

建築設備用ステンレス配管の耐久性調査結果

A. 10年試験結果の要約

本報告は、ステンレス協会屋内配管開発委員会^{注1)}が1974年から約10年間にわたって、ステンレス配管を東京都内の4つのビル建築物に取り付け、ステンレス鋼管と継手の耐食性を調査した結果を要約したものである。

注1)：現在は配管システム普及委員会と云っている。

1. 目的

ステンレス協会では、建築設備用の配管にステンレス鋼管の需要を広げるために、ステンレス鋼管の安全衛生面の調査や温水浸漬腐食試験を行って、水道水に対する耐食性の調査を行っているが、建築設備配管は管、継手、バルブ、溶接、異種管との接合など、を含んでいるために、実験室での基礎的な調査研究のみでは、屋内配管としての総合的な評価は十分でない。

そこで、建物内の既設配管系にステンレス試験管と継手を装着して実際の使用状態での耐食性を検討すると同時に、現場での作業性についての資料を得ることを目的として、屋内配管耐食性実地試験を行った。

試験期間は、管は1年、3年、5年 および 10年、継手は1年、3年、および 5年として、ステンレス配管の耐食性を調査した。

2. 建物と使用水

東京都内で水道水の水質を考慮して、朝霞浄水場の配水系統にある建物で

A：スーパーマーケット

B：ホテル

D：事務所ビルA および 事務所ビルB

の4箇所の建物を選定して建物内の使用水に試験管を設置した。

建物で使用する水は飲用を目的とし給水以外に給湯、冷温水、雑用水 および 冷却水である。

試験管は表1のごとく4箇所の建物に給水管4箇所、給湯管3箇所、および 冷温水、雑用水管、冷却水管は各1箇所に設置した。これらの使用水の分析値を同時に表1に示す。

スーパーマーケットの冷却水は殺藻剤と腐食抑制剤が添加されていて、pH 8.8、電気伝導度1660 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高く、残留塩素は0であった。

表 1 建物と使用水 および 使用水分析値

| | 使用水 | 温度 ($^{\circ}\text{C}$) | pH | 電気伝導 度 (μ S/cm) | 塩素イオ ン(mg/l) | 残留塩 素 (mg/l) | 総硬 度 (mg/l) |
|-----------|-------|------------------------------|-----|----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|
| スーパーマーケット | 給 水 | 21.5 | 7.1 | 192 | 18.5 | 0.9 | - |
| | 冷 却 水 | 28.0 | 8.8 | 1666 | - | 0.0 | - |
| ホ テ ル | 給 水 | 23.5 | 7.3 | 166 | 18.5 | 0.7 | 58 |
| | 給 湯 | - | 7.4 | 333 | 16.8 | 0.2 | 59 |
| 事務所ビル A | 給 水 | 28.0 | 7.4 | 227 | 20.0 | 0.9 | 64 |
| | 給 湯 | 50.0 | 7.4 | 344 | 20.0 | 0.4 | 64 |
| | 冷 温 水 | 19.0 | 8.1 | 169 | 17.5 | 0.0 | 67 |
| | 雑 用 水 | 30.0 | 7.6 | 400 | 20.0 | 0.2 | 63 |
| 事務所ビル B | 給 水 | 25.0 | 7.1 | 232 | 18.0 | 0.4 | 64 |
| | 給 湯 | 42.0 | 7.1 | 357 | 20.0 | 0.1 | 65 |

3. 試験方法

試験は管（標準試験管）と継手（継手付き試験管）について行った。

3.1. 試験管

(a) 標準試験管はTIG溶接管で1010℃で溶体化処理を施したJISG3448一般配管用ステンレス鋼管のSUS304TPD 30Suの規格品で、その化学成分と機械的性質を表2に示す。

表 2 試験管材化学成分 (%) および 引張試験結果

| C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr |
|------|------|------|-------|-------|------|-------|
| 0.06 | 0.64 | 1.28 | 0.020 | 0.006 | 9.10 | 19.00 |

| 耐 力 (kg/mm ²) | 引っ張り強さ (kg/mm ²) | 伸 び (kg/mm ²) |
|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 25 | 64 | 65 |
| 24 | 63 | 69 |

なお、供試管の溶接部の溶接金属部、熱影響部 および 母材部の金属組織を調査したが、異常は認められない。

試験管の両端はSUS304製JIS10Kのルーズフランジを通して、SUS304製のラップジョイントを突き合わせ溶接をし、図1の寸法に仕上げた後、溶接部のX線透過試験検査を実施して、欠陥のないことを確かめて供した。

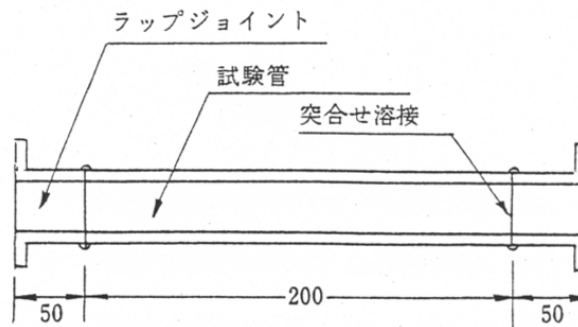


図 1 試験管寸法

(b) 継手付試験管は30SuのSUS304ステンレス鋼管に、はんだ式（ステンレス協会規格SAS351）、プレス式（SAS352^{注2}）および圧縮式（SAS353^{注2}）継手を中間に取付両端にラップジョイントを接続して、(a)の試験管と同じ長さに仕上げた。

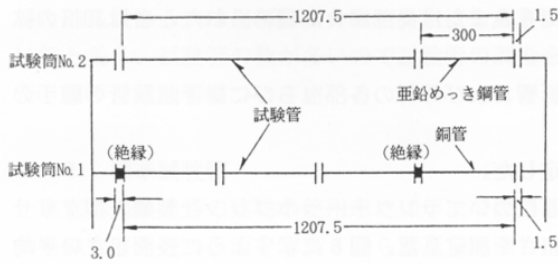
注2：現在のSAS322一般配管用ステンレス鋼管継手性能基準に相当する。

(c) 比較材には、水道用亜鉛めっき鋼管（JISG3442）と銅管（ASTMB88）を供試した。

3.2. 試験管の取り付け

試験管は、図2に示すように水道用亜鉛めっき鋼管は給水のみに取り付けるため 給水系とその他の水系の2種類に分けてユニットに組み上げた。このユニットには試験筒 No1 に標準試験管 3 本を取り付け、両端のルーズフランジには試験管の相手側が亜鉛めっき鋼管の異種金属のためガスケットをはさんで、絶縁スリーブとワッシャーで電氣的に絶縁して、一方にはパイパス鋼管、他方には鋼管を取り付けた。（図3）

▷給水系



▷温水、冷温水、雑用水、冷却水系

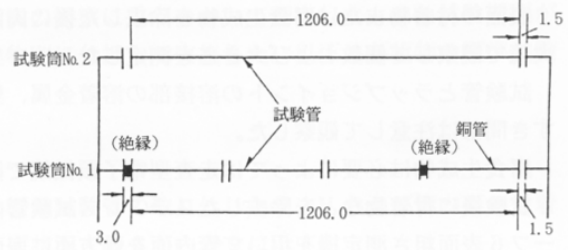


図 2 試験管の組立

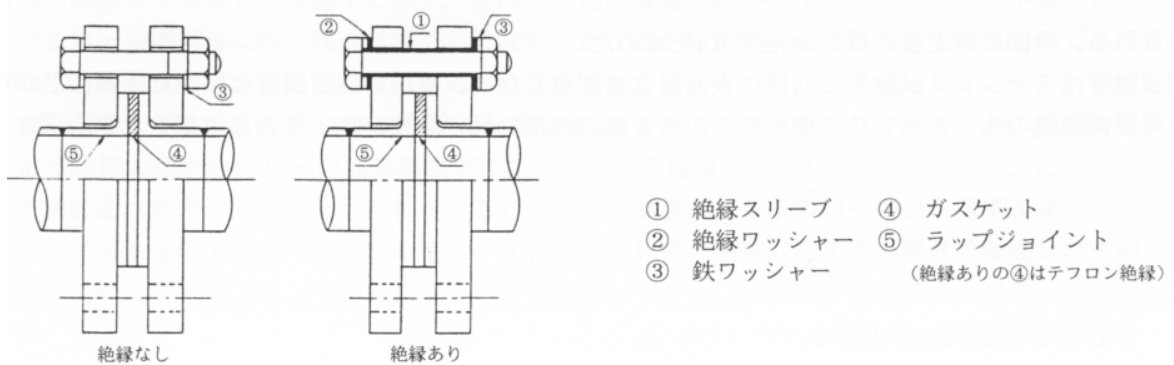


図 3 試験管の継手

継手付試験管は一定期間試験した標準試験管を取り外した位置に取り付けて試験に供した。なお、ガスケットは銅管に使用しているアスベスト製ガスケットを使用した。

4. 試験期間

標準試験管は、1年、3年、5年 および 10年、継手付試験管は1年、3年、および 5年とした。水道用亜鉛めっき鋼管と銅管はそれぞれ5年とした。

5. 腐食の測定

一定期間試験した標準試験管 および 継手付試験管ともに縦割りにして、管の内外面の付着物 あるいは 腐食生成物を除去前後に表面状況を観察した後、写真撮影した。

表面の付着物 又は 腐食生成物を除去した後に肉眼で孔食 又は 局部腐食が認められたときは30倍の拡大鏡で観察して個数 および 大きさを測定した。

試験管とラップジョイントの溶接部の溶着金属、熱影響 及び 母材の各部 ならびに 継手試験管の継手のすき間部は注意して観察した。

また、試験後に付着物などを除去した試験管内面の表面粗さを測定した。

6. 試験結果とまとめ

東京都内の4つの建物の給水、給湯、冷却水、冷温水 及び 雑用水の配管に、SUS304ステンレス鋼管と継手を装着して10年間の実用試験を行い、ステンレス鋼管の配管の耐食性を調査した結果をまとめると以下の通りである。（表3に管を、表4に継手の結果をしめす）

6.1. 標準試験管

表 3 試験管の実用試験結果

N:腐食なし、C:すき間腐食、P:孔食、L:局部腐食

| 建物 | 使用水 | 期 間 (年) | 腐 食 評 価 | | 表 面 状 況 |
|----------------------------------|-----|------------|---------|----------|--|
| | | | 管 | ラップジョイント | |
| スーパーマーケット ホテル 事務所ビル A・B | 給水 | 1 ~ 10 | N | N 又は C | 薄茶色、濃い茶色 又は 焦げ茶色の付着物があるが、容易に除去出来る。 |
| ホテル 事務所ビル A 事務所ビル B | 給湯 | 1 ~ 10 | N | N 又は C | 薄茶色、濃い茶色 又 その上に厚い黄色の付着物がある。これは容易に除去できる。場所によっては黒色あり。 |
| スーパーマーケット | 冷却水 | 1 ~ 10 | N | N 又は C | 部分的に微細な砂が付着、容易に除去できるものもあるが、固着して除去困難なものもある。 |
| 事務所ビル A | 冷温水 | 1 ~ 10 | N | N 又は C | 茶色の付着物が均一に付着、除去容易、期間が長くなると厚く付着。 |
| 事務所ビル A | 雑用水 | 1 ~ 10 | N | N 又は C | 薄茶色、又は 茶色の付着物が均一に付着、除去容易、期間が長くなると焦げ茶色の付着物が斑点状に全面に付着。 |

- ① 標準試験管は、亜鉛めっき鋼管などからの鉄さびと思われる“もらいさび”が付着したがその下にはすき間腐食や孔食は全く認められなかった。この一例を写真1に示す。



EHE1 期間10年 洗浄前



EHE1 期間10年 洗浄後

写真 1 試験管内面の状況の一例（事務所ビルB 給湯）

- ② SUS304製ラップジョイントがガスケットとの当たり面で、すき間腐食を発生するものが見られた。この原因はガスケットに塩素イオンが多く含まれた鋼管用のガスケットを使用したために、この塩素イオンが溶出して、腐食したためと考えられる。アスベストをテフロンで包んだガスケットに変更してからは、このすき間腐食は起こっていない。すき間腐食の例を写真2に示す。

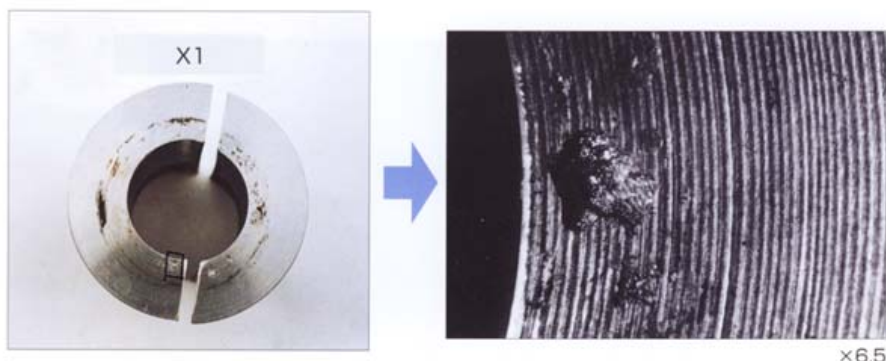


写真 2 ラップジョイントのすき間腐食の一例 (ホテル給湯 5年)

- ③ 比較材として試験した亜鉛めっき鋼管は給水系において、5年間で最大約360 μmの腐食を起こしていた。

6.2.継手試験管

表 4 継手試験管の実用試験結果

N:腐食なし、C:すき間腐食、P:孔食、L:局部腐食

| 建物 | 使用水 | 期間 (年) | 腐食評価 | | | | | 表面状況 |
|----------------------------------|-----|-----------|------|------|--------------|------|----------|--|
| | | | 管 | はんだ式 | 圧縮式 | プレス式 | ラップジョイント | |
| スーパーマーケット ホテル 事務所ビル A・B | 給水 | 1 ~ 5 | N | N | N 又は L | N | N 又は C | 圧縮式 : わずかに局部腐食 はんだ式 : ろう部黒色 ラップジョイント : 侵食深さ 0.05mm |
| ホテル 事務所ビル A 事務所ビル B | 給湯 | 1 ~ 5 | N | N | N 又は L | N | N | 圧縮式 : わずかに緑青発生 はんだ式 : ろう部黒色 |
| スーパーマーケット | 冷却水 | 5 | N | L | N | N | N | 圧縮式 : 緑青発生 はんだ式 : ろう部黒色 |
| 事務所ビル A | 冷温水 | 5 | N | N | N | N | N 又は C | 圧縮式 : スリーブ脱亜鉛 ラップジョイント : 侵食深さ 0.1mm |
| 事務所ビル A | 雑用水 | 1 ~ 5 | N | N | N | N | N | 圧縮式 : 緑青多し |

- ① プレス式継手は付着物があるが、全ての建物において腐食は認められなかった。
 ② 圧縮式は青銅鋳物の継手本体に錆青が発生して、僅かに腐食するものがあった。(写真3)
 ③ はんだ式はろう部に灰黒色の付着物があり、その下には腐食が認められた。

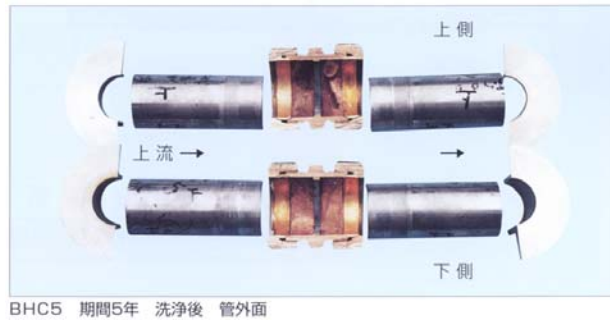


写真 3 圧縮式継手本体の青銅铸件の緑青発生と腐食の一例（ホテル給湯 5年）

6. 関連配管システムの腐食事例

ホテルの給湯システムに SUS304 ステンレス鋼管を図4のようにステンレス製ルーズフランジと亜鉛めっき鋼管ねじニップルを付けた铸铁製フランジに絶縁パッキング(テフロン包みアスベストパッキン)を挟んで絶縁カラーを付けたボルトで取り付け、グラスウールで保温した。試験開始後4年5ヶ月で図の×印のエルボとニップルのねじ込み部から漏水した。

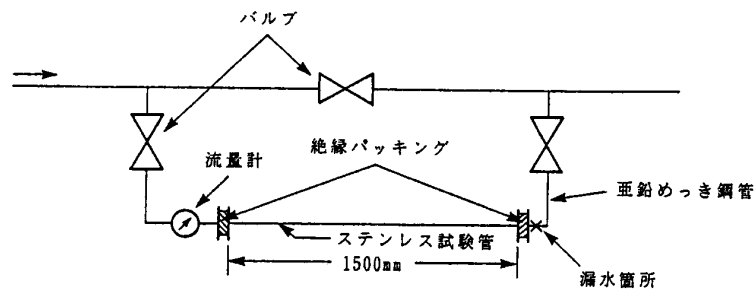


図4 ホテルの漏水が発生した給湯試験管システム（4年5ヶ月）

調査の結果、管内面のさびこぶの発生が顕著で、閉塞に近い状態であった。漏水事故はニップルの谷の部分の肉厚の最も薄い部分が腐食して貫通したため発生したものである。

ステンレス鋼管内面は腐食の形跡は全く認められなかった。

事故の原因、ステンレス鋼管と亜鉛めっき鋼管とのガルバニック腐食を防ぐために、電氣的に絶縁したが、ステンレス管と亜鉛めっき鋼管の両者の電位差が大きいため、水道水を通してガルバニック電流が流れ(ジャンピング)で腐食したものと考えられる。従って、フランジの絶縁ばかりでなく、管内もある程度の長さ絶縁被覆する必要がある。

絶縁継手の長さ L を求める式として次式が提案されている。

$$L = E \cdot \rho \times S / I$$

L : 絶縁継手の長さ (cm)

I : 許容腐食量に伴う電流値 (A)

E : ガルバニックセルにより発生する電位差 (V)

ρ : 水の電気伝導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

S : 管内面積 (cm^2)

B. 最新の耐久性調査結果について

ステンレス配管システムが実際に採用され始めてから、30年近くが経過した。以下にステンレス協会が実施した最新の配管解体調査結果の概要を報告する。

1. 給湯配管

27年経過後の給湯配管の解体調査結果を写真.1.に示す。写真から明らかなように、27年経過後も外面のみならず、配管内部も全く腐食した痕跡すらなく光沢を保持したままの非常に良好な状態であることが確認できる。



写真.1.施工後 27 年経過後の給湯配管

2. 冷温水配管

写真.2.に、同じく27年経過後の冷温水配管の状態を示す。機器からの酸化生成物が内面に付着しているが、ステンレス鋼管とは全く反応しておらず、抜管乾燥後は、この酸化性生物は脱落していることが判る。

また、この酸化生成物はウェスできれいに拭き取ることができ、ステンレス配管の内面は全く腐食しておらず、金属光沢を保持していることが確認できた。



写真.2.施工後 27 年経過後の冷温水配管

3. 汚水配管

汚水横引き配管の解体調査結果を写真.3.に示す。配管内の腐食状況を調査した結果、上面(気層側)の腐食が大きく、母材、溶接部に関らず孔食が生じていることが確認できた。

侵食深さから、寿命予測を行うと、単純に腐食速度が一定とした場合、最初の貫通までにラップジョイント上部で60年、パイプ母材で135年となる。

しかし、腐食速度は期間とともに遅くなるため、実際にはこれよりも長くなるものと推察される。

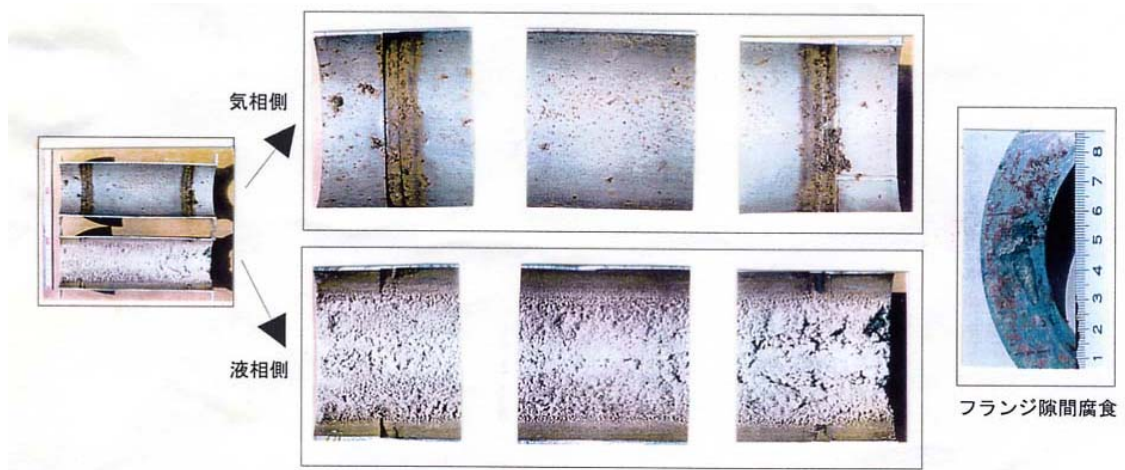


写真.3.施工後 26 年経過後の汚水横引き配管