

膜材料の汚れに及ぼす暴露角度および構造

— 膜構造用膜材料の汚れ評価に関する研究 (その3) —

豊田 宏
山本拓也

梗 概

膜材料に付着する汚れを評価するための屋外暴露試験において、暴露角度および構造的因子の影響を考察した。屋根面においては水平面に対する暴露角度が大きくなるとともに、色差が増加する傾向がみられた。側面では暴露角度が 65° より大きくなると雨筋状汚れが発生することがわかった。また、側面上部に庇または軒などのを取り付けることにより雨筋状汚れの発現を大幅に抑制することができる。

1. はじめに

膜構造物には柔軟な膜材料の特性を生かしながら、自由でかつユニークな形態を創造することができる大きな長所がある反面、汚れが付着すると外観上品質が大幅に低下する短所もある。前報〔1〕では、異なる色相の膜材料について屋外暴露試験後の汚れ評価を行なった結果、濃色より薄色の膜材料の方が汚れが目立ちやすいことを報告した。また、表面処理を異にする膜材料の防汚性を比較した結果、コーティング材がフッ素樹脂またはフッ素樹脂フィルムをラミネートした膜材料の防汚性は非常に優れるが、屋外暴露試験地域によって汚れの程度が顕著に異なることもわかった〔2〕。これらの汚れに関する調査・報告は、膜材料自身または膜構造物の設置場所について検討を行なったものであり、膜構造物の防汚対策を考慮する上では非常に重要である。しかしながら、膜構造物の汚れの問題を解決するためには、その形状、方角および高さなどの構造的因子も見逃してはならない。

田中ら〔3〕は暴露条件を建築物外装面の条件に類似させ、東西南北の垂直面で庇の下部および上部、

水平面、南面傾斜 30° の条件が汚染に及ぼす影響を調べ、水平面、南面傾斜 30° 面は、垂直面に比べ、粒子付着面積比が大きくなる傾向にあった。また、方位別での付着面積比は庇上部は北、東面が、庇下部は北、西面が多い傾向にある。橋高ら〔4〕は建築外装材の汚染に及ぼす高さ・方位の影響を調べ、北面が汚染の進行が早く、南面が遅く、高さ方向の影響では、明確な差はみられなかったが、高くなる程、洗浄効果が大きくなると報告している。外壁面に実際に観察される汚れの実態について詳しく報告した例も見られ〔5〕、外壁の汚れはその形状ならびに模様により分類され、汚れの発生箇所の分類例についても示されている。また、汚染物質の運搬と付着は雨水の流れが大きく作用しており、とくに建物の笠木下部やパラペット側面では、上部の水平面や傾斜面に体積した汚れ物質が降雨水により流下し、縦縞状の汚染が発生し易いことが報告されている。

膜構造物においては、博覧会のパビリオンの形状について10種類の分類を行ない、視線と膜面の接線の成す角度が 0° に近いほど汚れが目立たない。また、逆傾斜壁の雨筋状の汚れは一様に汚れている

場合と違って目立ち、その上、汚れた膜面には直射日光が当りにくい場合が多く、故に膜面が光らないので汚れがハッキリと見えるという報告がある〔6〕。

前報〔1, 2〕では南面45°の屋根面における膜材料の屋外暴露試験による汚れ評価を行なったが、本報告では、建物の汚れとして特に目立ちやすい雨筋による縦縞状の汚れ（以下、雨筋状汚れと呼ぶ）についても調査した。そこで、実際の膜構造物における雨筋状汚れの実状を把握するとともに暴露角度が汚れに及ぼす影響について実験的に調べた。また、構造面からの汚れ対策についても示唆した。

2. 雨筋状汚れの実態調査

雨筋状汚れは建築物だけでなく風雨にさらされる自動車、ガードレールなどの多くのものの側面に発生する（図-1）。また、図-2に示すように汚れが付着しにくいA種膜材料〔7〕においても水平面とのなす角度がある程度大きくなると雨筋状汚れが観察されるが、屋根面についてはこのような現象は見られない。これらの発現機構については屋根面に堆積した汚れ物質が降雨水による雨道に沿って流下し、その部分が乾燥されると付着した汚れのみが残留し、雨筋状汚れになる〔5〕。



図-1 自動車側面にみられる雨筋状汚れ

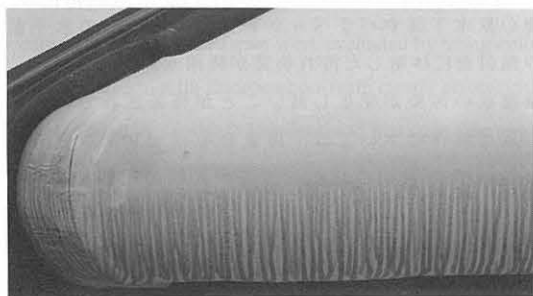


図-2 膜構造物の側面にみられる雨筋状汚れ（A種膜材料）

3. 屋根面の暴露角度と汚れの関係

屋外暴露試験により屋根面の角度と汚れ付着度合の関係を調査した。

3.1 試料

市販品のA種膜材料を試料として用いた。

3.2 屋外暴露試験方法

屋外暴露試験は、鹿児島市で1年間行なった。約1m×1mの試験片を特に荷重をかけずに南面に設置した暴露台に取り付けて、暴露角度を水平面に対し、0, 15, 30, 45°としてそれぞれ試験を行なった。試験状況を図-3に示した。

3.3 測色

測色は、自記分光光度形（株）日立製作所製U-3410を使用し、三刺激値(X,Y,Z)を求めた。試料は屋外暴露試験後の試験片を4cm×6cmに切断した。測定波長範囲は380~780nm、標準光源はC、および2度視野とした。色差はL*a*b*表色系により求めた。3枚の試料について測定し、平均値で示した。



図-3 屋根面の暴露角度を変えた状態での屋外暴露試験状況：右から水平面に対して0°, 15°, 30°, 45°

3.4 結果および考察

図-4にA種膜材料の屋外暴露試験3ヵ月および1年後の色差測定結果を示した。試料への水拭きが行っていない。暴露3ヵ月後では暴露角度が大きくなるにともない試料の色差が増加することがわかる。これは次の2つの要因が考えられる。

(1) A種膜材料の色相は、暴露前はベージュであるが暴露時間とともに漂白され、1年後には完全に白くなる。色差測定には、漂白したものを対象試料として用いるため、ベージュ色が残存している屋外暴露3ヶ月の試料の色差には、汚れ以外にこの色の差が含まれる〔2〕。水平面に対する暴露角度がより大きくなると太陽光が膜面に直接照射される割合が少なくなるために、ベージュ色が残存しやすい。その結果、暴露角度が 0° よりも 45° の時の色差が大きくなったものと考えられる。

(2) A種膜材料に付着した汚れは降雨水が直接当たることにより洗浄される。ところが、暴露角度が大きくなると、膜面に直接当たる雨量が減少し、このために汚れが落ち難くなり色差が大きくなる。

図4に示す屋外暴露試験1年後の色差は、ベージュ色は完全に消失しているためどの角度においても屋外暴露3ヶ月時に比べて減少している。しかしながら、暴露角度にともなう色差の差異はわずかではあるが屋外暴露3ヶ月時と同様の傾向があることがわかる。また、どの暴露角度($0 \sim 45^{\circ}$)においても雨筋状汚れは発生しないことが目視観察よりわかった。一方、仕上げ塗材においては暴露角度は 30° の方が 90° よりも汚染の度合いが大きい傾向にあると述べている〔8〕。

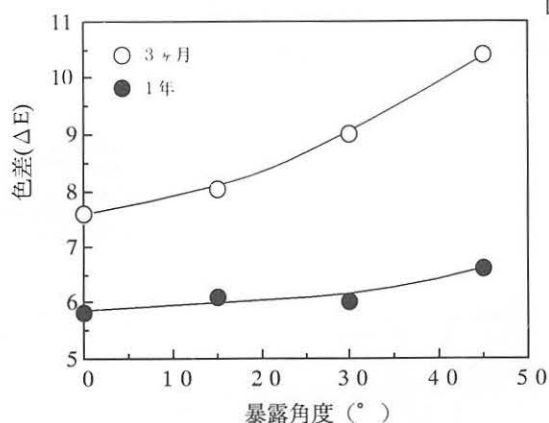


図-4 A種膜材料の屋外暴露試験後の色差測定結果(場所: 鹿児島市)

4. 側面の暴露角度と雨筋状汚れの関係

以下の実験では、側面の暴露角度とその部分に発現する雨筋状汚れの付着度合の関係を調査するために屋外暴露試験を行なった。

4.1 試料

市販品の膜材料を試料として用いた。

4.2 屋外暴露試験方法

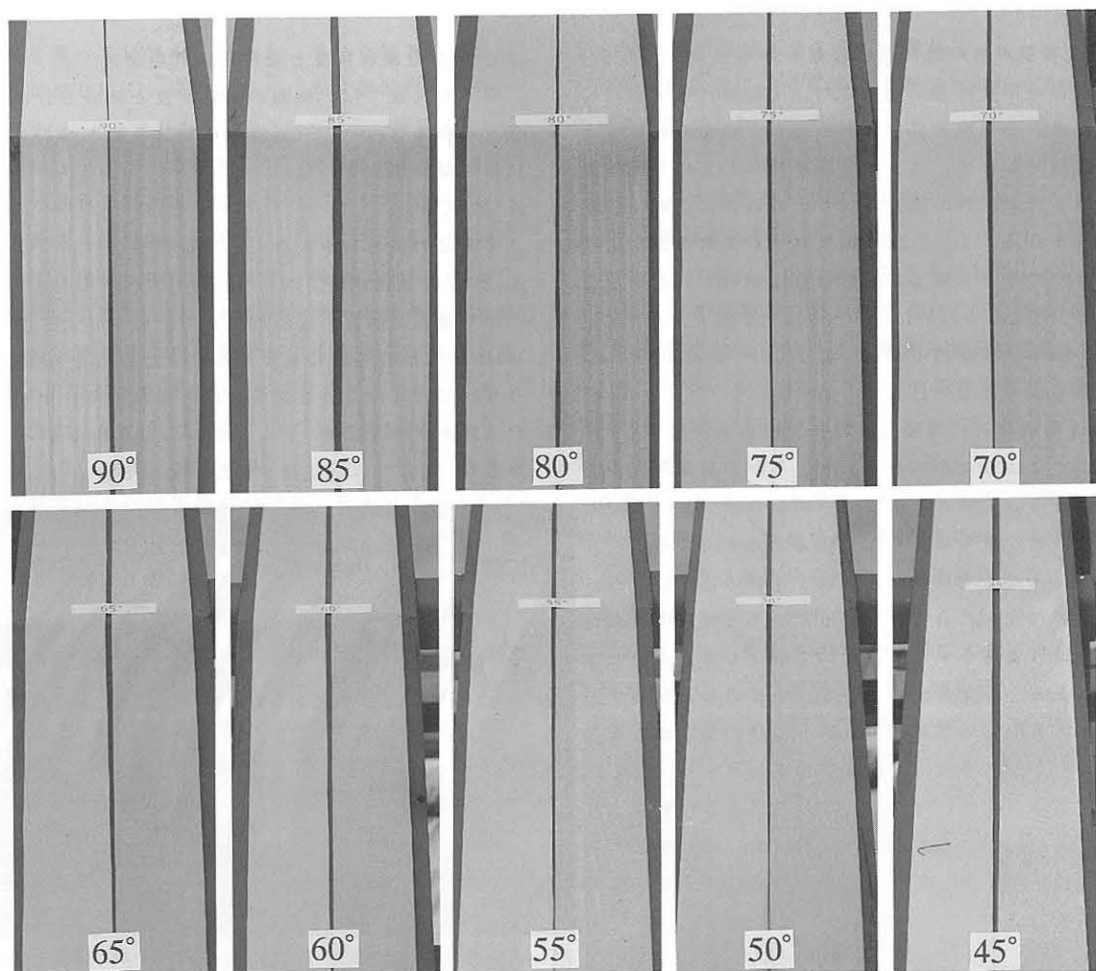
屋外暴露試験は大阪府枚方市で、幅5cm × 長さ100cmの試験片を特に荷重をかけずに暴露架台に取り付けて行なった。暴露架台は、屋根に相当する面の角度を南向きに 45° とし、側面の暴露角度を 45° から 90° に 5° ずつ変化させた(図-5)。



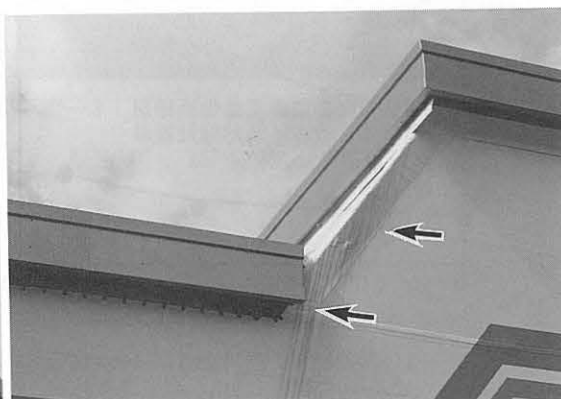
図-5 側面の暴露角度を変えた状態での屋外暴露試験状況(右から 45° , 50° , ..., 90°)

4.3 結果および考察

図-6に屋外暴露試験7ヶ月後の試験片の雨筋状汚れの状況を示した。水平面に対する側面の暴露角度が 45° から 60° の時、雨筋状汚れは観察されないが、 65° より大きくなると発現し、角度の増加にともない明瞭になることがわかった。これは暴露角度が 60° 以下の時は、雨道が出来たとしても降雨により洗浄されるが、暴露角度が大きくなるとその洗浄作用が少なくなり、雨筋状汚れとして残存するものと考えられる。



図一六 屋外暴露試験7ヶ月後の側面の雨筋状汚れ付着状況



図一七 膜構造物の側面にみられる雨筋状汚れ（左）， 図一八 膜構造物の軒による雨筋状汚れ防止効果（但し、
底の効果により雨筋状汚れは観察されない（右） 中央部には軒がないために雨筋状汚れが発生している）

5. 雨筋状汚れの構造的対策

以上の実験結果から屋根および側面のなす角度が汚れ付着および雨筋状汚れの発生に影響をおよぼすことがわかった。屋根面に付着する汚れの構造的対策は水平面とのなす角度を出来る限り小さくすることが望ましい。側面においても同様であるが、膜構造物の側面の角度は 90° が多いため、実験結果から考えると側面における雨筋状汚れの発生は避けられない。ここで、図-7および図-8に雨筋状汚れの発生を構造的に防止する例として膜構造建築物の写真をそれぞれ示した。図-7の左側では雨筋状汚れ(矢印)が発生していることが観察できる。一方、写真右側では屋根から水平に約20cmの底が出ており、底の下側面には雨筋状汚れは認められない。また、図-8の屋根部には金属性の軒が設けられているために、その下にある膜材料の側面には雨筋状汚れは見られない。ただし、写真中央部の斜面部分においては軒がないために雨筋状汚れ(矢印)が発生していることがわかる。

6. まとめ

- (1) 膜材料の屋外暴露試験による汚れ付着について暴露角度の影響を調べた結果、屋根面では水平面に対する暴露角度が増加するにともない汚れやすくなり、 $0\sim 45^\circ$ の範囲では雨筋状汚れは発生しない。
- (2) 側面の暴露角度を $45\sim 90^\circ$ の範囲で変え、屋外暴露試験を行った結果、 65° より大きくなると雨筋状汚れが発生することがわかった。
- (3) 側面に発生する雨筋状汚れの防止対策として、側面上部に庇または軒のような張り出た構造を設けることにより大幅に改善される。

付記：本研究の実施にあたりご援助をいただきました(株)エビハラに深く感謝します。

参考文献

- 1) 豊田宏, 米田順子: PVC膜材料の汚れ付着に及ぼす色彩的効果—膜構造用膜材料の汚れ評価に関する研究(その1)—, 膜構造研究論文集, (1994)印刷中。
- 2) 豊田宏, 山本拓也, 多賀正, 鳥居壮: 膜材料の汚れ評価における地域差および表面処理の影響—膜構造用膜材料の汚れ評価に関する研究(その2)—, 膜構造研究論文集, (1994)印刷中。
- 3) 田中秀人, 橘高義典, 上村克朗, 小西敏正, 金子和人: 建築物外装材料の汚染に及ぼす諸因子, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1990)10。
- 4) 橘高義典: 目で見る外壁の汚れ, 建築保全 No.67, (1990)9。
- 5) 橘高義典: 建築物外壁面の汚染の調査および基礎的研究—建築物外壁材料の汚染の評価方法に関する研究(その1)—, 日本建築学会論文報告集, 第370号, (1986)12。
- 6) 渡辺晶文: 膜構造建築物の形状による汚れの傾向—国際花と緑の博覧会のパビリオンを中心に—, 膜構造研究論文集, No.5, (1991)12。
- 7) 膜構造建築物技術基準・同解説, 社団法人日本膜構造協会, p.25(1989)。
- 8) 本田純司, 井田勇治, 竹添芳孝: 各種シーリング材の上に施工した壁面仕上材の汚染性について(その5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, (1990)10。

Effects of such exposure test factors as exposed membrane surface inclination and configuration
of the structure on stainability of membrane materials in exposure tests

—Evaluation of stain of membrane materials for membrane structures (Part.3)—

Hiroshi Toyoda

Takuya Yamamoto

SYNOPSIS

Effects of such exposure test factors as exposed- membrane-surface inclination and the structure's configuration on stainability of membrane materials were studied in outdoor exposure tests. As for roof membrane materials, the tendency of increasing color difference showed as increased. As for side wall membrane materials, it was found that rain water streak stains appeared on it as material surface inclination was increased to over 65°. In the latter case, the level of rain water streak stains could largely be reduced by installing eaves at the upper edged of the side walls.

Taiyo Kogyo Corporation