

ガスダム付通信ケーブルの開発

Development of Communication Cable with Pressure Dam

ガス保守される通信ケーブル線路の端末には、ケーブル布設現場においてガスダムを施工していたが、気密性の信頼性の向上並びに現場作業の省力化を図るため、環境・作業条件の良い工場内でケーブル端末にガスダムを設けたガスダム付ケーブルが用いられるようになってきた。

このたび、日立電線株式会社では、常温硬化性樹脂注入方式によるガスダム付ケーブルを開発した。ガスダム部の構成は、注入樹脂、ケーブル及び樹脂受けケースから成り、この気密性は、注入樹脂との接着により保持するもので、各種の試験においても優れた気密性を示し、十分実用に耐え得ることが確認された。

遠藤 義幸* *Yoshiyuki Endô*

高橋 一雄** *Kazuo Takahashi*

高木賢二郎** *Kenjiro Takagi*

1 緒 言

近年、通信ケーブルには種々の重要回線を収容しており、極めて高い信頼度が要求されている。そのため、重要ケーブルについてはシースの損傷や破断の監視を迅速にできるガス保全方式による予防保全が行なわれている。

ガスをケーブル内に封入するためには、主ケーブルの両端末及び分岐ケーブルの端末にガスダムを設け、ケーブル内に封入されたガスが漏れぬよう密閉する必要がある。従来、これらのガスダムは、ケーブル布設現場において熱硬化性樹脂注入法により施工していたが、注入樹脂の性質、施工場所の位置などで作業上の制約を受けることが多く、更に周囲条件により均一な気密性を得ることが困難であった。そこで、作業環境の良い工場内で管理された作業によりケーブル端末にガスダムを設けたガスダム付ケーブルを作製しておくことにより、ケーブル布設現場においては、このガスダム付ケーブルと主ケーブルの接続施工のみで終わり、現場作業の省力化、気密性に対する信頼性の向上など利点が多い。

筆者らは、昭和47年からガスダム付ケーブルの構造、特性について検討を進めてきたが、気密性はもちろん、機械的

性においても信頼性のあるガスダム付ケーブルを開発することができ、これまで多量のガスダム付ケーブルを日本国有鉄道に納入している。

本稿では、このガスダム付ケーブルの構造並びに特性について述べる。

2 ガスダム付ケーブルの使用例

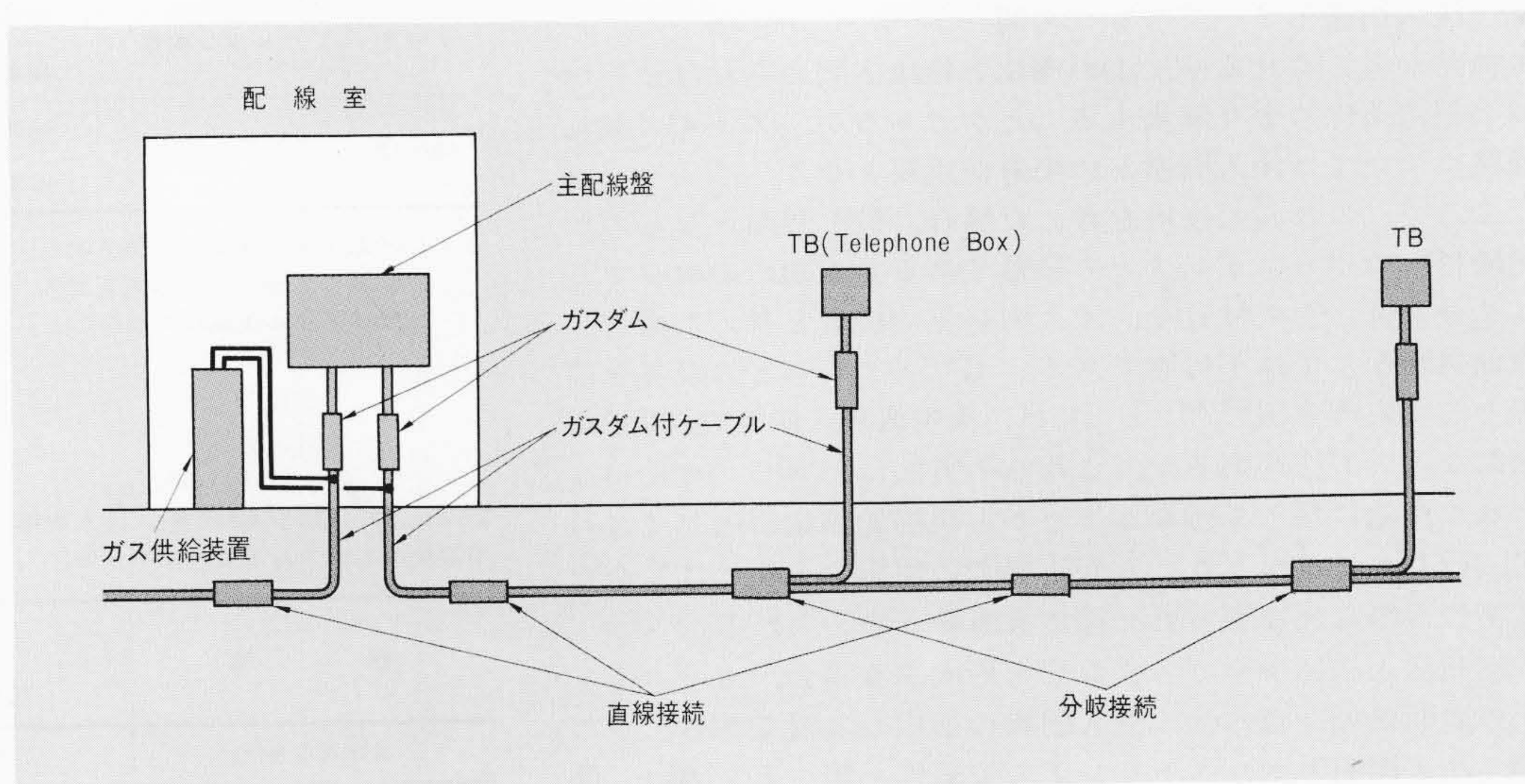
図1に、鉄道沿線におけるガスダム付ケーブルの使用例を示す。

配線室には配線室引込み用のガスダム付ケーブルを、またTelephone Box (以下、TBと略す)には分岐用のガスダム付ケーブルを、それぞれ主ケーブルと直線、又は分岐接続するだけでシステムの気密性の信頼性の向上並びに布設工事の省力化に大きく寄与している。

3 ガスダム部の構成

ガスダム付ケーブルは、配線室引込み用及び分岐用として、
(1) A形(ポリエチレン絶縁アルミシース ケーブル)

図1 ガスダム付ケーブルの使用例 ガスダム付ケーブルの使用により、通信線路の気密性の信頼性の向上と作業の省力化が図れる。



* 日立電線株式会社研究所

** 日立電線株式会社日高工場

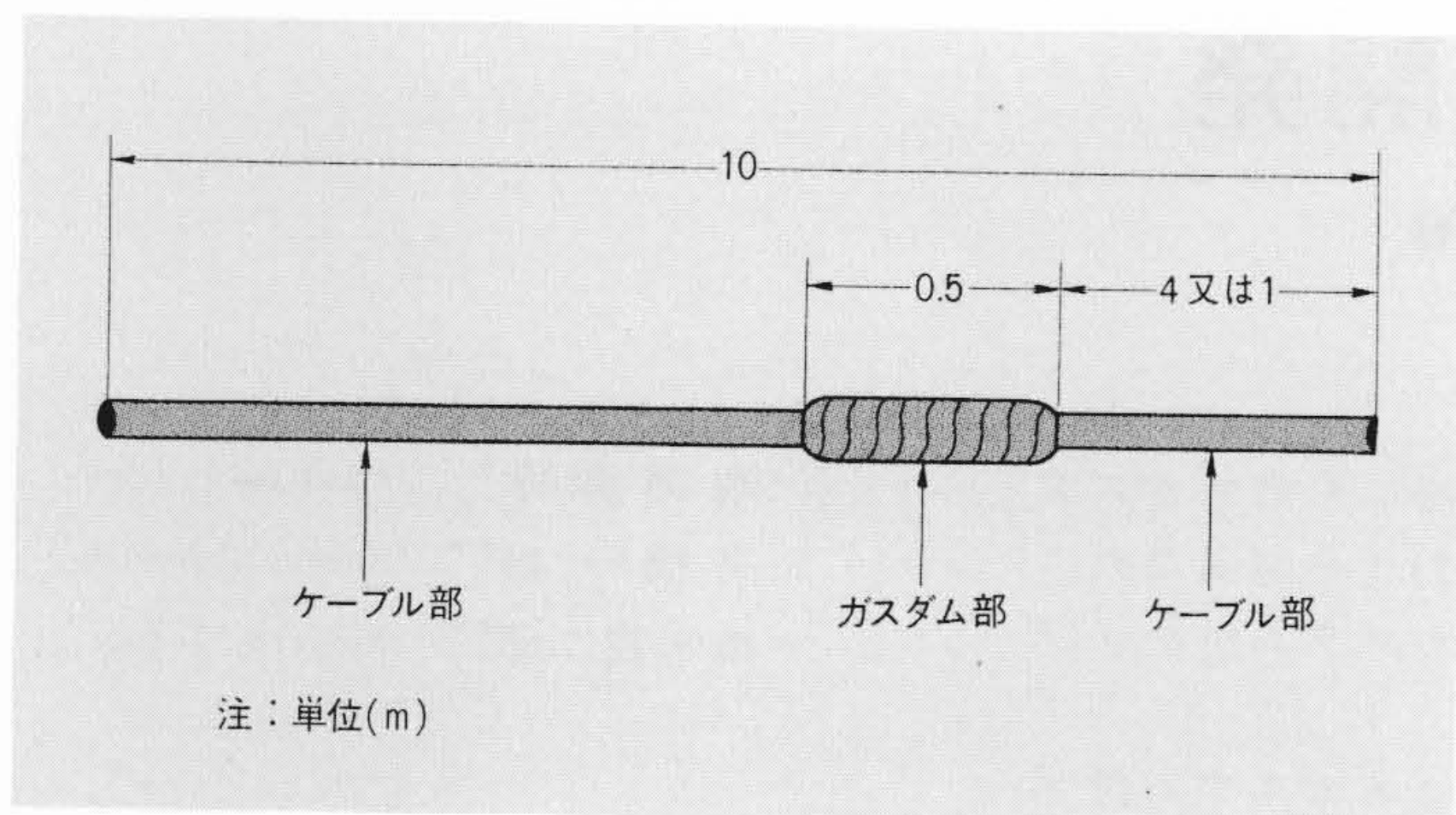


図2 ガスダム付ケーブルの構成 ガスダム付ケーブルは、ケーブル部及びガスダム部から成り、ケーブル長は、使用実績、経済性などから標準化されている。

(2) B形(ポリエチレン絶縁アルベスシース ケーブル)
 (3) C形(ポリエチレン絶縁コルゲートシース ケーブル)
 の3種に分類されており、図2に示すようにケーブル長が10mで、片端より配線引込み用が4m、分岐用が1mの位置にガスダム部を設けたものである。

4 ガスダム部構造の検討

4.1 注入樹脂の選定

これまで発表されているガスダム付ケーブルのガスダム部の形成法⁽¹⁾としては、

- (1) PEモールド法
- (2) エポキシ注入法
- (3) 混和物弾性スリーブ法

などの方法が発表されているが、これらの方法は、いずれも従来の現場施工で行なっていた樹脂注入法では完全な気密性が得られなかったことから特殊なくふうを凝らし気密性を得ている。

樹脂注入法により形成されたガスダム部のガス漏れ経路としては、

- (1) 導体と絶縁体間
- (2) 注入樹脂と絶縁体間
- (3) 注入樹脂とガスダム用ケース間
- (4) 注入樹脂とケーブルシース間

の経路が考えられるが、(1)の導体と絶縁体間の漏れはケーブルの製造条件により解決することができるが、(2)～(4)の漏れ経路については注入樹脂との接着が重要となる。

ここで、これらの接着を考えた場合、最も問題となるのは絶縁材料のポリエチレンとの接着である。周知のとおりポリエチレンは、その性質上、注入樹脂との接着を考えた場合、表面処理なしでは不可能である。ポリエチレンとの接着を前提とした処理方法⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾としては、火炎処理、酸処理、電子線照射などの方法があるが、これらの方法は、ケーブルという特殊な構造に対して行なうことから現場的作業に適しておらず、行なわれなかったことが現場での樹脂注入法では完全な気密性が得られなかった一因でもあると考えられる。

樹脂注入法によりガスダム部を形成する場合、ポリエチレンの表面処理と合わせて注入樹脂の選択も重要である。そこで、注入樹脂とポリエチレンとの接着性を調べるために、図3に示す試料で予備検討を行なった。結果は、表1に示すとおりである。

結果より、ポリエチレンとの接着は、表面処理と接着剤を

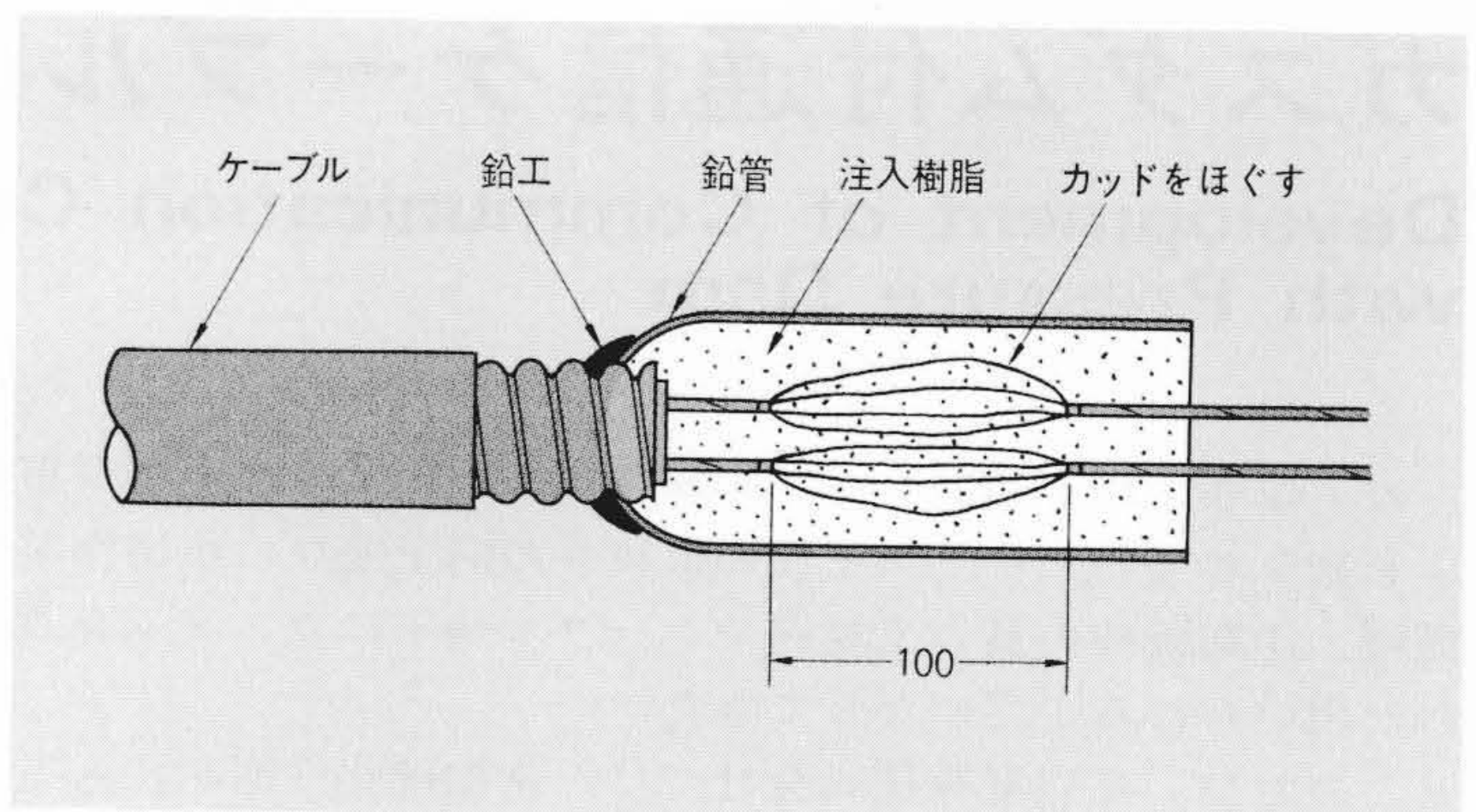


図3 ガスダム部の検討試料 注入樹脂と心線との接着性をみる構造とした。

前処理として塗布することによりポリエチレン表面の「ぬれ」が良くなり、その効果が増すことが分かる。

処理なしにおけるガス漏れ経路は、絶縁体と樹脂間からの漏れで、ポリエチレンとの接着は表面処理が不可欠のものであることが分かる。

また、図4に示す試料ではく離試験を行なった。結果は、表2に示すとおりであるが、これよりも表面処理効果があることがうかがえる。

ここに使用した注入樹脂は、接着剤として使用されている常温硬化性のエポキシ樹脂で、硬化後、中位の硬さとなり、衝撃や振動に対して良好な特性をもっており、接着性も比較的安定している。ウレタン樹脂については、硬化時間が長く

表1 ガスダム部の予備検討結果 絶縁体表面の火炎処理と接着剤による前処理とで接着効果を高めている。

試料No.	注 入 樹 脂	心 線 処 理	気 密 性 *
1～3	エポキシ樹脂	絶縁体表面処理なし 接着剤で前処理	常温で漏れ
4～6	"	絶縁体表面処理 接着剤で前処理	漏れなし
7～9	ウレタン樹脂	絶縁体表面処理なし 接着剤で前処理	常温で漏れ
10～12	"	絶縁体表面処理 接着剤で前処理	漏れなし

注：1. 常温で1 kg/cm²の空気を封入、48時間後漏れのないこと。

2. 常温で1 kg/cm²の空気を封入、-20～+60℃のヒートサイクルで20サイクル後漏れのないこと。

表2 はく離試験結果 注入樹脂とポリエチレンとの接着は、表面処理が不可欠のものであることが分かる。

樹 脂	は く 離 強 度 (kg)	
	処理なし	表面処理
エポキシ樹脂	0.45	1.96

注：1. N=40の平均値

2. 引張速度 100mm/分

3. 180°はく離試験

4. 試料作成後1週間経過後測定

実用的でない。

また、このほかの樹脂としては、従来から一般に使用されているエポキシ系やポリエステル系の混和物についても試料を作製し検討したが、これらはいずれも硬化後の硬度が大きすぎ、接着性も良好でなかった。

4.2 ガスダム部の構造

従来、ガスダム部内は、注入樹脂と心線との接着を良くするため絶縁体をはぎ取り、導体を露出させたり、切断のうえ再接続したりして金属との接着を図る手法を講じてきたが、導体を露出させる手法は、それだけ障害の発生要因となるので好ましくないと判断される。また、ケーブルを引き込む主配線盤やTBの大きさにも規格があることから、ケーブル寸法に合ったガスダム部の太さ及び長さが規定されている。更に樹脂注入法によりガスダム部を製造した場合、ケーブル側に樹脂が流入するとケーブルの可撓性を阻害し、現場における作業性を悪くするのでケーブル側への流入は絶対にあってはならない。

日本国有鉄道の規格⁽⁵⁾でガスダム部構造は、

- (1) ガスダム部内において心線を接続したり、導体を露出させない。
 - (2) ガスダム部の太さ、長さの規定
 - (3) ケーブル側に注入樹脂の流入がないこと
- となっており、以上の点を考慮し開発したガスダム部の構造は図5に示すとおりである。このガスダム部の特長を次に示す。
- (1) 特殊材料、工法を用いていない。
 - (2) 構造が簡単である。
 - (3) 小形、軽量である。

5 ガスダム部の試験結果

5.1 試験条件の設定

ガスダム部は、気密性が100%保証されるものであると同

時に、電気的機械的性能も十分に満たすものでなければならない。特に振動、衝撃、温度変化などは、ガスダム部の寿命を左右する大きな要因であるので、その点も考慮し試験条件を設定した。

(1) 常温試験

ガスダム付ケーブルのガスダム部の気密性は、封入ガス(窒素ガス、乾燥空気)の漏れがないことを必要とする。通常、ケーブル内に封入されるガス圧は、 0.65kg/cm^2 であるが封入の際、封入端での圧力は 0.65kg/cm^2 以上になるので 1kg/cm^2 を封入し100時間経過後の封入圧を測定する。

(2) ヒートサイクル試験

ガスダム付ケーブルの設置環境は、屋外が多いため、外気温の変動にさらされる。その温度は、 $-25\sim 40^\circ\text{C}$ 程度の範囲にあることが一般に知られている。屋外にガスダム付ケーブルを使用した場合、高温時には直射日光により外気温以上の温度となることが一般ケーブルで実測されている。従って、試験条件としては常温において 1kg/cm^2 のガスを封入し、 $-25\sim 60^\circ\text{C}$ の温度範囲で100サイクル以上にわたり異常のないことを確認する。

(3) 振動試験

TBに取り付けたガスダム付ケーブルは、列車通過の際、振動(実測例:15サイクル/秒)を受けるので、

- (a) ケーブル及びガスダム部の全体を振動させた場合
 - (b) ガスダム部を固定、ケーブルを振動させた場合
- の二とおりについて振幅10mm、振動数600回/分で100万回以上とした。試験状況を図6に示す。

(4) 落下試験

現地で布設作業の際、ガスダム付ケーブルを落下させた場合を想定する。作業によるガスダム部支持高さは、作業者の身長程度であるが、マンホールの場合はその深さが2.5m程度のものも考えられるので、落下高さを2.5mとした。

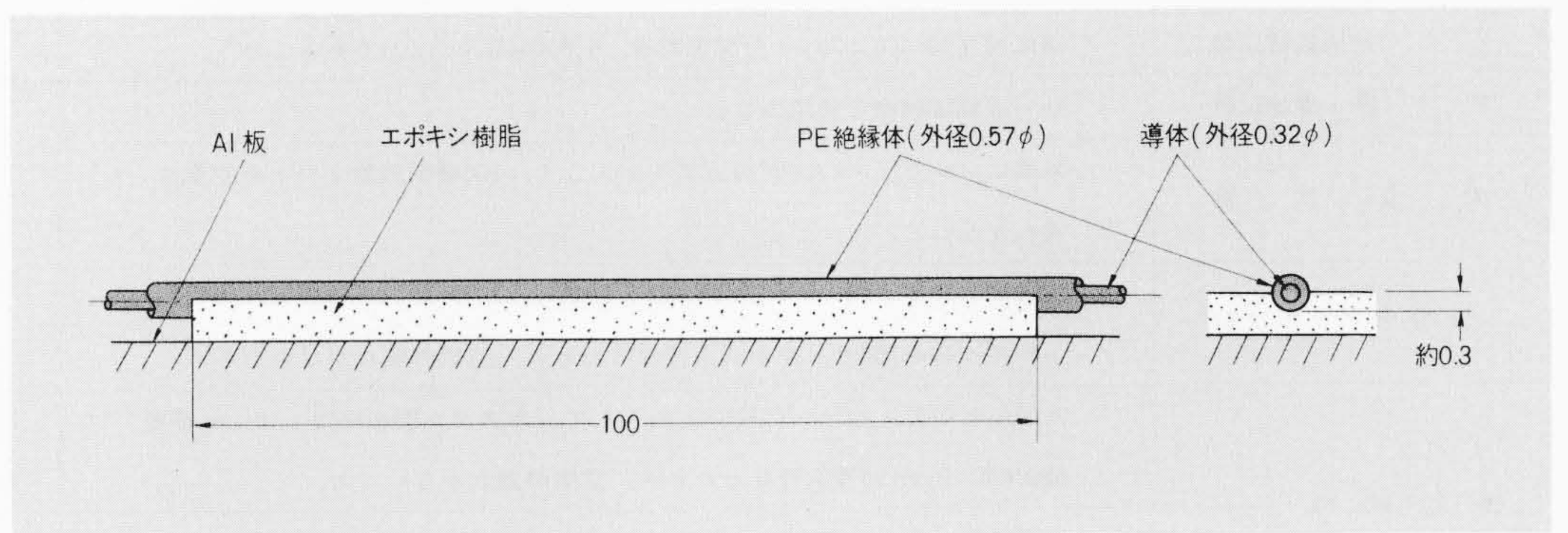


図4 はく離試験試料 試料はガスダム部の模擬構造とした。

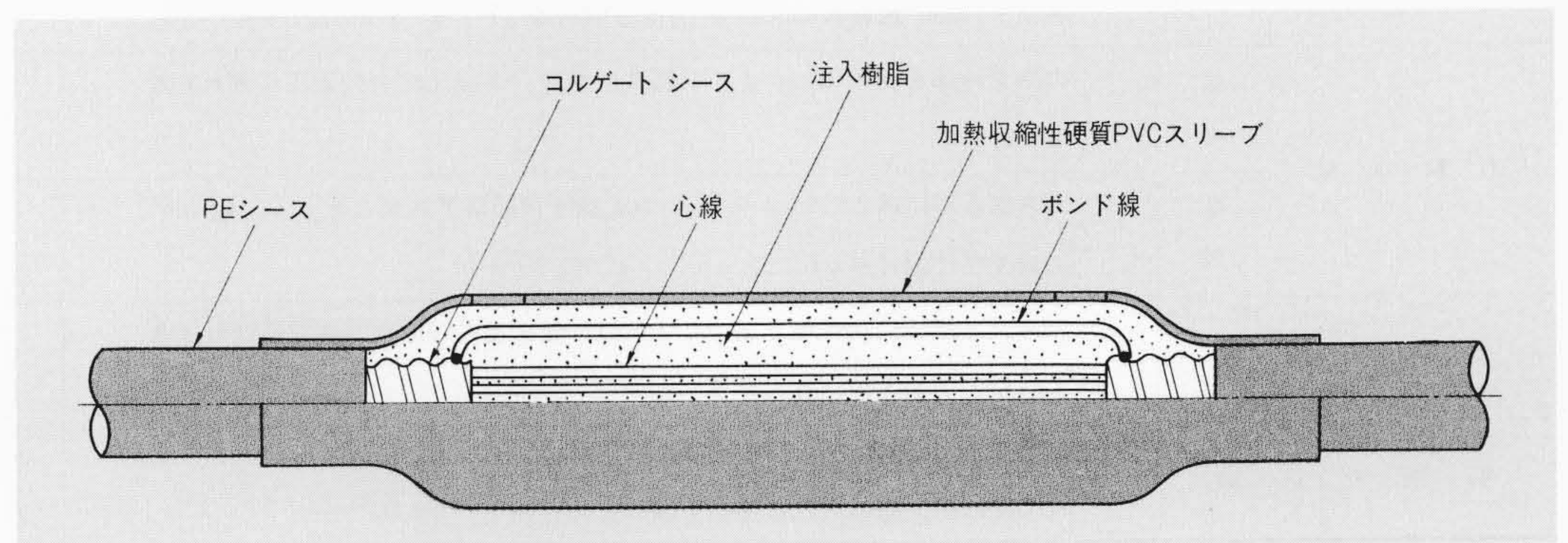


図5 ガスダム部の構造 C形のガスダム部構造で、気密性は注入樹脂との接着により保持されている。

(5) 落錘試験

現地作業でガスダム付ケーブルのガスダム部にハンマ、スパナなどを作業者が誤って落下させる場合がある。その場合、作業者がそれらの工具を手で持った高さ1 mとし、落錘重量を1.5kgとした。

(6) 曲げ試験

T Bにガスダム付ケーブルを立ち上げるためには、ケーブルに曲げを与えなければならない。そのため、ケーブルの界面に曲げ応力が集中してシースと注入樹脂、心線と注入樹脂との接着を損なうおそれがある。そこでガスダムを固定し、固定部分より1 mの個所を60度になるまで曲げ、ガスダム部の気密性を確かめる。曲げ試験の状況を、図7に示す。

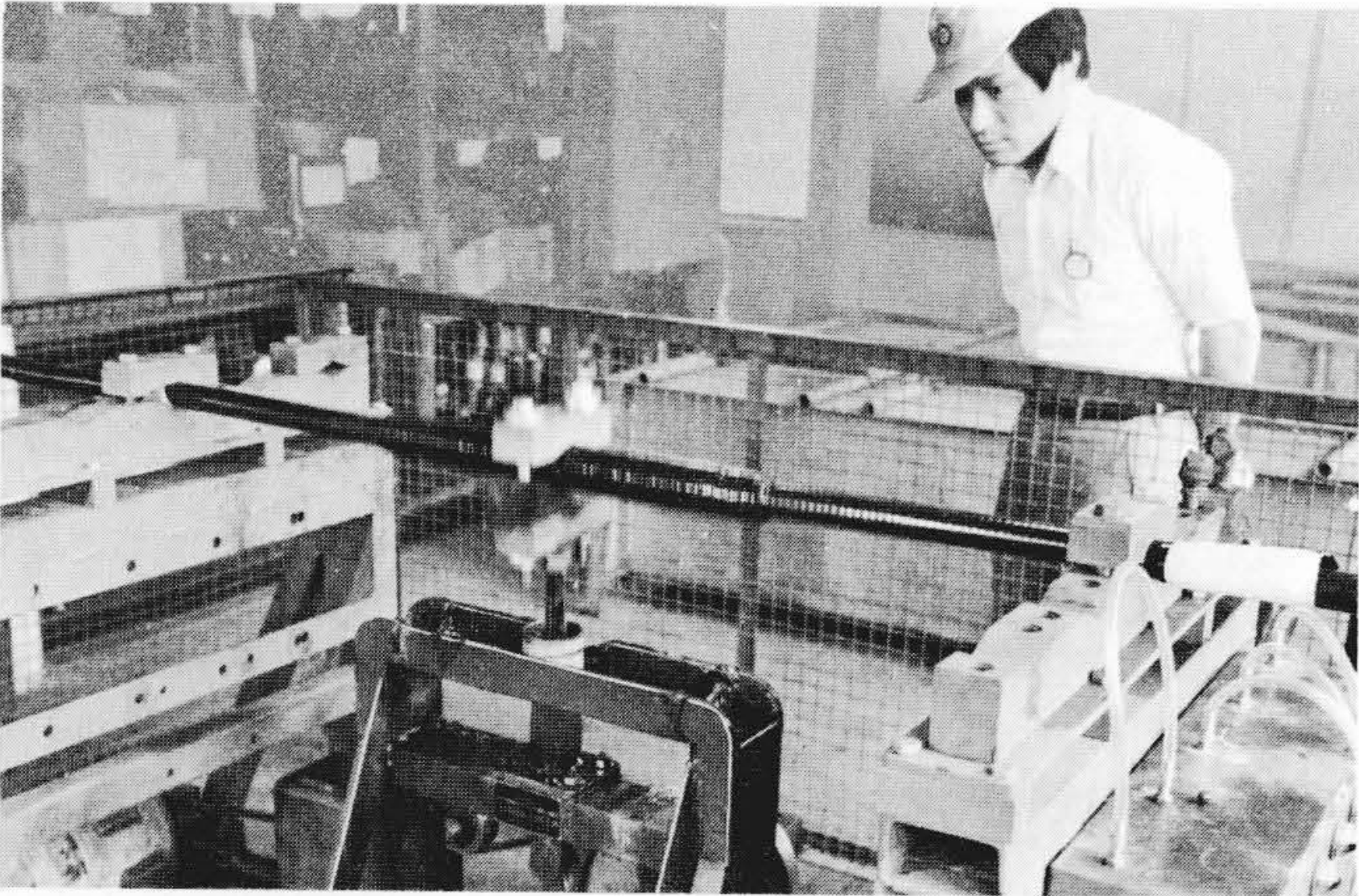


図6 振動試験 ケーブルを固定、ガスダム部を振幅±10mm、振動数600回/分で100万回行なったが異常は認められなかった。

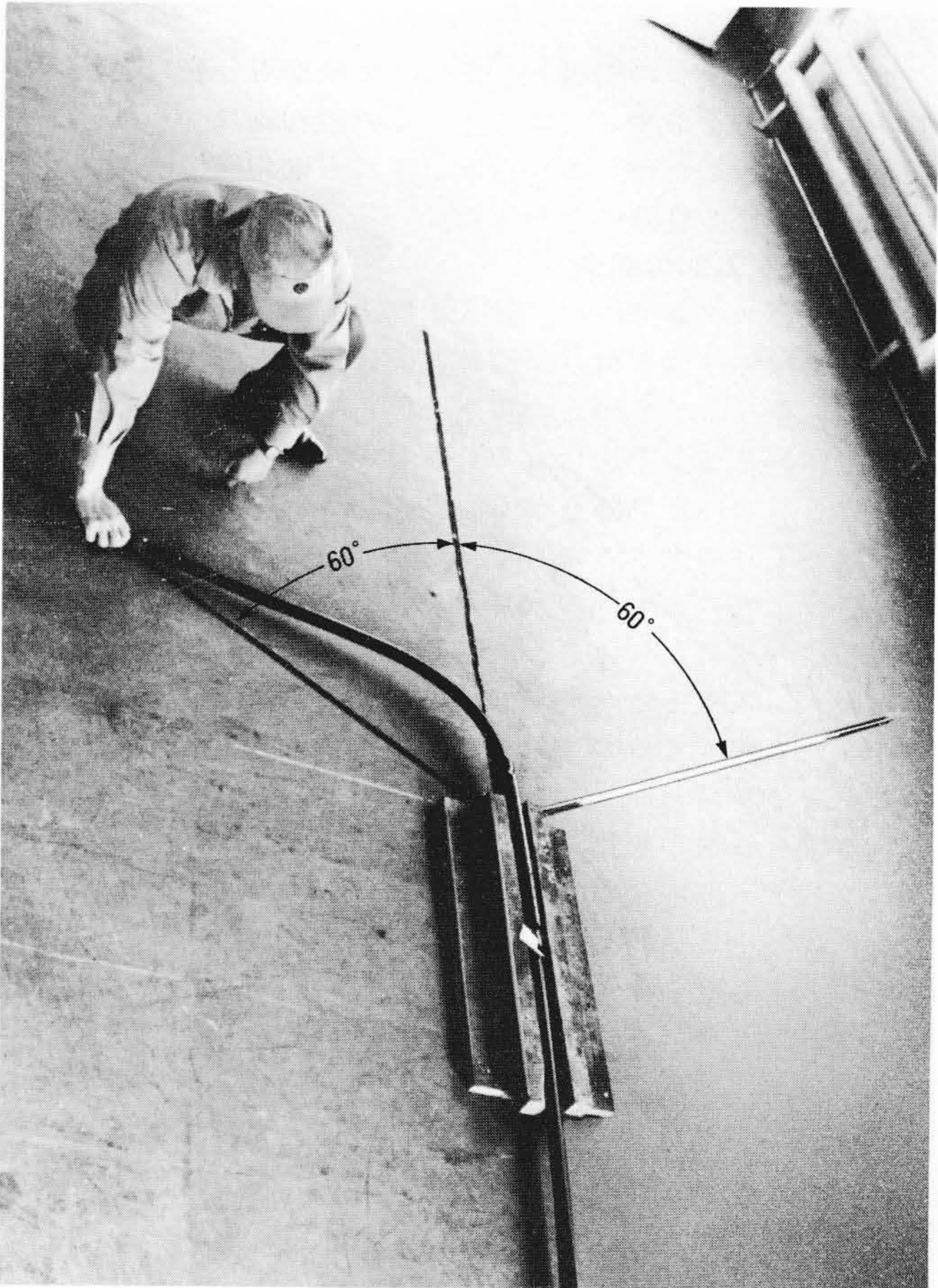


図7 曲げ試験 左右60度、5往復の曲げにおいて異常は認められなかった。

表3 ガスダム部の試験結果 樹脂注入法によるガスダム部構造が十分その目的を果たすことが確認できた。(DU9020-C, N=10)

試験項目		試験方法	試験結果
電気試験	耐電圧試験	導体間にDC500V、又はAC300Vを1分間印加しても異常がないこと。	異常なし
	絶縁抵抗試験	導体相互間にDC500V1分間充電後、5,000MΩ/km以上であること。	100kMΩ以上
	断・混線試験	断・混線試験機で異常のないこと。	異常なし
常温試験		常温において、1kg/cm ² の空気を封入して、100時間放置したとき空気の漏れがないこと。	漏れなし
ヒートサイクル試験		常温において1kg/cm ² の空気を封入して、-25°C(2h)～+60°C(2h)のヒートサイクルを100サイクル以上行なったとき、空気の漏れがないこと。	"
振動試験	A	常温において1kg/cm ² の空気を封入して、ガスダム部を振幅±10mm、振動数600回/分で100万回行なったとき、空気の漏れがないこと。	"
	B	常温において1kg/cm ² の空気を封入して、ケーブル部(支持間隔700mm)を振幅±10mm、振動数600回/分で100万回行なったとき、空気の漏れがないこと。	"
衝撃試験	落下	ガスダム部を高さ2.5mより5回落下させ、1kg/cm ² の封入圧に漏れがないこと。	"
	落錘	ガスダム部に高さ1.5mより1.5kgの重錘を10回落下させたとき、1kg/cm ² の封入圧に漏れがないこと。	"
曲げ試験		ガスダム部の1/4の位置を支点到1mの位置を左右60度に5往復曲げたとき、1kg/cm ² の封入圧に漏れがないこと。	"
引張り試験		ガスダム部両側のケーブルを引張り速度100mm/minで引っ張ったとき、1kg/cm ² の封入圧の漏れる張力を調べた。	ガスダム部異常なし、min590kgで、コルゲートシースチャック部にき裂発生

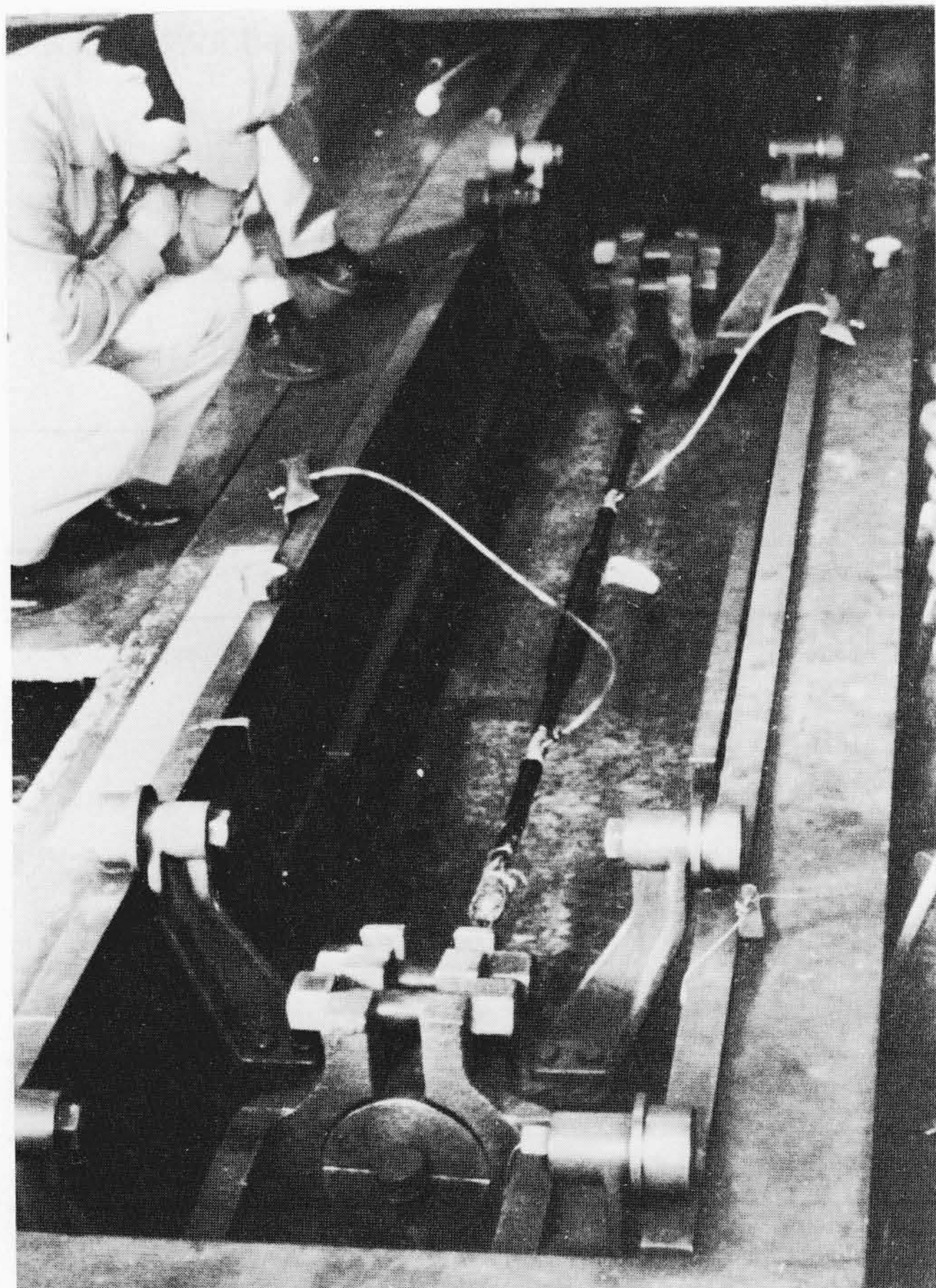


図8 引張り試験 ガスダム部の抗張力は、590kg以上であった。

(7) 引張り試験

ガスダム付ケーブルは取り扱いによっては、ガスダム部に張力が加わることが考えられる。そこでガスダム部を中心にケーブル両端に張力を加えた場合、封入した 1 kg/cm^2 のガスが漏れるまでの張力を測定する。引張り試験の状況を図8に示す。

5.2 ガスダム部の試験結果

前項の設定に基づく試験結果は、表3に示すとおりであるが、十分に信頼性のあることが確認された。

6 結 言

以上、樹脂注入法によるガスダム付ケーブルの構造並びに特性について述べたが、気密性、機械的特性に優れ、十分に実用に耐え得ることが確認できた。今後は、心線処理法の簡素化、作業性の改善を行ない、品質の安定化を図りたい。

最後に、ガスダム付ケーブルの研究開発に当たり、御指導、御協力をいただいた日本国有鉄道並びに日立電線株式会社日高工場、同研究所の関係各位に対し深謝する次第である。

参考文献

- (1) 新村ほか「ガス隔壁付きケーブル」施設 23, 1, 75 (1971)
- (2) 奥平「接着便覧」高分子刊行会 237 (1967)
- (3) 永田「接着設計」近代編集社 98 (昭45-6)
- (4) 永田「接着技術」近代編集社 67 (昭43-10)
- (5) 日本国有鉄道規格「通信ケーブル接続材料」JRS 35221-2A-14AR2D (昭47-9)



ケーブル挿入部構成法

小野隆久・増岡信雄・庄司 寛・石下 力・坂田史郎

特許 第674247号 (特公昭47-22150号)

本発明は、ケーブル端末部や接続部などにおけるケーブル挿入部の構成作業法にかかわり、送電事故発生時の故障区間切り換えを可能とするために、着脱自在な接続機能を有する挿入形式の接続部を採用し、迅速にケーブル着脱作業を行なえる接続部の提供を目的とするものである。

すなわち、図1に示すように、導体取付固定金具①を内部に有する絶縁ブロック②のラッパ状挿入口③に、あらかじめ絶縁補強体④を挿通させておいたケーブル⑤を挿入し、図2に示すような締付工具⑥で締付金具⑦を回転させることにより導体固定金具①にケーブル導体⑧を固定し、その後締付工具⑥を取り外しあらかじめ挿通させて

おいた絶縁補強体④をラッパ状挿入口③に押圧入することにより、ケーブル挿入部を構成するものである。

このように本発明は、ラッパ状挿入口と

ケーブル線心との間隙を利用して導体固定を行なうことにより、作業性の向上と接続部の簡素化ができ、経済的利益が大きいものである。

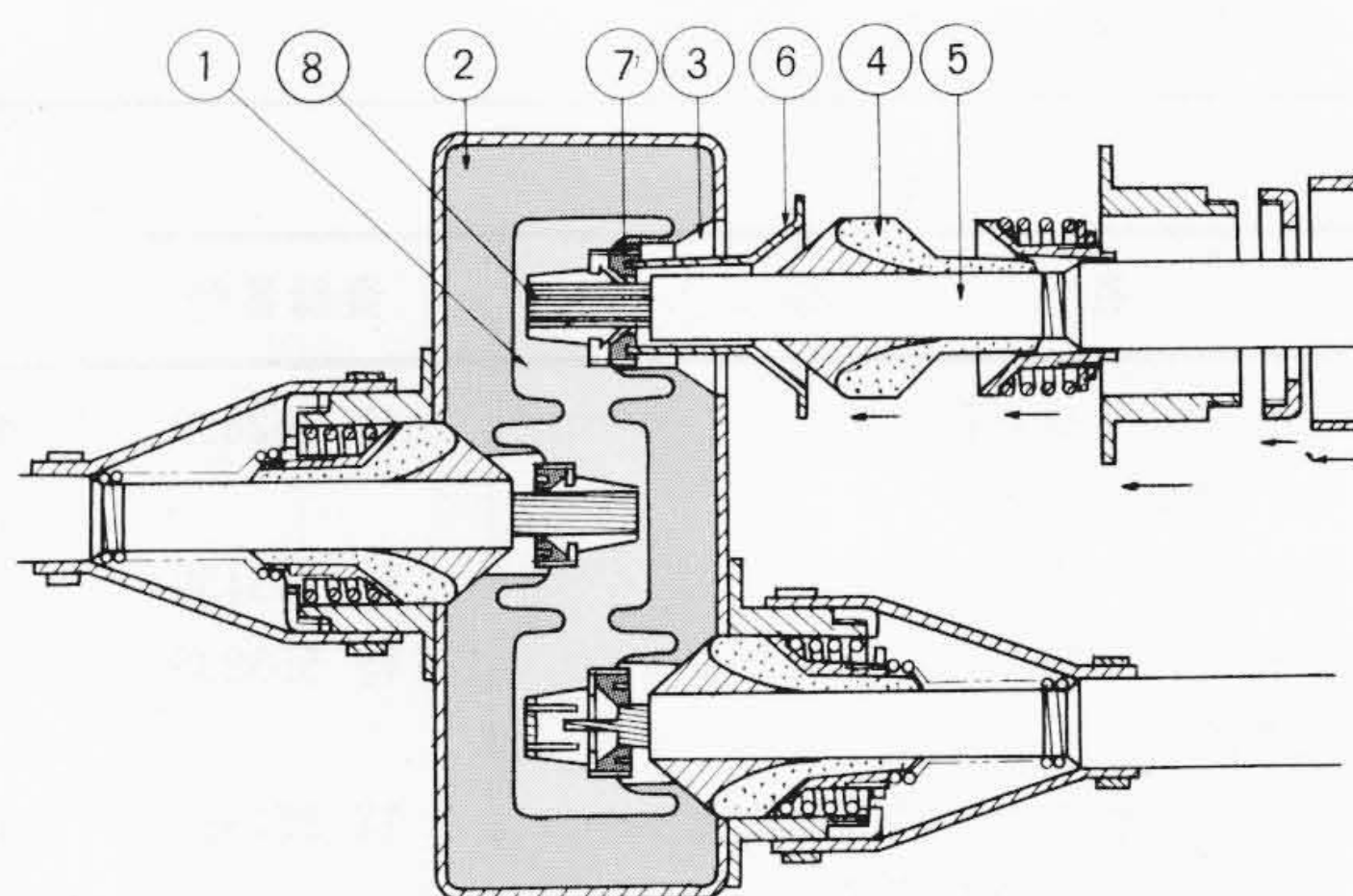


図1 ケーブル接続部断面

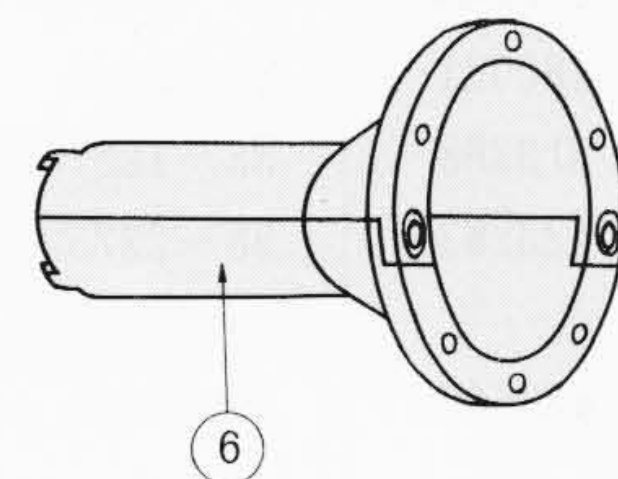


図2 締付工具