

膜構造

技術ニュース

No. 2

目 次

1. 「ETFE フィルム屋根・外装材設計施工指針」について
2. ヨーロッパ フィルム建築物視察
3. ミマール・シナンのドームに触れる
4. 技術委員会の活動状況

2004年10月

(社) 日本膜構造協会

1. 「ETFE フィルム屋根・外装材設計・施工指針」について

西川 薫(ETFE フィルム屋根・外装材設計・施工指針作成委員会委員長)

ETFE フィルムは、2006年ドイツワールドカップや2008年北京オリンピックのスタジアムに採用される等、最近注目を集めている材料である。今後、本材料の優れた特性が認知され、日本においても広く普及するように、フィルムによる屋根ふき材・外装材の設計・施工指針を当協会において作成したので、ここにその概要を紹介する。

はじめに

ETFE フィルム(以下、フィルム)は、透明性、耐候性、環境対応性等から近年広く汎用されるようになり、国内の農業施設では多くの実績を積み、その普及には目覚ましいものがある。更に、ヨーロッパでは農業施設以外の建築施設にも数多く利用されるようになっており、最大は3万m²の植物園からアトリウムやプール屋根等幅広く利用されている。しかし、日本国内においては建築物としての実績は三重県のリゾート施設が1件あるのみで普及していないのが現状である。また、フィルムは、繊維織物を持たないことから、従来の膜材料とは異なる材料特性を有しており、建材としての取り扱いについても明確になっていないため、フィルムを建材として使用する上で、設計者や技術者がフィルムに対する正しい知識、技術を持ち、設計、施工することが必要である。

このような背景から、日本国内におけるフィルムの建築施設等への汎用を推進し、膜市場の新しい分野を創出するため、2003年2月、日本膜構造協会内に学識経験者並び業界技術者による委員会を設立し、フィルムによる屋根ふき材・外装材の設計・施工指針を作成した。

設計・施工指針の概要

第1章 総則

本指針は、日本国内において屋根ふき材、外装材にフッ素樹脂フィルム的一种であるETFEフィルムをパネル建材として使用する場合に適用されるものである。

ETFE フィルムとは、エチレン/テトラフルオロエチレン共重合樹脂を原料としたフィルムであり、高い透明性や軽量性、リサイクル可能といった特性を有している。表1に他の透明建材との特性比較を示す。塩化ビニル樹脂に比べるとフィルムは耐候性、透光率、耐汚染性等で優れている。また、ガラスに対しては耐破損性、軽量性等で優り、ポリカーボネートとは耐候性、

耐汚染性等に優れている。

フィルムは、フィルムを囲むフレームと、フレームにフィルムを止め付けるファスナーとから構成されたパネルとして使用され、各パネルが構造部材に十分な強度で取り付けられて適用される。パネルにはフィルムを外周から引っ張って張力を与えるテンションタイプと複層にして加圧することによりフィルムに張力を与えるクッションタイプがある。



図1 パネルの構成

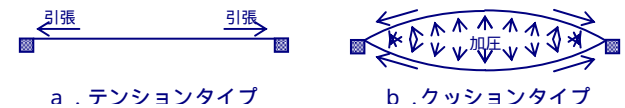


図2 パネルタイプの概念図

第2章 フィルム材料の品質及び性能

ここでは、フィルムの品質及び性能を規定する、厚さ、引張強さ、引張降伏応力、伸び率、引裂強さ、耐屈曲性、耐候性、防炎性、光線透過率についての試験方法と規格値等を記述している。

図3にフィルムの応力-ひずみ関係を示す。初期から破断に達する間には2つの剛性変化点(折れ点)が存在し、第1折れ点は応力が12~16N/mm²、ひずみが2~3%、第2折れ点は応力が18~25N/mm²、ひずみが20~35%、破断時は応力が40~60N/mm²、ひずみが350~450%程度である。

引張降伏応力は図3の応力-ひずみ曲線において初期勾配による直線と第1折れ点と第2折れ点を結んだ直線との交点を降伏点とし、そのときの応力を引張降伏応力としている。

表1 透明屋根ふき材、外装材の材料特性比較

	ETFEフィルム材	ポリカーボネート板	塩化ビニルフィルム	普通板ガラス
耐候性	良好	表面耐候処理が必要	良くない	極めて良好
光線透過率	95%	89%	95%	80%
熱膨張率	6×10 ⁻⁵	7.0×10 ⁻⁵	5~10×10 ⁻⁵	8.5×10 ⁻⁶
引張破断強度(N/mm ²)	40~60	56~70	45~63	30~90
伸び%	400	105	200	-
比重	1.75	1.2	1.4	2.5
厚み	50~250μm	2~15mm	50~200μm	3~19mm
耐衝撃性	良好	極めて良好	良好	割れる
自己浄化性	良好	比較的汚れやすい	汚れやすい	比較的汚れやすい
耐熱性(融点)	260-270	220-230	180	720-730 (軟化点)

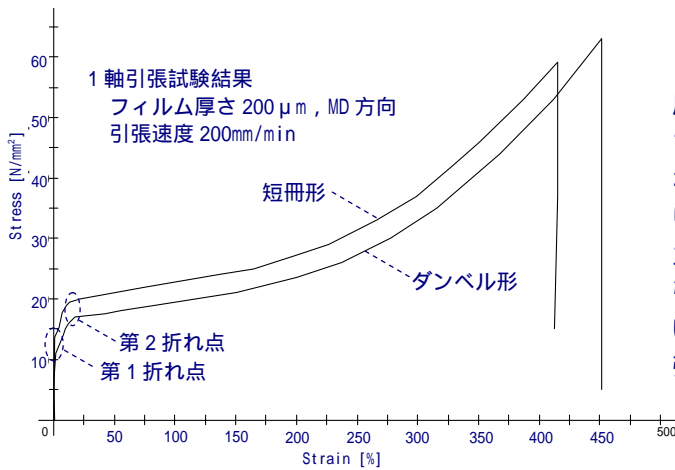


図3 フィルムの応力 - ひずみ曲線

表2 設計用弾性定数

引張弾性率 E	ポアソン比	せん断弾性率 G
500 ~ 700N/mm ²	0.40 ~ 0.45	$E/2(1+)$

第3章 設計

フィルムは、織布等で補強された膜材料に比べて比較的低い応力で降伏するため、その応力が下部の梁等の構造部材の設計に影響を及ぼす荷重となることは少ない。一方、引裂強さは比較的大きいため、フィルムの損傷が周囲の骨組の安全性に影響し、他のパネルに伝播することも少ない。これらから、フィルムパネルは設計上、屋根ふき材、外装材として扱うこととしている。

図4にクッションタイプの圧力維持方法を示す。クッションタイプの圧力維持方法としては、空気を完全に閉じ込める「密封方式」、送風等で圧力を維持する「加圧方式」、従来の膜構造のように非常電源や非常加圧装置を設ける「加圧 + バックアップ方式」の3方式がある。

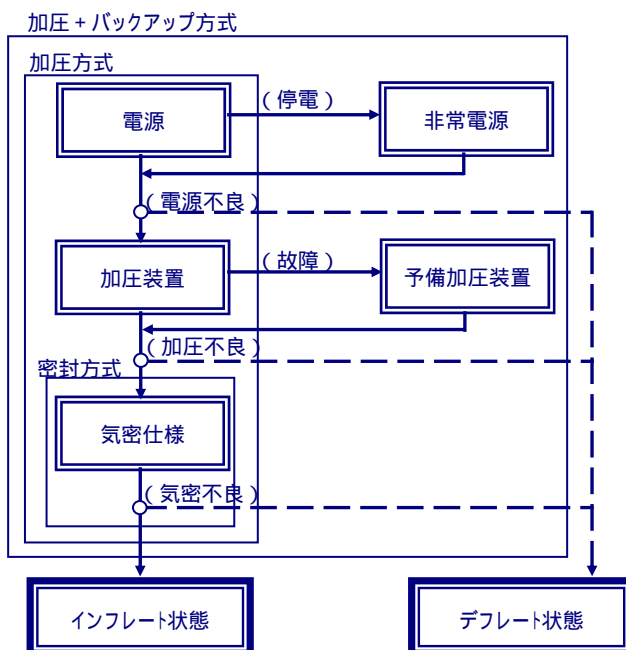


図4 クッションタイプの圧力維持方法

(許容応力について)

図3に示したように、引張強さは引張降伏応力の3~4倍程度あり、引張降伏応力はかなり安全側の応力域である。また、フィルムは引張降伏応力の1/2程度では、殆どクリープを生じないが、引張降伏応力近傍ではクリープが大きくなる。これらより、フィルムを長期に安定した状態に保持するために、初期張力や内圧等の長期に生ずる力に対する引張の許容応力度は、引張降伏応力の1/2、または引張強さの1/6のいずれか小さい数値とし、暴風時の風圧力等の短期に生ずる力に対する引張の許容応力度は、長期の2倍としている。

(ボンディングについて)

フィルム面が積雪、融雪水、雨水等の荷重によって変形して滞留を生じ、更なる変形と滞留水等の増加が継続的に進行する現象を進行性ボンディングと呼んでいる。フィルムは、破断時の伸びが400%程度と極めて大きいため滞留水が思わぬ大きな荷重に成長する場合があるので、進行性ボンディングが生じないようにしなければならない。

図5に長方形のフィルムが平らに張られたテンションタイプパネルのボンディングによる変形と最大発生応力の関係を示す。短辺2m、長辺が4mを超えるパネルでは最大応力が引張降伏応力を超えて急激な変形増加を示しているが、2m角のパネルでは、満水(貯水率100%)状態の荷重に対して引張降伏応力以下で釣り合っており、これ以上は溢れるため滞留水による荷重は増加しないと考えられる。指針ではクリープ等を配慮して、ボンディングの満水状態を想定した応力が長期許容応力以下にすることにしている。

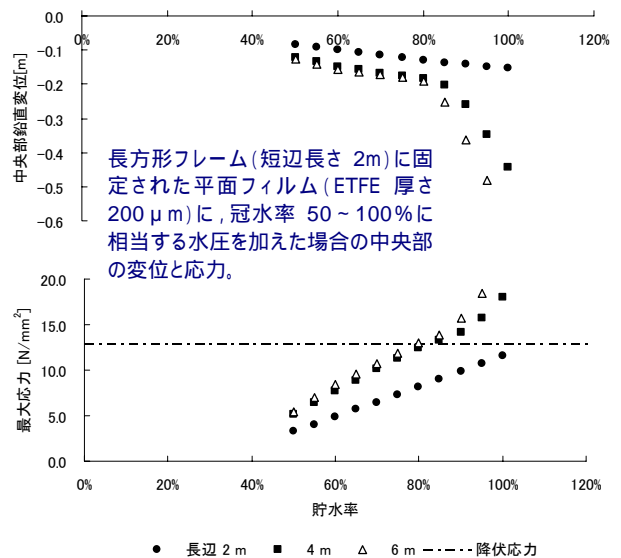


図5 ボンディングにおける貯水率と変位量・応力の関係

第4章 デテール

パネルにおいて、フィルムはファスナーにより外周フレームに確実に取り付けられることが重要である。

ファスナーは通常、金属部分(アルミ・スチール等)とパッキン部分(ゴム等)により構成される。金属部分はフィルムを確実に固定するためのものであり、パッキン部分は水密性・気密性の保持及びフィルムの破損防止を目的としている。ファスナーの形式としては、これまでにボルト・ネジ、バネ、くさび効果等を利用したものがある。

第5章 加圧装置

加圧装置は、動力源、送風機、ダクト、圧力調整装置を基本として構成される。また、運用、用途、規模に対応した内圧自動制御装置、逆流防止弁、予備送風機、予備動力源等のバックアップ設備を設置することが望ましい。

フィルムパネルが複数ある場合は、加圧装置はフィルムパネル毎に個別に設置される場合と並列あるいは直列にダクト配置して設置される場合がある。

第6章 製作、施工

材料受け入れから製作、運搬、施工において、品質を確保する上での留意点、注意点が記載されている。施工上の注意点としては、フィルムパネルに損傷を与えないよう適切な取り付けを行い、フィルムパネルからの張力が外周フレームから構造部材に十分に伝達されるように行うことが挙げられる。なお、作業中において強風によるばたつきや雨・風によるボンディング等によりフィルムを破損する恐れがあるため、作業前には必ず天候調査・安全確認を行うことが重要である。

第7章 維持管理

日常的な点検としては、フィルムパネル形状に異常がないか確認をする。クッションタイプの場合は内圧や加圧装置の稼働状況も確認する必要がある。また、大雨、台風、地震等の後は臨時点検を行い、異常が発見された時は補修等の処置を行い、現状復帰に努める。

補修は、現場で補修する方法と工場で補修する方法がある。現場での補修は不具合部分が小さく、損傷が軽微な場合であり、工場での補修は不具合の程度や規模が大きい場合や高所で現場対応が困難な場合に行われる。

第8章 防火

フィルムは、防火地域、準防火地域において必要とされる屋根の性能(建築基準法第63条)ならびに防火地域、準防火地域以外の市街地に特定行政庁を指定した区域において必要とされる屋根の性能(建築基準法第22条)に対し、当該建築物の用途限定で合格する材料である。(建築基準法施工令第109条の5第一号、同第136条の2の2第一号に適合)

適用可能な用途としては、スケート場、プール等のスポーツ専用施設、公園、テーマパーク等の通路、休憩所、シェルター、ひさし、トッブライト等が考えられる。

目次

第1編 ETFE フィルム外被建材設計・施工指針

1. 総則

- 1.1 適用範囲
- 1.2 フィルム材料
- 1.3 構成とタイプ

2. フィルム材料の品質及び性能

- 2.1 フィルムの品質及び性能
- 2.2 フィルム接合部の品質及び性能

3. 設計

- 3.1 荷重及び外力
- 3.2 形状と許容スパン
- 3.3 ボンディング対策
- 3.4 高温時の挙動に関する配慮
- 3.5 変形に対する配慮

4. デテール

- 4.1 フィルム外周部デテール
- 4.2 ファスナーの性能
- 4.3 外周フレームの性能
- 4.4 その他のデテール

5. 加圧装置

- 5.1 加圧装置の構成
- 5.2 送風機
- 5.3 ダクト
- 5.4 圧力調整装置等
- 5.5 その他の留意点

6. 製作、施工

- 6.1 材料・製品の受入及び保管・運搬
- 6.2 フィルムパネル製作(製作精度、製作上の留意点)
- 6.3 フィルムパネルの梱包
- 6.4 フィルムパネルの施工

7. 維持管理

- 7.1 維持管理の内容
- 7.2 補修
- 7.3 その他

8. 防火

- 8.1 フィルムの防火上の取り扱い
- 8.2 適用可能な用途、地域、規模

第2編 設計資料

1. 設計

- 1.1 ETFE フィルムの1軸引張試験測定例
- 1.2 形状と許容スパンの関係
- 2. 環境
 - 2.1 光環境
 - 2.2 熱環境(断熱性)
 - 2.3 音環境

2004年5月,ヨーロッパにてETFEフィルムを用いた建築物の視察を行ったので,その内容について報告します。

チェルシー&ウエストミンスター病院, ロンドン, イギリス, 1989

この病院は地下鉄のウエスト・ブロンプロン駅に近い,フラム・ロードに面した街区にある。通りに面して建ち上がる外観は学校のような印象であるが,エントランスを抜けて内部に入ると,6層吹き抜けの明るく開放的な空間がひろがる。吹き抜けは「王」の字型になっており,全ての病室が吹き抜けに面して,光を取り込めるように配慮されている。吹き抜け上部の屋根は,角型鋼管によるグリッドの内部にフィルムクッションパネルがはめ込まれている。各パネルは3層構成で,外側に200・m,内側に150・m,中間層に30・mのETFEフィルムが用いられている。建物に沿った外側のパネルは乳白色,内側2列のパネルには透明のフィルムが用いられている。正方形パネルのサイズは約3m×4mで,原反幅1.6mのフィルムを約25mm幅で熱溶着して成形している。フィルム下部にはボンディング対策の細いワイヤロープが約25cmピッチで配置されている。送風ダクトには25mm程のフレキシブルパイプが用いられ,常時内圧は400Paに設定されている。ダクトはフィルムとの連結部分以外は角形鋼管の内部に納められている。また,フィルム屋根と壁の間には換気用のガラリが設けられ,一定時間で開閉して換気を行うように配慮されている。



病院の正面玄関



内観



換気用ガラリ



送風ダクト



病院の全景



内観

エデン・プロジェクト, コーンウォール, イギリス, 2000

イギリス南西部コーンウォールの陶土採掘場跡地に建設された植物園である。熱帯雨林と温帯の気候を再現した2つのドームは,石鹸の泡が連なったような形をしており,熱帯雨林ドームは幅110m,高さ55m,全長240mである。ドームの架構は,複雑な地形に適應できるように六角形と五角形によるグリッドと,その交点を補強するトラスのレイヤーとで構成されている。幅11mの六角形フレームの外側にはETFEフィルムによる3層構成のフィルムクッションが取り付けられている。パネルはチェルシー病院の場合と同様に,原反幅1.6mのフィルムが約25mm幅で熱溶着して成形されている。送風ダクトはドーム谷部に沿って径の太いメインダクトが配置され,ここから分岐した細いダクトが六角形の網目に沿って各パネルに配置されている。ドームの谷部は雨水等が集まることでボンディングを生じる恐れがあるため,六角形グリッドの内部にロッドを用いたひとまわり小さい六角形をつくり,これで荷重を支持するようにしている。ヨーロッパの他の事例では,全パネルにワイヤを25cmピッチで配置しているものが多い。ドーム天頂部には換気用の開閉パネルが設けられている。六角形パネルの開閉は一見複雑に思えたが,三角形に分割したうえで1辺をヒンジとし,対角を油圧ジャッキで上下させるという,非常にシンプルな機構であった。プロジェクトは現在も進行中で,温帯ドームの隣では教育資源センターの基礎工事が行われていた。



熱帯雨林ドームの外観



温帯ドームの外観



熱帯雨林ドームの入口



温帯ドームの内観



ボンディング対策の支持部材



換気口



ビジターセンターの膜屋根



教育資源センター工事の様子



敷地全体の様子



温帯ドーム内のオブジェ



フィルム屋根の見上げ



フィルム屋根の外観



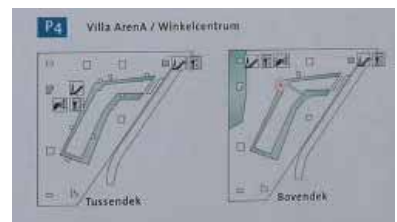
ショッピングセンターの内部

アムステルダム ショッピングセンター, オランダ

このショッピングセンターは、スキポール空港から車で 30 分程度のところに位置し、隣にはサッカーのクラブチームとして世界的に有名なアヤックスが本拠地とする開閉屋根付きスタジアムがある。台形の建物の内部には鈍角のL字型アトリウムが設けられている。フィルム屋根はその短辺方向に架け渡す形になっているが、L字型の交差部分にあわせて角度が振られている。左の写真で白く見える部分には乳白色、他は透明なフィルムが用いられている。いずれもETFEフィルムによる 3 層構成のエアクッションで、外側のフィルムにはすべて銀色のプリントが施されている。したがってフィルム屋根は外側から見るとメタリックな外観になっているが、銀色のプリント面には透明な部分がドット状に残っているため、内部から見上げると青空を望むことができる。このプリントは日射対策と視線の制御という点で有効に機能していると思われる。細長いストリップのパネル形状は先端部分で平面状になりやすいため、ボンディングに対して不利となる。パネル下部にはワイヤなどの支持部材は特に見られないが、外側のフィルムのライズが大きくなっているのは、勾配の確保に配慮したものと思われる。



フィルム定着部



建物の配置図

カプツィナー・アトリウム, アーヘン, ドイツ

カプツィナー アトリウムはドイツ北西部の歴史都市アーヘン市街地中心の広場から少し歩いたところにある。建物の平面は台形で、正面ファサードは教会を中心とする同心円状の道路に面するため緩やかにカーブしている。既存の建物では中庭があまり利用されない否定的な存在であったが、フィルムクッションによる屋根を増設する改修工事によって年間を通して活用される空間によみがえった。骨組は、短辺方向に約 3.5m 間隔の鋼管アーチ、長辺方向に細径のトラスを2列配置し、これらをロッドでつないだ張弦アーチで、非常に軽快な構造になっている。アーチ間と既存建物の屋根部分に固定されているフィルムクッションはETFEフィルムによる3層構成で、1パネルに2箇所ずつ給気ダクトと圧力調整弁がつけられている。アーチ間隔がすべて異なるうえに、道路側の壁面がカーブする複雑な形状であるにもかかわらず、中庭空間に屋根が無理なくおさまっているのは、フィルムが等方性でくせのない材料であることと、エアクッションの柔軟性によるものと思われる。また、フィルム屋根と既存建物の境界部分を直接確認することはできなかったが、既設部分に大がかりな補強を行った様子はない。既存建物の1階は店舗、上層階はオフィス、中庭のアトリウムはカフェとして利用されている。中庭は明るく開放的で(写真は露出の関係で暗くなっているが)、中庭に面する部屋にも十分な光をもたらし、窓周りのレンガによるアーチ状コーニスを引き立たせている。新設のフィルム屋根は既存建物とうまく調和し、その透明性と軽量性を発揮した優れた作品といえよう。道路側の隅角部には、給排気ダクトが2箇所設けられており、熱気がこもりやすい天頂付近の換気にも配慮がみられる。ポンディング対策の支持部材は特に設けられていなかった。



表通りの様子



裏側の様子



内観



ジョイントの詳細



広場の様子



建物の配置図

3. ミマール・シナンのドームに触れる

法政大学 阿部 優

エアドームを含むドームは、合理的に大空間を覆う構造の一つとして、現代も進化し続けている構造である。そして、この原点はローマのパンテオンを初めとする組積造ドームにあり、これらは、薄肉シェル理論や空間構造設計を齎る人々を未だに惹きつける魅力を持っている。筆者もその魅力に執りつかれている一人であるが、昨年度、4ヶ月余りの在外研究期間が得られたので、その機会を利用して、組積ドームに触れることが出来たので、報告の概報のかたちでその一端をここに紹介する。この在外研究(調査)の目的は、16世紀のオスマントルコ帝国隆盛期に活躍した「ミマール・シナン」の設計したドーム構造の特質の把握にあるが、まとめられるのはかなり先になりそうである。

序



Kara Ahmet Paşa
Topkapı İstanbul 1565

オスマントルコ帝国隆盛期、カムニ・サルタン・シュレイマンの主任建築家シナンは、50年ほどの在任中(1538～88)に100余のモスクを含め、実に500近い建築物の設計をしたオスマン建築の巨匠、否、ドーム建築の巨匠と言っても過言で無いことを、現在も作品の大半が存在する事実が物語っている。因みに、現代のRCシェルの巨匠ハインツ・イスラーでさえ、その作品は200余と聞く。彼が巨匠と呼ばれるのは、単に多くの作品を設計したからではなく、シュレイマニエ・モスクやセリミエ・モスクに代表される、それまでのハギヤ・ソフィア(現在は、アヤ・ソフィヤ博物館)に代表されるビザンチン建築を、始めて凌駕する合理的なドームの設計および施工法を確立したからと言われている。しかしながら、これらは建築史および建築デザイン分野の評価であって、構造工学分野におけるシナンのドーム研究は20世紀末になって、有限要素法などのシミュレーション手段を手に入れてからに過ぎず、これらのベースとなる形状データすら非常に少ないのが現状である。

また、これらの研究内容を調べてみると、建設手法の吟味もなしに、モスク全体をソリッドな連続体として、力任せに要素分割し、数値解を得ることにより、その性状や特性の把握を試みる研究が大半である。数少ない研究ではあるが、薄肉シェル理論による検証もあるが、球殻に限定した初歩的な研究で終わっている。



Şezahde Mehmet
Şezahdebasi İstanbul 1549

15世紀の科学(数学、物理学など)のレベルを十分把握しているわけではないが、14世紀にイタリアで始まるルネッサンス期よりも格段に進んだ科学があったわけでないことを前提とすると、当時の建築家がソリッドな連続体をイメージしていた筈はなく、より初等力学的、かつ演繹的な設計法があったように考えるほうが自然であろう。

他方、シナンのモスクの空間構成手法に関する研究成果から、シナンの構造デザインの一端に触れることが出来る。つまり、矩形平面に底辺が円形のドームを架けるために、その規模や、機能に応じていくつかの実験を試みながら、統一感のある空間を構成しているのであるが、ここで興味をもつのは、アーチで構成する多角形底辺を介してドームを架けると共に、矩形と多角形の間を、幾つかの3次元的な構造要素で充填しながら、ドームの重量を周辺の支持構造に伝達させているように見せていることである。

そこで、あまり予断を持たず、今回の調査の中心を次の2つに絞ることにした。

1. シナンのドームに関する資料調査
2. 現存するシナンの設計したドームの調査

1. シナンのドームに関する資料調査

近年のシナンのドームに関する学術研究論文は大部分が英文で、国際シェル・空間構造学会(International Association for Shell and Spatial Structures; I.A.S.S.)の国際会議¹⁾やコロキウム²⁾⁻³⁾で発表されているが、対象としているドームの件数がごく少数に限定されているため、イスタンブールの大学に在籍する研究者からの情報をたよりに、資料調査を試みたが公表できるような資料は見つからなかった。以下に、シナンのドーム全般にわたる書籍⁴⁾⁻⁵⁾のみ紹介するが、この資料にはドーム形状を示すデータの記載はない。

シナンのドーム形状実測データについて

モスクの平面形状およびファサード立面の実測がほぼ全ての作品に対して存在するのに対し、現時点においても、公認された三次元データは皆無であることが確認できた。西欧の記録文明とは異なり、設計図のない(製図法に則った図面を指す)組積造建造物の宿命ではあるが、序文で触れたとおり非破壊検査法が緒についたばかりの現状では～今回、客員研究員として受入れて頂いたユルドゥズ工科大学建築学部のアルン教授のグループが、レーザー距離計による実測調査が進行中であり、まとも次第、ドームの基本形状データの提供があるが、このデータもスパンとライズにとどまり、ドラムの形状やドーム厚などの詳細な実測には至っていない～、残念なことである。

シナン関係の資料

- 1) “Public Assembly Structures from Antiquity to the Present: Proc. of the IASS-MSU International Symposium May 24-28, 1993, İstanbul-Türkiye, Mimar sinan Üniversitesi, İstanbul, 1993.
- 2) Görün Özşen, “Studies in Ancient Structures: Proceedings of the International Conference July 14-18, 1997 İstanbul, Turkey, YTU Faculty of Architecture Publication, İstanbul, 1997.
- 3) Görün Özşen, “Studies in Ancient Structures: Proceedings of the 2nd International Congress July 9-13, 2001 İstanbul-Turkey, Yıldız Technical University Publication, İstanbul, 2001.
- 4) Aptullah Kuran, “SİNAN; The Grand Old Master of Ottoman Architecture”, Institution of Turkish Studies, Inc., Washington D.C., USA, 1986.
- 5) Metin Sözen, “SİNAN; Architect of Ages; The 400 Commemorative Year of Mimar Sinan”, Ministry of Culture and Tourism of the Turkish Republic, 1988.

2. シナンの設計したドームの調査

幾つかの説があるが、現存しているシナンが設計したモスク・ドーム(以降、単にドームと記す)～この研究では、特質を把握しやすくするために、小規模なドームや建築的な機能が異なるドームを除外するため、対象をモスクに限定する～は、途中で修理や修復されたものも含め、旧オスマントルコ帝国内に50～60に及び、この中、7割近くがイスタンブールとその近郊に集中している。また、建設年代もシナンが帝国の主任建築家在任期間内の偏りも少ないことから、原則として調査対象をこの地域に限定することにした。

2.1 調査対象と調査の方法

調査したモスク名および場所、竣工年、保存の状況などについては、分布図(付1)および調査対象リスト(付2)に示す通りである。

調査の方法は、空間および空間構成構造要素の確認を目的としているため、観察および写真記録を主とし、補助的な方法として、構成要素配置の野帳記録～スケッチ的メモ～(視察中の図面化は不可能なため)を併用したが、調査中に判明した木造屋根(リスト中の×印)および改築された(リスト中の 印)モスクについては野帳記録せず、研究対象外とした。

2.2 補充調査

この調査中に並行して行っていた関連資料調査から、シナン前後の建築技術および宗教空間把握の確認が必要となり、補充調査リスト(付3)をその対象に加えた。

3. 調査結果の概要

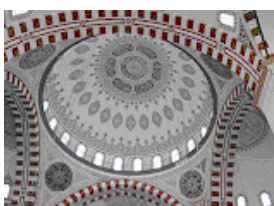
調査リスト(付2)を見て明らかのように、今回の調査は、目視による観察が中心であるが、シナンが設計したモスク・ドームの大半を含んでいる。それは、年代および形式種別に偏りが無いこと、および形式種別毎でも最低3基以上を含んでいることから裏付けられる。従って、このデータが、シナンの設計思想およびシナン・ドームの特質を分析する基礎データとして妥当なもの判断できよう。

詳しい分析は、今後の問題として、この調査結果から、シナンのドーム設計に関する手法が、幾つか明らかになりつつあるので、概要のみ以下に略記する。

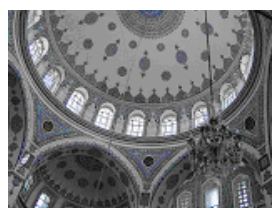
A. シングルドーム
Hadım İbrahim Paşa
Silibrikapı İstanbul 1551



B. サブドーム付ドーム
Şezahde Mehmet
Şezahdebaşı İstanbul 1549



C. 六角形ベースドーム
Kara Ahmet Paşa Topkapı
İstanbul 1565



1) シナンのドーム構成法について

シナンのモスク・ドームは、原則的には、ドーム本体を、窓付きドラムで支持し、フライング・バットレスで補剛し、下部構造にそれらの支持を委ねる、という構成法で一貫していること。

下部構造において使用するアーチは一貫して「尖頭アーチ」を、また、六角形や八角形の多角形ベース形式ではタイド・アーチを使用していること。

また、下部構造におけるスラストの処理は、セミドーム(半ドーム)とバットレスを適材適所に配置し、重複は皆無であること。

以上より、力学的な特性は別として、また、次項にも若干関連するが、これらの構成法、特に下部構造のそれは、内部空間と形態の一致を志向する表れと言えよう。

2) ドーム形式の開発順序とその適用について

調査リストより明らかなように、ドーム形式種別は、以下の A~D の順序で、シナンによって開発され、オスマン建築へと一般化した経緯がある。

A. シングルドーム形式: 正方形ベースの壁体上にメインドームが載り、隅部をスキンチで埋めるか、ペンデンティブで支え、壁体に埋め込まれたアーチに推力を伝える形式。15世紀の後半(シナン以前)には、スキンチを用いたものは開発されていたが、ペンデンティブを用いるのはシナンが最初であり、これにより、シングルドームの規模も大型化することになる。また、シングルドームの場合、フライング・バットレスは、この隅部に対で用いられる。

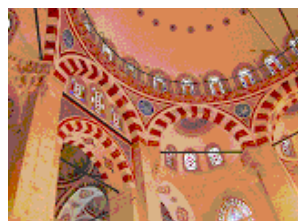
B. セミドーム形式: モスクの平面を長方形又は4本柱を含んだ正方形に拡張するために、メインドームを持つ平面の1辺~4辺にセミドーム(半ドーム)を付加して構成する形式で、大規模なモスクにこの形式を採用している。この場合、主ドームはアーチで構成された正方形ベースにペンデンティブを介して載せられ、そのアーチがセミドームとの接続要素となる。この形式で、セミドームが付加されない辺は、バットレス(フライング・バットレスの例もある)がスラスト処理の役割を果たす。また、この形式の原形は、ビザンチン建築の傑作と云われるアヤソフィア博物館(ハギアソフィア教会)で、シナンの設計思想の源流の1つが、この建物のデザインにあると考えられている。

C. 六角形ベースドーム形式: 多角形ベースドームの典型的な形式で、長方形平面にドームを架けるため、4本のアーチを架け渡すことで隅部をショートカットし、向い合う長辺の2辺とで六角形ベースを構成し、そこにメインドームを載せ、ショートカットした部分にセミドームをはめ込む形式である。単に六角形ベースという意味では、ユチュ・モスク(エディルネ、15世紀中頃)が原型となるが、空間の統合性という意味で、初期の作品はともかく、シナンが開発したドーム中で、最も卓越した構成であろう。この形式の場合、フライング・バットレスを用いない例が見られる。また、フライング・バットレスを用いる場合は、6隅に配置されるが、Dの八角形ベースドームも含め、多角形ベースドームでは、砲塔形の尖塔でこのフライング・バットレスを覆う例が多い。また、サブドームが多数付加されるため、B形式に比べ、下部構造でのスラスト処理の表現が曖昧になるケースが見られる。

D. 八角形ベースドーム形式: 多角形ベースドームの八角形ベース版であり、規模が大きいドームの場合、六角形ベースと同様な構成となり、特にセリミエ・モスク(エディルネ)は、オスマン建築が始めてアヤソフィアを規模でも凌駕したシナンの最高傑作と云われているように、全ての構成要素を備え、ドーム開発の極致とも位置づけられる。また、A形式の規模を拡大していくとき、ペンデンティブもかなりの高さが必要になり(A形式で詳述)、空間のプロポーシオンが悪くなる。それを避けるために、八角形ベースが開発されたとの説もある。しかしどちらにしても小規模なドームの場合、Aとの差異が微妙であり、今後の検討項目である。

A. アーチ支持シングルドーム形式: A形式と同様正方形平面をメインドームのみで覆う形式であるが、壁の代わりに4辺に単スパンアーチを架け、その上にペンデンティブを介してドームを載せている。この目的は、内部空間により多くの光を取り込むためであるが、単に壁をアーチにしたと云う単純な開発過程ではなく、時系列で見て明らかなように、多角形ベースでのア

D.八角形ベースドーム
Sokullu Mehmet Paşa
Azapkapı İstanbul 1577



一支持の発展形としての一つの到達点と解釈するのが妥当である。この形式のドームは3例と少ないが、フライング・バットレスを含め、スラストに対する抵抗要素の構成が他の形式とは全く異なり(ザル・マフメット・モスクのみフライング・バットレスを併用～長方形平面のため～)、ヴォールト状のアーチの水平梁効果と建物の4隅に配置した塔状の柱(ポーチコ)を抵抗要素としている。アーチの水平梁効果はともかく、このポーチコの抑え効果に対しては、今後の検証課題である。

E.多ドーム形式: 15世紀のモスク(例えば、エスキ・モスク、エディルネ、1412)や、オスマン建築のメドレーゼでよく用いられる形式で、柱、アーチを介して2列×数列のドームで長方形平面を覆う構成となっている。シナンのは1例(ビヤレ・パシャ・モスク)のみなので、形式のみ紹介し、以降省略する。(E 多ドーム形式写真省略)

A.アーティクルドーム
Mihrimah Sultan Edirnekapı
İstanbul 1565

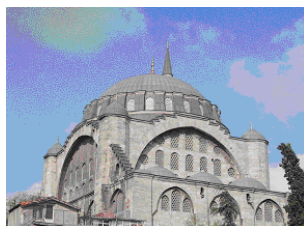


写真 シナン・ドームの形式とその典型例

3) シナンのドーム本体の設計手法と問題点

1)で触れたように、シナンのモスク・ドームは、原則的には、ドーム本体を、窓付きドラムで支持し、フライング・バットレスで補剛し、下部構造にそれらの支持を委ねる、という構成法で一貫している。この構成のポイントは、ドラム部にある。つまり、シナン・ドームのドラムは、円周上にほぼ等間隔に配置された、柱列(内側に傾けた円錐状配置)で構成しているため、一義的には、軸力しか伝わらない(鉛直の柱列の場合は、スラストによるせん断力も含まれる)。所謂、ドーム特有のフープテンションとは、ドラム以下では無縁となるわけである。

この設計手法は、ルネッサンス建築のドームに見られる、フープテンションを処理するための苦勞を避ける非常に賢い手法で、ドーム本体にフープテンションが生じ難い形状を選択すれば、ほぼ、完璧な組積造ドームを造れることになる。

しかしながら、今回の調査レベル(形状データレベル)でも、ドーム本体の形状が非フープテンション形状とは見せないプロポーションがあり、テンション材(鉄棒、鉄帯など)の使用を窺わせざるを得ない印象である。他方、トルコの研究者の多くは、鉄材の使用に否定的で、何らかの科学的な検証が待たれる現状である。

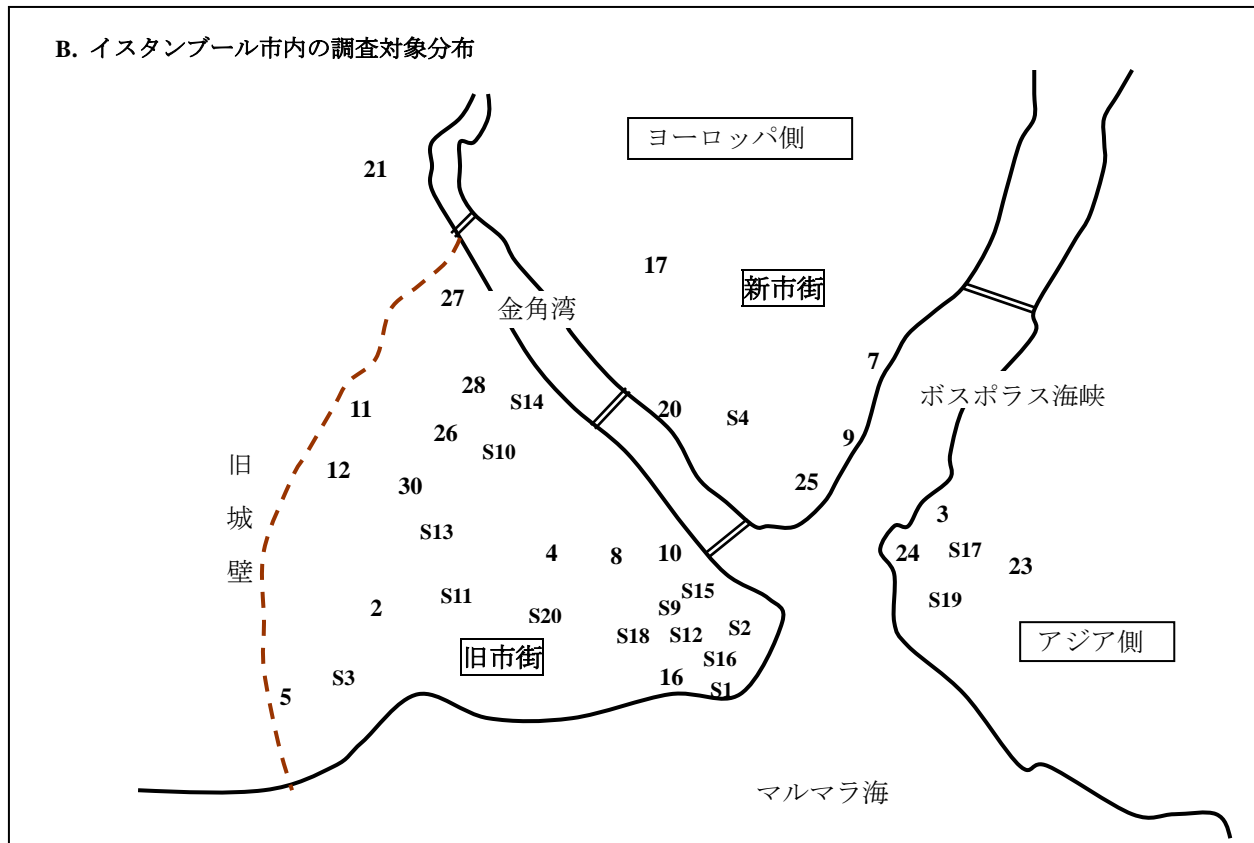
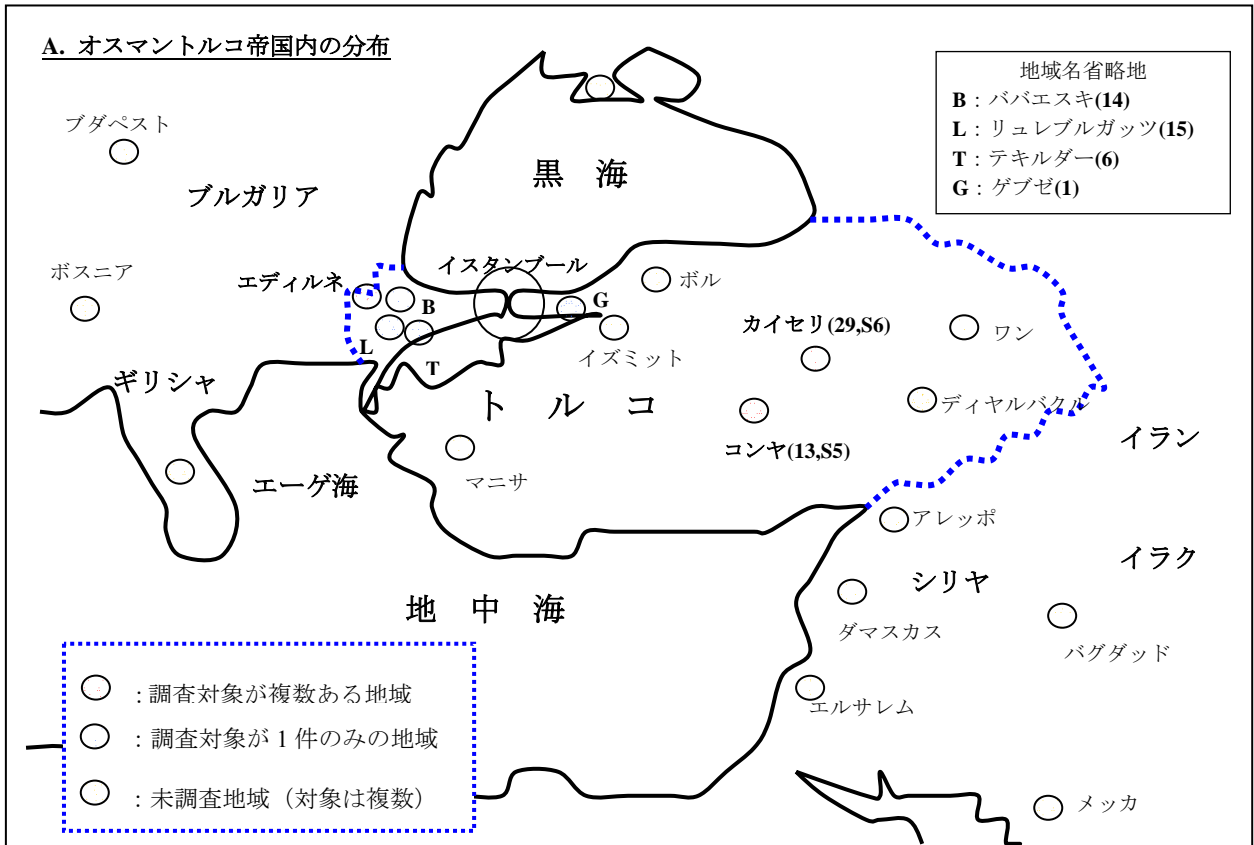
4. 今後の方針

最終的には、序で触れたように今回の調査では得られなかった「ドーム形状データ」の裏付けがないと、力学的性状まで含めた成果には至らない(在外研究先のアルン研究室で行っているドーム本体の実測調査～ドームのスパンおよびライズなどの形状のみ～の結果は2005年度中に出る)ので、それまでに、

- 1) 今回の調査で得たドームを構成する構造要素の構成データの分析
- 2) 薄膜シェル理論による「非フープテンション形状」の推定

を行い、これらの見地からの「シナン・ドーム」の新たな分類を行い、鉄材の使用の有無を含めたシナン(または、当時の技術者)のドーム設計における力学的知識の推定および、これらの知識がシェル構造にどのように継承されたかの分析を試み、形状データの取得を待って、その検証を行うことを考えている。

付1 調査対象の分布図



付 2. 調査対象としたシナンのドーム屋根を持つモスク

No	モスク名	所在地		竣工年	種別	状況
		地区	県・市			
1	Çoban Mustafa Paşa ^{*1}	Gebze	İzmit	1522	A	良
2	Haseki Sultan	Haseki	İstanbul	1539	A	未
3	Mihrimah Sultan	Üsükdar	İstanbul	1548	B	良
4	Şehzade Mehmet	Şehzadebaşı	İstanbul	1548	B	良
5	Hadım İbrahim Paşa	Silivrikapı	İstanbul	1551	A	良
6	Rüstem Paşa	Rodoscuk	Tekirdağ	1552	A	内修済
7	Sinan Paşa	Beşiktaş	İstanbul	1555	C	内修中
8	Süleymaniye	Süleymaniye	İstanbul	1557	B	良
9	Molla Çelebi	Fındıklı	İstanbul	1562	C	内修済
10	Rüstem Paşa	Tahtakale	İstanbul	1562	D	一部裂
11	Mihrimah Sultan	Edirnekapı	İstanbul	1565	A'	震害有
12	Kara Ahmet Paşa	Topkapı	İstanbul	1565	C	良
13	Sultan Selim	-	Konya	1565	B	良
14	Semiz Ali Paşa	Babaeski	Kırklareli	1569	C	未
15	Sokullu Mehmet Paşa	Lüleburgaz	Kırklareli	1570	A'	良
16	Sokullu Mehmet	Kadirga	İstanbul	1572	C	良
17	Piyâle Paşa	Kasimpaşa	İstanbul	1573	E	修復済
18	Selimiye	-	Edirne	1575	D	良
19	Defterdar Mustafa Çelebi	-	Edirne	1576	A	未
20	Sokullu Mehmet	Azapkapı	İstanbul	1577	D	良
21	Zal Mahmut Paşa	Eyüp	İstanbul	1577	A'	良
22	Sokullu Mehmed Paşa	Havsa	Edirne	1577	A	一部改
23	Atik Valide	Toptaşı	İstanbul	1579	C	修済
24	Şemsi Ahmet Paşa	Üsükdar	İstanbul	1580	A	一部裂
25	Kılıç Ali Paşa	Tophane	İstanbul	1580	B	未
26	Nişancı Mehmed Paşa	Çarşamba	İstanbul	1584	D	良
27	Kazasker İvaz Efendi	Eğrikapı	İstanbul	1585	C	未
28	Mehmet Ağa ^{*2}	Çarşamba	İstanbul	1585	D	未
29	Kurşunlu	-	Kayseri	1585	A	良
30	Mesih Mehmet Paşa	Yenibağçe	İstanbul	1586	D	良
31	Çavuşbaşı [*]	Sütlüce	İstanbul	1539	W	
32	Drağman Yunus Bey	Draman	İstanbul	1542	R	
33	Hürrem Çavuş [*]	Yenibağçe	İstanbul	1560	W	
34	Ferruh Kethüda [*]	Balat	İstanbul	1562	W	
35	Mimar Sinan [*]	Çarşamba	İstanbul	1573	W	
36	Ramazan Efendi [*]	Kocamustafapaşa	İstanbul	1586	W	

*1: シナンが主任建築家になる以前の建物であるが、陪席建築家として関わっているため対象に入れる。

*2: シナン晩年の作品で、実際は次席建築家の M. Ağa が纏めたとの見解もあるが、設計しているため対象に入れる。

* : 屋根構造が木造小屋組なので、対象外とする。

: ドーム屋根であるが後代に改築され、原形を留めていないため、対象外とする。

また、種別欄の記号は、文献による以下のドーム構成形式を示す。
A : シングル・ドーム形式(この内、A' はアーティクル・ドーム)
B : サブ・ドーム形式
C : 六角形支持ドーム形式
D : 八角形支持ドーム形式
E : 多ドーム形式

状況欄の状況は以下を表す。

良 : 良好
未 : 未確認(外部は良好)
修済 : 修理済
内修済 : 内装修理済
内修中 : 内装修理中
震害有 : 地震被害有(未修理)

付 3 . 調査したシナン以外のドーム屋根を持つモスク

No	モスク名	所在地		竣工年	種別
		地区	市		
S1	Küçük Ayasofya	Ayasofya	İstanbul	527-36	BZ
S2	Ayasofya	Ayasofya	İstanbul	532-37	BZ
S3	Koca Mustafa Paşa	Kocamustafapaşa	İstanbul	6-9 Cent.	BZ
S4	Arap	Azapkapı	İstanbul	717	BZ
S5	Alaadine	-	Konya	1221	SJ
S6	Hunat Hatun	-	Kayseri	1246	SJ
S7	Eski	-	Edirne	1412	OT-T
S8	Üç Şerefeli	-	Edirne	1452	OT-S
S9	Mahmut Paşa	Cağaloğlu	İstanbul	1463	OT-T
S10	Fatih ^{*3}	Fatih	İstanbul	1463-70	OT-B
S11	Murato	Aksaray	İstanbul	1473	OT-T
S12	Atikali ^{*3}	Cağaloğlu	İstanbul	1496	OT-B
S13	Bali Paşa	Yenibahçe	İstanbul	1505	OT-A
S14	Yavuz Sultan Selim ^{*4}	Sultan Selim	İstanbul	1522	OT-S
S15	Yeni	Eminönü	İstanbul	1597-03	OT-B
S16	Sultan Ahmet	Sultan Ahmet	İstanbul	1600-19	OT-B
S17	Yeni Valide	Üsükdar	İstanbul	1710	OT-D
S18	Nuruosmaniye	Cağaloğlu	İstanbul	1748-55	OT-A
S19	Ayazma	Üsükdar	İstanbul	1758	OT-A
S20	Laleli	Nişanca	İstanbul	1760-63	OT-D

種別欄は、以下の様式を示す。

BZ : ビザンチン建築様式

SJ : セルジューク建築様式

OT : オスマン建築様式

オスマン建築様式の細分類のうち、A～Dはシナン・ドームに準じる。

- S : シングル・ドーム形式(シナンのA形式とは異なる)

- T : ツイン・ドーム形式

注

*3 : シナン以降の改築説が有力

*4 : シナン以降の改築の可能性が高い(私見)

4. 技術研究委員会の活動状況

当協会の技術研究委員会では、膜構造に関する各種の委員会を設け、膜構造の技術的、法的問題点の解決のため、また膜構造の品質と安全確保の問題に取り組み、一層の健全な発展を目指して積極的な作業を行っている。
現在の委員会の活動概要を示す。(技術研究委員会委員長 石井一夫)

<p>フィルムパネル構造委員会</p>	<p>ETFE フィルム(エチレンテトラフルオロエチレン共重合樹脂)は、透明性の高い材料で、このフィルムを二重にし、その間にやや圧力の高い空気を送り、あるいは封じ込め、パネル状にして屋根や外壁材に用いる例は、ヨーロッパを中心に広がり、すでに 200 棟以上の物件があり、最大 3 万 m²の植物園屋根から、アトリウム、プール屋根、開放空間の屋根など、また 2006 年 W-カップスタジアム屋根、2008 年北京オリンピックスタジアム屋根など施工中のものも多い。これらは、透明な軽量屋根という位置付けで、これまでにない空間を創り出す。</p> <p>日本において、今後この材料と構造が使われていくことが予想されるので、本委員会では、この材料と構造法についての「ETFE フィルム屋根・外装材設計・施工指針」を作成し、設計時、施工時の指針及び設計時の参考となる資料をまとめた。</p> <p>現状では、一般の建築物に使うためには、「ETFE フィルム材料」及び「フィルム構造方法」の告示が必要となるが、これらは制定されていないので、ここでは、法的に屋根葺き材、外装材の取り扱いでの設計施工指針としている。この範囲を超える大型の物件では、大臣認定となるが、この場合にはフィルム材料は、個別プロジェクト単位で(指定建築材料とはせず、当該材料が建築物の設計において想定したとおりの特性または機能を有するものであること等が確認されればよい)とされているので、ETFE フィルム材料の告示は必要としない。構造計算に関する(超高層建築物の特例)規定によって検証されればよいこととなる。</p> <p>「ETFE フィルム屋根・外装材設計・施工指針」の内容概要は、本技術ニュースNo.2の1.「ETFE フィルム屋根・外装材設計・施工指針について」に示されている。</p> <p>2004 年 11 月に刊行予定。 (委員長 西川薫:大成建設 KK)</p>
<p>膜材料委員会</p>	<p>膜材料の認定を新しく取得する方法</p> <p>膜材料の認定を新しく取得しようとする場合、その審査は指定性能評価機関で膜材料の次の告示にそって行われる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・平成 12 年建設省告示第 1446 号(建築物の基礎、主要構造部等に使用する建築材料並びにこれらの建築材料が適合すべき日本工業規格又は日本農林規格及び品質に関する技術的基準) 告示第 1446 号は、当協会を含めた編集委員会で作成した平成 15 年刊行の「膜構造の建築物・膜材料の技術的基準及び同解説」に掲載されている。 <p>この技術的基準は、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・告示に示された測定方法によった品質基準(引張強さその他の接合部を含めて 31 項目)が測定され、満足されていること。 ・告示に示された検査項目について検査がおこなわれていること。 ・適切な製造、運搬、保管がなされていること。 ・検査設備が整っていること。 ・製造での品質管理がおこなわれていること。この品質管理の内容は細かく規定されている。 <p>これまでの、協会への膜材料の登録時の審査に比べ、品質管理の計画、実施等について、ISO による品質管理の流れのなかで膜材料の製造での品質管理が位置付けられ、それにそった品質マネジメントシステムの構築が要求されている。このため、膜材料製造に係る ISO の取得と同じような内容で、評価委員会で要求される書類はかなり多い。</p> <p>このように認定を取得するための審査用の書類の作成は、これまで協会において膜材料の登録を受ける場合と比べ、作成書類はかなり増し、まとめかたも難しくなった。このため、審査にあたっての留意事項及び「評価用資料の作成手引」の作成の必要性が高まり、当委員会において、膜材料の性能評価を当協会でする場合の「審査にあたっての留意事項(内規)」及び「評価用資料の作成手引」を(1次案)としてまとめ、本年 3 月 16 日に説明会を開催した。そのときの会員意見等を入れ、さらに 2 次案の作成を行った。</p> <p>なお、内規については、省の承認が必要のため、今後、省との打ち合わせは継続していく。</p> <p>本年度、協会が、指定性能評価機関になる期日がわかったとき、これらの資料の説明会を更に開催することとしている。(委員長 石井一夫)</p>
<p>膜構造施工標準作成委員会</p>	<p>膜構造の告示は、構造方法に関して定められた技術的基準であり、工事施工等を含む品質管理上の規定はされていない。このため、膜構造の品質確保の立場から膜構造の施工指針、標準についての要望が施主、設計者、施工者等より、また主事等より強く要望された。</p> <p>当委員会では、これらを受けて、膜構造の品質の確保と安全性の確保を目的とし、膜構造の施工方法に関する推奨規準としての「施工指針」の作成を行っている。</p> <p>「テント倉庫建築物施工指針」については、本年 7 月に完成し、すでに協会より発行されている。</p> <p>第1章 総 則 第2章 安全管理 第3章 輸 送 第4章 施 工 第5章 検 査</p> <p>一般の「膜構造施工指針」については、現在作業が行われている。(委員長 畠山孝宏:太陽工業 KK)</p>

<p>膜構造における地震時刻歴応答解析法委員会</p>	<p>平成 12 年の建築基準法の改正で旧 38 条が削除されたことにより、膜協会が保有していた一般評定も失効し、平成 15 年に新たに設けられた告示第 666 号(膜構造の告示)に基づく 1000m² 以下の特定形状の屋根以外の膜構造建物は、仮設を含め、全て施行令第 36 条第 2 項第三号に基づき国土交通大臣の個別性能評価(旧大臣認定)、すなわち建築センター等の性能評価機関の審査を受けざるを得ない状況が続いている。さらに同号に基づく設計法は超高層建物の設計を対象に設けられているため、時刻歴応答解析を必要とするなど、軽量で風荷重が地震荷重に対し卓越することの多い膜構造には不合理で多くの手間を要する設計法となっている。</p> <p>本委員会は、大臣性能評価機関としての膜構造協会の業務方法書の整備と合わせて、膜構造に合わせた簡便な地震応答評価法の整備およびオーソライズを目標とし、設計法の提案・技術的検証および国土交通省との折衝を行っている。</p> <p>現在までに限界状態計算法相当の積雪荷重および風荷重(令 82 条の 6)の採用に対する膜屋根設計への影響および簡便な地震応答評価手法の概念について検討し、作成した業務方法書案の検討を国交省側に依頼している状態である。今後省側の意見および協会の評価機関申請スケジュールと合わせて設計内規の具体的な検討を行う予定である。 (委員長 竹内徹:東京工業大学)</p>
<p>膜構造研究論文集委員会</p>	<p>膜構造にはまだ多くの解決しなければならない点、新しい技術開発に伴うその基礎を固めるため、一層の研究が必要となる。当委員会では、この膜構造の研究発表の場として、年次膜構造研究論文集の刊行の査読及び編集、制作を行っている。</p> <p>本年度の論文の締め切りは 12 月 10 日としている。今後、研究論文以外、技術報告を併せ採録して行き、広い意味で膜構造の発展に寄与していくことを目的としている。 (幹事 河端昌也:横浜国立大学)</p>
<p>膜材料標準化委員会</p>	<p>膜材料及びテント倉庫用膜材料は基準法改正に伴い、大臣認定を受けた指定建築材料となった。また建設業界における電子商取引システムである CI-NET の建設資機材コードには膜材料が追加され、膜材料の性能項目による情報検索が加わる予定にある。このように膜材料が一般化された建築材料として位置付けられる中で、膜材料に関するデータベースの整備が重要になっている。本委員会では、膜材料の品質及び強度、耐久性等の性能表示方法の統一や、これまで標準化されていなかった透光性や防汚性等の試験方法や評価方法について検討し、資料を整えている。 (委員長 河端昌也:横浜国立大学)</p>
<p>仮設膜構造委員会</p>	<p>膜構造による仮設建築は、膜構造の原点でもある。しかし、現在、仮設膜構造としてサスペンション膜構造、単形形態以外の骨組膜構造は 1000m² までとされ、空気膜構造、閉閉膜構造の建設は認められない。これらの建設には地震時刻歴応答解析等の計算を行い、大臣認定物件となる。</p> <p>社会的に仮設膜構造建築に対して多くの自由な設計と建設を望む声が大きく、このような状況を打開するため、告示の改正に向かって、仮設建築の安全性の確保の立場より資料を整えている。</p> <p>告示改正前の約 10 年間に建設された仮設膜構造の建設実績の調査を行った。構造システム、規模、使用膜材料、使用期間などをパラメータとしてまとめた結果、委員関連会社に限定された実数として、構造システムごとに、骨組膜構造 119 件、サスペンション膜構造 71 件、空気膜構造 7 件が建設されている。これらに対して、告示改正により、骨組膜構造で 14.3 %、サスペンション膜構造では 64.8 %が建設不可能になることがわかった。(空気膜構造は告示第 666 号に規定されていないため、仮設でも建設不可能となっている。)このような現状より、これまでできていたことがこれからでもできるようにするため、協会としてどう対応していけばよいのか、国交省指導課、建築研究所、行政連絡会議の代表者と数回の協議をもったが、解決への明快な回答は得られていない。今後、さらに規模制限の緩和、荷重低減なども視野に入れた告示の改正に向けた活動に発展させていく。</p> <p>これまでの検討結果と対処法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮設建築の限界耐力計算:仮設建築を限界耐力計算によって構造計算を行うとした場合の荷重:荷重については、基準法は、再現期間で荷重を決めていないので、仮設建築に再現期間クライテリアの決め方が問題となり、法的にかなりむずかしい。 ・これまで特定膜構造建築物技術基準では、仮設建築については触れられていなかった(仮設は、主事の確認審査で実際に運用されていた。)ので、同様の方法を取ってもらう:現状の膜構造の告示から「仮設に関しては適用除外」とすると、現行法では、仮設も全て恒久的な膜構造建築物として読むことになってしまう。 ・新しく仮設膜構造の告示を作ってもらう:現行の膜構造の告示(第 666 号)の仕様規定が残るので、現行の膜構造の告示と仮設膜構造の告示を分ける理由が見つからない。 ・現行の膜構造の告示(第 666 号)で膜構造の規模制限をしているが、仮設建築は施工方法、維持管理等で安全が担保できるなどの条件付きで規模制限がはずれる可能性があるのではないか。 <p>などの考えがある。</p> <p>これらの考えをもとに委員会では今後、どのように進めていくかを検討中である。 (委員長 黒木二三夫:日本大学)</p>

編集後記

(社)日本膜構造協会より、定期的に「膜構造：技術ニュース」を刊行します。内容は、膜構造を中心としたものになりますが、広い立場で膜構造をとらえ、いろいろな角度で、ニュースを会員に流していく予定です。会員各位の原稿も積極的に掲載の予定としていますので、ご希望がありましたら事務局にお知らせ下さい。

原稿の募集

膜構造技術ニュースに原稿を寄せて下さい。内容は自由で、例えば下記のようなもの。

- ・膜構造作品紹介
- ・製品紹介（膜材料，その他関連材料）
- ・工事報告
- ・委員会報告
- ・膜構造事情
- ・会社，事務所，研究室紹介
- ・紀行文，随筆，感想文
- ・膜構造その他建築の写真

発行 (社)日本膜構造協会 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-13-5
Tel : 03-3501-3535 Fax : 03-3501-3548
e-mail : info@makukouzou.or.jp

ホームページ <http://www.makukouzou.or.jp>
