

ABS車輪速センサーケーブルへのグロメット一体成形技術の適用

Application of Grommet Insert Molding Technology for ABS Wheel Speed Sensor Cable

鬼本 隆*
Takashi Onimoto

池田 幸雄*
Yukio Ikeda

高場 進一*
Shinichi Takaba

城田 照昌*
Teruyoshi Shiota

ABS (Anti-Lock-Brake System) 車輪速センサーを車体に取り付けるための部材であるグロメットに、ケーブル外皮と同素材であるウレタンを使用し、低温屈曲に耐えうるグロメットを開発した。ウレタンをケーブル外皮上に成形すると、ウレタンがケーブルと熱融着する。その状態で、低温の屈曲試験を行うと、グロメットとケーブルとの境界部に応力が集中し、断線することが分かった。そこで、ケーブルとグロメットを融着させない成形技術を開発し、低温屈曲耐久性を向上した。ケーブルにグロメットを直接樹脂成形し一体化することで、製品の多数個取りが可能となり、コスト低減に寄与できる見通しが得られた。

A urethane grommet with high bending resistance at low temperature has been developed. The grommet is used to install an Anti-Lock-Brake System (ABS) wheel speed sensor to the body of a car. The urethane is made of the same material as the cable sheath. When the urethane is molded on the cable to form a grommet, the cable and grommet are fused. The fused part causes the cable to break in the low temperature bending test, due to stress concentration. To avoid the fusion of the cable and the grommet, the optimum grommet structure was studied. The new grommet passes the low temperature bending test. By molding the grommet directly to the cable, many products can be molded at the same time, which contributes to cost reduction.

● Key Word : グロメット, 低温屈曲耐久, 成形

● R&D Stage : Prototype

1. 緒言

車に、ABSシステムが採用されてから、すでに30年以上経過している。1990年代後半から、ABS車輪速センサーはVSC (Vehicle Stability Control) やESC (Electronic Stability Control) など、ABS機能だけではなく車両安定制御システム用のセンサーとしても使われることが多くなってきた。また、空気圧の減少時に走行中のタイヤ半径が変わることに着目して間接的にタイヤの空気圧を計測する、間接的TPMS¹⁾ (Tire Pressure Monitoring System) にも採用されつつある。2014年現在、ほとんどの車にABS車輪速センサーは搭載されており、世界的にも使用数量は増加していることから、コスト低減への期待も高まっている。そこで著者らは、ABS車輪速センサーを車体に取り付けるためのグロメットをケーブルに直接一体成形する技術開発を行った。

ABS車輪速センサーは車輪裏側に取り付けられ、車体

側のコントロールユニットに、ケーブルを配して信号を伝えている。ケーブルを車体に固定させるための部材として、グロメットやクリップが用いられており、車輪が転舵・上下する部分にもケーブルを曲げた時の応力緩和のためにグロメットが使用されている(図1)。車輪の周囲温度は-40～

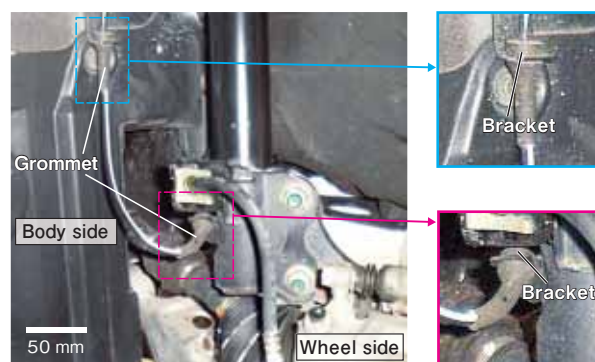


図1 ABS車輪速センサーの車体取付状態
Fig.1 Vehicle attachment state of ABS wheel speed sensor

* 日立金属株式会社 電線材料カンパニー

* Cable Materials Company, Hitachi Metals, Ltd

120℃となり、泥水、融雪剤や薬品に曝される過酷な環境にある。低温時には材料の伸びが小さくなるため、ケーブルの屈曲性能が低下する。一般的に屈曲部には耐寒性に優れたゴムのグロメットが用いられ、そのゴムのグロメットを介してケーブルと車体は接続されている(図2)。しかし、ゴムのグロメットはケーブルに一つひとつ取り付けなければならないため組み立て工数がかかる。そこで、このグロメットを樹脂化し、ケーブルに直接一体成形することとした。これにより、一度に多数のグロメットをケーブルに取り付けられるため、コスト低減に繋がる。本報では、低温でのケーブル屈曲耐久特性を満足させるため、グロメットの構造と成形方法について検討した結果を報告する。

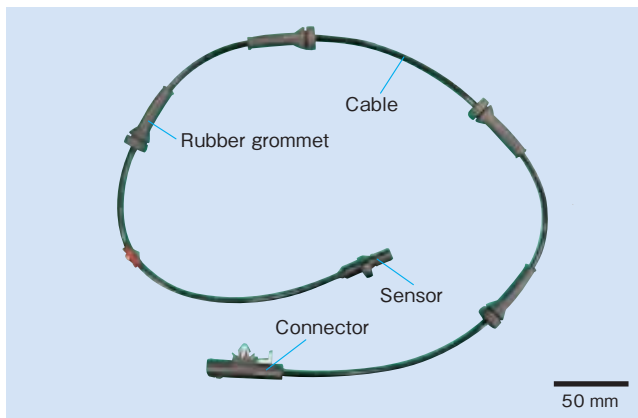


図2 ABS車輪速センサーの構成
Fig.2 Composition of ABS wheel speed sensor

2. 開発目標

成形グロメットの目標仕様については一般的なゴムのグロメットと同様の性能を確保するため、次のように設定した。

- (1) 周囲温度 -35°C 最少曲げ $R=25$ の屈曲レイアウトで、屈曲を120万回実施してもケーブルの断線がないこと。
- (2) 常温において、ケーブルとグロメットのズレ強度が98 N以上のこと。
- (3) 車体側についているABS車輪速センサー固定用のブラケットへグロメットの溝部を挿入した場合(図3)、常温において、ブラケットへのグロメット挿抜力が20~50 Nの範囲に入っていること。

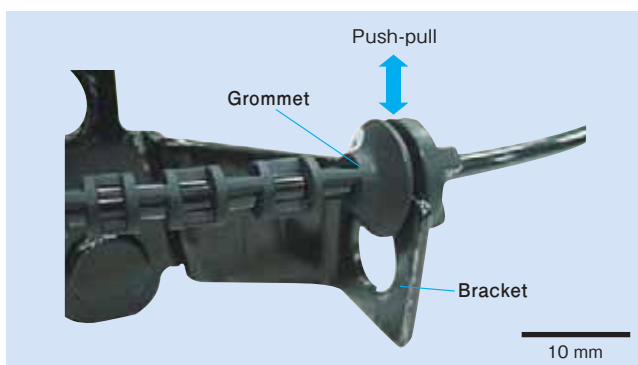


図3 ブラケットへのグロメット挿入試験
Fig.3 Grommet push-pull test to bracket

3. 初期検討

3.1 第1次サンプルの形状

第1次サンプルは、材料費低減のため樹脂量を少なくした形状とした(図4)。グロメットはケーブル外皮と同じ素材であるウレタン²⁾を使用し、一体化している。図中のA部はグロメットとケーブルの境界部を示す。

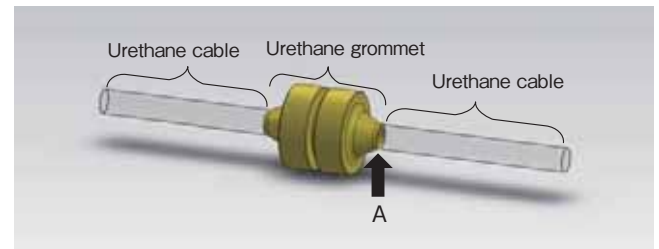


図4 成形グロメットの第1次サンプル
Fig.4 First sample of molding grommet

3.2 第1次サンプルの低温屈曲試験結果

図5に低温屈曲試験の屈曲レイアウトを示す。

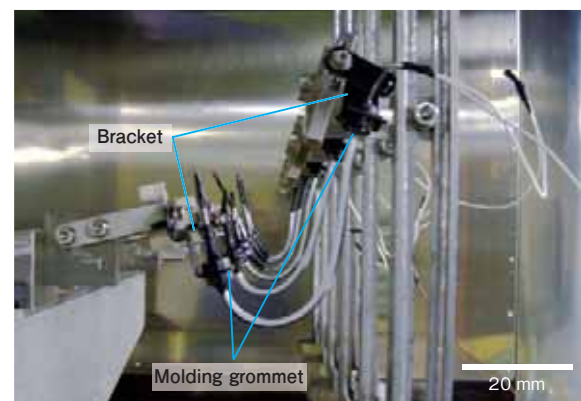


図5 低温屈曲耐久試験の屈曲レイアウト
Fig.5 Bending layout of low temperature bending test

図6に試験後のグロメットを示す。

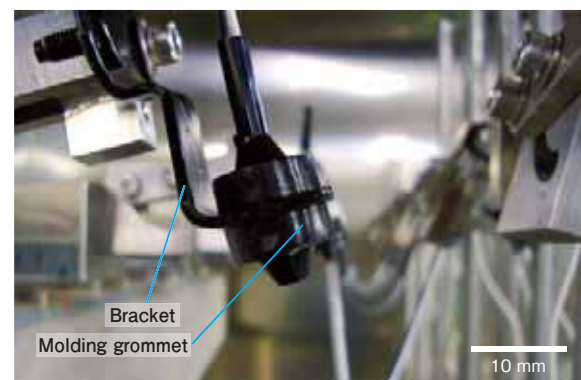


図6 第1次成形グロメットサンプルの低温屈曲耐久試験結果
Fig.6 Test result of first molding grommet sample

屈曲回数1万回で、ケーブルが外皮ごと切れてしまう現象が認められた。切断部はグロメットとケーブルの境界部(図4 A部)であった。

本結果に基づいて、応力解析を実施して、最適形状を探ることとした。

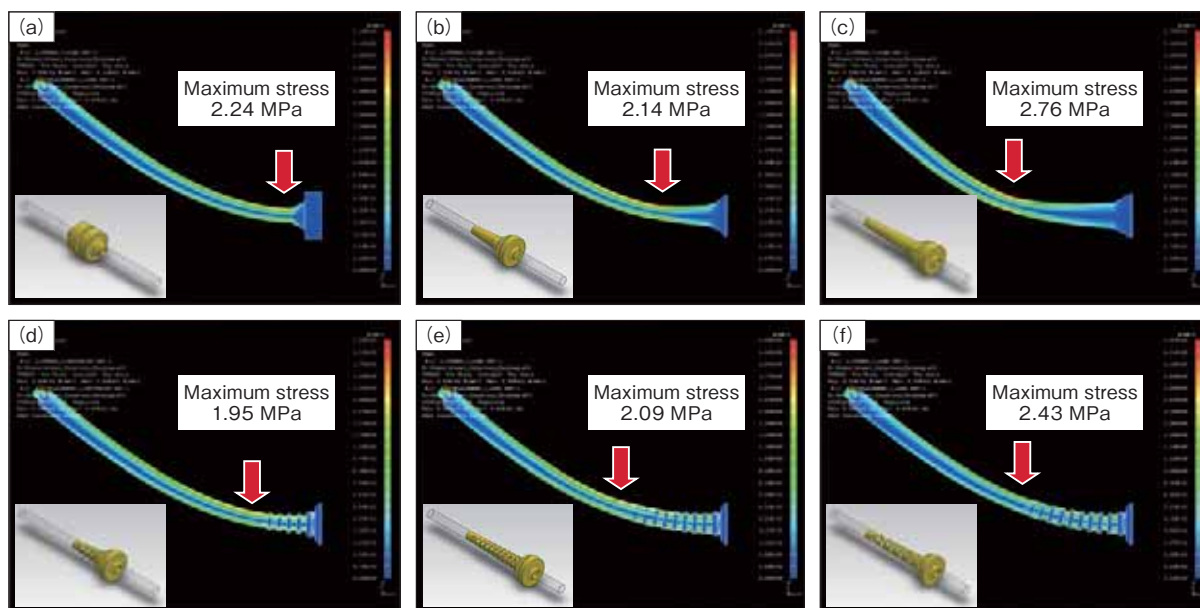


図7 成形グロメットの応力解析結果

(a) グロメット1 (b) グロメット2 (c) グロメット3 (d) グロメット4 (e) グロメット5 (f) グロメット6

Fig. 7 Stress-analysis result of molding grommet

(a) grommet 1 (b) grommet 2 (c) grommet 3 (d) grommet 4 (e) grommet 5 (f) grommet 6

3.3 応力解析

解析するグロメットは応力集中を防ぐため、ケーブル表面上になだらかに成形される形状とした。解析条件は、 -35°C 環境下において、100 mm のケーブル先端を 50 mm 上に移動したときの応力を計算し、今回断線したグロメットと比較した。応力解析はグロメットの形状ごとに 12 種類実施した。そのうち主な 6 形状の解析結果を図 7 に示す。ここから読み取れる結果は以下の通りである。

- (1) 第 1 次サンプルのグロメット 1 は、グロメット成形部とケーブルの境界部に応力が集中している (図 7 (a))。
- (2) グロメット 2 および 4 の短めのグロメット形状においても同様に、グロメット成形部とケーブルの境界部に応力が集中している (図 7 (b) (d))。
- (3) グロメット 3 は、従来のゴムグロメットと同一とし、グロメットの先端部は、ケーブルにはなだらかに成形させる形状とした。改善を期待したが応力集中部は変わらず改善は見られない (図 7 (c))。
- (4) グロメット 5, 6 は、全体的に応力が分散されており、1 点に応力が集中していないように見える (図 7 (e) (f))。しかし、一番応力が高い部分は、ケーブルとグロメット成形の境界部になっており、応力値はグロメット 1 とあまり変わらない。

応力解析の結果では、応力値が小さくなるグロメットの形状は見つからなかった。

3.4 第 2 次グロメットの低温屈曲試験結果

応力解析の結果に基づき、応力値が小さいサンプル 4, 5 のうち、比較的 1 カ所に応力が集中していないサンプル 5 を選び、サンプルを作り、再度、低温屈曲耐久試験を実施した。

結果は、10 万回を満足することなく断線が生じた (図 8)。ケーブル断線部位の模式図を図 8 (a) に示す。

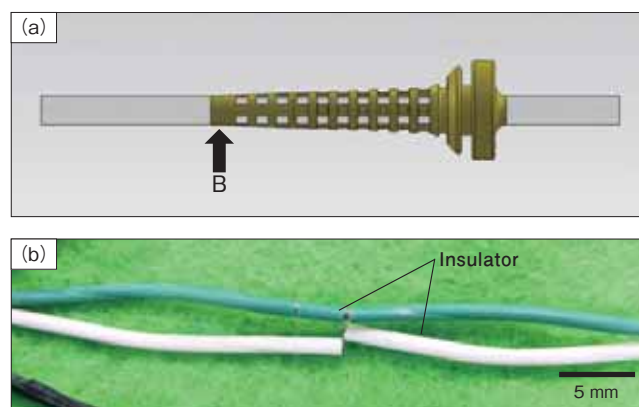


図 8 グロメット 5 の低温屈曲耐久試験結果

(a) グロメット 5 の模式図 (b) ケーブルの絶縁体・導体 (B 部)

Fig. 8 Low temperature bending test result of grommet 5

(a) diagram (b) insulator and conductor of the cable (B)

今回は、導体と絶縁体のみが断線 (図 8 (b)) しており、外皮のウレタンは断線しなかった。断線箇所は、第 1 次サンプルと同じケーブルとグロメット成形の境界部であった。

従来のゴム製のグロメットは、ケーブルを通すための穴が開いており、その穴はケーブルの線径より小さく作ってある。グロメットの穴を広げケーブルを通し、ゴム穴が元に戻るときの弾性力でケーブルに取り付けられる。グロメットとケーブルは融着していないので、屈曲させるとケーブルの曲がりにグロメットは追従せず、ケーブルとグロメットの間隙ができ、断線を免れていると考えられる。したがって今回のウレタン一体成形サンプルにおいても融着しなければ、ケーブルを曲げたときにグロメットは

追従しないので、ケーブルとグロメットの境界部への応力が小さくなると推測できる。そこで、ケーブルとグロメットが融着されない方法で、グロメットをケーブルに取り付け、低温屈曲に耐えられるかを確認した。

3.5 第3次グロメットの低温屈曲試験結果

3.5.1 評価サンプル

第3次サンプルは3種類の材質で作成した。(1)従来のゴムグロメット。(2)ABSセンサーケーブルの外皮に使用しているウレタン(TPU: Thermoplastic Polyurethane)でグロメット単品をつくり、ケーブルに弾性力で行き付けたもの。また、ケーブルにウレタンを一体成形すると両者が熱融着してしまうため、(3)低温でも柔軟性を損なわない樹脂を使用したもの。具体的には、他社ABSセンサーケーブルの外皮のウレタンに混ぜている低温で伸びのある熱可塑性エラストマー(TPE: Thermoplastic Elastomer)をケーブルに直接成形した。使用する樹脂の融点は、ケーブルを溶かさないうレタンの溶融温度より低くし、成形収縮でケーブルに取り付けることとした。

第3次成形グロメットの形状を図9に示す。応力解析で、全体的に応力が分散されていた図7(e)のグロメット5に似た形状とした。

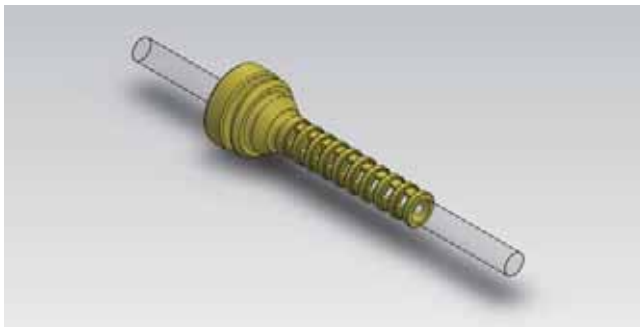


図9 第3次グロメット形状
Fig.9 Third molding grommet form

3.5.2 試験結果

試験結果を表1に示す。

低温屈曲耐久試験は、どの材質のグロメットも満足した。しかし、ウレタン(TPU)については、グロメットのリブに亀裂が発生した。また、ケーブルとグロメットのズレ強

表1 第3次成形グロメットの試験結果
Table 1 Result of third molding grommet test

Item	Test condition	Criteria	EPDM (Ethylene-Propylene Rubber) Hardness: A50	TPU (polyether) Hardness: A90	TPE (polyester)	
					A Hardness: A90	B Hardness: D47
Low temperature bending test	-35°C × 1.2 M cycles	No disconnection	No disconnection	No disconnection	No disconnection	No disconnection
		No crack	No crack	Crack	No crack	No crack
Tensile strength of cable and grommet	RT	>98 N	180 N	154 N	260 N	240 N
	-40°C	—	>200 N	>200 N	>200 N	>200 N
	120°C	—	108 N	35 N	53 N	56 N
	40°C95%	—	150 N	94 N	189 N	103 N
	85°C85%	—	114 N	34 N	45 N	34 N

度については、すべてのグロメットとも常温時、低温時ともに目標値を満足した。しかし、高温高湿になるとウレタン(TPU)、熱可塑性エラストマー(TPE)のグロメットは、ズレ強度は小さくなった。これは材料が柔らかくなり、弾性力が落ちるためと推定される。

今回の試験結果より、低温での伸びが優れている材料は、高温で軟化してしまうため、弾性力が弱くなるのが分かった。したがって、ケーブルとグロメットが分離しないためには、これらを一部分のみ融着させる必要があると考えられる。融着させるには、ケーブル外皮と同じウレタンにしなくてはならないが、屈曲部を融着させると断線した経緯から、グロメットの構造を変えることで対処した。

4. 製品検討

4.1 開発グロメット構造コンセプト

本開発目的に合致したグロメット構造のコンセプトを図10に示す。

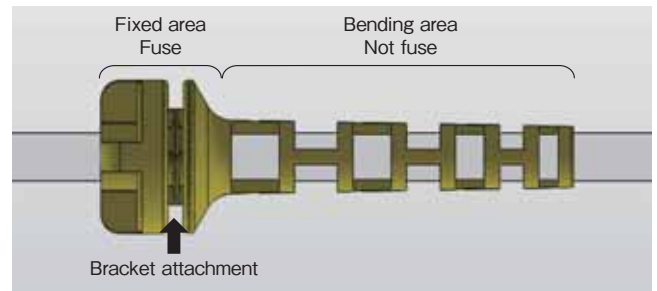


図10 グロメット構造の開発コンセプト
Fig.10 Development concept of grommet structure

- (1) ケーブルとウレタンを融着するため、屈曲しない固定部に樹脂注入部を設け、熱い樹脂をケーブル周囲に流し込む。
- (2) 屈曲部がケーブルと融着しないようするため、ブラケット取付部を絞り流路を狭め、さらに屈曲部を網状にすることで流れる樹脂と金型との接触面積を増やし樹脂温度を下げる。
- (3) ブラケットへの挿抜力20～50 Nを満足するため、ブラケット取付部形状を調整する。
- (4) 低温でウレタングロメットに亀裂が発生しないようにするため、リブの本数は2本とし、2本のリブを交

互に配置することで、屈曲時に曲がる部分をあらかじめ作り、応力の集中を防ぐ。

- (5) 屈曲性能を上げるため、ケーブルの径をφ5からφ4に変更し、許容曲げRをφ5ケーブルの0.8倍にする。
- (6) 耐環境性を満足するため、すでに足回りの環境試験を満足しているABS車輪速センサー用ケーブルの外皮と同素材のウレタンを使用する。

4.2 開発グロメットのブラケット取付形状

図11に開発グロメットのブラケット取付形状を示す。従来のブラケット取付部の形状(図11(a))では、樹脂が流れる経路が大きく屈曲部に熱い樹脂が流れてしまう。開発品(図11(b))は形状を星形にし、流路を絞り屈曲部に流す樹脂の量を減らす。樹脂の量を減らすことで樹脂の屈曲部へ到達温度を下げケーブルとの融着を抑えた。

なお、製品と金型の離型性を維持するため、金型を加工改善した。ブラケット取付部の下型のアンダーカットを大きくし、型が開いたとき下型にグロメットを引っ張るようにし、ウレタンは吸盤のように金型に密着するため、上型にエアバントを多数設けることで上型の成形キャビティ内の真空度を下げることとした。また、金型表面を荒くして(シボ加工)、成形品との密着を疎にし、吸盤のように金型に密着するのを防いだ。

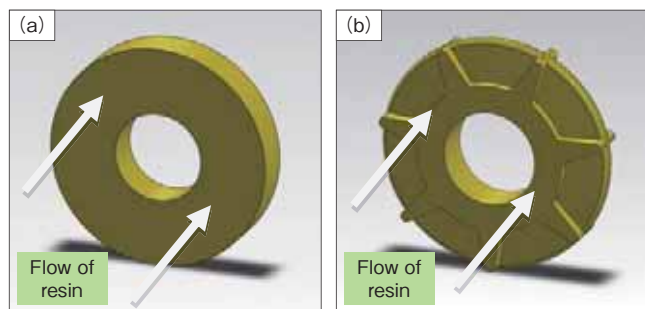


図11 グロメットのブラケット取付形状 (a) 従来品 (b) 開発品
Fig. 11 Bracket installation shape of grommet
(a) conventional (b) developed

4.3 ブラケットへの開発グロメットの挿抜力試験結果

試験結果を図12に示す。

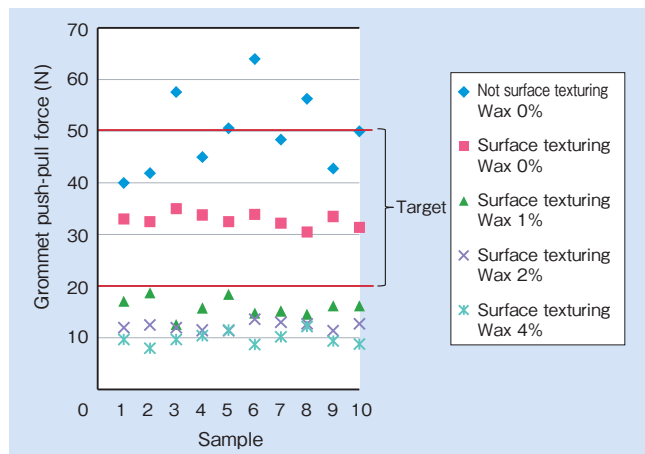


図12 成形グロメット挿抜試験結果
Fig. 12 Molding grommet push-pull test result

金型にシボ加工を施すと、離型性が上がりグロメットのブラケット取付部の形状が安定したため、挿抜力も安定して目標を満足した。

一方、ウレタンに1%でも離型剤を入れると、グロメット表面に離型剤がにじみ出るため滑りやすくなり、挿抜強度が低下した。

4.4 開発グロメットの成形結果

図13にグロメット成形品の断面を示す。

A-A断面(図13(b))において、青点線部にケーブルが位置しているがグロメットとの界面は見えず固定部は融着している。B-B断面(図13(c))において、屈曲部の青点線部に位置していたケーブルは融着しておらず、取り除くことができ、コンセプト通りに成形することができた。

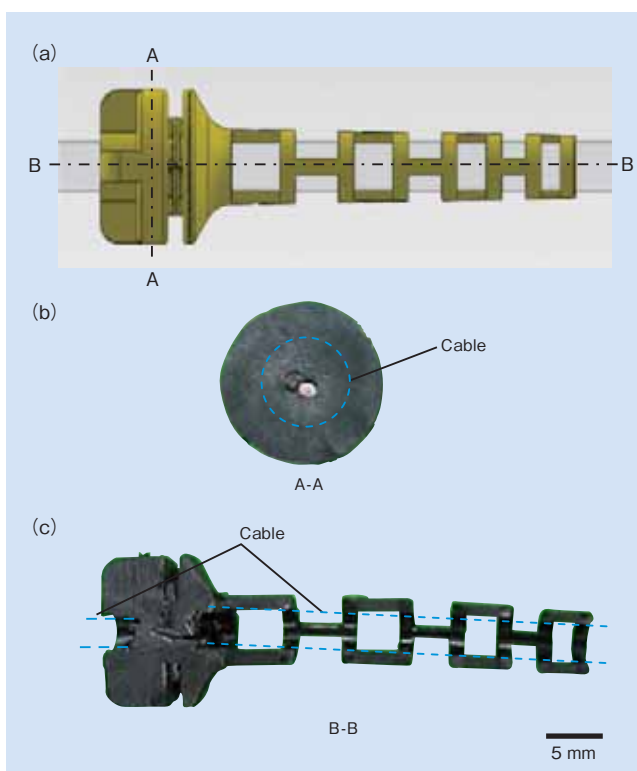


図13 グロメット断面
(a) 開発グロメット (b) A断面 (c) B断面
Fig. 13 Cross section of grommet
(a) developed grommet (b) A cross section (c) B cross section

4.5 開発グロメットの試験結果

- (1) 低温屈曲耐久試験(-35℃×120万回)は、断線およびグロメットの亀裂もなく目標を満足した。
- (2) ケーブルとグロメットのズレ強度は、ケーブルとグロメットを一部融着したことにより200N以上でもズレることはなく目標(98N以上)を満足した。
- (3) ブラケットへのグロメット挿抜力は、30~35Nとなり目標(20~50N)を満足した。

5. 結 言

低温屈曲耐久を満足する、グロメット成形技術の開発を行い以下の結果を得た。

- (1) ケーブルと融着する部分および融着させない部分を制御して成形で作ることができ、低温屈曲耐久を満足するグロメットを開発した。
- (2) ケーブルとグロメットの一体成形化が可能となり、これまでゴムのグロメットを購入して取り付けていたのに対し、一度に多数のグロメットをケーブルに成形で作ることができるため、加工時間の短縮に寄与できる。

今回の開発技術は、電動パーキングブレーキやインホイールモーター用のケーブルなど、自動車の足回り部品にも応用することができる。また、グロメット形状の自由度、取付け部の自由度が上がり、曲げ半径の厳しいレイアウトに対しても、応力の分散が可能となるため、今まで適用できなかった屈曲レイアウトの製品にも、応用することが可能である。

引用文献

- 1) 自動車技術ハンドブック編集委員会, 自動車技術ハンドブック(第5分冊)設計(シャシ)編, 精興社(2005), pp.110-111.
- 2) 松永勝治, ポリウレタン創製への道, シーエムシー出版(2010), pp.145-155.



鬼本 隆
Takashi Onimoto
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
自動車部品統括部



池田 幸雄
Yukio Ikeda
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
自動車部品統括部



高場 進一
Shinichi Takaba
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
自動車部品統括部



城田 照昌
Teruyoshi Shirota
日立金属株式会社
電線材料カンパニー
自動車部品統括部