

構成ともくじ

ページ

1. はじめに
2. 研究期間
3. 研究内容
4. 研究経過
 - 4-1 基礎調査
 - 4-1-1 FRPの特質
 - 4-1-2 経済性の比較
 - 4-2 実験用材料調査
 - 4-2-1 FRP積層材の調査
 - 4-2-2 リサイクル問題の解決
 - 4-3 標準化及び成形モデルの決定
 - 4-3-1 標準艤装モデルの決定
 - 4-3-2 シャーシの選定
 - 4-3-3 FRP製造メーカーの選定
 - 4-3-4 デザインの決定
 - 4-4 成形図面の作成
 - 4-4-1 試作外観図の作成
 - 4-4-2 FRP積載車の特徴（現積載車との比較）
 - 4-5 1次試作（型製作・FRP成形）
 - 4-5-1 型製作
 - 4-5-2 FRP成形
 - 4-5-3 成形品の強度試験
 - 4-5-4 燃焼試験
 - 4-5-5 耐侯試験
 - 4-6 1次試験
 - 4-6-1 車体への取り付け
 - 4-6-2 測定箇所詳細
 - 4-6-3 走行試験
 - 4-6-4 各部強度試験
 - 4-7 2次試作（型修正・FRP成形）
 - 4-7-1 型修正
 - 4-7-2 FRP成形
 - 4-8 2次試験
 - 4-8-1 各部強度試験
5. FRP艤装の実用化について

1. はじめに

本研究委員会は、「平成13年度消防防災用設備等研究助成金」により軽消防車の 艀装上から要求される、軽量化、製作の容易化、デザインの既製概念からの脱却、耐食性の向上、機能性の向上等を艀装材料にFRPを用いることによってどこまで実現化できるのか、又実現化に至る過程で発生する問題を技術的に解析、研究し技術の構築をはかることを目的に「軽消防車の艀装部材FRP化技術研究委員」として(社)日本消防ポンプ協会内に発足した。

2. 研究期間

平成13年4月1日～平成15年3月31日

3. 研究内容

研究内容の概略は下記の通りである。

- 4-1 基礎調査
- 4-2 実験用材料調査
- 4-3 標準化・成形モデルの決定
- 4-4 成形図面の作成
- 4-5 1次試作(型製作・FRP成形)
- 4-6 1次試験
- 4-7 2次試作(型製作・FRP成形)
- 4-8 2次試験

4. 研究経過

研究助成決定により大型・小型技術部会合同の研究委員会を発足させ研究活動を開始した。

4-1 基礎調査

4-1-1 FRPの特質

今回の試験材質であるFRP(Fiberglass Reinforced Plastics)は、比強度が非常に高く、アルミニウム合金を凌ぐ強度を持っており、耐食性に付いてはステンレス鋼に匹敵する。また、FRPの場合成形方法が多数あり、その生産数等により成形方法を選択しなくてはならない。

4-1-2 経済性の比較

消防車は使用地域によって艀装仕様が異なり、また、単年度予算による納期集中により生産効率の悪化を招いている。

このことにより、艀装部材をFRP化する事で以下の改善が考えられる。

- ① 軽量化による装備の充実化を図り、消防力を向上
(軽量化によるホース装備数量増加により消火範囲の拡大)
- ② 一体構造によるコスト低減および組立工数の削減
- ③ 一体成形による部品納期の短縮

4-2 実験用材料調査

4-2-1 FRP積層材の選定

FRP材は、不飽和ポリエステル／ガラス繊維（一般FRP）、エポキシ／炭素繊維（航空関係）、フェノール／炭素繊維（宇宙関係）等、使用目的により異なるがコストパフォーマンスを考慮し、FRPボートでも実績のある不飽和ポリエステル／ガラス繊維(GFRP)とし、樹脂は消防用のため難燃性を実験用として採用する。樹脂の種類による特性を示す（表3）。

表1 熱硬化性樹脂の特性比較

	不飽和ポリエステル樹脂	エポキシ樹脂	フェノール樹脂
硬化の際の副産物	なし	なし	あり
着色の自由	〇〇	〇	鮮明色不能
成形圧力	極低～中	極低～中	中～高
機械的特性	〇〇	〇〇	〇〇
電気的特性	〇〇〇	〇〇〇	〇
耐水性	〇〇	〇〇〇	〇〇
耐熱性	〇	〇〇	〇〇〇
難燃性	自消性又は燃える	徐々に燃える	自消性
価格	低～中	中～高	低
最大の欠点	硬化の際収縮大	型に粘着しやすい	暗色
最大の利点	液状で使用できる	収縮率小	全般的に性質良好
主な用途	汎用	型用・絶縁板・構造用	積層板

注) 研究用は難燃剤を使用

参考文献：複合材料活用事典（日本複合材料学会）

4-2-2 リサイクル問題の解決

FRPが製品化されて約50年になるが、使用済みFRPも年々増加しその大部分は単純焼却や埋立処分されている。統計によると平成12年のFRP出荷量は381,500トンであるが、FRP廃棄物の発生量については正式な数字が無く、FRP協会の取替年数より試算した数字を見ると平成12年には約40万トン、平成17年には、約45万トンが見込まれている。（FRP協会：（社）強化プラスチック協会）。一方、最終処分場の残余年数は数年と厳しい状況の中で、FRPのリサイクル方法について研究が行われている。

○FRP廃船高度リサイクルシステム構築プロジェクト（国土交通省推進）

FRPを解体、破碎し、その破砕片をセメント製造工程での燃料として使用し、燃焼後の残さ生成物を更にセメントの原料として利用するという物である（技術の確立目標を平成16年として推進）。この技術は現時点でのFRPリサイクル技術として最も実現性が高いとされている物である（イメージ図は図1、フローチャートは図2に記載）

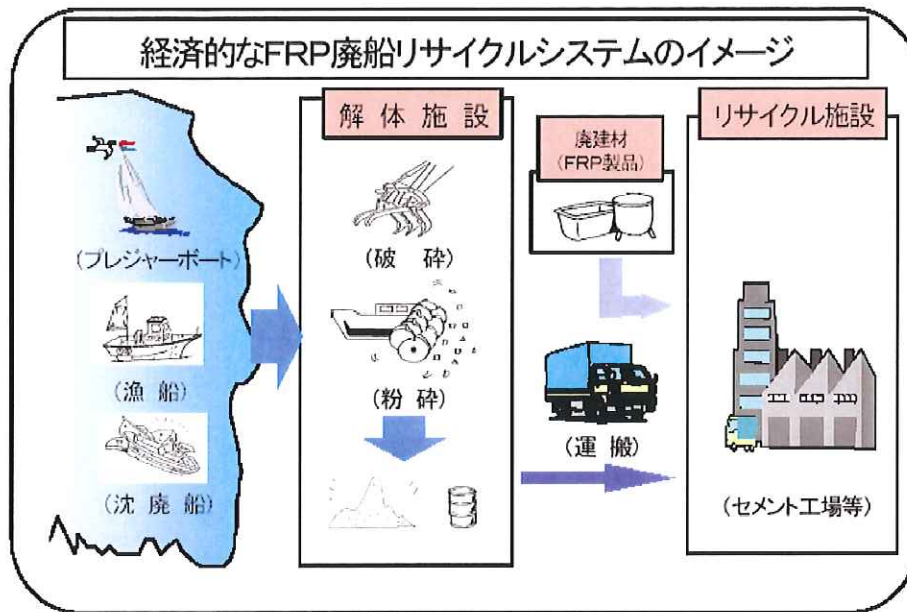


図1. FRPリサイクルイメージ

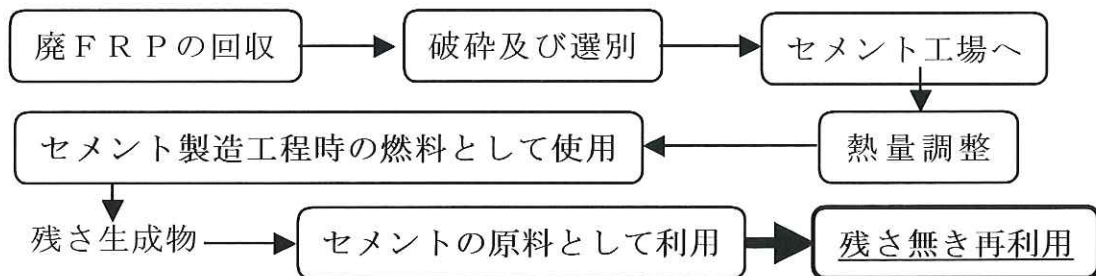


図2. FRPのリサイクルフローチャート

上記内容中のセメント製造時の燃料として使用するには、発熱量が5,000kcal以上が必要になるため、オレフィン系プラスチック廃材を調合する事で燃料として使用する事が可能となる。

以上の技術の確立により、FRPのリサイクル問題は解決される。

4-3 標準化及び成形モデルの決定

4-3-1 標準艀装モデルの決定

今回の研究の目的でもある、軽積載車の標準艀装を決定する。小型消防ポンプメーカー三社による製造実績から、FRP化による統一標準艀装を決定する。

表2 軽消防車FRP化の標準モデル艀装部品

No	標準艀装部品	仕様
1	後部座席装置 ●シートベルト ●ヘッドレスト ●転落防止	収納ボックス兼用 3点式 ベルト式

	●アシストグリップ	座席側面 2箇所
2	吸管取り付け装置 ホースラック 吸管枕木取り付け装置 管鎗立て ノズル立て トビロ取り付け装置 梯子取り付け装置 消火栓媒介取り付け装置 大箱まわし取り付け装置 消火詮キー取り付け装置 スコップ取り付け装置 消火器取り付け装置 充電器取り付け装置 サーチライト取り付け装置 金てこ取り付け装置 消火栓まわし	3点支持（下部の支持はFRP一体成形） 最大9本収納 収納ボックス 一式 65mm×2 2本 1式（2つ折り用） 1式 1式 1式 1式 1式 1式 1式 1式 1式 1式（地上式）
3	赤色回転灯取り付け台 ●赤色回転灯 ●電子サイレン ●標識灯 サーチライト 後部赤色回転灯	FRP RFE2 TSK312-MK8 SL-Y（黄色） 12V45W RB2

4-3-2 シャーシの選定

小型三社採用の軽自動車（トラックタイプ）の図面を入手検討し、FRP標準モデルを決定。試作はD社のシャーシで試験を行うこととした。

4-3-3 FRP製造メーカーの選定

研究モデルが大型であることを考慮し、FRP製ボートで実績のあるT社に決定した。

4-3-4 デザインの決定

標準艀装，各社可搬消防ポンプ積載を条件にFRPの特性を生かした成形モデルのイメージ図を作成した。（図3参照）



図3. FRP軽積載車イメージ図

4-4 成型用図面の作成

4-4-1 試作外観図の作成

イメージ図の3面図を作成し、FRP積載車の試作図を作成した。

成形上の問題もあり、若干イメージ図と変更している。

(梯子の受け方法、両サイドのデリバリーホースの配置等)

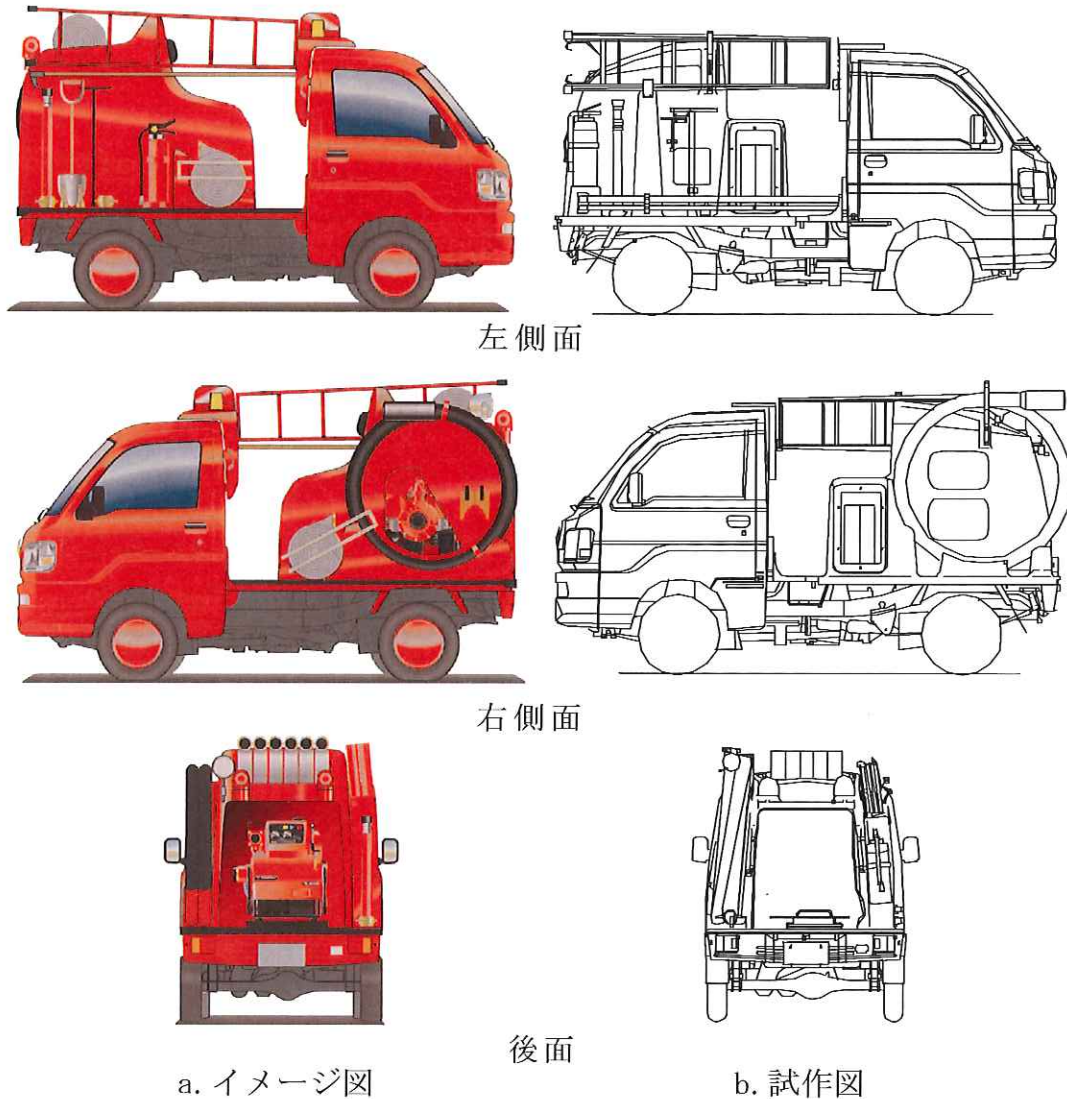


図4. イメージ図ー試作図面比較

4-4-2 FRP 積載車の特徴 (現積載車との比較)

本体形状はFRPの特性を考慮し極力一体構造にした。後部座席部も一体にする事により、全体の剛性を高める構造としている。また、吸水管、ホース、梯子及び消火器等の重量物の受け金具は、一部FRPボディーと一体化し、全体の金具を少なくすると共に剛性を高め、装着時の機能性も追求した。

一方現在の積載車は、側板用4枚、床板用4枚および座席ボックス(5枚の鋼板を溶接)の鋼板およびアルミ鋼板を使用し、ボルトで組み立てて車体に固定している。(図5、写真1参照)

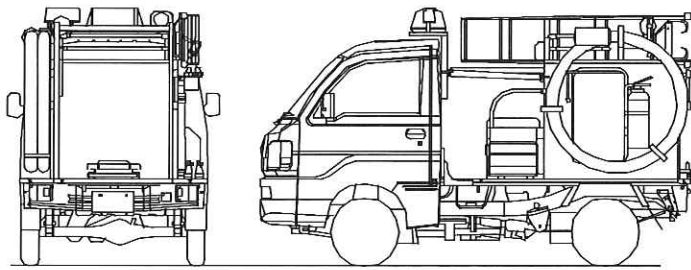


図5. 現積載車外観図



写真1. 現積載車

4-5 一次試作

製作期間：平成13年9月6日～11月20日

4-5-1 型製作

本体の木型を製作する（写真2～5参照）。



写真2. 後部

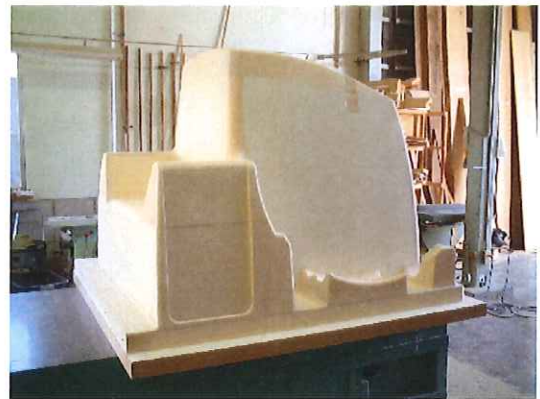


写真3. 左側面

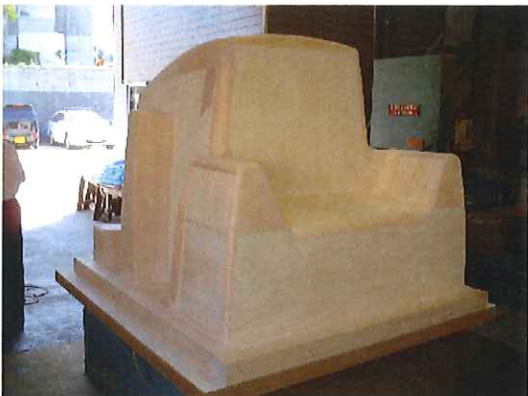


写真4. 前部及び右側面



写真5. 後部及び右側面

4-5-2 FRP成形

1) 成形方式（参考）

成形方式は生産数，設計形状の自由度，型費用等考慮し、ハンドレイアップ法を採用する。（ハンドレイアップ法説明概略図は次頁参照）



図6. ハンドレイアップ法製造工程 (参考)

2) 積層仕様

積層仕様はFRP船の製造実績より基本板厚及び補強部板厚は下記の仕様にて作成した。

- 基本板厚 : 4mm (GC+M+M+R+M)
 - 補強部板厚 : 7mm (GC+M+M+CM+M+R)
 - 使用樹脂 : 不飽和ポリエステル樹脂 (難燃性タイプ)
 - 補強部分 : 左右両面と前部背もたれ部
- ※ () 内はガラス繊維組合せ
- M: マット
R: ロービングクロス
CM: コアマット

3) 質量の測定及び仮艀装

成形後の試作品の状態を車体に乗せ確認した。図面のイメージ通りの仕上がりとなっている (写真6～8参照)。質量の測定結果は下記の通りである。現状鋼板製に比べ、70kg軽減している。

(20mホース6.5kg×11本分に相当)

表3. 質量測定結果

材質	質量 (kg)
現状鋼板製ボディー	150
FRP ボディー	80



写真 6 . 背面



写真 7 . 左側面



写真 8 . 右側面

4-5-3 成形品の強度試験

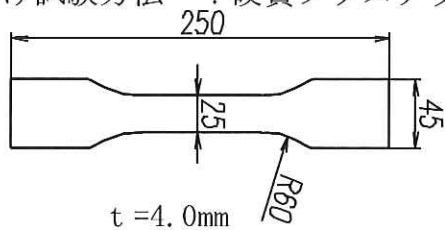
難燃性の添加剤は一般的に強度が落ちるといわれているため難燃剤の有無でそれぞれ引張り、曲げ試験を行い強度比較を行う。

1) 試験方法及び試験装置

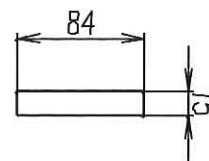
引張り、曲げともに JIS 試験法に基づき試験を行う。

引張り試験方法：硬質プラスチックの引張り試験方法 (JIS K 7113)

曲げ試験方法：硬質プラスチックの曲げ試験方法 (JIS K 7171)



a. 引張り試験片



b. 曲げ試験片

図 7 . 試験片形状

2) 試験写真



a. 引張り試験

b. 曲げ試験

写真9. 素材強度試験

3) 試験結果

表4. 引張り及び曲げ試験結果

試料番号		引張り強さ	引張り弾性率	曲げ強さ	曲げ弾性率
		MPa	MPa	MPa	MPa
難燃樹脂	A-1	137	3.33×10^3	193	3.21×10^3
	A-2	136	3.48×10^3	224	3.72×10^3
	A-3	118	4.09×10^3	210	3.73×10^3
普通樹脂	B-1	100	3.79×10^3	210	2.96×10^3
	B-2	122	3.88×10^3	185	2.89×10^3
	B-3	114	4.00×10^3	210	3.20×10^3

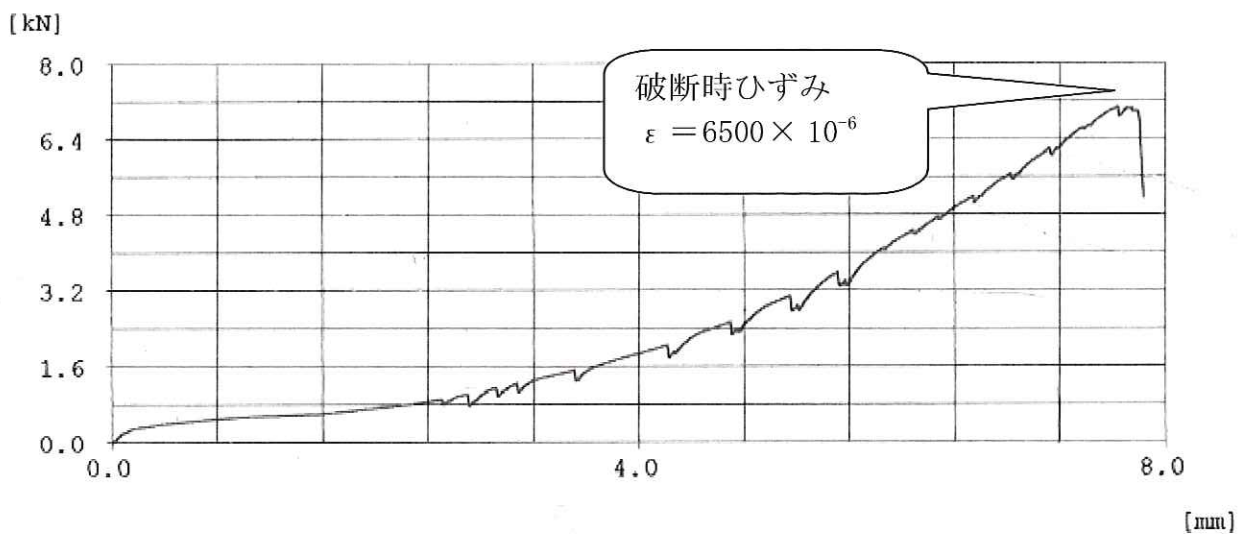


図 8 . 応力-荷重線図 (引張り破断テスト)

4) 結果

- ① 難燃性樹脂 FRP と普通樹脂 FRP との強度差は無い。
- ② 難燃性樹脂の強度は下記の通りである。(N 数 6 の平均値)
 - 引っ張り強さ : 121MPa
 - 引っ張り弾性率 : 3.76×10^3 MPa
 - 曲げ強さは : 205MPa
 - 曲げ弾性係数 : 3.29×10^3 MPa

4-5-4. 燃焼試験

普通樹脂と難燃性樹脂の積層板で燃焼状態の比較試験を行う。試験は、JIS K 6911「熱硬化性プラスチック一般試験方法」の「耐熱性」の項目に規定されている、A法、B法、C法について確認をおこなう。

A、B、C法の試験片は、上記JIS規定に基づき、長さ127mm、幅12.7mmのものを使用する。

1) A法

1-1) 試験方法及び規格

炎の高さ25mmの炎を30°の角度で30秒間当て、炎を取り去ると同時にストップウォッチでフレーミング時間を測定する。(詳細は図9参照)

JIS規定の判定基準を次に示す。

表5. JIS規格(A法)

判 定 基 準	区 分	
燃焼距離	25mm以下	不燃性
	25~100mm以下	自消性
180秒以上消えない場合	可燃性	

1-2) 試験装置

下図に示す装置を用いて試験を行った。

図9. 試験装置(A法)



写真10. 試験装置写真(A法)

1-3) 試験結果

試験結果及び、試験後の試験片の様子は次の通りである。

表 6. 試験結果 (A 法)

試験片種類	試験結果	判定
難燃性樹脂	17mm	不燃性
普通樹脂 (参考)	180秒以上経過しても消えず	可燃性

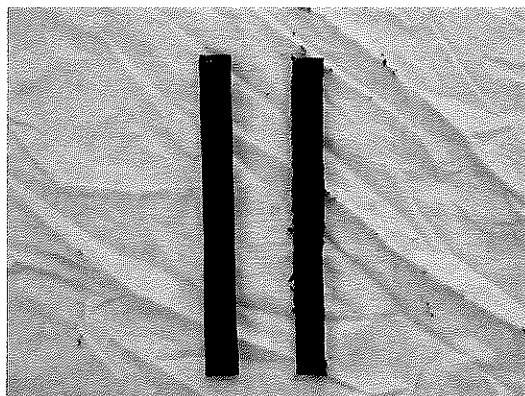


写真 1 1. 試験後の試験片 (A 法)
(左 ; 難燃性, 右 : 普通樹脂)

1-4) 結果

- ① 難燃性樹脂の A 法における区分は、燃焼距離が25mm以下のため「不燃性」である。
- ② 普通樹脂の A 法における区分は、180 秒以上炎が消えないため「可燃性」である。

2) B 法

2-1) 試験方法及び規格

炎の高さ19mmの炎を10秒間接炎する。接炎後バーナーを離してフレーミング時間を測定する。フレーミングが止まったら、直ちにバーナーの炎を再度10秒間当てた後、フレーミング時間及び、グローイング時間を測定する。
試験はそれぞれ 5 回行う (詳細は 2-2 項の図参照)。

JIS 規定の判定基準を次頁に示す。

表 7. JIS規格 (B 法)

試 験 条 件		耐 熱 性	
		V-0級	V-1級
(1)	炎を取り去った後のフレーミングの時間	10秒以内	30秒以内
(2)	5個1組の試験片に計10回接炎した後のフレーミング時間の合計	50秒以内	250秒以内
(3)	第二回目の炎を取り去った後のグローイングの時間	30秒以内	60秒以内
(4)	試験片から305mm下の外科用綿を発火させるような滴下物	合ってはならない	合ってはならない
(5)	クランプまで達するフレーミング又はグローイングの有無	合ってはならない	合ってはならない
(6)	5個1組の中の1個が不適合の場合、又は1組5個のフレーミング時間の合計が右記の場合は他の5個一組を用いて再試験し、上記(1),(2),(3)の要求値に全て適合しなくてはならない。	51~55秒	251~255秒

2-2) 試験装置

下図に示す装置を用いて試験を行った。



写真 1 2. 試験装置写真 (B 法)

図 1 0. 試験装置 (B 法)

2-3) 試験結果

試験結果及び、試験後の試験片の様子は次の通りである。

表 8. 試験結果 (B 法)

試験片種類		フレーミング時間		グローイン グ時間	外科綿の 発火	クランプま で達するフ レーミング	合計時 間	判 定
		接 炎 1 回 目	接 炎 2 回 目					
難 燃 性 樹 脂	1	25	5	0	なし	なし	157	V-1級
	2	27	3	0	なし	なし		
	3	25	4	0	なし	なし		
	4	29	3	0	なし	なし		
	5	29	7	0	なし	なし		
普 通 樹 脂 (参考)	1	全焼	-	-	なし	あり	-	適合せず
	2	全焼	-	-	あり	あり		
	3	全焼	-	-	なし	あり		
	4	全焼	-	-	なし	あり		
	5	全焼	-	-	なし	あり		



写真 1 3. 耐熱試験後の試験片 (B 法)
(左 ; 難燃性, 右 ; 普通樹脂)

2-4) 結果

- ① 難燃性樹脂の B 法における区分は「 V-1 級」である。
- ② 普通樹脂の B 法における区分は、炎がクランプまで到達するため、B 法には適合しない。

3) C法

3-1) 試験方法及び規格

45° に傾けたブンゼンバーナーの炎を（炎の垂直高さ25.4mm）を30秒間接炎し、取り去る。30秒炎を当てている間に、端面より25.4mmまで燃えたら炎が25.4mmに達したときに試験炎を取り去る。燃えつづけるときには、炎が試験片の短面より、25.4mmから101.6mmまで燃え移る時間を測定し、燃焼速度を求める。試験は3回行う。

表9. JIS規格（C法）

判 定 基 準	判 定
炎が短面より101.6mmに達する前に消える または、76.2mm（25.4～101.6mm）スパン での燃焼速度が、38.1mm/min以下の場合	HB級

3-2) 試験装置

下図に示す装置を用いて試験を行った。

図11. 試験装置（C法）



写真14. 試験装置写真（C法）

3-3) 試験結果

表 1 0 . 試験結果 (C 法)

試験片種類		76.2mmの燃焼時間		判定
		燃焼時間	燃焼速度 (mm/min)	
難燃性樹脂	1	短面より25.4mmまで炎が到達しない		HB 級
	2	短面より25.4mmまで炎が到達しない		HB 級
	3	短面より25.4mmまで炎が到達しない		HB 級
普通樹脂 (参考)	1	5'02	15.1	HB 級
	2	5'49	13.1	HB 級
	3	5'09	14.8	HB 級



写真 1 5 . 試験後の試験片 (C 法)
(左 ; 難燃性, 右 : 普通樹脂)

3-4) 結果

- ① 難燃性樹脂の C 法における区分は、炎が25.4mmまで到達せず消えたため「HB 級」である。
- ② 普通樹脂の C 法における区分は、76.2mm間での燃焼速度が 3 回共に 38.1mm/min以下だったため、「HB級」である (参考)。

4) ガラス含有率の測定

今回の成形品が、ガラス繊維の含有率がどの程度であったかを確認する。

4-1) 試験方法

試験片を適当な大きさに切り取り質量を測定する。質量を測定した樹脂を燃焼させ、残ったガラス繊維の質量を測定することで、ガラス含有率を求める。

4-2) 試験結果

表 1 1 . 試験結果 (ガラス含有率)

	燃焼前	燃焼後	ガラス繊維含有率
質量 (g)	9.40	3.47	37%

4-3) 結果

- ① 今回の成形品のガラス繊維含有率は37%前後である。

4-5-6 . 耐候試験

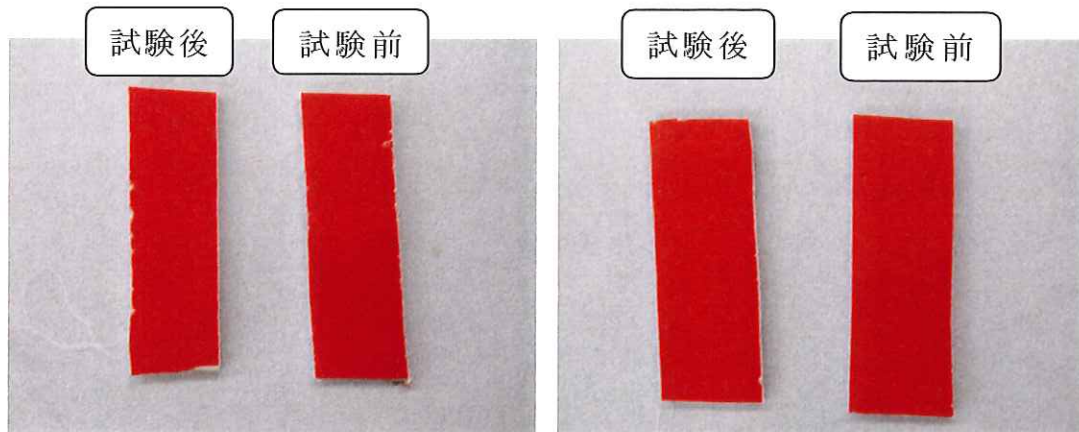
長期間屋外に放置した際、変色、ひび割れ等が起こるか確認する。また、難燃性と普通樹脂による耐候性の違いがあるか確認する。

1) 試験方法

1年間屋外に放置した試験片と室内に保管した試験片での違いを確認する。

2) 試験結果

難燃性FRP樹脂及び普通FRP樹脂共に、変色、ひび割れ等は起こらなかった。



a , 普通樹脂FRP

b . 難燃性樹脂FRP

写真16 . 耐候試験

3) 結果

- ① 普通樹脂、難燃性樹脂FRP共に1年の耐候性試験にて変色、ひび割れ等は起きなかった。
- ② 1年の耐候性試験にて普通樹脂、難燃性樹脂による性能の違いは見られなかった。

4-6 1次試験（型製作・FRP成形）

1次試験では、次の4点について確認を行う。

- ・ 試作品での艤装状態の確認
- ・ 主な艤装部分の耐久性の確認
- ・ 走行時の問題点及び耐久性の確認
- ・ 耐侯性確認

4-6-1 車体への取り付け

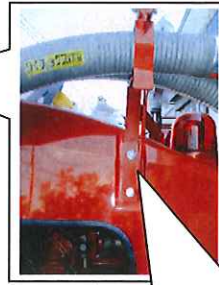
1次試作品にて艤装確認を行った。



写真17. 艤装写真（右側面）



両サイドに20m
ホース2本を装備



固定は上部一点のみ

現状3つ使っていた
吸水管固定ブラ
ケットは、FRP成
形により1つとな
った。



給水管は、全体で吸
管支えることにより
ブラケット数を減ら
しても安定した。

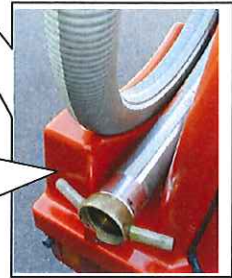


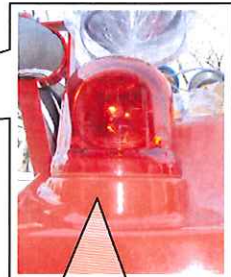
写真18. 艀装写真（左側面）



上部に20m
ホース5本
を装備



梯子は、両端で
支え中央で押さ
える形で固定し
た。（○部）



後部点滅灯は、
車体と一体化し
たデザインとな
った。

写真19. 艀装写真（後部）

4-6-2 測定箇所詳細

測定箇所の詳細を示す。

1) 梯子ブラケット部

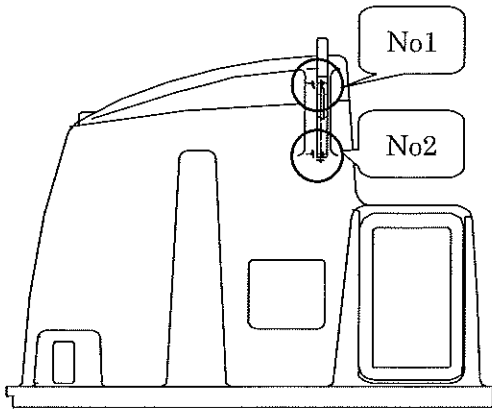
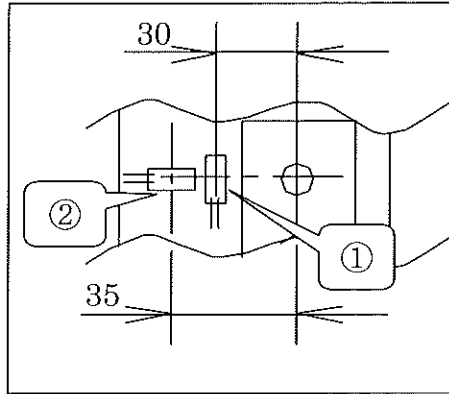
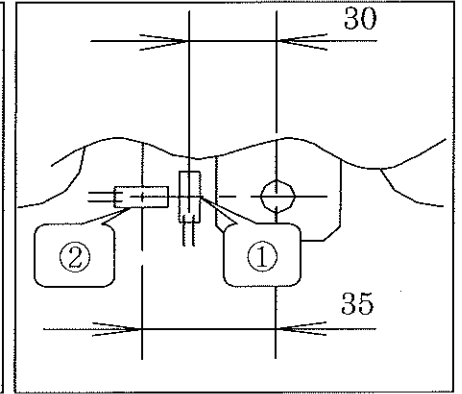


図12. 測定箇所
(梯子ブラケット部)



a.No1部



b.No2部

図13. ひずみゲージ張付け箇所 (梯子ブラケット部)

2) 吸水管ブラケット部

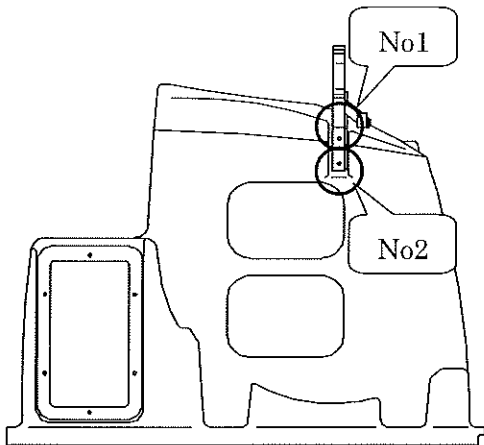
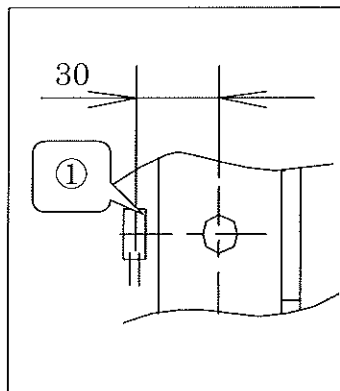
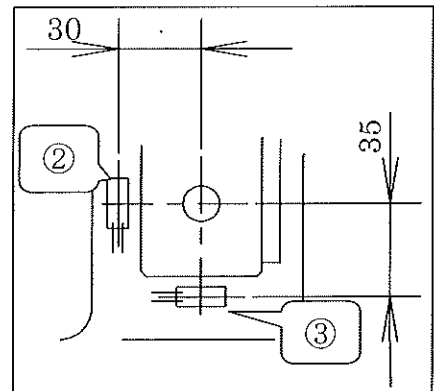


図14. 測定箇所
(吸水管ブラケット部)



a.No1部



b.No2部

図15. ひずみゲージ張付け箇所
(吸水管ブラケット部)

3) 消火器ブラケット部

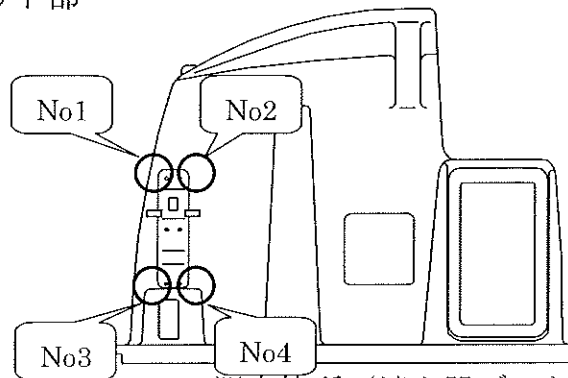


図16. 測定箇所 (消火器ブラケット部)

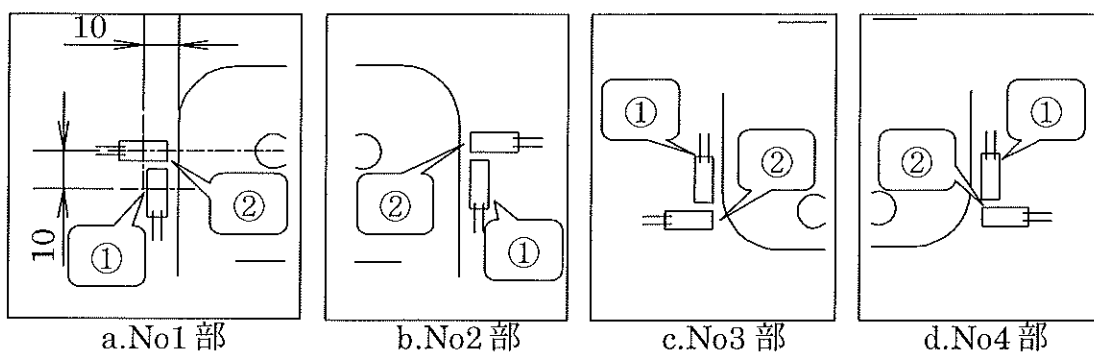


図17. ひずみゲージ張付け位置 (消火器ブラケット部)

4)シートベルト部

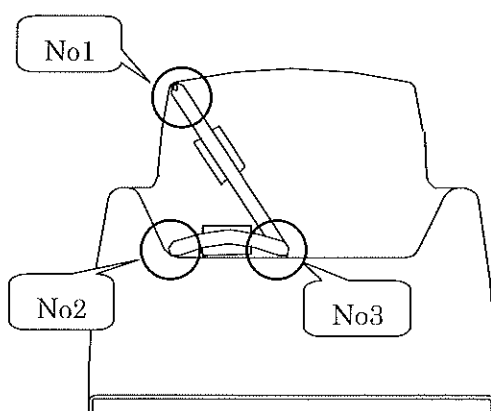


図18. 測定箇所 (シートベルト部)

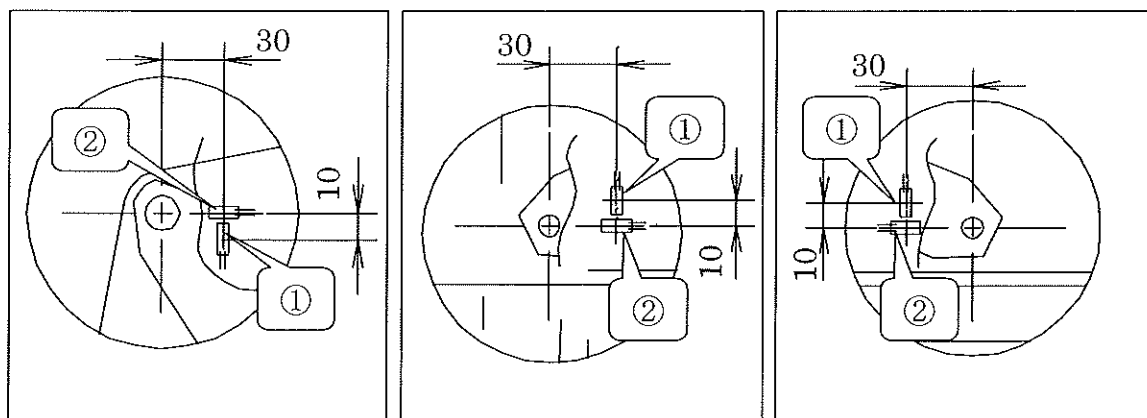


図19. ひずみゲージ張付け箇所 (シートベルト部)

4-6-3. 走行試験

平坦路及び凹凸路走行における、FRP 艀装部材の強度、耐久性の確認を行う。各部のゆるみ、搭載物の安定性、走行安定性を確認する。

1) 動ひずみ測定

路面走行時FRP艀装部のひずみ値を動ひずみ計にて測定し、引張り試験結果と対比する。

1-1) 試験場所及び試験条件

a) 試験場所

財団法人 日本自動車研究所 (茨城県つくば市)
基準凹凸路

b) 試験条件

天候：雨のち曇り
気温：28～33℃
湿度：70%～95%

c) 走行条件

凹凸路・・・20, 40, 60, 80 km/h時
舗装路・・・20, 40, 60, 80 km/h時

1-2) 測定箇所

梯子部、給水管部、消火器部をそれぞれ測定する (詳細 4-6-2 項参照)

1-3) 試験風景



a. テストコース



b. テストコースの凹凸



c. ひずみ測定試験 (1)



d. ひずみ測定試験 (2)

1-4) 試験結果

表 1 2. 試験結果 (動ひずみ測定)

測定箇所			走行路面	速度 (km/h)			
				20	40	60	80
				最大ひずみ ε ($\times 10^{-6}$)			
消火器 ブラケット部	No.1部	①	凹凸路	100	140	337	590
			舗装路	60	108	120	135
		②	凹凸路	40	70	100	140
			舗装路	25	50	70	75
	No.2部	③	凹凸路	152	231	371	422
			舗装路	15	65	70	90
		④	凹凸路	55	70	130	236
			舗装路	25	30	40	50
梯子 ブラケット部	No.1部	①	凹凸路	100	120	202	472
			舗装路	15	67	75	120
		②	凹凸路	40	70	95	140
			舗装路	25	35	50	60
	No.2部	③	凹凸路	84	120	243	320
			舗装路	15	33	70	80
		④	凹凸路	50	75	95	135
			舗装路	15	40	50	61
吸水管 ブラケット部	①	凹凸路	95	135	230	450	
		舗装路	33	60	90	130	
	②	凹凸路	60	120	270	300	
		舗装路	30	50	74	100	
	③	凹凸路	140	180	200	253	
		舗装路	33	70	80	100	

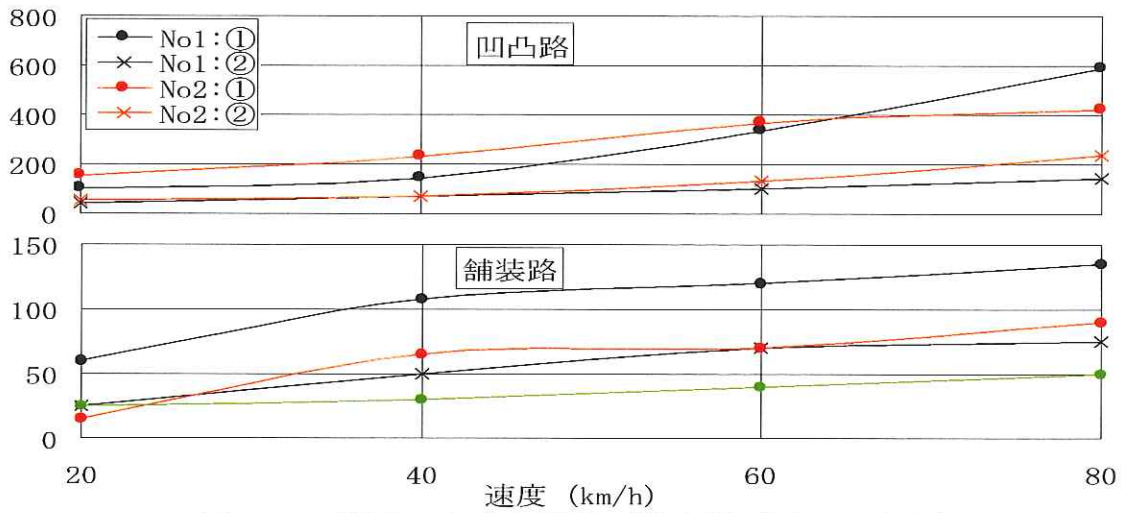


図 20. 速度-ひずみ線図 (消火器ブラケット部)

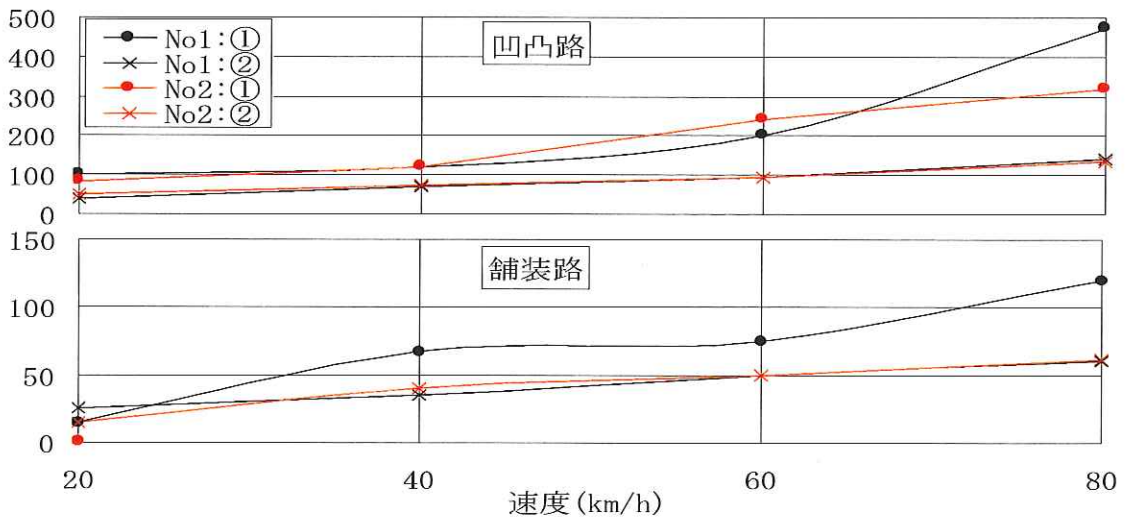


図 21. 速度-ひずみ線図 (梯子ブラケット部)

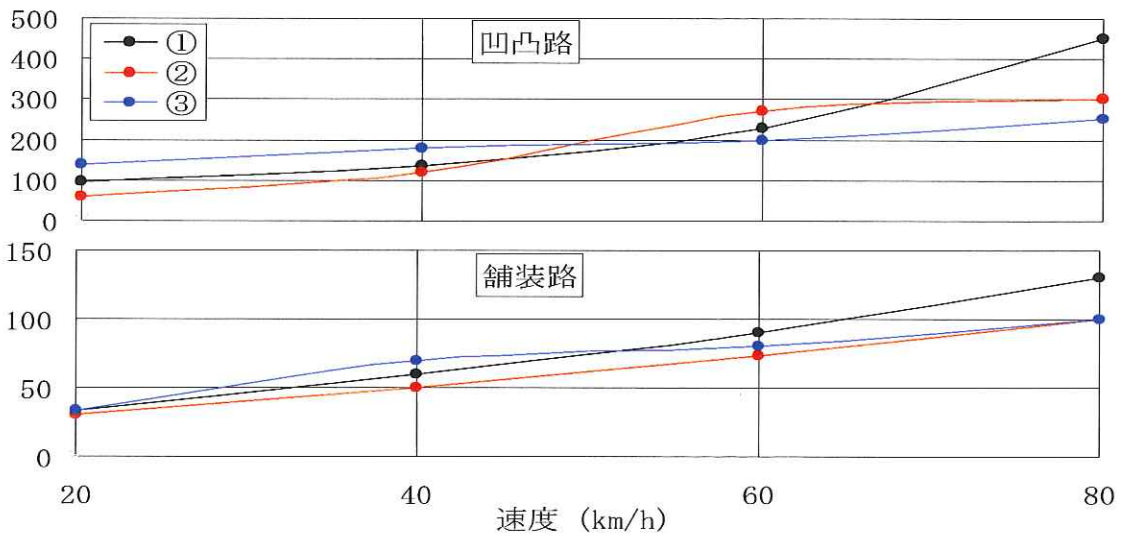


図 22. 速度-ひずみ線図 (吸水管ブラケット部)

1-5) 結果

- ① 吸水管部の最大ひずみは①450 μ ②130 μ ③253 μ である。
- ② 梯子部の最大ひずみはN \circ 1部で①472 μ ②140 μ である。
- ③ 消火器部の最大ひずみはN \circ 1部で①590 μ ②140 μ である。

3) 急停止試験

消防ポンプ自動車の法令に基づき急制動試験を行った。急制動を行う場合の初速は20km/h、35km/hとし、それぞれ1回行う。（「動力消防ポンプ受託試験規定集」：消防ポンプ自動車の受託試験細則より）

3-1) 試験方法

平坦路にて、20km/h時35km/h時の制動距離及び安定性を確認する。

3-2) 試験写真



a. (1)

b. (2)

写真21. 急停止試験

2-3) 試験結果

表13. 試験結果（急制動試験）

テストNo	速度 (km/h)	制動距離 (m)
1	20	4.2
2	35	5.3
3	35	6.5

2-4) 結果

- ① 急停止時の安定性は問題なかった。
- ② 積載物の落下等は無かった。

3) 耐久試験

長距離走行後に、本体にクラック等発生していないか、また、どの程度取り付けボルトのトルクダウンが起こるのかを確認する。消防ポンプ自動車の規定より、全装備で30km程度の走行試験が義務付けられている（「動力消防ポンプ受託試験規定集」より）。

3-1) 試験条件

下記条件にて走行試験を行った。

表 1 4 . 走行距離及び装備内容

走行条件	距離	装備内容
一般道	125km	可搬ポンプのみ (15 kmは吸水管と可搬ポンプを装備)
自動車専用道	80km	吸水管, 可搬ポンプのみ
ひずみ測定走行 (凹凸路)	3.6km	全装備
ひずみ測定走行 (平坦路)	3.6km	全装備
耐久テスト (凹凸路)	24km	全装備
全装備走行距離合計	31.2km	
合計距離	236.2km	

3-2) 試験結果

- ① 試験後本体にクラック等はない。
- ② 走行安定性及び積載物の安定性は問題ない。
- ③ 締め付けトルク測定結果は下記の通りである。

表 1 5 . トルク測定結果

ボルト サイズ	トルク (N・m)	
	テスト前	テスト後
M6	5.9	4.4~4.9
M8	12.7	8.8~10.8
M10	24.5	19.6~21.6

3-3) 結果

- ① 規定にある、全装備にて **30km** の走行耐久性は問題なかった。
- ② 合計走行距離**236.2km**における耐久性は問題なかった。
- ③ 今回の試験では、載物の安定性は問題なかった。
- ④ 今回の走行後に、締め付けトルクが初期締め付け時の70%程度までトルクダウンしていた。

4-6-4. 各部強度試験

梯子部，吸水管部，消火器部の静荷重引張り試験を行う。走行試験結果を考慮し、水平方向荷重は980 Nまでとし、垂直方向荷重においては、体重 70kg の人間がぶら下がった際の強度確認を行う。

1) 梯子ブラケット取り付け部

1-1) 試験方法及び試験装置

a) 水平方向強度確認試験

試験装置を下図に示す。

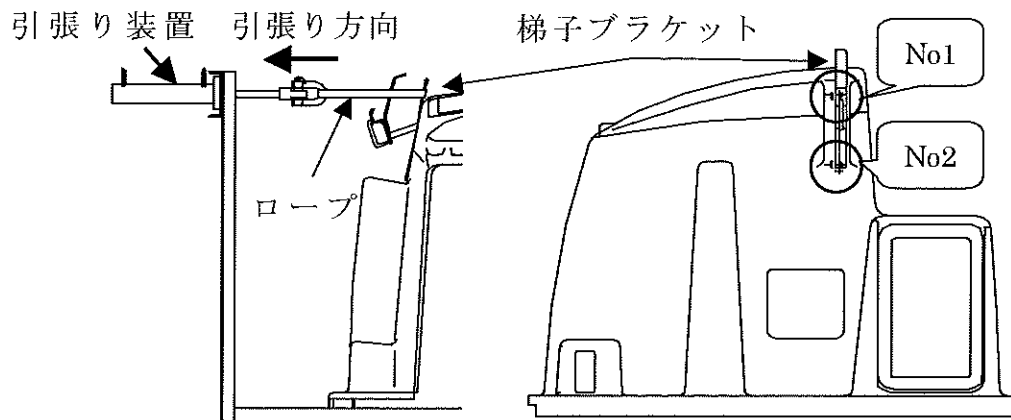


図 2 3. 試験装置（梯子ブラケット部：水平方向）

b) 垂直方向強度確認試験

梯子付け外しの際の取手部分に、人がぶら下がった場合の強度確認を行う。取手部分に錘を吊るし、垂直方向荷重 98N おきのひずみ値の測定を行い、荷重686N（70kg）まで試験を行う。試験装置を下図に示す。

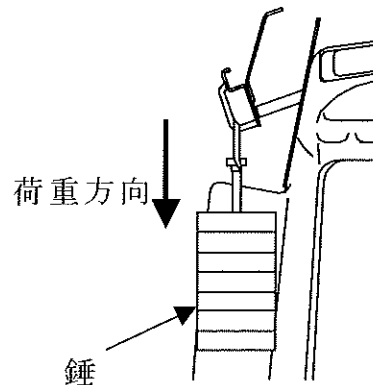


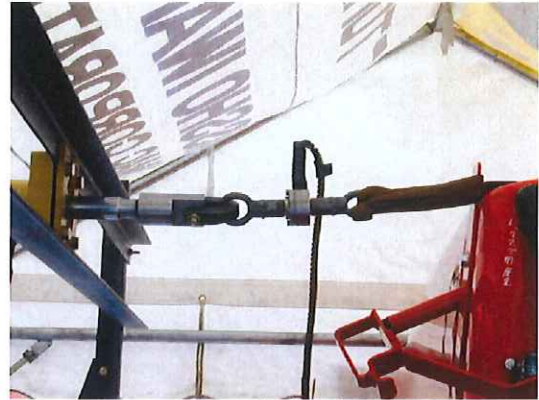
図 2 4. 試験方法（梯子ブラケット部：垂直方向）

1-2) 測定点

No1，No2 部におけるひずみ値を、それぞれ縦方向（①）横方向（②）共に測定を行った。（詳細 4-6-2 参照）

1-3) 試験写真

a) 水平方向強度確認試験



b. ○部拡大図

写真 2 1. 梯子ブラケット部試験（水平方向）

b) 垂直方向強度確認試験

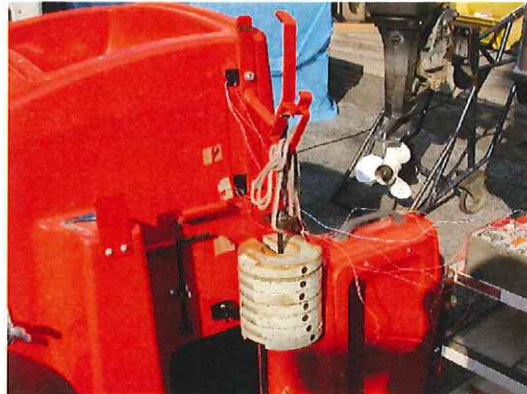


写真 2 2. 梯子ブラケット部試験（垂直方向）

1-4) 試験結果

a) 水平方向強度確認試験

表 1 6. 試験結果（梯子ブラケット部：水平方向）

荷重(N)	ひずみ ε ($\times 10^{-6}$)			
	No1		No2	
	①	②	①	②
196	269	26	57	-62
392	456	57	37	-95
588	724	91	4	-149
784	1017	129	-26	-201
980	1290	151	-46	-199

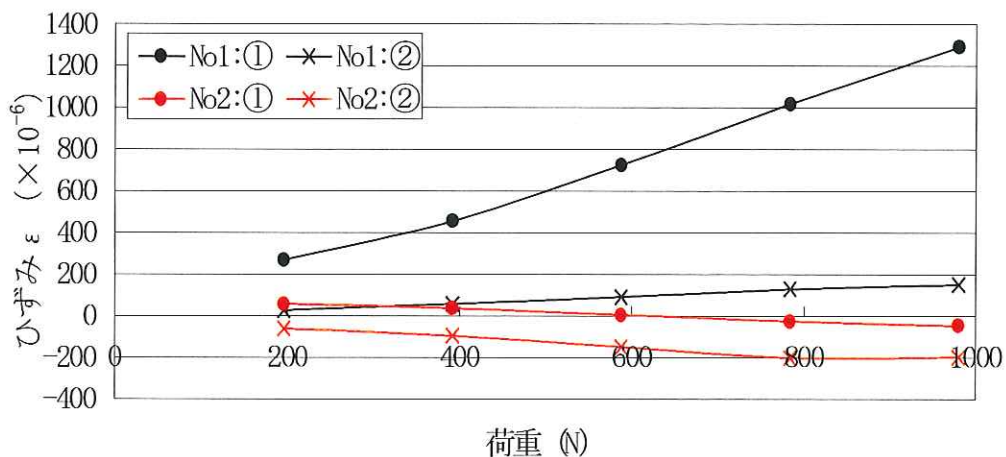


図 2 5 . 荷重-ひずみ線図 (梯子ブラケット部 : 水平方向)

b) 垂直方向強度確認試験

表 1 7 . 試験結果 (梯子ブラケット部 : 垂直方向)

荷重(N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)			
	No1		No2	
	①	②	①	②
98	134	27	-46	-25
196	161	36	-81	-20
294	223	46	-112	-23
392	256	64	-148	-24
490	316	82	-173	-36
588	366	108	-183	-53
686	391	157	-220	-78

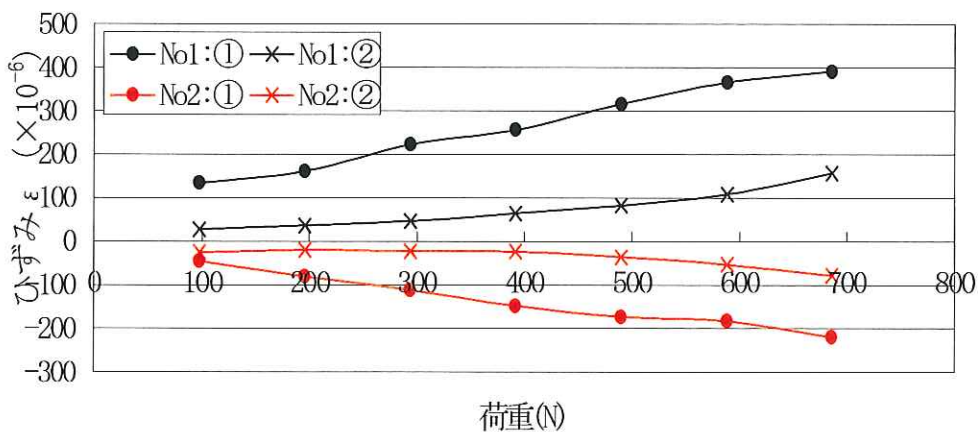


図 2 6 . 荷重-ひずみ線図 (梯子ブラケット部 : 垂直方向)

2-5) 結果

- ① 走行試験時の梯子部最大ひずみ① 472×10^{-6} は荷重392N相当時ひずみである。
- ② ①は、破断ひずみ 6500×10^{-6} に対し水平方向安全率は13.8である。
- ③ 垂直方向強度試験の最大ひずみは、No1 部で① 391×10^{-6} である。
- ④ ③は、破断ひずみ 6500×10^{-6} 垂直方向の安全率は16.6である。

2) 吸水管ブラケット部

2-1) 試験方法及び試験装置

- a) 水平方向強度確認試験
試験装置を下図に示す。

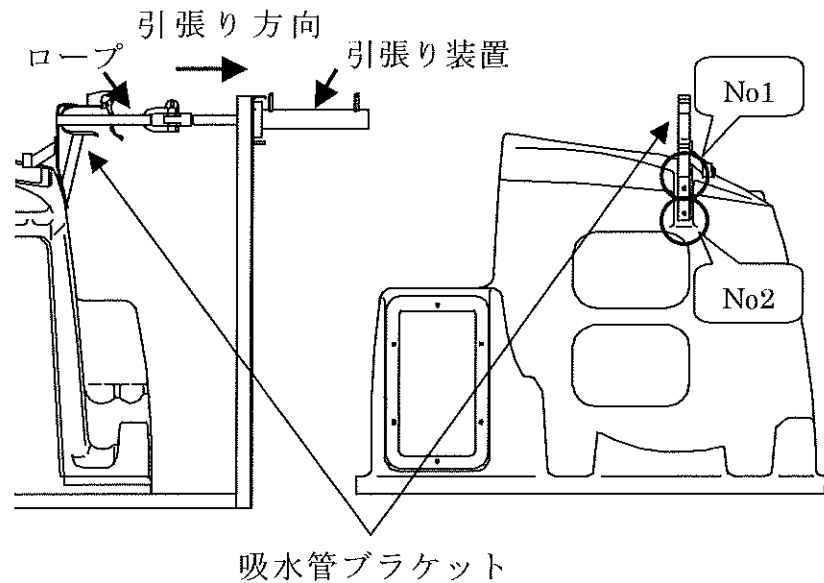
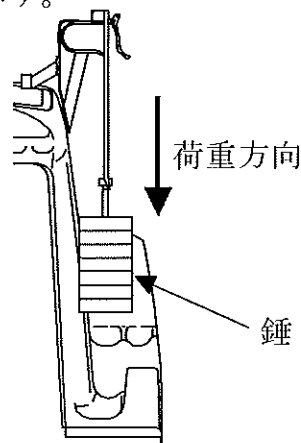


図 27. 試験装置 (吸水管ブラケット部：水平方向)

- b) 垂直方向強度確認試験

モーメントの最も大きくなるブラケット端部に錘を吊るし、垂直方向に荷重をかける。98N おきのひずみ値の測定を行い、686Nまで試験を行う。試験装置を次頁に示す。



2-2) 測定点

図 28. 試験方法 (吸水管ブラケット部：垂直方向)

No1, No2 部におけるひずみ値を、それぞれ縦方向 (①) 横方向 (②) 共に測定を行った。(詳細 4-6-2 参照)

2-3) 試験写真

a) 水平方向強度確認試験



a. 試験写真

b. ○部拡大図

写真 2 3. 吸水管ブラケット部試験 (水平方向)

b) 垂直方向強度確認試験



写真 2 4. 吸水管ブラケット部試験 (垂直方向)

2-4) 試験結果

a) 水平方向強度確認試験

表 1 8. 試験結果 (吸水管ブラケット部：水平方向)

荷重(N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)		
	①	②	③
196	379	-134	-277
392	731	-193	-494
588	990	-237	-650
784	1282	-270	-808
980	1652	-282	-914

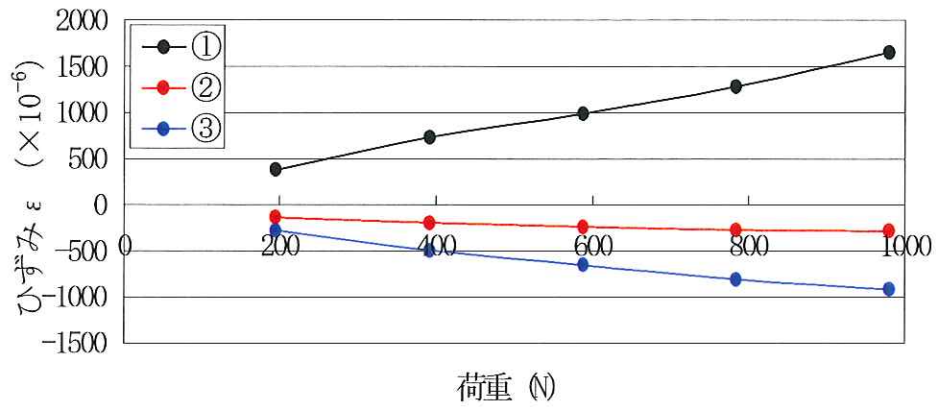


図 29. 荷重－ひずみ線図
(吸水管ブラケット部：水平方向)

b) 垂直方向強度確認試験結果

表 19. 試験結果 (吸水管部ラケット：垂直方向)

荷重(N)	ひずみ ε (×10 ⁻⁶)		
	①	②	③
98	143	27	-277
196	272	51	-323
294	397	77	-352
392	548	116	-377
490	689	167	-407
588	841	221	-441
686	976	283	-536

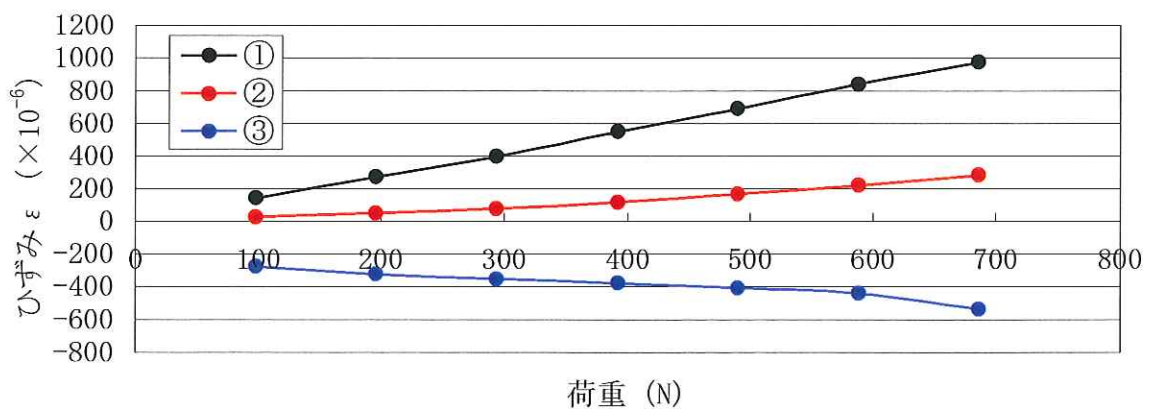


図 30. 荷重－ひずみ線図
(吸水管ブラケット部：垂直方向)

2-5) 結果

- ① 走行試験時の給水管部最大ひずみ① 450×10^{-6} は、静的引張り試験における荷重220Nである。
- ② ①より、破断ひずみ 6500×10^{-6} に対し水平方向安全率14.4である。
- ③ 垂直方向強度確認テストの最大ひずみは、No1部① 1573×10^{-6} である。
- ④ ③より、破断ひずみ 6500×10^{-6} に対し垂直方向の安全率4.1である。

3) 消火器ブラケット部

3-1) 試験方法及び試験装置

消火器固定用のアーム部を水平方向に引張り荷重を加え試験を行う。試験装置を下図に示す。ひずみ $\epsilon = 690 \times 10^{-6}$ 付近での荷重を測定する。ひずみの測定は196Nおきに行う。

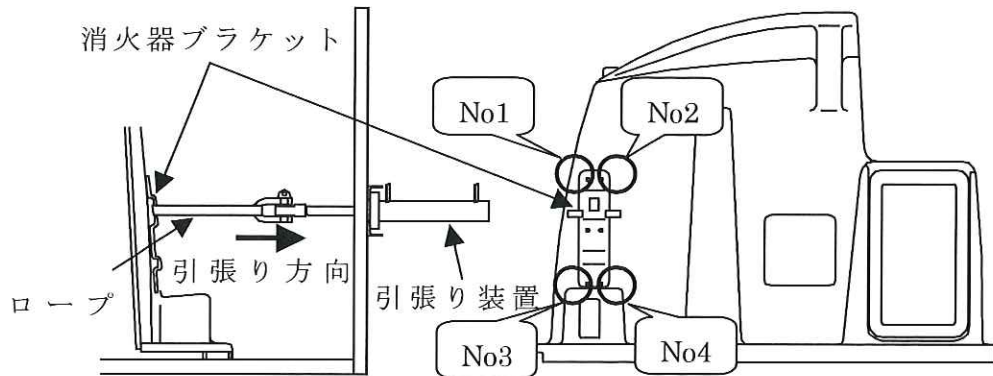


図 3 1. 試験装置 (消火器ブラケット部)

3-2) 測定点

No1 ~ No4 部におけるひずみ値を、それぞれ縦方向 (①) 横方向 (②) 共に測定を行った。(詳細 4-6-2 参照)

3-3) 試験写真



a. 試験写真



b. ○部拡大図

写真 2 5. 消火器部

3-4) 試験結果

表 20. 試験結果 (消火器部)

荷重 (N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)							
	No1		No2		No3		No4	
	①	②	①	②	①	②	①	②
196	152	123	229	162	-16	1	-6	-24
392	440	234	530	410	-27	10	-9	-38
588	680	329	796	606	-45	18	-19	-57
784	888	436	1068	823	-64	23	-27	-72
980	1120	507	1276	1003	-88	28	-37	-84

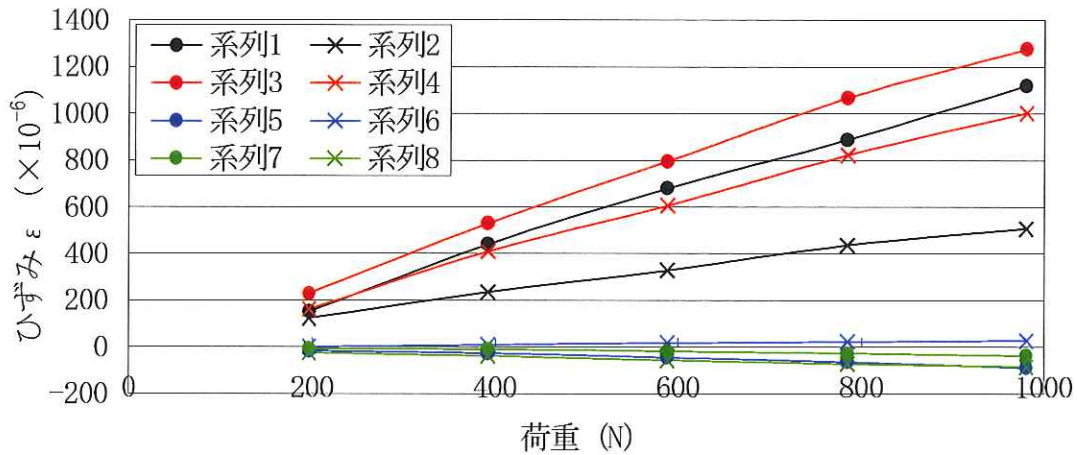


図 3 2. 荷重-ひずみ線図 (消火器部)

3-5) 結果

- ① 走行試験時の消火器部最大ひずみ① 690×10^{-6} となるのは、静的引張り試験においての荷重590N時である。
- ② ①より、破断ひずみ 6500×10^{-6} に対し水平方向安全率は11である。

4) シートベルト部

シートベルト部の強度は、法令上は未規定ではあるが、研究上の評価のため、『新型自動車審査関係基準集』を参考にテストを行う（別添 2 3：座席ベルト取り付け装置の技術基準）。上記基準集に基づき、今回の試験では肩部及び腰部に、水平面と $10^\circ \pm 5^\circ$ の角度で60秒以内に、27000Nの荷重を0.2秒以上絶える事ができるかどうか確認を行う。

4-1) 試験方法及び試験装置

肩部及び腰部に同時に荷重をかけ、1960N おきにひずみ値の測定を行う。肩部、腰部共に均等に荷重が加わるように滑車を使用した。

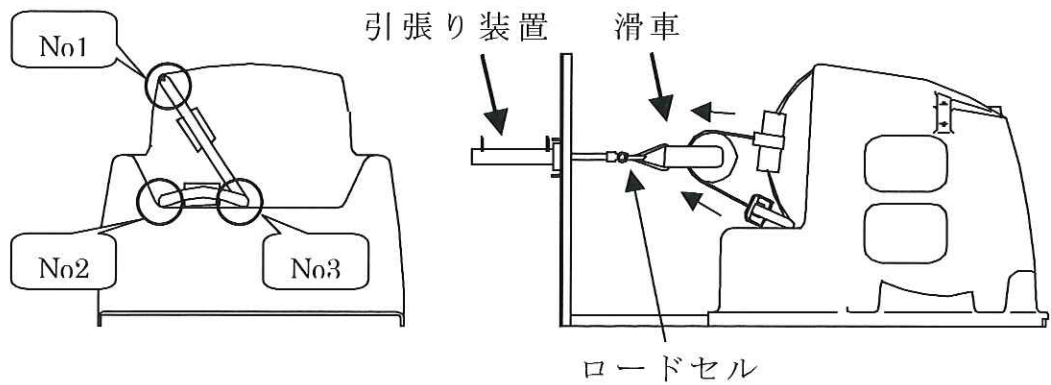


図 3 3 . 試験装置 (シートベルト部)

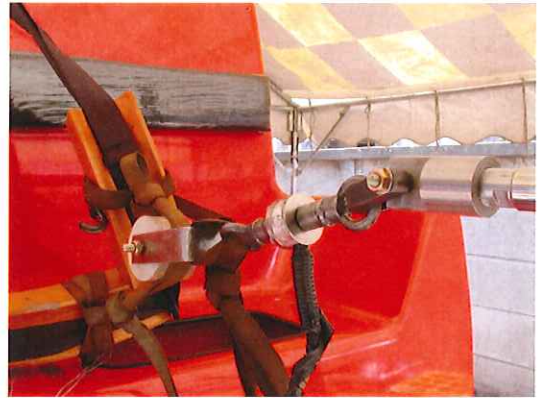
4-2) 測定点

下図の No1 ~ No3 部におけるひずみ値を、それぞれ縦方向 (①) 横方向 (②) 共に測定を行った。(詳細 4-6-2 参照)

4-3) 試験写真



a. 試験写真



b. ○部拡大図

写真 2 6 . シートベルト部試験

4-4) 試験結果

荷重21560Nで No3 部が破壊したため、試験終了となった。破断後の No3 部の様子は次の通りである。



a. 本体



b. 破片

写真 2 7 . 破壊後の No3 部

表 2 1. 試験結果 (シートベルト部)

荷重 (N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)					
	No1		No2		No3	
	①	②	①	②	①	②
1960	625	105	338	-101	993	-271
3920	1047	226	752	-116	1619	-466
5880	1293	353	1139	-145	2324	-735
7840	1563	458	1485	-200	3118	-953
9800	1751	564	1811	-262	3700	-1216
11760	1955	680	2106	-378	4410	-1512
13720	2202	775	2439	-495	5065	-1802
15680	2456	866	2673	-629	5752	-2068
17640	2712	988	2952	-747	6438	-2368
19600	2973	1079	3114	-863	7087	-2571
21560	3216	1226	3294	-990	7620	-2766

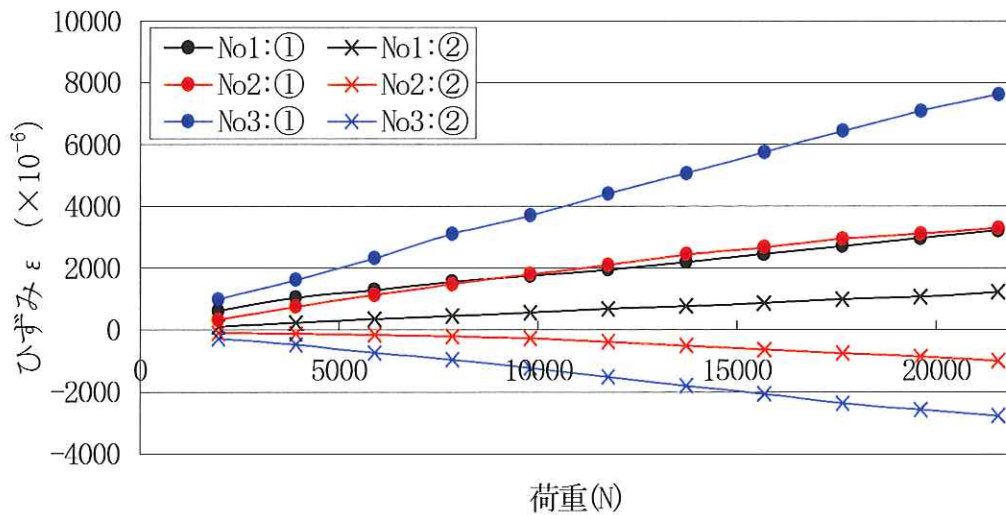


図 3 4. 荷重-ひずみ線図 (消火器部)

4-5) 結果

- ① No1 , No2 部はひずみの値から見て、規格荷重に耐えることができる。
- ② No3 部は破壊荷重21560Nである。

4-7 2次試作

製作期間：平成 14 年 8 月 19 日～9 月 30 日

一次試作の各部強度試験結果より、シートベルトを除く部品取り付け部，全体の剛性共に強度的に問題ない事が確認された。2次試作では、最低限の強度で本体を製作し（GC+M+M+R+M）、全体の剛性を低下させた時の強度確認を行い軽量化を図る。今回試作時に、次の2点について仕様変更を行った。

- ・ より商品に近い仕様にするため、シート部の奥行き寸法を、100mm 延長し、居住性を考慮した形状に変更する。
- ・ 積層仕様を全て補強無しの GC+M+M+R+M とするとする。

4-7-1 型修正

シート部に下図に示す木型を追加し、シートを大きくした。（写真参照）



a. 追加木型



b. 成形後シート部

写真 28. 2次試作型修正部

4-7-2 FRP成形

1) 成形仕様

成形方法・・・ハンドレイアップ法

基本板厚・・・4mm（GC+M+M+R+M）※補強部無し

樹脂・・・不飽和ポリエステル樹脂（通常タイプ）

2) 重量測定

重量測定の結果 60kg であった。

1次試作品よりも更に 20kg 軽量化されている。

表 22. 重量比較

材 質	重量 (k g)
1次試作品	80
2次試作品	60

4-8. 2次試験

一次試作の強度試験結果より、補強を入れる事でシートベルト部以外の十分な強度が確認できた。2次試験では、両側面，背もたれ部補強無しの仕様で、1次試験同様の強度確認を行い、どの程度強度が低下するか確認を行う。

4-8-1. 各部強度試験

1 次試験と同様のテストを行い、ひずみ値の比較をする。

1) 梯子ブラケット部

1-1) 試験装置

1 次試験と同様の方法で測定した。

1-2) 測定点

1 次試験と同箇所の測定を行った。

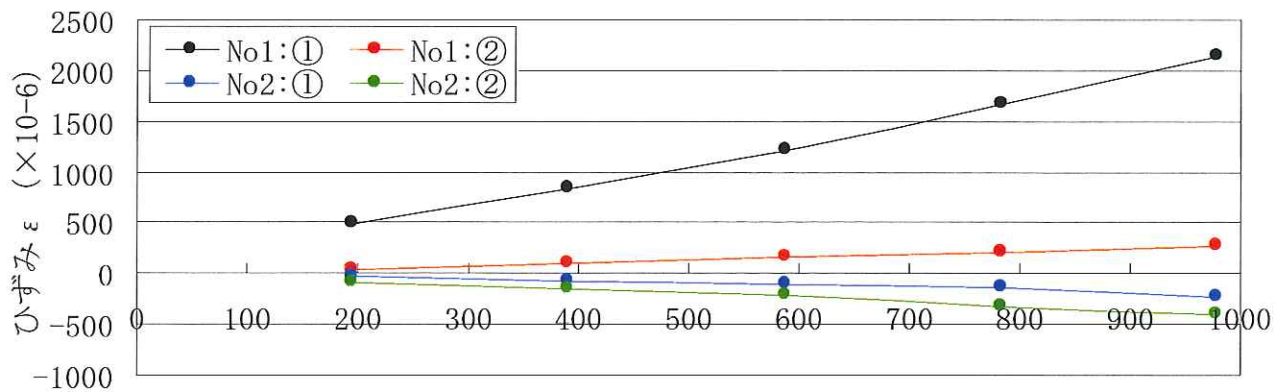
1-3) 試験結果

a) 水平方向強度確認試験

表 2 3. 試験結果

(2 次試作：梯子ブラケット部：水平方向)

荷重(N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)			
	No1		No2	
	①	②	③	④
196	492	41	-23	-92
392	839	98	-76	-153
588	1212	162	-98	-216
784	1672	211	-143	-318
980	2132	268	-236	-396



荷重 (N)

図 3 5. 荷重－ひずみ線図

(2 次試作：梯子ブラケット部：水平方向)

b) 垂直方向試験結果

表 2 4. 試験結果
(2次試作：梯子ブラケット：垂直方向)

荷重(N)	ひずみ ε ($\times 10^{-6}$)			
	No1		No2	
	①	②	①	②
98	151	73	-100	-37
196	230	119	-154	-44
294	315	158	-191	-63
392	386	191	-226	-85
490	478	210	-271	-107
588	589	223	-300	-110
686	651	273	-352	-136

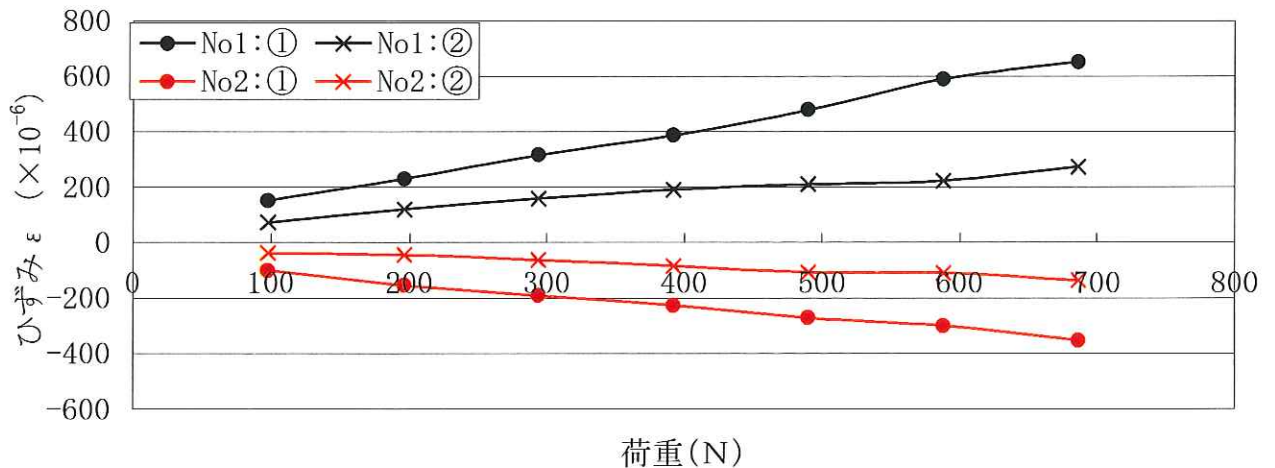


図 3 6. 荷重-ひずみ線図
(2次試作：梯子ブラケット部：垂直方向)

1-5) 結果

- ① 走行時の荷重392N最大ひずみは① 839×10^{-6} である。
- ② ①より、破断ひずみ 6500×10^{-6} に対し水平方向安全率は7.7である。
- ③ 垂直方向強度テストで、最大ひずみはNo1 部で① 651×10^{-6} である。
- ④ ③より、垂直方向安全率は10である。
- ⑤ 側面補強ありの一次試作に比べ、ひずみ値が1.7倍になっている。

2) 吸水管ブラケット部

吸水管ブラケット部は、1次試作にて側面補強ありの仕様に関しては、水平方向強度確認試験、垂直方向強度確認試験共に十分な強度が確認できている。2次試験では、側面補強無しにした際、強度がどの程度落ちるのか確認を行い、1次

試験結果と比較検討する。

2-1) 試験装置

1次試験と同様の方法で測定を行った。

2-2) 測定点

1次試験と同箇所の測定を行った。

2-3) 試験結果

a) 水平方向強度確認試験

表 2 5. 試験結果

(2次試作：吸水幹部ラケット部：水平方向)

荷重 (N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)		
	①	②	③
196	726	-253	-362
392	1358	-348	-659
588	2070	-416	-853
784	2850	-493	-1015
980	3526	-723	-1161

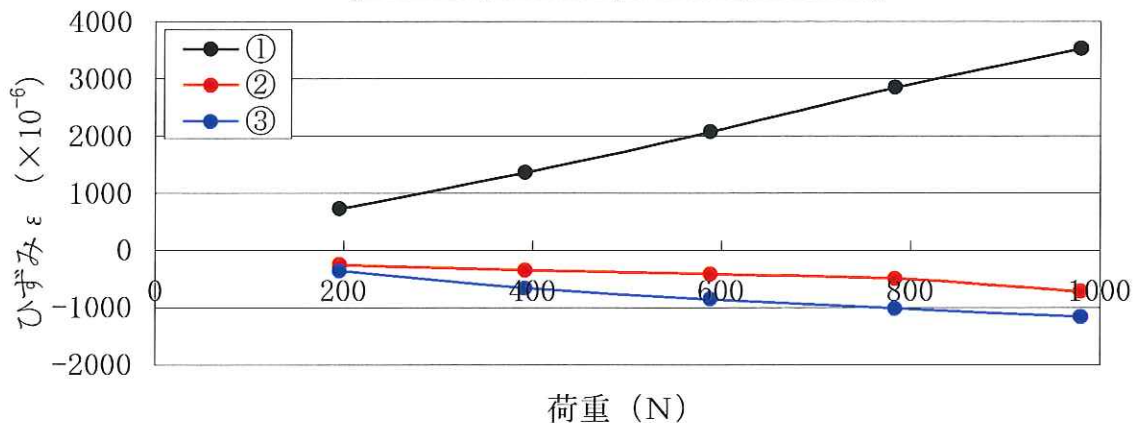


図 3 7. 荷重－ひずみ線図

(2次試作：吸水管ブラケット部：水平方向)

b) 垂直方向強度確認試験

表 2 6. 試験結果 (2次試作：梯子ブラケット部：垂直方向)

荷重 (N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)		
	①	②	③
98	858	-61	-478
196	1267	-147	-644
294	1523	-276	-786
392	1951	-325	-883
490	2326	-437	-957
588	2680	-471	-983
686	3236	-536	-1121

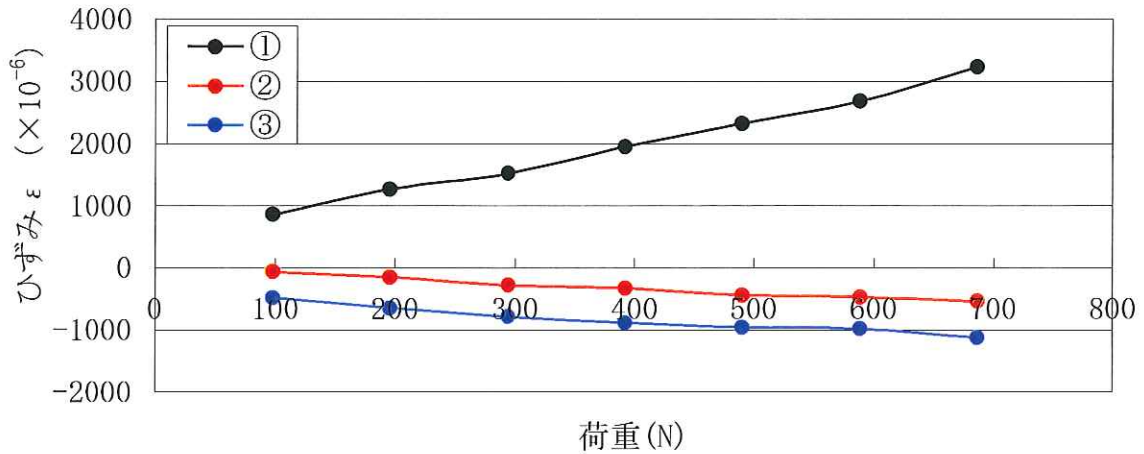


図 38. 荷重－ひずみ線図
(2次試作：吸水管ブラケット部：垂直方向)

2-4) 結果

- ① 走行時の荷重220N時最大ひずみは① 1400×10^{-6} である。
- ② ①より、破断ひずみ 6500×10^{-6} に対し水平方向安全率は4.6である。
- ③ 垂直方向強度テストで、最大ひずみは① 3236×10^{-6} である。
- ④ ③より、体重70kg (686N) の人間がぶら下がった際の安全率は2.0である。
- ⑤ 側面補強ありの一次試作に比べ、ひずみ値が2.1倍になっている。

3) 消火器ブラケット部

消火器ブラケット部は、1次試作にて側面補強ありの仕様に関しては、水平方向強度確認試験、垂直方向強度確認試験共に十分な強度が確認できている。2次試験では、側面補強無しにした際、強度がどの程度落ちるのか確認を行い、1次試験結果と比較検討する。

3-1) 試験装置

一次試験と同方法で測定を行った。

3-2) 測定点

一次試験と同箇所の測定を行った。

3-3) 試験結果

試験結果を下表に示す。破損箇所等は無かった。

表 27. 2次試作品試験結果 (2次試作：消火器部)

荷重 (N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)							
	No1		No2		No3		No4	
	①	②	①	②	①	②	①	②
196	273	331	313	163	-32	6	-13	-35
392	793	821	672	345	-54	21	-32	-53
588	1156	1273	976	492	-71	36	-56	-71
784	1512	1676	1223	647	-94	42	-78	-89
980	1821	2021	1462	771	-121	52	-99	-111

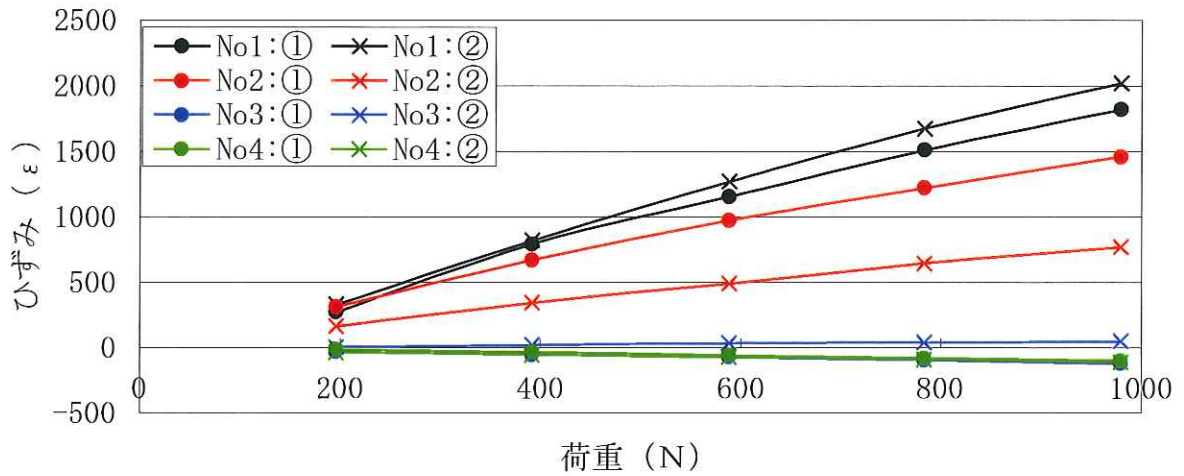


図 39. 荷重-ひずみ線図
(2次試作：消火器部)

2-5) 結果

- ① 走行時の荷重590N時最大ひずみは① 590×10^{-6} である。
- ② ①より、破断時ひずみ 6500×10^{-6} に対する安全率は11である。
- ③ 側面補強ありの一次試作に比べ、ひずみ値が 1.9 倍となっている。

4) シートベルト部

一次試験にて、ひずみ値 7000×10^{-6} 付近が No3 部の破壊強度であることが分かった。2次試験では、全面補強無しの仕様でのシートベルト部強度確認を行い、1次試験結果と比較検討する。

4-1) 試験装置

一次試験と同方法にて測定した。

4-2) 測定点

一次試験と同箇所の測定をした。

4-3) 試験結果

下表に試験結果を示す。強度の比較が目的のため、破壊荷重手前の11760Nまで測定を行った。

表 28. 試験結果 (2次試作シートベルト部)

荷重(N)	ひずみ ϵ ($\times 10^{-6}$)					
	No1		No2		No3	
	①	②	①	②	①	②
1960	938	137	526	-166	806	-211
3920	1361	294	1169	-280	1898	-441
5880	1681	455	1772	-370	3019	-640
7840	2028	580	2311	-520	4179	-856
9800	2363	684	2812	-630	5337	-1105
11760	2661	806	3280	-850	6408	-1392

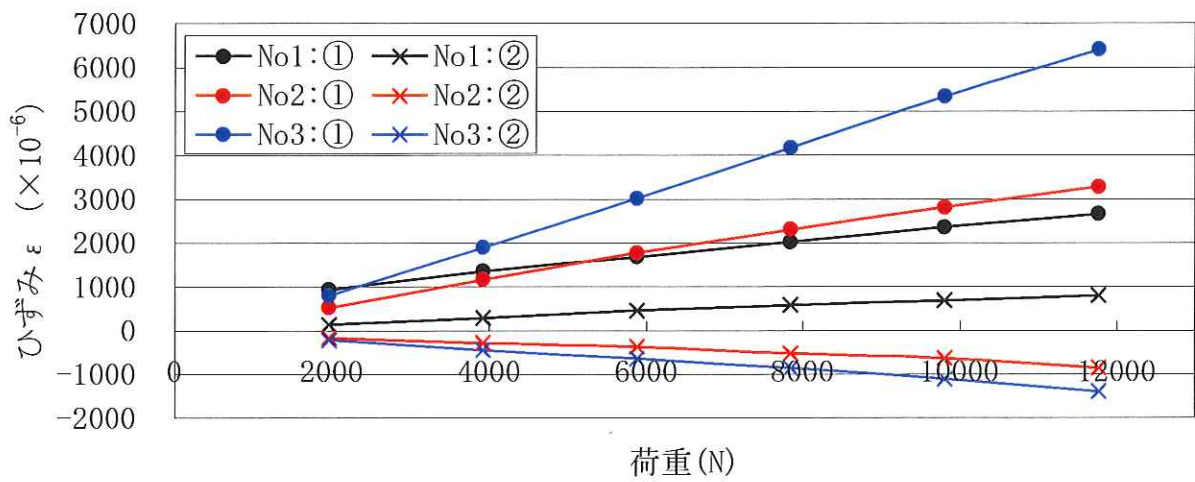


図40. 荷重-ひずみ線図
(2次試作：シートベルト部)

1-5) 結果

- ① 11760N時の最大ひずみはNo3部の① 6408×10^{-6} である。
- ② ①より、1次試験結果に対して11760N時ひずみ値が、1.5倍になっている。

5. FRP 艤装の実用化について

FRP 製品は、家庭用から自動車を始め航空・宇宙産業まで幅広く使われており、その製法も汎用・少量生産用から高強度用まで使用目的によって多岐にわたっている。消防用艤装は緊急車両であり、強度、耐久性および信頼性が求められるが、経済性も無視できない要素である。

これらを考慮して以下の内容で実用化は可能と判断する

- ① 製法は、経済性を考慮し少量生産に適したハンドレイアップ法が最適である。
- ② 樹脂は不飽和ポリエステルで自己消火性の難燃剤添加とする。
- ③ 強化繊維はGFRP（ガラス繊維）で強度的に満足できる。
ガラス繊維の構成は1次試作仕様を良と判断する。（2次試作品は安全率の観点から見て、十分でない）
 - ・ 基本構成：GC+M+M+R+M（成形後の厚さ4mm）
 - ・ 補強構成：GC+M+M+CM+M+R（成形後の厚さ7mm）
- ④ シートベルト部には、部分的に金属等による補強が必要である。