

膜構造  
技術ニュース

Membrane Structure : Technical News

NO. 3

目 次

- 1 . 中国における膜構造の発展 (1)
- 2 . 韓国・中国 膜構造デザイン競技設計 (第3回 2004年) 入選作 (6)
- 3 . 膜構造の形状解析の想い (11)
- 4 . 膜構造ニュース (14)
- 5 . 技術委員会の活動状況 (15)

2005年2月

(社団法人) 日本膜構造協会

## 1. 中国における膜構造の発展

2004年9月、フランスモンペリエで開催された IASS 国際会議において、中国 T.Lan(藍天)教授が講演された「中国における膜構造の発展」の概要を Lan 教授の許可のもと紹介します。

Tien T. Lan 藍天

Institute of Building Structures, Chinese Academy of Building Research

中国建築構造研究院教授

### 序

新しい技術としての膜構造は、1970年の大阪万博のパビリオン群が膜構造の時代の始まりであった。それ以来、急速な発展が世界的にあり、種々の規模と構造方式が発展した。そして現在、膜構造は構造のなかの大きな選択肢となっている。

中国での空間構造の発展は西欧諸国の技術の影響を大きく受けた。この数年間、膜構造の積極的な傾向が世界から示され、中国における膜構造の技術と材料はある程度外国の会社の力を借りなければならなかったが、今後、中国独自の努力で建設されていくことが期待されている。



上海8万人スタジアム 1997年  
屋根面 36000m<sup>2</sup>  
膜材 PTFE/ガラス基布

### 中国における膜構造における理論的研究

#### 1. 膜構造システム解析の研究

膜構造の解析は、その幾何学的非線形性のため従来の構造にくらべ、より複雑になっている。一般には形状解析、裁断解析、応力変形解析となる。膜構造は初期張力が与えられたときのみ限定的な形態と外荷重に抵抗する必要な剛性を持つ。このため、初期の形状解析は膜構造の設計の重要な項目となる。研究のなかでは、FormとStateの言葉が使われる。Formは曲面の幾何学的形態を指し、Stateは初期張力状態を指す。一つの状態に対応する形態はただ一つとなる。

現在、形状解析に基づいて最適の形態と状態を決定することが中国では提案されている。与えられた荷重に対してその積荷能力を最適にする初期張力の分布を求めることが必要となる。最適の形態と最適の張力分布を求めることは最小歪み理論か、多目的関数を使った最適理論によって解かれる。

裁断解析はもう一つの重要な問題となる。現在行なわれている曲面を平面化する有限要素の最小歪み原理に基づいた方法では、曲面の境界線の拘束条件が考えられていないので十分でない。問題は曲面を平面にしたとき境界間で適合することである。初期張力による膜面に伸びのあることを考慮した補正解析では、裁断ストリップの寸法を減少しておかなければならないが、一般には経験や試験によって減少率を決めるがこれは寸法の減少率の正確性に大きく影響を与える。新しい方法では、現在行なわれている平面に展開後に縮小を与えるのではなく、曲面そのものを縮小し、無歪み曲面とし、それから平面に展開する方法が提案されている。この理論的研究と解析法は緩和法によってなされ、より理論的に裏付けがなされている。

膜構造の応力変形解析においては、プログラムMEMBSが中国で開発されている。これは形状解析、裁断解析、応力変形解析を含み、CADによって表現される。

#### 2. ケーブル膜構造の風による動的応答の研究

膜構造のような柔構造屋根に対し、風は応力・変形を決める最大の外力となる。膜構造は風の影響を受け易く、それにより引き起こされる動的応答は設計上重要となる。この問題の理論的究明は次の理由により極めて困難である。第一は、膜構造は幾何学的非線形性が極めて強いばかりでなく、振動モードと連成した密に分布し



上海虹口スタジアム 1999年  
3.6万人収容 214×204m  
膜材 PTFE/ガラス基布



青島頤中スタジアム 2000年  
(Qingdao Yizhong, 山東省)  
屋根面 30,000m<sup>2</sup> 6万席  
膜材 Ferrari C種



義烏スタジアム 2001年  
(Yiwu, 浙江省)  
屋根投影 16000m<sup>2</sup> 3万席  
膜材 Ferrari C種



武漢スタジアム  
(Wuhan, 湖北省)

た振動数であり、伝統的なモーダル解析に基づく方法は適用できない、ある効果的な手法は時刻歴解析であり、現在研究中である。

ある条件では、風と空気弾性との相互作用も無視できない。膜面と風との一体の動的挙動のメカニズムを研究しなければならない。

膜構造での風の影響についての研究は中国のある幾つかの大学で研究された。実用的な耐風設計法もまた研究され、よい結果が得られた。それらは次ぎの通り。

- 1) 膜構造の密に分布した振動スペクトルの特殊性と、風作用の空間的な相関性を考慮し、二つの非線形不規則振動に対する時間的解析の方法が提案されている。これらは質点系ランダム振動解析と改良されたランダム時刻歴応答解析である。実用的にするため、これらの方法を基にケーブル膜構造の風による振動挙動のシステマチックな研究がなされている。
- 2) 膜構造の風による自励振動の過程での空気慣性力の影響の理論的研究と風洞実験の実施が行なわれた。理論と風洞実験を組み合わせ、空気慣性力と膜構造の弾性力の比についての単純化したモデルが提案されている。その他の空力弾性についてその作用、空気付加質量、空力減衰、空力剛性がシミュレート計算のために考えられている。これらの値は風洞実験を通して測定され、風と膜構造建物との相関が量的に示されることができ。
- 3) 流体力学と構造力学の計算手法の幅広い応用をベースに、流体と固体を組み合わせた数値計算風洞実験の振動解析が探られている。これにより、流体領域と構造領域を交互のサイクルを通して繰り返し解が求められる。このように構造とその周囲の流れの動的過程がリアルタイムでシミュレートされることができ。

### 3. 中国での膜構造技術基準

中国における膜構造をより推進するために重要な手段の一つは基・規準を作成し、公示することである。ほとんどの建築士や技術者はこのような新しい構造に馴染みがないので、基規準類が設計や施工のガイドラインになる。さらにこのような技術的資料は製造上の許容範囲の問題と同様にファブリケートや建て上げの要求事項の許容の範囲を決めることができる。このようにして膜構造の技術的な質を確保することができるようになる。

数年前、膜構造の技術的条件の基礎を固めるため、中国の研究所や大学で膜構造の研究が始められた。大型膜構造の建設を見学することは膜面製作や建ち上げに有益な経験を与えた。また膜構造に関する先進国、アメリカ、日本、フランスなどにおける基規準類は価値ある参考資料となった。

中国空間構造学会の援助のもと、「膜構造の技術基準」作成のために、大学、研究所、設計院、膜体製造者より成る組織が2001年9月に構成された。以後、多くの大変な作業を行い、案ができあがった。その案を全国的に意見、評価をしてもらうために各所に送られ、その結果が特別の専門家グループによって検討された。この基準は中国の公的な建設標準化協会によって承認されることとなると思われ、すべての膜構造の設計、施工に利用されるようになるであろう。

#### 1) 膜構造設計基準の概要は次の通り。

荷重外力への抵抗挙動によって膜面、構造部材は4つのタイプに分ける。

- ・全体に初期張力を与えた膜面のみ構造
- ・骨組支持による膜構造
- ・ケーブル支持による膜構造
- ・空気膜構造(Air Supported)

建築設計上の基本点

- ・設計方針
- ・防火計画
- ・音響計画
- ・照明計画

- ・熱的計画
- ・排水計画

構造設計は、荷重の種類と組み合わせが示され、それにより、確率理論を基とした限界状態設計法によって行われる。



威海スタジアム  
(Weihai, 山東省)  
3万人収容 236 x 209m  
膜構造部面積 25000m<sup>2</sup>  
膜材 C種 PVDF コート



烟台スタジアム 2001年  
(Yangtai, 山東省)  
膜投影面積 14000m<sup>2</sup>  
膜材料 Ferrari Fluotop C種



鄭州航海スタジアム  
(Zhengzhou Hanghai 河南省)  
3万人収容 膜投影面積 13,888m<sup>2</sup>

## 2) 膜材料の種類

- ・膜構造に用いる膜材料の主なものとして、PTFE コーティングガラス繊維基布と PVC コーティングポリエステル繊維基布。後者はさらにトップコートの有無によって分ける。
- ・膜材料は引張り強さによって異なったグレードをつける。それに対応して厚さ、質量も与える。
- ・一般的に使うケーブル材は高強度スチールワイヤストランド、ストランドロープ、スパイラルロープである。これらのロープの引張り強さ、弾性係数を明確にする。また、膜構造にとって重要な部分である引抜基礎の方法を規定する。

## 3) 構造解析

- ・構造解析は形状解析とそれによった形態についての応力変形解析、裁断解析を行う。
- ・膜構造の解析は特殊性により幾何学的非線形性と膜材料の異方性を考慮すべきである。しかし、材料非線形性を考慮しなくともよい。
- ・応力変形解析においては、膜面の異なった点で、最大主応力について、膜材料の設計用許容引張り強さより小さくする。
- ・膜構造として、通常の状態では大変形のないようにする。
- ・変形の許容値は膜構造の種類によって与える。

## 4) ディテール

- ・構造部の詳細仕様は膜構造の設計と建物の安全のための重要な項目である。膜材料相互の接合は、端部を重ねる Lap 接合、または突き付けで、表面に別の膜材を重ねる Butt 接合で高周波溶着が構造部では主に使われる。その他、編み合わせロープによる方法、金物によるクランプ接合、ボルト止め、レーシングなどが使われる。
- ・膜面の骨組、ケーブル、その他境界構造への取り付け詳細を明記する。
- ・ケーブル相互の接合、ケーブル末端の他部材への接合を明記する。
- ・ケーブルのアンカーには色々なタイプがあるので、アンカー方式を明記する。

## 5) ファブリケート

- ・膜構造の技術的な品質を確保するため、ファブリケートの過程での要求事項とその技術を示す。
- ・鋼構造部、ケーブル部、膜面の施工の規定を決める。
- ・ケーブルの張力導入には特別の注意を払う。
- ・膜材料とケーブル材料の寸法の許容差をこれまでの建設の経験に基づき規定する。

この他、膜構造のメンテナンス、受入検査の章を設けている。

## 4. 中国の膜構造建築

過去 10 年間に、中国の多くの市で新しいスポーツ施設の建設計画がおこなわれた。膜構造はその軽量性ゆえに使われている。このようなスポーツ施設は中国での膜構造に大躍進を与えたといえることができる。

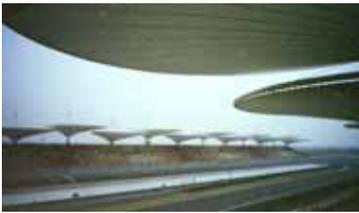
1997 年以前では、30 x 36 m のプールに空気膜構造が使われたように僅かの中小規模の膜構造が建てられた。1997 年に上海で第 8 回国民体育祭が行なわれ、上海スタジアム 36100 m<sup>2</sup> が膜構造を使った屋根として建設された。これが中国での最初の大規模恒久膜構造で、その後に大きな影響を与えた。膜材料は PTFE コーティングのガラス繊維織布であり、アメリカの Birdair 社の努力によって屋根面が施工された。この成功によって膜構造のコストが従来の構造に比べて高価であるにもかかわらず、幾つかの膜構造によるスタジアム屋根の建設が続いた。

青島頤中スタジアム (Yizhong スタジアム, 青島市, 山東省) は中国自身によって設計され, 建設された最初のものである。266 × 180 m のスタジアム 6 万人収容できる。屋根面は 40 m の片持で, 鉄骨造, ケーブル構造, 膜面の複合構造となっている。70 のケーブル膜構造の円錐形ユニットで 3 万 m<sup>2</sup> となる。

Yiwu (義烏) スタジアムは Zhejiang (浙江省) の比較的小さい Yiwu (義烏) 市に建てられたスタジアムである。3 万席をもち, スポーツばかりでなく, 多目的スタジアムとして各種イベントへの対応したものである。観客席上部に架けられ, 鉄骨トラスを峰部, ケーブルを谷部に使ったもの。鉄骨トラスの先端部は, スタジアム両側のマストよりケーブルで吊られている。

新しいスポーツ施設が現在, 次々と計画され, 膜構造が最も好ましいものとして使われる。現在, 12 スタジアム以上に使われていると考えられる。

大きい市では, 上海虹口サッカースタジアム (Hongkou 地区), Wuhan (武漢), Zhengzhou (鄭州), Guangzhou (広州) である。中小の市では, Yangtai (烟台), Weihai (威海), Wuhu (蕪湖) である。その他, 室内スポーツ施設として中国北部の Qinghuangdao (秦皇島) 体育館は屋根膜面を二重にした最初の例である。112 m × 98 m の楕円形平面であり, 建物は伝説上の怪鳥があたかも飛んでいるような形態となっている。広げた翼部分はトラスに鉄板張り, 中央部分スパン 96 m, 3100m<sup>2</sup> はアーチ構造に屋根上下部分を膜としている。



上海 F1 レーススタンド 2003 年  
膜面積 18720m<sup>2</sup> A 種膜材料



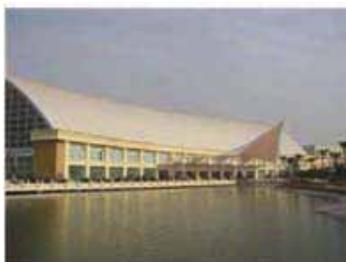
Qinghuangdao 体育場 2002 年  
(秦皇島 河北省)  
112 m × 98 m の楕円形  
中央膜部 3100m<sup>2</sup> 膜材 Mehler C 種



揚州スタジアム  
(Yangzhou, 江蘇省)  
膜材 MehlerHaku C 種



秦皇島スタジアム  
(Qinhuangdao, 河北省)



成都中国死海漂浮中心 2003 年  
(Chengdu 四川省水上パラダイス)  
20,000m<sup>2</sup> 膜材 C 種

最近の物件では, Chengdu (成都) の水上パラダイス。スパン 115m に鋼トラスアーチの骨組膜構造で PVC コーティングポリエステル繊維基布, 2 万 m<sup>2</sup>。谷ケーブルを引き込むことによって膜面に初期張力を与えている。その他,

- ・劇場 (Changsha, 長沙) 3500 m<sup>2</sup> 1998 PVC コーティングポリエステル繊維
- ・Happy Valley (Shenzhen, 深圳) 5800m<sup>2</sup>
- ・オーシャンワールド (Guangzhou 広州) 2840m<sup>2</sup>
- ・野外劇場 (Tianjin 天津) 1000m<sup>2</sup>

中国での国内外の交流が拡大するにつれコンベンションや展示会場など多くの文化的な新しい建物が要求されるようになった。

- ・Boum 市 (Hainan 省) 中国南部でサミットが開催され世界各国の VIP が集まった。膜構造が主会場に使われた。4000m<sup>2</sup> の膜構造でそれは 40 日で完成させた。
- ・国際コンベンション, 展示会場が Nanning (南寧), Guangxi Zhuang (広西壮族自治領) に建てられた。Nanning 市の市花であるハイビスカスを模した形態で, 直径 54m, 高さ 48m, (鋼) トラス構造で膜面とされた。PTFE ガラス繊維膜材が外面, 内面に使われた。
- ・小規模膜構造は種々の建物に使われた。ガソリンスタンド, 有料道路ゲート, サービスエリア, 広場日よけ等。これらの小規模膜構造は多く, 総面積は非常に大

きくなっている。

## 5. 今後の傾向

世界的に膜構造の建設がすすみ、その技術の獲得の観点から膜構造 21 世紀の新しい建築の発展の主流となるだろう。次のような適用の場合、膜構造は大きな利点になる。

スポーツ施設、屋内プール、展示会場のような自然光を求める公共施設。膜の透光性は内部に自然光を与え照明の省エネルギーとなり、内部の人に自然の雰囲気を与える。

開放形空間、半開放形空間を膜で覆うことは、軽く見た目にも膜構造は最適であろう。スタジアムスタンド屋根は益々膜構造を採用するだろう。野外劇場や展示パビリオンの屋根はまた膜構造を使うだろう。中国の広大な土地の農業性生産品のマーケットもまた膜構造屋根をつかうことは最適な場所であろう。

- ・色々な工場、倉庫ではほぼ規格化された形態となるが、膜構造にとっては相応しいもので、移動、取り外しの容易さなどより商業化することができるだろう。非常用、災害用の緊急の施設、またその後の一時使用施設として有効でもある。
- ・軽量の膜構造では既存の建物の建て替え時、屋根の膜構造は容易に置き換えることができよう。ショッピングモールなど隣接の建物の屋根と一体化することができる。これは建物の面積を有効に広げることとなる。

中国の膜構造の発展の規模は驚くべきものがある。1995 年に 3300m<sup>2</sup> の規模の膜構造が最初に建設されてスタートしてから、1996 年から 2001 年の間の 6 年間に 37 万 m<sup>2</sup> の膜構造が建設された。このなかには幾つかの大規模スタジアムも含まれるが、前年比年平均約 20% の増加となっている。2003 年は 18 万 m<sup>2</sup> の膜構造が建設された。このような発展は上海スタジアムが建設された当時は予想もつかなかった。

最近では、

- ・広州(Guangzhou)の Baiyun 空港ターミナルビルにも膜構造が採用され、58,000m<sup>2</sup> の巨大なものとなっている。空港のターミナルビルは今後も使われる。
- ・嘉峪関スタジアム(甘肅省)は 2003 年完成で、212×186m<sup>2</sup>、スタンド屋根部 7100m<sup>2</sup> で C 種膜材料が使われている。
- ・英湖スタジアムは 2003 年完成、20800m<sup>2</sup> のスタンド屋根は C 種膜材料。

スタジアムスタンド屋根の 1 万 m<sup>2</sup> 以下のものは、数多く建設されている。このように考えると、中国での今後の膜構造の成長率は毎年、前年比 15~20% の増加が継続されること予想されているが、それは適切な推測と思われる。(これから 10 年後で膜構造面積年間 100 万 m<sup>2</sup> を超える計算となる。訳者コメント)

将来的には、中国経済の急速な発展と文化的生活の継続的な裕福さへの発展により、新しい用途、機能をもつ建物への要求が高まっていく。例えば北京では 2008 年にオリンピックを主催する。計画によると少なくとも 32 棟のスポーツ施設が要求され、そのうち 19 棟は新しく建設される。新しいオリンピック公園には、国立スタジアム、国立スポーツホール、スイミングセンター、国際展示博覧会センターなどが建設される。さらに EXPO2010 が上海で 2010 年に開催される。そこでは種々の中国の建物や各国の建物が建設される。これらの建物の多くは国際競技設計となり、多くの設計者、構造技術者、建設会社が仕事に携わることとなる。このことは中国に対して素晴らしいアイデアやハイテク技術を持ち込むこととなる。膜構造もこれに沿ってさらに発展するであろう。このような発展と展開のなかで、中国と外国との交流、協同は今後より一層盛んになるだろう。



浙江大学体育館  
(Zhejiang Univ. 浙江省)  
6350m<sup>2</sup> 膜材 Ferrari C 種



南寧展示会場  
(Nanning, Guangxi Zhuang)  
広西壮族自治領  
膜材 A 種 3200m<sup>2</sup>



Tenjing (天津) ガソリンスタンド  
河北省



北京オリンピックスタジアム 2008  
屋根材 ETFE フィルム

## 2. 2004年(第3回)ⅢA 韓国・中国 膜構造デザイン競技設計

2004年韓国・中国を対象として、膜構造に関するアイデアコンペが行われた。テーマ「膜とエコロジー」  
膜構造の今後の発展をめざして主に学生、若手、設計者を対象としている。入賞作品の概要を紹介する。

主催 Korean Association for Shell and Spatial Structures (韓国空間構造学会 会長 権宅鎮 成均館大学名誉教授)  
Idea Image Institute of Architects Co. Ltd. (理・像建築研究所 代表理事 姜哲熙 Chul-Hee Kang)

韓国の空間構造設計の分野でリーディングな位置にいる設計事務所。特に膜構造の設計において有名な作品が多い。韓国 W カップ大邱 Daegu スタジアム, 韓国高陽 Goyang スタジアム, 上海 Fudan 大学体育館など。

審査員 権宅鎮 (韓国成均館大学名誉教授) 那向謙 (中国清華大学教授) 石井一夫 (横浜国立大学名誉教授)  
David Wakefield (TENSYS Consulting Engineers, UK) Knut Geoppert (Schlaich Bergermann und Partner, Germany)

### 最優秀作品 形為 @F.O.R.M. Design

設計 常強 Chang Qiang 中国清華大学建築設計研究院  
高岩 英国 AA 学院

#### 概要

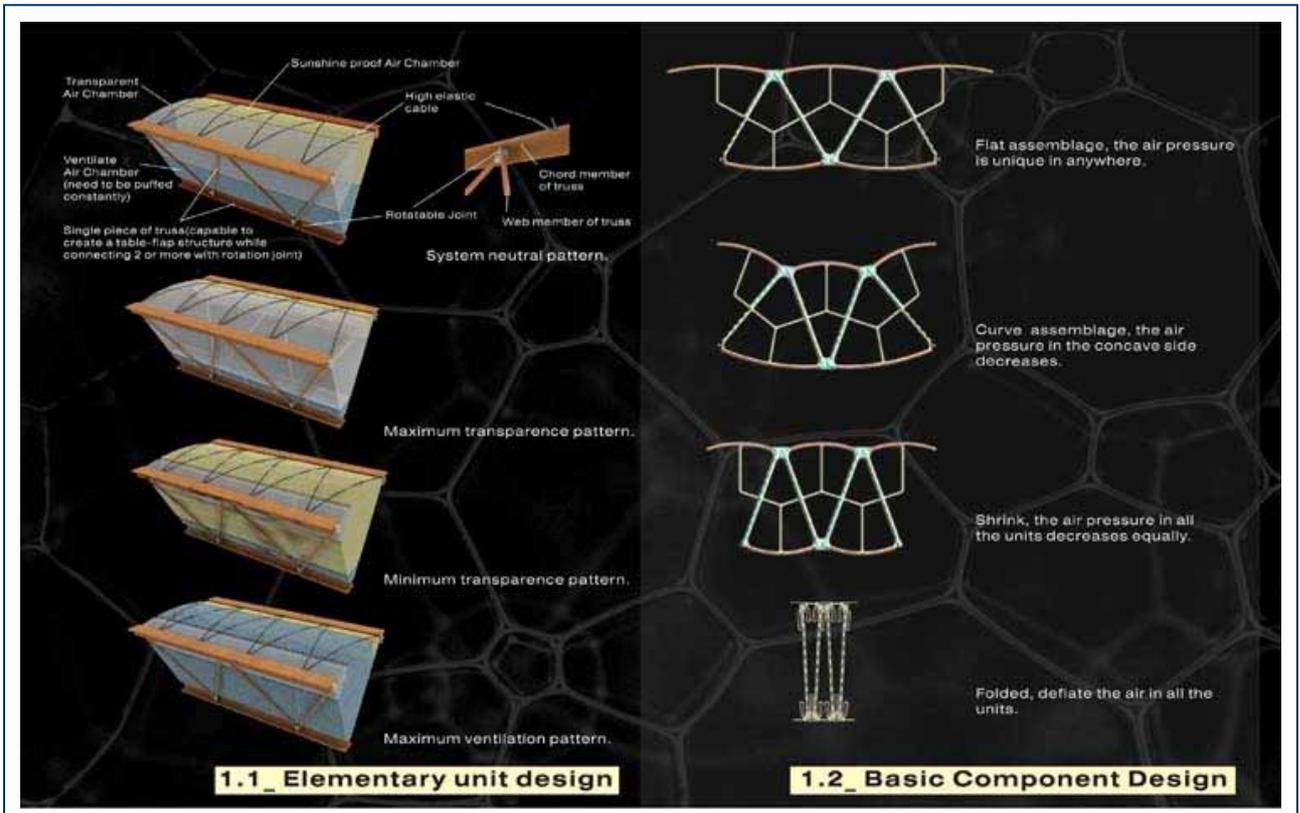
F.O.R.M.は膜面システムと一緒に、建築の形態と性能を目的に応じ変化させ、エコロジー設計に貢献しようとするもので、セルにより構成される空気膜構造を目的、形態に応じ屋根、外壁に使う。

F.O.R.M. は膜の材料面、ファブリケート面、施工面、利用面、再利用面ということにおいて社会的あるいは自然、経済的な分野でのエコロジー設計の適用を試みたものである。

設計はユニット内の内圧の差とユニット間の内圧の差による二つのユニットの基本的な形態を変化させる。材料は木造骨組、ケーブル、膜と圧部分とこれらをつなぐジョイント部であり、空間の必要性に応じて内圧部分を変化させてその性能と形態を変化させることができる。

基本的なユニットとそのユニットはなかを内圧隔て壁を持ち、各内圧セルの圧力を変化させることによって形態と性能を変化させることができる。ユニットを組み合わせ、屋根として、また全体として開閉することができる。あるいは外壁として曲面にも対応できる。

#### F.O.R.M. 1



Composing of the elementary units (the air chambers are shown as 0 air pressure).

If more than 3 air-chamber in one units are needed (there are rotatable joint at position A).

More air chambers introduced into a unit means more complex unit behavior. e.g. sound insulation, color, heat insulation etc.

**1.3\_ Complex Unit Design**

Air Pressure: 1=2=3  
a=b=c  
Plate.  
Higher pressure - stiffer

Air Pressure: 1 > 2=3  
a=b=c  
Plate.  
The characteristic of the units can be changed.

Air Pressure: 1=2=3  
a=b=c  
Plate is curved.

**1.4\_ Controlling System**

Totally closed

Partly opened

Fully opened

**2.1 Retractable Roof**

F.O.R.M. can be embedded into existing architecture as zoetic elevation skin and reconfigure itself according to the internal function and external environment.

**2.2 Zoetic Elevation Skin**

優秀作品 Eco-Seatopia using Retractable Moving Structure

設計 김춘상 세명대학교 건축공학과  
 이경윤 세명대학교 건축공학과  
 최경호 세명대학교 건축공학과

概要

Sea-Topia は韓国西海岸の Sae-Man-Keum 地域に建設しようとするフローティングシティのことであり、これを屋根膜構造システムによって建設する。極東のシンボルとして、ランドマークとして、環境的に汚染され、問題と成っているこの地域を再生させようとするものである。

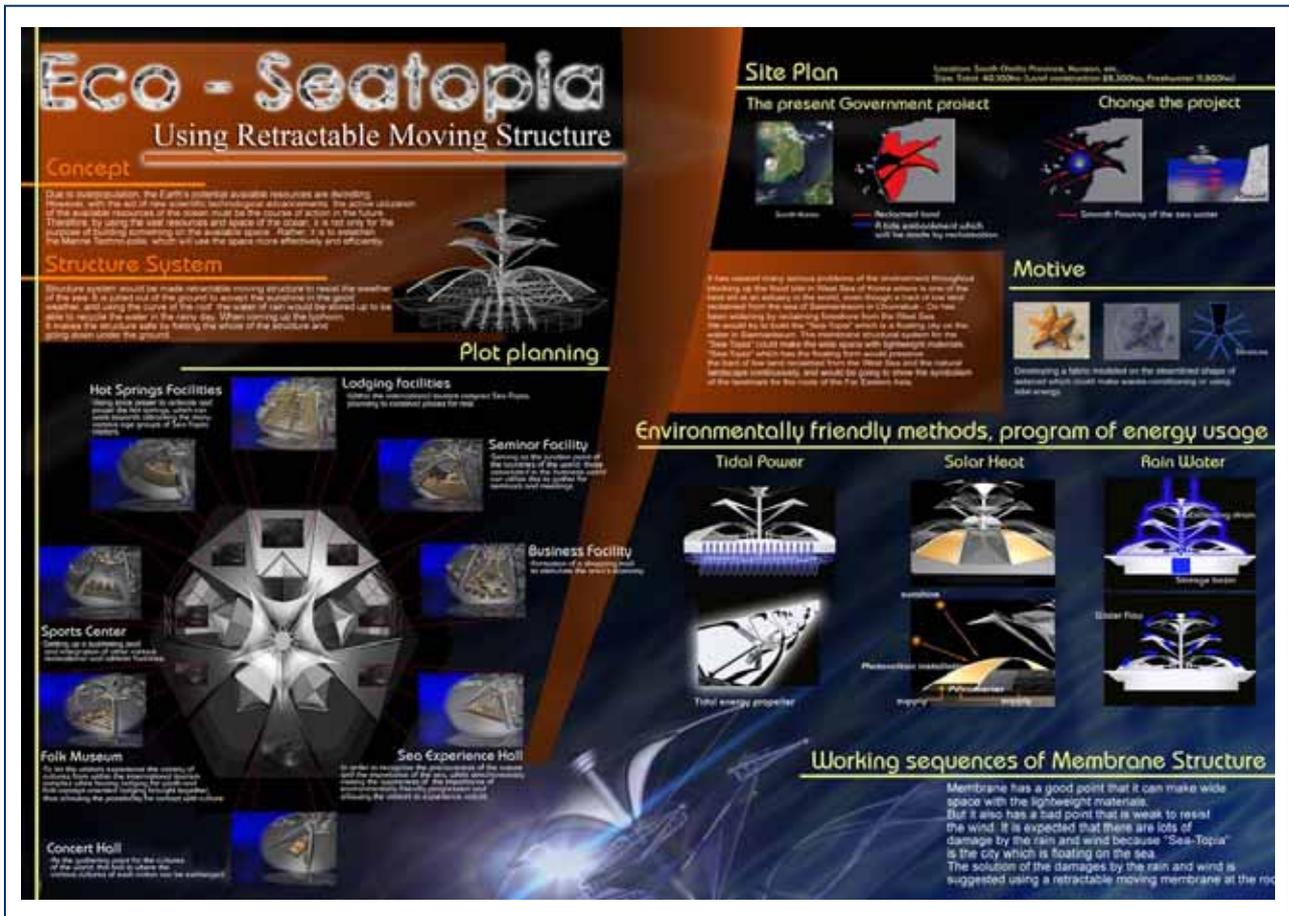
1991年、この地域の開発計画スタートして以来この地域の人々は常に生存権の危機にさらされている。Saemangum の防波堤内は、汚染物質で埋め尽くされ、防波堤内の漂流物は逆流し、それは膨大な魚の死を引き起こした。さらに悪いことには、低地の農場の浸水を生み、重大な問題となり、我々が何らかの手をうたなければならない。

構造システムは海の気候に対応して開閉屋根を持つ動く構造としている。気候の良いときの日ざしを受けるため、地上に突き出し、また雨天時には屋根面の傾斜は雨水を溜め、再利用する。台風に対しては、屋根面は折りたたまれ、建物全体は地下に格納される。上下の移動は中心部のコラムで行なわれ、コラムと屋根を支持する5個の片持ち梁は上下に動く。片持ち梁が地上にまで下がると屋根はたたまれ、穴に格納される。

清浄装置は地上の汚れた物質を取り除く。

膜構造は軽量であり、大スパンが可能だが、風に対しての抵抗性が弱い。フローティングシティとして、雨、風による被害が予想されるが、開閉膜構造とすることによってこの問題を解決する。

Eco-Seatopia 1





優秀作品 Put BCL THE CLOCK

The Sungsan Ilchulbong natural history museum and ecological park

- 設計 임승준 홍익대학교 건축공학과
- 이준석 홍익대학교 건축공학과
- 김동욱 홍익대학교 건축공학과

自然歴史博物館とエコパーク概要

博物館では、自然生態環境の変化，人類の進化，人類の将来のための自然環境の保存の重要性などをテーマとして示していく。種々の展示，教育プログラムを自然の歴史への理解，子孫のために自然の保護と保存への貢献の理解を与える。博物館のすべての場所でこの多様なコンセプトを与えるため，各展示室は異なった大きさとする。

Jeju 島（済州島）は、寒帯，熱帯を同時に含む多様な動物と植物群を持つことで特徴つけられた場所であり，多くの種類の爬虫類，両性類と亜熱帯，熱帯，寒帯植物が共存する韓国のエコロジーをすべての様相をもった島でこの自然博物館には最も適した場所である。

各ユニットは膜構造によってつくられ，膜構造全体は Sung 山の Ilchulbong の海岸の険しい崖と緩やかな傾斜を模している。

# Put BACK THE CLOCK

## The Sunsan Ilchulbong natural history museum and ecological park

**Prologue**

This museum shows the ecological change in nature, evolution of human, and the importance of environmental preservation for human future. Its various exhibitions and educational programs not provide people with understanding of history of nature, contributing for protection and preservation of nature for our descendants. To give the concept of variousness of the implied ideas to this whole place, and for the sake of practically, each room has different sets, making it possible to exhibit various kind and size of animals. In these rooms, which have independent themes, visitors can get educational experiences. Visitors move along the road distinguished from staff and suite.

**Site analysis**

Jesu world has diverse species of animals and plants, having of the features of cold and tropic area at the same time. Jesu, the island which shows the whole picture of Korea's ecology, with enormous kinds of reptiles, amphibians, and the subtropical, tropical, cold plants, is the best place for the natural history museum.



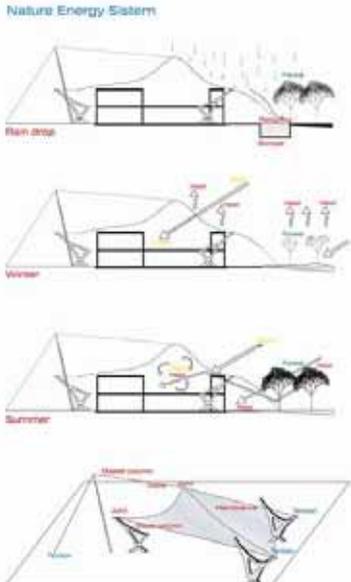
**Membrane Process**



**Concept**



**Nature Energy System**



**Detail**



**perspective View**



**The membrane roof system**

The membrane roof is made by insulating a big space. Since the natural history museum needs spacious rooms for big animals, the membrane roof system would be used for it.

**2F Assessment**

**Ecology Room** - This room introduces the ecology of diverse kinds of animals and plants.  
**Evolution Room** - This room goes full of animals, showing some fossils or miniature models.

**1F Assessment**

**Evolution Room** - This room shows the ecological change in nature and evolution of human.  
**Bath and Science Room** - This room explains the life of the earth, stones and fossils.

**1. Forest**  
 The forest is a natural habitat for many kinds of animals and plants.

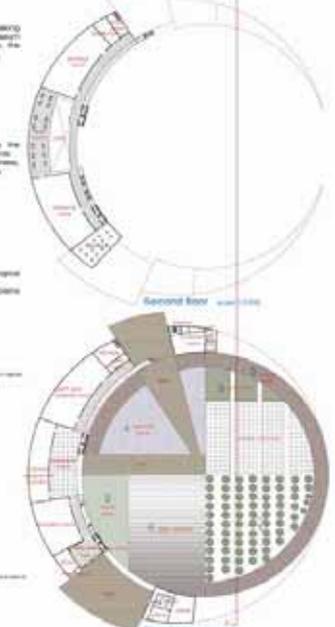
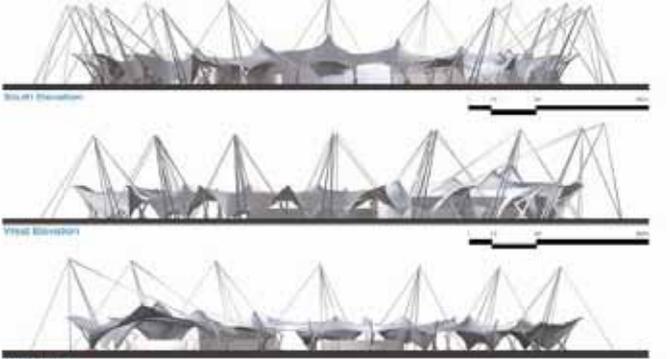
**2. Marsh land**  
 The marsh land is a natural habitat for many kinds of animals and plants.

**3. Swampy part**  
 The swampy part is a natural habitat for many kinds of animals and plants.

**4. Pastoral place**  
 The pastoral place is a natural habitat for many kinds of animals and plants.

**5. Grassland**  
 The grassland is a natural habitat for many kinds of animals and plants.

**6. Open square**  
 The open square is a natural habitat for many kinds of animals and plants.

**East Elevation**

**West Elevation**

**A-A Section**

石井一夫（横浜国立大学名誉教授）

建築学会講演梗概集をみても、もう膜構造の形状解析の研究は見当たらない。最後にできたのは、2001年に2編あるのみで、もう形状解析は一段落したのだろうか。全体的にも膜構造の研究が減っているように思う。

また、膜構造に関する競技設計のないことは、そのデザインに停滞を生んでいる。デザインの積み上げも生まれなし、膜構造の新しい構造方式についても、新しい材料についても進歩が出てこない。価格競争が一層新しい方式をさまたげるようにも思える。かつてのように、生きいきした膜構造の研究が見られない。

\* \* \* \*



図1 形状解析  
ソウルオリンピック体操競技場

膜面形態は、その初期張力によって形成可能な曲面に限られ、この形態において膜面張力によって安定し構造剛性を獲得する。この曲面は現在では有限要素法によって簡単に形態を知ることができる。得られた形態は視覚的な画像としてモニター上で回転をさせることも、遠近感を与えて見ることも、陰をつけることも、内部からも見ることもできる。

#### （等張力曲面）

形状解析の入力は、境界条件と膜張力条件だけとなる。この場合、等張力条件がよく使われるが、これは膜材料のクリープ性によってたて糸・よこ糸方向の張力比を変えた初期形態では、長時間でこの比が等しくなろうとする性質のため、形態は等張力に向かって動く。このため、できるだけ最初に等張力を仮定する。

精確な考察をすると、たて糸方向、よこ糸方向の張力比が等しい場合ではなく、たて糸、よこ糸方向とも最も伸びにくい張力比は、各糸方向の波のうち具合によって異なり、このクリープ交換がなされない状態の釣り合い張力比ということとなるが、便宜的に等張力比を使っている。

また、等張力でない場合、回転体を除いて面内剪断力を仮定しなければならない不便さもある。実際にはこの影響は僅かだと思うが、チェックしたことはない。

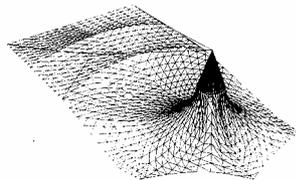


図2 形状解析  
仁川 W-Cup スタジアム屋根

#### （形状解析）

膜構造形状解析を細かい要素を使って精確に求めようとしても、その形状をある製品幅を持った平面状のストリップにより構成しなければならない。このストリップを細かい要素をつかっても意味はなくなる。

また、形状解析結果からだけでは、糸方向を規定することができない。糸方向が決まるのは裁断解析がなされた後となる。

形状解析結果がそのまま製品幅のストリップとして展開できるようにするのが便利だろう。

形状解析結果から、張力を抜いた状態の曲面（無歪み曲面）を得る方法も行なわれているが、境界の定着部に沿った長さも短い寸法になってしまうので、このままでは実際には使えない。定着部では膜面と同じように引き伸ばして定着はできない。

\* \* \* \*

膜構造の形状解析について、私の研究室では1971年のIASS（東京）で初めて研究発表を行なった。当時は大型のコンピュータが一般にはなく、ごく小さい計算機が大学に入った。このため、差分法により、1節点ずつ計算を行なうGuass-Seidel法によった。ライズの低いものしか適用できず、境界ケーブルの扱いも苦労した。

その後、やっと大型コンピュータが東大に入り、それを使ってサスペンション膜形

態，自由平面を持つ空気膜構造の形状解析を有限要素法によって行なったが，節点数は多くとれなかった。

膜構造形状解析では，ある釣り合い状態から次の釣り合い状態を探す境界部の変位増分法，空気膜構造では内圧増分を行っていく方法（いずれも最初の釣り合い状態として平面を仮定し，そこから出発するのが便利）と，最終形態の近似値を与え，それを収れんさせる方法がある。一般的には前者の方が扱い易い。

得られた最終有限要素形態で，各節点の不釣り合い力を算定し，それによって解の信頼性を判定している。

\* \* \* \*

かつて，膜構造曲面形態を三角形有限要素によって多面体近似とした場合，その多面体を精確に解こうと試みた。多面体により構成される曲面の表面積を極小にしようとする式は，多面体の初期張力を持つ有限要素の各節点での力の釣り合い式が0になる式と同一になる。この式は簡単につくれるが，非線形性が強く，簡単に解くことができず，解いても節点は移動し，曲面曲率の小さいところに集まりが大きく，結果として使い物にならない要素分割形態となってしまう。また，曲面の有限要素法の定式に従って誘導される釣り合い式は一般には幾何剛性マトリックスと同じになるが，この関係において，多面体としての厳密解のどの部分をどのように省略すれば両式は一致するのか，確かめるにかなりの時間がかかった。

\* \* \* \*

境界ケーブルあるいは押えケーブルのある膜構造形態では，ケーブル長を既知としてこれを付帯条件として膜面形態を求めて行く方法と，ケーブルを伸び易い弾性体として扱い，膜面と一緒に解く方法があるが，後者の方が簡単に解は求まる。



図3 石鹼膜模型空気膜形態

#### (石鹼膜)

かつては，膜構造設計当初に模型でその形態を見た。スパンテックスのような伸びのある材料で模型を作ったものである。その他，等張力曲面として石鹼膜を使った。石鹼膜は，表面張力によって自ら最小の面積になろうとする性質から最小曲面形態（正確には極小曲面形態，数学的に最小曲面積であることは証明できないといわれている）となる。これは物理的，数学的に等張力曲面と一致する。実際には石鹼膜の自重で多少の誤差はでる。

なるべく長時間もつ石鹼液の作り方が研究されていたし，なるべく大面積の石鹼膜がもつような液の作り方がかつては探られた。

石鹼膜は，古く，機械工学の分野で，捺じられた鋼棒の断面応力を見るため空気で膨らませた石鹼膜が使われた。棒の応力状態と膨らませた石鹼膜の形態は相関があり，この石鹼膜の傾斜，等高線を測定し，棒の応力状態を視覚的に知ることができるようであった。この石鹼膜の形態の測定器もあった。昔の話である。

私の研究室で，石鹼膜形態を写真にとり形態を数値化するため石鹼膜に色をつける方法を探り，石鹼液に種々の溶液や，粉を混ぜ，写真測定が試みられたが大方は失敗した。また設計膜模型を冷凍庫にいれ，表面を瞬時に凍らせる試み，あるいはプラスチック溶液で石鹼膜を作ってみる試みなどみな失敗している。石鹼液は，蒸留水とオレイン酸ソーダを混ぜ，1日置きそれにグリセリンを加える。これでかなり大きい石鹼膜ができる。石鹼膜を長時間持たせるため，シュツガルト大学のオッター研究室では風呂場で実験を行っていた。

\* \* \* \*

最近，この石鹼膜を固定する方法がテレビで紹介された。それは石鹼液のなかに砂糖を入れ，濃い砂糖石鹼液を作ることだという。石鹼膜が直ぐ破れるのは液の蒸発によるものだが，砂糖が石鹼液に溶け，化学的に液と混合し分子レベルで結合するので，

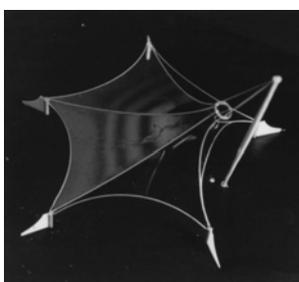


図4 石鹼膜模型  
沖縄海洋博ゲート  
サスペンション膜形態



図5 高高度用気球



図 6 バルーン形状解析



図 7 実験による形態不安定



図 8 解析による形態不安定

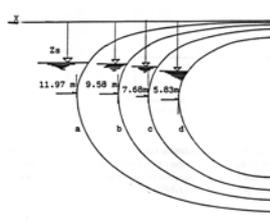


図 9 海上での液体タンク形態

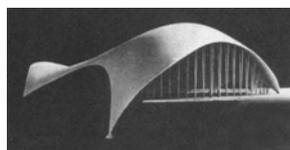
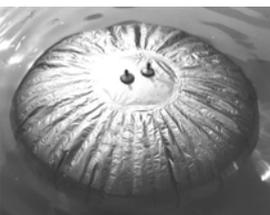


図 10 二重空気膜構造による  
シェル曲面の形状



石鹼液が蒸発してもそのまま残るといふことだそう。実際につくってみると、見事に固まった膜となり、長時間そのままとなる。昔、このことを知っていたら、石鹼膜模型をもっとつくり、写真をもっと撮って形態の数値化をしていただろう。

いまさら、このようにして模型を作り、それを測定して形態を決めることはないが、いろいろの石鹼膜模型をつくり、膜構造形態の形成可能曲面を探る研究は興味あるものであった。

しかし、このようにして設計形態を決めても、これが構造的に、外力の作用で変形しやすいかどうか、応力の集中が起こり易いかどうかは別の問題である。

\* \* \* \*

境界ケーブルをもつサスペンション膜構造の場合、石鹼液模型形態では、境界ケーブルとして糸を使うが、この場合、糸は空間曲線となり、糸張力は膜面と糸の自重を無視すれば糸は全長にわたり等張力になっているのだろうか、と考えたことがある。多分そうなるであろうと思っただけで、深く考えたことはない。

\* \* \* \*

形状解析では、やはり、膜自重、ケーブル自重を考慮した形態決定をしておく必要があるだろう。自重を考慮しない等張力形態を実際につくって建ててしまった経験がある。膜面に水溜りができてしまった。

#### (その他膜構造の形状)

面白い研究として、気球形態がある。

NASA で開発が進められている軽量バルーンで、経線方向に軽量のロープをはり、その間はフィルムとし内圧をかけた、いわゆる「かぼちゃ形」で、高高度で使われる。

このバルーンの形状安定性について、ある内圧のもとで形状不安定となることが実験でわかった。これについて数値実験を行い、同じ不安定形状をとらえることができたという研究である。図 5 の実験模型で内圧を高めていくと図 7 のような形態になってしまう。これを解析のうえで、内圧を高め、摂動 (Perturbation) を与えて解いている。初期形態、材料定数、特に面内剪断剛性などによって不安定になる内圧は異なるが、このような形態不安定のモードの種類などまだこれからの研究も多い。

(D.S.Wakefield(UK), " Numerical Modelling of Pumpkin Balloon Instability " Presented at COSPAR 2004, Preprint Submitted to Elsevier for Publication in " Advances in Space Science ")

\* \* \* \*

膜材料による液体容器の形状解析は、地上のもの、海中に浮かべるものについて、石油備蓄タンク計画の一環として協同研究を行なったことがある。膜面形態は等張力条件として解き、水槽で実験も行なった。

\* \* \* \*

膜構造形態として、上下 2 枚の膜をベルト材でつなぎ、その間にやや高压の空気を閉じ込める二重膜構造 (Air-Inflated) の形態の可能性の研究はあまり見掛けなかったが、興味ある形状問題であった。

上下二重の膜面を繋がないクッション形の場合は、かなりの厚さが必要となるが、下膜面をケーブルによってケーブルドーム構造として膜を張ると、下膜面も上に凸な曲面とできるので、中に空気圧を加えても上膜、下膜全体として薄いものとなる。幾つかの模型を作ったが、外観は二重膜構造と同様にコンクリートシェルによる自由曲面のような雰囲気となる。

\* \* \* \*

膜構造の形状解析は、用途と条件によって様々となるが、今後も新しいテーマにそって面白い形状の研究とその実現が行なわれるようになって欲しい。

## 4. 膜構造ニュース

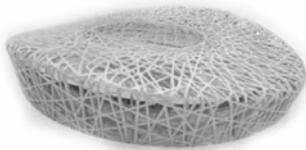


図1 北京オリンピック  
スタジアム原案

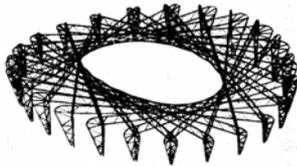


図2 変更案

### (北京オリンピックスタジアム)

北京オリンピックスタジアムの当選案(図1)は、長軸 332m、短軸 296m、最高高さ 68.5m、最低高さ 42.8mの鞍形屋根であり、中央部に大きな開閉屋根を持ち、屋根面は鳥の巣状に角形鋼管が配置され、屋根面は ETFE フィルムのクッション構造(二重膜構造)であった。また天井膜も A 種膜材料の開閉が予定されていた。しかしこの案では鉄骨量が多く、工費が大きく掛かり過ぎるということで、設計変更がなされた。

屋根面の鳥の巣状の鉄骨も整理され、開閉屋根は取りやめられ、中央開口部は広げられた。また屋根面はケーブル補強の ETFE フィルム 1 層で、クッションとはならない。天井面も開閉を行なわないで、A 種内部膜となった。

### (太陽光発電用フィルム膜材料)

アメリカ Iowa Thin Film Technologies 社では、フィルムにソーラーモジュールを埋め込んだものを開発したという。幅 33cm のロール状に生産されており、膜材料面に張る。これを使いテントとして、200W~1kW 程度の発電ができるとしている。樹脂フィルム(厚さ 0.05 mm)とシリコンによる。(www.iowathinfilm.com より)

### (膜バルーンシェルターの被災地での活躍)

大型テント「バルーンシェルター」はエアープームを用いて帝人が開発し、インド地震の被災者その他の避難民の救援に活躍したといわれている。新潟県中越地震でも使われ、一基の重さは 60kg、1m 角に収納でき、空気を入れて膨らませると、30 分 12m×22m、高さ 3m の大きさとなり、小千谷市のスーパーの駐車場に 3 セット設置されたという。地震翌日の午前中に設置され、ピークには約 450 名が避難した。

(日経新聞 2005 年 1 月 14 日夕刊)

### (中国膜構造技術規準:Technical Specification for Membrane Structures)

2004 年 8 月に中国建設標準化協会標準として、中国鋼構造協会空間構造分科会と中国建築科学研究院編により「膜構造技術規準」が刊行された。内容は設計基本規定、材料、構造計算、各部仕様、接合・定着、検査、維持管理などについてのものである。

#### ・膜材料安全率

荷重は割増した値を用いており、日本と異なる規定となっているので、日本と直接比較はできないが、各国の膜材料安全率短期 3~4、長期 6~8 の平均的な値として短期 3.5、長期 7 を採用している(荷重割増した条件では、短期 2.5、長期 5.0 となる)。ただし引張強さ(主応力)に対してである。

#### ・初期張力

ガラス繊維基布 PTFE コーティング膜材料	厚さ 0.9 以上	5~8 kN/m
	厚さ 0.35~0.9 未満	3~6 kN/m
ポリエステル繊維基布塩ビコーティング膜材料		1~4 kN/m

#### ・変形 膜面のみについて取り付け間隔の 1/15 以下

#### ・膜材料接合部

一般規模:PTFE/ガラス系 75mm(小規模 50mm) その他 40mm(小規模 25mm)

#### ・設計使用年限・保障期間

	PTFE/ガラス系	PVC/ポリエステル系(PVF コート)	PVC/ポリエステル系(PVDF コート)	PVC/ポリエステル系(アクリルコート)
保証期間(年)	10~15	10~15	10~12	5~10
設計使用年限(年)	>25	15~20	15~20	10~15

(ガラス系では繊維径については触れられていない、またガラス系 PVC コート品も記載がない)



中国膜構造技術規程

## 5 . 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(エチレンテトラフロ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っており、最近では 2006 年ドイツ 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、オリンピック水泳場屋根など施工中のものも多い。</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。現在、国土交通省には、将来的に膜材料の一種として告示に取り込む方向で進めることで承認を得た。さらに日本建築行政会議(全国の建築主事の集まり)の承認を得るための折衝に入っており、具体的には屋根葺き材、外装材としては扱わないが、面積の上限を決めることで認める等の案が出ており、その調整をしている。 (委員長 西川薫:大成建設 KK)</p>
<p>膜材料委員会</p>	<p>1. 膜材料の認定を新しく取得する場合の「審査にあたっての留意事項(内規)」及び「評価用資料作成手引」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"> <li>・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)</li> <li>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。</li> </ul> <p>この技術的基準は、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・適切な製造、運搬、保管がなされていること。</li> <li>・検査設備が整っていること。</li> <li>・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。</li> </ul> <p>これまでの、協会への膜材料の登録時の審査にくらべ、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くらべ、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」としてまとめた。</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、協会が、指定性能評価機関になる期日が決まったとき、これらの資料の説明会を更に開催することとしている。</p> <p>2. 新膜材料の告示化</p> <p>現在の膜構造の告示(第 666 号)では使える膜材料に制限があり、C 種膜材料では 基布ではナイロン、ポリエステル、ポリアラミド、ポリビニルアルコールの 4 種類となっている。また B 種、C 種膜材料のコーティング材料では塩ビ、ウレタン樹脂、フッ素系樹脂、合成ゴムだけとなっている。B 種及び C 種膜材料としてこれら以外の新しいコーティング材として、焼却時に有毒ガスの発生のない環境対応型のポリプロピレン系のコーティング材料も使えるようにするため、現在、告示の改正に向かって、これらの新材料の技術的資料を整え、国土交通省と折衝を行なっているので、近いうちに結論が得られる。 (委員長 石井一夫)</p>
<p>膜構造施工標準 作成委員会</p>	<p>建築基準法改正により膜構造建築物は一般化され、原則として加工業者、施工業者に関する制限がなくなった。協会としてはこれまで以上に膜構造の品質および安全性を向上させることを目的とし、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>昨年「テント倉庫建築物施工指針」が完成し、引き続き「膜構造建築物施工指針」の策定作業を開始した。具体的には従前の「膜構造建築物施工要領」をベースに、皆様からのご意見をいただき、現実に即した指針を作成してゆく予定である。会員各位のさらなるご協力をお願いしたい。 (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>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、告示第 666 号(膜構造の告示)に規定された範囲を超える膜構造の設計に使用できる、内規としての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>昨年末に膜構造を含む軽量な特殊材料を使用する建築物を対象とする告示の取り扱いについて国土交通省との協議を行った他、協会が過去審査した膜構造を分類し、最も物件数が多く見られた骨組膜付き円筒シェル構造および骨組膜付きドーム構造について検討モデルを作成し、これらに対する簡便な地震応答評価法の整備および検証を進めている。</p> <p>現在検討モデルの作成が終了し応答評価法の概要が固まりつつある段階となっており、平成 17 年中の検証および整備を目指している。 (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。論文集 2004 は本年 2 月中に発行するため、現在はその編集を行っており、論文は次のものとなっている。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 圧力を受ける矩形コーティング加工平織布の撓みと応力の手計算近似式 (南宏和)</li> <li>2. 骨組膜構造の限界耐力計算に関する基礎的研究 (中澤祥二他)</li> <li>3. 発泡硬化性樹脂を充填した金属張力膜パネルに関する研究 (岡日出夫他)</li> <li>4. 電子スペックル干渉法を用いた張力膜のリンクル計測 (松田浩他)</li> <li>5. 座標値を未知量とした有限要素法による張力構造の解析と評価 (本間俊雄他)</li> <li>6. ETFE フィルムのひずみ速度依存性と構造的挙動について (河端昌也他)</li> <li>7. ETFE フィルムのクリープ特性 (森山史朗他)</li> <li>8. ETFE フィルムの 2 軸引張特性と弾塑性応力・変形解析 (吉野達矢他)</li> <li>9. 空気膜構造インフレーション過程の 3 次元形状測定 (川口健一他)</li> </ol> <p>(委員長 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、簡単な形態以外の骨組膜構造は 1000m<sup>2</sup> までとされ、空気膜構造、開閉膜構造の建設は認められない。</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、現在、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技術的資料を整え、国土交通省と折衝を行っているので、近いうちに結論が得られる。 (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>

---