2 としても、曲り管と直管の継手部に生じる引張力は、たかだか管径 300A で 11.3 t 、500A で 29.9 t 、700A で 59.5 t であり、Z・ジョイントでは曲り部に防



写真 7 曲げ試験状況

表 4 全断面引張試験結果

管 径	最大引張荷重 (t)
300 A	61.8
500 A	113.6
700 A	126.4

表 5 曲げ試験結果

管 径	最大曲げモーメント	最大たわみ角
300 A	$6.84 \text{ t} \cdot \text{m}$	$5^{\circ}27'$
500 A	$23.1 \text{ t} \cdot \text{m}$	$4^{\circ}45'$
700 A	$38.4 \text{ t} \cdot \text{m}$	$3^{\circ}33'$

備考：



護工や特殊ジョイントを設ける必要がない。

5. 施工上の注意

実験の過程、あるいは結果より得られた施工上

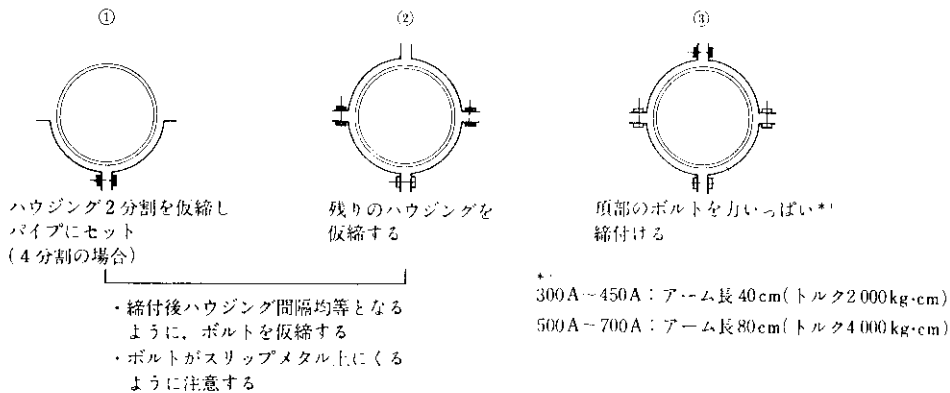


図8 Z・ジョイントのセット手順

の注意を箇条書にまとめる。なお、実験の結果ボルトの締付けは1本で十分であったので、ここでは1本締について記す。

(1) 芯出し

管端丸棒リング間の間隔があいているとゴム・パッキングと丸棒の密着が不完全となるので、管端とすき間があかないように芯出しをする必要がある。したがって、鋼管と鋼管を多少の角度をもって敷設するような場合、鋼管をまず真直にセットし芯出しを行ない、接合が完了した後で曲げるようにしなければならない。

(2) ゴム・パッキングのセット

パッキングをセットする場合、パッキングに土砂が付着していたらボロ布などで良く拭きとらねばならない。また、パッキングをセット後、木槌などでたたいて、パッキングと丸棒が良く密着するようにする。なお、スリップメタルが管頂にくるように注意する。

(3) ハウジングのセット

締付けようとするボルトが管頂にくるようにハウジングをセットする。セット手順は、図8のとおりである。

6. おわりに

Z・ジョイントはこれまで述べてきたように、管径300A~700Aの水道管の継手としてすぐれた性能を有しており、今後大いに使用されることが期待されるが、単に水道埋設管のみならず、そのすぐれた施工性、水密性を利用し、水管橋そのほか各種配管、特殊な用法としては石油パイプラインの安全確保のための保護外套管などへの使用が期待されている。

なお、Z・ジョイントの開発過程および実験等につき一方ならぬご指導、ご援助をいただいた日本大学理工学部新沢教授に対し、ここに厚く感謝の意を表する。