

マレブル製ドレネジ継手の強度

(超高層ビルへの適用の検討)

Strengths of Malleable Iron Drainage Fittings

—Their Applications to Skyscraper Buildings—

村瀬 栄 助*

Eisuke Murase

要 旨

建築基準法の改正によって建物の高さについての制限がなくなり、わが国でも欧米なみの地上100m以上の超高層建築物が造られることになった。

この場合、排水管系統の強度が超高層建築物の風力や地震力による横振れに十分耐え得るかどうかの問題があり、この解明の一つとして、マレブル製ドレネジ継手を使用した排水配管の強度が、この超高層建築物の要求する強度に適合するかどうかを実験的に調査、検討した。その結果は満足し得るものであることが明らかになった。

1. 緒 言

排水配管用として、配管用炭素鋼鋼管とともに使用する、排水管継手（通称ドレネジ継手）は、以前、普通铸铁（ネズミ铸铁）によって作られてきたが、昭和28年日立金属工業株式会社でマレブル（黒心可鍛铸铁）製のドレネジ継手を開発して以来、今日ではドレネジ継手の全国使用量の50%を占めるに至っている。

マレブル製ドレネジ継手はこれまで強度上の問題で事故のあったことはなく、十分な強度を持ったものである。しかし昨年“建築基準法”が改正され、わが国にも地上30階、高さ100m、またはそれ以上の超高層ビルが建てられるようになり、こうした超高層ビルに現在のドレネジ継手を使用したとき、強度的に耐え得るか、どうかを知るために予想される荷重について実験的に調査した。本文にはマレブル製ドレネジ継手の概略と実用性の強度試験の結果ならびに参考的に行なったマレブル製ドレネジ継手の強度試験の結果について述べる。

2. ドレネジ継手

ドレネジ継手（ネジ込形排水管継手）は管用テーパネジによってガス管（配管用炭素鋼鋼管）にネジ込まれ、排水配管ならびに通気配管に使用される継手である。

排水配管では、その中を流れる汚水に、植物の繊維、動物の脂、毛髪、台所からの砂などの固形物が混入しており、また、その流れも重力による自然流のため、継手と管との接続部に段のつかないことが必要で、枝管への分岐も汚水の流れを乱さないため、急激な曲りを避けるなど、ガス管や水道管に使用される一般管継手と、その形状を異にしている。ドレネジ継手と一般管継手との継手と管の接合部の形状を図1に示した。

このほか、ドレネジ継手としては次のような特性が要求される。

- (1) 固形物が付着しないように内面がなめらかなこと。
- (2) 汚水の流れを助けるため、横走管には流れの方向に1°10'のこう配を与える必要がある。
- (3) 腐敗しやすい汚水を流すため耐食性の良いこと。
- (4) 排水管では正常な状態では、ほとんど圧力は掛らないが、継手またはその接合部に漏れがあると不衛生であり、悪臭ガスが出る恐れがあるので、給水配管同様漏らないことが必要である。
- (5) 前述のようにドレネジ継手は内圧は掛からないが、配管工事中、または配管後の変形に耐える強さが必要である。特に建築

* 日立金属工業株式会社自動車部

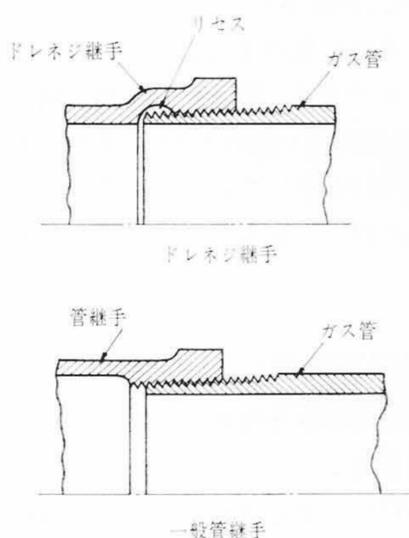


図1 継手とガス管の接合

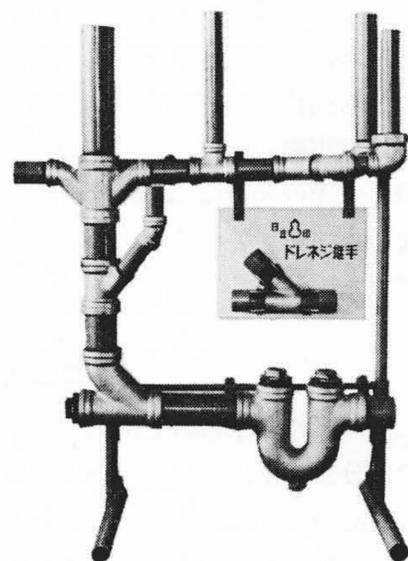


図2 日立印マレブル製ドレネジ継手の配管模型

表1 マレブルのJIS規格

種 類	記 号	引 張 り 試 験		曲 げ 試 験	
		引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	曲げ角度	内側半径 (mm)
黒心可鍛铸铁品1種	FCMB28	28 以上	5 以上	90 度以上	40
黒心可鍛铸铁品2種	FCMB32	32 以上	8 以上	120 度以上	40
黒心可鍛铸铁品3種	FCMB35	35 以上	10 以上	150 度以上	40
黒心可鍛铸铁品4種	FCMB37	37 以上	12 以上	150 度以上	40
(参考)ネズミ铸铁 第2種	EC 15	15 以上	—	—	—

物が高層になってくると、建物の横振れなどの変形が配管にも加わり、それに耐える強度が要求される。

マレブル製ドレネジ継手は“JIS B 2303 ネジ込形排水管継手”の可鍛铸铁製に規定され、その品種は、エルボー、大曲り90度Yなど21種、呼び径では、呼び1¼より呼び6まで規定されている。

図2はマレブル製ドレネジ継手のおもな品種を使用した配管模型を示したものである。

マレブル製ドレネジ継手の材質はJIS G 5702“黒心可鍛铸铁”で、その肉厚ならびに端部の寸法はJIS B 2301“10 kg/cm²ネジ込形可鍛铸铁製管継手”を参考として決定されている。

表1は材質規格を示したものである。

3. 超高層ビルの横振れ

これまでの建築基準法では建築物の高さは31m以下に制限されていたが、昭和38年7月、同法の一部改正が行なわれて、高さの制限が撤廃された。改正の内容は都市の中に地区を設けて、その特定

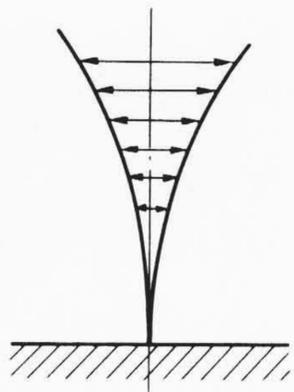


図3 超高層ビルの横揺れ

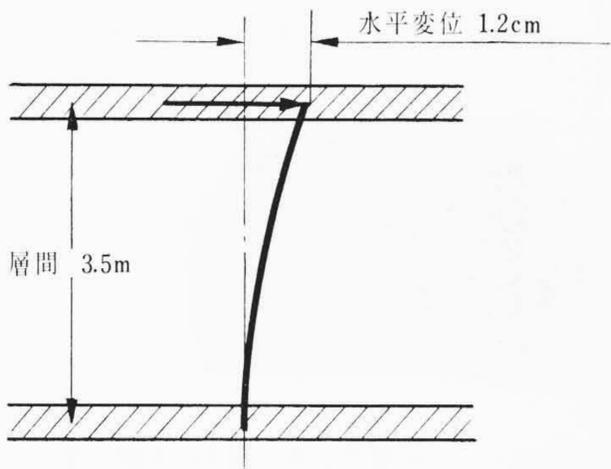
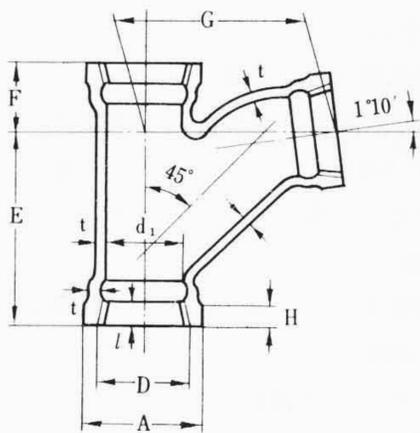


図4 排水配管(立管)の変形



呼 び	ネ ジ		端 面 距 離			バ ンド		内 径 d ₁	肉 厚 t
	D	l	E	F	G	A	H		
2	PT2 (59,614)	20	115	42	114	73	21	53	4
4	PT4(113,030)	28	200	72	198	133	16	105	6
6	PT6(163,830)	33	279	105	276	189	20	155	7.5
ネズミ 鋳鉄製 4	PT5(113,030)	28	200	72	198	139	21	105	7.5

図5 試料の主要寸法
(ドレネジ継手, 大曲りY)

街区によって、容積率と斜線制限の数値を決め、特に高さの制限をうたわないものである。容積率と斜線制限によって高さはおのずから制限されることになるが、十分な敷地があっても容積率の大きい地区では、地上30階、高さ100m程度、あるいはそれ以上の超高層ビルが建てられることになった。

超高層ビルは地震力や風力に耐える構造のもので造られることはもちろんであるが、これらの外力によって少なからず横揺れを起す。横揺れの状態は建物の構造によって相違するが、これまでの調査によれば、図3に示すようなむち打ちとなる。この曲線は建物に使用される鉄骨の断面寸法によって変化してくる。

横揺れの大きさ、すなわち、層間水平変位量の最大がどのくらいかは、まだ解明されていないけれども、日本建築学会では研究の結果を取りまとめた“高層建築技術指針”の各部構造設計の中で、次のように指示している。

すなわち

- ときどき起こる層間水平変位 1/400
- ときたま起こる層間水平変位 1/300
- きわめてまれに起こる層間水平変位 1/150

で、層間水平変位1/300のとき、各部の構造が仕上補修を要する程度の破損に留めることを設計基準とする。

このことから、排水配管でも1/300の変位に耐えるものであれば良いと判断されるので、この調査においても1/300の層間水平変位を基準として考えることとした。

わが国での建物の層間高さ(階高として)は約3.5mが普通とされているので1/300の水平変位は1.2cmの横揺れとなる。

超高層ビルに層間1.2cmの横揺れが図3に示す状態で起こったとき、そのビルに配管された排水管が固定して設置されていれば、その縦管は同じ変形を受けることになる。

建築物の一階層を見たとき、排水管に起こる変形は図4のようになり、一端を固定し、先端に荷重の掛ったはり、すなわち片持はりとして考えることができる。排水配管の強度はこの状態で3.5mの先端にたわみが1.2cm以内で破損の起こらないことが必要となる。

4. 排水配管の強度試験(曲げ試験)

ドレネジ継手とガス管を接続した排水配管において、強度的に問題になると考えられるのは、接続部分であるガス管のネジ部で特にネジの谷径はノッチ効果をもち、応力の集中が考えられるので、強度試験ではこの部分に最大応力が掛るよう、ドレネジ継手を固定端とした状態で行なった。

排水配管の強度は単に材料の破損するときの強度というよりは、荷重により変形が生じたとき、ネジ接合部分にすき間ができ、それから水漏れが起こるとき強度を最大強度とすることが必要である。この試験においては5~10kg/cm²の水圧を掛けた状態で載荷した。もちろん前述したように、排水管では管内の圧力が高くなることは禁物で、特に超高層ビルでは縦管内の落下してくる排水に押される空気の処置と、その逆流を防止するため特別のベントまたはバイパスと称せられる通気管を配管しなければならないとされており、管内の圧力は正常な使用では0.1kg/cm²以下で圧力は掛らないと考えても良いが、試験の途中において水漏れ現象を短時間で確認するために水圧を掛けて試験を行なった。

4.1 試 料

この試験は現在のマレブル製ドレネジ継手が前述した超高層ビルの横揺れに耐える強度を持ち、実用できるかどうかを調査するためのもので、正規の研究計画によるというよりは実用性の確認をするためのものなので、試料の作成に当たっても、特別な工作や精度検査などを行なわないで、市販されている8印マレブル製ドレネジ継手に平常行なわれているネジ加工を行なったガス管をネジ込み、実際に使用されているままの形のものを準備した。

ネジの締付トルクも強度上イニシアル、ストレスとして影響するが、あえて現場的な作業による試料によった。

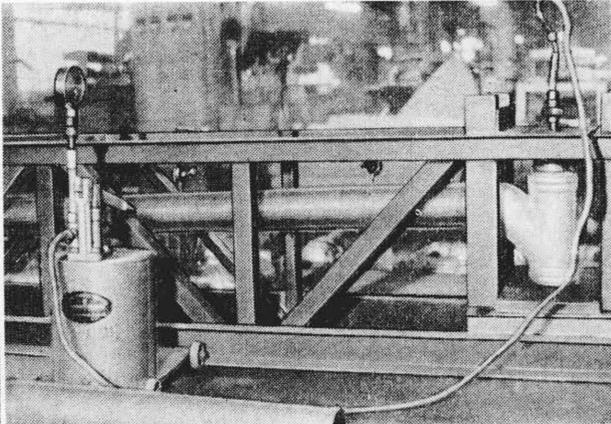
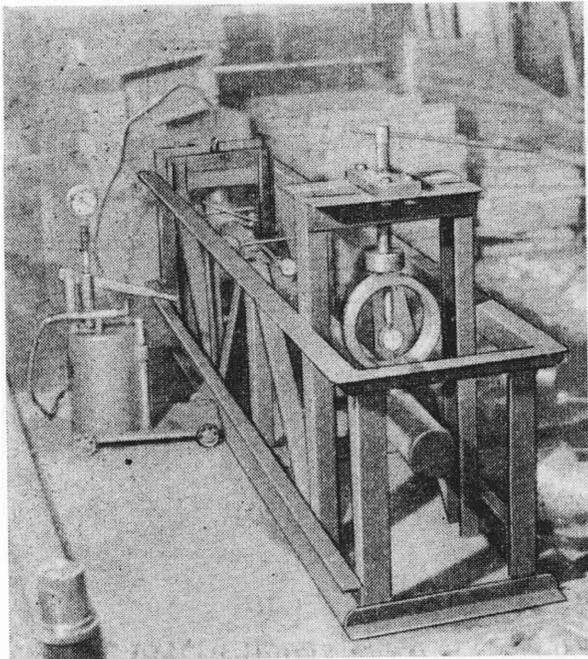
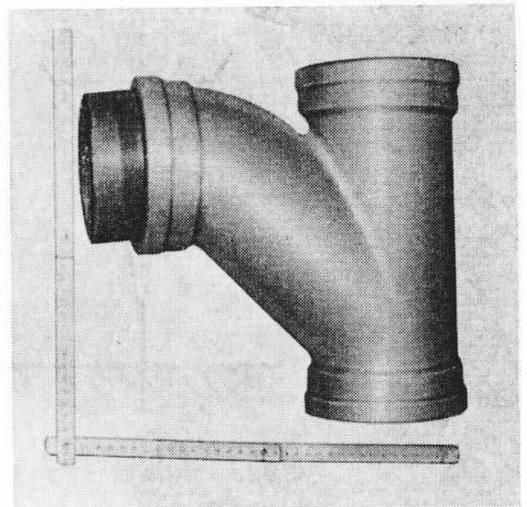


図7 曲げ試験装置



(管のネジ部が変し上部が破断している)

図11 曲げ試験後の供試料

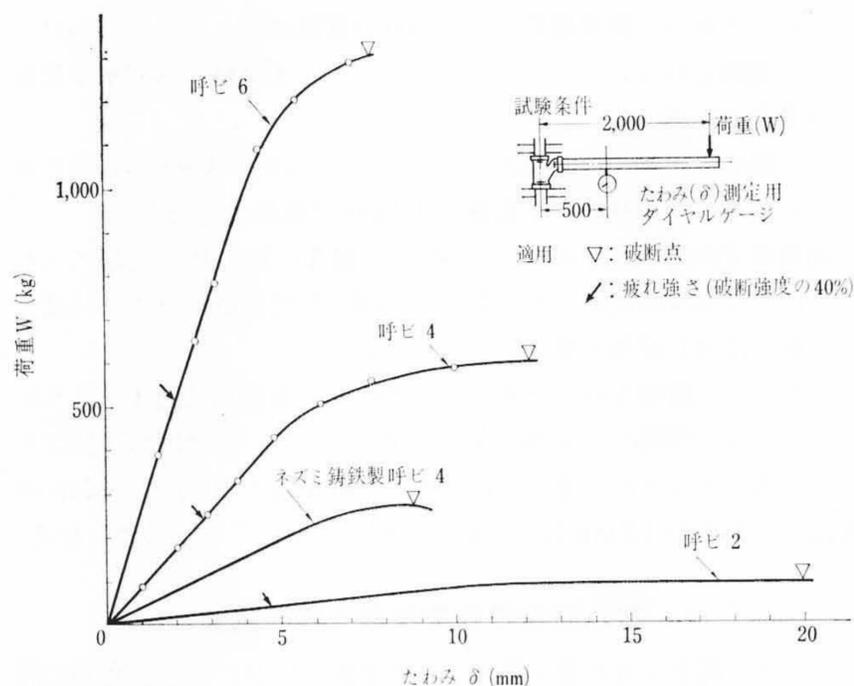


図8 曲げ試験による荷重-たわみ線図

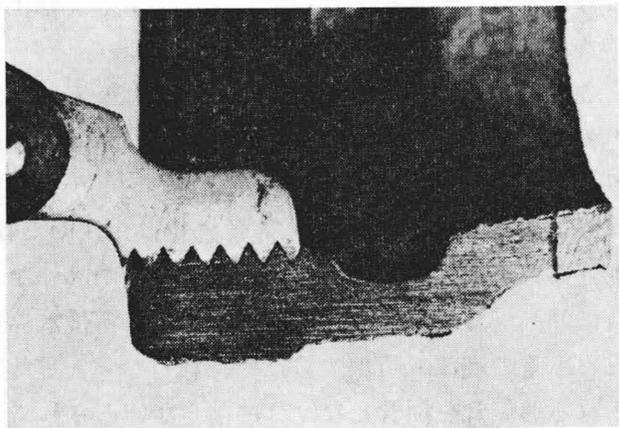


図9 曲げ試験後のドレネジ継手のネジ

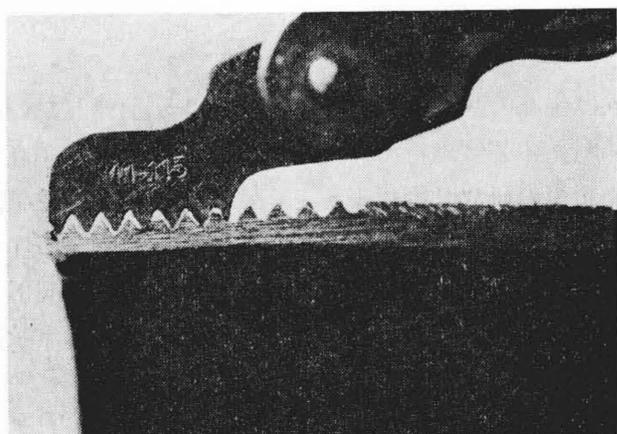


図10 曲げ試験後の管のネジ

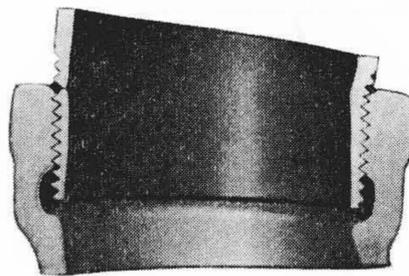


図12 曲げ試験供試料の断面

試料は日立8印マレブル製ドレネジ継手の大曲りY (通称YT) に JIS G 3452 “配管用炭素鋼鋼管” を JIS B 0203 “管用テーパネジ” によって接続したものを準備した。

継手の材質は JIS G 5702 “黒心可鍛鋳鉄品” 第2種 (FCMB 32) (表1参照) でその主要寸法は図5に示すとおりである。

図6は試料の寸法を示したもので、大きさは呼ビ2, 4, 6についてそれぞれ3個ずつ用意した。これはこの3種を測定すればその前後ならびに中間のものが推定できるとの考えによるものである。

4.2 試験方法

試験は図6に示す条件で、図7に示した試験装置により、水圧 5 kg/cm^2 をかけて試験した。

なお、比較のため、普通鋳鉄 (ネズミ鋳鉄) 製ドレネジ継手の呼ビ4を使用した試料をもあわせて試験した。この試料の材質は表1に、継手の寸法は図5に示したものである。

荷重はネジ棒により、検力環を通してかけ、ハンドルの回転を一定にして行なった。

4.3 試験の結果

試験の結果を荷重-たわみ線図にして示したのが図8である。

マレブル製ドレネジ継手を使用した場合、破断はすべて予想されていたガス管のネジ部分に起こった。

試験後の継手はノギス測定の範囲では変形が認められず、ネジ山も端面付近に山頂の押しつぶされたものがあったが、ネジピッチはピッチゲージで見て狂っていない(図9)。

これに反し、ガス管のネジは図10に示した試料切断品に見られるように継手にはめ合った部分でもネジ山がやせ、ピッチも相当に変化している。

ガス管の切断は継手端面に近い引張り側のネジ後部に起こり、はなはだしい断面収縮を起こしている。圧縮側では継手端部に接した部分に座屈の生じているのが見られる(図11, 図12)。

この試験では水漏れはすべて破断と同時に起こり、破断前での水漏れは発生しなかった。

破断前の水漏れは、別の試験で発生したものであった。それは、ドレネジ継手のソケットを使用した図13に示す試験条件で行なった配管の曲げ試験で 10 kg/cm^2 の水圧をかけ 30 t アムスラー試験機を使用して载荷速度をおそくし、しかも载荷を繰返して順次加え

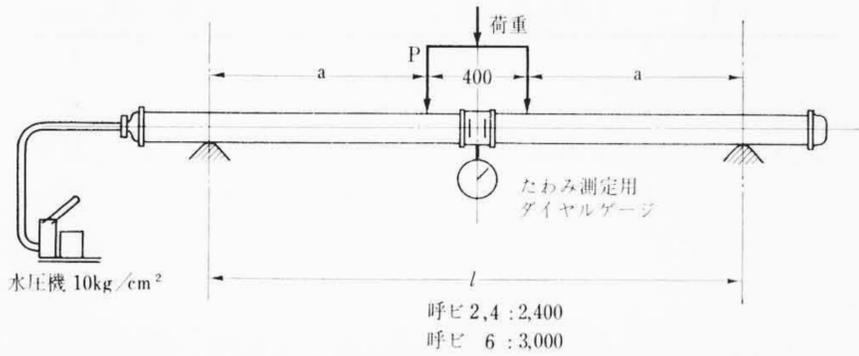


図13 試験方法

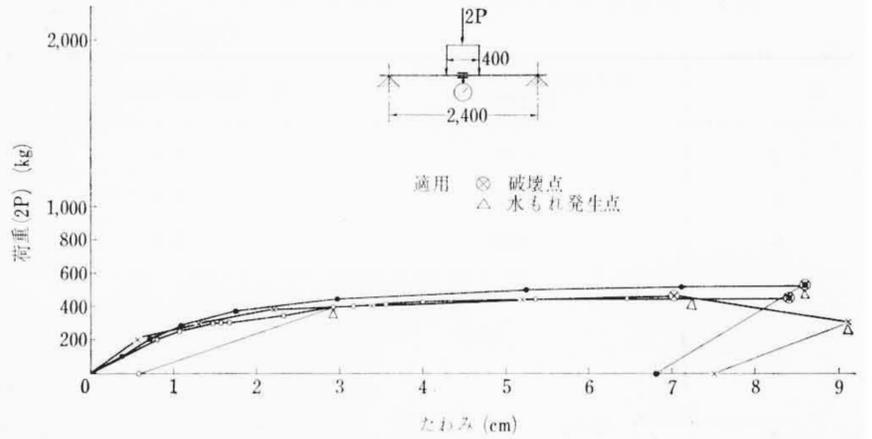


図14 ソケット使用自由はりによる呼び2の荷重—たわみ

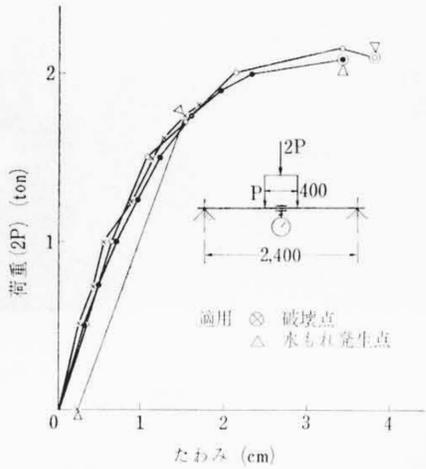


図15 ソケット使用自由はりによる呼び4の荷重—たわみ曲線

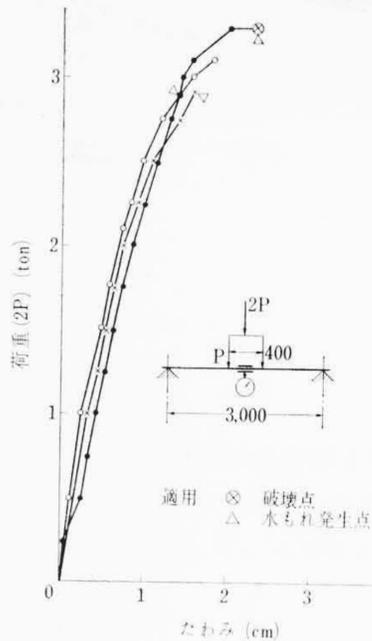


図16 ソケット使用自由はりによる呼び6の荷重—たわみ曲線

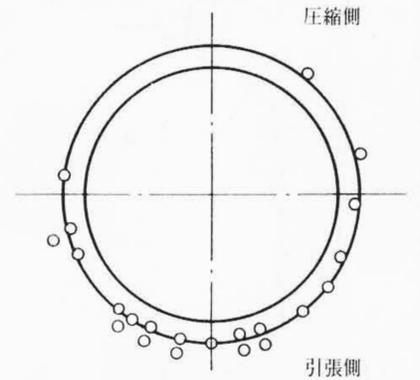


図17 ソケットを使用した自由はりとしての曲げ試験による水もれ発生箇所

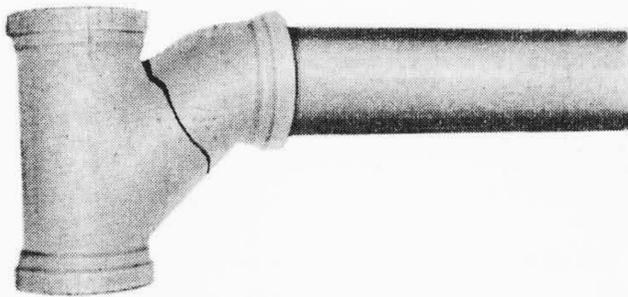


図18 ネズミ鋳鉄製ドレネジ継手使用の配管の曲げ試験による破断状況

て行なったときに発生している。この試験の結果を荷重—たわみ線図にしたのが図14, 15, 16である。図中曲線上に付された△印は漏水の起こった点で、曲線上より引かれた細線の先に△印が付いているのは細線の始まった曲線上の点での荷重を加えた後、その荷重を取除いたとき水漏れが生じたもので、また、曲線上の△印の点から始まった曲線の先に△印のないものは荷重を取除いたら水漏れが止まったものである。この試験による水漏れは継手端面のガス管とのはめ合い面に水滴が発生するもので、円周方向での位置は図17に示すように分布している。

この理由は管の曲げによって管が軸線方向に伸縮すると同時に、その直角方向へ楕円形に変形し、変形を起こさない継手のネジとの間にできたすき間から発生したものと考えられるが、この試験のみではこの状態ははっきりさせられなかった。

参考として行なったネズミ鋳鉄製ドレネジ継手では破断は図18に見られるように、継手の枝管付根部に起こった。

破断モーメントは520 kg-mでマレブル製継手を使用したガス管ネジ部の破断したもの1,200 kg-mにくらべ1/2.3であった。

5. 超高層ビルへの適用の検討

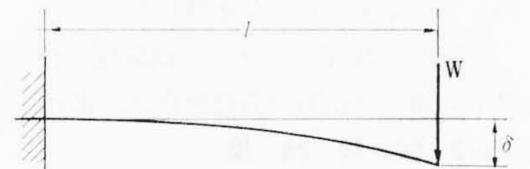
前述の試験結果から超高層ビルに適用できるかどうかを検討する。排水配管の変形はビルの変形と同様に繰返し起こるもので、その強度は疲れ強さとして考えなければならない。破断部である鋼材

の疲れ強さ比を0.4として試験による破断荷重から疲れ強さを算出すると表2のようになる。

この値を図8にプロットすると矢印を付したところとなり、この値により検討することにした。

試験によるたわみ量を3.5mの階高でのたわみ量に換算するためには次の式を用いた。

(試験の場合)

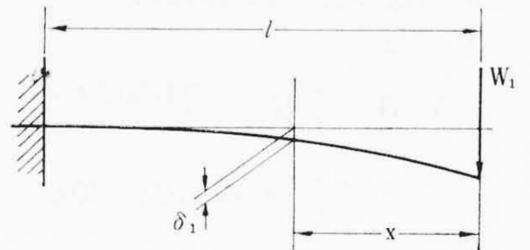


$$\delta_1 = -\frac{Wl_1^3}{3EI} \left(1 - \frac{3x}{2l_1} + \frac{x^3}{2l_1^3}\right) \dots\dots\dots (1)$$

E: 弾性係数

I: 断面2次モーメント

(ビルへ適用した場合)



$$\delta = -\frac{Wl^3}{3EI} \dots\dots\dots (2)$$

$$Wl_1 = Wl \dots\dots\dots (3)$$

(1)(2)(3)式より

$$\delta = -\frac{Wl^3 \delta_1}{Wl_1^3 \left(1 - \frac{3x}{2l_1} + \frac{x^3}{2l_1^3}\right)} \dots\dots\dots (4)$$

(3)(4)式より階高3.5mで許容されるたわみ量と超高層ビルにおいて要求されるたわみ量とを比較すると表3となる。

表2 試験結果から算出した配管の疲れ強さとたわみ (破断強さ×0.4)

呼ビ	疲れ強さでのモーメント (kg/m)	疲れ強さにおけるたわみ
2	76	4.6
4	415	2.8
6	900	2.0

表3 ビル層間距離に換算したたわみ量の比較 (単位mm)

呼ビ	2	4	6
排水配管の許容たわみ (δ)	166	100	71
超高層ビルに要求されるたわみ (δ')	12	12	12
δ/δ'	13.8	8.4	5.9

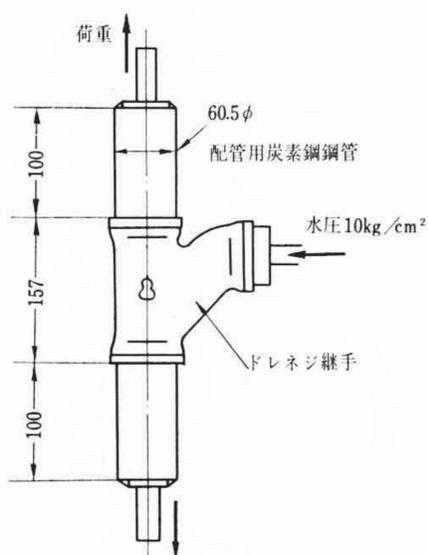


図19 引張試験の試料

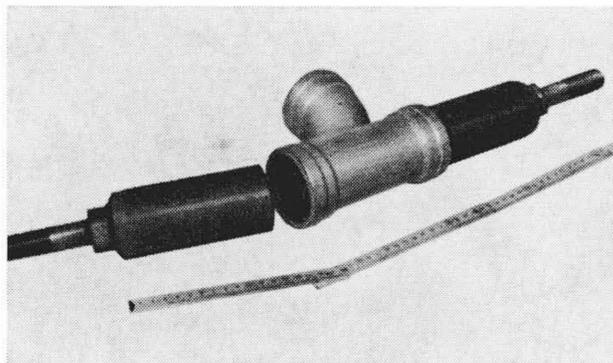
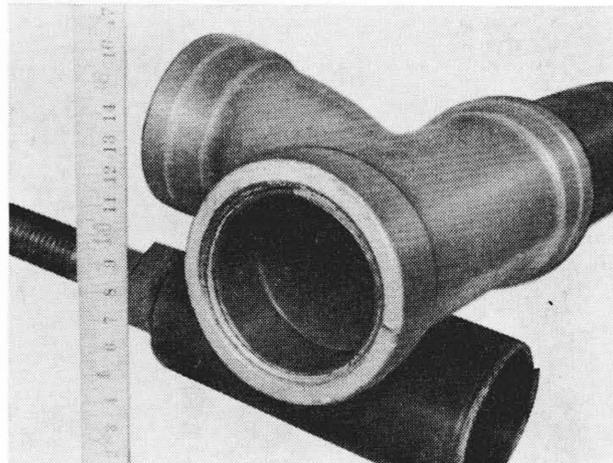


図20 引張り試験での破断状況



すなわち、日立印ドレネジ継手を使用した排水配管を超高層ビルに使用したとき、その要求される水平変位 1.2 cm に対して、呼ビ6では5.9倍、呼ビ4では8.4倍の変位に耐えることができ、使用上十分な強度を持っている。

6. 引張り試験

この試験はドレネジ継手にガス管がネジ込まれた状態の配管が、引張り荷重を受けたとき、どのように破壊するかを見るために行なったものである。

6.1 試料と試験方法

引張り試験の試料にはドレネジ継手YTの呼ビ2を使用し、図19のような寸法のものを用意した。

試験には30Tアムスラー試験機を使用し、枝管より10 kg/cm²の水圧を加えた状態で荷重を掛け、水漏れと破断力とを測定した。

6.2 試験結果

引張破断荷重は11 t 300で図20に見られるように、ガス管ネジ部の継手端面にて切断した。ドレネジ継手自体の伸びはノギスによる測定で0.15 mmで0.1%の変形に過ぎない。

ガス管の破断面の面積を正しく測定することはむずかしいので、荷重を加える前の破断部の面積をネジ寸法から出して管の抗張力を計算すると

$$\begin{aligned} \text{面積 } A &= \frac{\pi}{4} \left\{ \left(\frac{\text{ネジの有効径} + \text{ネジの谷径}}{2} \right)^2 - (\text{管の内径})^2 \right\} \\ &= \frac{\pi}{4} (56.66^2 - 52.9^2 = 3.61 \text{ cm}^2) \end{aligned}$$

$$\text{引張り強さ } \delta_p = \frac{\text{破断荷重}}{A} = 3130 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots (5)$$

となる。(5)式の δ_p を用い同様な面積計算から呼ビ4、6のもの破断荷重を計算すれば

呼ビ 4	25 t 400
呼ビ 6	44 t 200

となる。

水漏れは管が切断するまでまったく生じなかった。

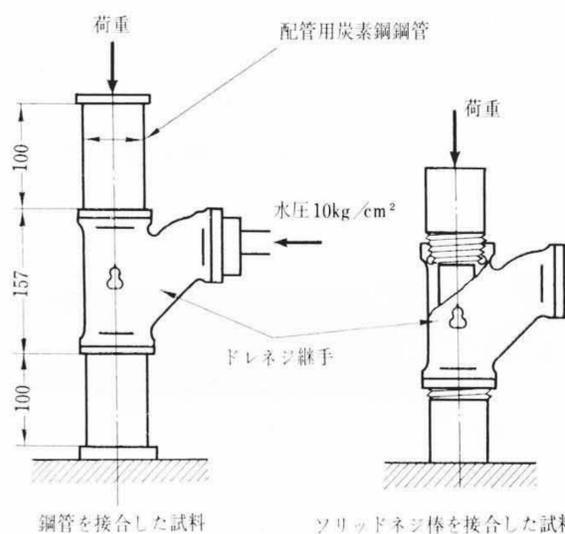


図21 圧縮試験資料

7. 圧縮試験

引張り試験と同様の目的で実体の圧縮試験を行なった。

7.1 試験

試験は30Tアムスラー試験機によりドレネジ継手YTの呼ビ2を使用し、次の2通りの試料について行なった。

- (1) 主管にガス管をネジ接合したもの。
- (2) 継手自体の強さを見るため、ソリッドのネジ棒を主管にネジ込んで圧縮するもの。

試料のおもな寸法は図21に示すとおりである。ガス管接合のものには、枝管より10 kg/cm²の水圧を加えながら圧縮荷重を掛け、その水漏れを調べた(図22)。

7.2 試験の結果

ガス管を接合したものでは、ネジ部の継手端面近くが座屈して図23に見られるようにふくれ13 t 500が最大荷重であった。

水漏れは最大荷重を過ぎた点において1箇所浸み出しを生じた。継手自体の試験では最大荷重 27 t 000で破壊は図24に見られるよう中腹部、枝管の分岐するところ起こった。この場合、おすネジ(ソリッドのネジ棒)の先端は継手のリセスの奥の面に当たって圧縮されるので、ある変形を過ぎると主管の上、下のリセスの間のみ圧縮荷重が掛かることになるためである。

8. 結 言

この試験によって

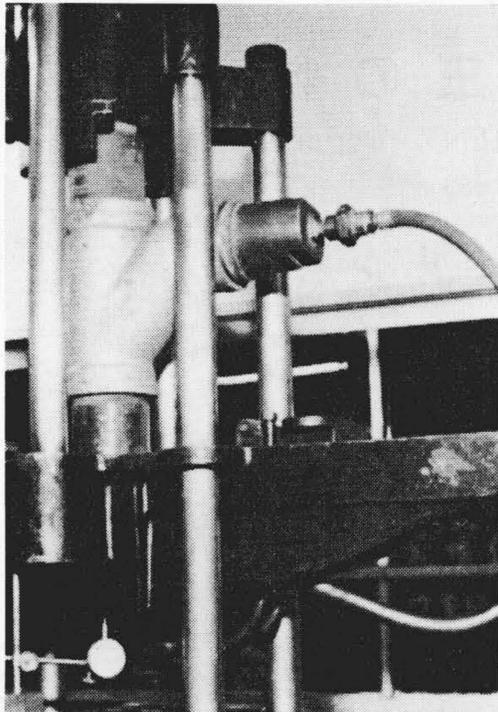


図22 圧縮試験の状況

1. マレブル製ドレネジ継手を使用しガス管とネジ接合によっている現在の排水配管は超高層ビルにそのまま使用してもビルの横振れによって起こる変形に十分耐える強さを持っていることが確認された。

2. 曲げ、引張り、ならびに圧縮試験のいずれについても、破断は継手端面におけるガス管ネジ部に起こる。

このことから、マレブル製ドレネジ継手とガス管とをネジ接合した排水配管における強度は、ガス管ネジ部の強度ということになり、継手自体は十分な強度を持っていることとなるので、こうした配管の強度をさらに増加する必要がある場合には、ガス管ネジ部の補強によって満足させることができる。

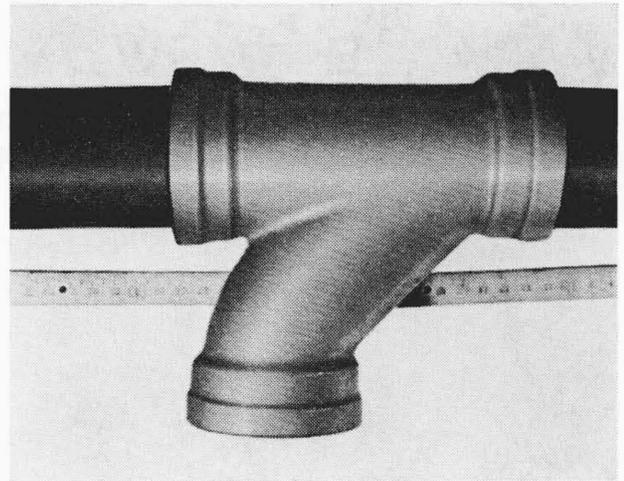


図23 圧縮試験による管の変形

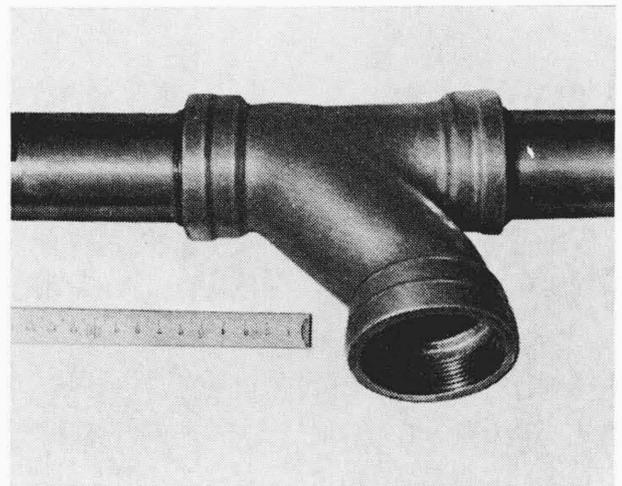


図24 圧縮試験によるドレネジ継手の変形

補 記

“4.3 試験の結果”の中で引用した曲げ試験は、早大建築工学科井上研究室との共同研究として、日立金属工業株式会社で試料の製作ならびに準備を行ない、井上研究室で実験されたものである。

Vol. 27

日立造船技報

No. 1

目 次

- ディーゼル機関における原油生だきの研究
- 9% Ni 鋼の溶接性ならびに加工性
- 半組立形クランク軸の繰返しねじり疲れ強さ
- 低 Ni-Cr-V 系 70 kg/mm² 高張力鋼の熱処理による内部摩擦および機械的性質の変化

- シルミンの組織と機械的性質
- 超大形船の進水台構造
- 九州地方建設局鶴田ダム主放水ゲートの振動および空気量の測定

……………本誌に関する照会は下記に願います……………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60