

膜構造建築物の膜体部張替えマニュアル

第一次案

平成 24 (2012) 年 6 月

一般社団法人 日本膜構造協会

メンテナンス研究会

メンテナンス研究会

膜材料ワーキンググループ 組織

主査	齊藤 嘉仁	(太陽工業株式会社 研究開発本部)	[2・3・4・5]
委員	板橋 信夫	(平岡織染株式会社 営業本部)	
委員	大久保 篤	(中興化成工業株式会社 開発本部)	
委員	小川 誠之	(株式会社ニッケーコー 技術部)	
委員	角川 雄二	(ユニチカ株式会社 ガラス繊維事業部)	
委員	河端 昌也	(横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 准教授)	
委員	小林 昭彦	(ユニチカ株式会社 ガラス繊維事業部)	
委員	重田 祐志	(泉株式会社 産業資材事業部)	
委員	柴田 隆之	(高島株式会社 産業資材事業本部)	
委員	楡木 堯	(一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター)	[1・2・4・5]
委員	萩原 龍一	(平岡織染株式会社 技術本部)	
委員	堀口 一英	(協立工業株式会社 工務部)	
委員	松沢 孝行	(カンボウプラス株式会社 重布部)	
委員	横田 孝	(カンボウプラス株式会社 製品部)	

* [] カッコ内数字は、章別の解説執筆担当を示す。

膜構造建築物の膜体部張替えマニュアル・同解説

第1次案

目 次

	ページ
第1章 総 則	
1.1 目 的	4
1.2 適用範囲	5
1.3 用 語	5
第2章 劣化診断	5
第3章 膜材料の張替え判断基準	8
第4章 張替え計画	12
第5章 張替えと関連建築法令	13

第1章 総則

1.1 目的

本マニュアルは、膜構造建築物を構成している膜体にたいし、すでに（一社）日本膜構造協会（以下に、「膜協」という）で設定されている、膜体の定期点検および補修・改修に関するマニュアルの内容を追補・補完し、膜体部の経年による劣化等によるその張替のための診断と、診断結果の基づく判定手段と方法を定め、膜構造建築物のよりの確な維持保全に資することを目的とする。

既に膜協で設定されている、膜体部の定期点検するならびに補修・改修に関連するマニュアルには以下のものがある。

「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

（以下にこれらを、それぞれ「点検マニュアル」、「補修マニュアル」および「空気膜マニュアル」という。）

これらのマニュアルは、平成2・3（1990・1991）年に設定されているが、その後、平成20（2008）年に大幅な見直し・補完が実施され、定期点検ならびに補修・改修業務のマニュアルとして活用されて現在にいたっている。

膜構造建築物の歴史は、一般に他の構造種別による建築物に比して新しいという認識があるが、維持保全の立場からみると、他の構造による建築物要求されていると同等の性能への対応が求められる時期に達している。

既往のマニュアルでは、膜体部材が経年などにより劣化した場合、これを補修したり、あるいは、交換（張替え）するという行為は示されており、実践的に運用されてきている。

しかし、最近では以下のような要望が強くなり、これが今回のマニュアル作成の動機となっている。

- ① 一般に、建築物を的確に保全して、より長期間に亘って使用する、という要求が強くなってきている。したがって、膜構造建築物にあってもこの要求に積極的に対応することが望ましい。

<注> 膜構造建築物では、「張替え」を重視し、これを前面に出したマニュアルが必要になる。

- ② 膜材料A・B種を使用している膜体も補修・張替えの時期に達しているため、この点をより重視した判断基準の整備が望まれる。

<注> 現行のマニュアル設定時には、膜材料A種の補修に関しては詳記されているが、経年劣化による張替えまでは想定されていない。

- ③ 膜材表面に塩化ビニル樹脂がコーティングされている膜材は、開発当初の製品に比して耐用性が向上しているため、この点を注視・勘案した判断基準の整備が望まれる。
- ④ テント倉庫に関する補修・張替えについては、現行より簡易な方法で張替えの判断が出来る判断基準の整備が望まれる。

そこで、本マニュアルでは、近年の社会的要求である環境・省資源などのへの対応をも勘案して、上記の①から④の要求を満たすことを目標としている。

なお、本マニュアルに示されていない内容は、すべて前掲の三種の既往のマニュアルを参照されたい。

1.2 適用範囲および適用対象

本マニュアルの適用範囲は、膜構造建築物の膜体部の保全に関する、「点検マニュアル」、「補修マニュアル」および「空気膜マニュアル」のそれぞれの適用範囲にしたがって、所定の点検・診断・補修行為などを実施する場合に適用する。

本マニュアルの適用対象は、原則として「点検マニュアル」解図 2.4.1～2.4.3 および本マニュアル解図 1.2.1 による。

定期点検者が、膜構造建築物の定期点検を実施し、維持管理責任者へ点検結果の報告等をおこなう一連の行為は、「点検マニュアル」、「補修マニュアル」および「空気膜マニュアル」に則って実施されている。

本マニュアルの設定の目的は、これらのマニュアルを補完することにあるため、その適用に際しては、既往の三種のマニュアルと同等のものと位置づける。

適用対象とする膜体は多種にわたるが、これらは主として既往の「点検マニュアル」の解図に示されているものと、本マニュアルの解図 1.2.1 による。

1.3 用語

本マニュアルに関連する用語とその意味は、「点検マニュアル」による。

膜体と鋼製部材との取り合いに関する用語は、新たに解図 1.2.1 に示されているので、参照されたい。

第2章 劣化診断

2.1 劣化診断

膜体部の劣化診断は、原則として「点検マニュアル」に則っておこなう。

診断の流れと判定のフローを解図 2.1.1 に示す。

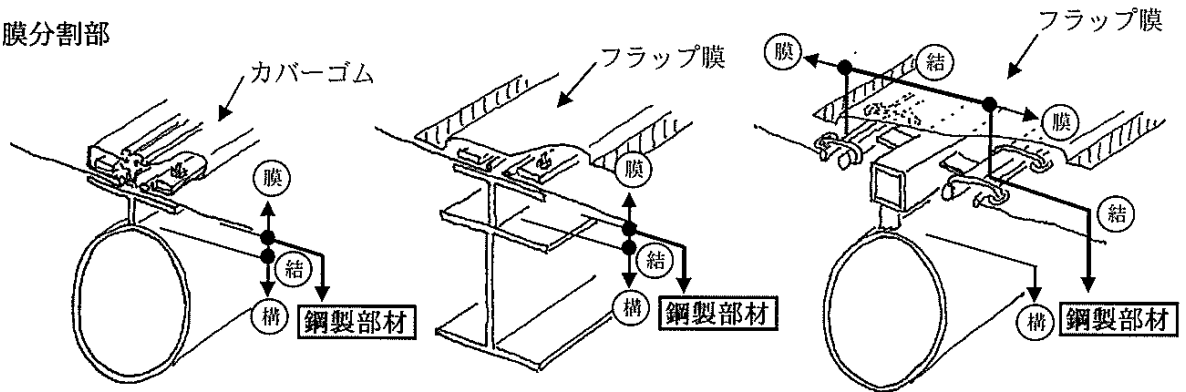
また、診断対象および方法を「点検マニュアル」解表 4.2.1～4.3.11 に、判断方法を 解表 4.4.1～4.4.3 に示す。

なお、診断の結果、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」に従って補修・改修を行う。

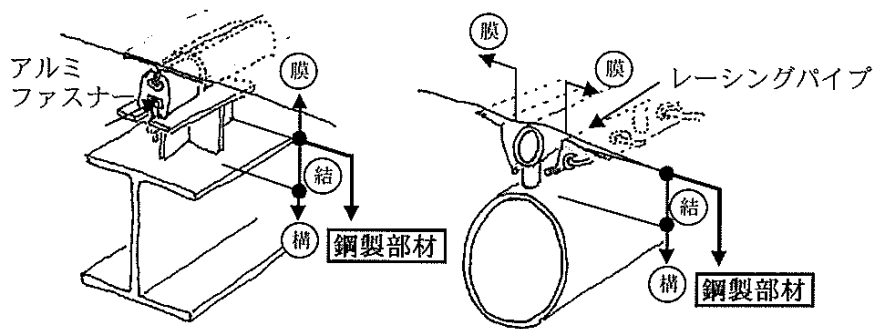
解図 1.2.1 膜体と鋼製部材の納まりの例

凡例：
 (膜) 膜定着部
 (結) 膜支持下地鋼材
 (構) 構造架構鋼材
 鋼製部材

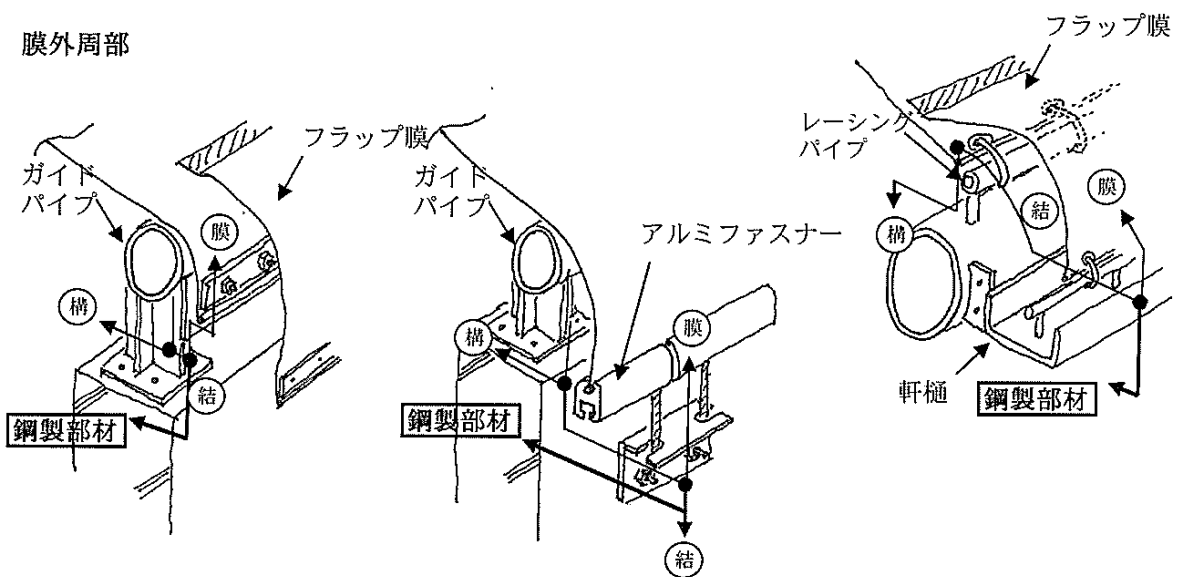
膜分割部

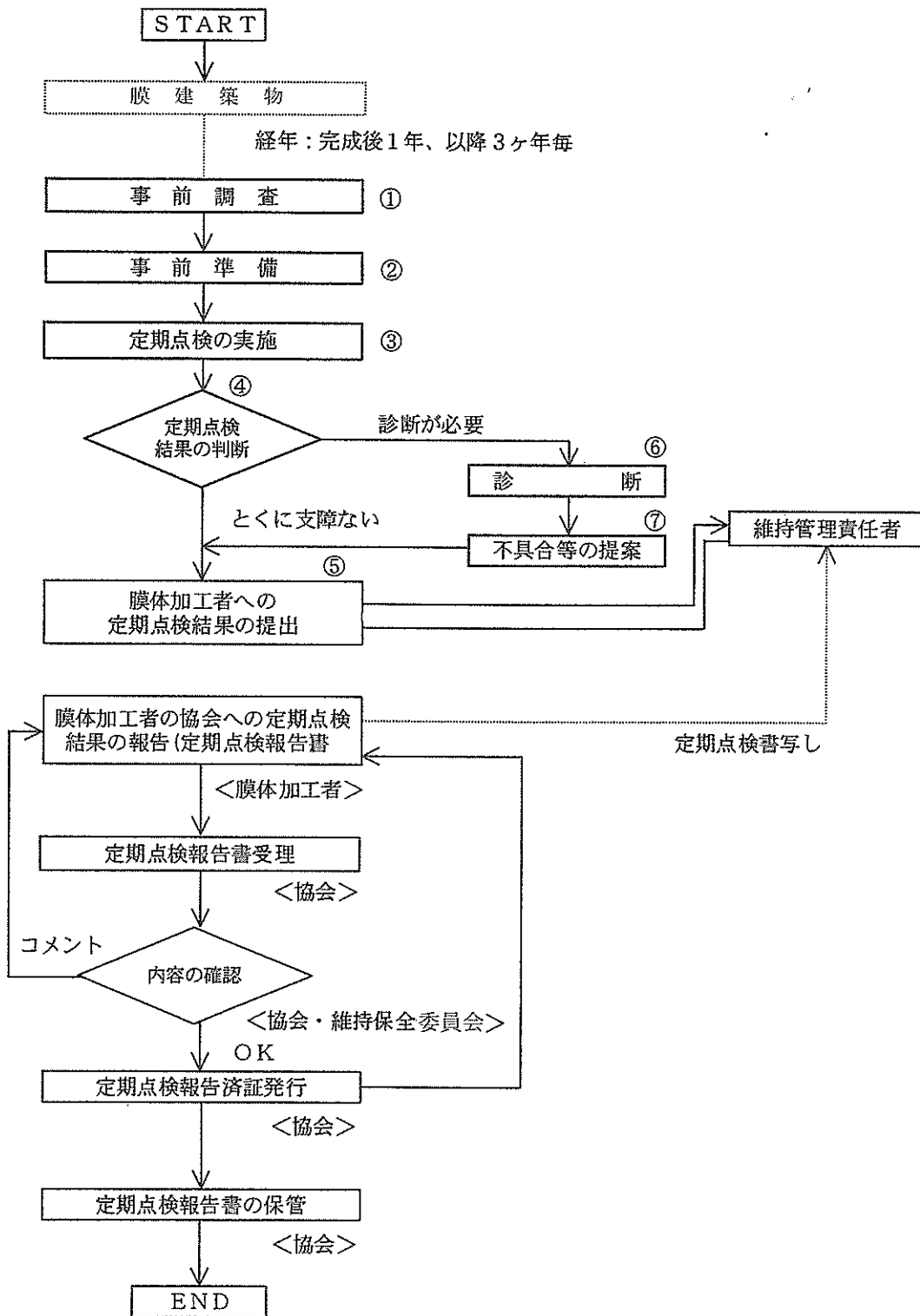


膜中間支持部



膜外周部





解図2.1.1 定期点検に係る事項概略フロー図

第3章 膜材料の張替え判断基準

膜材料 A・B・C 種およ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。

膜材料 A 種

1. 経年後の引張強さが、初期引張強さ^{※1}の 50%以下に低下した状態を張替えの時期とする。
ただし、当該建物の周辺に同種の膜材料を屋外暴露し、経時的に強度変化が確認されている場合には、強度保持率が 67% (2/3) 以下に低下した時点で、当該建物からサンプルを採取し、その強度が 50% (1/2) 以下に低下していることが確認された時期とする。

2. 膜材料 B・C 種

経年後の引張強さが初期引張強さの 50%以下に低下した状態、もしくは、引裂強さが初期引裂強さの 33% (1/3) 以下に低下した状態を張替えの時期とする。

3. テント倉庫用膜材料

拡大鏡などで表面の状態を確認し、構造材である基布の大半が露出している状態、もしくは、引裂強さが初期引裂強さの 33% (1/3) 以下に低下した状態を張替えの時期とする。

※1：初期強さは、該当物件に使用したロットの値、もしくは、膜材料大臣認定時の申請データの平均強さとする。

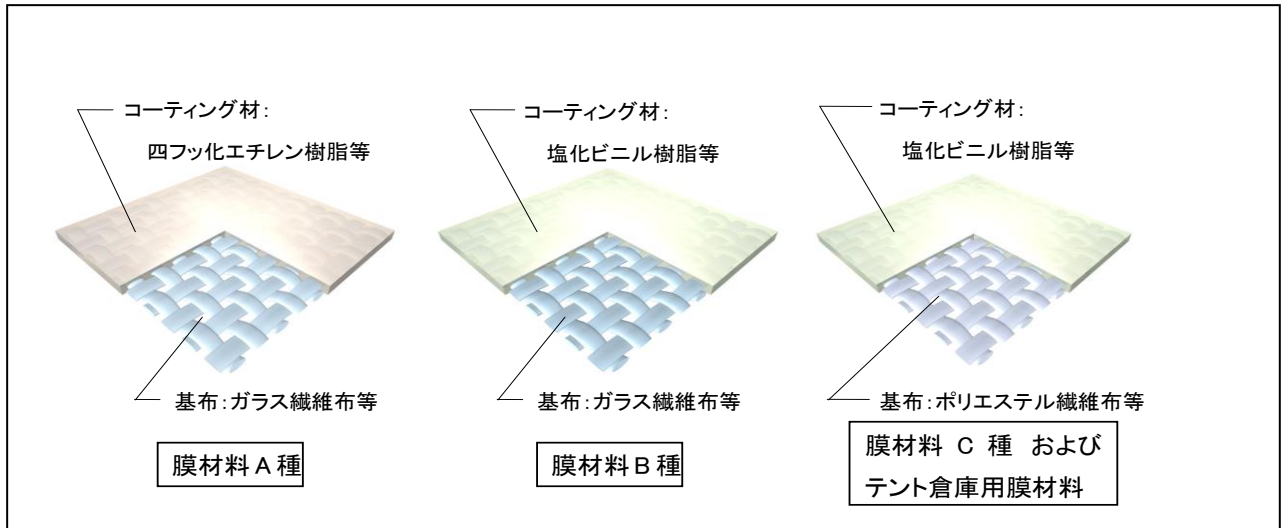
【解説】

膜材料 A・B・C 種およ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がある。各材料の劣化特性は、各材料を構成する素材の材質および厚さが異なることに主因がある。したがって、ここでは材料種別毎に張替の判断方法と基準を定めている。

以下に張替え判断基準に関連する、膜材料の劣化のメカニズム、張替の判断（判定）、材料の安全率の考え方および定期点検と診断の関連について示す。

1) 膜材料の劣化のメカニズム

各種膜材料の基本を解図 3.1 に示す。フッ素樹脂で表面をコーティングされた、膜材料 A 種は、その優れた耐久性を示す。しかし、長期間の使用においてフッ素樹脂に水蒸気が透過することや、構造材であるガラス繊維の基布が加水分解や繰り返し疲労を受けて劣化していくというメカニズムがある。一方、紫外線や繰り返しの熱や水分の蒸散／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・C 種は、そのコーティング材自体が劣化する。近年においては、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進歩によって、寿命が延びてきている。

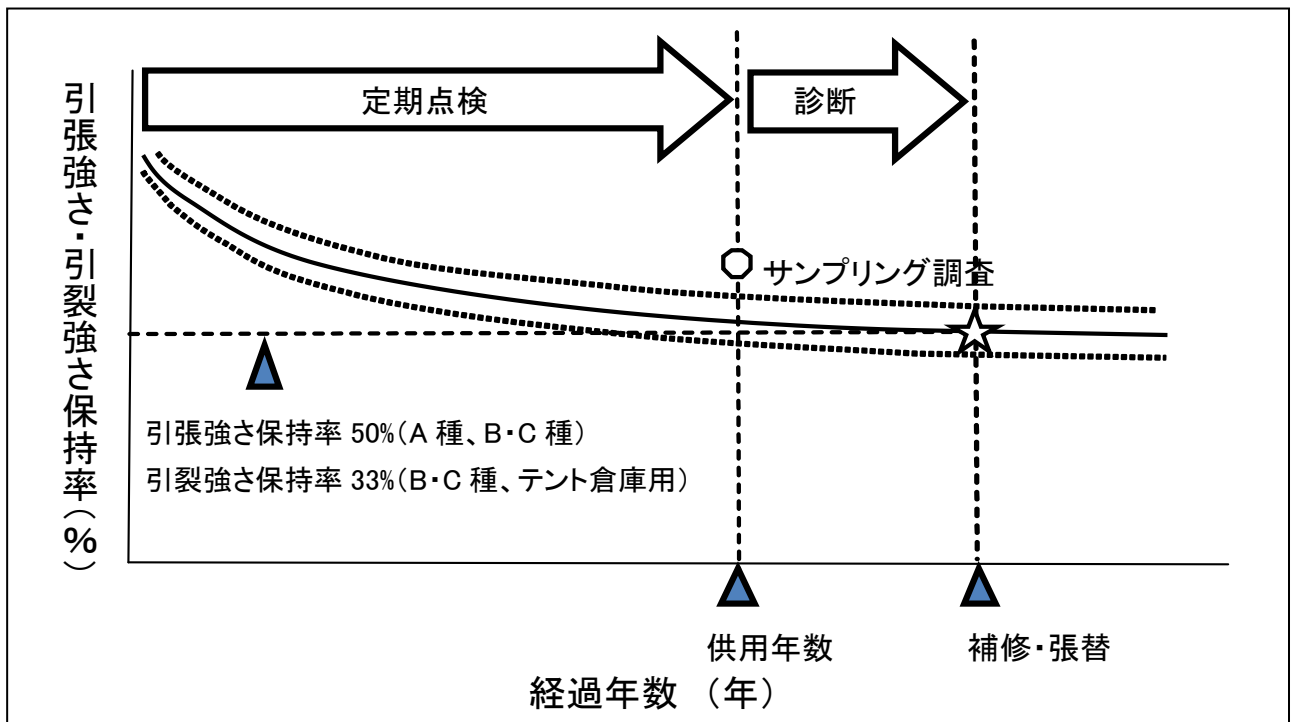


解図 3.1 各種膜材料構成図

2) 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ている。

解図 3.2 は、膜材料が経年とともに劣化し、張替えに至る過程を模式化したもので、引張り強さ・引裂き強さ保持率をもとに、その経年変化に基づくものである。



解図 3.2 膜材料の性能変化模式図

基準に定められた定期点検を継続実施し、その建物の劣化の状況を十分に理解した上で、膜材料が特定の供用年数に達した時期（A種 25年程度、B種 15年程度、C種 10～15年程度）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。耐久性は、厚みや構成成分、酸化防止剤などで材料ごとにばらつくことから、上述の時期は目安である。これは、維持管理で継続的に健全性を確認している前提であり、外観などで異常が確認された場合には、すみやかに強度確認などを行うこととし、その結果で、その建築物の設計条件や環境条件などに配慮して診断を行う。

また、建築基準法旧第 38 条で個別認定を取得した初期の物件においては、屋外暴露試験台による観測によって、膜材料の安全性を継続確認しているものがある。屋外暴露試験台は建物に近接した場所に設置されており、同じ環境による強度変化は確認できるが、試験台の膜材料はサイズが小さく、建物同等の膜張力を受けていないことや製造・施工の負荷なども受けていないことから、実際の建物よりは安全側の状態にあると考えられる。そこで、屋外暴露試験台は状況の確認用として位置づけ、初期引張強さの 67% (2/3) 以下に強度低下した時点で、本体膜のサンプリング調査を行うことを推奨する。

引張強さ保持率が 50% (1/2) を下回ると推測される時期を張替え時期と設定し、張替えの工事計画や予算確保を行い、計画的に実施するよう心掛ける。

なお、ETFE フィルムに関しては材料構成や特性が異なるので、一定の実績を積んだ後に別途設定する予定である。

一般的な供用年数に達した時点もしくは、暴露試験台で推測されて実施される実物件におけるサンプリング調査においては、以下の点に留意する必要がある。

- ・当該建築物の特徴 ー 構造形式、規模、膜支持スパン、使用膜材料 等
- ・建設地の環境 ー 気温や湿度、雨量や降雪量、塩害、工場や幹線道路からの距離 等
- ・オリジナル強度の有無 ー 使用ロットの強度が確認できない場合は、認定時申請データとする。
- ・サンプリング部位 ー 紫外線の多い南面屋根・壁、湿気の多い部位、特殊な条件 等
- ・サンプリング数 ー 統計的データのバラツキの配慮
- ・試験内容 ー 引張試験 (N=5 程度)、必要な場合は引裂試験 (N=5 程度)、その他試験
- ・サンプリング後の補修 ー サンプリング部分は、補強布などによる十分な補修が必要である。

なお、現地における簡易調査として、10cm 程度で N=3 体の小型サンプリング片などで確認する際には、同サイズでの初期強さを求めて比較すること。また、現地で直接 2～3cm 角の切り欠き膜部分をおもりなどを用いて簡易引裂試験する方法などもあるが、必ず初期強さとの関係性を把握して診断することが必要である。

3) 安全率の考え方

膜材料は、基準強度に対して、適切な安全率を採用して、許容張力が規定されている。その安全率は、膜材料 A・B・C 種では、長期 8・短期 4 であり、テント倉庫用膜材料は、長期 6・短期 3 である。

膜材料 A・B・C 種の短期安全率は、基本（内的要因）安全率 2 × 外的要因安全率 2 = 4 という構成であり、経年劣化において外的要因分を使い切った状態を使用上の劣化限界と考える。すなわち、強度保持率が 50% (1/2) 以下に低下した状態と言え、「放置すれば危険となる」という状況である。

安全率の要因構成

- ・ 内的要因：材料のばらつき、二軸応力の存在、接合効率、および、その他不確定な要因 等
- ・ 外的要因：耐候劣化、静的・動的疲労、クリープの影響、施工上の負荷（繊維の折れなど）等

一方、テント倉庫用膜材料は、元来、使用する供用年数を短く想定していることから、より低い値で判定できるものとして、初期引張強さの 33% (1/3) 以下に低下した状態を張替え時期として推奨する。また、保護層であるコーティング材が薄く、その劣化状況が材料の残存強度に大きな影響を及ぼすために、拡大鏡などで表面の状態を確認し、基布の露出状況の調査という簡便法による判断も可能である。

以下の写真は、実際のテント倉庫の外観および膜材料の表面状態を示すが、この状態で引張強さ保持率は 30%、引裂強さ保持率 20%であり、外観で判断する際の目安にしていきたい。



写真-1：テント倉庫外観

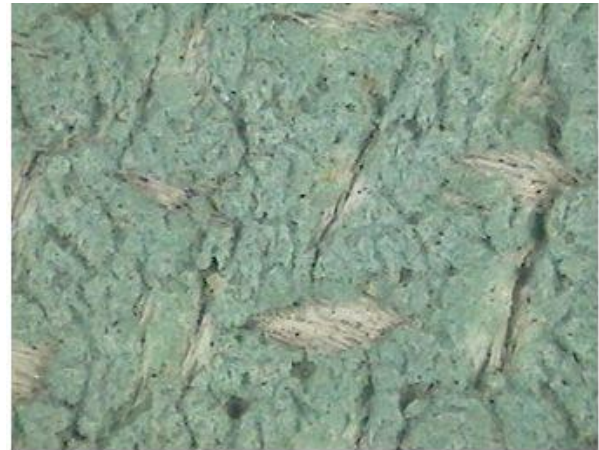


写真-2：表面拡大写真

4) 定期点検

建築基準法において一定の特殊建築物は定期報告が義務づけられている。平成 20 年の建築基準法の改正により、膜構造部分についても定期調査の方法が具体的に示された。膜構造建築物は従来から定期点検制度を導入しており、定期調査と整合を図った結果、定期調査時点で 3 年以内前に膜協制度による定期点検を行った記録があれば、その記録を定期報告に転記することで足りるとされた。

同年の建築基準法の改正では、定期報告概要書が閲覧対象となり定期報告の有無が公になったため、建築物所有者に定期点検を行うよう働きかける必要がある。

膜構造建築物の主要な用途である学校・体育館・スポーツ練習場等は定期報告の対象に指定されている行政庁が多いと思われる（詳細は各地元の行政庁に確認されたい）。

テント倉庫を定期報告の対象としている行政庁は殆ど無いと思われるが、膜協技術標準では、膜構造建築物維持保全指針により、用途にかかわらず水平投影面積 500 m²を越える膜構造建築物を定期点検の対象としている。

膜構造建築物は、立地状況により膜体、柱脚部等の劣化が速い場合もあるため、竣工 1 年後、以後 3 年間隔で定期点検を行うことを、上記維持保全指針で定めている。

なお、建築基準法旧第 38 条に基づき一般認定を受け建築された特定膜構造建築物は、特定膜構造建築物技術基準において定期点検の実施が認定の一部となっているため、定期点検を実施しないと既存不適格建築物の位置づけを失うこととなる。そうならないよう的確に定期点検を行うことが求められる。

定期点検の法令上の位置づけは以上のとおりであるが、定期点検を実施する意義は、構造体や膜材料の劣化状況を経時的に把握することにより、適時の補修を可能にし、より長期の使用に耐え、最終的に張替に至ることにある。

第 4 章 張替え計画

本マニュアルによって、張替えが必要と判断されたものは、当該建築物の所有者・管理責任者等および建設関係者と協議して、張替え工事計画を作成する。

張替えが必要と判断される状態は、定期点検による結果以外に、台風に代表される異常気象や震災時などの緊急点検時にも把握される。

テント倉庫では、倉庫としての使用中に発生する偶発的な損傷としても出現することもある。

張替えが必要とされる状態が、建築関係者以外の第三者にも認知される程度に至っている場合以外は、本マニュアル第 3 章で設定されている判断基準を咀嚼したうえで、第 3 者に説明し、張替えの必要性について理解・合意を得る必要がある。

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。

張替え工事が、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は、十分に事前に配慮しておく必要がある。

法令等に規定されていないが、重大問題になりかねない周辺・近隣の居住者との関連も重視しておく必要がある（規模・形・色彩）。

施工現場から発生する騒音・照明光・臭気に関する規制は年々厳しくなっている。

また、現場から発生する廃材類に対する規制や自主規制も厳しさを増して、これを事前に対処しておかないと工事そのものが開始できないこともある。

第 5 章に示す、関連法規とは別に、税制面の検討も必要になる。一般の建築物においても同様であるが、張替えや改修によって、建築面積には変更が無くても、資産価値が変化すると認められる場合には、固定資産税などが変化する。これは不動産管理<Asset Management>の分野であるが、建物所有者・管理者にとっては、維持管理費に直結する問題で、事前に設計・施工者側でチェックし、これを発注者へ提供することが通例である。

当該建物が竣工した後に、敷地内以外でも周辺や近隣の道路・環境が変化していることはままある。

結果として新設時に採用されている施工計画・手順では、張替え工事が実施できない場合がある。

これは、とくに膜材を展張する重機計画において留意する必要がある。

また、当然のことながら、膜材料以外にケーブルや膜を定着する二次部材などの健全性を評価したり、再利用するものと新規に取り替えるものの判断などに留意すべきである。

第5章 張替えと建築関連法規

張替え工事の計画の作成に際しては、建築および関連する法令等に適合していることを確認する。

張替え工事の計画で基本となる、建築関連の法令・条例・規準等は、当該確構造建築物が新設されたのちに、新規に制定されたり、改正されているものがある。

したがって、当該建築物を新設するときには出来たことが、今回の工事では実施できないこともあるうる。

以下に、主として建築基準法との関連を概説する。

(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は、大規模な修繕に該当する。

従って、建築確認申請の対象となるが、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、改修の結果が全て適法の状態にする必要がある。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物件を張替える場合の取り扱いである。

旧 38 条に基づいて建設されたものの建築基準法の扱いは、基本的に「既存不適格建築物」として位置づけられ、いまのままの状態で使用する限り、期間の制限は無く使用し続けられる。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る。

(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を義務づけているが、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、膜体の張替は 1 棟全体を一時期に実施できることとなった。(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問題は無いと考えられるが、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るので、事前に行政庁と協議し、その見解に基づいて実施することが望ましい。