

No. 4

March 1971

REPORTS OF

THE GOVERNMENT INDUSTRIAL DEVELOPMENT LABORATORY, HOKKAIDO

# 北海道工業開発試験所報告

第 4 号

昭和 46 年 3 月

工業技術院

北海道工業開発試験所

## 耐衝撃性硬質塩化ビニールパイプの低温特性

### 目 次

緒 言	1
第1章 試料と試験項目	1
第2章 基礎試験と落錘衝撃試験	1
2.1 実験方法	1
2.1.1 基礎試験	1
2.1.2 低温落錘衝撃試験	1
2.2 実験結果および考察	3
2.2.1 基礎試験	3
2.2.2 低温落錘衝撃試験	4
第3章 実用耐寒試験	6
3.1 実験方法	6
3.1.1 加圧, 凍結・融解繰返し試験	6
3.1.2 実物配管, 加圧・凍結・融解繰返し試験	7
3.1.3 加圧凍結衝撃試験	8
3.2 実験結果および考察	8
3.2.1 加圧, 凍結, 融解繰返し試験	8
3.2.2 実物配管圧, 凍結, 融解繰返し試験	11
3.2.3 加圧凍結衝撃試験	11
第4章 総 括	12

# 耐衝撃性硬質塩化ビニルパイプの低温特性

\*鈴木 智, \*鶴江 孝, \*西村 興男, \*窪田 大  
\*\*山本 雄三, \*\*近藤 定雄, \*\*大岩 義和

\*北海道工業開発試験所

\*\*三菱樹脂株式会社

# 耐衝撃性硬質塩化ビニルパイプの低温特性

## 緒 言

塩化ビニル樹脂 (PVC) は、開発の歴史も古く、その加工方法の多様さによって、硬質から軟質までパラエチーに富んだ製品が作られ、またその性質が中庸を得たものとして消費量においてもポリエチレンと汎用樹脂の王座を競っている。しかしこの樹脂においても欠点として耐衝撃性、耐熱性、熱安定性、流動性の悪い事が、その応用分野を狭めていた。

最近、従来の塩化ビニル樹脂に、ABS<sup>1)</sup>、塩素化ポリエチレン<sup>2),3)</sup>、あるいは EVA<sup>4),5),6),7),8),9)</sup> をブレンド<sup>10)</sup>、重合させる事によって従来の塩化ビニル樹脂の特徴である耐薬品性、電気絶縁性、難燃性等の上に耐衝撃性を備えた HI (ハイインパクト) パイプが、これまでの塩化ビニルパイプでは使用できなかった分野に急速な伸びを見せている。例えば地中埋設、工場配線、住宅内外の配線等の配電管、上下水道管、ビル、住宅等の給排水管、薬液輸送配管、廃液処理配管、寒冷地の各種配管、その他衝撃荷重のかかる箇所の各種配管等、多方面の用途が挙げられている<sup>11)</sup>。

本報告は上記用途のうち特に北海道のような夏期のプラス30°Cから冬期のマイナス35°Cと温度差の厳しい寒冷地における水道用屋内配管として HI パイプを使用する場合の低温時における実用特性を推知する目的で基礎物性試験、低温衝撃試験、低温水圧試験、低温水圧衝撃試験を実施したのでその概要を報告する。

## 第1章 試料と試験項目

試料は塩化ビニルに EVA (エチレン-酢酸ビニル共重合体) をグラフト重合させた耐衝撃性硬質塩化ビニルパイプ HI (三菱樹脂製ヒシパイプ HI) およびこれと比較するために一般用硬質塩化ビニルパイプ N (三菱樹脂製ヒシパイプ N)、鋼管SGP (市販品) を使用した。

実験方法としては、まず低温でのパイプの基礎的な物性を把握するために室温 (25°C) から (-35°C) までの温度について「曲げ試験」、「圧縮試験」、「圧壊試験」および「シャルピー衝撃試験」を行ない、次いで実用特性として低温 (-15°C ~ -35°C) でパイプが衝撃的な荷重を受けた場合の強さを把握するために「UL 式落錘衝撃試験」および実際に配管して凍結した場合の「加圧凍結試験」を、そして加圧水管が凍結した上にさらに衝撃的荷重が加えられた場合の「加圧凍結衝撃試験」を行なった。

## 第2章 基礎試験と落錘衝撃試験

### 2.1 実験方法

#### 2.1.1 基礎試験

基礎試験として図1に示したような試験を行なっ

表1 試験条件

試験片の呼び径	HI, N 13, 20, 25, 50 mmφ
試験片の長さ	曲げ試験: 100 mm 圧縮試験, 圧壊試験: (呼び径) × 2*
試験片の数	各試験 5 個
状態調節	所定温度にて20時間以上 (低温槽による)
試験機	島津オートグラフ IS-5000
負荷速度	各試験 10 mm/min
試験温度	-35 -25 -15 -5 +5 +23°C

\*50φの圧壊試験については試験機圧盤の関係上 75 mm とした。

た。曲げ試験は3点曲げとし支点間距離は50 mm, ノーズ半径 5 mm とした。試験条件の概要を表1に示す。

#### 2.1.2 低温落錘衝撃試験

低温でパイプが衝撃的な力を受けた場合の強さを推知する目的で HI パイプと N パイプ、および一部の鋼管 SGP について低温衝撃試験を行なった。

試験は鋼製パイプの実用的な耐衝撃性の試験方法として広く用いられている UL 規格 (Underwriters' Laboratories, アメリカ) の落錘衝撃試験方法によった。試験装置は写真1に示すように高さ、2.1m, 巾 1m, 奥行き 1m で重錘落下高さはそれぞれ 1.4m

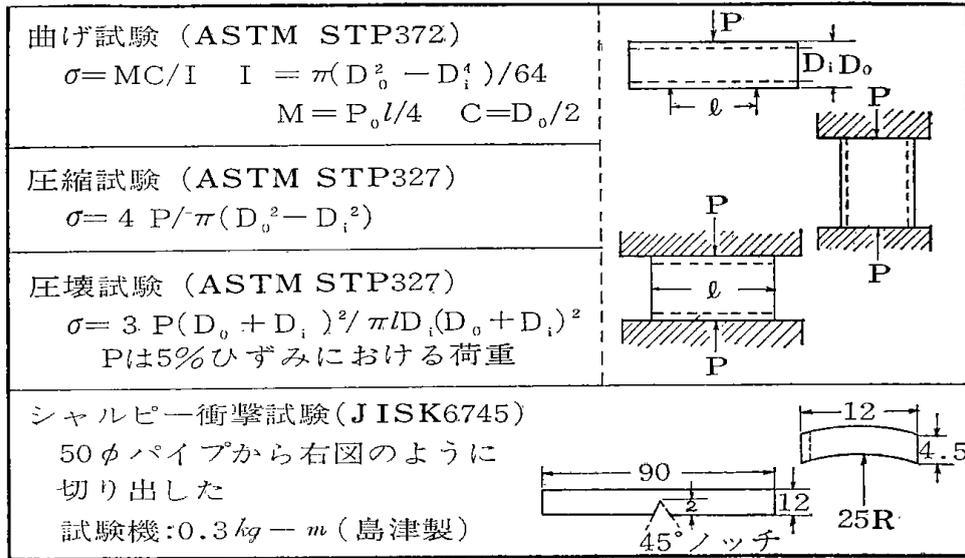


図1 基礎試験方法の概要



写真1 落錘衝撃試験装置

表2 低温衝撃試験の試験体

	呼 び 径			
ヒシパイプ HI	13	20	25	50
ヒシパイプ N	13	20	25	50
鋼 管 SGP	—	—	25	50

表3 低温衝撃試験 (UL 式落錘衝撃試験) の実験条件

試験片の長さ	15 cm
試験片の数	各温度50個
試験温度	-35   -25   -15°C
状態調節	所定温度にて20時間以上 低温実験室
重錘の形状	50φの細長い鋼製円柱
重錘の重量	9.07 kg (20 lb)   4.54 kg (10 lb)

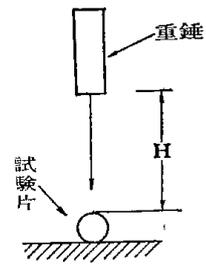


図2 落錘衝撃試験

(5 kg 重錘), 1.1m (10 kg 重錘) である。試験体の種類を、表2に示す。これらの試験体について表3に示す実験条件で図2のように重錘を落下させ Dixon-Mood 法<sup>12)</sup>に準拠して衝撃強さ (50%破壊高さ  $H_{50}$ ) を求めた。

すなわち、あらかじめ数個の予備サンプルによって、おおよその最高破壊高さ  $h_0$  を求めておき、最初その高さを基準にして重錘を落下させ、割れた場合は次の落下高さを  $h_0$  より  $d$  だけ下げ、割れなかった場

合は高さを d だけ上げるという方法 (いわゆる Up-Down Method) を総数 N=50個の試験片について逐次繰返し, (1)式によって, 50%破壊高さを求めた。

$$H_{50} = h_0 + d \left( \frac{\sum I n_i}{\sum n_i} \pm \frac{1}{2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

ここで

$H_{50}$  : 50%破壊高さ (cm)

$h_0$  : 予備サンプルによるおおよその破壊高さ

$n_i$  : ある高さで破壊した (または破壊しなかった) 試験片の総数

$I$  : 基準高さからのへだたり

$d$  : Up-Down の高度間隔

結果は表4のようにまとめ, 計算には表4のうち  $\sum n_i$  と  $\sum n'_i$  を比べ, 少ない方を用いた。なお, +は破壊しない回数  $\sum n_i$  を用いたとき, -は破壊したデータ  $\sum n'_i$  を用いたときにとった。

表4 試験結果のまとめ

試験水準	I	非破壊数	破壊数
$h_2 (h_0 + 2d)$	2	$n_2$	$n'_2$
$h_1 (h_0 + d)$	1	$n_1$	$n'_1$
$h_0$	0	$n_0$	$n'_0$
$h_{-1} (h_0 - d)$	-1	$n_{-1}$	$n'_{-1}$
$h_{-2} (h_0 - 2d)$	-2	$n_{-2}$	$n'_{-2}$
		$\sum n_i$	$\sum n'_i$

破壊エネルギー E は(2)式により計算した。

$$E = W \cdot H_{50} \quad (\text{kg}\cdot\text{cm}) \dots \dots \dots (2)$$

ここで W は重錘の重量 (kg) である。

## 2.2 実験結果および考察

### 2.2.1 基礎試験

基礎試験結果を図3~図9に示す。図3に 13φ の曲げ, 圧縮, 圧壊試験結果を示す。HI は N に比較して若干低強度である。例えば 23°C における圧壊試験の 5% 歪点での強度は, N の 689 kg/cm<sup>2</sup> に対し HI では 603 kg/cm<sup>2</sup> であり約 12% 低い値を示す。また曲げ強さ, 圧縮強さ, 圧壊強さとも, 低温になるほど, ほぼ直線的に強度を増す傾向を示す。

これは 20φ (図5), 25φ (図6), 50φ (図7) に共通した傾向である。図4は 13φ の 5% ひずみ点における曲げ強さ, 圧縮強さを示すが, これも図3などと同じ傾向を示す。なお 5% ひずみ点は応力-ひずみ線図における比例限にほぼ一致する。

13φ では圧壊強さ (5% ひずみ点での値) が最も

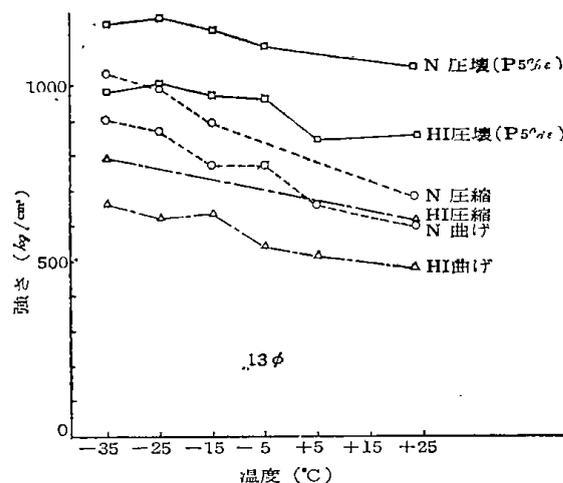


図3 曲げ・圧縮・圧壊試験結果 (13φ)

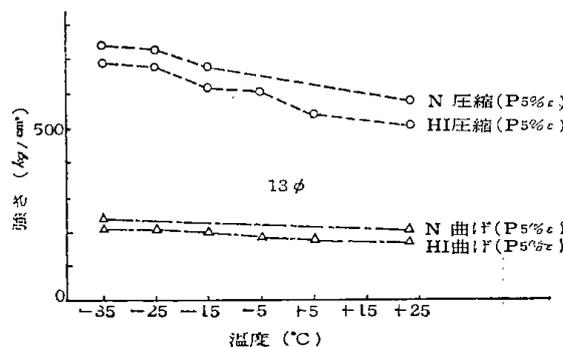


図4 5%ひずみ点における曲げ・圧縮強さ (13φ)

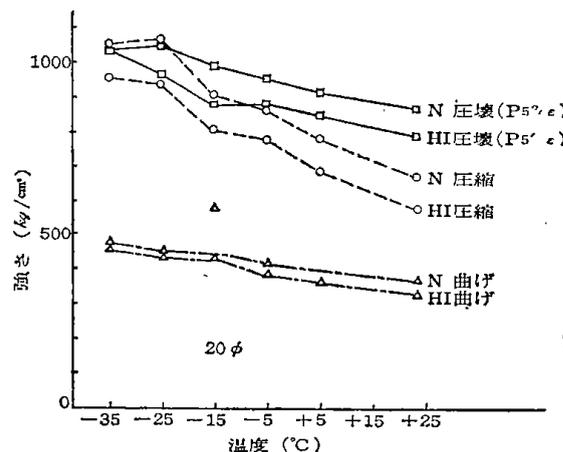


図5 曲げ・圧縮・圧壊試験結果 (20φ)

強く, 圧縮強さが, これに次ぎ曲げ強さが最も低く出る。20φ では +25°C ~ -15°C では 13φ と同じ傾向を示すが, -25°C ~ -35°C の低温では圧縮強さと圧壊強さの差はなくなる。25φ ではこの傾向はさらに進み -5°C 以下で圧縮強さと圧壊強さの差がなくな

( 4 )

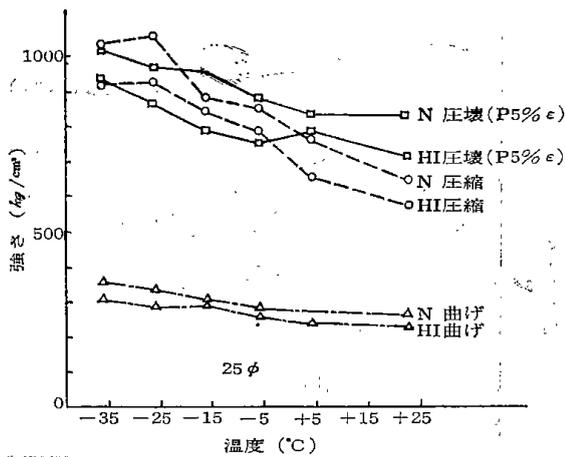


図6 曲げ・圧縮・圧壊試験結果 (25φ)

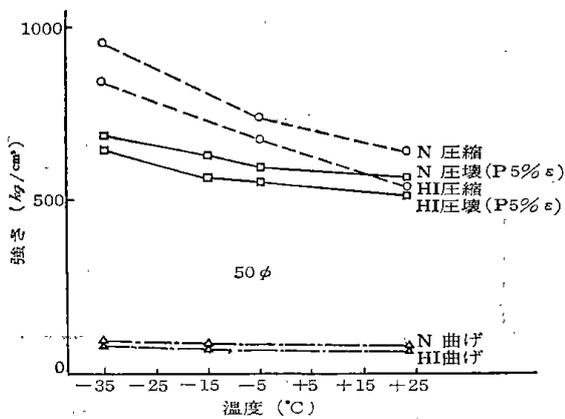


図7 曲げ・圧縮・圧壊試験結果 (50φ)

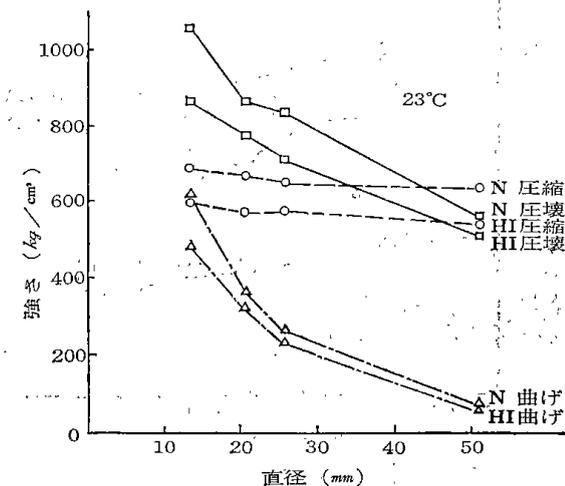


図8 パイプ呼び径と強さの関係

る。50φ の場合は 13φ 等の場合とは逆に圧縮強さの方が圧壊強さよりも高い値を示す。

図8は23°Cにおけるパイプ直径と各種強さの関係を示したものであるが、直径が大きいく程、曲げ強さと圧

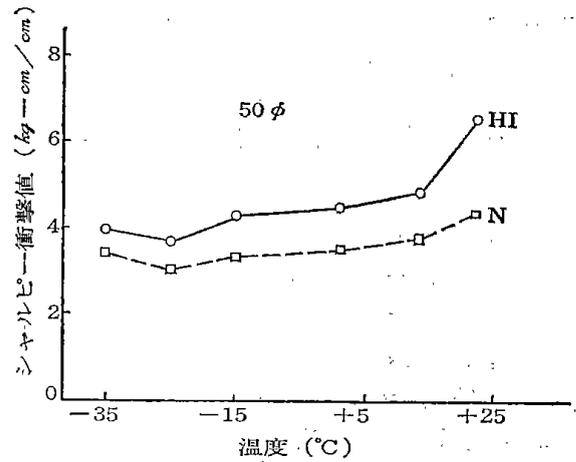


図9 シャルピー衝撃試験結果

壊強さは低下する。これは内径  $D_i$  と肉厚  $t$  の比が直径が増大するとともに減少する事に起因すると考えられる。

図9にシャルピー衝撃試験結果を示すが、図3～図8に示した静的な強度特性とは正反対の特性を示す。すなわち、HIはNに比し高い衝撃値を示した。また低温になるほど強度は低下し、かつHIとNの強さの差は低温になるほど小さな値を示す。

#### 2.2.2 低温落錘衝撃試験

低温における衝撃強さを図10に示す。この結果によれば、各径ともに温度の低下とともに強さも低下するが、-35°Cの極低温下においても表5のごとくHIパイプはNパイプに比して24～92%高い値を示す。ただ図10に示したように温度の低下とともにHIとNの衝撃強さの差はしだいに縮まっていく傾向がみられた。

表5 HI と N の衝撃強さの比

呼び径	-35°C	-25°C	-15°C
13	1.85	2.08	2.62
20	1.92	2.06	2.81
25	1.30	1.25	1.58
50	1.24	1.21	1.12

50%破壊高さにおける衝撃エネルギーを図11に示す。図8に示した静的特性とは逆に50φのものがもっとも高い強度を示し、径が小さくなるにしたがい、衝撃エネルギーは低下する。但しHIの25φのものは20φよりも低い値を示すが、この傾向が統計的に有意であるかどうかは解析していない。

低温衝撃試験を行なって壊れなかった試験片をラン

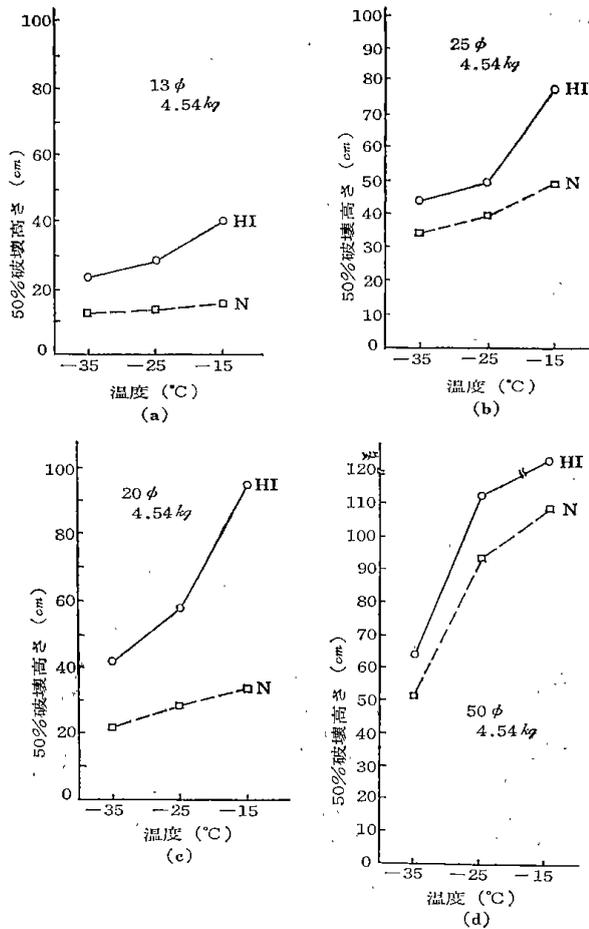


図10 落錘衝撃試験結果

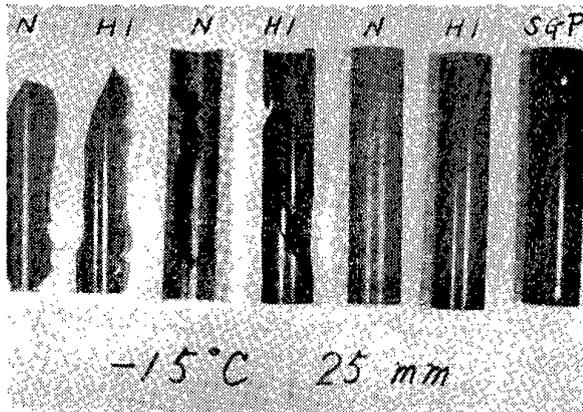


写真2 低温衝撃試験後の破面の一例

表6 低温衝撃試験後の変形量 (単位mm)

	-35°C		-25°C		-15°C	
	HI	N	HI	N	HI	N
13	-0.30~ -0.35	-0.15~ -0.20	-0.30~ -0.40	-0.20	-0.20~ -0.45	-0.10~ -0.20
20	-0.15~ -0.25	+0.05~ -0.20	-0.10~ -0.25	0~-0.20	-0.30~ -0.35	0~-0.10
25	-0.10~ -0.30	0~-0.10	-0.20~ -0.40	0~+0.05	-0.15~ -0.35	-0.05~ -0.10
50	-0.30~ -0.80	-0.05~ -0.45	-0.40~ -0.80	-0.35~ -0.55	-0.60~ -0.80	-0.50~ -0.80

注：公称寸法との差をとった。

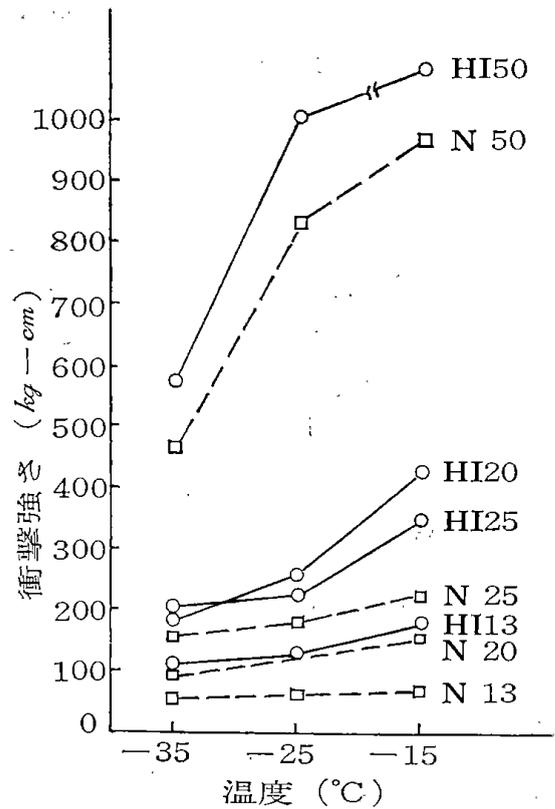


図11 衝撃強さ

ダムに取り出し、1時間後の残留歪を測定した。その結果を表6に示す。あらかじめ直径を測定していなかったので公称直径との差をとったが、外径許容差とほぼ同じ値であり、有意な残留歪はないものと判断した。

低温落錘試験後の試験片の破面の一例を写真2に示す HI パイプと N パイプの破面の形状に顕著な差は認められなかった。

状態調節に必要な時間を推定し、合わせて低温時における外径の変化を把握するため 13φ のパイプを選び、その外径変化を測定した。その結果を図12に示す。-15°Cでは約2時間でほぼ最低値に達したが -35°Cでは約10時間後に最低値に達した。また HI パイプと N パイプの外径変化に有意な差は認められなかった。

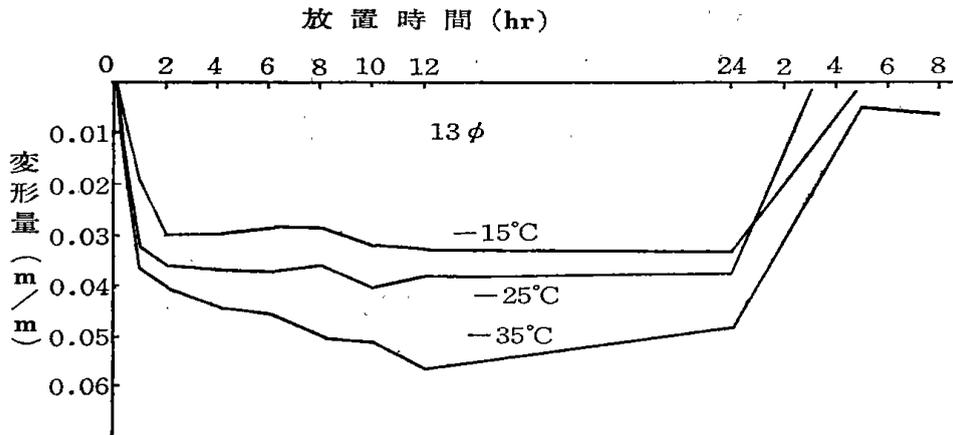


図12 低温におけるパイプの外径変化

### 第3章 実用耐寒試験

寒冷地において水道用屋内配管として HI パイプを使用する場合の低温実用特性を把握することは非常に困難である。そこで非常に多様な条件を整理し、いくつかのモデル化した実験を行ない、実用特性を推知することとした。前節の低温落錘衝撃試験もその一つであるが、その場合の試験体の長さは 150 mm であった。本節では試験体の長さは最低 1m 以上とし、できるだけ実際に近い状態で試験を実施するよう配慮しながら次のような実験を行なった。

#### 3.1 実験方法

##### 3.1.1 加圧、凍結-融解繰返し試験

水圧がかかった状態で凍結したときの配管の状態、凍結した配管に熱湯をかけて融解させたときの配管の状態、さらにはこの凍結、融解を繰返したときの配管の状態を比較検討する目的で、パイプに水を満たして加圧したのち凍結-融解を繰返す実験を行なった。

##### (1) 試料および実験条件

HI パイプと鋼管 SGP の特性を比較する目的で表 7 のように選んだ。また、参考のために N パイプについても一部実験を行なった。

試験体は長さ 1m とし図 13 のように一端に水栓を、他端にストップバルブをとりつけた。なお 50 mm の水栓がなかったのでキャップで閉じた。水栓ソケット

表 7 加圧凍結-融解繰返し試験体

	呼 び 径			
	13	20	25	50
ヒシパイプ HI	13	20	25	50
鋼 管 SGP	16	20	25	50
ヒシパイプ N	13	—	25	—

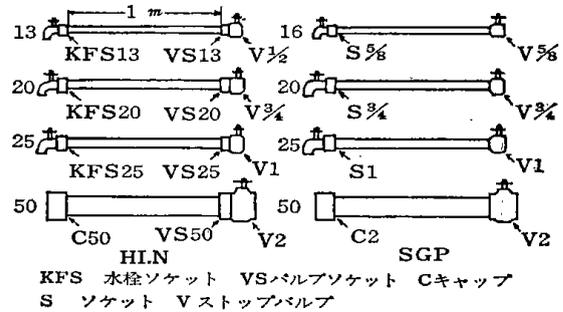


図13 加圧、凍結-融解繰返し試験体

バルブソケットなどは一般硬質塩化ビニルパイプ用接着剤を用いて試験体に接着し室温 (23±3°C) に24時間以上放置してから試験を行なった。

実験条件を表 8 に示す。

凍結時間の選定にあたっては予備試験を行ない、13, 20, 25 mm の全部が 1 時間後には完全凍結していることを確認した。なお 50 mm のパイプについては試験片の中心部に細長い筒状の未凍部分が残っており完全凍結にはいたらなかった。

融解作業にあたっては、北海道などの寒冷地において水道が凍結したとき一般家庭で実際に行なっている融解方法にできるだけそくするよう考慮しながら条件

表 8 実験条件

試験体の数	各3本
凍結温度	-35°C
凍結時間	1時間
熱湯温度	95±2°C
注湯量	2.6 l (13%), 4.0 l (20%), 5.0 l (25%), 10 l (50%)
注湯時間	2分
試験水圧	5 kg/cm <sup>2</sup>
測定事項	寸法, 外観変化

を設定した。すなわち一般には凍結部分にタオルなどの布をまきつけ、熱湯をヤカンなどで静かに注ぎながら融解させる。この場合熱湯温度として一応  $100^{\circ}\text{C}$  ということが考えられるが、作業の安全性や、定量  $4\text{ l}$  のヤカンを沸騰状態で火からおろし約  $3$  分で、 $95^{\circ}\text{C}$  に下がること（室温  $23^{\circ}\text{C}$  において）などの実態を考慮して注湯温度を  $95^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) とした。

注湯量を決定するにさいしては次のことを考慮した。すなわち、配管状態によって一概にいけないが、経験的にいって家庭用配管（径  $20\text{ mm}$  が普通である）で長さが  $1\sim 1.5\text{ m}$  位のものはおおむねヤカン一杯程度で融かすことができること、実際に注いでみて  $1$  分当たり  $2\text{ l}$  位、すなわち  $4\text{ l}$  のヤカンのお湯を  $2$  分でかけ終る位が量からみても適当と考えられたことなどから  $20\text{ mm}$  径のものについては  $4\text{ l}$  の湯を  $2$  分間でかけることにした。また塩化ビニルパイプは熱伝導率が低い（鋼の数百分の  $1$ ）ことを考慮して注湯量を増すべきだという考えがあったが、実際に熱湯を注いでみたところ上の条件で融けること、特性の比較という観点から各パイプともできるだけ同一条件で試験をすという考えから同一の注湯量をとることにした。

径が異った場合の注湯量については議論のあるところであるが、凍結した水道から水がでるようにするためには中の氷を全部融かす必要がなく外周部さえ融ければ“水路”ができて水が流れ出し、あとは流水で氷が自然にとけるという事実から考えてパイプの表面積に比例（パイプ長さが同じであるから結局は直径に比例する）した注湯量をえらんだ。すなわち呼び径  $20\text{ mm}$  の  $4\text{ l}$  を基準にして  $13\phi$  では  $2.6\text{ l}$ 、 $25\phi$  では  $5\text{ l}$ 、 $50\phi$  では  $10\text{ l}$  とした。

試験水圧については、普通の家庭用水道の水圧は  $2\sim 3\text{ kg/cm}^2$  であるが起伏の多い街では  $5\text{ kg/cm}^2$  をこえることがあること、使用するバルブ、水栓の耐圧 ( $10\text{ kg/cm}^2$ ) などを考慮して  $5\text{ kg/cm}^2$  とした。

## (2) 試験操作

分岐回路を介して試験体に水圧ポンプで水圧をかけたのちストップバルブを閉止し、分岐回路から取外し低温室に横に並べて放置し凍結させた。凍結後低温室から取り出し、全体を二つ折りにしたガーゼで二重に覆ったうえで写真3のように水栓が上に来るように立てて上から静かに熱湯を注ぎ融解させた。融解の前後に試験体の変化を観察した。この凍結-融解の操作を破壊するまで繰返した。

### 3.1.2 実物配管、加圧-凍結-融解繰返し試験

加圧凍結-融解繰返し試験の結果、一部の試験体に



写真3 融解操作

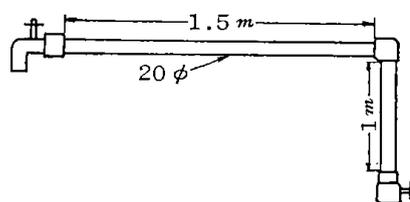


図14 実物配管加圧-凍結-融解繰返し試験体

においてストップバルブ弁座が凍結圧力のため変形し融解時にそこから水が漏れ、途中から加圧状態になかったとみられる試験体があったこと、および実際の配管との類似性からみて試験体の長さが  $1\text{ m}$  では不十分ではないかと考えられたことなどの諸点を勘案して図14の如き直角の曲がりをもつ、縦  $1\text{ m}$ 、横  $1.5\text{ m}$ 、全長  $2.5\text{ m}$  の試験体を作り加圧、凍結、融解を繰返す試験を行なった。

#### (1) 試料および実験条件

試料は一般家庭などで広く使われている呼び径  $20\text{ mm}$  の HI パイプ、N パイプ、鋼管 SGP を用いた。試験体取扱中にエルボ部分などに荷重が加わらぬよう軽量アングルで保護枠を組み試験体をビニルコードで軽く固定した。なお融解にあたっては試験体に布を巻かなかった。

実験条件を表9に示す。

表9 実験条件

試験体の数；各3本
凍結温度； $-35^{\circ}\text{C}$
凍結時間；1時間
熱湯温度； $95 \pm 2^{\circ}\text{C}$
注湯量； $2\ell/\text{min}$
注湯時間；HI, N 5分(10 $\ell$ ) SGP 2分(4 $\ell$ )

## (2) 試験操作

試験手順は次の通りである。

① 試験体に水を満たして水圧ポンプで  $5\text{ kg/cm}^2$  に加圧してからバルブを閉じ低温室内 ( $-35^{\circ}\text{C}$ ) に1時間放置し凍結

② 低温室より取り出しバルブに水道配管を接続しバルブを熱湯で融かしてから解放。

③ 水栓側から徐々に熱湯 ( $95^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) をかけ融解。

④ パイプ内壁面の氷が解け“水路”ができて流水を開始したら注湯を止め、そのまま約10分間水道水(水温 $12^{\circ}\text{C}$ )を放水し、内部の水を完全に融解。

以上の操作を1サイクルとし、10サイクルを限度として試験体が破壊するまで繰返した。

### 3.1.3 加圧凍結衝撃試験

水道が凍結しかつそこに衝撃的な力を受けたときの強さを推知する目的で HI パイプと鋼管 SGP について加圧凍結衝撃試験を実施した。

#### (1) 試料および実験条件

試験体は図13に示した加圧、凍結-融解繰返し試験

表10 加圧凍結衝撃試験体

	呼 び 径			
ヒシパイプ HI	13	20	25	50
鋼 管 SGP	16	20	25	50

表11 実験条件

試験体の数；各3本
水 圧； $5\text{ kg/cm}^2$
凍結温度； $-35^{\circ}\text{C}$
凍結時間；1時間
重錘落下高さ； $13\phi$ H/2=11.8 cm
$20\phi$ H/2=20.9 cm
$25\phi$ H/2=22.3 cm
$50\phi$ H/2=63.3 cm

体と同じもので、表10の如く HI パイプ 4種と鋼管 SGP 4種を選んだ。試験条件を表11に示す。ここで重錘落下高さは、低温衝撃試験で求めた HI パイプの50%破壊高さの $\frac{1}{2}$ をとった。また、鋼管 SGP については試験機の容量が小さくて50%破壊高さが求められなかったが、HI パイプとの比較という観点から同一の基準高さをとった。

#### (2) 実験操作

加圧凍結後、試験体の中央部に重錘を落下させ破壊の有無を調べた。各3ケの試験体については図15のダイアグラムに従って重錘落下高さを変えることとした。

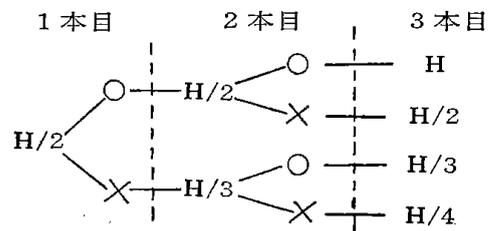


図15 加圧凍結衝撃試験のダイアグラム  
ただし ○破壊しなかったとき  
×破壊したとき

例えば最初 H/2 で壊れなかったときは、2本目は H/2 でやり、それでも壊れなかったときは3本目は H にあげ、もし2本目で壊れたときは3本目も H/2 でという方法をとった。

## 3.2 実験結果および考察

### 3.2.1 加圧、凍結-融解繰返し試験

試験結果を表12に示す。HI パイプ、N パイプとも優れた特性を示し、破損したのは16本中わずか4本であった。しかもパイプ部分で破損したのは HI パイプの  $20\text{ mm}$  (No. 3) と N パイプの  $25\text{ mm}$  (No. 1) の2本で残りは接着部の“抜け”および接着部からの漏水であった。但しパイプの一部分に“ふくれ”による白化が観察された。これに対し鋼管 SGP は12本中7本が第1回目の凍結中、あるいはそのあとの融解中に破損し10回の試験に耐えたのはわずか2回であった。

鋼管 SGP の破壊の形式には二つあり、一つはパイプの途中に数 cm ~ 十数 cm の亀裂を生ずるもので(4本)、他はバルブ、水栓、キャップの破損であった。結局パイプ自体の強度が高いために水栓、バルブ接続具等に応力が集中し破損したものと考えられる。

なお一部の試験体において融解時にバルブの弁座から少量の漏水が観察された。(これは氷の凍結応力の集中による弁座のわずかな変形に起因する)したがっ

表12 加圧, 凍結—融解試験結果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
HI 13	1	○	○	○	○	白○	○	○	○	○	○	水栓首部で軸線よりへだたる
	2	○	○	○	○	曲○	○	○	○	○	○	
	3	白○	○	○	○	白○	○	○	○	○	○	
HI 20	1	○	白○	○	○	○	○	○	○	○	○	凍結中に破裂
	2	白○	白○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	3	白○	○	○	○	白○	○	○	○	×		
HI 25	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	3	○	○	○	○	白○	○	○	○	○	○	
HI 50	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	融解直前にバルブソケット 接着部より漏水 氷解時に盲キャップ抜け
	2	○	○	○	○	○	○	×				
	3	○	○	○	×							
SGP 16	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	パイプ中央部亀裂 (115%) パイプ中央部亀裂 (20%)
	2	○	×									
	3	×										
SGP 20	1	○	○	○	○	○	○	×				パイプ中央部亀裂 融解中水栓に亀裂 凍結中水栓に亀裂
	2	×										
	3	×										
SGP 25	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	バルブ弁座変形 バルブ弁座変形
	2	×										
	3	○	○	○	×							
SGP 50	1	×										凍結中バルブ亀裂 凍結中キャップ破壊 取出し直後キャップ破壊
	2	×										
	3	×										
N 13	1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	3	○	○	○	○	曲○	○	○	○	○	○	
N 25	1	○	○	○	×							凍結中に破壊
	2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

注：白……白化，曲……曲がり，フ……フクレ、×……破壊

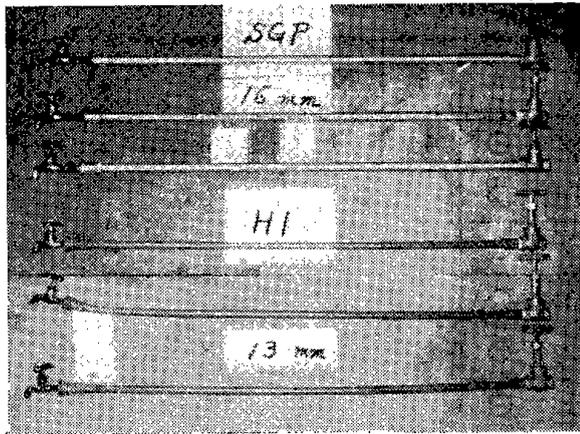


写真4 加圧，凍結-融解繰返し試験結果

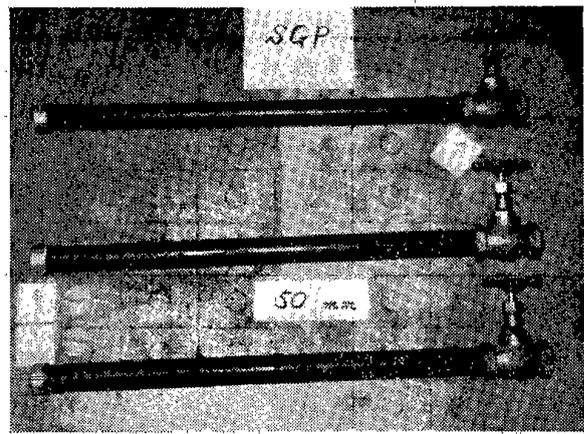


写真7 加圧，凍結-融解繰返し試験結果



写真5 加圧，凍結-融解繰返し試験結果

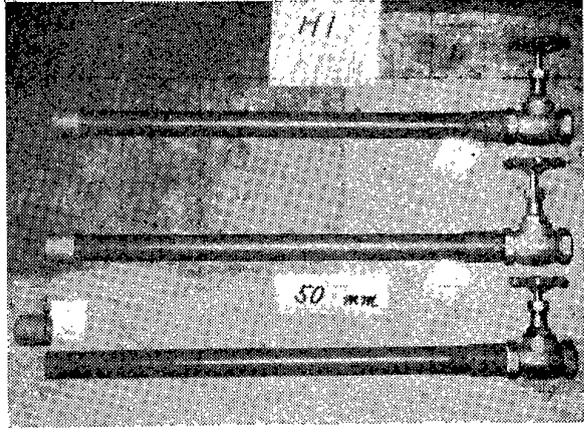


写真8 加圧，凍結-融解繰返し試験結果

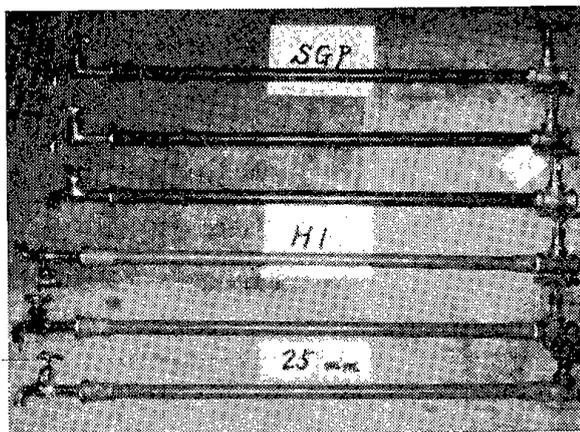


写真6 加圧，凍結-融解繰返し試験結果

表13 加圧，凍結-融解後の試験体中央部の膨脹  
(1サイクル後) (単位mm)

		No. 1		No. 2		No. 3	
		凍結後	融解後	凍結後	融解後	凍結後	融解後
HI	13	0.20	-0.03	0.18	0	0.43	0.13
	20	0.78	0.78	0.60	0.20	0.75	0.20
	25	0.73	0.18	0.73	0.15	0.88	0.35
	50	0.48	0	0.43	0.03	0.63	0.13
SGP	16	0.23	0.25	0.25	0.15	0.25	—
	20	0.85	0.80	0	0	0	—
	25	0.85	0.83	0.88	0.90	0.95	0.85
	50	0	—	0.08	—	0.35	—
N	13	0.38	0.10	0.23	-0.03	0.38	0.10
	25	0.83	0.48	0.73	0.15	0.83	0.30

て試験体のうち幾本かは最初に与えた  $5 \text{ kg/cm}^2$  の水圧が最後まで保持され得なかったものがあると考えられるが、その数は確認できなかった。試験後の試験体を写真4～8に示す。

破損したパイプを観察すると、鋼管 SGP は数 cm ～十数 cm 縦に裂けるのに対し、HI パイプは10～数 10 cm にわたり破損し、N パイプはそれ以上で破

損長さが最も長い。HI パイプと N パイプの呼び径 13 mm の試験体の一部には写真4にみる様に大きな“まがり”が認められた。これは熱湯と零下数十度の寒気という  $110^\circ\text{C} \sim 130^\circ\text{C}$  におよぶ温度差の冷熱履歴の影響が小口径パイプに顕著にあらわれたものと考えられる。

加圧凍結することによって試験体は膨脹するが、1 サイクル目の加圧凍結後、あるいは融解後の試験体中央部の膨脹を測定した結果を表13に示す。

凍結によっておこる“ふくれ”は HI パイプ、鋼管 SGP、N パイプともそれぞれの径に応じて同じオーダーの値を示すが、融解後の HI パイプ、N パイプが膨脹した値の半分またはそれ以下まで復元するのに対し鋼管 SGP はほとんど復元しない。

凍結冷却を繰返してもこの傾向は変わらないが HI パイプ、鋼管 SGP、N パイプともにワークポイントは次第にふくれがひどくなり遂には破壊にいたる。

3・2・2 実物配管加圧-凍結-融解繰返し試験

試験結果を表14に示す。大部分の試験体が1～2回の試験で破壊した。このため配管材料の相違による特

性の有意な差を検出するにはいたらなかったが、鋼管 SGP がやや優れた特性を示した。

このように早いサイクルで破壊したのは、金属の枠に固定したため冷却速度が大きすぎたのではないかといい、また配管が長くなるとそれだけ集中応力が大きくなることなどが考えられる。

鋼管 SGP について前節で行なった試験の破断面と実物試験の破断面を比較すると後者の方がふくれの範囲がひろく亀裂の長さも長く以上の推定をうらずけている。

HI パイプと Nパイプの破損の状況を写真9、10に示すが、HI パイプの破損は部分的であるのに対し Nパイプの破損は全体におよび、しかも破片が細かいのが特徴的である。

表14 実物配管，加圧-凍結-融解繰返し試験結果

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
HI 20	1	○	×									凍結中に破損
	2	×										"
	3	×										"
SGP 20	1	○	×									バルブ弁座破壊
	2	○	×									融解中に水柱亀裂
	3	○	○	×								取出直後膨脹破裂
N 20	1	×										融解時膨脹亀裂
	2	○	×									膨脹破裂
	3	×										膨脹破裂

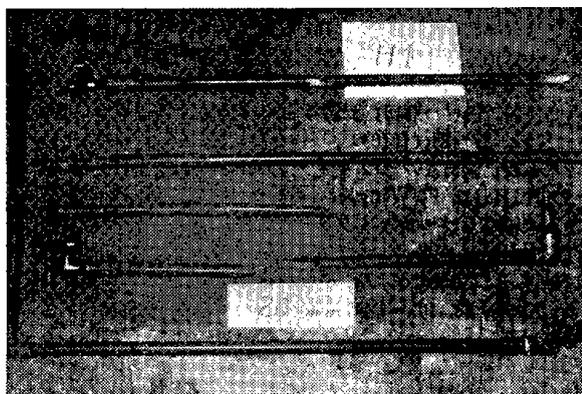


写真9 実物配管，加圧-凍結-融解繰返し試験破断面 (HI パイプ)

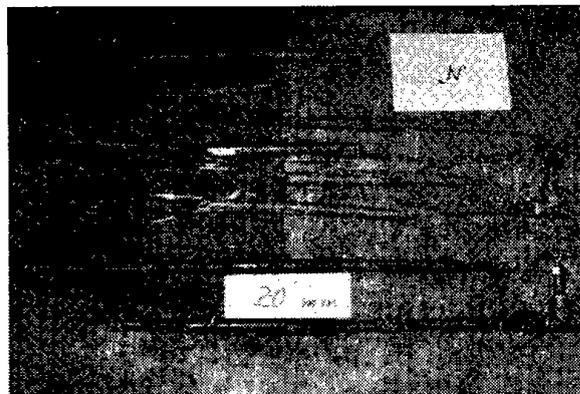


写真10 実物配管，加圧-凍結-融解繰返し試験破断面 (Nパイプ)

3・2・3 加圧凍結衝撃試験

試験結果を表15に示す。何れも50%破壊高さ (H)

の1/2の高さから重錘を落下させても破壊しなかった。

表15 加圧凍結衝撃試験結果

試料番号	No. 1	No. 2	No. 3	備	考
HI 13	H/2 ○	H/2 ○	H ×	4.54 kg	
HI 20	H/2 ○	H/2 ○	H ×	4.54 kg	
HI 25	H/2 ○	H/2 ○	—	4.54 kg	
HI 50	H/2 ○	H/2 ○	—	9.07 kg	
SGP 16	H/2 ○	H ○	フルスケール○	4.54 kg	フルスケール 140cm
SGP 20	H/2 ○	H ○	フルスケール○	4.54 kg	"
SGP 25	H/2 ○	H ○	フルスケール○	4.54 kg	"
SGP 50	H/2 ○	H ○	フルスケール○	9.07 kg	フルスケール 110cm

注：Hは低温衝撃試験で求めた HI パイプのそれぞれの径の50%破壊高さを示す。

○印 破壊せず×印破損

#### 第4章 総 括

HI パイプの低温時における静的強度，衝撃強度を求め合わせて実用特性を推知し，他の配管材料すなわち鋼管 SGP，N パイプとの特性を比較すべく耐寒試験を行なった。その結果，

(イ) HI パイプはNパイプに比して曲げ，圧縮，圧壊特性において若干低強度であり，また，これら特性は低温になるにしたがいほぼ直線的に向上する。

(ロ) 衝撃特性は鋼管 SGP が圧倒的に優れている。HI パイプはNパイプより高い衝撃特性を示すがいずれも低温になる程強度は低下する。

(ハ) 凍結-融解に関する実用特性は HI パイプが最も優れ，Nパイプ，鋼管 SGP がこれに次いだ。

以上の結果，HI パイプが低温時においても優れた特性を示すことが明らかになった。

なお本実験においては，凍結の際，室温(23°±3°C)から規定の試験温度に保持された低温室へ直接試験体を搬入したため瞬時に数十度という温度差に遭遇し急激に冷却された。

一般に，寒冷地においては配管は何がしかの保温保冷工事を施こされているのが普通であり，また気温も

数時間乃至数十時間を経て徐々に昇降するのが普通である。したがって配管の冷却凍結も徐々に進行するものと考えられる。

この実験においては，この冷却速度が現実より非常に大きく，苛酷な試験方法であったといえる。したがって実用に際しては本試験とは異なった特性(特に加圧，凍結，融解特性においてより優れた特性)を示すことも考えられる。

(昭和45年9月第14回材料研究連合講演会(京都市)にて発表)

#### 文 献

- 1) 小林，白木；プラスチックエージ，16，〔7〕，65～67 (1970)
- 2) 田口幸近；プラスチック，21，〔7〕，30～40 (1970)
- 3) 田口幸近；プラスチックエージ，16，〔7〕，89～91 (1970)
- 4) 小坂勇次郎；高分子，18，〔206〕，310～315 (1969)
- 5) 小坂勇次郎；高分子，18，〔207〕，386～391 (1969)
- 6) 豊崎喜信；塩化ビニルとポリマー，10，〔5〕，23～30 (1970)
- 7) 伊藤，松村，郷田，安野；塩化ビニルとポリマー，10，〔5〕，31～38 (1970)
- 8) 小坂，紫田；プラスチックエージ，16，〔7〕，77～80 (1970)
- 9) H. Bartl, F. Winkler；Kunststoffe，60，19～22 (1970)
- 10) 木村規；プラスチックエージ，16，〔7〕，137～142 (1970)
- 11) 編集部；塩化ビニルとポリマー，10，〔5〕，1～5 (1970)
- 12) W. J. Dixon, A. M. Mood；J. of Ame. Statistical Assn., 43, 109～126, (1948)

Performances of High Impact Type Poly (vinyl chloride) Pipe  
at Low Temperature —Mainly on EVA-VC Graft Polymer—

Satoru SUZUKI, Takashi TSURUE

Okio NISHIMURA, Hiroshi KUBOTA

(Government Industrial Development Laboratory, Hokkaido)

Yuzo YAMAMOTO, Sadao KONDO, Yoshikazu OOIWA

(Mitsubishi Plastic Industries Ltd., Tokyo)

Mechanical properties of HI PVC and PVC pipes under a temperature range of  $+23^{\circ}\text{C}\sim-35^{\circ}\text{C}$ , were measured by means of the Shimazu Auto-graph and the Charpy Tester.

Also measured were the "Performances" of HI PVC pipe in a low temperature range of  $-15^{\circ}\text{C}\sim-35^{\circ}\text{C}$ , by means of UL (Under-writers' Laboratories) type Falling Dart Tester, and by freezing-meltings test of modelized pipe line. These data were compared with those of PVC homopolymer pipes and steel gas pipes.

The results obtained are summarized below:

- (1) In the bending test crushing test and compressive test (test speed 10 mm/min), roughly inversely proportional relations were found between strength and temperature exist; namely the lower the temperature the higher the strength.  
The strength of HI PVC pipe as compared with the PVC pipe, shows slightly low values. For instance, in the crushing test at  $23^{\circ}\text{C}$ , the ratio  $\sigma_{\text{HI}}/\sigma_{\text{N}}$  is about 0.88.
- (2) Opposite results were obtained in the Charpy impact test, ie, the impact strength of HI PVC pipe exceeds that of PVC pipe, and the lower the temperature is the lower the strength is also. However, in a temperature region of  $-25^{\circ}\text{C}\sim-35^{\circ}\text{C}$ , the difference decreases.
- (3) In the testing by the UL Impact Tester, similar results were obtained in the case of Charpy impact test.
- (4) In the repeated tests such as freezing and melting on the modelized pipe line, HI PVC pipe and PVC pipe show good performances as compared against steel gas pipes.

---

北海道工業開発試験所報告

第4号

昭和46年3月1日 印刷  
昭和46年3月30日 発行

編集兼発行者 山口 義 明  
発行所 工業技術院北海道工業開発試験所  
札幌市東月寒41-2  
電話 札幌 (861) 0151  
印刷人 山 藤 邦 男  
印刷所 山藤印刷株式会社  
札幌市南大通西6丁目  
電話 札幌 (241) 3047

---