

# 膜構造建築物の膜体部張替え判定の手引き

平成 30 年 3 月

一般社団法人 日本膜構造協会

## はじめに

我が国において恒久的な膜構造建築物が建設されるようになってからほぼ 30 年が経過しています。

現段階では、一般に膜構造建築物の経年による構造安全性能の低下は、膜体部の劣化が主因で、膜体部を張り替えることにより、建築物としての供用期間が確保されてきています。

このことは一方で、膜構造による建築物は、膜体部を張り替えることで、他の構造種別による建築物に比して、その再生が容易に図れ、持続型社会の構築にも貢献できるという利点を持っています。

こうした背景にあって、一般社団法人日本膜構造協会（以下に「膜協」）では、既に膜体部の劣化点検・診断・調査に関する基準を整備し、さらに平成 24 年には膜体部の張替えマニュアルを整備しております。

今後我が国においては、比較的長期間の使用に耐える A 種の膜材料で構成された膜体部にあっても、これを張替える事例が多くなると予想されます。

そこで、今回は膜構造建築物の所有者・管理者や維持保全に関係する方々が、A 種、B 種、C 種及びテント倉庫用膜材料による膜体部の張替えの要否をご判断いただけるための資料として、この手引きを取り纏めました。

本手引きが、膜構造建築物にご関係の方々が、膜体部の張替えの必要性をご判断される際の根拠になれば幸甚に存じます

2018（平成 30）年 3 月 29 日

一般社団法人日本膜構造協会

会長 菅原進一

## 刊行の趣旨

膜協では、既に平成 24 年に膜構造建築物の膜体部及び鋼製部材に対し、それらに経年による性能低下が生じた際に、主として構造安全性能の側面から、それらの張り替えや部材の交換を行う必要性の判定とその事由が、以下の二つの資料として取りまとめてあります。

- ・膜構造建築物の膜体部張替えマニュアル
- ・膜構造建築物の鋼製部材の劣化判定マニュアル

新設された膜構造建築物の構造安全性能の側面からみた、膜体部の張替えを必要とする時期は、膜体部に使用されている A 種、B 種、C 種及びテント倉庫用膜材料の経年による耐久性能の変化により異なります。

我が国における各膜材料の使用実績からみた使用期間は、一般に A 種が長く、次いで B、C 種で、テント倉庫用膜材料が最も短くなります。

張替える時期に関する我が国の現状は、長期の使用が期待できるとされてきた、A 種膜材料にあっても、その使用期間が長期に及んできているため、張替えの判断が必要になってきていることです。

既存の膜構造建築物の膜体部分を張り替え、さらに延命化を図るための検討には、工学的な側面だけではなく、経済・社会的な側面からの分析・評価などが必要になりますが、本手引きが工学的側面からのご判断をなされる際の根拠として、ご活用いただければ幸いに存じます。

なお、この手引きは、膜協で既に作成してあります、前記張替えマニュアルの内容を、できるだけ平易にご理解いただけることを念頭に編纂したものであります。従いまして、ご不明な内容やさらに詳細な内容等がご要望な場合は、当協会へご連絡を頂ければ、協会としてのご支援が可能な体制を設けてありますことを、付言いたします。

2018（平成 30）年 3 月 29 日  
一般社団法人日本膜構造協会  
維持保全専門委員会  
委員長 楡木 堯

# 膜構造建築物の膜体部張替え判定の手引き

## 目 次

第1章 総則	5
1.1 目的	5
1.2 適用範囲及び適用対象	5
1.3 用語	7
第2章 点検・劣化診断と張替えの判定	8
2.1 点検・劣化診断	8
2.2 点検、劣化診断と張替えの判定	9
第3章 膜材料の張替え判断基準	10
第4章 張替え工事計画	15
4.1 張替え工事計画作成の主体者	15
4.2 張替え工事計画の作成	15

## 第1章 総則

### 1.1 目的

本手引きは、膜構造建築物の所有者・管理者等などが、当該建築物を構成している膜体部の、経年による劣化などにより、膜体部を張り替える必要があるか否か、を判断する際の根拠としてに活用されることを目的とする。

膜構造建築物の構造安全性は、経年によって膜材料が劣化しても、膜体部を張替えることによって、さらに継続的にその性能を保持することができます。いつ張り替えればよいかは、維持保全のために行われている点検・診断の結果に基づいて判断されます。

既に膜協においては、維持保全が適確に行なえるよう以下のマニュアルが作成されています。

「膜構造建築物定期点検マニュアル・同解説」

「膜構造建築物の補修・改修マニュアル・同解説」

「空気膜構造建築物維持保全マニュアル・同解説」

また、張替えに関しては、以下のマニュアルが既に作成されています。

「膜構造建築物の膜体部張替えマニュアル・同解説」

我が国において、A種の膜材料が使用されてから30余年が経過し、今後はA種の膜体であってもこれを張替えるという事例が多くなることが予想されます。

そこで、本手引きでは、膜構造建築物の所有者・管理者・維持保全主体者等の方々が、膜体部の張替えの可否を的確にご判断できるよう、平易に編纂いたしました。

膜体部を張り替えるか否かは、本手引きで示している工学的な側面ばかりでなく、当該建築物が果たしてきた地域・社会的環境はもちろん、経済的条件などが判断要因になりますが、この手引きが総合的な判断の根拠になることを目的としています。

### 1.2 適用範囲及び適用対象

本手引きは、膜構造建築物の膜体部に経年に起因する劣化現象が生じ、これによって膜体部を張り替えるか否かを判断するために適用する。

本手引きの適用対象は、原則として骨組膜、サスペンション膜及び空気膜構造建築物の膜体部や納まり部とする。

上記の建築物の膜体部を構成する膜材料の種別は、A種、B種、C種及びテント倉庫用膜材料とする。

解図 1.1、1.2、及び 1.3 に膜体部や納まり部の例を示します。

本手引きで対象としている膜体を構成している膜材料は、A種、B種、C種及びテント倉庫用膜材料とします。

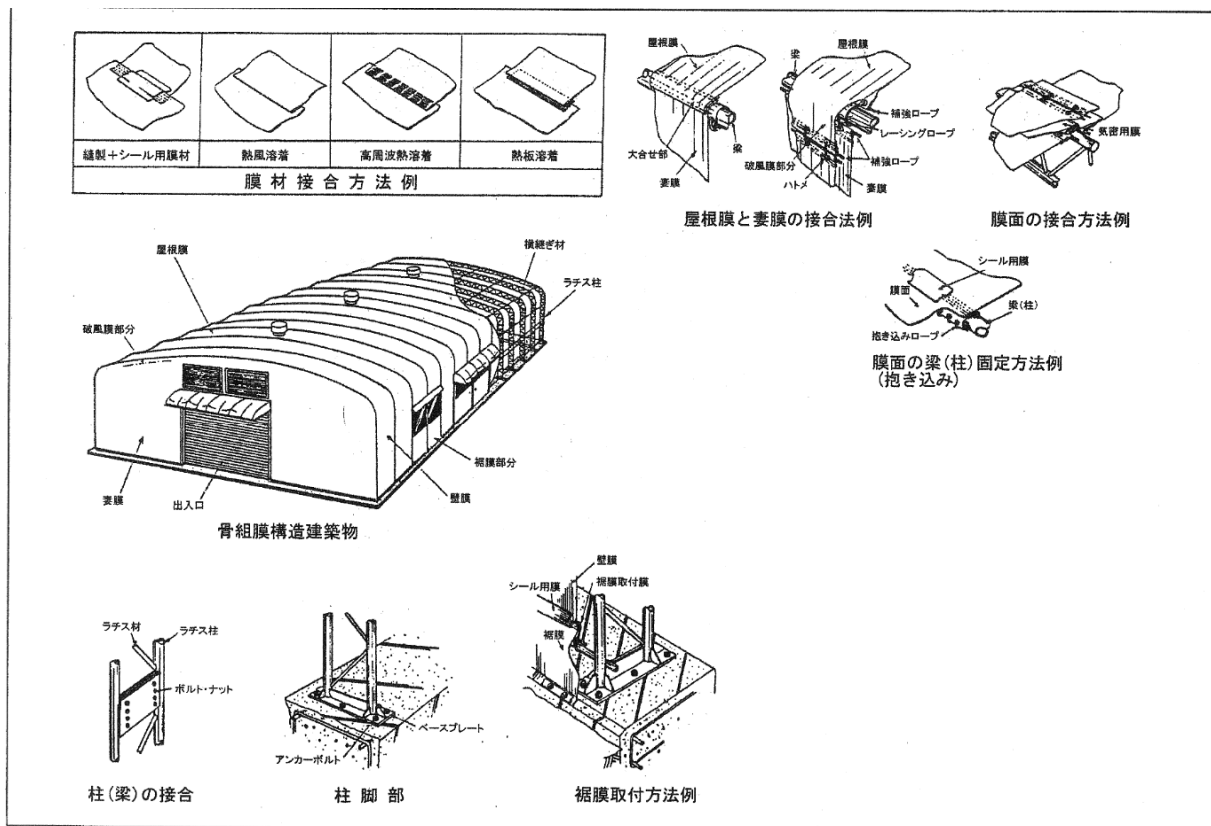


図 1.1 骨組膜構造建築物

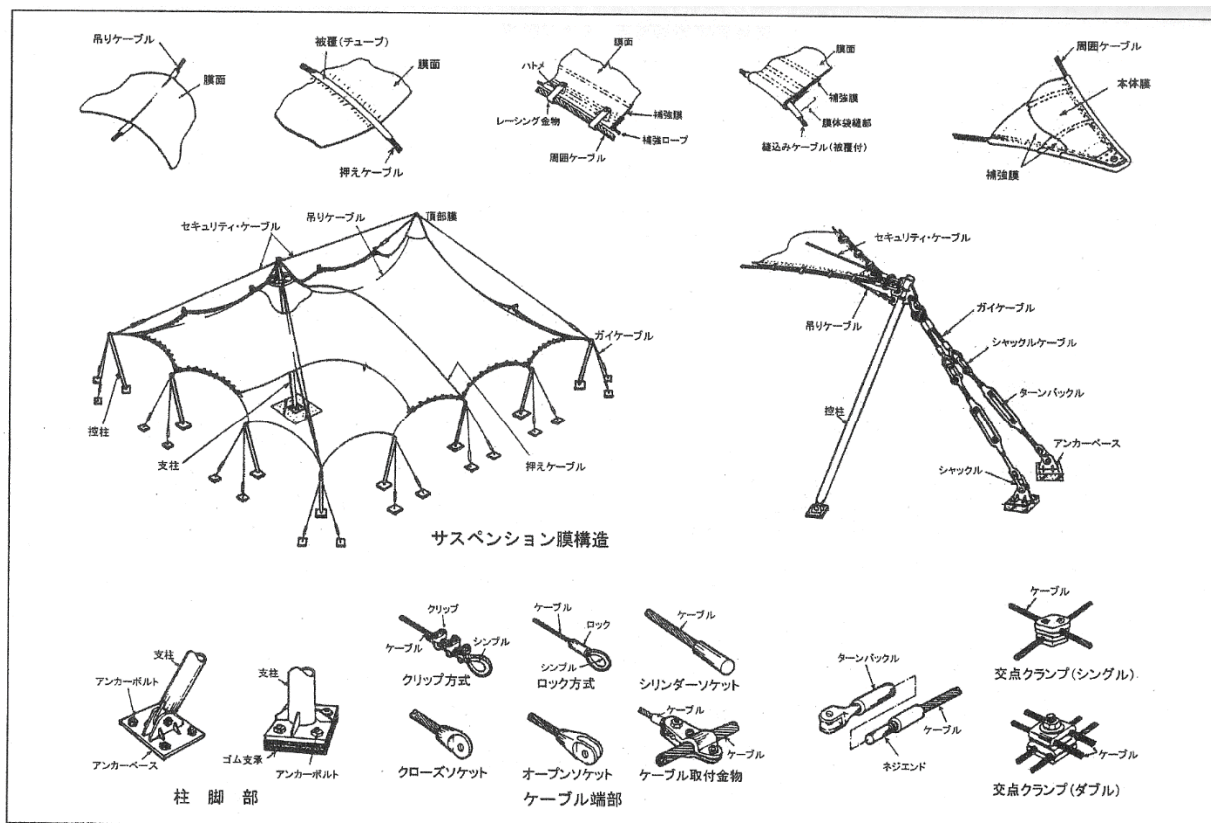


図 1.2 サスペンション膜構造建築物

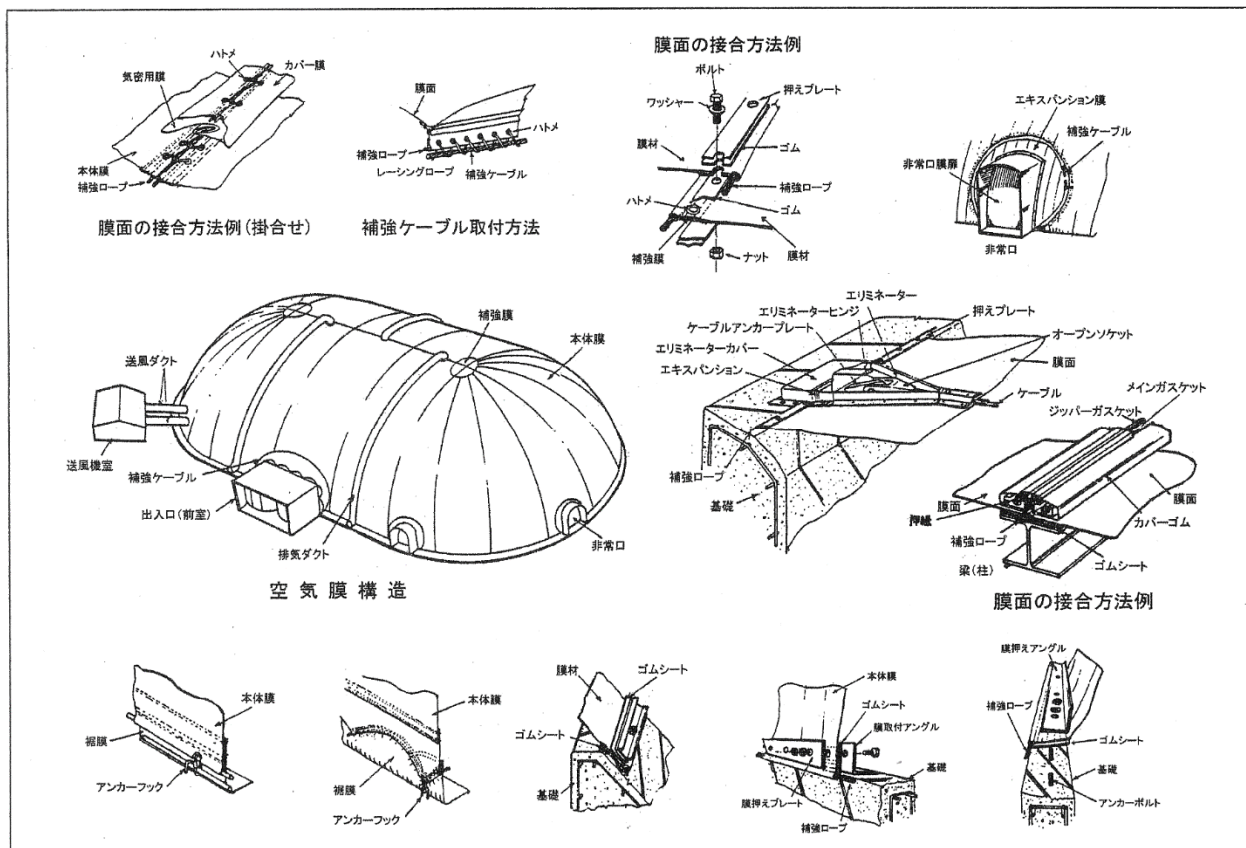


図 1.3 空気膜構造建築物

### 1.3 用語

本手引きに関連する主要な用語とその意味は、以下の通りとする。

- 維持保全：対象物の初期の性能及び機能を維持するために行う保全。
- 点検：対象物の機能状態や減耗の程度等を定められた手順により調べること。
- 修繕：劣化した、又は陳腐化した部材・部品や機器等の機能・性能・概観を現状あるいは実用上支障のない状態まで回復させること。ただし、保守の範囲に含まれる定期的な小部品の取替えは除く。
- 改修：劣化又は陳腐化した建築物、又はその部分の性能や機能を初期の水準まで改善すること。
- 張替え：膜体部を膜材料で改修する方法の一つで、パネル化された部分もしくは全面で行なわれる。
- 劣化：物理的、化学的、生物的要因によりものの性能が低下すること。但し、地震や火災などによるものを除く。
- 耐久性：建物又はその部分の劣化に対する抵抗性。
- 耐用年数：建築物又はその部分が使用に耐えられなくなるまでの年数、建築物又はその部分が、建設された後、劣化あるいは陳腐化により要求性能に適合せず使用に耐えられなくなるまでの年数。

**基準強度**：平成 14 年国土交通省告示第 666 号及び同第 667 号に基づき、膜材料の品質ごとに国土交通大臣が指定した強度。構造計算により安全を確かめる際には、所定の荷重及び外力によって膜材料に発生する応力度が、基準強度を安全率で除して得られる許容応力度を超えないことを確認している。

**引張強さ**：平成 12 年国土交通省告示第 1446 号に規定された測定方法により得られた膜材料の引張強さを指す。通常は試験体 5 体（テント倉庫用膜材料は 3 体）について求められた引張強さを平均し、“引張強さの基準値”として表示され、膜材料等はそれぞれに“引張強さの基準値が定められていること”が告示によって規定されている。

**初期引張強さ**：膜体製作時に、使用膜材料と同一のロットから採取された試験体による、たて・よこ糸方向の引張強さ。

本手引きで使用している主要な用語を示していますが、これらは既に膜協で設定している指針類で示されているものです。

## 第 2 章 点検・劣化診断と張替えの判定

### 2.1 点検・劣化診断

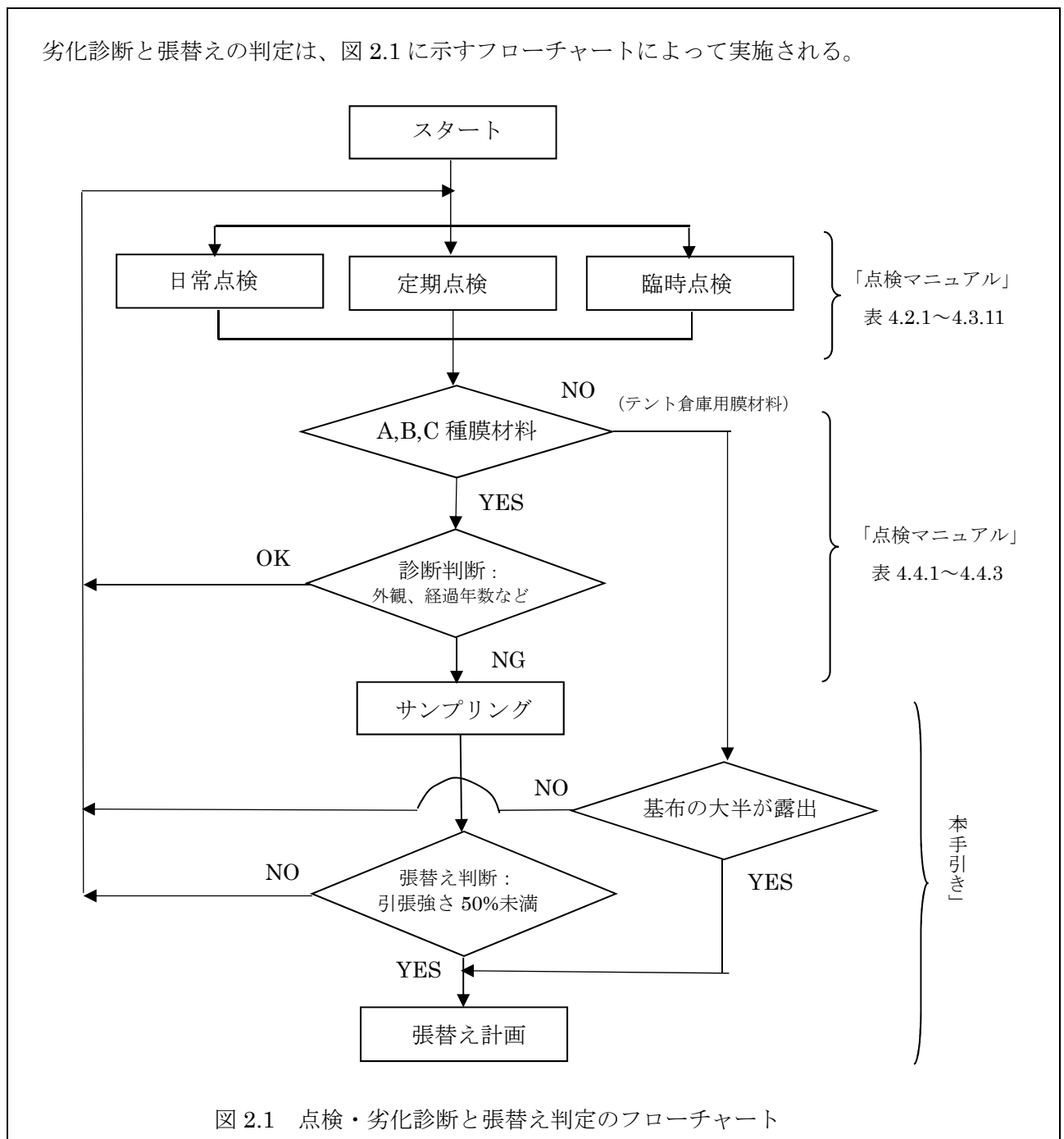
膜体部の点検・劣化診断は、原則として「点検マニュアル」に則って行われる。

膜体部の張替えのために実施される劣化診断は、特に指定がない限り既刊の「点検マニュアル」に則って実施されます。



## 2.2 点検、劣化診断と張替えの判定

劣化診断と張替えの判定は、図 2.1 に示すフローチャートによって実施される。



点検、診断及び判断のフローチャートを図 2.1 に示します。

ここに示されているフローチャートでの診断対象及び方法の詳細は、「点検マニュアル」解表 4.2.1～4.3.11 に、同じく判断方法は解表 4.4.1～4.4.3 に示してあります。

診断の結果が、補修を要するという判定の場合には、「補修・改修マニュアル」に補修・改修が示されています。

### 第3章 膜材料の張替え判断基準

膜材料 A・B・C 種及びテント倉庫用膜材料の張替えの時期の判断は、原則として以下による。

1. 膜材料 A 種、B 種及び C 種

経年後の引張強さが、基準強度 (F) に対して 50%未満に低下した状態に達した時期を、張替えの時期とする。

2. テント倉庫用膜材料

経年後の膜材料の表面状態を、拡大鏡などを用いて観察し、構造材である基布の大半が露出している状態に達した時期を、張替えの時期とする。

#### (1) 判断の対象

現存する膜構造建築物は、建設時に適用されている関連法令により、建築基準法旧第 38 条に基づいて個別に認定されている建築物と、昭和 62 年に制定された特定膜構造建築物技術基準（建築基準法旧第 38 条における一般認定）に基づいた建築物に大別されます。

張替え時期の判断という側面からは、前者はすでに建設時に個々の建築物において、維持保全の条件や経年後の劣化による張替えの判断が設定されている事例があります。この場合、張替えはこれらの条件が優先して判断がなされることになり、必要に応じて本マニュアルが補完的に活用されることとなります。

一方、特定膜構造建築物技術基準制定以降に建設されている後者では、引張強さに対する安全率や基準強度が現在の値に定められ、現行の平成 14 年国交省告第 666 号においても適用されているため、もっぱら本マニュアルを活用して判断されることとなります。

他方、テント倉庫用膜材料については、用途・規模などから前二者のように経時による膜材料の強度を軸にした指標とせず、主として外観等による張替えの判断がなされてきているという実態を重視し、外観観察に基づく結果を指標にして判断基準としています（強度を指標とした場合の判断は、「参考」として記述されています）。

#### (2) 膜材料の劣化について

膜材料 A 種、B 種、C 種及びテント倉庫用膜材料は、経年によってそれぞれ異なった劣化特性を示します。各材料の劣化特性は、各材料を構成する素材の材質及び厚さが異なることに主因があります。したがって、ここでは材料種別毎に張替えの判断方法を定めています。

各種膜材料の基本構成を図 3.1 に示します。

全 4 種の中で、フッ素樹脂で表面をコーティングされた膜材料 A 種は、優れた耐久性を示します。しかし、それでも長期間の使用において、構造材であるガラス繊維の基布が加水分解や繰り返しの疲労を受けて劣化していくというメカニズムがあります。

一方、紫外線の照射や冷熱の繰り返しや水分の蒸散・乾燥などの影響を受けやすい塩化ビニル樹脂でコーティングされた膜材料 B 種及び C 種では、先ずそのコーティング層の劣化が先行します。

このコーティング層の劣化は、使用されている塩化ビニル樹脂に含有させる可塑剤や酸化防止剤などの効果に依存しています。

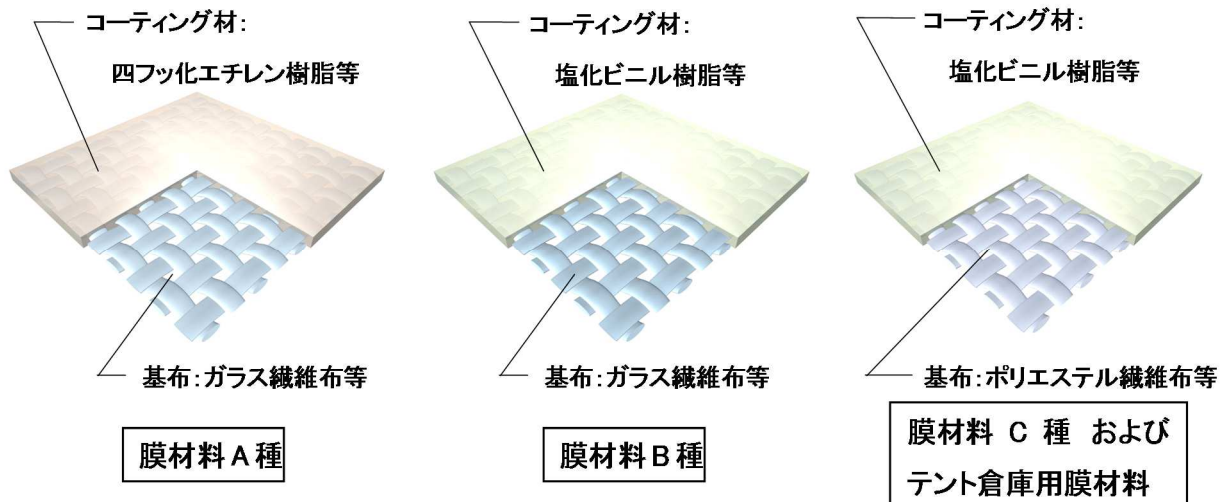


図 3.1 各種膜材料の基本構成

塩化ビニル樹脂でコーティングされている膜材料 B・C 種及びテント倉庫用は、コーティング材が経年と共に劣化し、基布であるガラス繊維基布やポリエステル繊維基布の劣化を誘起することになります。

同じ膜材料で構成されている膜構造建築物でも、使用されている部位によって膜材料の劣化の進行状況は異なります。この主因は、方位・傾斜角度・周辺環境をはじめとして、張力や減耗作用の程度などが部位によって異なるためです。

このことは、判断の手段として引張り強さを示していますが、この引張り強さは、実際に使用されている膜構造建築物の膜体の部位からサンプリング（採取）された膜材料を試験片とした試験結果に基づくものです。

一般にすべての部位から試験片が採取出来るとは限りませんので、サンプリング位置の選定が重要になります。

### (3) A 種、B 種及び C 種膜材料の張替えの判断

膜構造建築物は、主として引張応力に抵抗する膜体で構成されているため、その構造安全性は、使用されている膜材料の引張強さに依存します。図 3.2 は、膜材料の引張強さが経年とともに低下し、定期点検、サンプリング調査、診断を経て、張替えに至る過程を模式化したものです。

点検マニュアルに定められた定期点検を継続的に実施し、その建物の劣化の状況を十分に理解した上で、膜体部に定められている定期点検が継続的に実施され、その劣化の状況を十分に把握されていることが重要です。

その上で、A 種にあつては 25 年程度、B 種にあつては 12～15 年程度、C 種では 8～13 年程度経過した時期に、本体膜からのサンプリング調査を行い、強度保持率を確認することになります。

膜材料の耐久性は、その厚みや構成成分、酸化防止剤などで材料ごとに異なりますので、上述のサンプリング調査の時期は、実績に基づくものですが、一般的な目安としてご理解ください。

サンプリング調査によって、引張り強さが基準強度（F）の 50%未満に達した時期を張り替えの時期

と判断いたします。

ただし、これは膜体部の維持管理が継続的に実施され、膜体部の健全性が確認されていることが前提で、外観観察などで異常が発見された場合には、すみやかに調査を実施し、必要な診断等を行う必要があります。

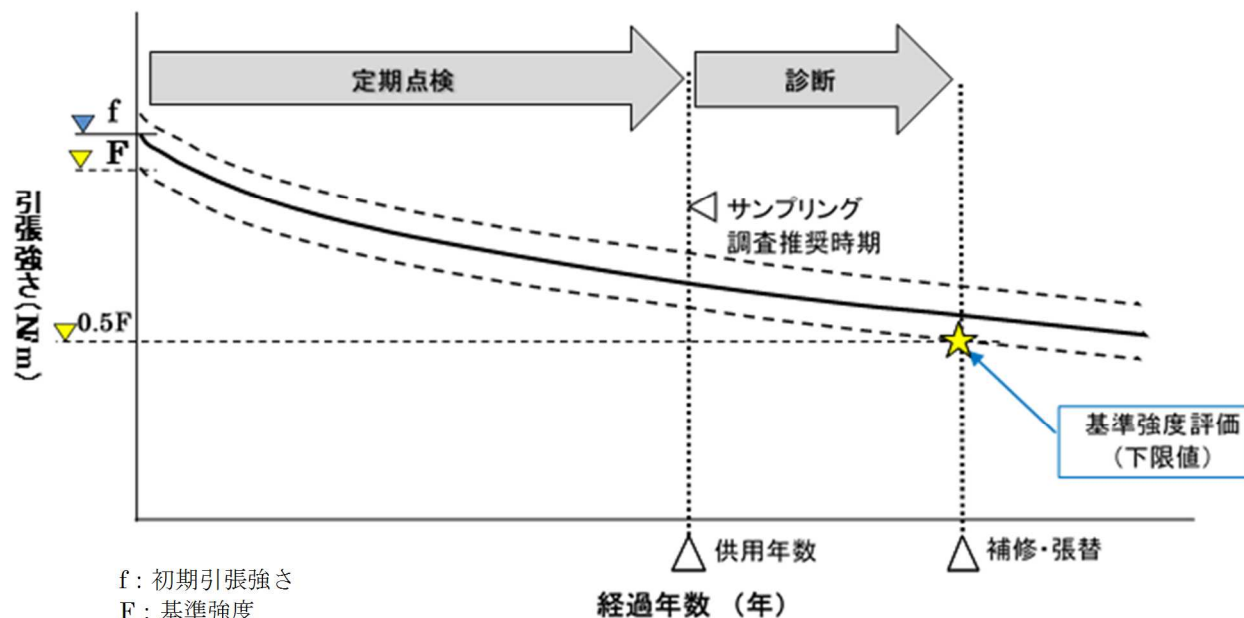


図 3.2 膜材料の性能低下模式図

#### (4) テント倉庫用膜材料の張替え判断

テント倉庫用膜材料の張替え基準の判断として、外観観察による膜材料の劣化状況を指標にしています。これは、テント倉庫用膜材料の使用実績は長く、その用途・規模などから張替えの要否の判断は、他の膜材料のように強度試験結果ではなく、主として外観観察に拠ってきているという実態に基づいています。

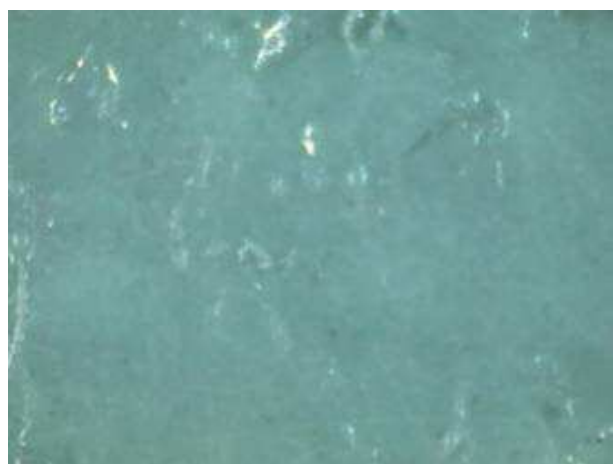


図 3.3 新品

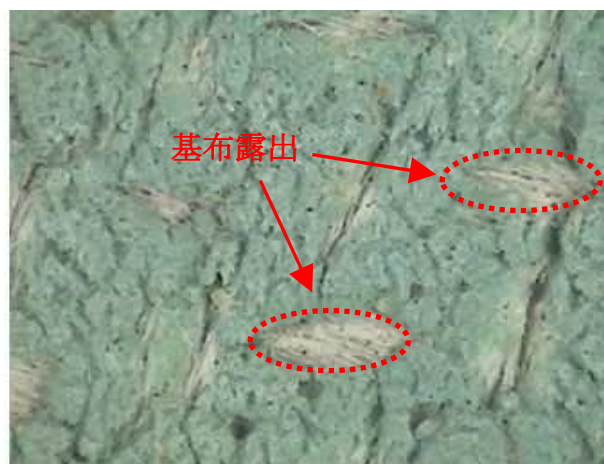


図 3.4 劣化したもの

テント倉庫用膜材料は、保護層である塩化ビニル樹脂コーティング層が薄く、この層の劣化程度が残存

引張強度に多大な影響を与えることから、外観観察時に基布の露出の程度を詳細に観察し、基布の大半が露出している程度に至った時期をもって、張り替えの時期としています。

図 3.3 及び図 3.4 にテント倉庫用膜材料の表面状態（拡大写真）を例示します。（図 3.4 は基布の大半が露出している状態です。）

#### 【ご参考】

テント倉庫用膜材料の張替え時期の判断として、引張強度を指標にすることは可能です。

図 3.4 に例示した程度の表面劣化状態の場合、その引張強さは基準強度の 30%、引裂強さは初期引裂強さの 20%程度に低下しています。

#### (5) 膜体部からのサンプリング及び引張試験

膜体部から採取された試験結果、そのもとになるサンプリング結果を検討する場合には以下の留意が必要になります。

一般的な供用年数に達した時期におけるサンプリング調査では、膜屋根全面と部分のどちらの劣化を対象にするのかを配慮し、以下の諸点に充分考慮する必要があります。

- ・当該建築物の特徴：使用膜材料、構造形式、規模、膜支持スパン等
- ・建設地の環境：気温や湿度、雨量や降雪量、平均風向、塩害、工場や幹線道路からの距離等
- ・試験内容：JIS L 1096 に準じる引張試験（N=5 程度）

強度の判断は、正方形や円形状の膜パネルであれば、タテ糸方向とヨコ糸方向の双方の確認が必要で、細長いパネルで主応力が明らかかな場合には、そ短辺方向のみとすることも可能です。

#### 【注記】

平成 24 年版のマニュアルには、引裂強さによる判断基準も併記されていましたが、判断が複雑になることから設計上で強度の抛り所としている引張強さによる判断のみとされています。しかしながら、引裂強さは、膜材料が破損し始めた後に破損の広がりにくさを示すものであることから、点検時にキズなどが見られた場合には、適確に補修する必要があります。

- ・試験機関・設備：公的機関、又はこれに準ずる認証試験機関
- ・試験員の技能：技能試験資格者、もしくは、熟練技能者
- ・サンプリング部位：紫外線照射が多い南面屋根・壁、湿気が多い部位、特殊な環境や使用条件等
- ・サンプリング数：劣化分布のバラツキへの配慮（屋根全体の傾向、部位ごとの程度把握）、平均値と最低値の確認
- ・サンプリング後の補修：サンプリング部分は、補強布などによる適切な補修が必要です。なお、劣化の簡易調査として、小型サンプリング片などで確認する際には、試験片の幅と長さの比率に配慮し、かつ新品で同材の初期強さを求めて比較されます。

#### 【ご参考】

膜材料の屋外暴露試験による性能低下の評価

一般に建設資材の経年による性能の低下を評価する手法として、屋外暴露試験、実験室における強制劣化試験、使用されている資材の実態調査、製造者の技術資料があります。このうち屋外暴露試験は評価に至るまでに期間を要するが、実験室試験に比較すれば信頼性が高いとされてきている

手法です。

建築基準法旧第 38 条に基づく個別認定を得て建設されているもののなかには、当該建築物の建設地の近傍に屋外暴露試験架台を設置し、当該建築物に使用されている膜材料と同じものが試験体として架台に取り付けられ、所定の期間経過後に順次試験を実施し、経年による低下傾向を把握するもので、張替の要否はその結果を基にして判断されることになっております。

従って前述のように、この種の案件の張替えは、既に設定されている諸条件が優先されて判断されることとなります。



図 3.5 屋外暴露試験用架台の例。

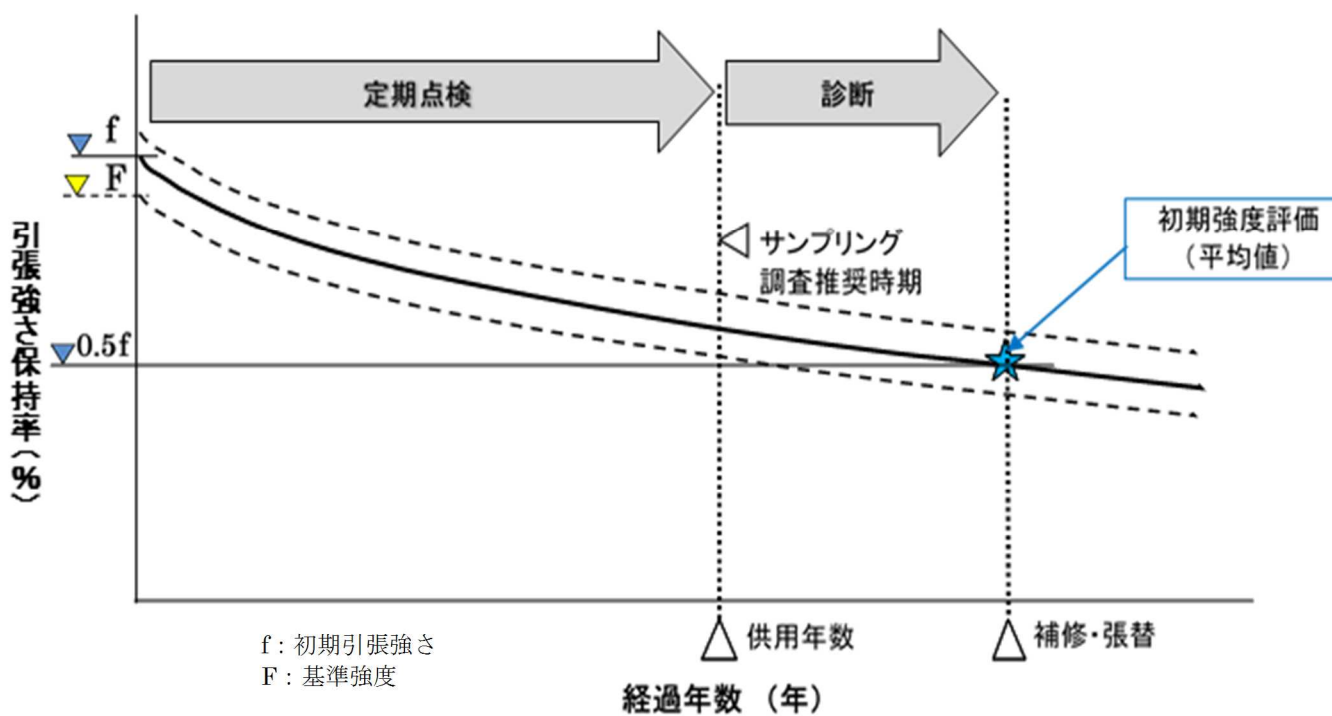


図 3.6 膜材料の性能変化模式図（建築基準法旧第 38 条個別認定物件）

この屋外暴露試験結果を理解するための要点は、本項の解説のほか暴露試験架台の実際の設置場所、周辺環境、試験体への張力導入の有無、試験実施のインターバル、過去の実施記録などであります。

また、屋外暴露試験架台の膜材料は、実際に建築物に取り付けられた膜材料のように製造時、施工時の負荷や張力を受けていない事、サイズも比較的小さい事で、実際の建築物の膜材料よりやや安全側の結果であると推察されます。

図 3.6 に建築基準法旧第 38 条により個別認定を受けて建設されている膜材料の性能変化の模式図を示します。

## 第 4 章 張替え工事計画

### 4.1 張替え工事計画作成の主体者

本手引き第 3 章までによって張替えが必要と判断された場合は、当該建築物の所有者・管理責任者等は、膜構造建設関係者等と協議して、張替え工事計画を作成する。

第 3 章までの検討により、張替えが必要と判断された場合は、膜構造建設関係者等を交えた、工事の実現へ向けた建設計画を作成することが必要になります。

第 3 章までの検討・判断結果は、主として膜体部の構造安全性の側面からみたものですが、張替工事の実現には構造安全性のみならず、さらにいくつかの制限・制約条件について検討しておく必要があります。

以下に工事計画を取りまとめる際に考慮されるべき要点を概説いたします。

### 4.2 張替え工事計画の作成

張替え工事計画を作成する際に考慮すべき主な事項を以下に示す。

- (1) 張替え工事が建築関連法令に適合していることの確認。
- (2) 当該膜構造建築物の知的所有権・特許等に関連するか否かを、事前に充分配慮する。
- (3) 地域環境、周辺・近隣環境への影響を充分配慮する。(規模・形・色彩)。
- (4) 工事施工現場から発生する、騒音・照明光・臭気等に関する規制への配慮。  
現場から派生する廃材・廃棄物に対する規制(自主的規制を含む)への配慮。
- (5) 張替え工事完了後の資産再価値評価の確認。

- (1) 張り替え工事の関連法令への適合性

張替え工事の計画で基本となる、建築関連の法令・条例・規準等への適合性の配慮で重要なことは、当該確構造建築物が新設されたのちに、新たに法令等が制定されたり、改正されていることがあることです。

従って、当該建築物を新設するときには可能であったことが、今回の工事では実行できないこともある得ることになります。

以下に、主として建築基準法との関連を概説いたします。

#### ①大規模修繕の扱い

建築基準法においては、膜構造建築物の膜体の張替えは、「大規模な修繕」に該当します。

従って、建築確認申請が必要となります。建築基準法の基本的な原則として、建築確認申請を行う際には、改修の結果を全て適法の状態にする必要があります。そこで問題は、かつての建築基準法第 38 条に基づいて建設された膜構造建築物を張替える場合の取り扱われ方です。

建築基準法旧第 38 条に基づいて建設されたものの建築基準法での扱いは、基本的に「既存不適格建築物」として位置づけられ、建築物を現状のままの状態で使用する限り、期間の制限は無く継続的な使用が可能です。しかし、建て替え、増改築、大規模の修繕・模様替えを行う場合には、原則として現行法令に適合させることが求められます。

#### ②既存建築物の適用緩和

建築基準法第 20 条では、建築物は外力に対して安全な構造のものとして、各種の(現行)基準に適合することが義務づけていますが、平成 17 年の建築基準法改正により、耐震改修を促進するため、第 20 条等に関して不適格となる既存建築物について、一定の範囲で大規模の修繕等を認める措置が講じられました。(建築基準法第 86 条の 7)

#### ③大規模の修繕の範囲

既存不適格部分を残したまま大規模修繕を行える範囲として、平成 17 年の建築基準法施行令の改正により、「当該建築物の構造耐力上の危険性が增大しない修繕・模様替えのすべて」が明記されました。(建築基準法施行令第 137 条の 12)

これにより、膜構造建築物、テント倉庫についても、膜体の張替えは 1 棟全体を一時期に実施できることとなりました。(この場合、使用する膜材料は、従前と同種・同程度のものを原則とする。)

なお、骨組についても、部分的な交換、補強等に関する限り、大規模な修繕の扱いで特段の問題は無いと考えられますが、膜体と骨組を一度に交換する場合は、基礎部分を残すのみとなるため、改築と判断される可能性がありますので、事前に行政庁と協議し、その見解に従って実施することになります。

- (2) 当該建築物に対して特許・実用新案・意匠権などの知的所有権が設定されているかいなかを、あらかじめ調査し、必要な対応を講じておくことが重要になります。
- (3) 当該建築物が建設された以降に、近隣や周辺の建築物・道路・交通状況が変化している例は珍しくなく、今回の張替え工事の実施に影響を及ぼすことがあります。
- (4) 主として上記(3)に起因する重要な配慮で、法令などによる規制・制限がない場合であっても、周辺地域・居住者などからの意見聴取や、計画の合意・同意が必要なこともあります。



- (5) 膜構造建築物に限らず、一般の建築物においても同様ですが、改築・改修によって、建築面積に変更がなくても、資産価値が変化すると認められた場合には、固定資産税などの税額が変わることがあります。この問題は不動産管理（Asset Management）の分野ですが、建物所有者・管理者にとっては、改修後の建築物の維持管理費に直結する問題になります。従って、通常は事前に設計・施工者側でこれをチェックし、これは発注者側へ提供されますが、これを確認しておいていただく必要があります。