メンブレン屋根防水層の耐久性試験方法および試験結果

DURABILITY TEST METHODS FOR ROOF MEMBRANE SYSTEMS AND SOME TEST RESULTS

田中享二 — *1 清水市郎 — *2
小川晴果 — *3 小野 正 — *4
河岡道顕 — *5 坪内信朗 — *6
濱崎 仁 — *7 山宮輝夫 — *8

Kyoji TANAKA — *1 Ichiro SHIMIZU — *2
Haruka OGAWA — *3 Masashi ONO — *4
Michiaki KAWAOKA — *5 Nobuo TSUBOUCHI — *6
Hitoshi HAMAZAKI — *7 Teruo YAMAMIYA — *8

キーワード：
耐久性, 性能, 防水層, 防水材料, 試験方法, 劣化

Keywords:
Durability, Performance, Roof membrane, Waterproofing material, Test method, Degradation

What asked for durability test methods for roof membrane systems is durability of their performance, not durability of the individual materials that compose the systems. However, the most tests that have been adopted as durability tests only focus on roofing material itself. Therefore it has been difficult to estimate durability of roof membrane systems by the present test methods. In this study, new test methods to make clear performances of roof membrane systems were proposed from the idea of combining the performance tests for them described in JASS 8 with degradation conditions. The items for degradation are heat, ultraviolet irradiation, ozone and moisture. The durability of the four kinds of commercial roof membrane systems was experimentally estimated using the proposed test methods.

1. はじめに

屋根防水層は雨漏りを防止し快適な生活空間を確保すると同時に、雨水等から建物本体を守るものでなければならない。そして長期間そのことを維持する必要がある。最近、あらゆる分野で環境問題への取り組みが最重要事項として取り上げられているが、建築物にあっては材料を多量に使用するため、資源やエネルギー節減が求められる。そのためには建物を長く使うことが基本的解答であり、耐久性向上への要求が以前にも増して高まっている。

ところでメンブレン防水層を構成する材料は合成高分子系の有機材料であり、無機、金属等の建築材料に比べて一般的に長持ちする材料ではない。そこで多くの場合、建物使用の途中で補修や改修が必要である。そのため防水層がどの程度の耐久性をもつのかを明らかにすることが、極めて重要な意味を持つ。

従来より防水層の耐久性の問題は、防水設計の重要事項であり、筆者等も含め多くの研究者により研究がなされていた。しかし、防水層の性能評価試験方法の整備が遅れていたため、研究の多くは素材を対象とした範囲での考察に留まることが多かった。勿論素材の耐久性は、防水層の耐久性の基本であるが、素材の性能と防水層の性能との関連づけは、そう簡単ではないため防水層としての性能耐久性評価になかなか結び付けられないのである。

そのため、試験体として防水層を用い、直接的に防水層の性能を調べる方法が模索されたが、1993 年建築工事標準仕様書 JASS8 の参考資料として、防水層の性能評価試験方法が提案された。これは材料個々の性質を調べるのではなく、それらが構成された防水層としての性能を調べる。そこでは試験体として防水層を用い

るため、材料個々についての議論は不必要となる。この結果については、筆者らがすでに報告した¹⁾。さらに、この考えを積極的に耐久性評価に取り入れようとしたのが、ここで提案する防水層耐久性評価試験法である。本報告では、この新しく提案する防水層耐久性評価試験方法と、それを実際に活用して得たいくつかの防水層の試験結果を報告する。

2. 性能耐久性の考え方と方法

2. 1 性能耐久性の考え方

耐久性について、明らかにすべきは防水層の耐久性である。正確には防水層の性能の耐久性である。しかし従来は前述のように素材レベルでなされることが多かった。それには試験のし易さ、経済性を考えれば当然のことであったが、そのためそれが防水層の性能の耐久性とどのように結びつくかが判然としなかった。幸い我々は防水層の性能評価試験方法²⁾を持っている。ここでの試験体の基本は防水層そのものである。だからそれに対して各種劣化を負荷し、防水層の各種性能を調べれば良いことになる。劣化後に測定される物理量はそのまま防水層にとって直接的に劣化後の性能となるため、材料単体で行った耐久性試験結果のようにそれが防水性能の耐久性とどのように関係するのかといった不明瞭さが全くなくなる。従って劣化前と劣化後の性能の変化を調べることで、防水性能の耐久性評価が可能となる。この考え方を基に耐久性試験方法は構築された。

2. 2 試験方法のフレーム

試験方法のフレームを図1に示す。防水層試験体を用いて性能評

*1 東京工業大学建築物理研究センター 教授・工博
(〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259)

*2 助建材試験センター 上級専門職

*3 ㈱大林組技術研究所 主任研究員 博士(工学)

*4 清水建設㈱技術研究所 主席研究員

*5 元東急建設㈱

*6 ㈱竹中工務店技術研究所 主任研究員

*7 建設省建築研究所 研究員

*8 大成建設㈱建設本部 課長

*1 Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

*2 Japan Testing Center for Construction Materials

*3 Technical Research Institute, Obayashi Corporation, Dr. Eng.

*4 Institute of Technology, Shimizu Corporation

*5 Former, Tokyu Construction Co., Ltd.

*6 Research and Development Institute, Takenaka Corporation

*7 Materials Department, Building Research Institute

*8 Building Construction Div., Taisei Corporation

価試験を行う。JASS8で提案されている試験法では第1ステップの水密試験と第2ステップの個々の性能を調べる部分とから構成されているが、前者は性能評価の前のスクリーニングの意味合いが強く、耐久性評価にはなじまないため、直接性能に関与する第2ステップの評価項目を対象とした。その評価試験方法を表1に示す。

手順としては、まず性能試験を行い当該防水層がどの水準にあるか調べる。次いで試験体を劣化させた後再度前述の性能評価試

図1 試験方法のフレーム

験を行う。性能評価試験では性能がグレードで表されているから、耐久性試験結果もグレードの変化として提示されることになる。変化した値が許容できる範囲ならば、充分耐久性があると判断されるし、許容できないレベルならば耐久性不足と判断されることになる。ただしそれは設計者や使用者の判断に任されることであり、ここではそのため支援ツールとして試験方法を提示するものである。

この試験方法の中には試験体のサイズが大きいものもあり、劣化作業はそう簡単ではない。そのため素材でも性能判断に差し支えない項目については、材料だけで試験を行っても良いことにした。

3 劣化項目と劣化条件

3.1 劣化項目

防水層を劣化させる要因は多岐にわたるが、主要なものとして気象に起因するものが基本として想定され、熱、紫外線、オゾン等を劣化項目とした。また水分については、防水材料が十分な耐水性を前提に作られているため、材料の耐水試験は不必要であるかもしれない。しかし水分は接着剤低下による防水層の剥離等システムとしての不具合発生の原因のひとつであり、その観点から下地コンクリートからのアルカリの影響も含めた水分の影響を調べる項目を加えた。なお、オゾン劣化はここでは下地き裂部での防水層の状態を調べる別枠の方法として提示した。

3.2 劣化項目と性能試験の組み合わせ

劣化負荷と性能試験は全ての組み合わせで行うのが原則である

表1 メンブレン防水層性能評価試験方法

番号	試験項目	試験方法の概要	試験結果の区分
1	へこみ	温度20, 60℃の環境下で、直径30mmの鋼球で24時間一定荷重を加え穴あきの有無を調べる。	へこみ1: 50Nで穴があく へこみ2: 150Nで穴があく へこみ3: 250Nで穴があく へこみ4: 穴があかない
2	耐衝撃	温度0, 20, 60℃の環境下で先端直径が10mmの半円球状の500gのおもりを落下させ穴あきの有無を調べる。	耐衝撃1: 高さ0.5mで穴があく 耐衝撃2: 高さ1.0mで穴があく 耐衝撃3: 高さ1.5mで穴があく 耐衝撃4: 穴があかない
3	疲労	接合したスレート板に防水層を施工し、その接合部の拡大・縮小を0.20, -10℃の環境下で1500回ずつ、合計4500回繰り返し、防水層の破断を調べる。	疲労1: 0.5⇔1.0mmで破断する 疲労2: 1.0⇔2.0mmで破断する 疲労3: 2.5⇔5.0mmで破断する 疲労4: 破断しない
4	ジョイントずれ	下地板にジョイント部を中央に設ける様に防水層を施工し、標線を記し、80℃(48時間)→0℃(48時間)→20℃(72時間)の処理を5回繰り返し、ずれ・破損の有無を観察する。	ジョイントずれ1: 破損もしくは、ずれ量が5%を越える ジョイントずれ2: ずれ量が1~5% ジョイントずれ3: ずれ量が1%未満
5	ずれ・垂れ	下地板に防水層を施工し垂直状態で60℃環境下に168時間静置し、ずれ・垂れ量を測定する。	ずれ・垂れ1: 1mm以上のずれ・垂れを発生 ずれ・垂れ2: 1mm未満のずれ・垂れを発生 ずれ・垂れ3: ずれ・垂れを生じない
6	コーナ部安定性	L型の下地板に防水層を施工し、80℃(48時間)→0℃(48時間)→20℃(72時間)の処理を5回繰り返し、しわ・引きつり・破損の有無を調べる。	コーナ部安定性1: 破断を生じる コーナ部安定性2: しわ・引きつりを生じる コーナ部安定性3: 異状が生じない
7	耐風	防水層の上に減圧槽をかぶせ、温度40℃環境下で30分間減圧し、ふくれ・はく離の有無を調べる。	耐風1: -2.0kPaで異状が発生 耐風2: -5.0kPaで異状が発生 耐風3: -10.0kPaで異状が発生 耐風4: 異状が生じない
8	ふくれ	中心部に直径10mmの貫通孔をもつ下地板に防水層を施工し、温度80℃環境下で10分間孔を通して圧力を負荷し、ふくれ等の異状を調べる。	ふくれ1: 10.0kPaで異状が発生 ふくれ2: 20.0kPaで異状が発生 ふくれ3: 50.0kPaで異状が発生 ふくれ4: 異状が生じない

を表7に示す。

5. 試験結果

5.1 熱劣化試験結果

熱劣化試験結果を図4に示す。

(1) A-PF

疲労試験の低温試験時に表層アスファルトにひび割れが発生し、区分が4から3に低下した。これは熱によってオイル分が揮散しアスファルトが硬化し低温特性が低下したものと考えられる。ずれ・垂れ試験結果で性能変化は見られなかった。

(2) A-MS

耐風試験では健全と比較して評価の区分は同じ2であるが、詳細に観察すると、下地からの離する時間が劣化後は早くなる傾向が見られた。その他の試験結果では大きな性能変化は見られなかった。

(3) T-MF1

へこみ試験では、熱により可塑成分が揮散し材料の硬化によるためと思われるが区分3に性能は向上した。疲労試験では材料が硬化し柔軟性を失い、高温時繰り返し疲労後に表面にひび割れが認められ、区分は4から3に低下した。耐風試験では健全では区分4であったが、劣化後は接着層が溶融発泡し5kPaで離を生じ、区分2となり性能は低下した。ふくれ試験では健全時は区分2であったが、劣化後は接着層の材料硬化の影響と思われるが、接着力が強固になり50kPaまで異状は認められず、性能は上昇した。その他の試験結果で性能変化は見られなかった。

(4) S-RF

ふくれ試験では、健全では区分3であったが、劣化後は熱の影響で接着が強固になったと考えられ50kPaまで異状は認められず、区分は4となり性能は上昇した。その他の試験結果で性能変化は見られなかった。

(5) L-UF

耐衝撃試験では、健全では試験温度が0、20、60℃でそれぞれ区分は4、3、2であったが、熱により材料の可塑成分が揮散したためと推定されるが、試験温度0、20、60℃でそれぞれ区分は3、2、1と低下した。その他の試験結果では、性能変化が見られなかった。

5.2 紫外線劣化試験結果

紫外線劣化試験結果を図5に示す。

(1) A-MS

2種類の光源を用いた結果で、へこみ、耐衝撃試験で性能変化は認められなかった。

(2) T-MF1

へこみ試験の試験温度60℃で2種類の光源とも、材料が硬化し性能が区分2から3に上昇する傾向であった。また、キセノンアーク光源で試験温度0℃の耐衝撃で区分が4から3と低下した。その他の試験結果においての性能変化は見られなかった。

(3) S-RF

2種類の光源を用いた結果で、性能変化は見られなかった。

(4) L-UF

耐衝撃試験で2種類の光源共に、ほとんどのものが区分2まで性能が低下した。その他の試験結果では性能変化は見られなかった。

(5) オープンフレームカーボンアーク光源とキセノンアーク光源の試験結果を比較しても、結果に及ぼす両者間の大きな差は見られなかった。

5.3 水分劣化試験結果

水分劣化試験結果を図6に示す。

(1) A-PF

ずれ・垂れ、コーナー部安定性試験とも性能変化は認められなかった。

(2) A-MS

図4 熱劣化試験結果

耐風試験では、健全では区分は2であった。劣化後は接着層が加水分解され接着性能が低下したと思われる、下地とプライマーの間で2kPaではく離を生じ、区分は1に低下した。その他の試験結果での性能変化は見られなかった。

(3) T-MF 1

耐風およびふくれ試験では健全時、区分はそれぞれ4、2であったが、劣化後は接着性能が劣化したと思われる、耐風試験では10kPaで、ふくれ試験では10kPaで異状が発生し、区分はそれぞれ3、1と低下した。その他の試験結果においては性能変化は見られなかった。

では性能変化は見られなかった。

(4) S-RF

ふくれ試験は健全、劣化試験体とも区分は同じ3であるが、詳細に観察するとふくれの発生時間が、劣化により短くなる傾向にあった。その他の試験結果で性能変化は見られなかった。

(5) L-UF

各試験での性能変化は見られなかった。

5.4 オゾン劣化試験結果

オゾン劣化試験結果を表8に示す。各防水層とも亀裂は見られなかった。

6. おわりに

性能の耐久性を評価する試験法を提案し、その方法に従って現行のいくつかの防水層について評価を試みた。その結果従来の素材だけの試験では得られなかった性能の耐久性、例えば耐風性やふくれ抵抗性に及ぼす劣化の影響等、現実の防水層で必要とされる性能の変化を把握できたと思われる。

ただ現状で不足しているのは劣化現象の時間的な評価である。ある程度の使用期間を担保すべく提案された劣化条件ではあるが、そのことの証明はなされていない。今後この試験法が実際に適用されて、実際の施工例と比較したデータを蓄積することが必要である。一方で屋外暴露試験等による時間的定量化のための地道な作業も必要である。その意味からはここでの研究は、性能の耐久性という新しい視点から試験方法が提案されたもので、その実証には今後の研究に待つところが多い。

謝辞

本研究は日本建築学会・材料施工委員会・防水工事運営委員会・防水層耐久性能試験方法小委員会研究活動の成果の一環としてなされたものであり、試験には、アスファルトルーフィング工業会、合成高分子ルーフィング工業会、トーチ工法ルーフィング工業会及び日本ウレタン建材工業会の協力を得ました。また、報告の取りまとめには、東京工業大学、宮内博之氏の協力を得ました。心よりの謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中享二、清水市郎、小池迪夫：メンブレン防水層の性能評価試験結果；日本建築学会技術報告集、第1号、p6～10、1995、12
- 2) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS8 防水工事、日本建築学会、1993

[2000年4月20日原稿受理 2000年7月26日採用決定]

図5 紫外線劣化試験結果

※試験は行わなかった。

図6 水分化試験結果

表8 オゾン劣化試験結果

A-PF	A-MS	T-MF1	S-RF	L-UF
試験せず	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし