

建築技術

昭和26年11月27日第3種郵便物認可
平成19年2月1日発行(毎月1回1日発行)
No.685 ISSN0022-9911

特集

漏らさない
漏れさせない
建築防水

The Kenchiku Gijutsu
<http://www.k-gijutsu.co.jp>
2007 February No.685

2

特別企画

地震被害に学ぶ
あと施工アンカーの設計と施工
あと施工アンカーの新たな展開
戸建免震住宅で快適な住環境を演出

architectural design

ホワйтスパイラル＋シルバーフェイス＋3題

特集

漏れさせない 建築防水

監修
田中享二
建築物理研究センター教授

日々の業務で感じているように、万全な防水はそう簡単ではない。そして、防水の欠陥は専門家でなくてもすぐわかる。実際、漏水にまつわるトラブルは、今もって建築紛争のかなりの割合を占める。そして社会は、建築物の瑕疵に対して厳しく責任を追及するようになった。一方で、緑化、駐車場などの用途付加も、防水層には求められるようになってきている。これらは明らかに、従来の防水を超えた技術を必要とすることを意味している。防水を取りまく環境は変わりつつある。防水関係者が防水に対して、今、緊張をもって取り組まねばならない理由はここにある。……（田中享二）

アイランドシティ中央公園
中核施設 くりんくりん



田中享二

東京工業大学建築物理研究センター教授

1. 漏水に本当の責任者の責任が問われる時代

はじめに

2000年に住宅の品質確保の促進等に関する法律（以下、品確法）が施行されてから、建物所有者、使用者のいわば消費者側の漏水に対する目が、一段と厳しくなった。もちろん、今までも漏水は建築の重大な瑕疵であり、厳しい監視の目はあったが、それは「消費者」対「建築業界」という構図であり、消費者側からの建築業界の誰であるという、特定個人の詮索までには至らなかった。

もちろん誰かに責任はあったのだろうが、深くは追及せず、多くの場合はゼネコンが中心となった内部的な話合いのなかで、補修や補償の割り振りや分担が決まるといようなことが多かった。具体的には、主としてゼネコン、防水施工業者、材料メーカーの3者での談合的話し合いの中での、責任の所在はいまいなままの、費用負担の割り振りであった。特に設計者が組上にのせられるということはいまだであった。

当時すでに防水の分野では10年保証の商習慣があり、消費者に対して責任を取る体制にはなっていた。しかし、これは営業的意味合いが強く、法律的責任の度合いはそれほど高いものではなかった。当時の法律では、瑕疵保証はたかだか2年であった。だから漏水事故が起きたとき、実務的にはゼネコンが窓口となり、そのことを談合的に対処していても、なんとかしのぐことができた。

しかし、品確法が施行されてからは様相が一変した。まず、瑕疵の期間が10年（双方の了解があれば20年に延伸することも可能）と定められた。厳しく、法律がそのことを律するようになった。それに連動するかたちで、紛争処理体制も整備されてきており、一般市民も容易に建築故障に対するクレームを言える状況になってきた。今まで建築業界にうまく言いこめられていた市民が、直接、反撃に出ることが可能になったといってもよい。そして実際、紛争処理センターなどの相談件数は増加の

一途とのことである。

一方、バブル経済の終焉とともに、建築業界の経済状態は一気に悪化し、漏水事故の補修や補償の費用分担が、従来のような談合的手段では処理しきれなくなった。それは必然的に、責任のあるものが責任をもつべきという本来の姿に立ち返ることを強制する。本当の責任者の責任が問われる時代になったのは、このような背景がある。

漏水に対する責任者と責任

設計者

設計者は建物設計全般に関与しており、あらゆることに決定権をもつ。そして当該建物の諸条件を知り尽くしている立場にある。したがって、原則として防水設計に対しても責任をもつ。ただ、防水構・工法の種類が多様化しており、現実には自らの防水設計を放擲し、ゼネコンやサブコン（防水施工業者）、材料メーカーに、いわば丸投げすることもある。この場合でも当事者としての責任はある。

ゼネコン

設計者からの設計図書どおり、サブコンである防水施工業者を指揮して、建物をつくり上げる責任をもつ。大手ゼネコンの場合、自社の防水設計基準が整備されており、それらと照合し、不具合があれば設計者に設計変更等を求めることもある。そのとき、サブコンである防水施工業者と協議して行うことが多い。

防水工事で問題となるのは、防水下地コンクリートの品質（強度や平滑度など）と乾燥程度である。特に下地乾燥は後に施工される防水層の接着性に強い影響を及ぼし、ふくれや剥離の原因となる。工期短縮のなかで、ここにしわ寄せの来ることが多い。

防水施工業者

ゼネコンの指示のもと、実際に防水工事を行う。防水

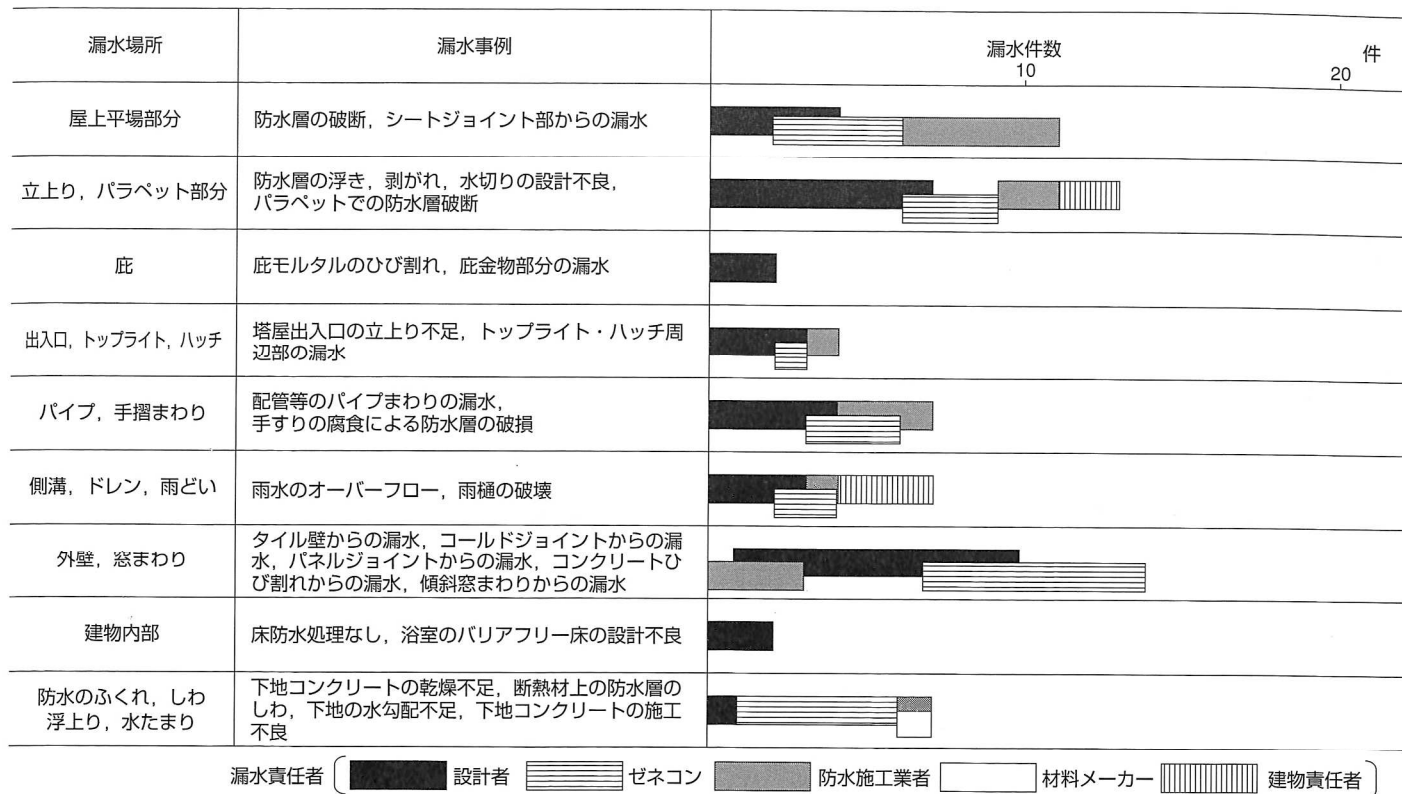


図1 漏水場所、漏水事例と責任者

工事は責任施工とされており、防水施工全般に対して責任をもつ。基本は設計図書に基づいて施工することであるが、設計図書に示されている内容に不具合があれば、それを指摘して改善提案を出すことも責任範囲にある。

防水材料メーカー

ルーフィングやシート、塗膜等の防水材料をつくる企業である。ほとんどは材料生産に留まらず、防水システム全体を商品としている。そのため、防水システムメーカーとして理解した方が正確である。そして現状では、防水層の基本部分の設計は防水材料メーカーが作成している。ただ、原則は防水材料の品質に対しての責任である。

建物管理者

常識的な範囲での点検や維持管理は、建物管理者やオーナーの義務である。問題はその範囲がどこまでであるかと、生産者側がそのことをしっかりと伝達しているかどうかである。伝達の義務は原則として、設計者やゼネコンにある。

漏水調査事例における原因と主たる責任者

文献^{1) ~7)}に紹介されている漏水事例調査結果をもとに、主たる責任者と、責任理由を考察⁸⁾したことがある。このデータをもとに、漏水事例と責任者との関係をさらに分析してみた。資料とした漏水事例は67件であり、世の中で発生している漏水事故の典型すべてが網羅されているわけではないが、一つの側面として見て欲しい。図

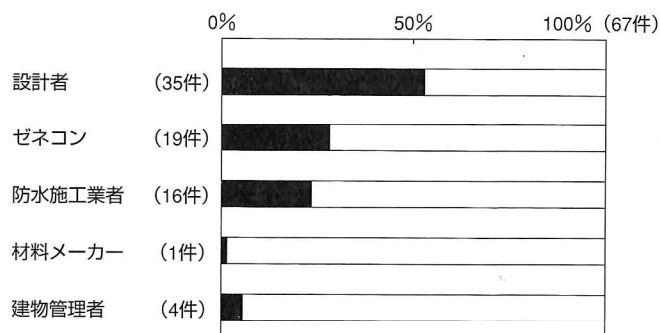


図2 全防水層故障67件中の責任関与の割合

1にその結果を示す。一般に漏水原因は、複数の関係者のミスによることも多い。だから同じ事故でも複数の責任者がカウントされる。複数の関係者がいる場合は、重ねて図示してある。これをもとに、責任者関与の割合を整理したのが図2である。

まず気付くことは、設計者が漏水原因をつくりだしている事例が非常に多いことである。67件中35件に、何らかのかたちで設計者が漏水責任者として関与する。およそ半分である。後はゼネコン、防水施工業者が関与し、1/3、1/4程度をおのおのが占める。

詳細に内容を見てみる。まず設計者であるが、どの漏水項目にも関係している。特に関与の割合が高いのは、立上り部、出入口や窓まわりなどの開口部などである。これは防水の納まりと関係する部位であり、設計で苦勞する部位である。ここのところに無理をすると、例えば断面の関係でベントハウスの出入口の立上りを低くしてしまったり、意匠を重視するあまり、開口部の水切りを充分に取らなかったり、というようなことがあると、漏水の危険度が高まるのは当然である。

ゼネコンもやはり多くの項目で責任のあることが示されている。特に高い責任割合を示しているのは、外壁や窓まわり、それとふくれ、浮上りなどである。これはコンクリート打込みや養生に関係する事柄であり、コンクリートの充填状態が不良であったり、工期の関係で十分な乾燥期間が確保できなかったりということが、漏水に直結している。

防水施工業者もかなり責任がある。多いのは平場部分、パイプ、手摺まわり、窓まわりである。大きな施工面積の施工では、ある程度の施工ミスはどうしても避けられないようである。また、納まりのこまごまとしたところも、施工ミスは発生しやすい。いずれにしても、これらは施工者の技能と誠実さに依存した結果と思われる。

材料メーカーであるが、責任ありと思われるのは1件であった。材料メーカーの責任が問われるのは、製品の品質に問題のあるときである。20～30年前のことならいざ知らず、現在はJISや社内基準等も整備され、品質は格段によくなっている。低品質のものは市場から瞬く間に排除される時代である。わが国の市場に供給されている製品の品質は、安定していると思わせる結果である。

建物管理者の責任で漏水の発生している項目は、ドレンや雨樋に限定されている。大した作業とは思えないのだが、なかなか実行されていない実情が垣間見られる。

今後の責任の問われ方

前述より明らかなように、漏水原因に主に関与するのは、設計者、ゼネコン、防水施工業者の3者である。しかし現実には補償をするのは、ゼネコン、防水施工業者、材料メーカーであることが多い。特にメーカーは、漏水事例を見る限り直接的責任のあるケースは少ない。それでも実務で補償分担をすることが多いのは、メーカーが協同組合という、自社の製品を使う防水施工業者を会員とする組織をつくっているからである。配下の防水施工業者に連帯責任があるからである。

そして今後、問題となるのは設計者である。わが国では、今まで設計者が責任を追求されることは少なかった。むしろ表に出さないようにするような風習があった。これには将来への仕事の継続性を考慮し、その方が有利とのビジネス上の判断もあったであろうし、頂点に位置する設計者を尊敬すべしという建築界独特の社会的ヒエラルキーもあった。また、一部の大事務所を除けば、多くは経営規模が小さく、金額によっては経済的に補償しきれないという実情も背景にあった。

ただ、社会は動きつつある。消費者は情報開示を求め

る。漏水の原因に対してもそうである。建築界の内部事情は関係がない。原因をつくった責任者に責任を取らせることを当たり前とする。また一方で、バブルがはじけた後、ゼネコン、防水施工業者、メーカーも、金銭的余裕がなくなってきた。ここでも責任のあるものが責任をとるべきだという風潮が高まりつつある。このように考えると、今後は設計者の責任の問われることが多くなっても、減ることはない。

おわりに

建設業は談合問題に象徴されるように、他産業に比べて不透明な業種の一つとされている。特に責任に関しては、皆でかばい合いながら責任の所在をあいまいにし、そして痛みを分かち合いながら問題を処理することを慣例としてきた。特に漏水の問題はその傾向が強かった。今までこのやり方はそれなりに機能していたし、日本人的精神風土の中ではそうおかしなことではなかったのかも知れない。しかし、現時点でこの状況を遠くから眺めてみると、明らかに社会一般のやり方とは位相差を生じている。

ただ、個人的には設計者に同情的である。防水の材料と技術は日進月歩であり、勉強しなければならないことがどんどん増えている。当然、防水以外にも設計者の勉強しなければならないことは多い。一方的に仕事量が増えている。超過密状態の中で仕事をしている。そして一部の設計者を除いては、責任に引き合うほどの十分な報酬を得ていない。いろいろ改善の余地はある。ただ、これらの問題の解決よりも、漏水責任問題は先に来る。設計者も含め防水関係者の中の、本当の責任者が責任を取らなければならない。時代はそうのように動いている。そのことを、防水に携わる者はしっかりと認識する必要があると思う。

(たなか きょうじ)

【参考文献】

- 1) 邊見仁：材料別・防水改修の工法と納まり，建築技術，pp.73-81（1994年10月号No.534）
- 2) 長田雅夫：部位別に見るトラブル対策のポイントー屋根・屋上まわり，建築技術，pp.108-131（2000年4月号No.602）
- 3) 鶴田裕：課題は防水の納まりの調整に，日経アーキテクチュア，pp.137-146（1982年10月11日号No.171）
- 4) 加納昇：体系化試みたBCS報告書・選定が設計者にとり容易に，日経アーキテクチュア，pp.44-53（1984年7月2日号No.212）
- 5) 宮沢洋，岡泰子：雨漏り・漏水トラブルに学ぶ雨仕舞いの心得，日経アーキテクチュア，pp.45-72（1999年4月19日号No.638）
- 6) 高津尚悟，桑原豊：結露・防水技術を再確認し不健康を返上，日経アーキテクチュア，pp.90-115（1999年6月14日号No.642）
- 7) 建築業協会：建築工事 瑕疵・クレーム防止技術マニュアル（改訂版），pp.25-81（1995年7月）
- 8) 日本建築学会編：建築紛争ハンドブック，丸善，pp.286-291（2003年11月）



2.

防水の材料と工法の性能と選択

興石直幸

早稲田大学理工学部建築学科助教授

はじめに

建築防水の技術はすでに成熟期に至ったかに思われるが、昨今の環境問題を始めとする社会情勢の変化はめまぐるしく、防水工事における課題は尽きない。アスファルト防水では、火気の使用、煙や臭気の発生、作業者のやけどなどの問題から、溶融アスファルトを用いない工法への移行が進み、また、コスト削減や工期短縮の観点から工程数が削減されている。シート防水では、下地の挙動や水分の影響を回避するため、接着工法から金物による固定工法を採用するケースが多くなり、また、デッキプレートなど防水下地の種類が多様化している。塗膜防水では、運動場や駐車場など特殊な機能を必要とする用途への展開が活発に行われている。さらに、上記の範疇に含まれない、異種の防水材を組み合わせ、お互いの欠点を補った複合防水工法も多数登場している。

本稿では、メンブレン防水（薄い皮膜を形成して水を遮断する防水）を対象とし、選ぶ視点から防水の材料と工法を整理してみたい。用語の定義や技術の解釈など、慣例と異なる部分もあると思われるが了承いただきたい。また、個々の防水材料や工法の詳細は、本特集の各論またはしかるべき専門書を参照してほしい。

防水材料の種類

メンブレン防水層を形成する材料は種々あるが、これらは液体状（不定形）のものとシート状（定形）のものに大別される。その代表的なものを表1に示した。

液体状の防水材料

【アスファルト系】（a～d）

アスファルトは、常温では比較的軟らかく、力を加えると粘弾性を示す。種々の材料に固着し、水に溶けず、透水性・透湿性が小さい。有機溶剤以外にはほとんど侵

表1 主なメンブレン防水材料の種類

Ⅰ 区分	Ⅱ 防水材料の種類	Ⅲ 材料規格
液体状 (不定形)	防水工事用アスファルト	JIS K 2207
	改質アスファルト（防水工事用）	—
	ウレタンゴム系防水材	JIS A 6021
	アクリルゴム系防水材	
	ゴムアスファルト系防水材	
	防水用ポリエステル樹脂	—
シート状 (定形)	ポリマーセメントペースト	—
	アスファルトルーフィング類	JIS A 6005
	網状アルスファルトルーフィング	JIS A 6012
	ストレッチアスファルトルーフィング	JIS A 6022
	改質アスファルトルーフィングシート	JIS A 6013
	加硫ゴム系シート	JIS A 6008
	非加硫ゴム系シート	
	塩化ビニル樹脂系シート	
	熱可塑性エラストマー系シート	
	エチレン酢酸ビニル樹脂系シート	

されないなどの特徴がある。

a. ストレートアスファルト

原油から液化ガス、ガソリン、灯油などを蒸留・回収した後の残渣分をストレートアスファルトという。比較的軟質で、加熱すると流動しやすくなる。主として道路舗装用などに用いられている。また、シート状のアスファルトフェルトやアスファルトルーフィングを製造するときの浸透用にも用いられる。

b. ブローンアスファルト

ストレートアスファルトを主成分とする原料を加熱し、空気やスチームを吹き込んで酸化重合させたものをブローンアスファルトという。ストレートアスファルトに比べ、高温時の軟化や低温時の脆化が起こりにくい。アスファルトルーフィングの塗覆用にも用いられる。

c. 防水工事用アスファルト

上記のブローイングを行うときに触媒を加え、防水層に適した性能となるように改善したものが防水工事用アスファルトである。加熱溶融したものを下地面に流して防水層を形成するとともに、アスファルトルーフィング



①アスファルト防水の砂付きルーフィング類の流し張り

類の張付けに用いられる。また、ストレッチアスファルトルーフィングの浸透・塗覆用としても用いられる。

防水工事用アスファルトは1～4種に区分されている。この区分は、針入度指数（軟化や脆化が起らない温度範囲の広さ（感温性））と、フラス脆化点（低温時における脆性破壊の生じにくさ（可とう性））に基づいている。温暖地域では3種、寒冷地域では4種を用いるのが一般的である。

d. 改質アスファルト

アスファルトに高分子系の改質材（ポリマー）を添加し、従来からアスファルトの弱点とされていた低温脆性と高温軟化を大幅に改善し、熱や紫外線などに対する耐久性を向上させたものをアスファルトコンパウンドという。防水工事用アスファルトの3種・4種のよりも熔融時の粘度が小さいため、熔融温度を低く抑えることができ、その結果として、煙や臭気の発生が少なくなる。周辺環境への影響を考慮し、改質アスファルトルーフィング類の張付けに用いるケースが増えている。

【合成高分子系】（e～h）

合成高分子系の液体状防水材は、硬化機構により、反応硬化型、エマルション型および溶剤型がある。

反応硬化型は、主剤、硬化剤などを混合し、化学反応により硬化するもの。固形分がほぼ全体を占めているため、硬化に伴う体積収縮が少ない。しかし、配合ミスがあると硬化不良が生じる、反応速度が気温の影響を受けやすいなど、適切な管理が必要となる。

エマルション型は、塗膜材の水分が揮発して硬化するもので、固形分は一般に半分強程度であるため、硬化に伴う体積収縮が大きい。水系のため火災や溶剤中毒の心配がない。一方、乾燥時間が温度・湿度に左右されやすい。凍結対策が必要。一般に耐水性に劣るなど、いくつかの課題もある。

溶剤型は、塗膜材中の有機溶剤が揮発して硬化するもので、硬化に伴う体積収縮が大きく、表面に皮張りが生



②ウレタン塗膜防水

じやすい。比較的耐水性に優れ、異種材料と接着しやすいが、火災・溶剤中毒に対しては注意が必要である。

e. ウレタンゴム系防水材

ポリイソシアネート、ポリオール、架橋剤を主原料とし、各種の充填材を配合したもので、1類と2類に区分されている。高温時の引張強さや耐候性に優れている1類は主として露出用に、伸張性が優れている2類は非露出用または1類の下層（下塗り）に用いる。

1成分形と多成分形のものがある。1成分形では、湿気硬化型（空気中の水分が硬化剤として反応）とエマルション型（乾燥により塗膜を形成）がある。多成分形は、主材と硬化剤を混合・塗布し、常温下で硬化反応が進むタイプである。

ウレタン系塗膜防水材の耐久性はトップコートに依存するところが大きいので、仕上塗装を施し、定期的な塗り替えを行う必要がある。

f. アクリルゴム系防水材

アクリルゴムを主原料とし、充填材等を配合したものの。1成分形のエマルション型は、乾燥によって硬化成膜するタイプである。造膜性に優れているので、外壁化粧防水として使用されることが多い。小規模な屋上防水などにも使用される。

g. ゴムアスファルト系防水材

アスファルトとゴムを主原料とするもの。水密性、温度特性、伸張性などのほか、施工性に優れている。そのまま使用する1成分形と、使用時に主材と硬化材を混合する2成分形とがある。一般には乾燥により硬化成膜するエマルション型が多い。

h. 防水用ポリエステル樹脂

不飽和ポリエステル樹脂をビニルモノマーに溶解したものでFRP塗膜防水に用いられる。ポリエステル樹脂およびモノマーの種類・配合により、軟質のものから硬質・防食性を有するものまで特性の幅は広い。

硬化機構は、熱、紫外線、硬化剤などによるラジカル



③ウレタン塗膜防水補強布張り

反応で、モノマーの架橋によって3次元網目構造が形成され、重合・硬化する。ラジカル反応は、発熱を伴う連鎖反応で、反応速度は非常に早い。また、加熱や照射によって反応が加速する。

塗膜は強靱で歩行にも耐えるが、逆に、下地挙動への追従性に難がある。耐薬品性に優れ、工場・温泉・プールなどにも使用できる。耐候性が劣るのでトップコートが必要となる。硬化が早いので工期短縮が図れるが、塗り重ねる場合はサンディングが必要である。季節に応じて粘度や硬化性を調整した冬用、春秋用、夏用が用意されている。有機溶剤・過酸化物質などの危険物質を含むため、臭気が強く、取扱いに注意を要する。水分により反応が阻害されるので、降雨対策が必要である。

【ポリマーセメントペースト系】

ポリマーセメント系塗膜防水材は、ポリマー混和液、セメントおよび骨材を混合することにより得られる。ポリマー混和液としては、アクリル酸エステルエマルジョン、スチレンアクリル酸エステルエマルジョン、エチレン酢酸ビニルエマルジョンなどがある。

エマルジョン中の水分がポリマーおよびセメントと水和反応を起こして防水層を形成する。下地の乾燥を必要としないため、下地外壁防水や二重ピットを利用した水槽類の防水に適している。

樹脂成分の種類やセメントとの配合比などによって防水層の引張強さや伸び率は異なる。

シート状の防水材料

【アスファルト系ルーフィング】(i~l)

基材にアスファルトを浸透・塗覆したものがアスファルト系ルーフィングで、表面処理を行い、規定の長さに切断し、ロール状に巻き取った状態で供給される。

基材の種類には、ラグ原紙、ガラスマット・ガラス原紙、合成繊維不織布などがある。ラグ原紙は、チップ状の木材片に、繊維質と古紙を配合し、フェルト状に抄き、プレス成形した紙材であり、強度、伸びは小さい。ガラ



④FRPライニング

スマット・ガラス原紙は、ガラス繊維を原材料と製造したもの。強度、伸びは小さいが、寸法変化が少、耐久性がよい。合成繊維不織布は、織機などの工糸ずに、繊維を接着剤などで結合し、フェルト状にした。強度、伸びは一般に大きく、耐久性もよい。

i. アスファルトルーフィング

有機質繊維を主原料としたラグ原紙にストレー・ファルトを浸透・塗覆し、表裏面に鉱物質粉末を背たもの。外壁下張り・屋根下葺き材、防湿工事用と使用される。ラグ原紙を用いるため、強度・耐腐蝕寸法安定性は劣る。

j. 網状アスファルトルーフィング

合成繊維・綿麻の粗布を基材とし、アスファルト透させたもの。引張り、引裂きなどの強度が大きく紙を基材としたルーフィングと比べてなじみがよめ、パイプやドレンまわり等の増張り用として用いる。

k. ストレッチアスファルトルーフィング

合成繊維を主原料としたフェルト状の不織布原・防水工事用アスファルトの3種または4種を浸透・し、表裏面に鉱物質粉末を付着させたもの。変質しく、低温でも脆くなりにくい。伸び率が大きいのでしにくい。また、下地とのなじみがよく施工しやすい。

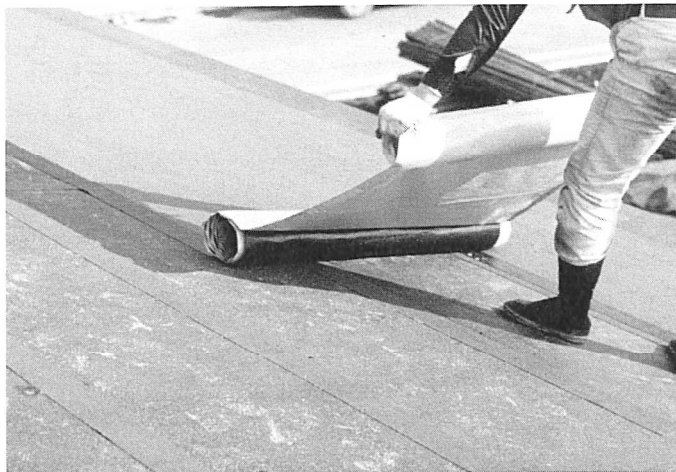
l. 改質アスファルトルーフィングシート

合成繊維不織布を基材とし、合成ゴム・プラスチックを添加した改質アスファルトを含浸・塗覆したもの候性、下地挙動への追従性、温度特性に優れている

【合成高分子系ルーフィングシート】(m~q)

主原料は合成ゴムまたは合成樹脂であり、一般に性、伸張性に優れている。また、伸びが大きいので地の亀裂や挙動に対する追従性が優れている。施工易で、工期短縮が図れる。一方、シートの厚さが薄施工時に傷つきやすいので注意を要する。

合成高分子系ルーフィングシートは、表2に示す



⑤改質アスファルト防水の常温工法



⑥改質アスファルト防水の常温塗膜複合法

表2 合成高分子系ルーフィングシートの構成による種別

種別	説明	主用途
均質シート	合成高分子を主成分としたルーフィングシート	・隅角部などの補強増張り
複合シート	一般複合タイプ	・一般部分
	基布または性状の異なるシート状のものを複合して寸法安定性、力学的物性などを改善した複合ルーフィングシート	
	補強複合タイプ	・下地の挙動が大きい場合 ・機械的固定工法の場合
	補強布に強度を依存する複合ルーフィングシート	

に、均質シートと複合シートに大別される。均質シートは合成高分子の素材をそのままシート状に成形したもので、複合シートは素材に合成繊維やガラス繊維などの補強シートを挿入したものである。複合シートはさらに、一般複合タイプと補強複合タイプに区分される。引張力で塑性変形を生じやすいため、合成繊維の不織布または織布をシートに挿入し、寸法安定性や力学的物性を改善している。特に、補強布に強度を依存するものを補強複合タイプとしている。

均質シートは隅角部の補強など補助的に使用し、一般複合シートはシート防水の主材料として広く使用され、補強複合タイプは下地の挙動が大きい場合や、機械的固定工法を採用する場合などに用いる。

m. 加硫ゴム系シート

EPDM（エチレンプロピレンゴム）とIIR（ブチルゴム）を主成分とし、厚さ数mmのシート状に成形したものの。EPDMは熱、紫外線、オゾン等に対する抵抗性の向上に寄与し、IIRは接着性の向上に寄与する。加硫の工程を経て網目構造が形成される。

引張力を与えると伸びるが、除荷すると復元する。伸び率が大きいので、下地の亀裂や挙動に対する追従性に優れている。素材的に接着が難しく、防水層末端部やシ

ート相互の接合部において水密性を確保するためには、シール材を補助的に用いることが必要となる。

n. 非加硫ゴム系シート

加硫を行わないため、柔軟で下地になじみやすく、シート相互の接着性が良好である。伸張性に富むが復元力は乏しく、過度に引っ張られると元に戻らない。耐熱性に難があり、夏季の炎天下では熱伸びが生じやすい。

o. 塩化ビニル樹脂系シート

塩化ビニル樹脂は耐候性、耐薬品性、耐摩耗性が優れている。素材を着色することができ、軽歩行が可能である。シート相互の接合が容易である。自己消炎性を有する。一方、低温時の施工ではルーフィングシートが硬直し、作業性が低下する。長期にわたり物性の変化は少ないが、柔軟性を与えている可塑剤が徐々に散逸し、硬化収縮を生じやすい。シートから散逸した可塑剤は断熱材を侵すことがあるので、必要な場合は、シートと断熱材の中間に発泡ポリエチレンなどを敷設する。

p. 熱可塑性エラストマー（TPE）系シート

熱可塑性エラストマーとは、常温付近では弾性を示すが、加熱すると塑性的な性質が顕著になる高分子化合物の総称であり、ゴムとプラスチックの中間的な性質を有する。素材としてはオレフィン（TPO）系やアクリル系、ポリプロピレン系を主体とした非ハロゲン系のものがある。

TPE系シートは、塩素や有害な可塑剤・軟化剤を含まない。また、熱可塑性であるため、リサイクルが容易であるなど、環境対応型シートに位置付けられている。材質的には、可塑剤や軟化剤の揮発や移行がないため、物性の経年変化が少ない。軽量で、常温では柔軟で高いゴム弾性を有する。長期の耐候性も良好で、低温可とう性、引裂き強さ、貫入抵抗、耐薬品性などが優れている。ただし、塩化ビニル樹脂系シートに比べると材質が硬いので、役物まわりのディテールには注意を要する。



⑦合成ゴム系シート防水

q. エチレン酢酸ビニル系シート

エチレンと酢酸ビニルの共重合体を原料とし、耐候性の向上を目的としてカーボンブラックを加えられている。塩素、可塑剤および軟化剤を含まないため、環境汚染や人体への悪影響がなく、物性変化も少ない。また、素材が熱可塑性のため、端材などのリサイクルが可能である。

接着剤にポリマーセメントペーストを用いてシートを張付けるため、湿潤下地への施工が可能で、火気や有機溶剤を使用しないので、換気のしにくい室内や地下にも適用できる。シートとセメントペーストとの相性はよいが、さらに接着性を高めるため、シート表面に起毛などの処理が施されている。

その他の材料

断熱防水の断熱材には、ポリウレタン系、ポリスチレン系、ポリエチレン系の発泡材を用いることが多い。

硬質ポリウレタンフォーム保温材は、断熱性、耐溶剤性に優れている。耐熱性もよいので、溶融アスファルトを用いる工法にも適用できる。比較的吸水率・吸湿性が大きいので、両面に防湿層を設けたものもある。

ポリスチレンフォーム保温材は、吸水率が小さく、耐水性に優れている。耐圧強度が大きく、比較的安価である。一般に溶剤に対しては侵されやすい。耐熱性が乏しく、寸法変化が大きいので、下地への固定方法には注意が必要である。

架橋形ポリエチレンフォームは、耐水性、耐溶剤性、衝撃吸収性に優れている。耐熱性が乏しく、比較的高価である。ポリウレタン系に比べ、断熱性能が劣る。経年による収縮が大きいので、下地への取付け方法に注意が必要である。

そのほかにも、押え金物、脱気材、伸縮目地材などさまざまな材料・資材を使用するが、本稿では説明を省略する。



⑧塩ビ系シート防水機械固定のシート張付け

表3 塗付け工法と張付け工法の長所・短所

工法の種別	長所	短所
液体状の防水材を塗る (塗付け工法)	・複雑な形状の下地でも施工が容易 ・ジョイントのない連続皮膜を形成できる	・均一な塗膜厚の確保が難しい ・下地の亀裂や挙動で破断しやすい ・下地の水分でふくれやすい ・施工品質を確保するための管理ポイントが多い
シート状の防水材を張る (張付け工法)	・均質な防水層を形成できる ・耐久性に優れている ・下地の挙動や水分の影響を軽減できる ・工程数が少ない ・軽量化できる	・シート接合部が弱点となりやすい ・下地の凹凸によりあなあきが生じやすい ・下地との接着不良によりはがれが生じやすい ・熱伸縮によるシートの剥がれ・破れなどが生じやすい ・細かい部位の施工が難しい

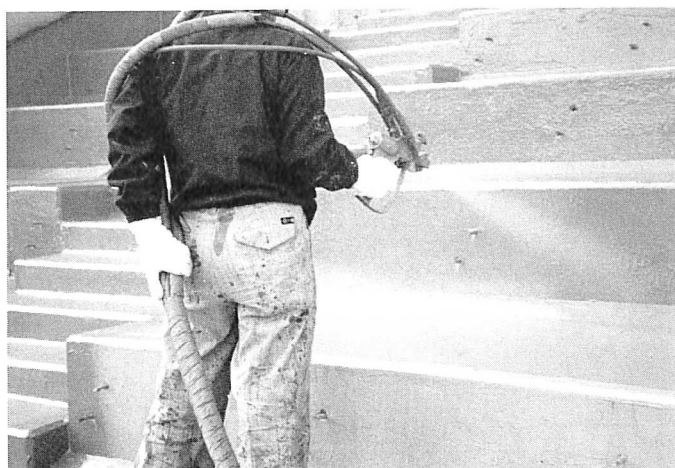
防水工法の種類

メンブレン防水の施工法は、液体状の防水材を塗る工法（以下、塗付け工法）とシート状防水材を張る工法（以下、張付け工法）に大別される。塗付け工法と張付け工法の長所・短所を整理したものを表3に示す。

【塗付け工法】

ゴムべら、左官ごて、吹付け機などを用い、液体状の防水材を下地に塗り付ける施工法である。いずれの場合も、材料が液体状であるため、複雑な形状の下地にも施工でき、ジョイントのない防水層が形成しやすい。

一方、材料が不定形であるため、所要の塗膜厚さを確保するのが難しい。下地全面に密着させるのが基本であるが、その場合、下地の亀裂や挙動により防水層が破断しやすく、また、下地の水分により膨れが生じやすい。さらに、材料の均一混合、塗膜に気泡やピンホールを残さないこと、防水材の塗布量の管理、塗重ねの工程間隔時間、養生条件など、施工品質を確保するための管理が



⑨超速硬化型ウレタン塗膜防水



⑩改質アスファルト系シート防水トーチ工法

イントが多い。

【張付け工法】

シート状の材料で防水層を形成する工法であり、下地への取付けおよびシート間の接合には種々の方法がある。

シートの物性や厚さのばらつきが小さいため、安定した品質の防水層を形成しやすい。シートは概して耐候性、耐水性、耐熱性など優れている。シート自体の伸び率が大きいので、下地の亀裂や動きに追従しやすい。また、下地とシート間に通気の機能を付与できるので、下地水分の影響を軽減できる。作業工程が少なく、工期短縮が図れる。一般に屋根を軽量化でき、構造体への負担を軽減できるなどのメリットがある。

一方、シート相互の接合部が防水上の弱点となりやすい。シートが薄いので、下地に凹凸があると、シートの厚みでは吸収できずに破れが生じるか、表面に凸部が現れ、劣化や摩耗が早まるおそれがある。

塗付け工法の種類

液状の防水材を塗る工法には、手塗りによる工法と吹付けによる工法がある。

【手塗り工法】

手塗り工法には、均質な防水材料を単独で塗付ける場合と、補強布を防水層の中に塗り込む場合がある。

補強布には、ガラス繊維や合成繊維のクロスまたは不織布を用いる。当初は、下地の亀裂や接合部の動きを分散させ、防水層の破断を防止するのが補強布の主機能であったが、その後の試験では顕著な補強効果が認められず、最近では、均一な塗膜厚さの確保、立上り部での垂れ下がり防止へと、その目的が移行している。

【吹付け工法】

手塗り工法では、中腰姿勢の作業となるため、労働負荷が大きく、また、施工には比較的高度な技能を要する。さらに、施工場所への材料の荷揚げや、ひと缶ごとに容器を開けて混合するために手間が掛かり、空き缶など廃

材処分も大変であるなど、いくつかの問題を抱えている。これに対して吹付け工法は、身体への労働負荷が少なく、手塗りほど高度な技能を要さない。また、ドラム缶入りの材料を専用車に搭載し、低粘度の防水材をホースで地上から施工場所へ圧送する。しかも、温度や粘度の調整は自動で行われるなど、多くのメリットがある。

張付け工法の種類

シート状の防水材を下地に張付ける方法には、下記のようなものがある。

【接着】

合成ゴム系または合成樹脂系の接着剤を用いて張る。接着後のシート接合部は、シート相互が直接接して一体化している。接着剤の混練不足、下地調整の不備、接着剤の塗布量不足、張り合わせのタイミング、転圧不足などの要因に左右されやすい。

【密着】

防水工事用アスファルトやポリマーセメントペーストなどでシートを張る。接着剤が厚く、接合部ではシート間に接着剤が介在している。シート接合部の水密性を確保するためには、接着剤自体にある程度の防水性が必要となる。

【粘着（自着）】

粘着層付きシートを貼り付ける。溶融アスファルトを用いたアスファルト防水工法の常温工法化、施工の合理化、環境対応などを意図して開発されたもので、材料としては改質アスファルトルーフィングシートに粘着層を付けたものが多い。

【機械的固定】

ビス、プラグ、ディスク、プレートなどの固定金具類を用い、シートを部分的に固定する。シート敷設後に固定金具を取り付ける工法、固定金具取り付け後にシートを張る工法、固定金具をシート接合部の中に埋め込む工法がある。下地乾燥が不十分な状態でも施工が可能で、

一般に作業効率がよい。ただし、金具取付け部の水密性確保、強風時の飛散防止などについては十分な検討が必要である。

そのほか、シート重ね部の接合方法には、下記の方法もある。

【溶着】

溶剤でシートの一部を溶かして張る。接合部ではシートが相互に一体化している。

【融着】

熱でシートの一部を溶かして張る。接合部ではシートが相互に一体化している。改質アスファルトシート防水トーチ工法は、熱で溶かして張るという意味では「融着」に属するが、防水性を有する接着剤でシート接合部の水密性を確保している点では「密着」に属する。

防水工法の選定

ここでは、防水工法の選定に関する要因を整理してみたい。

防水工法を選択するのだから、防水性能が確保できていればよいのだが、通常は、それだけでは割り切れないさまざまな事情がある。図1は、防水適用部位を例として、防水工法の選定に関する要因を示したものである。

建築物の性能を論じるときには、屋根・外壁・床のような建築部位（BE；Building Element）を単位として考えるのが一般的である。防水適用部位としては、陸屋根をはじめ、バルコニー、ベランダなどさまざまな部位がある。これらは、部位全体として、防水だけでなく耐震、耐風圧、耐火、遮音、断熱などさまざまな性能を具備していなければならない。このとき、性能の種類およびレベルは、建築物ごと、部位ごとに異なる。

これらの要求性能は部位全体で確保されていればよいのだが、それを実現するためには、部位を構成する個々の部材や材料がそれぞれの役割を果たさなければならない。例えば、陸屋根は、現場打ちコンクリートスラブの構造体あるいはプレキャストコンクリート部材やALCパネルなどの防水下地、防水層・断熱層・絶縁層・保護層などから構成される。このとき、鉄筋コンクリート造の建築物であれば、耐震、耐火、遮音、断熱などの多くの性能は、構造体スラブが存在することでおおむね満足されてしまう。その結果、防水層は文字どおり防水性能の確保に専念すればよいことになる。ところが、骨組みで構成される鉄骨造や木造などの建築物で、現場打ちコンクリートのような重厚なスラブがない場合は、構造性能は骨組みが役割を担うにしても、そのほかの諸々の性能

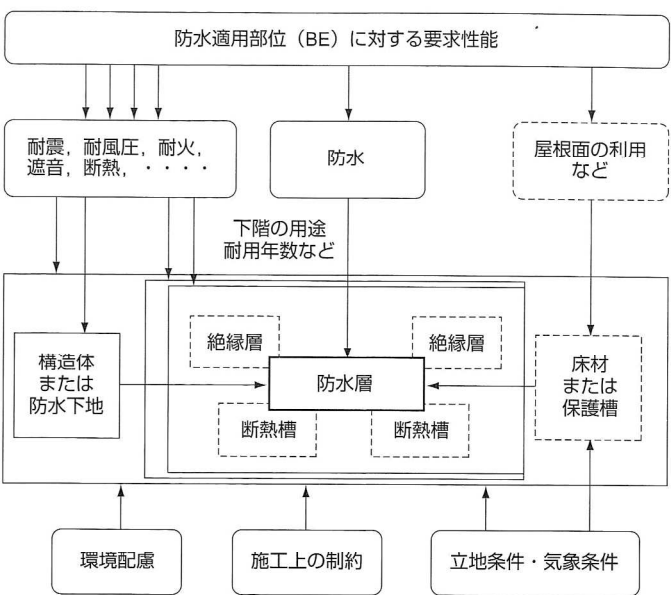


図1 防水工法の選定に関する要因

表4 防水適用部位と要求性能の関係

部位	性能				備考
	防水性	防湿性	断熱性	遮音性	
屋根 バルコニー	○	△	△	△	
開放廊下 ベランダ・庇	※	×	×	×	雨除け機能が求められない場合は不要。ただし、室内への漏水に対策が必要
一般外壁	○	△	△	△	
地下外壁	△	△	△	※	特殊なケースを除きほぼ不要
室内の床・壁	※	※	※	※	両側空間の用途の組合せによる

○：原則必要 △：場合による ×：基本的に不要 ※備考欄を参照

は、防水下地となる部材、防水層あるいは保護層などの機能でカバーしなければならない。したがって、雨水の浸入を防ぐ防水層を選ぶ場合にも、耐風圧、耐火、断熱、遮音など、さまざまな性能との兼ね合いが生じ、検討すべき項目は格段に増え、条件が複雑になる。この件に関しては、これ以上の言及は避けることにする。

他方、屋根面をある種の目的で利用する場合、用途・使い方に応じた床としての機能が必要となる（図1）。同時に、防水層を損傷から守る、あるいは劣化を軽減することを目的とした保護層が必要となる。

そのほかの選定要因として、最近では、建築現場やその周辺または地球規模での環境配慮が厳しさを増している。また、コスト削減や工期短縮など施工上の制約もある。さらに、建築法規上の地域区分や気象条件など、考慮すべき要因は多い。

以上を要約すると、防水工法を選定する際の主な要因は、①防水性能に関する要因、②防水下地側から求められる条件、③保護層側から求められる条件、④その他となる。

防水適用部位に求められる性能

防水適用部位と要求性能の関係を表4に示した。具体的に個々の事例を検討する場合は、さらに多くの性能項目が付加されるはずであるが、ここではごく一般的な共通項目だけを挙げた。

建築部位（BE）は空間を仕切る要素と捉えることができるので、当該部位が隔てている両側空間の用途・質によって、その部位が果たすべき機能が決まる。開放廊下・ベランダ・庇のように、部位の上下が連続した同一空間となる場合は、当該部位に湿気、熱、音などの移動を遮断または調整する機能は基本的には不要である。ところが、屋根・バルコニーのように一方が屋外で他方が室内の場合、あるいは、室内の床・壁のように両方とも室内の場合は、当該部位ごとに、上記のような作用因子を遮断または調整する必要がある。遮断・調整の程度は、両側の空間の用途・質の組合せによって異なる。

防水適用部位の要求性能をリストアップしたうえで、当該部位を構成する構造体や防水下地などの部材が果たすべき機能・性能を設定する。このあたりのプロセスを論理的に行う方法論は、今のところ確立されていないが、基本的にこのような整理が必要である。防湿、断熱、遮音などの性能について、構造体や防水下地材の機能だけで十分な性能が得られない場合は、防水システムにこれらの機能を付加するなど何らかのフォローが必要になる。

防水性能のグレードに関係する要因

実用されている防水仕様がどの程度の防水性能を有しているのかについて、現在、何らかのグレーディングがなされているのかというと、残念ながら、試験などに基づいた定量的な評価はなされておらず、使用実績などをベースにした定性的な判断がなされているのが現状であろう。このような状況で、防水システムに期待する性能の水準（グレード）を言及することにどれだけの意味があるか多少疑問もある。しかし、工法選択の条件設定が重要な意味を持つことはいうまでもない。

防水性能のグレードは、施工上のファクターや長期耐久性にかかわる使用環境・使用条件などの不確定要因を考慮すると、おのずと防水信頼性とか漏水危険度などというような確率論的な捉え方が必要になると思われる。この信頼性や危険度に関係する要因をまとめたものが表5である。

防水適用部位は、水が作用する側が屋外となるケースが多いが、地下外壁や室内プールなどそうでない場合も

表5 防水信頼性に関係する要因

防水適用部位		空間の条件		水の作用条件		
		当該空間	下階反対側	水量	作用時間	圧力
屋根・バルコニーなど		外	内	多	断続	弱
開放廊下・ベランダ・庇など		外（同一空間）		中/多	断続	弱
一般外壁		外	内	中/多	断続	弱
地下外壁		地中	内	少～多	連続	強
室内	浴場、プール、水槽類	内	内/外	多	連続	強
	飲食店厨房など	内	内/外	中	断続	中
	駐車場	内/半外	内～外	小～中	断続	弱
	便所・機械室など	内	内/外	小	断続	弱

表6 主な防水下地の種類と特徴

防水下地の種類	特徴
鉄筋	【在来型枠工法の場合】
コンクリート（RC）	・防水下地として比較的寸法変化・挙動が小さい ・打継ぎ部（水平・垂直）、スラブの隅角部、開口部まわり、スパンの柱際など、亀裂の生じやすい部分に注意が必要
	【デッキプレート捨て型枠とした場合】
	・梁上やデッキプレートのジョイント部に亀裂や動きが集中する ・スラブ下面が密閉され、片面乾燥となるため、コンクリートの乾燥が遅い
プレキャストコンクリート部材	・部材間に段差や目違いが生じやすい ・部材の接合部に動きを生じる。その度合いは躯体の剛性や規模などによって異なる
ALCパネル（ALC）	・ジョイント部の段差などが生じやすい ・パネル短辺を支持する形式のため、自重などで長手方向にたわみが生じやすい ・PCaよりも部材接合部の動きは大きい ・吸水しやすいため、乾燥が不十分になりやすい
鋼板	・熱伸縮が大きく、接合部の動きが大きい ・面外剛性が小さく、たわみが生じやすい
ボード類	・吸水、吸湿により、伸びや反りが生じやすい ・接合部の動きが大きい ・面外剛性が小さく、たわみが生じやすい

ある。部位の種類や条件によって、水の作用条件、すなわち、水量、作用時間、圧力などが異なるので、想定される状況を的確に把握することが重要である。

また、漏水は起らないようにするのが理想ではあるが、前述のような不確定要因を踏まえると、100%漏水を防ぐということは、ある意味不可能である。どんな状況でも100%を目指すというのは合理的ではなく、むしろ過剰品質を招くおそれがある。そこで、仮に漏水が起きた場合の被害の大きさ（リスク）とのバランスで、防水仕様のグレードを考えることが重要となる。このとき、防水適用部位の直下または反対側の空間の用途が、この防水

信頼性あるいは漏水危険度を決める重要な要因となる。

さらに、時間的なファクターも重要であり、耐用年数の設定が必要となる。この件については、後述の防水下地や保護層との関係もある。

防水下地の種類と特徴

防水性能を確保するためには、防水層の性能が損なわれないように、防水下地として具備してもらいたい基本要件があるのは当然である。しかし、前述のように、防水の下地となる部材は防水下地であると同時に、屋根や壁を構成する主要な部材でもあり、防水以外の性能を実現するために何らかの役割を果している。また、防水工法の選択に際しては、建設コストの削減、工期短縮、屋根重量の軽減など、さまざまな理由から、防水の観点では必ずしも好ましくない下地が採用される場合もある。重要なことは、下地の特徴をよく理解して、正しい対策を講じることである。表6に代表的な防水下地の種類とその特徴を示した。

下地への留付けの度合い（一体性）

防水下地の挙動や水分の影響が予想される場合は、防水層に損傷を及ぼすこともあるので、防水層の下地への留付け方法を工夫する必要がある。留付けの度合いは、全面一体から部分固定まで、その幅は広い。留付け度合いとその特徴を表7に示した。

- ①全面一体：下地全面に、液体状防水材を塗り付けるか、シート状防水層を接着または密着させる方法で、従来から屋根防水や室内防水に長年実践されてきたものである。挙動の少ない下地に対して強固に留め付けることは、防水層の伸縮を抑制し、下地からのずれや剥がれを防止するうえで有利な点が多い。
 - ②絶縁：防水下地として最も寸法変化の少ないとされる現場打ち鉄筋コンクリートでも、乾燥収縮や構造的な亀裂、打継ぎなどさまざまな不連続部が存在し、これらの不連続部は、わずかではあるが日常的に拡大・縮小を繰り返している。また、プレキャストコンクリート部材やALCパネルなどの乾式部材では、構造体の変形や、部材自体の伸縮やたわみによってその接合部は挙動している。この種の局所的な下地挙動については、その位置が予期できる場合は、部分的に下地から防水層を切り離し（絶縁）、防水層に局所的な伸び（ゼロスパンテンション）を与えないようにすることで、防水層の破れを防止することができる（絶縁用テープ＋補強増張り、通気緩衝シート）。
- また、下地の水分が日射によって気化・膨張し、防

表7 下地への留付け度合いとその特徴

区分	歩行・走行の意味	用途の例	保護層の例
非歩行	・メンテナンスなどを除き、原則、人は歩かない	陸屋根（非歩行）、庇	仕上塗料 砂利まき
軽歩行	・限定された人のみが歩行する ・ゴム底の靴、スリッパなどによる歩行	専有ベランダ 専有ルーフバルコニー	断熱ブロック ウレタン舗装材
通常歩行	・不特定多数の人が歩く ・台車などの走行を含む	屋上、ルーフバルコニー 開放廊下 テニス、バスケットなど 緑化屋根、屋上庭園 遊戯施設 人工地盤	現場打ちコンクリート アスファルトコンクリート ウレタン舗装材
車両走行	・車両やフォークリフトなど重量物の走行	駐車場 工場、倉庫	アスファルトコンクリート ウレタン舗装材

表8 歩行の程度、屋上の用途

下地との関係	長所	短所
全面一体	・防水層の伸縮によるずれ、たるみ、剥がれが生じにくい	・下地の亀裂やジョイントの動きにより防水層が破断しやすい ・下地水分の気化・膨張によって膨れが生じやすい
絶縁	・挙動が予想される箇所を下地から絶縁することにより、防水層の破断を回避できる ・下地と防水層の間に通気機能を持たせることにより、下地水分による膨れを軽減できる	・下地との接着面積が小さいため、防水押えのない露出防水では、強風時によるめくれ・飛散に注意が必要
部分固定	・下地の挙動や水分の影響を受けにくい	・強風によるばたつき・はがれ・破れ・飛散が生じやすい

水層に膨れが生じることがある。この膨れ現象は防水押えのない露出防水で起こりやすい。下地のほぼ全面にわたり、スポット状あるいはストライプ状に防水層と下地を固定し、水蒸気の拡散を促す通気層を設けることにより、防水層の膨れを抑制することができる。脱気装置を設置し、積極的に水蒸気を大気に放散させることで、この効果はさらに向上する（砂付穴あきアスファルトルーフィング、粘着層付改質アスファルトルーフィングシート、通気緩衝シート）。

③部分固定：固定金具を用いて防水層を下地に留め付ける方法で、下地の挙動や水分の影響を受けにくい。改修工事では旧防水層を残したままで施工が可能である。一方、強風時には、防水層がばたつき、後にたるみが残留する。さらに過酷な場合は、防水層に剥がれや破れが生じ、飛散することもある。事前に十分な検討が必要である（機械的固定工法）。

表9 保護層の種類と劣化因子の関係

保護層の種類		劣化因子							
		圧縮力	風圧力(負圧)	摩 擦 力	衝 撃 力	火 災	熱	光・紫外線	根
平場	現場打ちコンクリート	○	○	○	○	○	○	○	○
	アスファルトコンクリート	○	○	○	○	○	○	○	○
	コンクリートブロック類	△	※	△	△	○	○	○	※
	砂利	※	※	－	△	△	○	○	※
	セメントモルタル	△	△	△	△	△	△	○	△
	ウレタン舗装材	○	○	○	○	－	－	△	△
	仕上塗料	×	×	×	×	×	△	△	×
	アスファルト成形板	△	※	△	△	－	△	△	※
立上	現場打ちコンクリート	○	○	○	○	○	○	○	○
り部	レンガブロック積み	○	○	○	○	○	○	○	△
	ボード類(乾式保護工法)	△	※	－	△	－	○	○	※
	セメントモルタル	△	△	△	△	△	△	○	△
	仕上塗料	×	×	×	×	×	△	△	×

【注】○：効果がある △：ある程度の効果が期待できる
 ×：効果が期待できない －：効果を期待しない
 ※：悪影響に対して注意が必要

表10 塗付け工法と張付け工法の複合メリット

仕上側		下地側	
	塗付け工法		張付け工法
塗付け工法	・ 下地側に弾性・伸び能力に富む防水材を用いることにより、下地挙動の影響を軽減できる		・ 下地側に比較的厚い不定形の防水材がくるため、軽微な下地の不陸、突起物の影響が吸収できる
	・ 表面層に強度・耐衝撃性・耐摩耗性に富む防水材を用いることにより防水層が保護される		・ 塗付けと張付けがさらに積層される場合のメリットは大きい
張付け工法	・ 表面層に屋上用途に適した硬さ・弾性を有する防水材を用いることにより、多様な用途に対応できる		
	・ 下地側にシート状防水材を用いることにより、確実に膜厚を確保できる		・ シート状防水材を積層することにより防水信頼性が向上する
	・ 下地側に絶縁層や通気層を組み込みやすい		・ 下地影響の軽減と保護・劣化軽減の役割分担も可能
	・ 表面層に液体状防水材を用いることにより、シート状防水の弱点である接合部の水密性を確保できる		
	・ 多様な屋上用途に対応できる		
	・ 表面層に保護・劣化軽減の機能を付加できる		

屋上用途・歩行区分と保護層

屋根面を利用する場合は、その用途に応じた床としての機能を付加するとともに、使用によって防水層に損傷が生じないように保護しなければならない。

後者については通常、想定される外力の強さ・過酷さを歩行区分というかたちで分類している。必ずしも各区分の定義は明確でないが、一般には表8を目安にしている。歩行区分に対応する屋上用途の例と適用可能な保護層の代表例を同表中に併記した。

硬さや弾理性、耐摩耗性など必要な床機能については、上記の歩行区分とは若干性格を異にするものであるため、別途検討が必要である。

劣化因子と保護層の関係

平場および立上りに適用可能な保護層の種類と劣化因子に対する保護効果との関係を表9に示した。防水適用部位の種類やその他の条件によって状況は異なるが、想定される劣化因子に対応した保護層を選択する。その際、屋上等を利用する場合は床に要求される機能・性能との関係も考慮する。

保護層と防水層の関係

表9に例示した保護層がすべての防水層に適用できるわけではなく、組合せの適否がある。また、場合によっては、防水層と保護層の間に絶縁層を設ける必要がある。これらについては、防水材製造業者のカatalog等で確認する必要がある。

複合防水

複合防水の定義はあまり明確ではなく、関係者の間でも解釈が異なる場合がある。また、同じ防水工法であっても、材料品質の向上や工法の改良によって、時代によってその位置付けが変わることもある。

張付け工法と塗付け工法の複合

アスファルト防水の熱工法は、溶融アスファルトとアスファルトルーフィング類という同種の素材を積層するため、一般には複合防水と解釈されることは少ないが、「複合防水」の一種と考えることができる。かつては溶融アスファルトが防水の主役で、ルーフィング類は補助的な役割を果しているという見方もあり、この解釈によれば、この工法は補強布入りの塗膜防水とみなすこともできる。逆に、最近のように、力学特性の優れた改質アスファルトルーフィングシートが導入されると、防水工事用アスファルトはもはや接着剤であり、シート防水密

着工法と解釈することもできる。いずれにしても、この工法はアスファルトとルーフィングを交互に数層重ねて密着し、厚い防水層を形成することにより、水密性に対する高い信頼を得ている。建物の種類・部位・耐用年数に応じて、ルーフィングの組合せや積層数を変えることにより、幅広いグレードの防水層が選択できる防水工法である。

ほかに、エチレン酢酸ビニル樹脂系シートをポリマーセメントペーストで下地に張付ける工法があるが、現在はシート防水密着工法に位置づけられている。湿潤下地にも施工が可能で、コンクリート下地との相性が非常に良いため、下地とシートの一体化が図れる。また、有機溶剤などを用いないため、地下室や室内での施工にも適しているなど、特徴のある工法である。誤解がないように先に述べておくが、この工法はすでに長年の施工実績もあり、公的な標準仕様書にも採用されており、何か技術的に問題があるという意味で話題にしているわけではない。ただ、水の浸入を防ぐメカニズムがどうなっているのかというと、必ずしもうまく説明できていないところがある。溶剤溶着や熱融着のように、シートの重ね部で、シートが相互に完全一体化された状態であれば、シート防水工法とみなすことに何ら疑問を感じない。しかし、シートの重ね部にかなり厚みのあるポリマーセメントペーストが介在しているので、構成上はアスファルト防水熱工法と同じである。それならば、ここで用いるポリマーセメントペーストは塗膜防水に匹敵する防水性が必要であり、また、その塗付け作業においては塗膜防水的な施工管理が必要であろう。このような意味では、シートと塗膜の防水材が一体化して水密性を確保する複合防水工法としてのチェックが必要ではないかと思われる。

シート防水と塗膜防水の組合せという意味では、通気緩衝シートを用いた塗膜防水工法も複合防水に該当するものがある。元来、塗膜防水は下地に完全一体化させるものであるため、下地の挙動により防水層が破断しやすい。また、下地水分の気化・膨張により防水層が膨れやすいという欠点がある。これに対応したのが通気緩衝シートであり、下地からの絶縁と通気の機能を兼ねている。さらに、このシートに防水層としての機能を付加すれば、通気緩衝機能を持ったシート防水と塗膜防水の複合工法と考えることができる。

塗付け工法と塗膜防水の複合

塗膜防水と塗膜防水を組み合わせた複合工法も多い。

ウレタンゴム系塗膜防水材は配合や充填材の種類などを変えることにより、強度、伸び、弾力性、耐摩耗性な

どの特性が比較的自由に変えられることから、幅広い用途に適用できる。同種の素材の塗り重ねではあるが、下地側の層と仕上側の層では明らかに役割が異なることから、複合防水工法に位置付けることができる。下地側の層は下地の挙動への追従性に優れた柔軟な材質を用い、仕上側の層は屋上用途に適した弾力性あるいは摩耗やその他の劣化因子からの保護に適した材質のものをを用いている。

ウレタンゴム系塗膜防水とFRP系塗膜防水を積層した複合工法もある。下地側に下地追従性に優れたウレタンゴム系塗膜防水、表層側に表面が硬く耐摩耗性に優れたFRP系塗膜防水を用いたものである。しかし、この工法については、解釈が整理されていない側面もある。FRP系塗膜防水工法の下地追従性に劣る点を補うために、ウレタンゴム系塗膜防水材を緩衝材的な役割で複合していると考ええる見方と、ウレタンゴム系塗膜防水工法の保護層としてFRP系塗膜防水材を用いていると考ええる見方がありうる。この場合、緩衝層や保護層にどの程度の防水性能を期待するかによって解釈は異なる。緩衝層や保護層が単独でも防水層とみなせる程度の防水性能を有していれば、間違いなく複合防水であろう。そうでない場合は、FRP系塗膜防水緩衝工法あるいはウレタン系塗膜防水保護工法と解釈すべきであろう。

その他の組合せ

事例の有無は別として、そのほかに、塗膜防水（下地側）とシート防水（表面側）の複合、シート防水とシート防水の複合があり得る。それぞれの組合せのメリットを整理したものが表10である。

要するに、複合防水工法とは、塗付け工法と張付け工法のお互いの欠点を補う形で組み合わせた工法、あるいは、同種の工法を積層することにより機能付与・性能向上を図った工法と考えることができる。基本は塗付け工法と張付け工法であるので、それぞれの材料および工法の特性を正しく理解し、適正な施工管理を行うことが重要である。

おわりに

本稿では、メンブレン防水を対象に、工法選定に関係する要因を概説した。防水の材料および工法はますます多様化しており、多彩な複合工法が登場している。こうした状況の中で、このような整理も必要かと思い、それを試みた。冒頭にも述べたように、実践向きの情報は、本特集の各論または専門書を参照してほしい。

(こしいし なおゆき)



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【屋根防水】

大野啓二

(株)久米設計監理部

はじめに

屋根には、雨、雪、風、太陽の熱をしのぎ、室内空間を確保する基本的な機能が求められる。日本では、古来から、茅葺屋根、桧皮葺屋根、瓦屋根など勾配により、雨水を流して漏水から室内を守ることで基本的な機能と美を備えている屋根がある。(写①②)。

瓦屋根はかたちは異なるが、今でも一般的な屋根仕上げとなっている。しかし、茅葺、桧皮葺は材料が限られ、葺き職人も減少しており、伝統を残すための貴重な文化財的な存在になっている。

近年では、高層ビル、商業ビルは陸屋根が大部分を占め、空調屋外機置場、屋上広場などに使用され、屋上緑化を含め、屋上を有効利用するために、使い方に合わせた防水工法を選定するようになって来た。

陸屋根の防水工法は、メンブレン防水のアスファルト防水、改質アスファルト防水、シート防水、塗膜防水の中から選定される場合が多い。また、室内競技場などの大空間の屋根はドーム形状など勾配屋根で、茅葺、桧皮葺に換わって現代の材料であるステンレスシート防水、金属屋根葺きなどが多く採用されている。

本稿では、建物と防水の取合いという観点から、屋根防水の設計・監

理の留意点について述べる。

防水材料・工法の選定の留意点

建物の屋上防水に使用する材料・工法の選定には、建築物の形状・構造、気象条件、屋上の使い勝手、防水の更新時の工法、要求耐用年数、コストなど、総合的に検討することが重要である。

建物の形状・構造

屋根には、陸屋根とドームなどの勾配屋根があり、構造は、鉄筋コンクリート造、鉄骨造の上にプレキャスト版、ALC版、断熱ボードを敷いたものなどがある。防水面の下地は、建物自体の熱伸縮、地震、台風などにより挙動し、防水層に影響を与える。それぞれの挙動の特性を理解し、防水材料、工法の選定が必要になる。

気象条件

1) 日射

日射は、物理的な熱伸縮と紫外線により防水材料の劣化をもたらす。

夏冬の屋上面の温度差は、コンクリート面で50℃以上になる場合もある。保護防水仕様では、コンクリートの熱膨張率は、1/100,000で、屋上は、20m×50mの1,000m²とすると、保護コンクリートは、長手方向で25mm以上も熱伸縮することになり、保護コンクリートの伸縮目地、防水ひび割れ対策、パラペットに対

する押し出し防止対策が必要である。露出防水の場合は、防水自体の、耐紫外線性能、熱伸縮に対する耐久性能が、防水工法選定の重要ポイントとなる。

2) 降雪、積雪

降雪、積雪に対しては、積雪荷重に耐える下地強度、凍結融解に対する抵抗性が要求される。防水面には水勾配を設け、防水層の上に雨水を滞留させないことが重要である。また、降雪地域では、凍結によるドレンの閉塞、防水端部のすきまり対策も必要である。パラペット部の「せっぴ」は、落下により直下の低層部のトップライトの破損、通行人への被害など、重大な事故に繋がる可能性もあり、せっぴができないようにするか、またはせっぴが大きくなる前に落ちるようにするなどの対策が必要である。せっぴ対策としては、以下のような対策がある。

①パラペット笠木下端に電熱線を仕込み、雪を溶かして、せっぴができないようにする。

②パラペット笠木外壁側先端に垂直にプレートを立て上げて、せっぴのできる前に雪を落としてしまう。

東京地方でも年数回の降雪があり、道路、隣地に面した外壁のパラペットおよび低層部にトップライトなどがあり、氷結した雪の落下により破損するおそれのある場合には、せっぴ対策を考慮する。

3) 風

風は、屋上面では、負圧となる場合があり、露出防水の剥離、防水立ち上がり保護材の乾式ボードなどを含め、飛散の危険性がある。また、砂利敷き押えでは、強風時の砂利の飛散により、近隣などに思わぬ被害が出る場合がある。露出防水の場合は、防水層の接着力、機械式固定強度、防水立ち上がり部の保護用乾式ボードの固定方法、砂利の飛散防止対策の検討が必要である。

屋上の利用形態

屋上の利用形態としては、以下のようなものがあり、それぞれの利用形態に合わせた対策が必要である。

1) ドレンのメンテナンスのみではとんど人が載らない場合

露出防水を前提とし、建物に要求される耐久性にあわせ、保護層を考える。軽量化も視点に入れる。

2) 空調屋外機、電気設備などの置場とそのメンテナンスのために利用する場合

メンテナンスによる機器交換・移動で、露出防水の場合、防水層の損傷が予想されるときは、保護パネルを使用するか、保護コンクリートを検討する。

3) 屋上広場として多数の人が利用し、時には展示場など台車なども通る比較的ハードに利用する場合

保護コンクリートを採用し、目的にあわせ、仕上材を選定する。

4) 屋上庭園として利用する場合

耐根対策を行う。

5) 屋上駐車場として利用する場合

駐車場としての積載荷重と耐磨耗性が要求される。鉄骨増の駐車場ビルで、荷重・コストなどの条件から、露出防水を採用する場合には、紫外線劣化、車輪圧による耐磨耗性、走行荷重など非常に過酷な条件となるため、防水層の選定にはそれらの対策に十分注意が必要である。



① 桧皮葺き、瓦屋根



② 城郭瓦屋根

防水の更新性

近年の環境への配慮の必要性から、防水も高耐久性が求められ、20～30年の高耐用年数の性能が謳われるようになってきたが、建物には100年対応などの長寿命化が求められるなか、更新可能な工法と納まりの検討が必要になってきている。

要求耐用年数

住宅品確法では、協議により20年間まで雨水の浸入を防止する性能について保証が求められるようになってきている。設計図書作成に当たり、保証年限を指定する場合は、仕様材料

の耐用年数など、保証体制を確認しておくこととする。

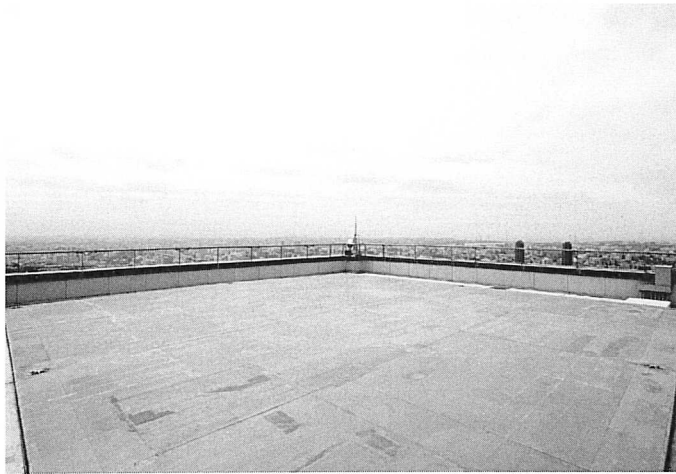
屋上平面部の防水

防水下地としての構造体設計の留意点

屋上床の構造設計上の積載荷重は、屋上の利用形態による人・物の荷重、地域別による積雪荷重、床仕上材、防水材料などである。

代表的な屋上防水下地には、下記のものがある。

- ・鉄筋コンクリートスラブ
- ・鉄骨造、PC造の建物に多くみら



④屋上全景。屋上はヘリコプターの離発着にも使用される

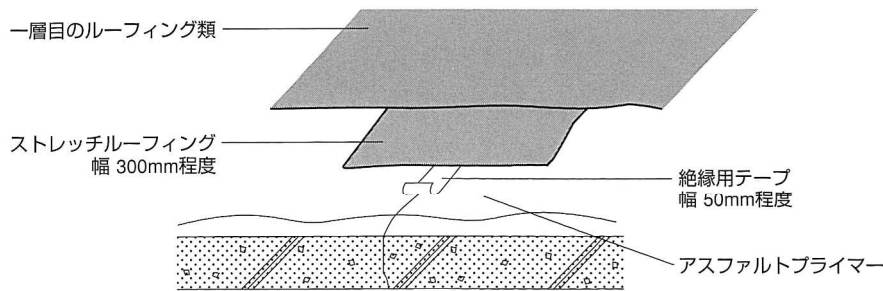


図2 コンクリートの打継ぎ部の絶縁、増張り

れるプレキャストコンクリート、ALC版

防水下地としての床躯体には、耐積載荷重の他に、下記の性能が要求される。

1) 適切な水勾配により防水層に水を滞留させない

防水層上面の雨水の滞留は、防水層の耐久性を低下させる要因となるため、床スラブ勾配を確定する。

床スラブ勾配は、基本的に、防水保護がある場合で1/100以上、露出防水の場合は1/50以上確保することが必要である。

水勾配をとることは、鉄骨造の場合は、柱・梁の仕口設計にも影響してくる。

2) 防水層を傷めない安定性

建物は、季節、日温度差により、微細ではあるが、熱伸縮を繰り返す。屋上コンクリートスラブは、その熱応力によりひび割れを起こす可能性がある。コンクリート調合設計、コンクリート施工、養生において極力乾燥収縮量を縮減するように計画す

ると同時に、床面コーナーにはひび割れ防止の配筋を確実に行われるようにする。また、防水層に傷付けないように平滑にスラブ面を仕上げる。突起物は防水層を損傷する可能性があり、サンダーなどで除去する(図1)。

3) 防水層の膨れ防止、剥離防止のための下地の乾燥

現場打ちのコンクリートスラブの場合、打設後おおむね3週間後、水分計で水分が8%以下になってから防水工事に入る。乾燥が不十分な場合は、防水層の付着力の低下、水分の気化による膨れが防水層の剥離、劣化を促進するおそれがある。鉄筋コンクリートスラブには、在来型枠工法により、合板型枠でコンクリートの必要強度発現後取り外される場合と、複合床版の山形デッキやフラットデッキプレートを型枠として使用し、コンクリート硬化後も存置される場合の2種類がある。後者の場合、コンクリートは乾燥しにくく、特に露出防水の場合は、防水層の膨

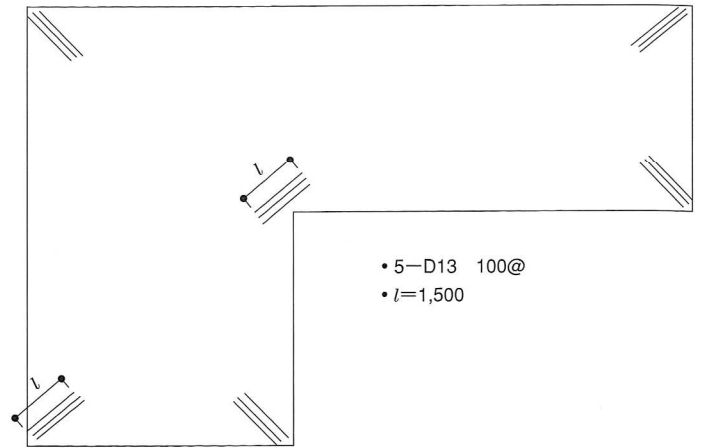


図1 屋上スラブコーナー部ひび割れ防止補強筋挿入位置

れ、剥がれの原因となる。

手戻りのない設計をするためには、基本設計の終了前には屋上の使用形態・スラブ構造により防水工法を確定し、積載荷重、スラブ勾配設計に反映することが重要である(写③)。

防水下地の種類による防水工法別の設計・監理の留意点

1) 鉄筋コンクリートスラブ下地

熱伸縮挙動、打継ぎ部および乾燥収縮などにより発生した微細なひび割れ部には、防水材料および工法ごとに下記の点に留意する。

【アスファルト防水】

建物形状・構造計画によりある程度の下地の挙動が想定される場合、砂付穴あきルーフィングを用いた絶縁工法を採用するなど、下地の挙動の影響を受けないよう対処する。

打継ぎ部は、絶縁テープ処理のうえ、ストレッチルーフィング増張りとする。0.5mm以上のひび割れ部は、U字型にはつり、シーリング材充填の後、ストレッチルーフィング増張りとする(図2)。

保護コンクリート防水の場合、保護コンクリートの厚みは、排水溝を考えると、最低80mmは確保し、6φ100@程度の溶接金網を断面中央に入るように入れる(図3)。

伸縮目地は、3m内外に入れる。ただし、伸縮目地の据付方によっては伸縮緩衝材としての役目を果たせない。よくある施工上の問題として

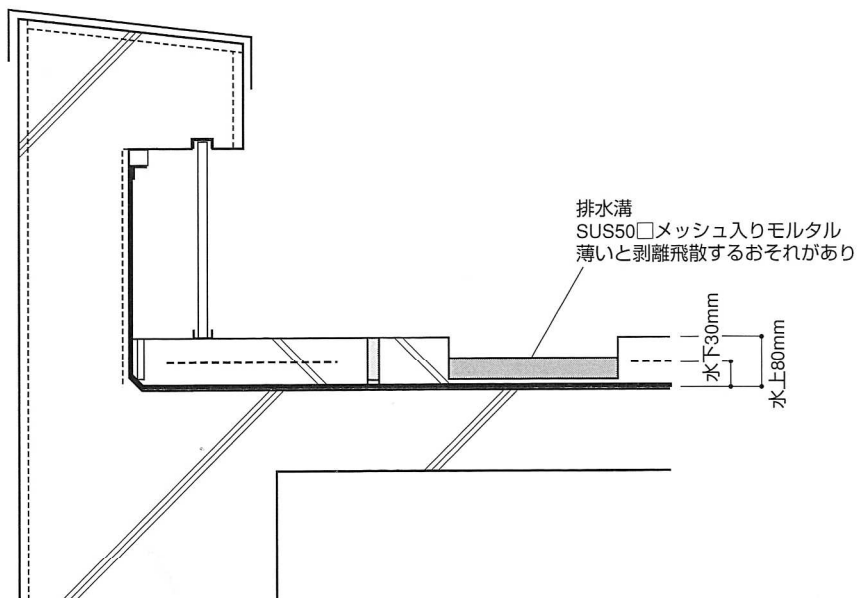


図3 排水溝

高さ可変型		高さ固定型
本体とベースが一体となったもの	本体とベースが別体となったもの	

図4 成形伸縮目地材の形状例



④露出防水配管立ち上がり

は、屋上のスラブ勾配と、保護コンクリートの勾配が同じにはならないため、目地材の下端に隙間ができ、据付モルタルが下端でつながってしまう場合で、コンクリートの自由伸

縮を拘束して、ひび割れ、パラペットの押し出しなどの原因となる。

目地材には、高さ可変型を採用することが望ましい（図4）。高さ固定型を使用する場合には、据付モル

タルが目地下端でつながらないように確実に施工を実施することが必要である。

【改質アスファルト防水】

アスファルトの溶解が不要のため、臭い、煙の少ない工法として、都市部では環境面から採用が増えていく工法である。現在、トーチ工法が一般的であるが、常温接着工法も実施されつつある。いずれにしろ接合部の確実な施工が必要な工法であり、重要なチェックポイントである。コンクリートの打継ぎ部、ひび割れについてはあらかじめ増し張り処理をする。

増張り用シートとしてJIS 6013の非露出複層防水用R種がある。後述のALC短辺接合部、PC版接合部に補強用として目地部絶縁張りで用いられるが、比較的大きな挙動が想定されるRC打継ぎ部、0.5mm以上のひび割れ処理部にも適用するのが望ましい。

【合成高分子系ルーフィングシート防水】

増張り用シートを指定製造所の仕様に基づき、改質アスファルトと同様RC打継ぎ部、0.5mm以上のひび割れ処理部にも適用するのが望ましい。

【塗膜防水】

打継ぎ部、0.5mm以上のひび割れ処理部に幅100mm以上の補強布を用い補強塗りを行う。

監理段階では、打継ぎ部およびひび割れの処置について、施工計画書にその処置方法が明記されていることを確認し、実施場所を記録し、保管するようにする。

デッキプレートを使用したスラブは、前述のようにコンクリート中の水分の影響を緩和するため、絶縁工法をとると同時に、乾燥が不十分と考えられる場合は、あらかじめ80m²に1か所程度、脱気装置の設置

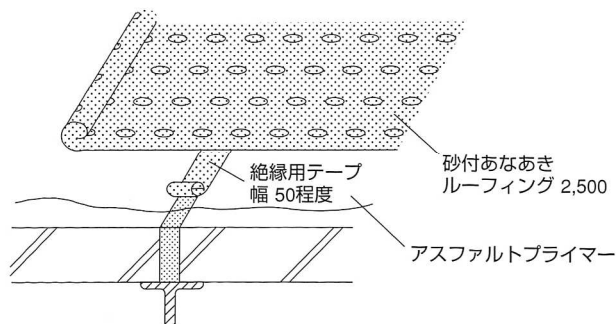


図5 ALCパネル支持部の絶縁

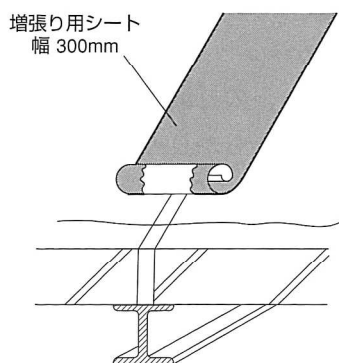


図6 ALCパネル短辺接合部の増張り

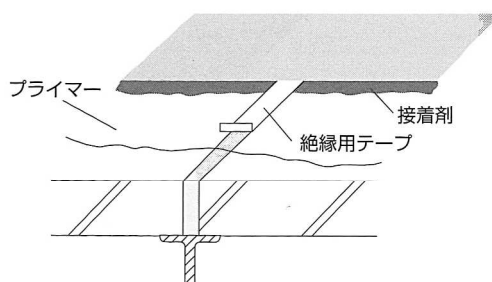


図7 ALCパネルの短辺接合部の処理

を設計に考慮する。

2) ALC版・プレキャストコンクリート版（以下、PC版）下地

パネル接合部でたわみなどで異なる動きにより、ジョイント部で防水層に損傷を起こすことがあるため、防水層の絶縁・補強方法をあらかじめ施工計画で確認し、確実に実施されるようにする。

ALC版下地には、アスファルト防水は短辺目地部には絶縁テープをはり、かつ、砂付穴あきルーフィングを使用した絶縁工法とする（図5）。改質アスファルト防水の場合は前述のように、ALC版短辺接合部に、PC版はその接合部に、増張り絶縁補強を行う（図6）。

シート防水では、それぞれメーカーの仕様に基づき絶縁テープ処理を行うなど、原則として短辺方向には確実に絶縁処理を行う（図7）。

監理段階で、施工計画書に処理方法を明記するように指導し、確実に施工されることを確認する。

屋上端部の建物形状と防水

屋上の防水端部の形状

屋上の防水端部の形状は、パラペットのように立ち上げて端部を納める場合と、立ち上げずに屋根勾配なりに端部を金物などで押える場合がある。端部の形状、平面部の防水層の保護の仕方により、日射、寒気、降雪、風などのさまざまな外力が加わり、外力の対処と防水材料のそれぞれの特性に合わせた納め方を採用する。

1) 立ち上げりを設ける場合の立ち上がり部と平面との取合い

建物屋上部は、日射、冷氣による温度応力により膨張伸縮の応力を受けるため、構造体の屋上スラブのひび割れ対策、大きな細長い建物には長手方向のエキスパンションをとるなど、耐震対策と同時に熱に対する建物計画上の配慮をしている。

露出防水の場合は、防水材自体の熱伸縮対策が必要であるため、防水



⑤露出防水立ち上がり露出。床・立ち上がりとも露出シート防水。笠木は、コンクリートあごにアルミ笠木を取り付けている

材料、工法に合わせた防水端部納まりが必要になる。

【屋上露出防水】

屋上の利用が、メンテナンス主体の場合、軽歩行を考慮した露出防水の採用を考慮する。屋上平面が露出防水の場合は、一般的に立ち上がりも露出防水となる（写⑤）。

【屋上保護防水】

屋上平面における保護コンクリートに、適切に伸縮目地を入れることについては前述したとおりであるが、立ち上がり端部において、より確実に押えコンクリートの膨張による防水材料への圧迫・損傷、防水立ち上がり躯体の押し出しを防止するため、立ち上がり部から約60cmのところに、伸縮目地を設け、立ち上がりと押えコンクリートとの間に弾力性のある成形緩衝材を入れる。

2) 勾配屋根などで立ち上げりを設けない場合

露出防水の場合、先端を巻き下げる工法がある。

【シート系の防水】

端部からのすきまり防止の観点から、先端の水切りをよくし、風圧によりめくれ上がりを防止するために先端を金物で押さえる（図8）。

【塗膜防水】

屋根、庇、バルコニーの防水には、ウレタンゴム系がよく使われる。立ち上がりコーナー部は塗膜厚確保のため

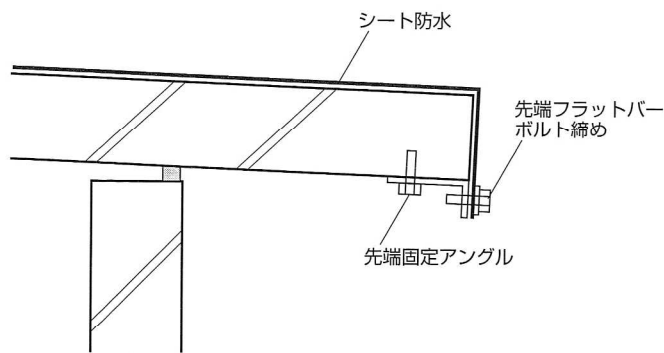


図8 シート系防水の先端納まり

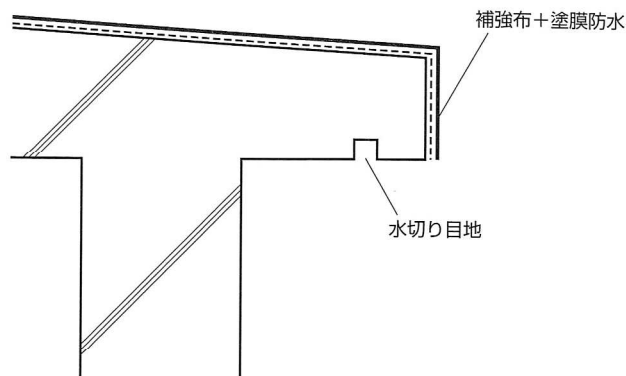


図9 塗膜防水

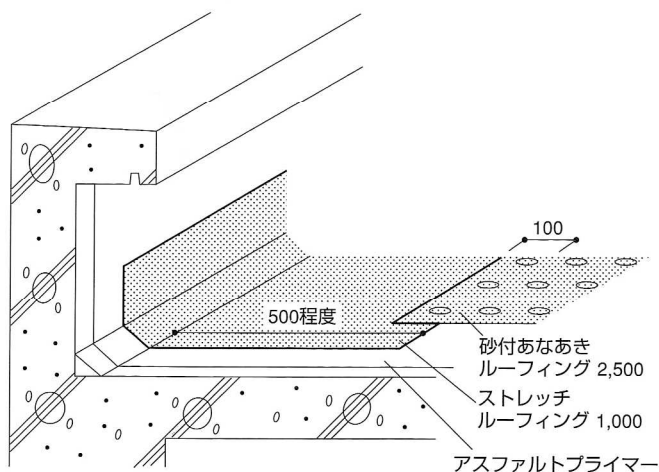


図10 砂付あなあきルーフィングの入隅の納まり

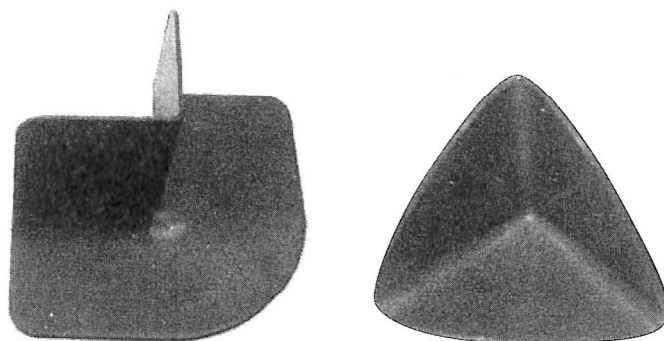


図12 成形役物例

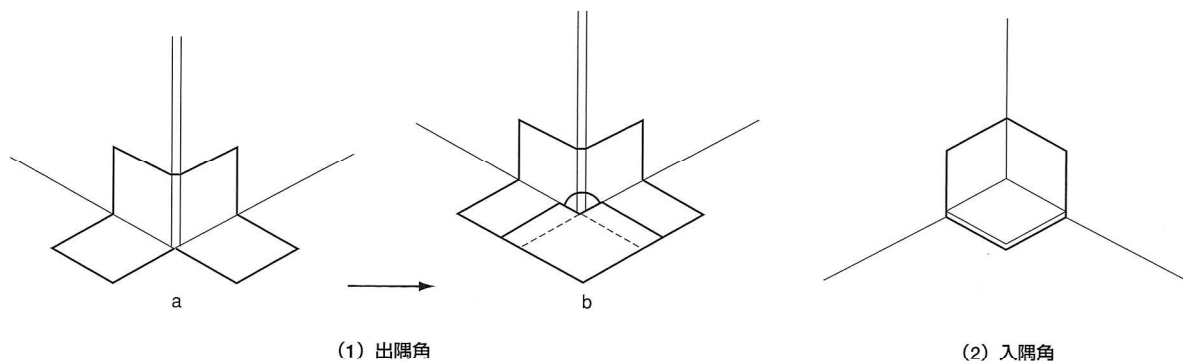


図11 出入隅角の増張り

にも補強布を入れ、水切りのよい先端形状とする（図9）。

パラペット=防水立ち上がり部

防水材料技術の進歩に伴い、防水の漏水事故は、適正に工事が行われれば平面部ではほとんどない。多くは立ち上がり部および後述するドレーンまわりの防水端部で発生している。防水の立ち上がり下地となる躯体は、防水平面部と一体となり堅牢なものでなければならない。

平面部をアスファルト絶縁防水とした場合、防水層の立ち上がり部は

平面の絶縁防水と立ち上がりの密着張りとの切り替わり点であり、入隅部、出隅部から平面にかけてルーフィングの増張りが必要である（図10）。

改質アスファルト防水の場合、改質アスファルトシートの貼り付けに先立ち、200角程度の増し張り用シートを貼り付ける（図11）。

シート防水の場合、出入隅部の施工を確実にするために、シートと同材で出入隅部の形状に合わせて成型加工したものを使用する（図12）。

塗膜防水の場合は、製造所使用により補強布を張り、補強する。

防水下地の防水の立ち上がり部には、建物の構造、パラペット天端の納め方により各種形状がある。

1) 鉄筋コンクリート造で、外壁に沿ってパラペットを立ち上げ防水を立ち上げコンクリートあごで端部を納める場合

建物のパラペットは、外面からみると外壁の延長であるため、その天端は雨水の浸入を防止し、外壁面を汚さないことが要求される。また、パラペットはメンテナンス用の丸環が取り付けられ、外壁メンテナンスのゴンドラなどの支持面としての機能もある。

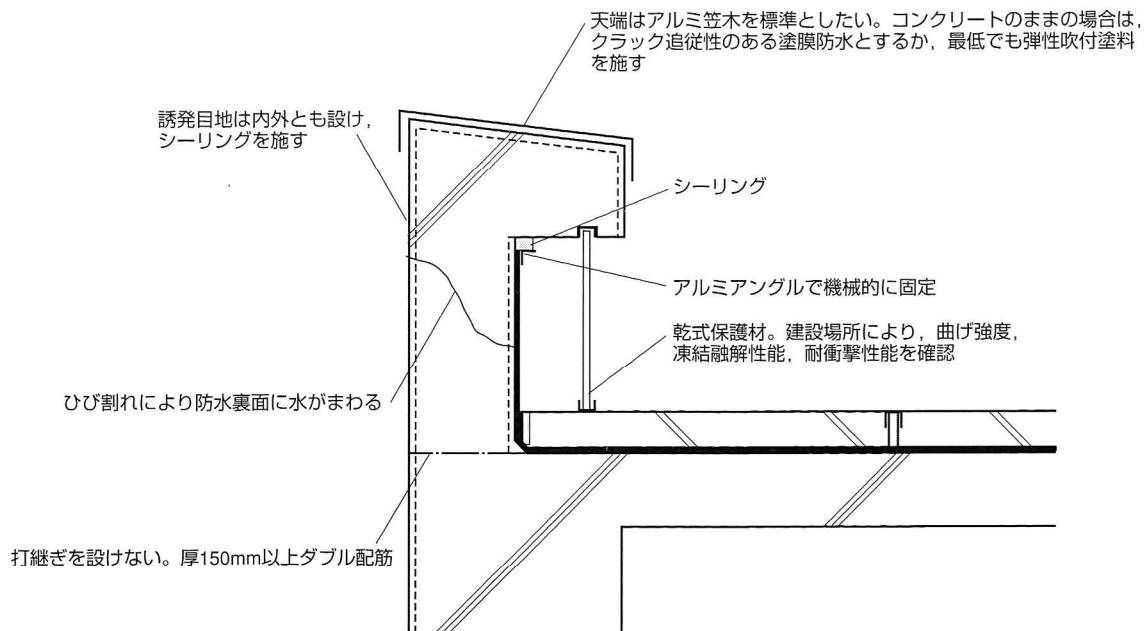


図13 パラペット部の防水の注意点

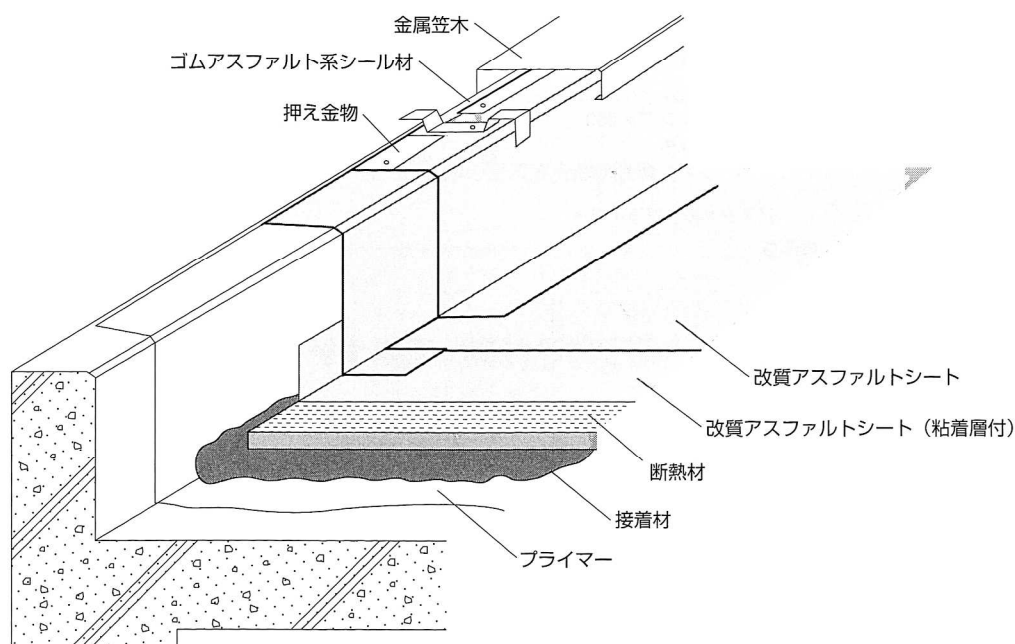


図14 防水層の種別T-MT2の例示

外壁の誘発目地は、その裏面は防水立ち上がりの接着面であり、内側躯体も目地を設け、あらかじめシールして防水裏面からの漏水を防止する処置が必要である。本題の防水の立ち上がりの支持部としての機能は、防水の立ち上がり部を確実に支持固定できること、立ち上がり防水材を外力から保護できること、防水端部からの浸水を防止できること、屋上使い勝手による美観を備えていることなどが要求される(図13)。

2) 立ち上がりが露出防水の場合、鉄筋コンクリートであごなしで天端まで防水層を巻き上げ、金属笠木で

納める工法

防水層を天端まで巻き上げ、押え金物で固定する。改質アスファルトシート防水、シート系防水、塗膜防水等露出防水の場合に多く使用される工法である。金属笠木は、熱膨張伸縮が大きいので、ジョイント目地にシーリングをしないで伸縮をフリーにして、ジョイントプレーにより納める方法が普及している。防水立ち上がりの端部を紫外線、風雨から保護する方法として有効である。ただし、寒冷地では、積雪、すがもりなどの検討を行い、シールジョイントとすることも考える必要がある

(図14)。

外壁カーテンウォールと防水立ち上がりの納め方は、防水立ち上がりカーテンウォールは分離し、平行に立ち上げ天端を金属笠木で納める(図15)。

また、防水層の立ち上がり部での下地との剥離・だれを起こさない納め方、立ち上がり部のメンテナンスを考慮した保護についても配慮が必要である(図14参照)。

防水立ち上がり部の防水保護

1) アスファルト保護防水の場合

在来工法であるアスファルト防水立ち上がりの保護として、レンガブ

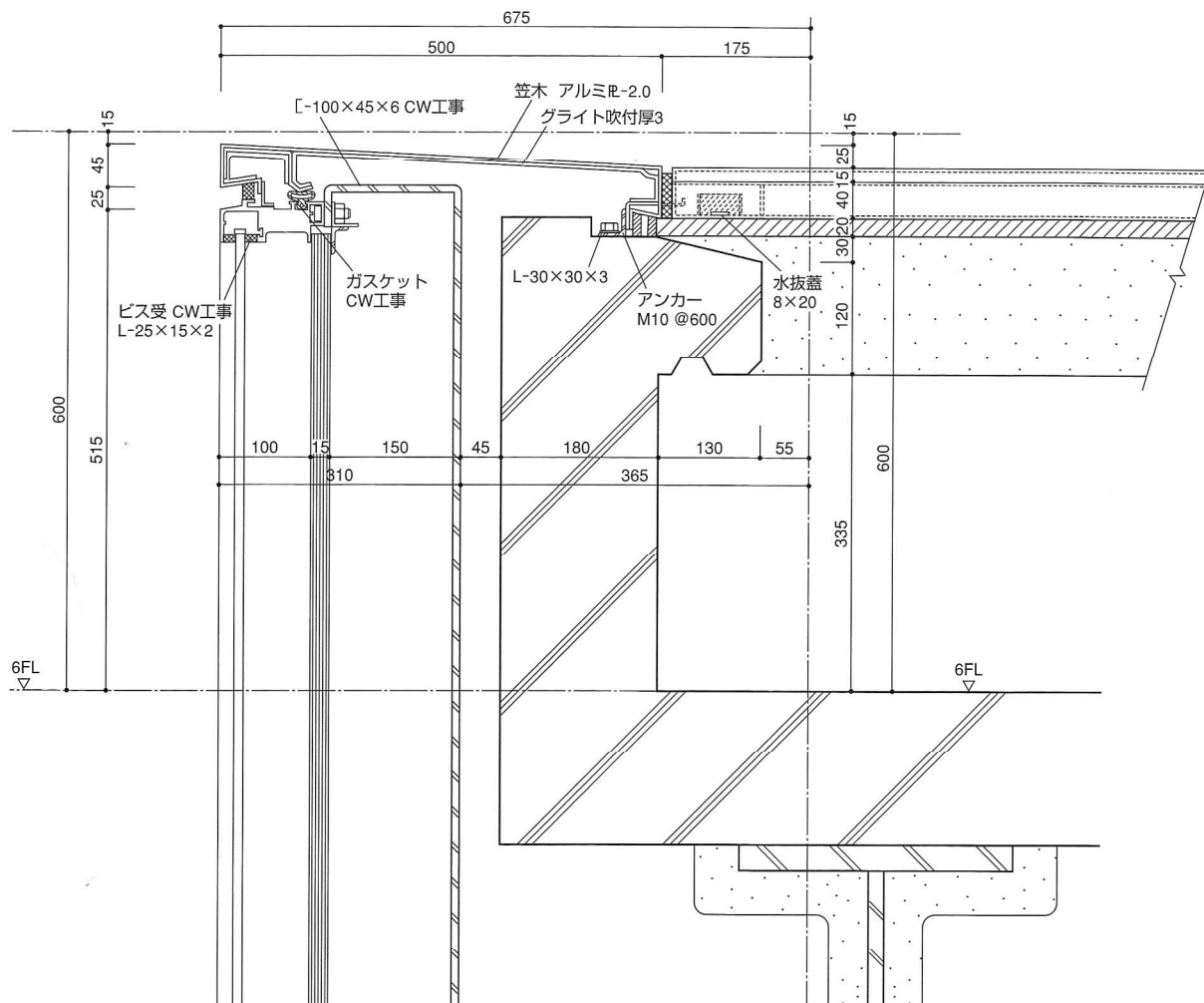


図15 カーテンウォールとパラペットの納まり



⑥防水立ち上がり隠蔽。防水立ち上がりは乾式保護材を使用。コンクリートあごはウレタン塗膜防水

ロック積み、コンクリート押えなどの湿式工法から、現在は乾式保護工法が主流になっている（写⑥）。

レンガブロック積みの職人不足、工期短縮という時代背景と、立ち上がり部のメンテナンス、更新性から、

積極的に乾式工法が採用されるようになってきている。そのため、防水立ち上がり部乾式保護工法工業会の研究会により「防水立ち上がり部乾式保護工法（設計・施工）技術指針」が作成されており、コンクリートあ

ご下で乾式ボードを納める場合、水切り金物に乾式ボードを納める場合、笠木金物に乾式ボードを納める場合などの形状が紹介されている（図16）。

立ち上がり保護に乾式保護工法を採用する場合、下記の点を検討確認する必要がある。

【高層の屋上など風圧力の確認】

保護ボードの取付けは、上部のコンクリートに打ち込まれた溝と下部のアルミ金物にケンドン式にて挿入されている。

水勾配などの影響もあり、施工精度により、かかり代が不十分になり、強風時に外れて飛散する事故がある。

前述の技術指針では31m以下に適用としている。設計で採用する場合には、風圧計算により脱落することのないことを確認し、工事段階では、施工計画にて十分のみ込み代の確保するための施工・確認方法を明確

あご下タイプ		水切りタイプ		金属笠木タイプ	
タイプ	方式	タイプ	方式	タイプ	方式
	 上部ホルダー (打込み部材) ボード ホルダー方式		 水切り金物 (上部ホルダーの機能を併設) ボード ホルダー一体化方式		 笠木取付金具 上部ホルダー ボード 取付金具一体化方式
	 水切り溝 ボード 直取付方式		 水切り金物 上部ホルダー取付部材 上部ホルダー ボード ホルダー独立方式		 上部ホルダー取付部材 上部ホルダー ボード 取付金具分離方式

図16 乾式保護工法の各タイプおよび方式の例（『防水立上がり部乾式保護工法（設計・施工）技術指針』より）

にし、確実に実行されていることを確認する必要がある。

【寒冷地の積雪に対する耐荷重】

保護ボード自体の耐凍結融解性能が必要であると同時に、積雪・凍結により側圧がかかり破損することもあると考えられる。

保護ボードにかかる衝撃・曲げ強度の検討が不可欠である。設計で採用の際に十分確認し、工事段階では施工計画にて設計指定性能を確保し、工事に反映することとする。

2) アスファルト露出防水ほか、シートなどの露出防水の場合

立ち上がり部は、露出納まりとなるのが大半である。立ち上がり防水端部は、直接外気に曝され、紫外線、横なぶりの雨、風の影響を受ける。立ち上がりは密着張りであり、塗膜防水も密着の状態であり、パラペットの誘発目地部においては、ひび割れが入ることを前提に、ゼロスパンテンションがかからないような絶縁・補強が必要である。施工計画で方法を確定し、確実に実行していることを確認する。

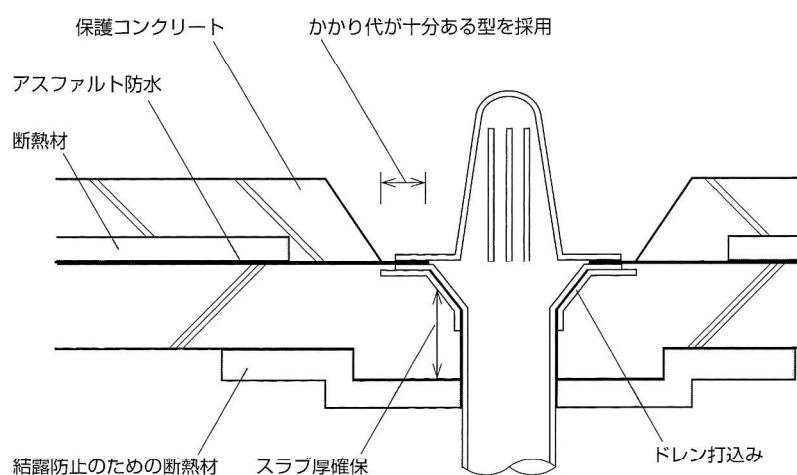


図17 ドレンまわりの防水の注意点

ドレンまわり・ハト小屋・機械基礎

屋上の配管スペースの立ち上がり、ルーフドレン、また、空調屋外機・高架水槽など機器類の機械基礎など、防水層を貫通する箇所は漏水の原因となりやすく、建物内への漏水を防止するためにその端部仕舞の処理が重要になる。また、軽微な機械類を防水層の上に載せる場合には防水層を傷めない配慮が必要である。

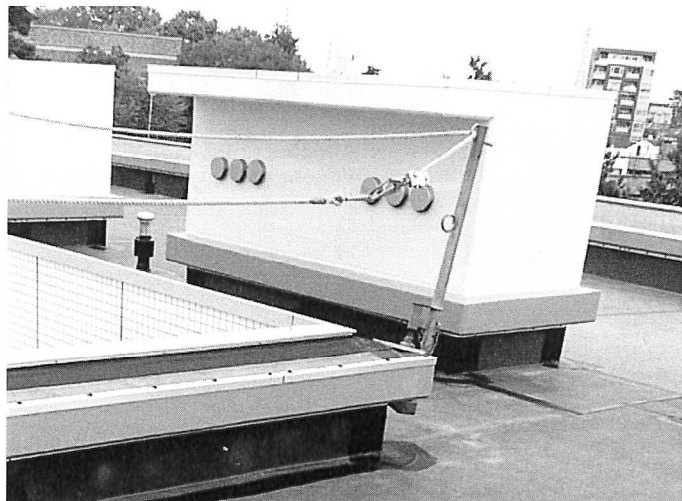
ルーフドレンまわり

ルーフドレンは、移動しないよう、

躯体への打込みを基本とする。また、ドレンのつば部分の防水層のかかり代が十分取れるドレンを選定する。

ドレン取付躯体形状は、床スラブ躯体開口と同様として扱い、ドレン打込み部のスラブ厚を確保し、開口補強を行いひび割れ防止を図る（図17）。

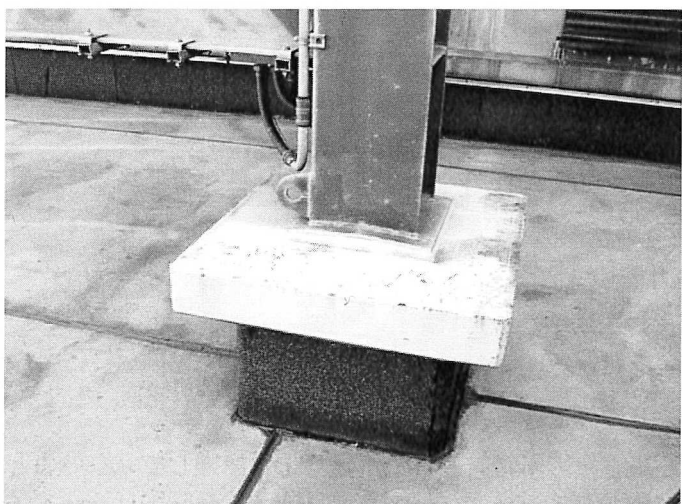
外断熱防水の場合、ドレンまわり部は断熱材が敷き込めないため、スラブ下で断熱を行う。断熱処置がない場合、スラブ下に結露を起こす危険性がある。



⑦ハト小屋（配管スペース立ち上がり躯体）。底を付けると配管取出部の漏水対策として有効。あごの天端と側面は最低でも塗膜防水を施す



⑨機械基礎躯体。床躯体から直接機械基礎を立ち上げ、防水を立ち上げる。あごを付け、天端は塗膜防水とする。アスファルト防水の場合、立ち上がり面には面を取る



⑧防水立ち上がり露出。コンクリートあご部は塗膜防水。立ち上がり部は砂付ルーフィング増張り

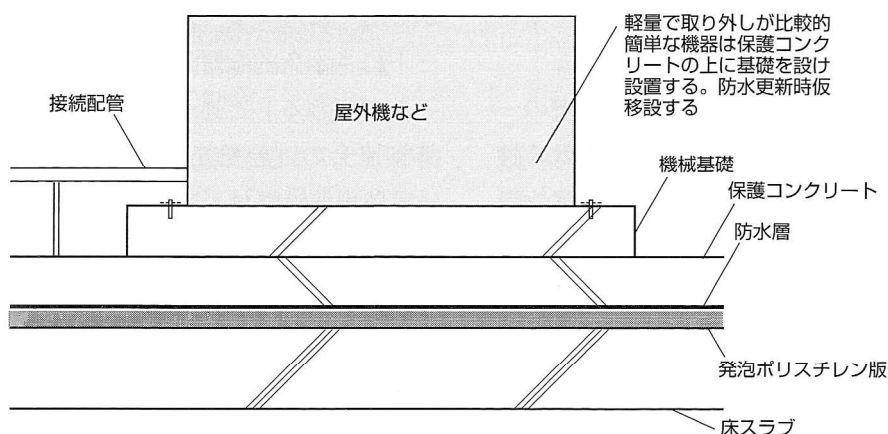


図18 軽量機械基礎

配管立ち上がり

排水管の通気配管など、屋上に開放する配管をスラブから直接立ち上げるに際しては、保護コンクリート防水の場合はコンクリートの伸縮の影響を受け、防水の欠陥を起こす可能性があるのを避ける。露出防水の場合も基本的には避けたいが、やむを得ず立ち上げる場合は、必ずスリ

ーブを取り付け、確実に防水巻上げ処理を行う。

はと小屋（配管・ダクト屋上取出し用躯体立ち上がり（写⑦））

屋上の機器との接続の配管、ダクト、配線は、屋上に床スラブから小屋を設け、その壁面から取り出す。取出し面には庇を設け、直接雨がかりを避けるのも防水上有効である。

立ち上がり躯体にはあごを設け、パラペットと同様に納める。ただ、屋上でメンテナンスが容易に行える場合、コスト縮減を考えて、あごは塗布防水とし、防水立ち上げ部は露出防水とし、端部は金物押えとすることも可能である（写⑧）。ただし、アスファルト防水の場合は砂つきルーフィングを増張りし、露出仕様とする。

機械基礎

1) 重量機器の基礎

屋上機器の重量物の荷重が直接防水層にかからないようにするため、また、経年劣化による防水更新時、機器を移動しないで防水の更新ができるようにするために、構造体スラブから直接機械類の基礎を立ち上げる（写⑨）。

2) 軽量機器（防水保護コンクリートがある場合）

軽量で（目安として500kg程度）、防水の更新時比較的移設が可能な機器は、防水層の上に置くこともあるが（図18）、更新時に建物を使いながら改修することを考えるとできるだけ避けるほうがよい。

露出防水の上に置く場合は、より軽量で簡易なものに限る。基礎下には防水層を増張りする。

（おおの けいじ）



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【斜壁の防水】

名知博司

清水建設(株)技術研究所生産技術開発センター

はじめに

2005年6月14日12時40分頃、東京都中央区新川で発生した外壁タイル張り仕上げの崩落事故は、2名の負傷者を出す惨事となり、報道でも大きく取り上げられた。オフィスビルの5階と6階の間の斜壁部分に張られたタイル仕上げの一部(5×7m、約785kg)が路上に落下し、その破片が歩いていた女性と乗用車のボンネット部分を直撃した。女性は、頭に重傷を負い、車を運転していた男性も、急ブレーキをかけた際にひざを負傷した。

このオフィスビルは、建物全体が二丁掛けタイルで覆われていた。問題の斜壁部分には防水が施され、その上にモルタル下地が施工され、タイルが張られていた。一般的な外壁タイル張り仕上げとは異なり、コンクリート躯体とモルタル下地の間に、防水層が介在していた。タイル張り仕上げの落下は、この防水層とモルタル下地との接着界面から発生した。防水層が施された斜壁に、タイル張りで仕上げるといふ、通常の外壁タイル張り仕上げとは質の異なる問題である。

本稿では、何故、タイル張り外壁には防水層がないのか、斜壁は屋根なのか外壁なのかについて述べるとともに、斜壁に求められる性能を

ぐる現状の対応と技術的課題について述べる。

斜壁は外壁か屋根か

斜壁とは、建築基準法第56条1項1号により、「建築物の各部分の高さ」を制限された部分の外壁のことで、その種類は表1¹⁾に示すとおりである。ある地点からの離隔距離に応じて一定の倍率の高さまで建築できる制限は、各地点の許容高さを結ぶ斜めの線になる。用途地域ごとの斜線の勾配、用途地域および容積率の限度ごとの適用距離が定められている。

斜壁は、法的な解釈では外壁の一部といえるが、斜壁に求められる性能やそのあり方については、建物所有者、設計者、施工者、専門工事業業者および建材メーカーなど建物に携わる当事者間にコンセンサスが得られているとは考えにくい。

現状のRC造では、外壁に防水層を施すことは一般的ではない。一方、陸屋根は確実に防水されている。現状の斜壁は、防水されている場合と、防水されていない場合の両方が存在していると考えられ、性能面でいえば、外壁と屋根の境界であると考えられる。

奈良²⁾は、「外壁を防水するという考え方が意外に普及していないのは、コストアップすることと、設計

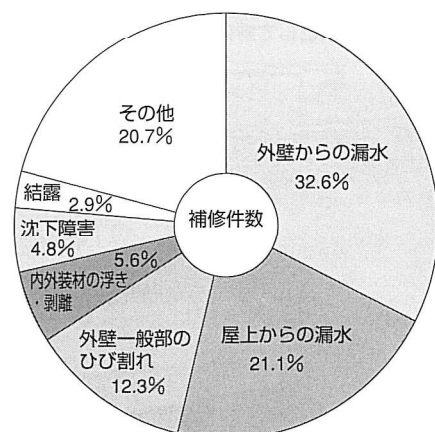


図1 建物のクレーム調査例

者たる建築士が認識していないことによる。外壁を塗膜防水材で防水すれば、コンクリート欠陥部からの漏水を防ぐだけでなく、鉄筋コンクリートに半永久的な耐久性を期待することができる」と述べている。(社)建築業協会の「建築工事 瑕疵・クレーム防止技術マニュアル(改訂版)」³⁾より、建物のクレーム調査例を図1に示す。調査結果は「外壁からの漏水」が「屋上からの漏水」を上まわっている。このことから直ちに外壁に防水層が必要との結論には至らないが、奈良が指摘したように、設計者や施工者の外壁からの漏水に対する認識の甘さが読み取れる。

斜壁は、陸屋根のように雨水が滞留することは考えにくいですが、外壁よりも降雨水量が多く、さらに雨水が斜壁を流れ落ちることから、外壁よりも漏水しやすい条件であることは間違いなく。筆者は、壁の勾配や内部の使用環境などに関係なく、斜壁

表1 容積率の限度に応じた斜線制限

区 域	容積率の限度に応じた斜線制限			
	20/10以下	20/10超30/10以下	30/10超40/10以下	40/10超
第一種低層住居専用地域 第二種低層住居専用地域 第一種中高層住居専用地域 第二種中高層住居専用地域 第一種住居地域 第二種住居地域 準住居地域 注) 第一種・第二種低層住居専用地域以外では、①前面道路幅員12m以上のときの緩和がある。②特定行政庁が指定する区域では、容積率20/10超のとき適用距離5m減、勾配は1.5/1とする緩和がある。(中高層住居専用地域では容積率40/10以上の地域に限る。)				
近 隣 商 業 地 域 商 業 地 域	40/10以下	40/10超60/10以下	60/10超80/10以下	80/10超100/10以下
	100/10超110/10以下	110/10超20/10以下	120/10超	
準 工 業 地 域 工 業 地 域 工 業 専 用 地 域 用途地域の指定のない区域 (この区域の勾配は1.25または、1.5のうち特定行政庁が定めるもの。適用距離は30/10超はすべて30m)	20/10以下	20/10超30/10以下	30/10超40/10以下	40/10超

の場合には防水層を施すことが必須と考える。他方、外壁は建物の顔に相当し、斜壁もまた顔の一部である。建物所有者や設計者が、代表的なRC造の外装仕上げとして普及しているタイル張りを斜壁にも施したいと考えることも、理解できる。この場合、タイル張り仕上げした斜壁には、防水性と剥落防止性の両立が必要となってくる。

現状の対応と技術的課題

国土交通省の対応⁴⁾

冒頭のタイル仕上げ層の崩落事故を受けて、国土交通省は、類似の建築物の所有者に対して、外壁調査診

断と調査結果を求めるとともに、全国の地方自治体に対して、類似の建築物を調査し、必要に応じて建物所有者に改修を指導するように通知した。通知の詳細は、「調査対象は、
 ①中心市街地並びに避難道路および避難地に面する地域にある
 ②3階建以上で竣工後おおよそ10年以上経過している
 ③落下した場合に危害を与えるおそれのある傾斜した外壁
 に該当する建築物」である。ここでは、同様の事故が他でも起きる可能性が高いことから早急な対応を求め、調査対象を斜壁に限定した。

2006年10月24日に公表された最新の調査結果⁵⁾によると、「調査を要

求した建築物」の件数20,993件に対して、「調査報告のあった建築物」の件数は11,305件であり、回答率は約54%と調査はあまり進んでいない。「落下のおそれがあるとされた建築物」は943件で、そのうち、「落下防止対策済みの建築物」の件数394件と、「落下防止予定の建築物」の件数232件を合わせても約66%となり、3割強の建築物が依然として、危険な状態にさらされている。

国土交通省大臣官房営繕部監修の公共建築工事標準仕様書では、外壁防水については触れられていない。岩井⁶⁾によると、公共工事で外壁防水の必要性を認めないのは、設計および監理がしっかりしているために、

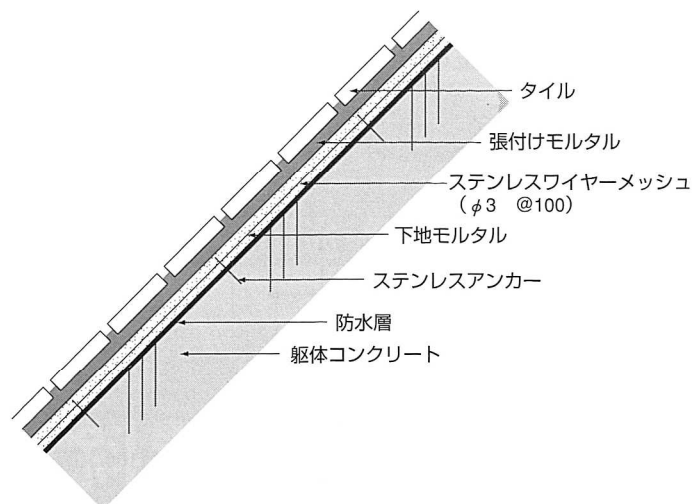


図2 代替案1. 機械的固定を併用したタイル張り

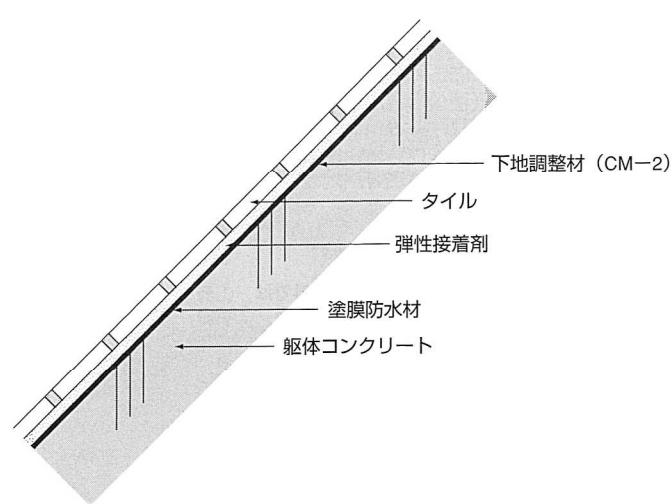


図3 代替案2. 弾性接着剤を用いたタイル張り

コンクリート外壁には漏水に至るひび割れは存在しない、という建前があるからであると解説している。

建築業協会の対応

建築業協会（BCS）の材料施工専門部会仕上材料分科会では、2003年3月に、「外壁からの漏水防止技術に関する調査報告」⁷⁾をまとめた。この報告書の中では、RC造集合住宅外壁において、故障事例を分析し、漏水防止対策が必要な部位を選定し、納まり図集（標準図、代替案、問題のある納まり）を作成した。

- ①標準図：10年保証に対応した納まり
- ②代替案：10年保証には対応できないが、特殊な事情で標準図を採用できないときの納まり
- ③問題のある納まり：不具合事例などから、止水ラインや納まりなどに問題があり、漏水する危険性の高い納まり

斜壁タイル張りの納まりについては、以下のような見解が示されている。

「斜壁は雨掛かりが多く、屋根と同様に防水性が必要な場合が多い。タイル張り面には完全な防水性はないため、その下地側に防水性が必要となる。斜壁は、鉛直面より受熱量が多く表面温度が高くなる。このため、一般外壁より温度伸縮が大きく、ひび割れが発生しやすい。また、壁

面流水が一般外壁より多く、ひび割れ部から内部に漏水しやすい。斜壁におけるタイル張りは、防水性の確保とタイル張り層の剥落防止の両面を達成しなければならない。このため、基本的には、斜壁へのタイル張りは行わず、アスファルトシングル等を用いた屋根仕様または建築用塗膜防水材仕様（JIS A 6021）として、防水性の確保を優先的に考える。」

しかし、現実にはタイル張り仕様が存在するため、図2および図3に示す2仕様を代替案として、提案している。代替案1は、タイル張り仕上げを落下させないことを最優先して、防水層を貫通したアンカーボルトにタイル張り層を緊結する工法である。この工法は、タイル張り仕上げが剥落する危険がなくなることが最大の利点であるが、ステンレスアンカーボルトが防水層を貫通しており、防水性には不安が残る。一方、代替案2は、塗膜防水材の上に、有機系弾性接着剤（国土交通省官民連帯共同研究「有機系接着剤を利用した外装タイル・石張りシステムの開発」⁸⁾の品質基準に整合する材料）でタイル張りする工法である。この工法は防水性と剥落防止性を同時に解決できる可能性を秘めているが、コンクリート躯体と防水層および防水層と弾性接着剤などの層間は接着に頼る工法であり、長期的な変質劣

化を含む接着耐久性の保証が今後の課題である。

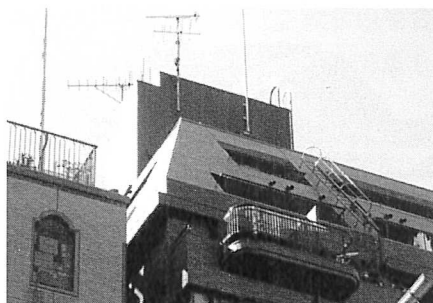
全国タイル業協会の対応⁹⁾

全国タイル業協会（全タ協）は、前述の崩落事故について独自に調査を行い、その原因が、斜壁部分に施された「防水層とモルタル下地の界面」で接着力が低下し、防水層からタイル張り層がズレ落ちたものと結論付けた。タイル自体が剥がれ落ちたとか、タイル施工に問題があったて発生したものとは無関係であり、他の仕上げにおいても、同様の被害に至る危険性があることを指摘している。

全タ協では、外装仕上材の剥落事故を未然に防ぐために、技術資料⁸⁾を発刊し、タイル張り仕上げの安全性向上に向けて取り組んでいる。斜壁へのタイル施工については、「防水層を設けるとともに、ステンレス製のアンカーピン+メッシュ筋等で物理的に固定した下地モルタル層を作成したうえでタイル張りを行う」としており、建築業協会の代替案1を推奨している。

日本外壁防水材工業会（NBK）の対応¹⁰⁾

アクリルゴム系の外壁用塗膜防水材は、屋根防水材を起点に外壁防水材に進化したものである。出始めの頃（1970年代）は、雨漏りの約70%が外壁からの漏水であり、それが外壁防水に取り組むきっかけとなっ



①斜壁施工事例

た。NBKの報告では、これまでの累積施工実績は、20万物件で約2億 m^2 に達している。現在、外壁防水は、屋根防水と同様に防水保証制度を実施しており、そのための責任施工体制を基盤に置いている。

NBKによると、斜壁の防水は、外壁防水仕様が採用されることが多いようである（写①）。現行のJIS A 6021（建築用塗膜防水材）では、屋根用と外壁用の性能が提示されている。アクリルゴム系については、防水塗膜の伸び率が300%以上となり、屋根防水材に匹敵する性能が規定された。また、 $-10^{\circ}C$ の低温環境下にて、2.5mmと0.5mmの伸縮を2,000回繰り返す耐疲労性試験が加わった。すでに、アクリルゴム系塗膜防水材は30余年の実績がある。経年後のアクリルゴム系防水塗膜を回収し、ひび割れ追従性試験を実施した結果を図4¹¹⁾に示す。最長32年経過した後も、2mm程度のひび割れ追従性を有しており、初期値4.5mmに対して約44%を維持してした。コンクリート躯体に想定されるひび割れ幅（約0.3mm）に対して十分に追従可能な優れた耐久性が検証された。

斜壁の施工上の留意事項

事前検討

斜壁の施工に際して、要求性能、仕上げの種類および納まりについて、図面に基づき、関係者で打合せを行う。その際、原設計がタイル張り仕上げの場合には、防水性の確保

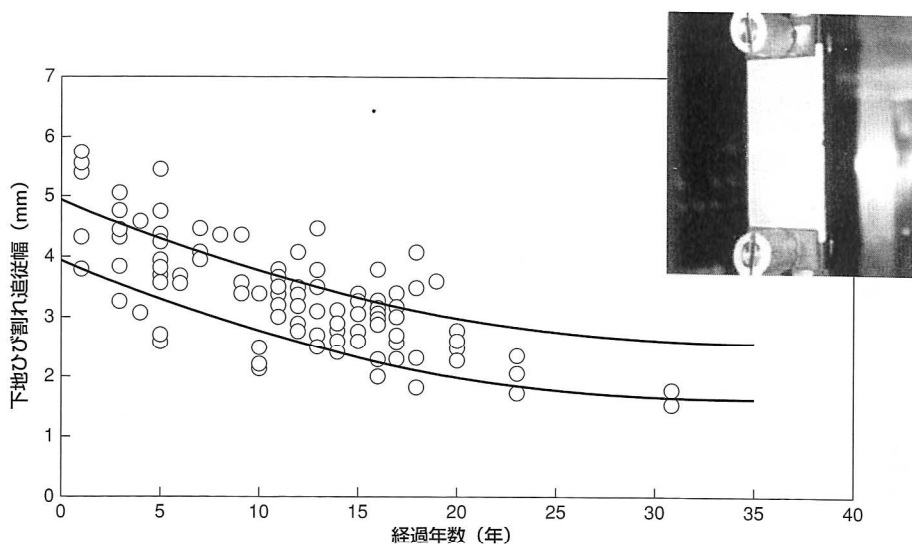


図4 アクリルゴム系防水塗膜の下地ひび割れ追従性の経年変化

を優先的に考えて、屋根防水仕様または外壁塗膜防水仕様などに変更できないかを検討する。

下地の精度

コンクリート躯体精度には、十分に注意を払う。下地面は、うねりや凹凸がないようにする。躯体精度が悪く、多大なつけ送り補修を行うと、将来、浮きにつながりやすい。

下地の確認

塗膜防水の場合には、埃、異物、油分、レイトンスなどは、接着を阻害する要因になるので、付着がないことを確認する。

モルタル下地は、十分な乾燥期間を取る。下地の乾燥が不十分な場合、ふくれ、剥離、花咲き現象が起こりやすい。特に、下地のひび割れ部分に水分が残っていることが多い。

防水層の施工

プライマーの可使時間、オープンタイムなどは、下地の種類および施工環境によって異なる。メーカーの仕様などを確認し、正しく施工を行う。

塗膜防水の性能は、防水層の膜厚で決まると考えてよい。したがって、塗膜厚の確保には、最大の注意を払う。防水層の工程および所要量を遵守し、使用量管理を行うのが一般的である。

おわりに

2005年6月に発生した斜壁の崩落事故をきっかけにして、斜壁に求められることと、現状の技術的対応と課題について整理した。残念ながら、斜壁については十分な対応ができていないといえない状況にあり、今後、建物の資産価値を維持する視点に立って斜壁のあり方が議論されることを期待する。（なち ひろし）

【参考文献】

- 1) 日本建築学会編：建築法規用教材，丸善出版，2006年2月
- 2) 奈良利男：知っておきたいマンションの防水，マンション修繕費用05前期版，経宣出版，2005年
- 3) (社)建築業協会：建築工事 瑕疵・クレーム防止技術マニュアル（改訂版），1995年7月
- 4) 防水ジャーナル：特集外壁崩落の見極めと対応策，2006年10月
- 5) 国土交通省住宅局建築指導課：既存建築物における外壁材の落下防止対策に関する調査結果について，2006年10月
- 6) 岩井孝次：ますます期待される外壁防水，アロンウォール，アロンウォール Technical Report Vol.26，東亜合成，2006年8月
- 7) (社)建築業協会：外壁からの漏水防止技術に関する調査報告，2003年3月
- 8) 国土交通省：有機系接着剤を利用した外装タイル・石張りシステムの開発，1996年10月
- 9) (社)全国タイル業協会：外壁タイル張り設計上の配慮事項・施工管理上の注意事項
- 10) 谷川伸：外壁防水の必要性，建設工業調査会ベース設計資料No.125建築編（前），2005年6月
- 11) 谷川伸：アクリルゴムのDNAが支える60年対応外壁塗膜防水工法，月刊PROOF，2004年7月



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【室内防水】

金崎俊造

鹿島建設(株)建築管理本部建築技術部

室内防水の要求性能

室内防水に対する設計監理者、施工者の品質管理に対する認識は、屋外防水と同レベルにないように思われる。それは、屋外防水が大面積で建物の根幹であるシェルターとしての機能を担っていることもあるが、室内防水が小面積で、日射や外気や風雨に曝されないなという面に起因していると考えられる。しかし、見方を変えると、万が一不具合が発生した場合、屋外防水では作業場所が外部であることから、内部の機能がある程度維持したまま改修することができるのに対し、室内防水での改修ではそれがほぼ不可能である。つまり、室内防水では、内部を含む大規模な改修工事が無い限り、建物の寿命より防水層の寿命が上まわる必

要がある。このように、室内防水は屋外と同等、かつ、違った視点での設計監理上の配慮と施工管理が必要である。

室内防水に用いられる工法

室内防水に一般的に用いられる防水工法と用途との対比表を表1に示す。屋上防水がアスファルト防水の場合、室内防水にも使用されることが多い。アスファルト防水は、その臭いに起因する近隣からの苦情と作業環境の悪化により、特に室内では敬遠される傾向にあるが、密閉式の溶融釜、低臭型アスファルトにより環境の改善が進んでいる。その他の室内防水工法には、シート防水、塗膜防水、ステンレス防水や複合防水も使用される。特に、常時水に曝されるか否か、下階の用途などで使用できる工法が異なり、また、床仕上材によっても工法に制約がある。以

下に室内防水で考慮すべき事項を順に説明する。

構造スリットの周辺

これは用途を問わず見落としがちであるが、屋内外を問わず、構造スリットと取り合う部分に防水が必要となる部位が計画されているケースがある。構造スリットは柱のせん断破壊を防止する目的で設置するものだが、地震時に壁と柱・スラブの挙動が異なり、その部分に防水層を設けると、防水層の破断など不具合発生のおそれ大きい。故に、構造スリットのある壁に防水が取り合わない計画とすることが望ましい。やむを得ない場合は、図1に示すように、立上りより上にスリットを設けるか、図2に示すように、別に立上りを設け防水を施す方法が考えられる。しかし、前者で取り合う壁が外壁の場合、目地の位置が他と異なり

表1 室内防水工法と用途

防水工法	保護材の種類	浴室	トイレ		厨房	
			水洗いあり	水洗いなし	水洗いあり	水洗いなし
アスファルト防水	密着工法 ストレッチルーフィング2層	コンクリート、モルタル	◎	◎	※	◎
改質アスファルトシート防水	トーチ工法	モルタル	○	※	※	○
シート防水	エチレン酢ビ樹脂系（厚1.0mm）	ポリマーセメントモルタル	△	○	○	—
	ビニル床シート溶接工法（厚2.0mm）*		—	—	◎	—
塗膜防水	ウレタン樹脂系	仕上塗料	—	△	○	—
	エチレン酢ビ樹脂系エマルジョン	仕上塗料	—	△	○	—
		コンクリート、モルタル	○	○	○	△
ステンレス防水	溶接工法		—	—	—	◎
複合防水	改質アスファルト防水常温工法	コンクリート、モルタル	○	◎	※	○

注) 下階に居室があることを前提としている。

* 防水性はあるが内装工事に分類され、防水保証はでない。

◎：推奨する仕様

△：条件付きで使用可

—：適用不可・選定対象外

○：グレードに応じ適用可

※：適用可であるが一般的でない

意匠的に見苦しくなり、後者の場合は内法寸法が狭くなることを考慮しなければならない。

浴室

ユニットバス

一般的なホテルやマンションではユニットバスやハーフユニットバスを用いる例が多い。ユニットバスでは浴室全体が防水性のある材料でつくられるため、また、現場で組み立てるだけでよいので、配管類が確実に接続されていることを確認する。ハーフユニットバスも同様であるが、浴槽より上部のデザインに自由度がある反面、壁自体に防水性のある材料を使用し、ハーフユニットバスに取り合うシーリングが確実に施工されていることを確認する必要がある。

防水が必要な浴室

次に、防水を必要とする浴室であるが、大きく分けて、①浴室の床と立上りを防水しポリエステルなどの浴槽を設置する場合と、②浴槽をコンクリートで現場打ちし防水性を付与する場合（造付け風呂の場合）がある。大浴場や高級ホテルの浴室では②のケースが多くみられる。これらはユニットバスと異なり、仕上げをタイルや石張りとするのができ、高級感を醸し出すことができるが、設計・施工上、配慮しなければならない点が多い。比較的規模の大きい浴室の納まり例を図3、4に示す。浴室においては立上り部の防水層の高さが重要であり、床からは400mm以上、浴槽周辺では浴槽天端から150mm以上、出入口付近でも100mm以上、シャワーヘッドが高所に設けられる場合は、図5に示すようにシャワーヘッドより高い位置まで防水層を施す。

浴室の防水で最も配慮しなければならない事項は、浴槽に張られた水

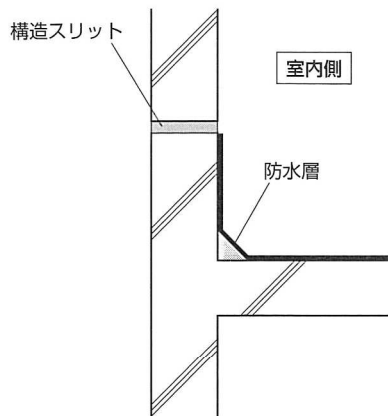


図1 構造スリットと防水の取合い (1)

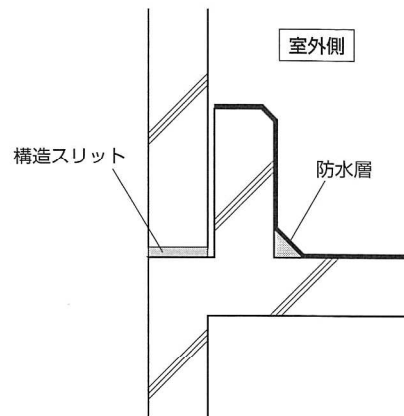


図2 構造スリットと防水の取合い (2)

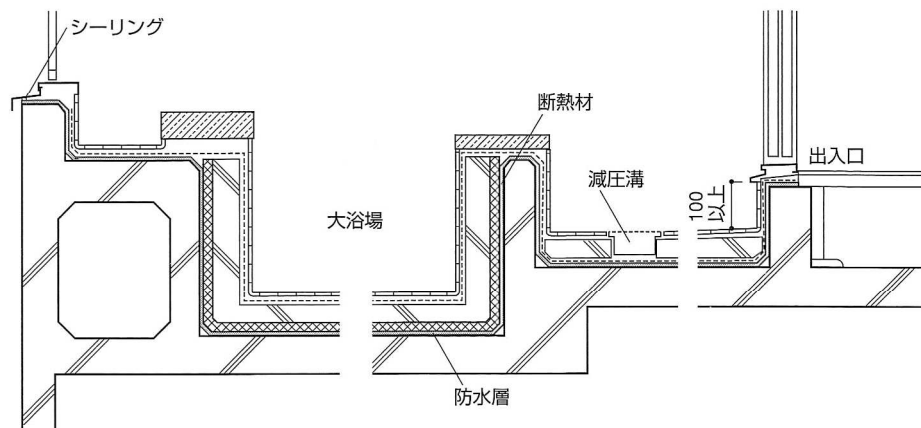


図3 大浴場の納まり例1

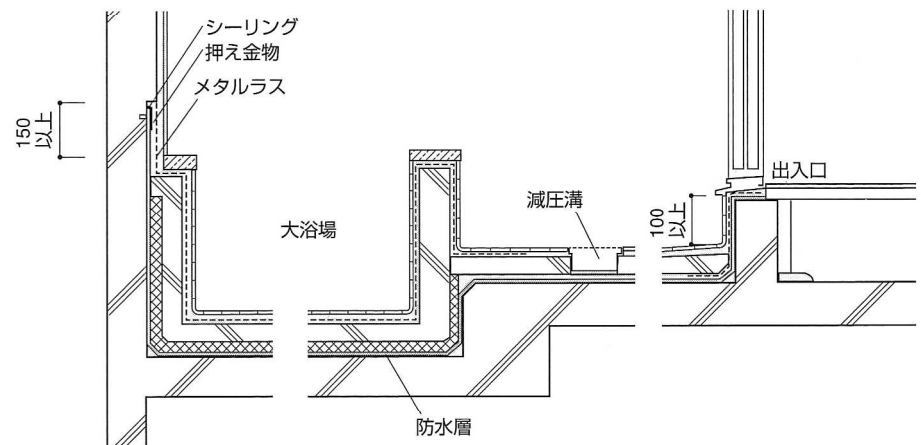


図4 大浴場の納まり例2

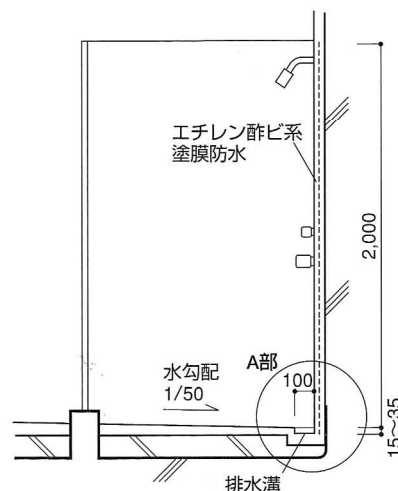
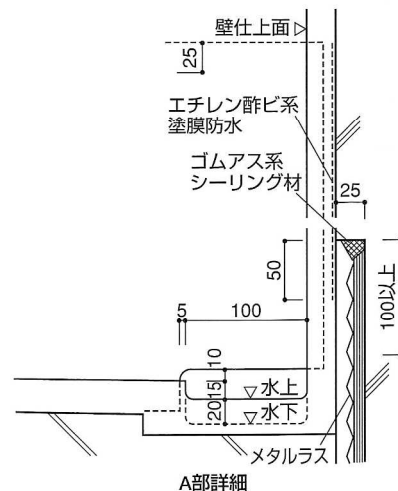


図5 シャワーヘッド位置と防水納まり

とその他の部分のレベル差から生ずる水圧に起因する水の浸透である。図6は浴槽の水位と浸透水の流れを



示したものであるが、浸透水は浴室内に留まらず、浴室外へも悪影響を及ぼすおそれがある。つまり、この

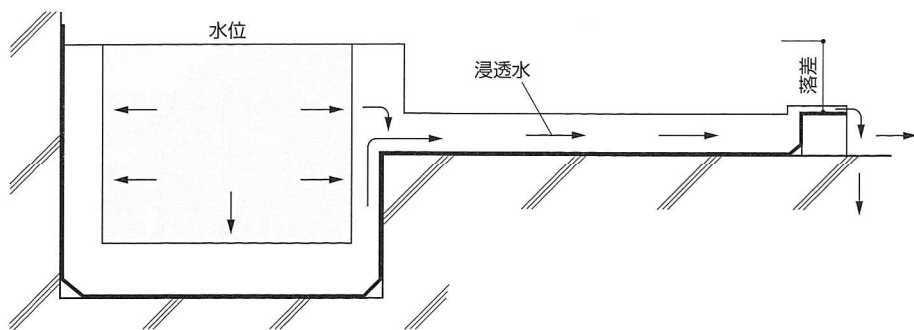


図6 造付け風呂の水位と浸透水の流れ

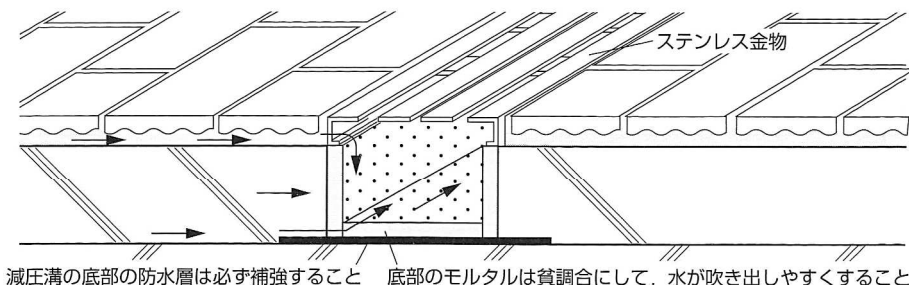
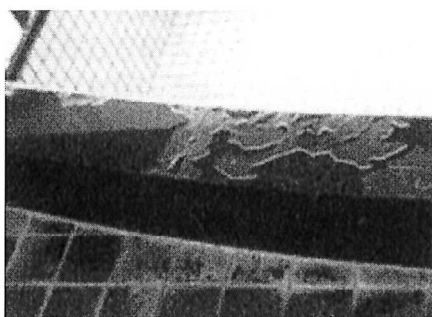


図7 減圧溝の例



①浴槽際に発生したエフロレッセンス

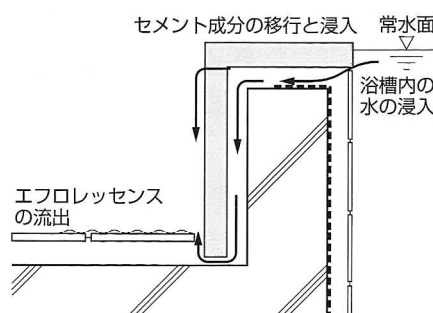


図8 エフロレッセンスの発生メカニズム



②洗面室の床石に発生した染み・変色

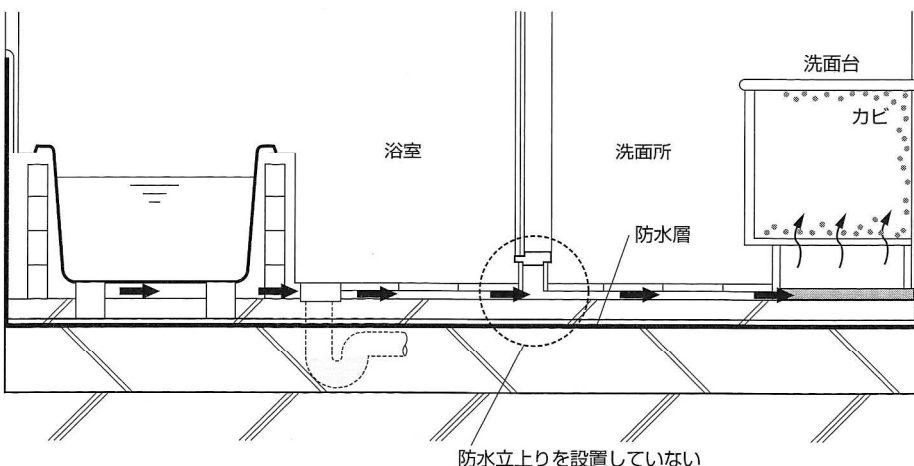


図9 浴室・洗面室の断面図（不具合例）

水圧差による浸透水を克服すれば、不具合の大部分を回避することができる。先の図3、4にある減圧溝はこの水圧を緩和するために設けるものであり、図7のように減圧溝底部の防水層は必ず補強し、その上のモルタルは貧調合として潜伏水が出やすくする必要がある。

前述の①のケースでは浴槽自体に防水性があるため、この浸透水が問題になることは少ない。

②のケースの造付け風呂の場合について、不具合防止の観点から各部の納まりを検討する。写①は浴室の床タイル面にエフロレッセンス（白華）が発生したケースである。これは図8のように浴槽内の水のレベルが床面より高いため、その水圧差により、笠石裏面とタイル裏面に水が浸入したことが原因である。浸入した水は、石やタイル張りに使用したモルタルの遊離石灰と反応し、水酸化カルシウム水溶液となり、タイル目地などから染み出し、空気中の炭酸ガスと反応して炭酸カルシウムとして析出する。これがエフロレッセンスである。これを防止する方法として、洗い場側の立上り際に排水溝（減圧溝）を設けて、水圧を開放するのが最も有効であるが、それができない場合は、防水を浴槽のコンクリート天端まで十分に立ち上げ、笠石と防水層をシーリング材で連続させる納まりとする。

写②は、浴室に隣接する洗面室の石張りの床に染みが発生したケースである。これは、図9のように浴室と洗面室の防水層が同じレベルで施工されているにもかかわらず、浴室と洗面室で縁が切れていないことが原因である。予防対策として、浴室の防水と、浴室ほど防水性の要求されない洗面室とはまったく別に考え、浴室単独で防水パンを形成させることが重要である。また、図10に示す

ように、洗い場より出入口を100mm以上立ち上げ、防水層を建具の沓摺と直接取り合わせる納まりとする。同様の事例として、図11は浴室の前室の床下を水が伝い、踏込み部まで漏水した事例である。これは浴室の防水層と沓摺が不連続であったため生じた不具合であり、前例と同様に防水層と沓摺を接続させることにより防げる。

最近、特に医療施設などでは、浴室と脱衣室の段差をなくしたバリアフリー仕様が通常となっている、このケースでは洗い場の排水溝とは別に、図12に示すように、浴室の出入口に水切りのための排水溝を設け、出入口側を水上として1/100以上の床勾配を確保する。

次に防水と貫通配管の取合いであるが、写③は室内床防水層と配管貫通部の納まり不良の事例である。このように配管同士、防水立上りと配管が近すぎると、手が入らないため適切に防水ができない。防水を貫通する配管は極力避けるべきであるが、室内防水の場合は浴室に限らずやむを得ない場合が多い。それ故、特に室内では、床防水配管貫通の詳細を設計段階でよく検討しておく必要がある。図13に示すように、防水貫通スリーブが複数ある場合は、それぞれ有効寸法で100mm以上の間隔とし、立上り躯体から有効寸法で60mm以上離して設置する。

トイレ

洋式トイレ

近年、トイレは洋式が主流であり、水を流さず拭き取りを前提として防水を省略する傾向にある。しかし、便槽が詰まりオーバーフローすることもあるので、下階の用途によってはビニル床シート溶接工法程度を施す必要がある。ビニル床シート溶接

工法は防水ではなく、あくまで内装であるが、一時的な水に対する防水は期待できる。壁との取合いは、図14に示すように100mm程度巻き上げておくことが望ましい。

和式トイレ

和風便器を用いる場合など、水洗いで清掃することが予定される場合には必ず防水が必要となる。便所関

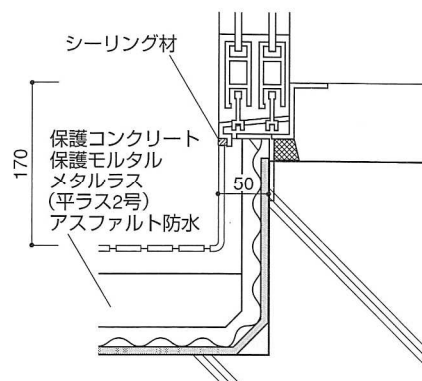


図10 出入口沓摺と防水の納まり例

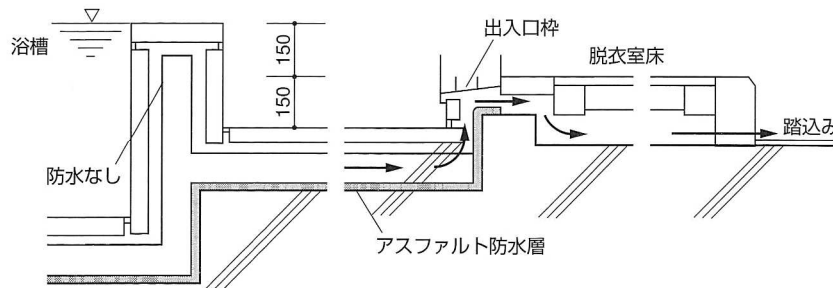


図11 出入口の防水の納まり不良による漏水

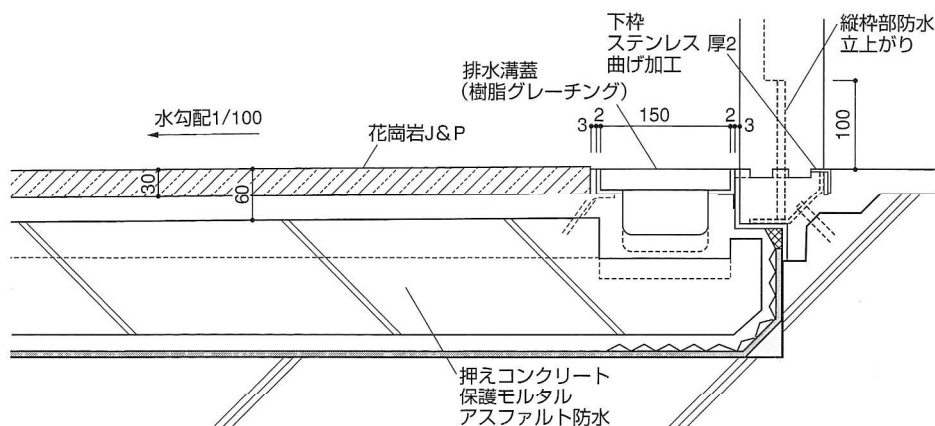
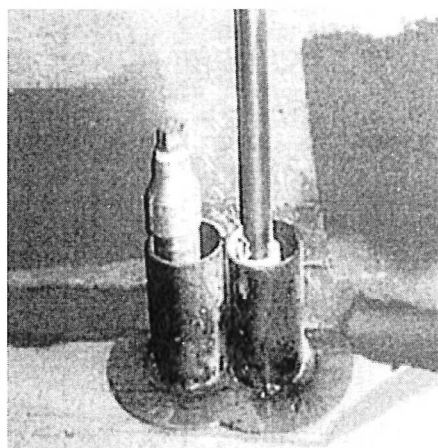
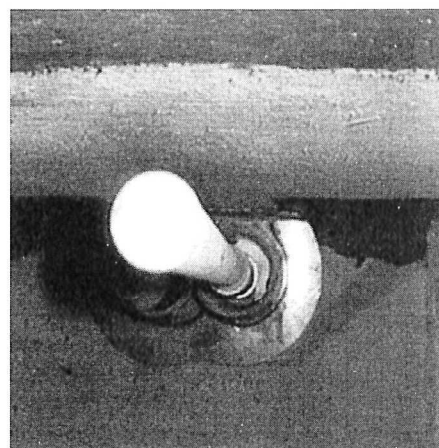


図12 バリアフリー浴室出入口断面図



浴室床の配管貫通取合いにおいて2本の防水貫通スリーブが重なって取り付けられている
③不適切な防水貫通配管例



立上りの躯体に近すぎたため防水施工が不可能な状況

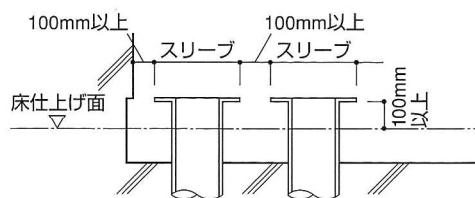


図13 防水貫通スリーブの配置例

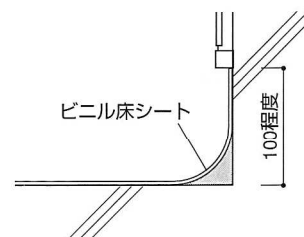


図14 ビニル床シートの端部納まり

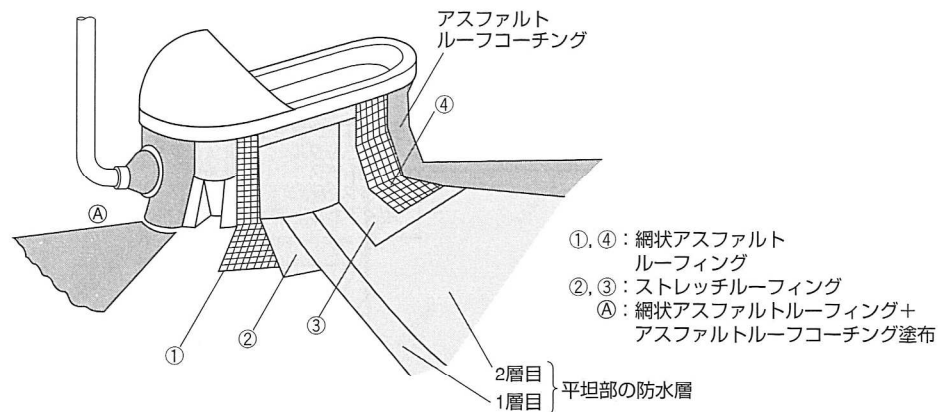


図15 アスファルト防水と和便器の納まり例

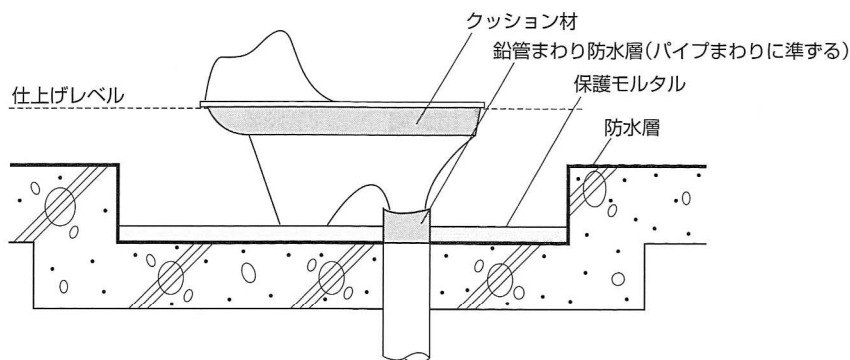


図16 防水レベルを下げた和便器の納まり例

系の防水では浴室と同様に、床面と立上り天端高さとの関係および配管類の取合いに注意が必要である。在来の和風便器は、図15のように防水層と一体化させていたためメンテナンス性が悪かったが、最近では図16のように和風便器まわりを下げ、防水層と切り離した納まりに変わってきている。

厨房

厨房においては室全体を防水する場合と、洗い場周囲に限定して防水する場合があり、その使われ方および厨房機器との関係によって考え方が異なる。一般に大規模な厨房においては防水をした床スラブの上に嵩上げコンクリートを打設し、その嵩上げ代内で排水ピットや配管類を処理することが多い。このため、防水層の立上り高さが低いとオーバーフローの可能性があるため、床仕上面から200mm以上の立上りを確保する。同様に出入口まわりにおいても100mmは確保する。給仕用ワゴン

の出入りを考慮したバリアフリー仕様となる場合は浴室同様、出入口際に水切り用の排水溝を設置する。

厨房などの排水にはごみ、油分を取り除くため、グリーストラップ（阻集器）が設けられる。グリーストラップをコンクリート造とすると防水の施工性が悪いので、通常ステンレス製の既製品を床スラブに打ち込むことが多い（図17）。しかし、その固定が悪いと、防水層との取合部で防水層が破断することがあるので留意する必要がある。また、ステンレス製のグリーストラップと防水が取り合うつばの部分が、ルーフレンのように押える機構となっていないので、つばの部分と防水層が十分付着しているかを確認する。

また、下階の用途にもよるが、遮音のため防水層の上に遮音材を置くケースも少なくない（図18）。遮音材は要求される遮音性や強度により決まるが、グラスウール96kg品、厚25mmの二層張りとすることが多い。遮音仕様とする場合の留意点であるが、重量物が載る場所は遮音材

が圧密沈下し、上部防水層の立上り入隅にせん断力が加わるため、柔らかいシートで補強を行う（図19）。

リニューアル事例

次に、地下駐車場をステンレス（以下、SUS）防水にて厨房にリニューアルした事例を紹介する。リニューアルの場合、嵩上げコンクリートの荷重増を許容できないことが多い。この場合、露出の塗膜防水やFRP防水なども考えられるが、HACCP対応、緩勾配での水はけを考慮しSUS防水とした。SUSは304材とし、包丁落下による孔空き、溶接性などを考慮し、厚み2mmを使用した。既存のスラブの上にモルタルで1/200の勾配をとり、その上にSUS板のパンをつくる。SUS板とモルタルとの固定は、一部アンカー止めした裏当板に溶接したが、主にエポキシ系接着剤による。排水ますは蓋とSUS板床面とフラットなるよう溶接した（写4）。巾木の入出隅は工場にて加工し、裾のみを溶接する（写5⑥）。配管が床SUS板を貫通しないよう間仕切壁内部に通し、幅木部のさや管から抜く計画とした。SUS防水では溶接部の品質管理が重要であり、平部分は真空検査（写7）、立上り部分はカラーチェック、排水ますまわりは水張試験を行った。SUS板は熱伸びのため直接熱湯がかかると表面が膨れるおそれがあり、清掃などで使用する水温は40℃程度とする必要がある。また、表面が滑りやすいので防滑シューズの着用を要する。これらは事前に説明しておく。

（かなさき としなり）

【参考文献】

- 1) 市川裕一：用途別に学ぶ建築防水 屋内の防水，建築技術，2003年5月号No.640
- 2) 社建設業協会施工部会編：建築携帯ブック 防水工事，井上書院，2006年2月
- 3) 高瀬高司・中村卓実・岩井孝次：建築の防水 現場経験にもとづく収まりの基本と実践，工文社，2002年12月

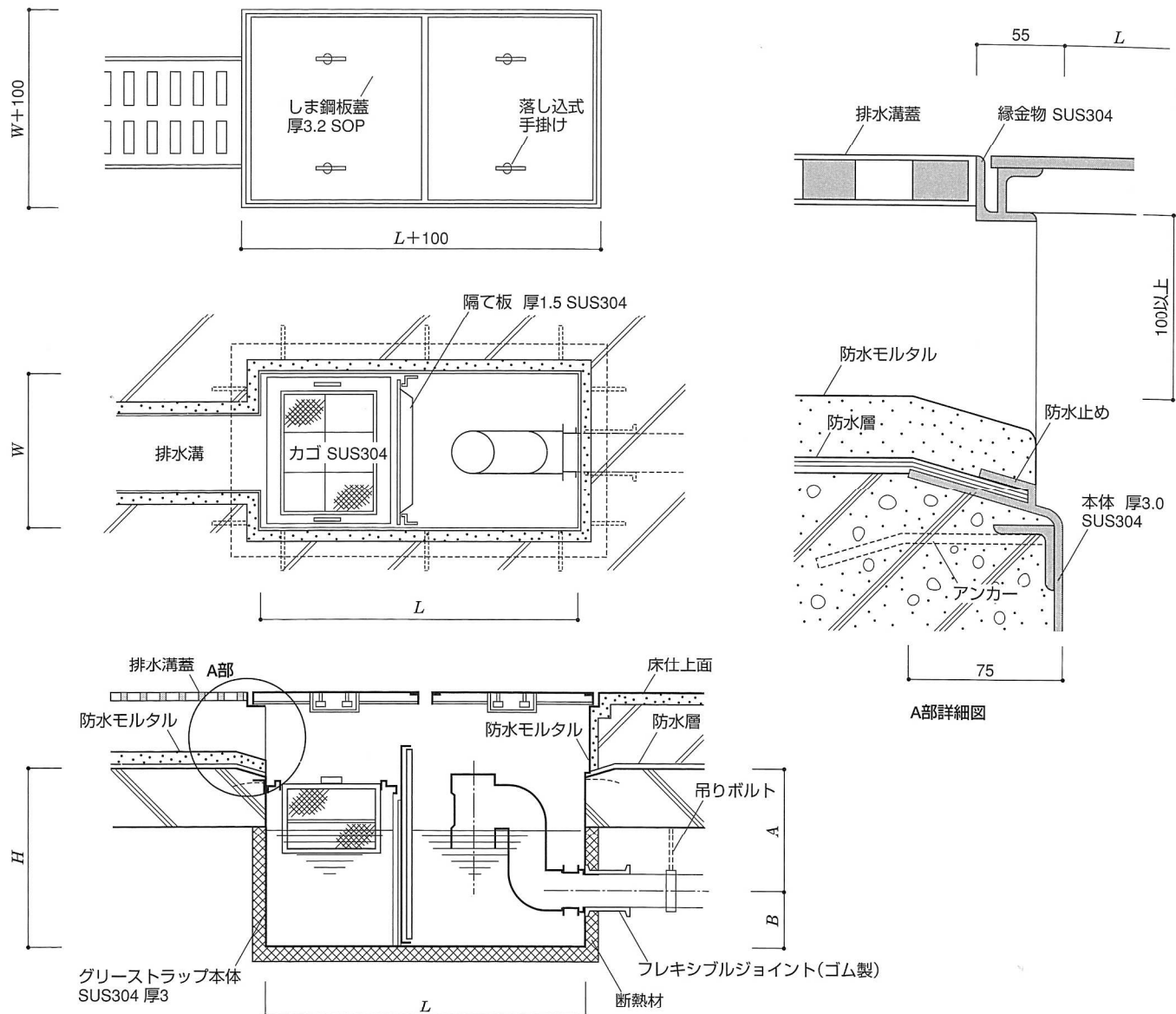
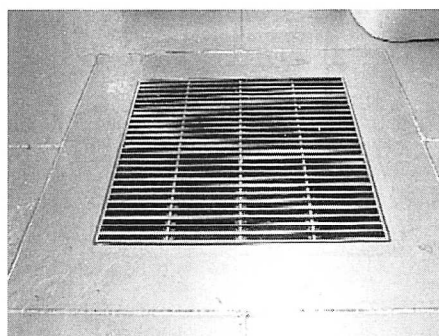


図17 グリーストラップの納まり例



④排水ますの溶接

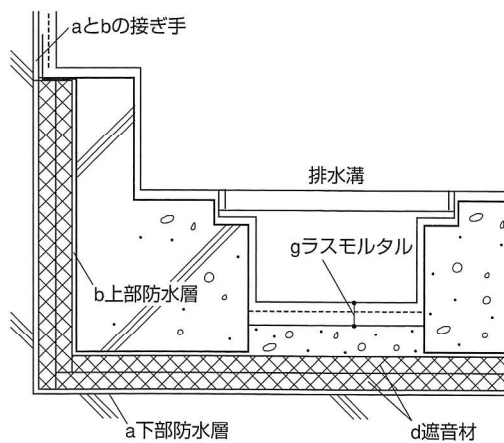


図18 遮音層を有する防水層の納まり例

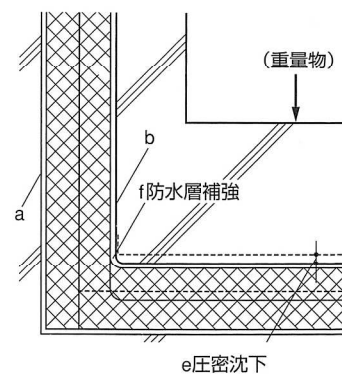
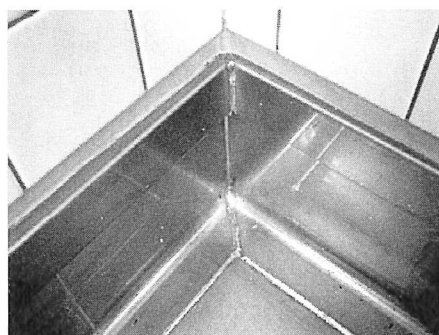
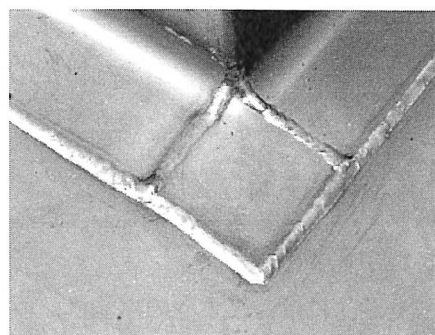


図19 緩衝材による防水補強



⑤入隅の溶接



⑥出隅の溶接



⑦平場溶接部真空検査



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【地下防水】 地下外壁の防水

堀長生

(株)大林組技術研究所建築材料研究室

はじめに

従来、地下室といえば事務所ビルや商業ビルの駐車場用途が大半であった。しかし近年では、地下といえども快適な居住空間としての要求が高まっている。一方、都市部では地下水の揚水規制がかけられた結果、地下水位は上昇を続けている。そのため地下躯体防水の重要度はますます高まっているが、地下防水工事に関する不具合が多発しているのも現実である。

その原因として、以下のようなことが考えられる。

- ①屋根の防水工事と異なり、垂直面での施工がほとんどで、下地コンクリートの乾燥も十分に期待できないことが多い。
- ②地下躯体の外壁側にメンブレン防水層を施工するのが理想的であるが、敷地いっぱいに建物を建てることが多く、地下躯体の施工後に、防水工事を行うことが不可能なことが多い。
- ③地下工事中は、周辺の地下水位を下げて工事を行うため、地下防水層の性能確認が不可能なうえ、地下防水層は、地下に埋設されるため、万一不具合が発生した場合補修も不可能である。

一般の防水工事に比べて、地下防水工事は工法を選択も含めて手引き

書が少ないのが現実である。日本建築学会では、2001年の防水シンポジウムにおいて地下の防水をテーマとして取り上げたが、改めて2006年4月から地下防水工法WGを立ち上げ、適切な地下防水工法の設計・施工法を確立するため、鋭意活動中である。

地下水対策の計画

地下における水対策は、以下の3つに大きく分けられる。

- 1) 躯体の水密性を考慮するが、漏水してきた水に対しては、建物の機能を損なわないように二重壁により排水する対策

この工法は、図1に示すように、地下躯体面から200mm程度の間隔において、コンクリートブロックやパネル類を用いて化粧壁を設ける方法で、地下壁から浸入した水を集水ピットに排水する方法である。地下水位が上昇を続けている昨今、地下水保全や下水道の都市インフラへの負担を考慮すると好ましい工法ではない。しかし、地下外壁防水は地震などにより一旦損傷すると補修が不可能なため、地下に水を嫌う重要な施設が設置されている場合、施設内に水を浸入させない処置として排水対策が必要となる。

一般的には、二重壁の機能は、躯体内に浸入した水を速やかに排出す

ることと、壁面における結露を防止する防湿効果もねらっている。

- 2) 躯体の水密性を考慮し、水密性の弱い打継ぎ部分に漏水処置を行う部分防水対策

従来の地下水対策は、この1)と2)の併用対策が多かったといえる。

地下躯体の防水は、構造躯体の水密化を図るとともに、メンブレン防水工法による外防水が原則である。しかし、立地条件や経済的な理由によってメンブレン防水を省略することも多い。そのため構造躯体の水密化が重要となり、あらかじめ設計段階から欠陥となりやすい部位に部分防水対策を施す必要がある。

- 3) 地下躯体の外壁にメンブレン防水層を施工する防水対策

1)や2)の方法によって室内に水を入れない水対策はできても、地下水や地中に浸透した雨水が地下躯体に浸透することは、躯体内部の鉄筋を湿潤状態にし、腐食の原因となる。特に近年では、ウォーターフロントと呼ばれる海岸近接地域では、浸透水に塩分を含むことになり、鉄筋腐食を加速させる危険性が特に高い。これらのことは、鉄筋コンクリート部材の耐久性を著しく損なうことになる。

建築物の長寿命化が求められている現在、地下躯体の外壁側でメンブレンによる完全な防水層を施工することは、極めて重要なテーマである

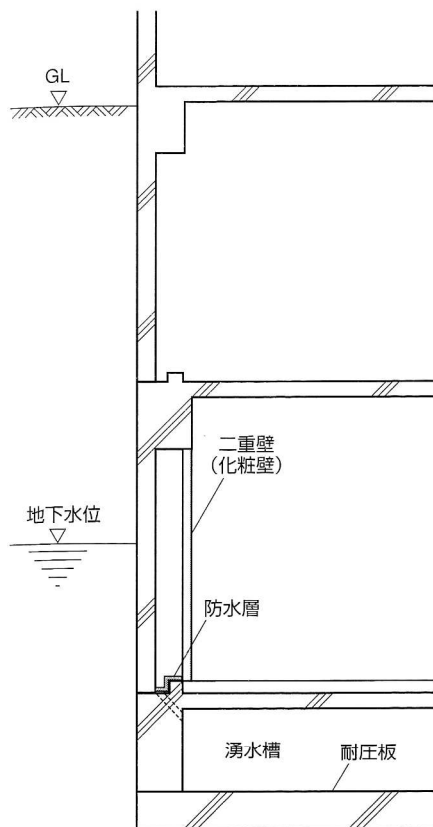


図1 二重壁の施工例

ことを認識する必要がある。

地下防水の設計上の要点

地下の水対策を考える際には、以下の要点を事前に検討しておくことが必要である。

1) 立地条件と地下水

計画建物の立地条件と地下水の条件は対策検討のうえで重要な要素となる。建物の立地条件が、臨海地域、丘陵、平地、傾斜地などにより地質や地下水脈も異なるし、地下水の常水位面は、建物地下より上か下か、地下水に塩分あるいは有害な成分が含まれていないか、水位に変動があるかなど、地下水に対するいろいろな状況を調べることが必要となる。

2) 敷地と建物の配置

敷地に十分余裕のある場合には、各種の山留め工法が採用できるが、近年特に都市部においては、設計条件として建物地下外壁線を隣地境界線にぎりぎりまで接近させて配置計画することが多い。したがって、地下掘削工法や地下構造物構築工法に

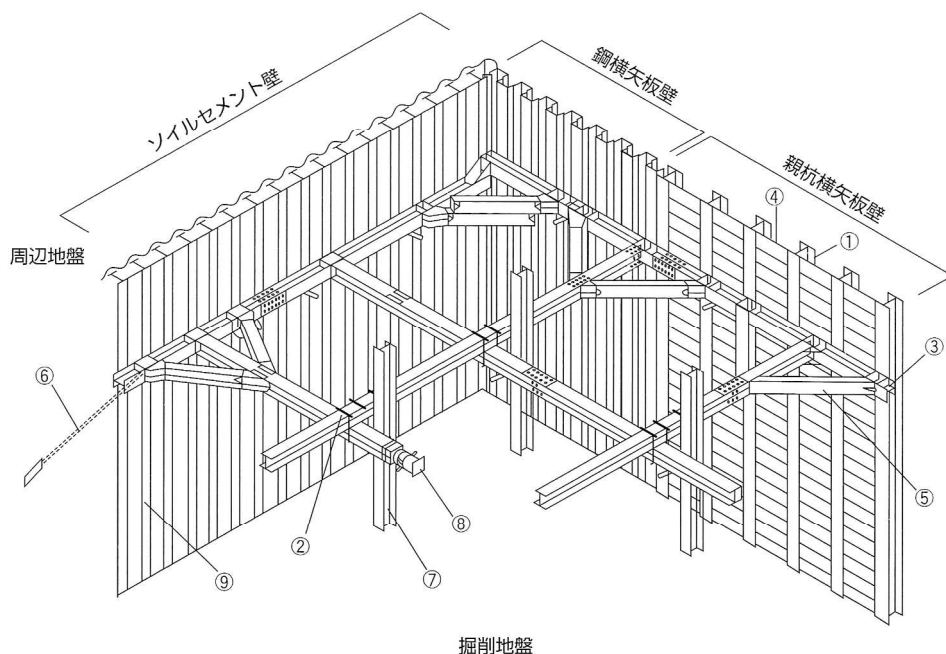


図2 山留め架構の概念図（鋼製切梁の例）

も各種の制約が生じ、採用できる地下防水工法に影響を及ぼす。

3) 掘削と山留め工法

敷地に十分な余裕のある場合には、伝統的な法付けオープンカット工法も可能であるが、掘削土量の低減対策や敷地の有効利用の理由から、近年では山留め壁・オープンカット工法が主流になってきている。また、地下構造物の規模・深さにより、掘削方法・躯体の構築工法も異なり、工期短縮の観点から逆打ち工法を併用する場合もある。

4) 地下室の用途と防水要求レベル

地下室の用途によって要求される防水レベルは異なる。地下駐車場のよう、機能上は漏水があっても目隠しをすればよいレベルから、室内への漏水が許されない電気室、防水はもとより防湿性まで求められる本・紙類の倉庫など用途に応じて防水の要求性能の検討が必要である。

地下躯体の施工法

地下防水工法を設計・施工する場

合、地下躯体工事の概要を把握しておくことは重要である。ここでは、地下躯体の施工法を簡単に紹介する。

構造物の基礎や地下部分を構築するために行う地盤の掘削を根切りという。根切りをすると、それまで安定していた土の状態を崩すことになり、場合によっては地盤が崩れたり、周辺の地盤や構造物に有害な影響を及ぼす危険性がある。このような被害を防止するために山留めを行う。**図2**に鋼製切梁を例にした山留め工法の概念図を示す。

根切り・山留め工法の種類

根切り・山留め工法は、根切りの方法と山留めの方法との組合せにより、**図3**に示す種類に分類される。

オープンカット工法には、平面全体を一度に掘削する総掘り工法と、部分的に掘削して構造物の一部を先行して構築する部分掘削工法がある。

総掘り工法は、山留め壁を設けずに地山を垂直に掘削する地山自立工法や、法をつけて掘削する法付けオープンカット工法、山留め壁を設けて地盤を押さえながら掘削する山

留め壁オープンカット工法がある。

部分掘削工法は、通常、山留め壁を設けるのが前提となる。外周部に法を残して中央部を掘削して先行躯体を構築し、躯体を反力として切梁で山留め壁を支えながら外周部を掘削するアイランド工法、山留め壁を二重に設けて外周部の躯体を構築し、躯体で地盤を支えながら中央部を掘削するトレンチカット工法がある。

近年では、逆打ち支持杭・逆打ち支柱を構築した後、1階の床・梁を先行して施工し、これらを支保工として下部を掘削し、順次下階の躯体の構築と掘削を繰り返して地下工事を進める逆打ち工法が、工期を短縮する目的から採用されることが多い。

山留め壁の種類

建築工事で採用されている山留め壁の種類と分類を図4に示す。

透水壁には、親杭横矢板壁がある。H形鋼などの親杭を一定の間隔で地中に建込み、掘削を進めながら親杭間に木材などの横矢板をはめ込んで山留め壁を構築する。

止水壁は、山留め壁の材料により、鋼矢板壁、ソイルセメント壁、場所

打ち鉄筋コンクリート地中壁がある。鋼矢板壁は、鋼矢板を継手でかみ合わせながら、連続して地中に打ち込んで山留め壁とする。鋼矢板には、一般にU形鋼矢板（シートパイル）が使用される。曲げ剛性・止水性が高い山留め壁としてソイルセメント壁、場所打ち鉄筋コンクリート地中壁がある。ソイルセメント壁は、土とセメント系懸濁液を原位置で攪拌・混合し、円柱形の構造体を地中に連続して造成し、H形鋼などの芯材を挿入して山留め壁を構成する。場所打ち鉄筋コンクリート地中壁は、安定液を用いて壁状の溝を掘削し、鉄筋籠を挿入した後、コンクリートを打設して山留め壁を形成する。

支保工の種類

山留め支保工の種類と分類を図5に示す。

支保工の形式は、切梁方式、アンカー方式、逆打方式に分類される。

切梁方式には、鋼製切梁工法と鉄筋コンクリート製切梁工法がある。鋼製切梁工法は支保工としての実績が最も多く、信頼性も高い工法である。ただし、不整形な平面形状の場

合や切梁長さが80～90mを超えるような場合には適用が難しくなる。鉄筋コンクリート製切梁工法は不整形な平面形状の場合に有効であるが、強度発現までに日数を要し、解体が必要となり産業廃棄物が発生するなどの欠点がある。

アンカー方式には、地盤アンカー工法とタイロッドアンカー工法がある。地盤アンカー工法は、不整形な平面形状の場合や偏土圧が発生する場合に有効である。また、工事場内に切梁などの支保工がないので、掘削の作業効率が高い。ただし、山留め壁の背面に地盤アンカーを打設できることが必須条件となる。タイロッドアンカー工法は、ごく軽微な山留めを除いて、自立山留め工法において山留め壁の変形を抑止する目的で、補助的に使用されることが多い。地盤アンカー工法と同様、山留め壁背面に控えアンカーが取れることが必要条件となる。

地下防水の基礎知識

地下防水工法の分類と特徴

地下躯体を防水する目的は、地下水が建物内部に浸入するのを防止するとともに、構造躯体の鉄筋や鉄骨の腐食を防止することが目的であるから、地下水が存在する躯体の外側にメンブレン防水層を施工するのが原則であり理想的である。しかし、地下防水は、地下工事の工法や施工時期によって選定できる工法が限ら



図3 根切り・山留め工法の種類と分類

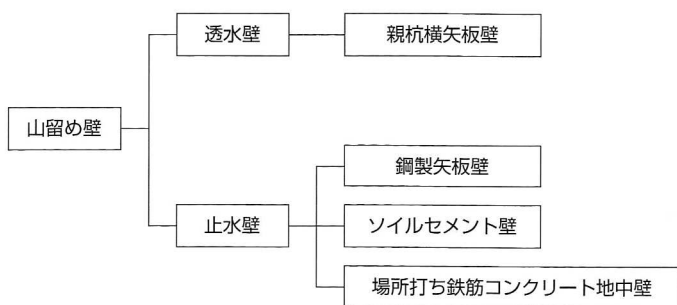


図4 山留め壁の種類と分類

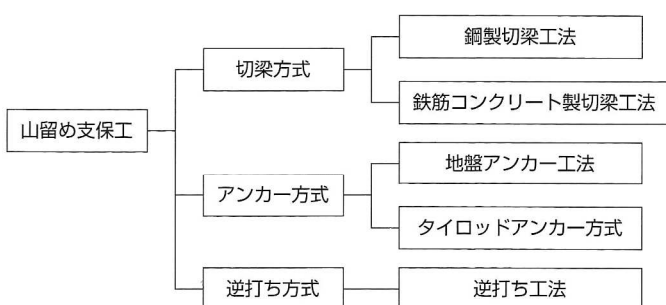


図5 山留め支保工の種類と分類

れることもあり、表1に示すように多様になっている。

地下に施工される防水層に要求される性能

①耐損傷性

地下防水で使用される防水層は、何かと外力の影響を受けることがある。例えば、防水層完成後の土砂の埋戻し、あるいは先に防水層を施工した場合は、その後の鉄筋の組立てや、コンクリートの打設などの外力に耐える性能が求められる。

②コンクリートとの密着性

地下では水圧を受けているため、防水層に何らかの欠陥があった場合、コンクリートと防水層の密着性が弱いと、防水層とコンクリートとの間に入り込んだ水が、防水層裏面を伝ってコンクリートの欠陥部分か

ら室内側に漏水する。この危険を避けるためには、水の横方向への移動を防止する必要がある、そのために防水層とコンクリートの強い密着性が要求される。

③耐バクテリア性と耐薬品性

土中にはさまざまなバクテリアが生息しており、それらに対して抵抗性のあることが必要である。また、土には種々の有機物が含まれており、それらの成分がつくり出す化学成分に対する抵抗性も必要となる。

表1 地下防水工法の分類

Ⅰ 地下防水工法		Ⅱ 具体的な防水工法		
外防水工法	後やり(後付け)工法	有機系	改質アスファルトシート防水・トーチ工法 非加硫ゴム系シート防水 エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水	
		先やり(先付け)工法	有機系	超速硬化ウレタンゴム系塗膜防水 ゴムアスファルト系塗膜防水
			無機系	ポリマーセメント系塗膜防水
	内防水工法	内壁防水工法	有機系	エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水
無機系			ポリマーセメント系塗膜防水 ケイ酸質塗布防水	
			二重壁工法 (部分防水工法併用)	(部分防水工法) 止水板 非加硫ゴム系、塩ビ系 水膨張止水材 合成ゴム系、合成樹脂系、ベントナイト系 グラウト系止水材 無機質系、合成樹脂系
躯体防水工法		無機質系混和材混入		

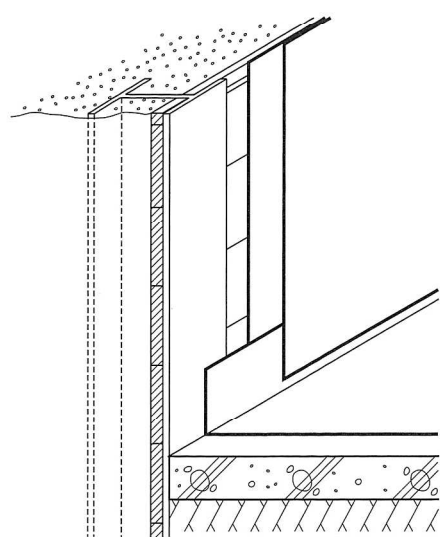


図6 親杭横矢板および捨てコンクリートの先やり防水施工例

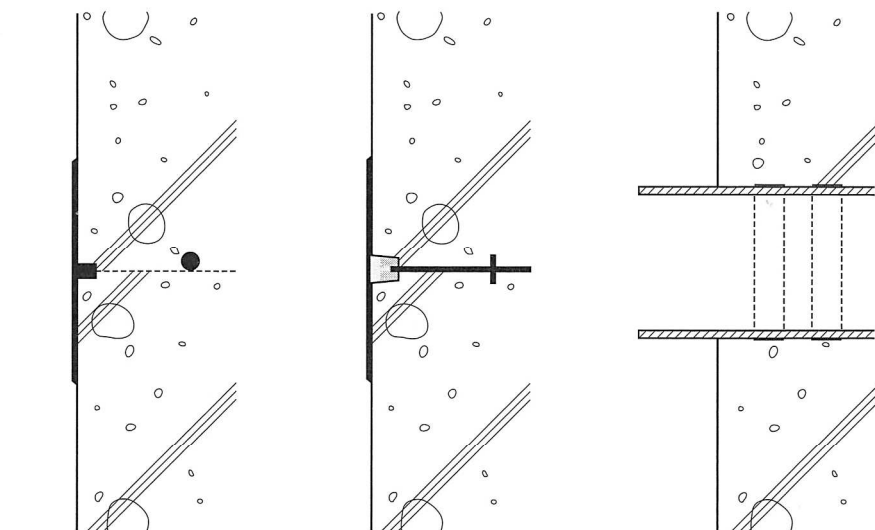
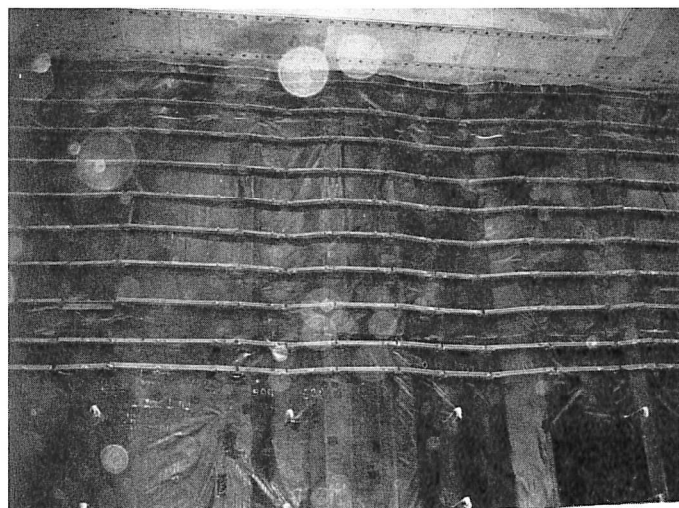
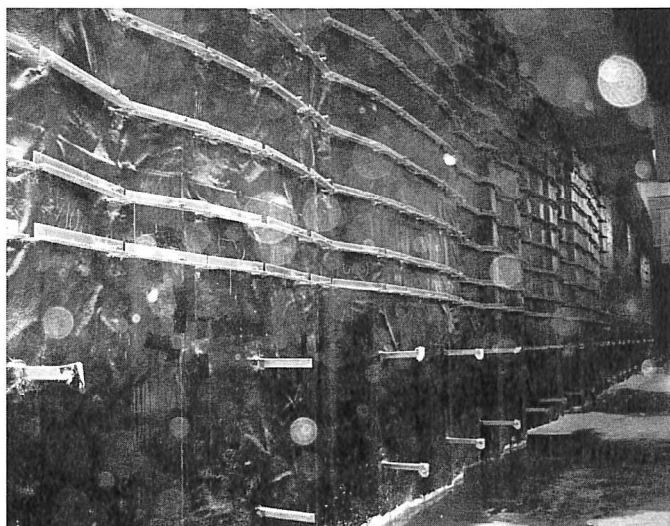


図7 外壁の先やり防水施工例



① ゴムアスファルト系塗膜防水による地下外壁先やり防水工事-1



② ゴムアスファルト系塗膜防水による地下外壁先やり防水工事-2

外防水工法

外防水工法は、コンクリート躯体の外部側に防水層を設ける工法で地下外壁防水工法ともいう。防水層の施工時期によって、後付け（以下、後やり工法）と先付け（以下、先やり工法）の2種類がある。

後やり工法

後やり工法は、地下躯体部分を構築した後に防水層を施工する方法である。地下外壁が防水下地になることから安定した品質の防水性能を期待することができる。しかし、この工法では躯体と山留めの間に防水工事のために1m程度の空間が必要で、敷地の有効利用を図るため敷地境界一杯に建物を建てることが多い近年の市街地工事では適用できないことが多い。

先やり工法

先やり工法は、躯体を構築する前に躯体の外壁となる根切りの山留め壁（親杭横矢板・鋼矢板・柱列山留め壁など）や底部の捨てコンクリートなどを下地として防水層を設ける工法で、躯体全面に防水する工法と防水上の弱点となる躯体の部分だけを防水する部分防水に分けられる。外壁・底部の先やり防水施工例を図6に示す。外壁の先やり部分防水例を図7に示す。

躯体と山留めの間に作業空間がとれないような、市街地に適した工法であるため、近年、先やり工法による地下防水工事が増大している。しかし、躯体コンクリートの打設前に山留め壁などを下地として防水層を施工しなければならず、防水層の品質管理が困難であるうえに、後打ちのコンクリートと防水層が密着することが必要で、配筋・型枠工事やコンクリート打設工事などで防水層の損傷のおそれもあり、適用する防水

表2 山留め工法と地下外壁防水工法の関係

■ 根切り・山留め工法	■ 躯体外側	■ 適用可能な防水工法	■ 最近の採用傾向
法付けオープンカット工法	作業空間あり	後付け外防水工法	少ない
山留め壁工法 親杭横矢板壁	作業空間あり 作業空間なし	後付け外防水工法	住宅などに多い
		先付け外防水工法	やや多い
		部分先付け外防水工法	多い
		内防水工法	多い
鋼矢板壁	作業空間あり 作業空間なし	後付け外防水工法	少ない
		先付け外防水工法	少ない
		部分先付け外防水工法	多い
		内防水工法	多い
ソイルセメント壁	作業空間あり 作業空間なし	後付け外防水工法	少ない
		先付け外防水工法	やや多い
		部分先付け外防水工法	非常に多い
		内防水工法	多い
RC柱列山留め壁	作業空間なし	内防水工法	ほとんど採用しない
地中連続壁	作業空間なし	内防水工法	多い

備考) 1) シートパイル（鋼矢板）・鋼管矢板、ソイルセメント壁：SMWなど（柱列山留め壁の一種）
地中連続壁：「幅約1m×長さ約5m×所定の深さ」を1単位の壁として、それを連続施工する
上記単位の壁体相互の打継ぎ部には、止水処理を行う
2) 内防水の場合、漏水目隠し用に2重壁（化粧ブロック積み、乾式パネルなど）を設けることが多い
3) 部分先付け外防水工法とはコンクリート打継ぎ部分に適用

工法の選択や施工管理が難しい工法である。

根切り山留め工法と適用可能な外防水工法

根切り・山留め工法がオープンカット工法で、法面あるいは山留め壁と構造躯体との間に防水作業空間が取れる場合には、後やり工法が適用できる。その場合、すべてのメンブレン防水が適用できることになる。

根切り・山留め工法がオープンカット工法でも、山留め壁と構造躯体の間に防水作業空間が取れない条件で外防水を適用する場合には、先やり工法を適用する必要がある。その場合、山留め壁に仮止めした防水層と後打ちのコンクリートが完全に密着することが重要である。防水層と後打ちのコンクリートが密着していないと、万が一防水層に欠陥が生じたときに、防水層の欠陥部分だけにとどまらず、地下外壁全面に浸水するおそれがあるからである。後打ちのコンクリートと密着が良好な材料として確認されているものには、非加硫ブチルゴム系シート防水、エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水、ゴムアスファルト系塗膜防水などが

ある。

適用可能な防水工法をまとめると、表2に示すとおりである。これらの防水工法選択の目安は表3にまとめたとおりである。

埋戻し工事

建物外周部の敷地に余裕があり、地下外壁に後やりの外防水工事を行った場合には、山留め壁を地下外壁面より1m程度離して施工するため、この空間の埋戻しが必要となる。

埋戻しの目的は、切梁・腹起しで支えていた側圧を地下構造体に伝えるためと、山留め壁撤去による山留め壁背面地盤の側方移動を防止するために行う。埋戻しの時期は、支えとなる地下構造体のコンクリート強度が発現して後、切梁・腹起しを撤去する直前である。埋戻しや埋戻し土の締固めが不十分な場合には、①埋戻し土の圧縮沈下や、②山留め壁の変形などが生じ、周辺地盤の沈下を引き起こし、埋設管や周辺構造物へ悪影響を及ぼすこととなるので、確実に施工することが必要である。

埋戻し材料

埋戻し材料として必要な条件は、現場において入手しやすいこと、施

表3 地下防水工法の選択基準

Ⅰ 根切り・山留め工法		Ⅱ 防水作	Ⅲ 部位	Ⅳ 地下外壁				
		業空間	Ⅴ 防水	Ⅵ 外防水（メンブレン工法）		Ⅶ 内防水		
			工法	Ⅷ 後やり工法	Ⅷ 先やり工法	Ⅷ メンブレン防水	Ⅷ ケイ酸質塗布防水	Ⅷ 躯体防水
法付けオープンカット工法		あり		②④⑤⑥⑦	×	×	×	○
山留め工法	山留め壁工法	あり		②④⑤⑥⑦	×	×	×	
	（矢板，SMW，柱列）	なし		×	③④⑥	④	○	
	地中連続壁	なし		×	×	④	○	
（場所打ちRC）								

凡例） ○：適用可能（メンブレン防水の場合は備考欄参照） ×：適用しない
備考） 1）躯体防水には部分的な防水（止水）処置を含む
2）防水なしには2重スラブ（ピット）および湧水マット工法で対応するのが一般的である
3）地下防水工事に適用可能性があるメンブレン防水の種類
①アスファルト防水，②改質アスファルト防水・トーチ工法，③非加硫ブチルゴム系シート防水，④EVA系シート防水・ポリマーセメント塗り工法
⑤超速硬化ウレタン樹脂吹付け防水，⑥ゴムアスファルト系吹付け防水，⑦ポリマーセメントモルタル系塗膜防水

工後沈下が少ないこと，粉塵・汚染など環境に問題がないことなどである。そのような観点から，①粒度のよい礫，砂，②砂質の土，③再生資源としての残土（当該工事，他工事で発生した①，②以外のもの）に対して，セメント，石灰などによる改良したものなどが材料として考えられる。また，資源の再利用の観点から現場の掘削残土も用いられる。

一般に使われているのは，山砂・海砂・切込み砂利・鉱さい・マサ（中国地方での施工に多い）・火山灰土（北海道地方での施工に多い）などで，砂もしくはそれ以上の粒径をもち，価格が安く練固め効果のあるものが多く使用されている。シルトなどの粘性土を用いて不完全な埋戻しを行うと，その箇所沈下が大きくなり，埋戻し箇所につくられた構造物にひび割れ発生などの支障が生じやすい。なお，海砂・川砂などで，粒子が極端に均一化された砂は，密な状態に締め固めるのが難しい。

埋戻しの施工方法

埋戻しの施工方法として最も重要なのは，いかに締め固めて土の密度をあげ，施工中ならびに将来にわたって沈下を少なくするかである。締め固め方法としては，次のような方法があり，締め固め効果および埋戻し部のスペースなどにより，これらの方法を単独もしくは組合せで使用する。

- ①水締め
- ②静的な締め固め
- ③動的な締め固め
- ④衝撃的な締め固め

水締めは，礫，砂など透水性のある砂質土の埋戻しに通常用いられる工法であり，水が重力により下部に浸透する際に土の微粒子成分が沈降し，土の粒子間の隙間を埋める現象を利用している。この場合，単に上から水を流すだけでは不十分なときは，埋戻しを厚さ30cm程度ずつ行い，水締めをする必要がある。

さらに，振動や衝撃を加えることによって締め固め効果をより高めることもできる。周囲の原地盤が粘性土で水はけが悪い場合には，埋戻しの底部から排水しながら水締めを行う必要がある。

静的な練固めは，重量のあるロードローラー，タイヤローラーと呼ばれる練固めの機械で，一般に大規模な埋戻し工事に使用される。

動的な締め固めは，振動ローラー，振動コンパクターが通常用いられ，振動により土のせん断抵抗を減少させ，小さい重量で締め固めるものである。機械が小型であることから小規模の施工に適している。

衝撃的な締め固めは，タンパーと呼ばれる小型の上下運動する締め固め機械で，小型であることから小規模の工事や大隅など狭い箇所で使用され

ている。

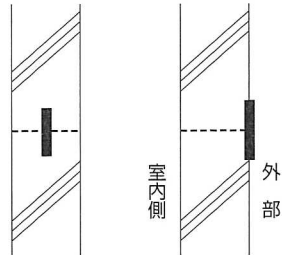
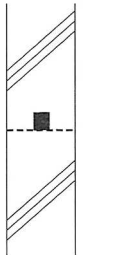
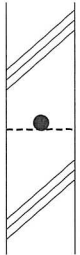
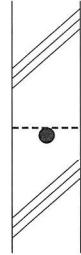
防水層の保護

埋戻しの際の衝撃で，防水層に土砂がめり込んだり，防水層が損傷しないように保護緩衝材を防水層に取り付ける。保護緩衝材は，ポリスチレンフォーム，ポリエチレンフォームなどの発泡プラスチックやこれらに補強シートを貼り付けたもの，また厚手の繊維製品をなどが用いられるが，その選択は防水材製造業者が指定するものとする必要がある。コンクリートなどで防水層が保護されている場合には，埋戻しによって防水層が損傷を受けることは少ないが，保護緩衝材のみで埋め戻す場合には，埋戻し時の防水層の損傷およびその後の圧縮沈下による防水層の剥離に注意することが必要である。保護緩衝材のみで埋め戻す場合には，安易に現場掘削土を使わずに埋戻し材料を検討することと，防水層の保護性能が高く，埋戻し後の圧縮沈下に対して防水層に影響が少ないものを選択することが重要である。

内防水工法

内防水工法は，地下コンクリート躯体の内壁面および柱，梁などに防水層を施工し地下水の侵入を防止する工法で，一般的に内壁防水工法と二重壁工法に分類される。

表4 設計で計画される部分防水工法

種類	止水板	水膨張系止水材	水膨潤系止水材	グラウト系止水材
材質	・非加硫ゴム系 ・塩ビ系・その他	・合成ゴム系 ・合成樹脂系	・ベントナイト系 ・(セメント系)	・無機質系 ・合成樹脂系
形状 性状	①埋込みタイプ ②外付タイプ 	③定形張付タイプ  ※1 コーキングタイプ ※2	④定形置敷タイプ  ※3	⑤注入ホース  ※4 専用ホースを用いて注入
止水 機能	・非加硫ゴム系 ゴム中の反応基(カルボキシル)とセメント中のカルシウムイオンとが反応接着して止水する ・塩ビ系 止水板の断面形状を凸凹にし、水みちの距離を長くして止水する	・水膨張系 変成ゴム内の親水性部分が水の分子と結合して吸水し自ら体積膨張して止水する	・水膨潤系 水分が与えられると粘性や比重を増し、水の含有量が多くなると、ニカワ状となる性質を利用して止水する	・グラウト系 あらかじめ打継ぎ部分に注入用ホースを設置し、躯体を打設する。漏水発生部分に合成樹脂系グラウト材を注入して止水する

※1 : コーキングタイプは施工性の悪い所などに補助的に使用されることが多い

※2・3 : 水膨張系、水膨潤系止水材は海水に対しては、膨張、膨潤倍率が低下する傾向にあるので、選定する場合は膨張、膨潤倍率を考慮する必要がある
なお、水膨張系材料は目的によって膨張倍率の異なるものが用意されている

※4 : グラウト系注入ホースは逆打工法で主に使用され、躯体の一本化による応力伝達を主目的として採用される
1次注入応力伝達(無機質系材料注入) 2次注入止水(合成樹脂系材料注入)

内壁防水工法

地下躯体の外部に接する室内側の壁・柱・梁および床などの一定の範囲に防水層を施工する工法である。地下外壁防水に比べて作業性は良好であるが、地下水の存在する側に防水層がないためコンクリートの打継ぎ部などの弱点部から水が侵入し、背面水圧により防水層にふくれが生じるおそれがある。また、コンクリート躯体の内部に水が浸入することは鉄筋コンクリートの耐久性に悪影響を与えるなど、問題がある工法である。

二重壁工法

二重壁工法は、図1に示したように地下躯体面から200mm程度の間隔において、コンクリートブロックやパネル類を用いて化粧壁を設ける方法で、地下壁から浸入した水を集水ピットに排水する方法である。二重壁工法は、特殊な考え方であり内防水工法の一つとするには問題があるが、完璧な地下防水が困難な状況では数多くの実績がある方法である。しかし、地下水位が上昇を続け

表5 漏水補修・処理工法

	Ⅰ ①充填工法	Ⅱ ②一般注入工法	Ⅲ ③高圧注入工法	Ⅳ ④導水工法
使用材料 (種別)	・無機質系 (急結止水材) ・有機質系 (エポキシ樹脂など)	・合成樹脂系 (ウレタン樹脂) (アクリル樹脂) (エポキシ樹脂)	・合成樹脂系 (ウレタン樹脂) (アクリル系樹脂)	・鋼板 ・合成樹脂系 ・無機質系
漏水補修か所	・Pコン処理 ・躯体クラック ・コールドジョイント ・打継ぎ部 ・ジャンカ	・躯体クラック ・コールドジョイント ・打継ぎ部	・躯体クラック ・コールドジョイント ・打継ぎ部	・躯体クラック ・打継ぎ部

ている昨今、地下水保全や下水道の都市インフラへの負担を考慮すると好ましい工法ではない。

部分防水による地下防水工法

地下躯体の防水は、構造躯体の水密化を図るとともに、メンブレン防水工法による外防水が原則である。しかし、立地条件や経済的な理由によってメンブレン防水を省略することも多い。そのため構造躯体の水密化が重要となり、欠陥となりやすい部位にあらかじめ防水処理を施す必要がある。このように、設計段階から計画される部分防水工法には表4に示す工法がある。

また、各種の防水対策を施した後でも漏水が生じた場合、その原因を

見極め、適切な補修対策をする必要がある。表5に漏水補修の方法と材料についてまとめた。

(ほり ながお)

【参考文献】

- 1) 日本建築学会防水工事運営委員会編：第1回防水シンポジウム資料集，2001年
- 2) 日本建築学会編：建築工事標準仕様書・同解説JASS 8 防水工事，2000年
- 3) 田中享二：躯体保護の観点から地下防水を考える，防水ジャーナル，2001年9月
- 4) 田中享二監修：用途別に学ぶ建築防水，建築技術，2003年5月
- 5) 堀長生：地下防水の最新事情，建築技術，2003年2月
- 6) 石井雄輔：現場技術者が教える「施工」の本，根切り山留め工事，建築技術，2006年9月
- 7) 日本建築学会編：山留め設計施工指針，1988年



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【地下防水】

蓄熱槽・雑排水槽の防水

堀長生

(株)大林組技術研究所建築材料研究室

はじめに

敷地に余裕があれば、蓄熱槽や雑排水槽は、建物躯体と離してつくられることが多かった。しかし近年、都市部において、地下躯体を蓄熱槽や排水槽の一部として利用することが多くなっており、防水工事での不具合が増加している。これらの地下に構築される蓄熱槽や雑排水槽では、屋根とは異なる要求条件があるにもかかわらず、防水工法選択指針のようなものも少ない。これらの部位では、水圧が大きいことに加えて、貯水する水は上水や雨水だけではなく、硫化水素などを含む腐食性のある水もあり、温度も高温から低温までが対象となる。防水工事としては難易度が高い立上りの面積が大きく、施工場所も閉所で小空間であることが多い。また、雑排水槽では防食材と防水材は同一視され、防食材しか施工しない水槽が多数あることや、蓄熱槽については適切な防水システムの選択ができないため、不具合の発生率が高いなど多くの問題点が提起されている。

本稿は、これらの水槽類の防水工事の特殊性をできるだけ明確にすることにより、適切な防水工法の選択の一助となることを祈念してまとめたものである。

水槽類防水の特殊性

わが国では水の使用量が増加しており、水を安定供給する貯水設備が重要となっている。また、使用された排水処理水槽も必要で、都市化に伴い、建築物の内外に水槽を設ける必要性がますます増大している。

これらの水槽としては、以下のものがある。

- 一般建築物：そこで生活するために、汚水を貯め、また、それを処理する汚水槽
- ホテルやフィットネスクラブが入居する建築物：建物内にプールや浴槽・人工池など
- 飲食店が入居している建築物：雑排水を貯め、また、それを処理する雑排水槽
- 大型建築物：蓄熱式ヒートポンプシステムのための蓄熱水槽
- 水族館や動物園：水を好む動物のための水槽や魚類を観賞させるための水槽

上記の水槽類に貯留される水は、水槽の目的に応じて異なっており、雨水を対象としている屋根防水とは大きく異なる。

水槽類の防水層あるいは防水層保護仕上材に要求される性能は以下である。

- 水槽の防水層：必然的に大きな水圧が負荷されるので、それに対

応し得る高い防水性能

- 汚水槽や雑排水槽・温泉の浴槽など：貯留する水質によって防水層を腐食劣化するため、それらの腐食因子に対する耐食性能
- 蓄熱水槽や温水プール・浴槽など：貯留する水の温度によっては、防水層を軟化あるいは硬化させて不具合を起こす場合があることから、その温度に耐える性能
- プールや水族館の水槽：貯留する水を定期的に消毒薬で消毒することから耐薬品性能

水槽類に用いられる防水工法は、古くはアスファルト防水・熱工法コンクリート保護仕上げが主流であった。しかし、これらの工法は、施工環境や安全性などの問題から水槽類への施工実績が減少しており、以下の防水材料・工法が、適材適所に安全性を配慮しながら採用されている。

- 改質アスファルトシート防水のトーチ式工法
- 塩化ビニル樹脂系シート防水やポリオレフィン系シート防水の機械的固定工法
- エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水工法
- 超速硬化ウレタン系塗膜防水やゴムアスファルト系塗膜防水
- FRP系塗膜防水やゴムアスファルト系塗膜防水
- ポリマーセメント系塗膜防水やケイ酸質系塗布防水

雑排水槽の防水・防食工法

従来、排水処理施設は、「浄化槽」という名称で建築物とは別途に建設されていた。しかし、都市部では土地を有効活用するため、建築物の地下部に排水処理槽が設けられることとなり、地下コンクリート躯体を雑排水から保護することが建物の構造安全性を担う、という重要な命題を背負うこととなった。

しかし、建築業界には、コンクリート構造物を雑排水からどのように保護するかという明確な指針はなく、また、防水と防食の機能についての混乱も見られる状況にある。「水の浸入は防水工法で、雑排水からの腐食劣化は防食工法で、それぞれ対応する。」という基本的な原則を守ることが、コンクリート構造物の耐久性向上のためにも重要であることを改めて認識する必要がある。

本稿では、雑排水の種類を

- ①一般住宅の生活排水程度
- ②調理排水などが多量に含まれ硫化水素が発生しやすい

という2つの種別に分けることとする。防水システムが防水+防食工法を含んでいることに注意してほしい。

コンクリート腐食劣化のメカニズム

コンクリートの腐食劣化のメカニズムは、一般に次のように説明されている。

- 1) 下水が滞留するような嫌気性状態になると、下水中に含まれる硫酸塩が硫酸還元細菌により還元され、硫化水素が生成される。
- 2) 硫化水素は、溶解性の高い物質であるが、下水中ではガス化しやすく、簡単に気相中に放散される。
- 3) 密閉された施設内で、硫化水素は外部に拡散されることなく濃縮され、壁面の結露水に再溶解し、そこで硫黄酸化細菌により酸化され、硫

酸が生成される。

4) このように生物反応が進みコンクリート表面で硫酸が濃縮され、PHが1～2に低下すると、コンクリートの主成分である水酸化カルシウムが硫酸と反応して硫酸カルシウムが生成される。

5) 硫酸カルシウムはさらに、セメント硬化体中のアルミン酸三カルシウムと反応してエトリンガイトを生成する。エトリンガイトは生成の際に多くの結合水を取り込むために大きく膨張する。この膨張によってコンクリートが崩壊する。

上記1)～5)のような腐食のメカニズムから、コンクリートを保護するために防食工法が必要となる。

硫化水素による腐食は、その濃度が高くなるに従い厳しくなる傾向にあるので、硫化水素濃度により防食の程度を分ける必要がある。下水道事業団の「コンクリート防食指針」によると、コンクリートの腐食環境条件は表1のように分類されている。

腐食環境条件と適用できる防水工法

下水道事業団「コンクリート防食指針」の腐食環境条件を参考に、雑排水槽は、以下の2種類に分類することとした。

- ・雑排水槽－Ⅰの腐食条件：

A種

- ・雑排水槽－Ⅱの腐食条件：

B種、C種

建築に適用される雑排水槽の腐食環境条件は、表2のように分類する。

防食設計の標準仕様

「コンクリート防食指針」に示されている防食標準設計仕様例を表3に示す。

蓄熱槽の防水工法

蓄熱槽は、電力設備の稼働率を上げ、低公害で効率的な空調用熱源とする目的のため、設置数は増加の一

表1 コンクリートの腐食環境条件

Ⅰ 分類 Ⅱ 腐食環境条件

A種	硫化水素は多いが腐食に至らない環境
B種	硫化水素の滞留が少なく腐食が穏やかな環境
C種	硫化水素の滞留が多く腐食が激しい環境
D種	C種の環境条件で構造上の条件により事実上補修などのメンテナンスが困難と考えられる施設、部位

表2 雑排水槽の腐食環境条件

Ⅰ 分類 Ⅱ 腐食環境条件

雑排水槽－Ⅰ	一般住宅の生活排水程度
雑排水槽－Ⅱ	調理排水などが多量に含まれ、硫化水素が発生しやすい

途をたどっている。蓄熱式空調システムには、現場築造タイプとユニット、ビルマルチタイプなどがあり、地下の二重スラブ空間に現場築造する場合には断熱水槽防水が必要となる。断熱水槽防水は、施工性、安全衛生の面においても困難な作業を強いることや、高水圧の環境下で防水機能を長期間発揮することを要求されること、施工後の点検やメンテナンスが困難なことから、失敗を繰り返しながら適切な仕様の検討が続けられてきているが、現状においても、一般的な施工管理を行えば要求を満たせるという水準には達していない。

したがって、蓄熱槽の機能を十分に発揮させるためには防水工法の選択をするだけでは不十分で、施工環境の把握をはじめとして、施工管理項目を熟知し、経験の豊富な施工業者の選定が要求事項を満足させるための大きな要因となっている。

断熱材と防水材に要求される性能

1) 断熱材に要求される性能

- ・吸水率が小さく、透湿抵抗が大きいこと
- ・コンクリート、防水材に対して接着性がよいこと
- ・槽内の水温による変形がないこと（温水温度が70℃以上となるとプラスチック系断熱材の適正使用温度を超える）
- ・水圧に耐えること

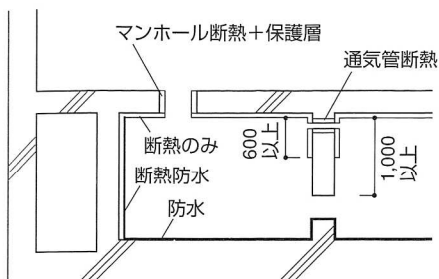


図1 冷水槽内部の断熱・防水の施工範囲

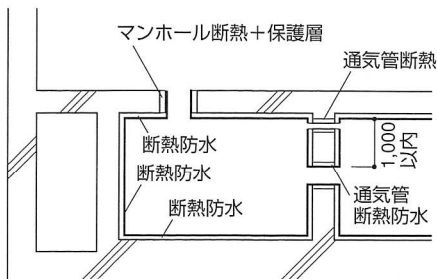


図2 冷温水槽内部の断熱・防水の範囲

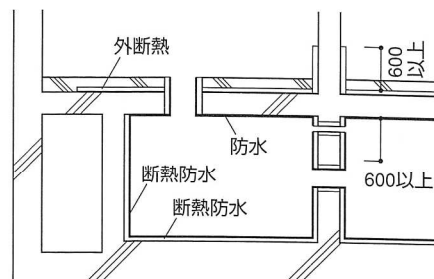


図3 冷温水槽の上部スラブ断熱の施工範囲

表3 防食設計標準仕様例

腐食環境条件	防食材料 ^{*1}	仕様	設計 ^{*2} (mm)
A種	エポキシ樹脂またはタールエポキシ樹脂	塗り回数2回以上の被膜	0.20以上
B種	エポキシ樹脂	塗り回数3回以上の被膜	0.35以上
	ガラスフレーク入りビニルエステル樹脂	塗り回数3回以上の被膜	0.35以上
C種	エポキシ樹脂	補強材（ガラスクロス ^{*3} ）を1プライ積層の被覆	0.70以上
	エポキシ樹脂	補強材（ガラスマット ^{*4} ）を1プライ積層の被覆	1.00以上
	不飽和ポリエステル樹脂またはビニルエステル樹脂	補強材（ガラスマット ^{*4} ）を1プライ積層の被覆	1.00以上
	セラミックパウダー入りエポキシ樹脂	塗り回数1回以上の被膜	3.00以上
	ウスカ入り変性シリコン樹脂	塗り回数4回以上の被膜	0.30以上
	ポリウレタ樹脂	塗り回数1回以上の被膜	2.00以上
D種	エポキシ樹脂	補強材（ガラスクロス ^{*3} ）を2プライ積層の被覆	1.30以上
	エポキシ樹脂	補強材（ガラスマット ^{*4} ）を2プライ積層の被覆	2.00以上
	不飽和ポリエステル樹脂またはビニルエステル樹脂	補強材（ガラスマット ^{*4} ）を2プライ積層の被覆	2.00以上
	セラミックパウダー入りエポキシ樹脂	塗り回数1回以上の被膜	5.00以上
	ウスカ入り変性シリコン樹脂	塗り回数4回以上の被膜	0.30以上
	ポリウレタ樹脂	塗り回数1回以上の被膜	3.00以上

注) *1) 防食材料は、経済性、耐久性、施工性を考慮し使い分けること

*2) 設計厚にはプライマーは含まないものとする

*3) ガラスクロスはJIS R 3416 (ガラスクロス) に規定するEPF21Aとする

*4) ガラスマットはJIS R 3411 (チョップドストランドマット) に規定するEM450とする

- 適正な厚さで適正な熱抵抗が得られること

- 耐久性が高く、補修が容易なこと
- 施工時に安全であること

2) 防水材に要求される性能

- 防水性、防湿性が高いこと
- コンクリート、断熱材に対して接着性、固定性がよいこと
- 槽内の水温に耐えること
- 不凍液が混入している場合には、耐薬品性能が要求される
- 氷蓄熱システムでは、水の落下に伴う耐衝撃性が求められる場合がある
- 耐久性が高く、補修が容易なこと
- 施工性がよく、安全であること

蓄熱槽防水設計上の注意点

1) 断熱・防水層の施工範囲

- 冷水槽の内部断熱

熱損失面からは、床と槽内間仕切壁面の断熱は省略できるが、結露防止の目的から、間仕切壁立下り600mm程度は断熱が必要となる。連通管がスラブ下1,000mm以下に配

置される場合は断熱が不要である。また、冷水専用槽の場合、天井面の防水は不要である（図1）。

- 冷温水槽の内部断熱

温水運転時の熱損失を考慮し、天井・床・壁を断熱することが望ましい。連通管がスラブ下1,000mm以下に配置される場合は断熱は必要である。また、冷温水切り替え槽の場合は天井面の防水が必要である。（図2）。

- 冷温水槽の上階スラブ断熱

冷水運転時の結露防止面から、蓄熱槽内地中梁につながる上階間仕切壁立上り600mm程度は断熱が必要である（図3）。

2) 天井・床面の防水層の要否

蓄熱槽における水蒸気の流れは、冷水運転時（氷蓄熱も含む）と温水運転時ではまったく逆となる。したがって、断熱材の内部結露発生の観点から、天井部に防水層を設けるか否かは、表4に示すように蓄熱槽の種類によって異なる。

表4 天井面の防水層の要否

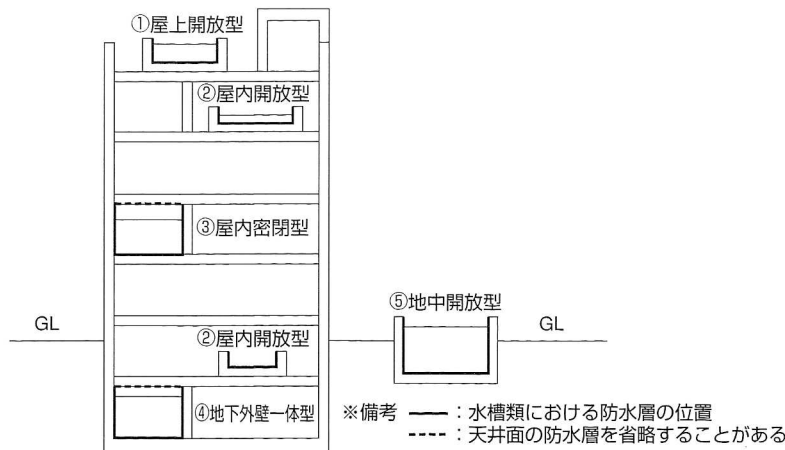
蓄熱槽の種類	天井の防水層	備考
冷水槽	不要	
温水槽	必要	
冷温水槽	必要	温水運転時を優先する
氷蓄熱槽	不要	

また、槽上部に設備機械室・厨房・駐車場など床上排水を伴う部屋がある場合には、槽内への水の侵入を防止するため、床防水を確実にしておくことが必要となる。

水槽類の防水工法適用表

水槽類の種別と配置部位

防水を必要とする水槽は、受水槽、消防用水槽、雨水貯留槽、汚水槽、廃液槽、雑排水槽、食品工場水槽、薬品水槽など、種類は雑多である。ここで作成した防水工法の適用表は、若手の設計者を対象とした教科書の意味合いを持つという趣旨から、現在一般的に多く使用されている水槽類に絞り込みを行い、プール・浴



- ※備考 ———：水槽類における防水層の位置
-----：天井面の防水層を省略することがある
- ①屋上開放型：最上階に配置した上部開放型的水槽類で、防水層あるいは防水層の保護仕上材が太陽光に暴露される場合（ガラス屋根のある場合も含む）。太陽光に暴露されない場合は屋内扱いとする。
 (例) 水泳プール・浴槽・魚類用水槽・建築用人工池など。
- ②屋内開放型：室内に配置した上部開放型的水槽類で、防水層あるいは防水層の保護仕上材が太陽光に暴露されない場合。(例) 水泳プール・浴槽・雑排水槽・魚類用水槽・建築用人工池など。
- ③屋内密閉型：地上階室内に配置した上部密閉型的水槽類。(例) 蓄熱水槽・魚類用水槽など。
- ④地下外壁一体型：地下外壁に接する個所に配置した上部密閉型的水槽類で、背面水圧を受ける地階にあっても背面水圧を受けない場合は、屋内密閉扱いとする。
 (例) 消防用水槽・雑排水槽・蓄熱水槽など。
- ⑤地中開放型：背面水圧を受けるような地中埋設・上部開放型の独立水槽類で、防水あるいは防水層の保護仕上材が太陽光に暴露される場合。太陽光に暴露されない場合は地下外壁一体型扱い、地中にあっても背面水圧を受けない場合は屋上開放型扱いとする。
 (例) 水泳プール・露天風呂浴槽・消防用水槽・雑排水槽・魚類用水槽など。

図4 水槽類の配置部位と名称

槽・消防用水槽・雑排水槽・蓄熱水槽・魚類用水槽・建築用人工池の7種に分類した。

図4は、水槽類の配置部位とその呼び方を示したものである。

防水工法の適用表

表5に示した防水工法の適用表は、7種類の水槽類が建物のどのような部位に配置されるか、また、適用されている防水工法の種類や、保護工法の種類とは何かを一覧表にまとめたものである。この表をまとめるにあたっては、水槽類の防水という特殊性から、JASS 8のメンブレン防水工法にとらわれることなく、水槽類の防水工法として実績のある9種類の防水工法のほか、メンブレン防水工法以外で実績のあるセメント系防水の2工法も取り上げることにした。

また、防水工法の分類もJASS 8とは別に、アスファルト防水工法は熱工法だけとし、改質アスファルトシート防水工法に常温工法とトーチ工法を配した。シート防水工法のポリオレフィン系や塗膜防水工法のポリウレタ系は、新しい防水材料ではあるが、水槽類の防水工法としては今後の適用が増大されることが見込まれるため適用工法に採用している。ただし、蓄熱水槽の塗膜防水工法に関しては、実績のある超速硬化ウレタンを対象とした。

次に、適用表の中の○△×について説明しよう。○は、近年一定以上の実績があり、防水性能が確保されおむね問題の少ない工法を示す。

△には1～3があり、△-1は、適用できるが近年の実績は少ないもの

を示す。この意味合いには2通りがあり、一方は防水材料あるいは防水工法が開発されて年数を経っていないために実績が少ない工法である。もう一方は、材料・工法に何らかの問題があって実績が伸びない工法である。シート防水工法のポリオレフィン系や塗膜防水工法のポリウレタ系などは前者の例である。

△-2は、過去の実績は多いが、ここ10年間の実績は少ないという工法である。においや煙などの環境問題から、屋内施工のアスファルト防水熱工法が主な対象工法である。

△-3は、その工法を熟知した専門工事業者が施工しないと不具合が発生しやすいものを示す。蓄熱水槽におけるエチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水工法や超速硬化ウレタン塗膜防水工法などが対象である。

×は、適用外の工法を示している。保護・仕上げの種類について、露出工法の場合には、その仕上げの種類が防水層の耐久性などの性能に直接関係することから、評価の横に、イ（仕上げなし）あるいはロ（仕上げ塗料・防食塗料を含む）と明記した。保護工法の場合には、保護の種類が防水層の性能に直接関与しないことから、表の欄外に凡例を示し選択できることとした。（ほり ながお）

【参考文献】

- 1) 日本建築学会防水工事運営委員会編：第1回防水シンポジウム資料集，2001年
- 2) 日本建築学会編：建築工事標準仕様書・同解説JASS8 防水工事，2000年
- 3) 田中享二監修：用途別に学ぶ建築防水，建築技術，2003年5月
- 4) 日本下水道事業団：コンクリート防食指針
- 5) 日本建築学会編：断熱水槽防水（設計・施工）技術指針・同解説，1993年

表5について

備考 配置部位とその名称については、「図4 プール・水槽類の配置部位」とその名称を参照のこと

露出工法 イ：仕上げなし ロ：仕上げ塗装（防食塗装含む）

保護工法 a：現場打ちコンクリート b：現場打ちコンクリート＋タイル張り（石張り含む） c：現場打ちコンクリート＋仕上塗料塗り（防食塗装含む）
 d：モルタル（ポリマーセメントモルタル） e：モルタル（ポリマーセメントモルタル）＋タイル張り（石張り含む）

f：モルタル（ポリマーセメントモルタル）＋仕上塗料塗り（防食塗装含む） g：モルタルまたは現場打ちコンクリート＋他（玉砂利等）仕上材

凡例 ○：適用可 △-1：適用できるが、実績は少ない △-2：過去の実績は多いが、近年10年間の実績は少ない

△-3：特定メーカー・施工専門業者による ×：適用外

注 △-3，d*1：エチレン酢酸ビニル樹脂系シートは、工法上モルタル仕上げが不可欠であり、便宜上ここでは露出扱いとした。

△-3，イ*2：ポリウレタ系に替えて、超速硬化ウレタン系での対応を示す。



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【屋上緑化】

三輪隆

(株)竹中工務店技術研究所都市環境グループ

はじめに

屋上緑化とは、建物の屋上や屋根の一部、または全面を植物や土壌で被覆する行為である。近年の都市化の進行に伴い、緑地・水面の減少および建物・道路などの人工物の増加といった地表面の被覆の変化や、都市におけるエネルギー消費に伴う人工排熱の増加が生じ、ヒートアイランド現象に代表される都市の熱環境の悪化を引き起こしている。これらの都市の環境問題を解決する方策の一つとして、屋上緑化が注目されている。

2001年以降、行政による屋上緑化推進策が相次いで創設・強化されていることや、企業におけるCSR（企業の社会的責任）意識の高まりなどを契機として、屋上緑化が全国に急速に普及しつつある。

その結果、以前なら一部の特殊な建築に限られ、周到的な技術的検討がなされたうえで設計され施工されていた屋上緑化が、今やごく一般の建築に気軽に採用されるようになってきている。

その結果、防水の観点からは、防水の技術的検討が不十分のまま屋上緑化が設計され施工されているケースがむしろ増えているように思われる。実際に屋上緑化した屋根の漏水などのトラブルも耳にする。

通常の防水は、不要な水は貯めず速やかに排水することを前提として仕様が定められているのに対し、屋上緑化防水では、ある程度の水を常に載せておかなければならないことや、速やかな排水の阻害要因が多いなど、両者には防水の前提条件の違いが多い。したがって、通常の防水に比べて屋上緑化防水には、設計・施工・維持管理の十分な配慮が必要である。

以下に、主として陸屋根の緑化を対象として、防水の要求性能や、設計・施工上の注意点について解説する。

屋上緑化用防水システムの要求性能

屋上緑化用防水システム（防水層とその上の保護などの部材も含めた総称）に要求される性能は、植栽や土壌が付加されることにより、通常の防水の要求条件のほかに、以下の項目に対しても十分な性能を持つ必要がある。

耐荷重性

土壌、植物、さらには庭園として仕上げるための付帯物などの重量に耐えるものでなければならない。

耐衝撃性

施工時に植栽工事の作業員がスコップなどで防水層や耐根層を傷つけたり、運用段階で土いじりなどの際に防水層に損傷を与えるような外力

が加わる可能性がある。これらに対し、十分な抵抗性を持つものでなければならない。

耐根性

植物の根が伸張り防水層に到達したとき、根が防水層に侵入し貫通する可能性がある。あるいは、防水層のジョイント部分に侵入する可能性がある。そして、それらはいずれも、防水層の水密性を損なう原因となり得るので、これらに対し、十分な抵抗性を持つものでなければならない。

耐農薬・肥料性

農薬も肥料も基本的には化学薬品と同類である。したがって、耐薬品性を持つものでなければならない。

耐バクテリア性

土中には各種バクテリアが生息しており、それらの中には高分子材料に有害なものがないとはいえないため、一定の確認が必要である。

耐加水分解性

屋上緑化では、ある程度の水を常に載せておかなければならないため、防水層が常時湿った状態に置かれることもある。湿潤条件に対し、十分な抵抗性を持つものでなければならない。

防水の設計・施工上の留意点

緑化屋根の基本構成

屋上緑化の基盤は、一般的に図1のような構成をとる。以下に、基本

的な注意点について解説する。

屋上緑化は地上における緑化と異なり、荷重、排水、防水などの建築的な要求条件を満たしつつ、制限された土量や水分で植物の生育を確保しなければならない。特に積載荷重に余裕を持たせた建物は別として、建築基準法の施行令（表1）に基づいた通常の建物では、自然土壌を用いると、積載荷重の制限をクリアすることはまず不可能である。したがって、比重0.8程度の人工軽量土壌を用いことがよく行われるが、それに加えて緑化面積を一部に限定しても、通常は図2のような限定された厚さの植栽基盤で緑化を成立させなければならない。

植栽基盤の土厚が制限されることによる最大の問題は、植物に対する水分供給の容量不足であり、それを解決するため、人工的な灌水を行うか、土壌の保水性を高めるか、下層に保水層を設けることなどが必要となる。

また、制限された土厚のもとでは、排水層がないと下層に水分が滞留しやすくなり、過湿による根腐れや生育不良を招きやすくなるため、土壌の下層に排水層が必要となる。

さらに、耐根機能のない防水仕様の場合は、根の侵入から防水層を守るため、耐根層が必要となったり、露出防水の場合には衝撃防止層が必要となることもある。

屋上緑化に適した防水仕様

先述の屋上緑化防水特有の要求性能に対して、代表的な防水仕様の適否と、既存建物において屋上緑化を行う場合の対処について解説する。

1) アスファルト防水（図3）

押えコンクリートがある場合でも、伸縮目地から植物の根が防水層に侵入し防水性を損なうおそれがあるため、押えコンクリートの有無によらず、耐根層が必要である。ただ、耐

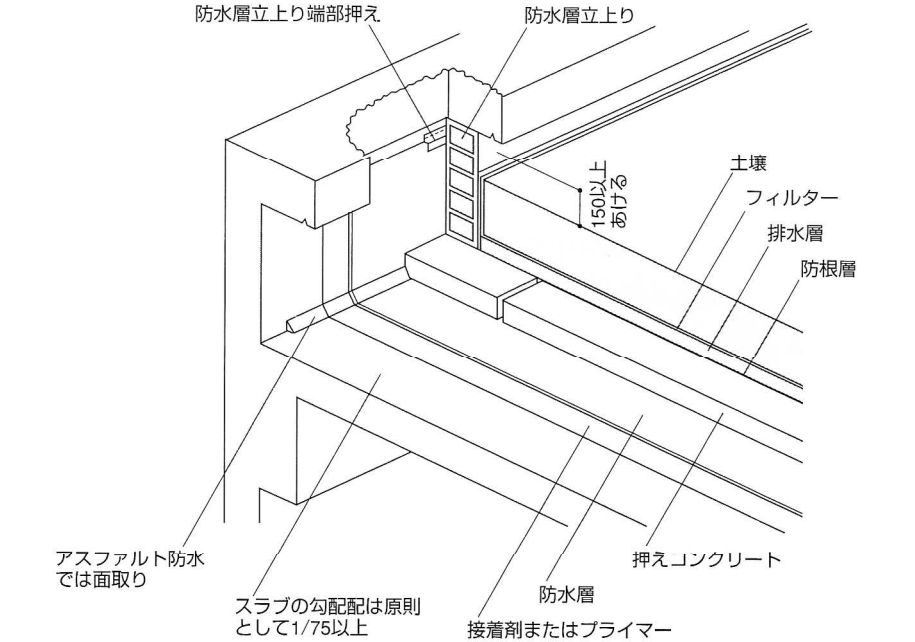
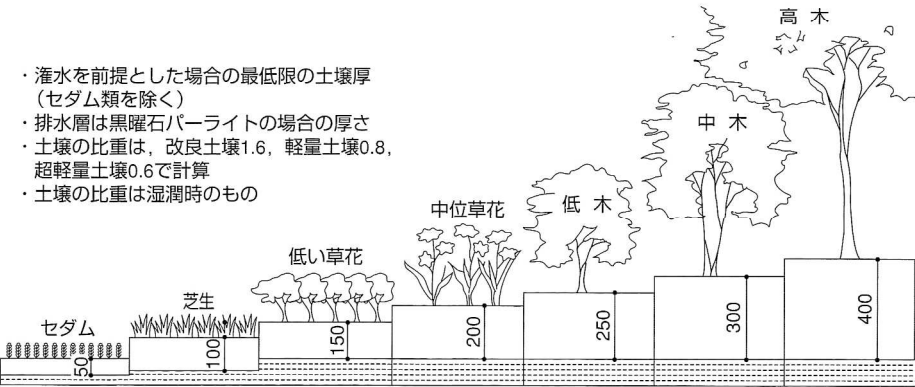


図1 植栽基盤の断面構成と注意点



	セダム類	芝生	低い草花	中位草花	灌木	中木	高木
植物の高さ	5～10cm	5～10cm	10～50cm	50～100cm	50～100cm	100～200cm	200～400cm
土壌の厚さ	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	40cm
排水層の厚さ	なし	3cm以上	3cm以上	5cm以上	5cm以上	5cm以上	5cm以上
土壌荷重	自然土壌	—	160kg/m ²	240kg/m ²	320kg/m ²	400kg/m ²	480kg/m ²
	軽量土壌	40kg/m ²	80kg/m ²	120kg/m ²	160kg/m ²	200kg/m ²	240kg/m ²
	超軽量土壌	30kg/m ²	60kg/m ²	90kg/m ²	120kg/m ²	150kg/m ²	180kg/m ²

図2 植物の大きさによる必要土壌厚と荷重²⁾

表1 建築物の積載荷重（建築基準法施行令第85条）

Ⅰ 室の種類	Ⅱ 床の構造計算をする場合	Ⅲ 大梁、柱、基礎の構造計算をする場合	Ⅳ 地震力を計算する場合
(1) 住宅の居室、住宅以外の建築物の寝室または病室	1,800N/m ² (180kgf/m ²)	1,300N/m ² (130kgf/m ²)	600N/m ² (60kgf/m ²)
(2) 事務室	2,900N/m ²	1,800N/m ²	800N/m ²
(3) 教室	2,300N/m ²	2,100N/m ²	1,100N/m ²
(4) 百貨店、店舗の売場	2,900N/m ²	2,400N/m ²	1,300N/m ²
(5) 屋上広場またはバルコニー	(1)の数値による。ただし、学校または百貨店の用途に供する建築物にあっては、(4)の数値による		

根層が別途必要な点を除いては、他の防水仕様に比べて相対的に長寿命が期待できる点では、屋上緑化に適している。

2) 塩ビ系シート防水 (図4)

防水層が耐根層を兼ねることが可能で、屋上緑化に適した防水である。機械的衝撃に弱いため、衝撃防止層を設けることが望ましい。

3) FRP防水 (図5)

防水層が、耐根層やある程度の衝撃防止層を兼ねることが可能で、屋上緑化に適した防水である。衝撃防止層を省略する場合は、強い機械的衝撃を与えないよう注意を要する。

4) 合成ゴム系シート防水

基本的には屋上緑化を避けたほうがよい。やむを得ず屋上緑化を行う場合には、耐根層を敷設する前に、防水性能の弱点となる接合部にゴムシートの増し貼りを行うなどの下地処理を行うことが望ましい。また、衝撃防止層も設けることが望ましい。

5) ウレタン系塗膜防水

基本的には屋上緑化を避けたほうがよい。やむを得ず屋上緑化を行う場合には、耐根層を設け、防水層表面を常に乾燥状態に維持できるような排水面での配慮を行う。衝撃防止層も設けることが望ましい。

屋上緑化防水と目標耐久年数

屋上緑化防水では、植栽がなされた後の防水層の点検、補修は困難であるため、ひとたび防水を施工したら、手を加えず通常より長期間防水機能を保ち続けることが期待される。必要とされる耐久性は屋上緑化の特性によって異なるため、ここでは、屋上緑化をその形態により庭園・菜園型（土壌厚がおおよそ15cm以上のもの）と薄層型（土壌厚がおおよそ15cm以下のもの）とに大別すると、それぞれに用いる防水層に期待される耐久年数を、建築学会材料施工委員会防水工事運営委

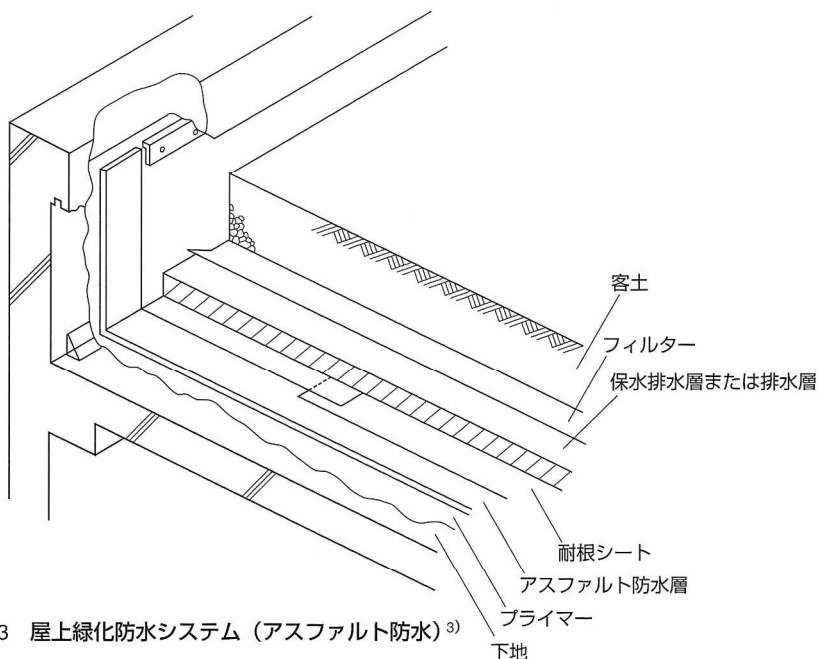


図3 屋上緑化防水システム（アスファルト防水）³⁾

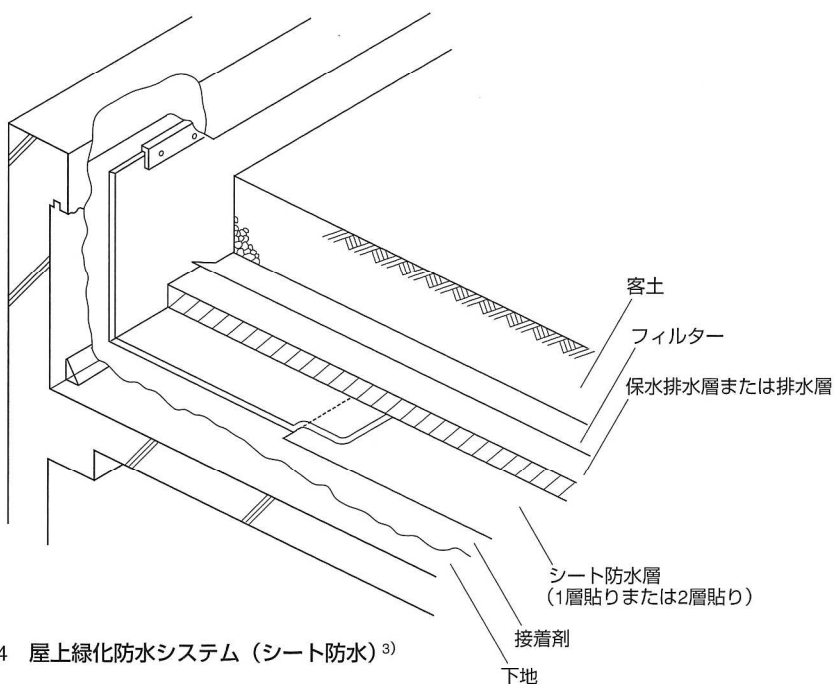


図4 屋上緑化防水システム（シート防水）³⁾

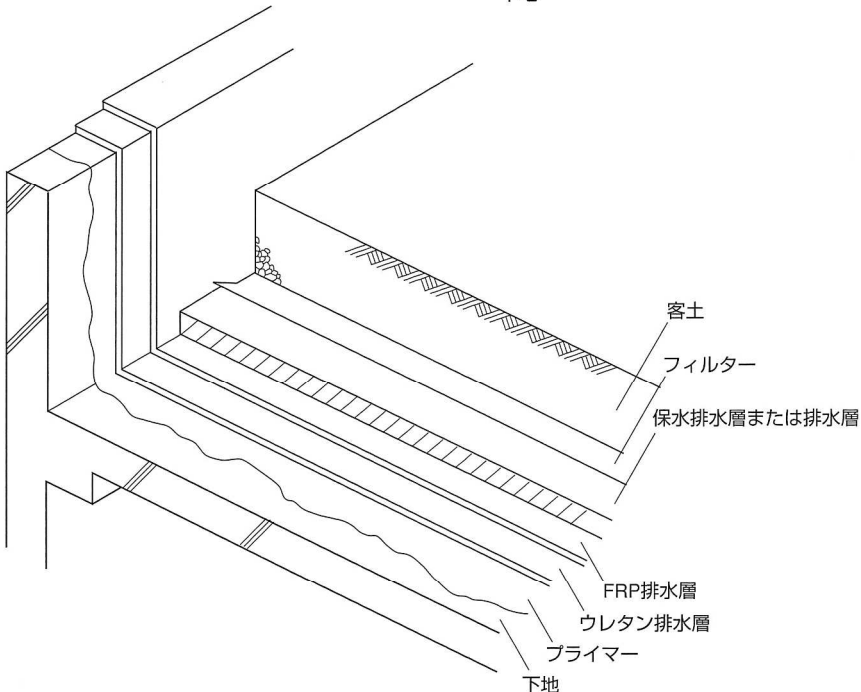


図5 屋上緑化防水システム（FRP防水）³⁾

表2 主な緑化防水システムの比較²⁾

緑化用防水	防水の種類	■ アスファルト防水	■ シート防水（塩ビシート）	■ 塗膜防水（ウレタン+FRP）
	緑化防水システムの構成	土壌 透水フィルター 保水・排水層 保護シート 耐根シート 防水層	土壌 透水フィルター 保水・排水層 耐根シート 防水層	土壌 透水フィルター 保水・排水層 FRP（耐根層） 防水層（ウレタン+FRP）
	特長	芯材には合成繊維を用いたアスファルトルーフィングを2層貼り以上積層した防水工法に、耐根対策として耐根シートをラップする。防水材としては70年以上の実績を有す	酸、アルカリ、油、オゾンなどに優れた緑化用防水シートを接着剤などで下地に貼り付け、接合部を一体化し、耐根層に優れているため、植栽の根の貫通などの問題は発生しない	船舶、プール、浄化槽などに使用されているFRP防水層と下地追従性に優れたウレタン防水を複合させた工法で、耐根性、耐薬性に優れており問題は発生しない。また現場ライニング工法のため、複雑な形状にも納まりがよい
	防水層の重量	8～10kg/m ²	2～5kg/m ²	5～6kg/m ²
	耐根性	耐根性ルーフィングまたは耐根シートを使用する	防水層が耐根を兼ねる	FRPを併用した強靱でシームレスな防水層のため、根が突き破る心配はない
	耐薬性	良好	良好	良好
	耐バクテリア性	良好	良好（耐バクテリア配合シート）	良好
	耐圧性	良好	良好	良好
	耐久性	防水材としては70年以上の実績がある	屋上防水をはじめ、水槽・プール・池などに多くの防水工事経験および実績をもつ	防水材としては30年以上の実績、土中での耐久性は浄化槽として20年以上の実績がある
各種防水仕上げ	【建物居住者の利用】 （利用者が限定された場所） ・観賞用 ・憩いの場 ・菜園などの歩経路	・アスファルト成形板 ・採石固定板 ・インシュレーションブロック ・砂利など	・軽歩行用シート （重量物、たばこなどに対する注意が必要）	・FRPの上にノンスリップ加工、またはウレタン軽歩行用仕上げ （ウレタン仕上げの場合、シートと同様の注意が必要）
	【一般に開放する場合】 （利用者不特定多数の場合） ・ビアガーデン ・デパートなどの遊戯施設 ・開放型の公園	・押えコンクリート	・押えコンクリートまたは無機質仕上げほか （無機質仕上げの場合は重量物、たばこなどに対する注意が必要）	・FRPの上にノンスリップ加工、またはウレタン無機質仕上げほか （無機質仕上げの場合はシートと同様の注意が必要）
	【スポーツ施設】 （足に負担をかけない仕上げ） ・テニスコート ・運動場	・アスコン + ・ゴムチップ仕上げ ・ウレタン仕上げ	・ゴムチップ仕上げ ・ウレタン仕上げ	・ウレタン塗膜の厚塗り ・ゴムチップ仕上げ

員会屋上緑化防水SWGでは、次のように提案している。

1) 庭園・菜園型：50年

樹木（中高木）や野菜などを植栽可能とするために厚い土壌を必要とする屋上庭園や屋上菜園では、防水層の点検や補修はほとんど不可能と考えるべきであり、特に十分な耐久性、つまり50年程度の寿命を有する防水層とする必要がある。

また、屋上緑化の形式の一つである屋上ビオトープも、防水層のメンテナンス性の観点からはこの類型

に属する。

図6と図7に、それぞれの緑化システムの断面構成の例を示す。

2) 薄層型：20年

最近の傾向として、おおよそ15cm以下の薄層の植栽基盤で屋上緑化を行うケースが増えているが、この場合、万が一漏水事故が発生したとしても、その後のある程度の改修は可能である。そのため、通常の屋根防水で期待される20年程度の耐久性が必要と考えられる。なお、薄層タイプの中には、植栽基盤をトレ

ーやパネルに納め、一層の作業の簡易化を図ったものがある。目標耐用年数の観点からは、それらも薄層型の類型に含めた。

図8と図9に、芝生用とセダム用の代表的薄層屋上緑化システムの断面構成を示す。

耐久年数別防水層の仕様

1) 庭園・菜園型50年仕様

従来の仕様では、屋上緑化防水としてこの耐久性を満たすものはないため、上記委員会での技術的検討により表3に示す仕様を参考として提

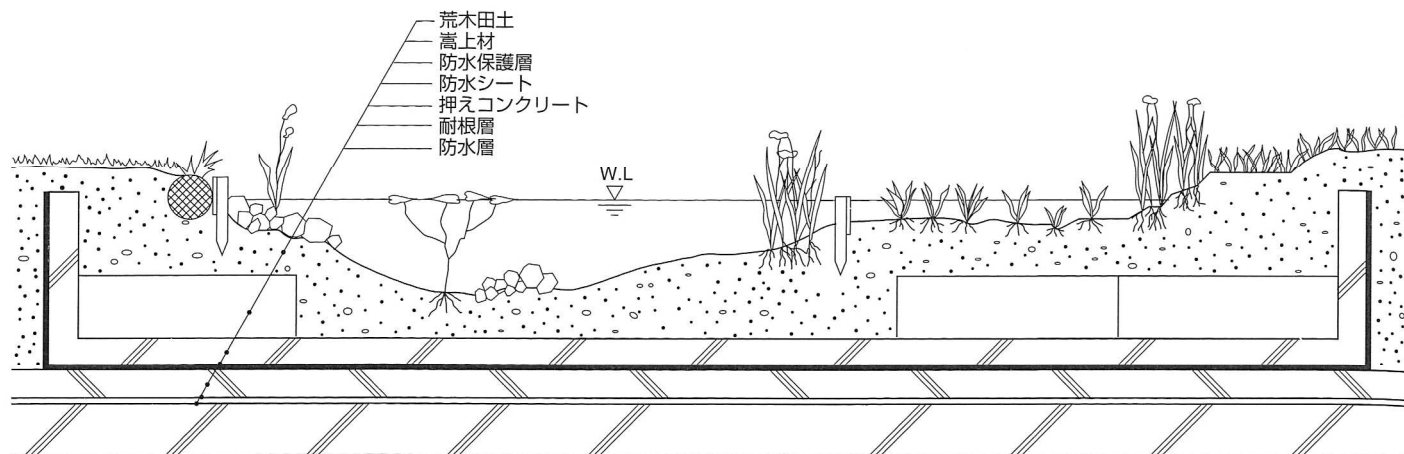


図7 ビオトップ用の置く緑化システムの例

案している。

2) 薄層型20年仕様

①JASS 8防水層を基として仕様を設定する場合

現行のJASS 8は屋上緑化防水を対象としていないが、植栽に対する一定の追加的措置を加えることにより、屋上緑化防水としての使用が可能である。また、先述のように防水層には緑化への適用性に関しての向き・不向きがあるが、表4にそれらをより詳細に示す。

②屋上緑化専用防水層を使用する場合

現在、各メーカーにおいて、屋上緑化専用防水層の開発が盛んに行われている。それらを表5に示す。これらの中には、庭園・菜園型としての利用も可能なものもあると思われるが、50年の耐久性に関しては、市販されてからの経過年数が浅く評価が定まっていないため、ここでは薄層型の水準の20年にとどめた。

植栽基盤を構成する各層

以上の仕様について、ここでは緑化屋根を構成する各層を、防水層のすぐ上から順に解説する。

1) 衝撃防止層

塗膜防水やシート防水などの露出防水工法の場合、防水工事後の緑化工事の際に、スコップなどの尖り物で防水層を傷つけることがある。また、屋上菜園や屋上花壇などのように、ユーザーが土いじりをするこ

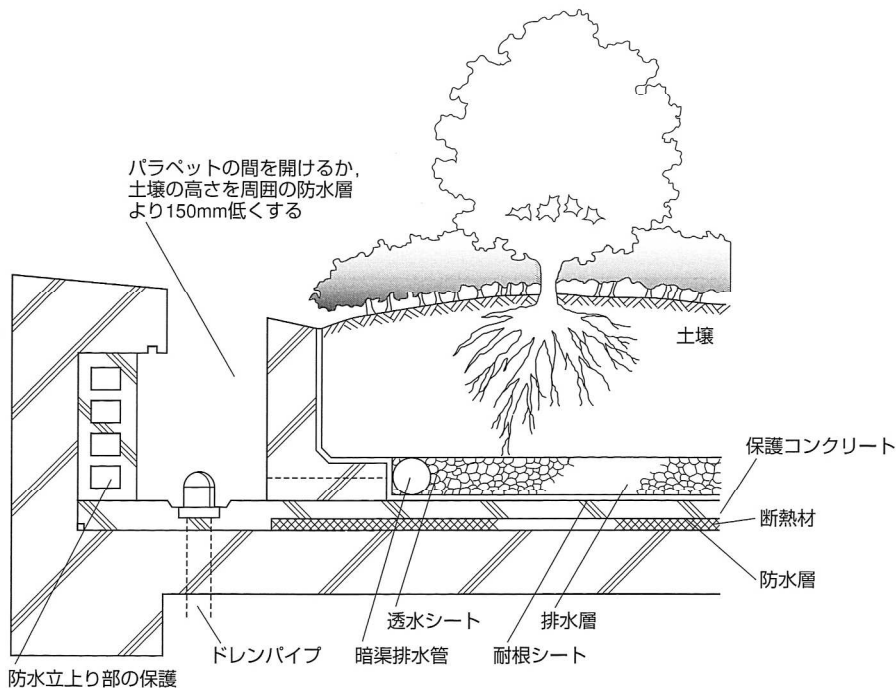


図6 中高木による緑化システムの例⁴⁾

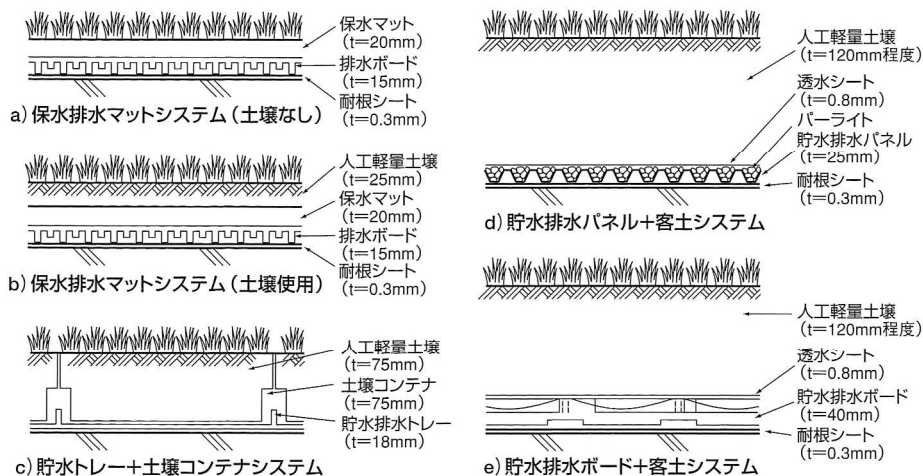


図8 代表的薄層屋上緑化システム（芝生用）

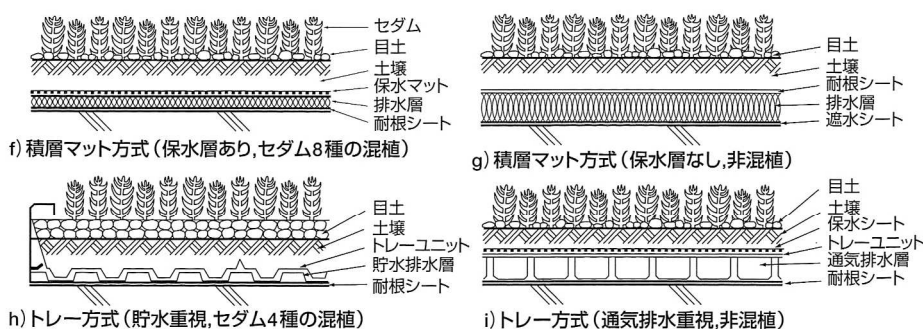


図9 代表的薄層屋上緑化システム（セダム用）

表3 庭園・菜園型：50年防水層仕様案

Ⅰ 工程	Ⅱ 平場	Ⅲ 立上り
1	アスファルトプライマー	アスファルトプライマー
2	改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 流し張り (アスファルト1.0kg/m ²) または粘着層付き改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 張り付け	改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 張り付け (アスファルト1.0kg/m ²) または粘着層付き改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 張り付け
3	改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 流し張り (アスファルト1.0kg/m ²)	改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 張り付け (アスファルト1.0kg/m ²)
4	改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 流し張り (アスファルト1.0kg/m ²)	改質アスファルトルーフィングシート (非露出複層防水用) 張り付け (アスファルト1.0kg/m ²)
5	ストレッチルーフィング 1,000 流し張り (アスファルト1.0kg/m ²)	ストレッチルーフィング 1,000 張り付け (アスファルト1.0kg/m ²)
6	アスファルト塗り (1.0kg)	アスファルト塗り (1.0kg)
7	アスファルト塗り (1.0kg)	アスファルト塗り (1.0kg)
8	耐根シート 張り付け	耐根シート 張り付け
9	絶縁クロス	絶縁クロス
10	保護コンクリート	保護コンクリート、乾式パネル、ブロックなど

表4 JASS 8防水層仕様をもととしたときの屋上緑化への適用性と屋上緑化とするための追加措置³⁾

Ⅰ 防水層の種類	Ⅱ 防水仕様	Ⅲ 記号	Ⅳ 適用性	Ⅴ 緑化防水層として利用するための追加措置
アスファルト防水層	アスファルト防水工法・密着保護仕様	A-PF	○	新築の場合は保護コンクリートの下に耐根層敷設 改修の場合は保護コンクリートの上に耐根層敷設
	アスファルト防水工法・絶縁保護仕様	A-PS	○	新築の場合は保護コンクリートの下に耐根層敷設 改修の場合は保護コンクリートの上に耐根層敷設
	アスファルト防水工法・絶縁露出仕様	A-MS	○	集中荷重のかかる物品の設置は避ける 耐根層が必要 保護層が必要
	アスファルト防水工法・断熱露出仕様	A-TF	×	
	アスファルト防水工法・密着室内仕様	A-LF	×	
改質アスファルトシート 防水層 (トーチ工法)	トーチ式防水工法・密着保護仕様	T-PF2	○	新築の場合は保護コンクリートの下に耐根層敷設 改修の場合は保護コンクリートの上に耐根層敷設
	トーチ式防水工法・密着露出仕様	T-MF1	×	
	トーチ式防水工法・断熱露出仕様	T-MT2	×	
シート防水	加硫ゴム系シート防水工法・接着仕様	S-RF	×	
	加硫ゴム系シート防水工法・断熱接着仕様	S-RFT	×	
	塩化ビニール樹脂系シート防水工法・接着仕様	S-PF	○	集中荷重のかかる物品の設置は避ける 耐根層が必要
	塩化ビニール樹脂系シート防水工法・断熱接着仕様	S-PFT	×	
	塩化ビニール樹脂系シート防水工法・機械固定仕様	S-PM	○	集中荷重のかかる物品の設置は避ける 耐根層が必要
	塩化ビニール樹脂系シート防水工法・断熱機械固定仕様	S-PMT	×	
	エチレン酢酸ビニール樹脂系シート防水工法・密着仕様	S-PC	×	
塗膜防水	ウレタンゴム系塗膜防水工法・密着仕様	L-UF	×	
	ウレタンゴム系塗膜防水工法・絶縁仕様	L-US	×	
	アクリルゴム系塗膜防水工法・外壁仕様	L-AW	×	
	ゴムアスファルト系塗膜防水工法・地下外壁仕様	L-GU	×	

を前提とした屋上緑化では、引渡し後にユーザーが土を掘り返す際にある。このような事故を防止するために衝撃防止層を設けることがあ

る。
資材としては、厚手の不織布、繊維入りアスファルトシート、モルタル成型板、強化セメント板、コンクリート平板ブロックなどがある。衝

撃防止層の位置は、断熱層、防水層、耐根層の材質と位置等によって異なるので、個別の製品ごとに注意が必要である。
なお、防水層から植栽までの一貫

表5 現在市販されている屋上緑化専用防水システム³⁾

Ⅰ 防水層	Ⅱ 植栽基盤種別
アスファルト防水層	薄層型、植栽層トレーシステム、植栽層パネルシステム
繊維補強加硫ゴムシート防水層	薄層型、植栽層トレーシステム
塩化ビニル樹脂系シート防水層	薄層型、植栽層トレーシステム、植栽層パネルシステム、植栽層マットシステム
エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層	薄層型
FRP防水層	薄層型
ウレタン樹脂防水層+FRP防水層	層型
超軟質ビニルエステル系樹脂防水層+FRP防水層	薄層型

したシステム工法の場合は、防水層の保護層がなくても、衝撃防止層は省略されることが一般的である。防水工事から植栽工事までが同一の管理主体のもとに行われ、施工の品質が確保されるからである。

2) 耐根層

耐根層は、防水層を植物の根から守るために設置するものである。耐根性のない防水層を下地として屋上緑化を実施する場合に、防水性能を確保するうえで不可欠なものであり、資材としては一般的に耐根シートが使用される。

耐根シートには、大別して物理的耐根シートと化学的耐根シートがある。

物理的耐根シートは、さらに不透水性耐根シートと透水性耐根シートに分類される(表6)。

不透水性耐根シートは、排水層の下に設置し、透水性耐根シートは排水層の上下どちらにも設置可能である(図10)。

化学的耐根シートは、植物の根の伸長を抑制し忌避させる薬剤を使用した不織布のシートであり、その効果は20～30年持続するとされている。

施工にあたっては、シートとシートのラップ幅を十分に確保し接合する。特に、竹や笹などのように強い根茎を持つものに対しては、シートの性能や実績をよく吟味し、シート同士を強固に接合する必要がある。

パラペットなどの防水層の立上り部分に土壌が接する場合は、その部分にも耐根シートを立ち上げる必要

表6 耐根シートの分類⁴⁾

Ⅰ 耐根方法	Ⅱ 透水性	Ⅲ 材料特性・特徴
物理的に耐根	不透水性系シート	ポリエチレンフィルム(0.4mm)などを使用し、植栽基盤の排水層の下に敷設または接着、接合部はオーバーラップを十分にとる。立ち上がり部は立ち上がり部に接着する
	透水性系シート	厚さ5～10mmの不織布などを使用し、植栽基盤の排水層の上に敷設。工法によっては下に敷設することもある
化学的に耐根	透水性系シート	化学物質で根の進入を防止するシート(20～30年有効)を使用し、植栽基盤の排水層の上に敷設

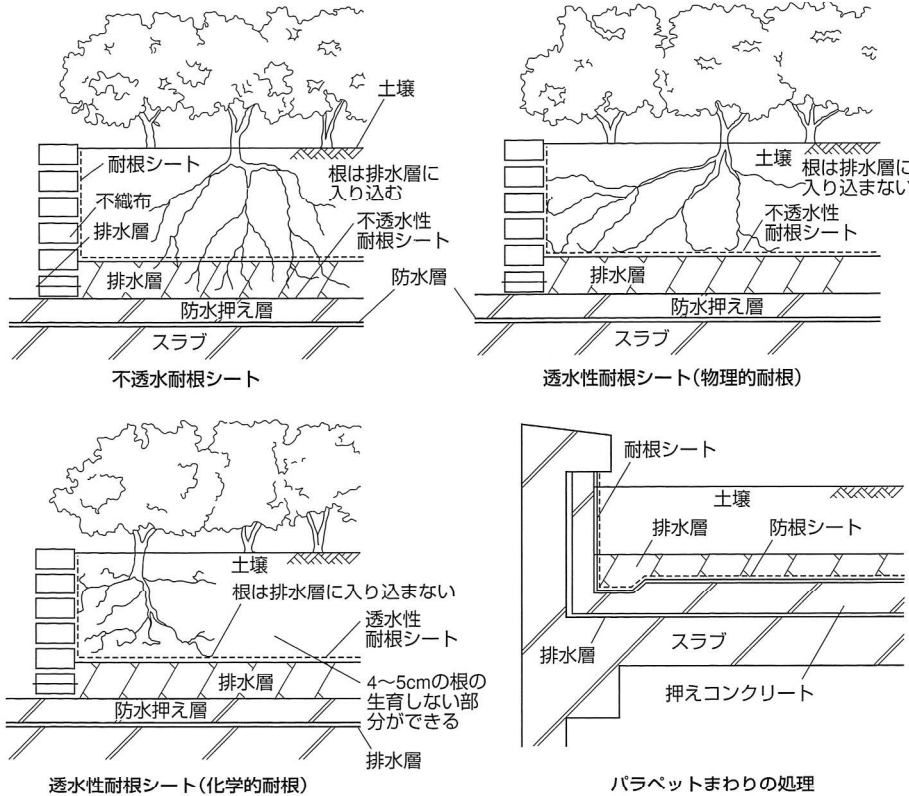


図10 耐根シートの敷設方法⁵⁾

がある(図10)。

なお、透水性耐根シート(化学的耐根シートを除く)の使用方法には注意を要する。つまり、植物の根は水を求めて細胞分裂し成長していくことから、透水性があると毛細根は必ず貫通し、貫通した毛細根は次第に太く成長するため、厳密な意味での耐根性能は発揮されないことが多い。ただ、排水柵の周囲など、耐根性と透水性が同時に必要な部位もあ

り(図11)、目的に応じて使い分けが必要である。

3) 排水層

排水層は、植栽基盤の下層に設けられ、降雨を排水溝やドレンまでで設置される。

植物の生育のためには水分が不可欠であるが、水分が排水されずに土壌中に滞留すると、根腐れを起こす原因となる。また、排水を良好にすることは植物の根に通気を促すこと

でもあり、植物を健全に生育させるうえで、排水性能は重要な要素である。

排水層には、大別して面排水（全面排水）と線状排水（集水排水）の二つの方式があり、面排水は素材と形態により、さらに骨材系の砂利状排水材と樹脂系の板状排水材に分けられる。樹脂系板状排水材には、二重構造や卵パックによる貯水機能のあるものと、貯水しないものに分けられる（表7、図12）。

4) フィルター層

排水層と土壌の間に敷設し、土壌が排水層に流入し、排水能力の低下をきたしたり、土壌が目減りすることを防ぐために使用する資材で、通常は、樹脂製の薄い不織布シートが用いられる。

5) 土壌層

植物に必要な水分や養分を保持し持続的に植物に供給するとともに、植物体を支持するのが土壌の主な機能である。

新築であらかじめ積載荷重に余裕を確保している場合を除けば、屋上緑化で使用する場合、積載荷重の制約により、比重の重い自然土壌の使用は困難であり、人工軽量土壌が選択されるケースがほとんどである。

人工軽量土壌は、パーライト系と火山砂利系に大別されるが、保水性や保肥性などの違いから、目的とする緑化の形態や植物種によって使い分けられている。

各部の納まり

緑化屋根は、土壌や植栽などが存在するため、普通の屋根に比べて雨水が溜まりやすく漏水事故を起こしやすい。また、一度屋上緑化を施工してしまうと不具合箇所を直すのに多大の労力を要する。したがって、納まりには十分な注意を払い、余裕

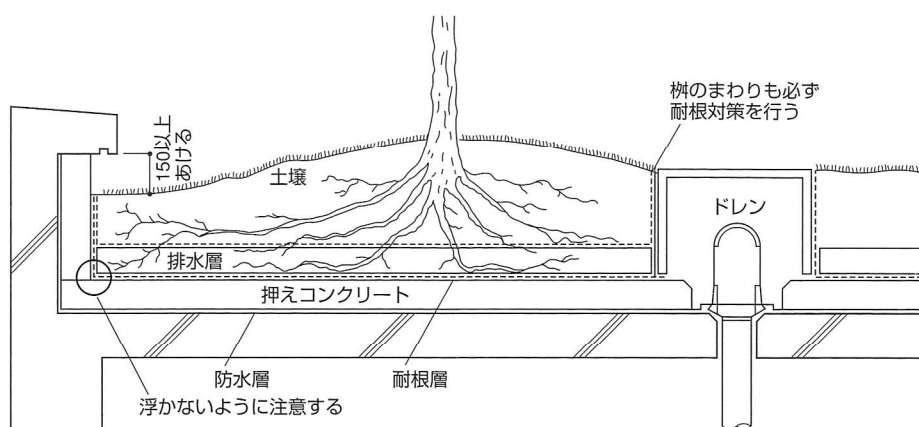


図11 耐根シート使用の注意点²⁾

表7 排水方法と素材⁵⁾

方式	詳細
面排水	骨材系
	砂利
	重量
	砕石
	微粒子を含むクラッシャー砕石は不適
	火山砂利
化学薬品系	やや軽量、多少の保水能力あり
	黒曜石
	軽量、多少の保水能力あり
	パーライト
	非保水タイプ
	厚さ7～50mm程度までである
線状排水	保水タイプ
	排水層に保水させる。貯留水が上部土壌へ浸潤する。土壌との間に空気層ができる資材がよい
	重量が重い。施工性が悪い
併用型排水	U型溝または透水性U型溝の逆設置
	重量が重い。施工性が悪い
	合成樹脂系透水管
	軽量で曲線施工が可能
併用型排水	パーライト詰め排水管
	軽量で曲線施工可能
	排水能力は合成樹脂系透水管よりやや落ちる
併用型排水	面排水と線状排水を併用し、大面積に使用する
	面排水からの水を暗渠に集水し、排水する

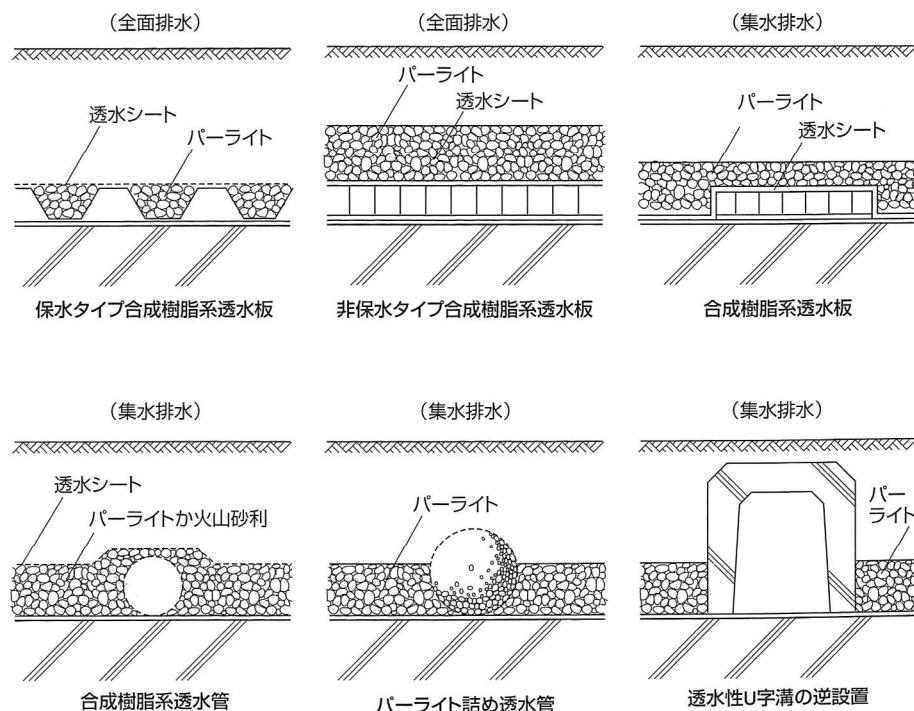


図12 排水方法と素材⁴⁾

をもった設計がなされなくてはならない。ここでは、その際の参考となるような事例を集め解説を加えた。

平場

在来工法で屋上緑化を行う場合、対象植物種や積載荷重条件、コスト

などを考慮して、土壌の厚さ、排水層の種類や厚さなどを設定する必要がある。また、菜園型の場合は、ユーザーが植物を植え替えるため土壌を掘り返す際に、防水層がスコップなどの工具で傷つけられないよう、耐衝撃層は不可欠となる。

セダムを植栽する場合は、植栽基盤厚がわずか50mm程度の薄層とすることも可能であるが、軽量であるため、風による負圧で植栽基盤が飛散することがないように、防水層に直接固定する仕組みなどが必要となる。改修のしやすさ、軽量化などを考慮して押えコンクリートを打設しないケースが増えているからである。

ルーフドレンまわり

ドレンまわりは、ドレンカバーやフィルターの目詰まりなどによって特にトラブルを生じやすい。したがって、ドレンまわりでは緑化範囲を制限してドレン周囲は緑化しないようにする。やむを得ずドレンまわりを緑化する場合は、ドレンカバーの周囲は、黒曜石パーライトを詰めた透水管などを設置し、排水性能を確保することが必要である。

パラペット立上り

水位が上がると漏水事故となる可能性の高い部位である。原則としてパラペットに土壌が接するような納まりとすべきではない。やむを得ずパラペットまで緑化する場合、立上り部の土壌中に、黒曜石パーライトを詰めた透水管などを設置して排水性能を確保するか、土壌面からパラペットの張仕舞まで150mm以上確保することが必要である。万が一雨水が溜まってしまったときのために、オーバーフロー管を設けておくことも有効である。

サッシ立上り

壁面水により、実際の降雨よりかなり大きな負荷がかかる可能性があるため、サッシ際まで土壌を充填し

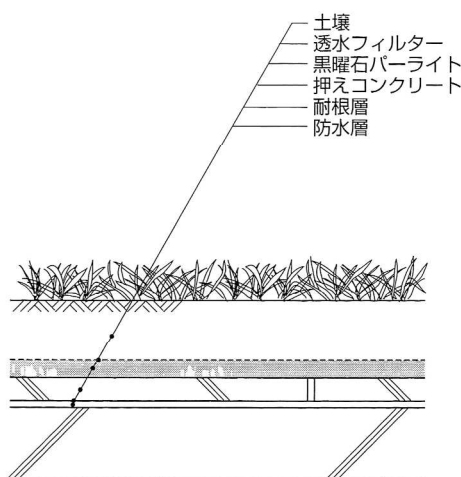


図13 在来工法③

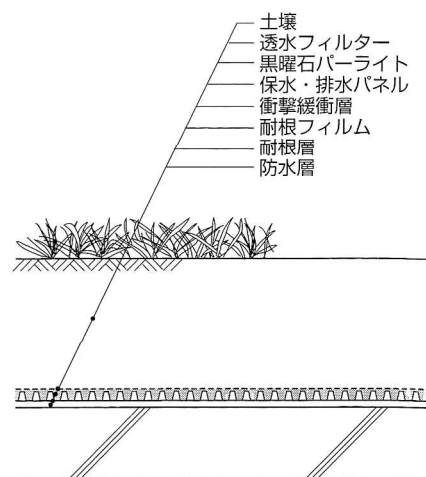


図14 板状排水層タイプ③

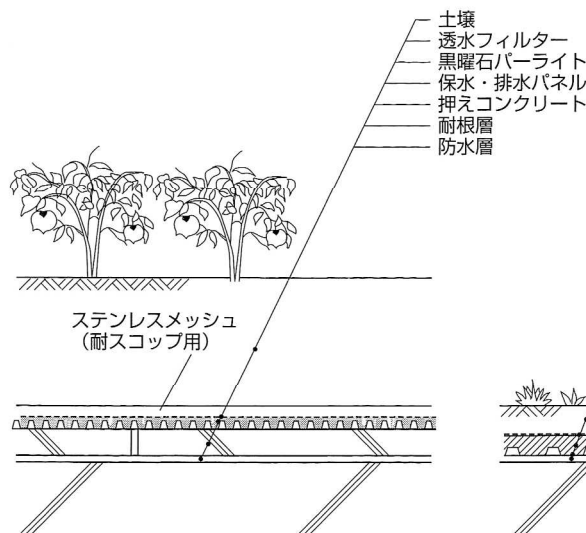


図15 菜園型③

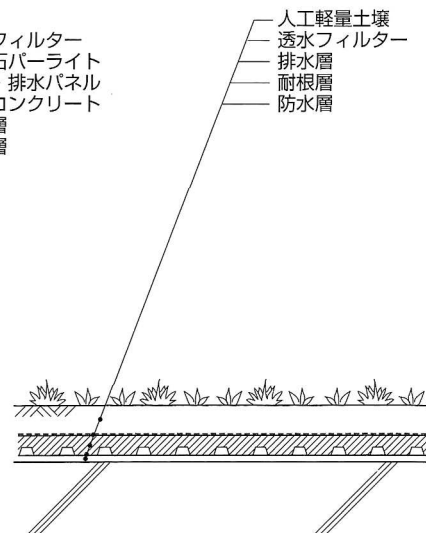


図16 薄層型③

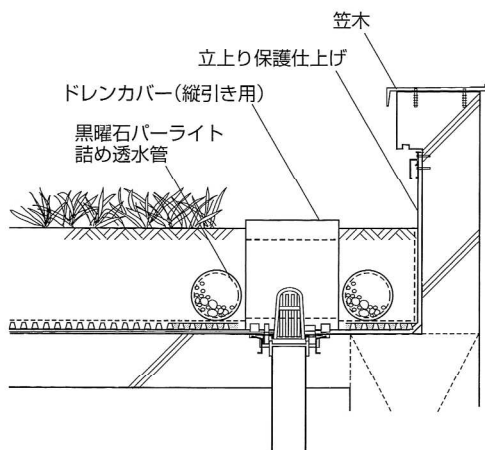


図17 縦引き型ドレンまわり③

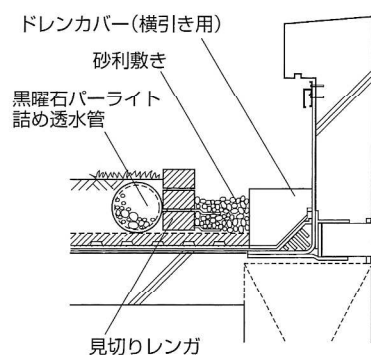


図18 横引き型ドレンまわり③

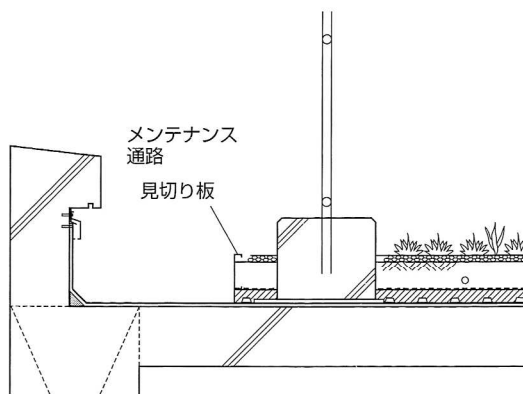
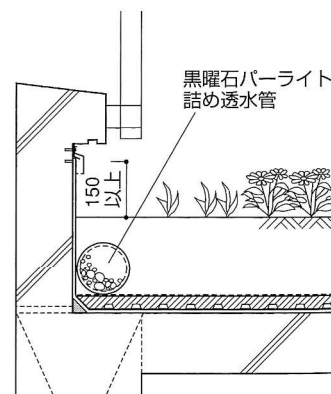


図19 パラペット立上り③



ないようにするか、サッシ際は砂利敷きとし、水位の上昇を防ぐ。

貫通パイプ、設備基礎まわり

防水上の弱点となる箇所については、見切り材や砂利を用いて直接土壌が接しない納まりとする。

樹木地下支柱部

樹木の風倒を防ぐため、地下支柱などで支える必要がある。地下支柱などの設置にあたっては、防水層を傷めないよう配慮する必要があるが、ここでは抵抗板を用いる方式の例を紹介した。

おわりに

緑化屋根はわが国で長い実績のある構法であるが、緑化の実践が先行し防水側の説明や検討がやや遅れた感がある。

一例として、さまざまな屋上緑化防水システムが長期的にどの程度根に耐えるのかについては、現状では十分なデータがなく、従来はそれを評価する試験方法も定まっていなかった。そこで、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の耐根性試験WGでは、2004年から、屋上緑化防水システムのための耐根性能評価とその試験方法について検討を行い、試験方法を確立し、今年から実際に屋上緑化防水システムの耐根性能評価試験に着手している。今後の試験結果が待たれるところである。（みわ たかし）

【参考文献】

- 1) 興水肇：都市建築物の緑化手法，1994年
- 2) 屋上開発研究会：屋上緑化設計・施工指針，1998年
- 3) 日本建築学会材料施工委員会防水工事運営委員会：第2回防水シンポジウム資料集，2003年
- 4) (財)都市緑化技術開発機構：新・緑空間デザイン技術マニュアル，1996年
- 5) 屋上開発研究会：屋上・ベランダガーデニングべからず集，2000年
- 6) 小池迪夫他編：建築防水システムハンドブック，1992年

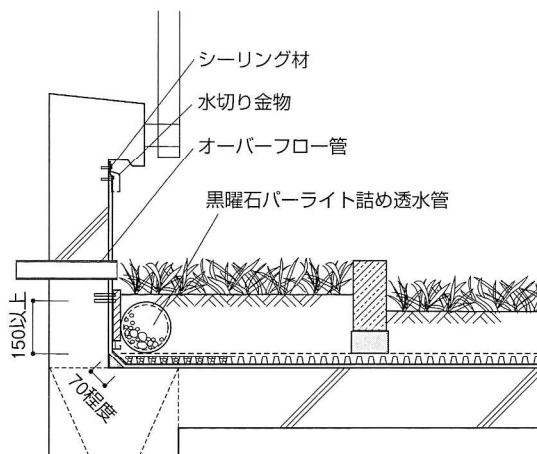


図20 オーバーフロー管³⁾

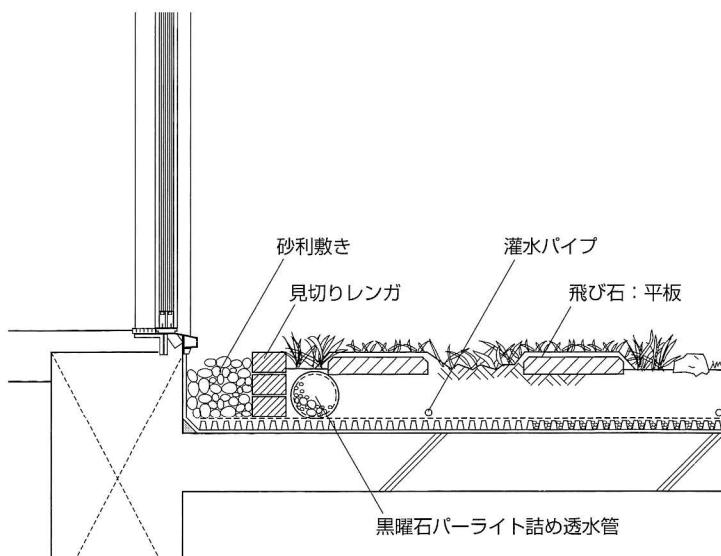


図21 サッシ立上り³⁾

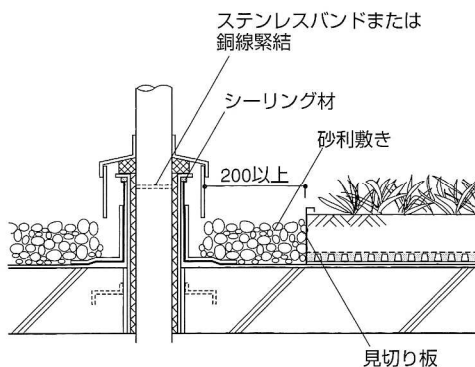


図22 貫通パイプまわり³⁾

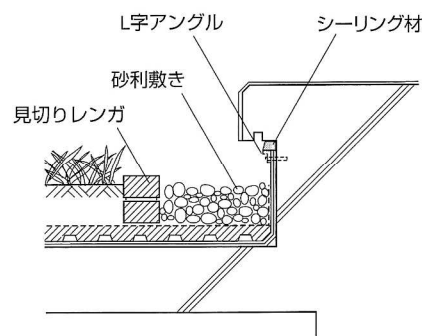


図23 設備基礎まわり³⁾

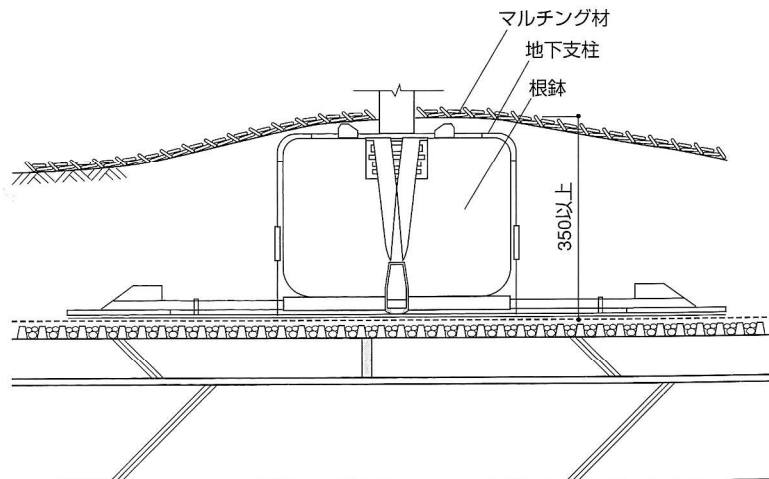


図24 樹木地下支柱部³⁾



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【駐車場防水】

竹本喜昭

清水建設(株)技術研究所生産技術開発センター

はじめに

大きな駐車場のあるところといえば、最近では大型スーパーやショッピングセンターが思い浮かぶのではないだろうか。わが国最初のショッピングセンター（以下、SC）は1969年11月にオープンした玉川高島屋SCとされており、当時としては1千台という大規模な駐車場を備えた画期的なものであった。1966年に初代カローラが発売された時代である。図1は国内の乗用車保有台数の推移を表したものであるが、1969年では1世帯あたりの自動車保有台数は0.2台であったのが、1993年以降は1台以上となり、地域差はあるが、すでに1家に1台の時代に突入している。ここ最近では、数千台規模の駐車場を備えた大型SCが話題となっており、筆者の職場近くにも、都心に

ありながら店舗面積60,000m²、駐車場2,200台を誇るSCがオープンした。休日には他県ナンバーの大型ミニバンやRV系の自家用車が續々と集まっており、現代社会においては自動車は生活の道具であり、当然それを収める駐車場も必要不可欠な存在となっている。

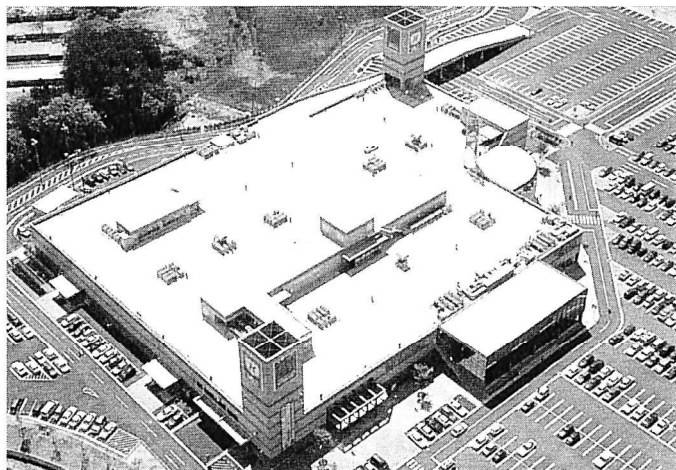
駐車場の種類

駐車場には、自走式と機械式があり、主に防水機能を必要とするのは自走式である。建築学会主催の第1回防水シンポジウムでは、表1のように自走式駐車場の分類と防水性の必要性についてまとめている¹⁾。広い敷地であれば平面式が防水の必要性がなく、最も簡易で開放的であるが、建物までの距離が長くなり不便である。ここ最近では、比較的敷地に余裕がある郊外型の大型店舗で

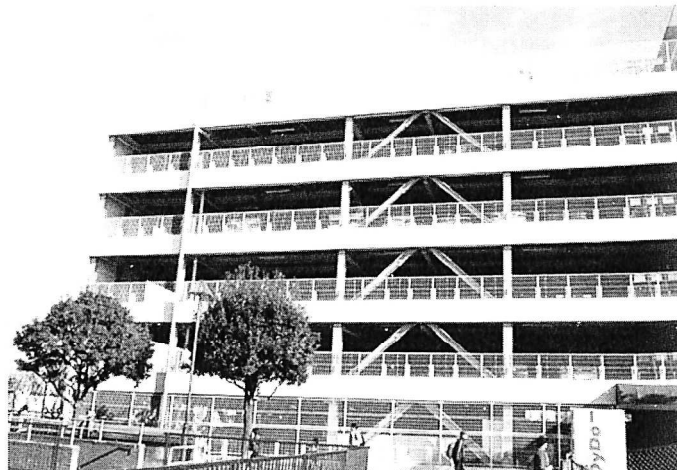
も、収容台数の増加と利用客の利便性も考慮して、平面式と店舗の上階から屋上に駐車スペースを設ける付属施設式とが併用されているもの（写①）や、店舗建物に隣接した立体駐車場である独立建屋式（写②）としたりする例が多く見られる。独立建屋式は写真のように外壁を設けないものもあり、それほど防水性能を必要としないが、付属施設式（写③）は駐車スペースの下が店舗になっていることが多い。この場合、屋上の駐車スペースには直接雨が降りつけるため防水性能が必要であり、中間層においても車両の走行による持ち込み水があるため、防水性能は欠かせない。

駐車場防水の役目

駐車場防水の要求性能を表2にまとめた。車両が走行する駐車場防水



①平面式と付属施設式の併用



②独立建屋式

の最も基本的な性能は、車両走行時にタイヤから与えられる負荷への耐久性であり、下地のひび割れやムーブメントに追従する柔軟性である。また駐車場は不特定多数の人が利用する場所であるため、使い方を限定することは難しく、想定される要因は多岐に渡る。さらに、場所によっては人と車が交差することもあることから、車のスリップによる事故や人の転倒など避けるために、雨に濡れていても滑らないことが必要であるが、カートや台車を車まで押していくケースもあるため、極端な凹凸は敬遠される。要求条件には、相反するものも存在する。写④は調査をしているうちに見つけたタイヤ痕である。比較的新しい独立建屋式駐車場の屋上であるが、広いことをいいことに、ドリフトの練習をしたと思われる。駐車場防水は本当に過酷な条件に曝されている。

車両から与えられる負荷

駐車場防水への負荷として最も特徴的なのは、車両の通過によって与えられる摩擦力である。ハンドルを切るとタイヤに角度がつくため、車両は曲がる。普段何気なく行われていることであるが、意外に複雑なメカニズムで成り立っている²⁾。

図2のように、進行方向に対する

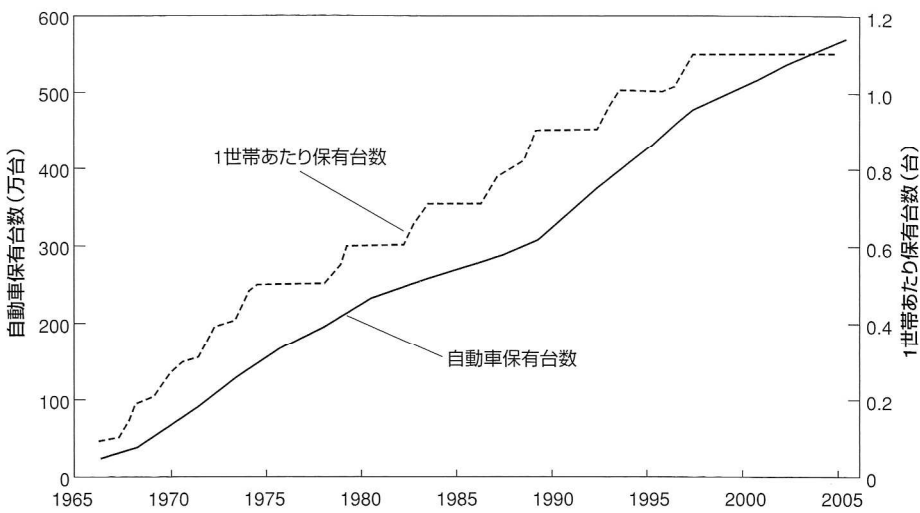


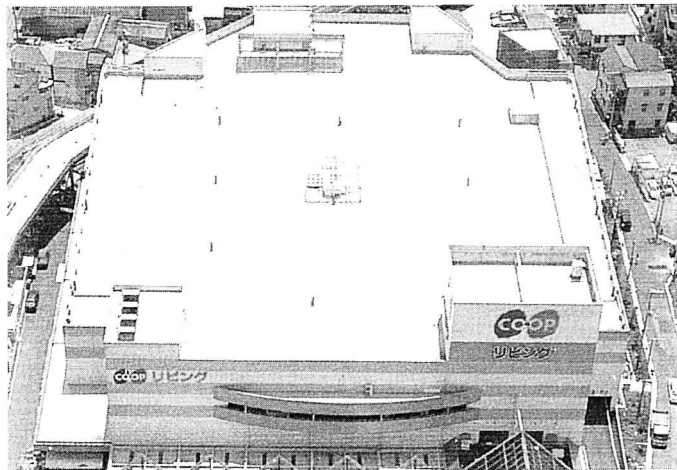
図1 自動車保有台数と1世帯あたりの保有台数 (自動車検査登録協会データより)

表1 駐車場の種類と防水の必要性

種類		概要	防水の必要性
平面式		広場形式	不要
独立建屋式	2層式	自走式立体駐車場	多層式では状況により必要
	多層式		人荷用EV設置の場合、ピットへの雨水浸入防止措置が必要
付属施設式	屋上のみ利用	比較的低層建築物	必要
	1階のみ利用	ピロティー形式など	地下階の有無や状況により必要
	地上多層階利用	低層部・中間階・上層利用など	必要
	地下階利用	1層のみと多層利用の場合	その下に部屋があるなど状況により必要

表2 駐車場防水の要求性能

要求性能	主な対象
下地追従性	下地のクラック、ムーブメント、スラブの振動
耐磨耗性、接着性	車両の繰返し走行、据え切り、コーナリングフォース
耐油性	ガソリン、オイルなどの付着
耐衝撃性	物品の落下、タイヤチェーンの衝撃
耐火性	火災の飛び火、タバコの火
防滑性	車のスリップ、人の転倒、タイヤのスリップ音
キャスター走行性	過度の凹凸は走行の障害
耐候性	太陽光の熱、紫外線（特に屋上の場合）
耐汚染性	汚れの付着、コケ類の発生、タイヤのスリップマーク



③付属施設式（地上多層階利用）



④駐車場のタイヤ跡

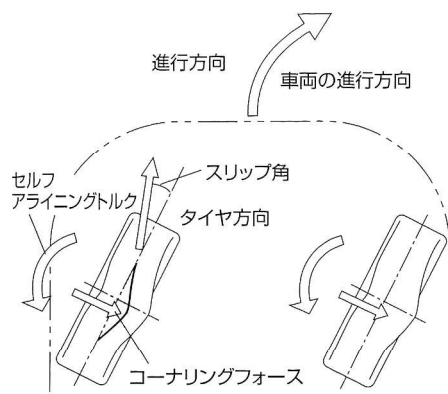


図2 スリップ角

タイヤの角度をスリップ角と呼ぶが、この角度によって車両は曲がりはじめ、遠心力が発生するとともにタイヤはねじれるような変形力を与えられる。このタイヤの変形によって発生するコーナリングフォースと呼ばれる力が、遠心力に対してつり合うことになる。例えば、人を乗せた大型ミニバン車(2,000kg)が、速度10 km/h (2.8m/s) で半径4mのカーブを曲がったとする。算出される遠心力は、以下の式で求められる。

$$\text{遠心力 (kg)} = \frac{\text{車両重量 (kg)}}{9.8 (\text{m/s}^2)} \times \frac{(\text{速度 (m/s)})^2}{\text{曲率半径 (m)}}$$

この場合の遠心力は400kgとなり、まずは計算を単純にするために、各車輪に均等に力が加わると仮定すると、1輪のコーナリングフォースは100kgである。さらに、車両は遠心力によって図3のように外側に傾く動きをするので、外側のタイヤには荷重が移動する。この傾き方は、車両の重心が高いほど、タイヤとタイヤの中央間距離(トレッド)が小さいほど、大きくなる。詳細は省くが、タイヤ4本分のコーナリングフォースが400kgで、重心点の高さを約0.7m、トレッドを1.5mと仮定すると、荷重移動量 $\Delta W = 400 \times 0.7 \div 1.5 = 187$ (kg) となる。さらに、この荷重移動 ΔW は、車両前後の重量配分によって振り分けられる。現在の主流となっているFF車(Front

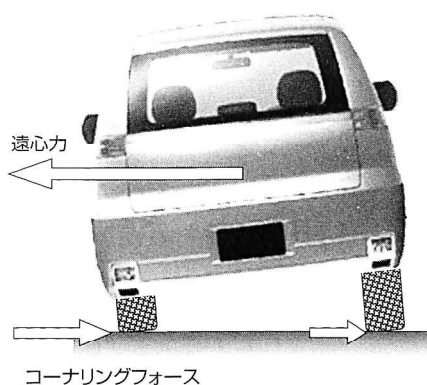


図3 コーナリングフォース

engine, Front wheel drive) は、前輪側に重量を配分している。この重量の前後比を60:40とすると、前輪外輪には、車両重量の1/4と加算すると $500 + 187 \times 0.6 = 612$ kgもの重量がかかっている計算となる。この荷重によって発生するコーナリングフォースは、図4のスリップ角とコーナリングフォースの関係を参考とすると、最もタイヤの力が発揮するとされるスリップ角4°では、約400kgとなると考えられる。なお、スリップ角とコーナリングフォースの関係は、タイヤの形状で変化するものであり、グリップ性の高い扁平なタイヤでは、同じ4°のスリップ角でもコーナリングフォースがより大きくなる。つまり、最近流行の車高の高いFF大型ミニバン車で、扁平のタイヤを装着した車両は、駐車場表面をより過酷な負荷を与えていることになる。

駐車場防水の種類

このように、駐車場防水の表面には、車両の通行やその他の要因に耐えられる、硬くて強固な保護層が必要である。そして、下地のクラックや動きに追従して防水性能を維持するために、中間には軟らかい素材によって防水性能を維持させるのが基本となっている。表3、図5～8に、主な駐車場防水の種類を示す。

基本的には、どの駐車場防水も保

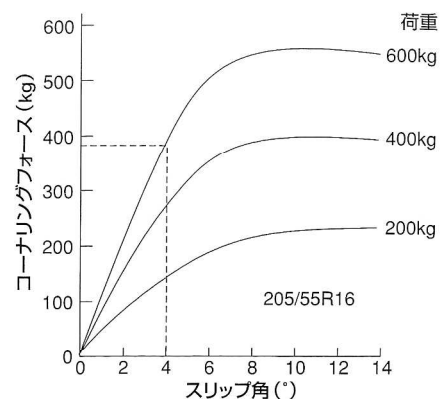


図4 スリップ角とコーナリングフォースの関係

護層は耐久性に優れたものとなっているが、実使用における耐久性には差が見られる。保護層の耐久性でいえば、コンクリートやアスコンのような極めて硬い材料が理想的であろう。これに対して、露出防水では保護層の耐久性が劣ることは否めず、駐車場露出防水を扱うメーカーカタログには、車両通行速度を8～10km/h以内で推奨しているものがほとんどである。しかし、筆者も自分の車で確認してみたが、人と車が交錯する駐車スペースでは10km/h以下で慎重に走行するが、人の通行がない車路やスロープでは15～20km/h近く出ていた。遠心力は前出の式により、速度の2乗に比例するため、車路やスロープが駐車スペースよりも早く摩耗しているのを目にする。ただし、コンクリートやアスコンは強固であるが故に、その重量は大きい。スラブ重量を低減させたいような鉄骨造による大空間でスラブ重量を低減させたい場合や、短工期を目的としてパネル式スラブとする場合は、ウレタン系やFRP系の露出駐車場防水を選択する傾向にある。したがって、図9に示すように、スロープや走路カーブなど、特に厳しい負荷が繰り返される箇所には、耐摩耗性、耐スリップ性を向上させた露出防水としたり、写5のように、スロープをコンクリートで保護し、駐車スペースを露出防水とするケースも見られる。

表3 駐車場防水の種類

Ⅰ 分類	Ⅱ 中間層（下層）	Ⅲ 保護層（上層）
アスファルト系	熱工法アスファルト防水層	コンクリート保護層
	常温工法防水層	アスファルトコンクリート保護層
	熱工法アスファルト防水層と常温工法アスファルト防水層の併用	（任意に組合せ）
ウレタン系	ウレタン防水層（床・防水兼用タイプ）	ウレタン以外の樹脂系グリップ層（例えばエポキシ樹脂系など）
	ウレタン防水層（床・防水兼用タイプ°）	ウレタン・グリップ層（1層目と同じ）
	軟質ウレタン防水層（防水専用タイプ）	硬質ウレタン・グリップ層
FRP系	軟質ポリエステル樹脂系防水層	FRP防水補強層
	軟質ウレタン防水層	FRP防水補強層

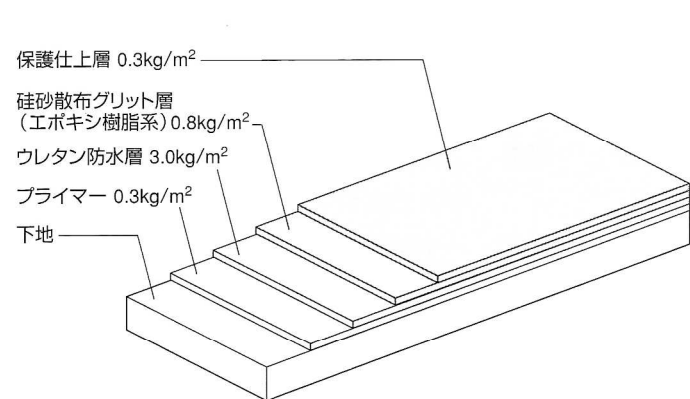


図5 ウレタン防水層の例

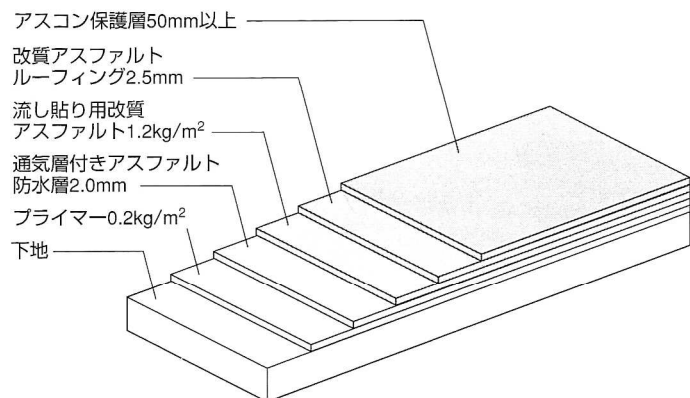


図7 アスファルト防水層の例

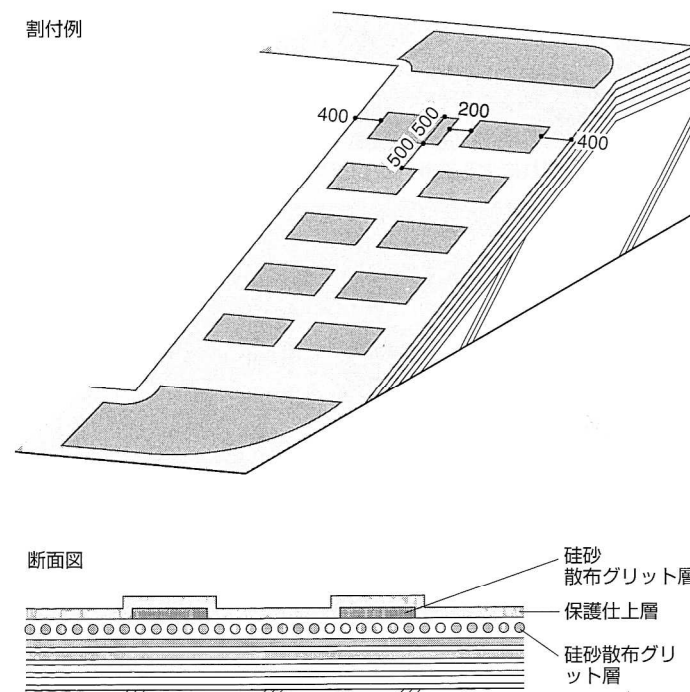


図9 耐摩耗性を向上させた露出防水

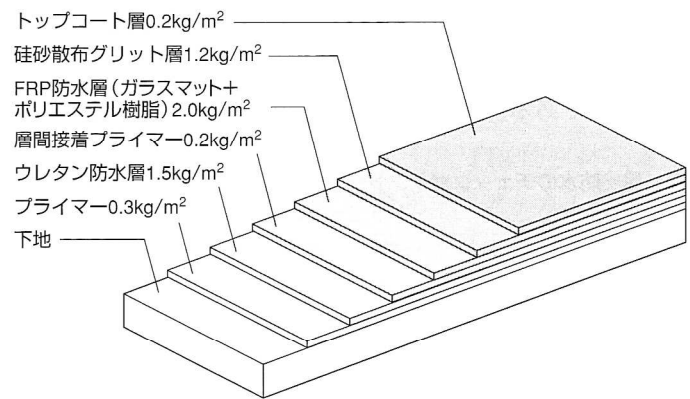


図6 FRP防水層（ウレタン防水層）の例

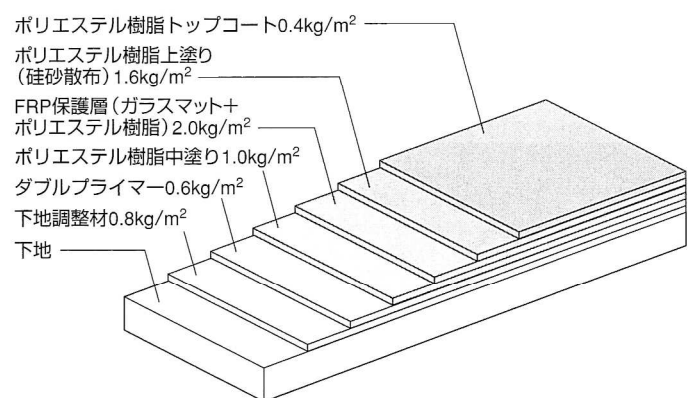
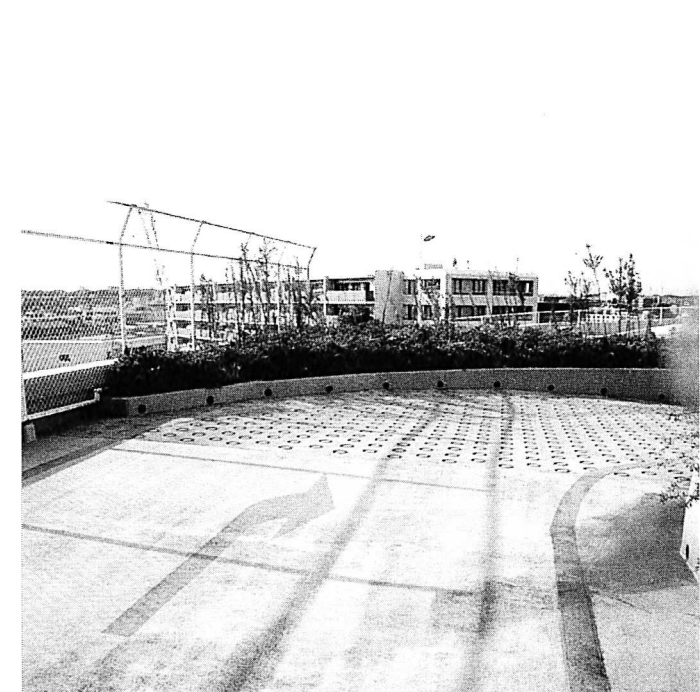


図8 FRP防水層（ポリエステル防水層）の例



⑩スロープ部分がコンクリート

不具合の事例

過酷な条件が求められる駐車場防水であるだけに、不具合もやはり見られる。

写⑥は、昇りスロープで、かつカーブの箇所でウレタン防水が摩耗した例である。ここは人が通らないこともあり、通行する車両は相当に勢いをつけて登ってくるため、特に摩耗が顕著である。写⑦は、スラブの

ひび割れによって破断したウレタン防水をメッシュ繊維で補修した箇所が剥離していた。

写⑧は、車両通行時のスラブの動きが大きく、梁上でFRP防水が剥離した例である。長大スパンの鉄骨造では、比較的スラブの動きが大きいことがあり、注意が必要である。写⑨は、スラブと防水層の間に発生した結露と考えられる原因によって、FRP防水が大きく剥離してしまった例である。写⑩は、トップコートが

摩耗してFRPが露出した例である。トップコートが摩耗すると、散布してある硅砂が脱落するため、その上を車両が通行することでさらに防水層にキズをつけたり、人が転倒する危険もある。写⑪は、下地の水分の影響によってアスファルト防水層がふくれた例である。アスファルト防水では、この上に強固な保護層を施工するが、写⑫のように、防水層のふくれがアスコンに影響してしまうことがある。そのため、下地は十分に乾燥させることが大切である。

表4 露出防水のチェックポイント

種類	チェックポイント
アスファルト系 (保護層がアスコンの場合)	搬入車両やフィニッシャーの始動、停止速度と方向転回時の養生 フィニッシャー前方に落ちている骨材除去 アスコンの温度管理
ウレタン系	下地プライマー・層間プライマーのオープンタイム管理
FRP系	下地プライマー・層間プライマーのオープンタイム管理 ガラスマットの重ね代の確保 ガラスマットへの樹脂の含浸と脱泡 FRP塗継ぎの工程間隔管理

施工上のチェックポイント

各防水層の施工上のチェックポイントを、表4と以下にまとめた。

アスファルト系

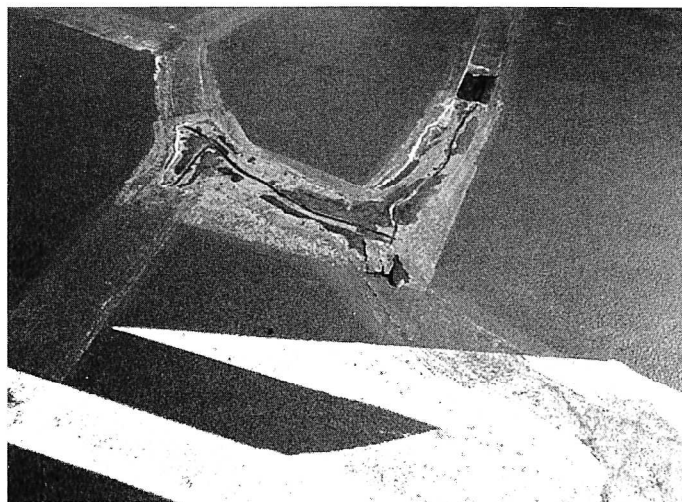
保護層にアスコンを用いる場合は、材料搬入用のトラックやアスコ



⑥スロープの摩耗 (ウレタン防水)



⑦スラブひび割れによる破断 (ウレタン防水)



⑧梁上の剥離 (FRP防水)



⑨スラブとの接着不良 (FRP防水)

ン散布用のフィニッシャーが、施工したアスファルト防水の上を通ることになる。その際は始動、停止を慎重に行い、特に方向転回の際にはタイヤの下を養生する必要がある。養生をせずに防止層の上で方向転回すると、写⑩のように、防水層が損傷することがある。また、フィニッシャーの前にアスコン骨材が散在していると、それを踏んで防水層を損傷することがあるため、速やかに除去する必要がある。

アスコンの温度は150℃以下が標準となっている。これ以上の温度となると、防水層が軟化して損傷を受けやすくなるため注意が必要である。

露出防水（ウレタン系・FRP系）

プライマーの塗布後オープнтаイムが長すぎたり、雨や夜露などの水分の影響を受けると、プライマーの接着力が低下するため、計画的な施

工が必要である。特に、FRP防水の層間プライマーは指定のオープнтаイムが守れないと、層間剥離の原因になりやすい。

ウレタン系では、防水層となる軟質ウレタン層の厚さを確実に確保する必要がある。FRP系には塗継ぎが必ずあるため、ガラスマットの重ね代の確保を確実に行う。さらに、FRPの塗継ぎは、工程間隔が所定の期間以上に開いた場合は、FRP同士で剥離する可能性があるため、連続作業で行うことが原則である。

おわりに

最近では自家用車が大型化し、さらに女性ドライバーも多くなった。それに合わせるように、広めに駐車スペースをとった駐車場が増えてきたことは、筆者のような小さい子供が

いる利用者にとって大変有難い傾向である。また、車上荒しの被害が増えていることもあり、明るく見通しのよい、安全な駐車場は今後も好まれるだろう。求められる性能は厳しいが、ツギハギだらけの駐車場ではあまりよい印象を与えない。したがって、特に露出防水では、耐摩耗性のさらなる向上が必要ではないだろうか。

本稿の執筆にあたり、タジマルーフイング(株)、旭硝子ポリウレタン建材(株)、(株)スバル、FRP防水材工業会、双和化学産業(株)、アイカ工業(株)にはヒアリングや資料提供していただきました。ここに謝意を表します。

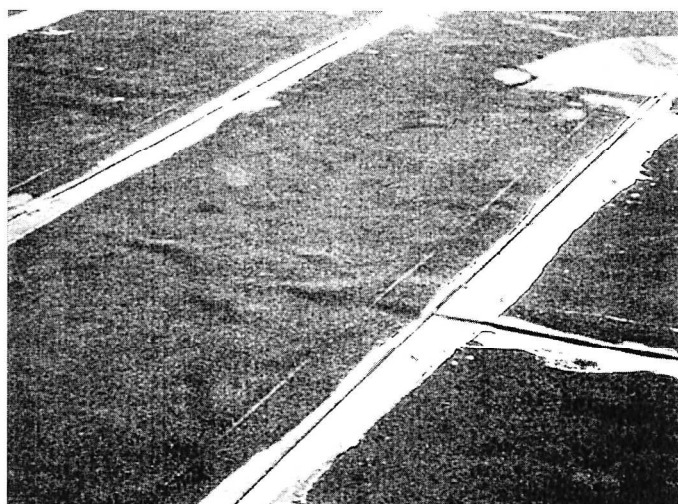
(たけもと よしあき)

【参考文献】

- 1) 第1回 防水シンポジウム資料集：日本建築学会材料施工委員会，2001年7月
- 2) 宇野高明：車両運動性能とシャシーメカニズム，グランプリ出版，1994年



⑩ トップコートの摩耗（FRP防水）



⑪ アスファルト防水層（密着）のふくれ



⑫ アスコンのひび割れとふくれ



⑬ 作業車両による防水層の損傷



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【その他の防水】 バルコニー・庇・開放廊下の防水

松田健一
高山工業(株) 技術部

はじめに

バルコニー・庇・開放廊下は、一般に下部は外部として想定されるが、居室にかかる場合もある。本稿では、適用できる防水層を表1に示し、バルコニー・庇・開放廊下について、留意点をそれぞれ解説する。

下部の一部または全部が居室にかかる場合、住宅関係であれば、居室部分に漏水が発生すると、防水層の

有無や防水保証書の保証年数にかかわらず、いわゆる「品確法」(住宅の品質確保の促進等に関する法律)による10年間の瑕疵担保責任が義務付けられる。

バルコニー・庇・開放廊下では、それぞれ使用条件が異なる。庇は「非歩行」、バルコニーは「軽歩行」、開放廊下は「通常の歩行」を想定している。したがって、露出仕上げの防水層では、どのような使われ方を想定した表面仕上げが必要とな

る。

バルコニーと類似する部位としてベランダがあるが、(社)全国防水工事業協会では、『建築一般と防水施工管理』の中で、バルコニーが「建物の外壁から突出し、室内空間の延長として利用できる屋外の床で、一般に階下が室内になっている場合が多い」としており、ベランダは「建物の外周に沿ってつくられたポーチまたはギャラリーで、側面は全部または部分的に開放され、通常は屋根付

表1 バルコニー・庇・開放廊下に適用できる防水層

I 防水層の種類・分類				II 部位				
分類	工法・材質	区分	仕様	下部の居室				
				あり	なし	あり	なし	なし
アスファルト系防水層	熱工法	保護層あり	A-PF (a)	○	※	○	※	—
			A-PF (b)	○	※	○	※	—
改質アスファルト系防水層	トーチ工法	保護層あり	T-PF2	○	※	○	—	—
		露出	T-MF1	—	—	—	—	※
	常温工法	保護層あり	メーカー仕様	○	※	○	※	—
		露出	参考(タ)	—	—	—	—	※
	常温複合法	保護層あり	メーカー仕様	○	※	○	※	—
		露出	メーカー仕様	—	—	—	—	※
合成高分子系シート防水層	合成ゴム系	露出	S-RF	—	—	—	—	○
	塩化ビニル系	露出	S-PF	○	※	☆	☆	○
	EVA系	露出	S-PC	—	—	—	—	○
		保護層あり	参考(木)	○	※	○	※	—
塗膜系防水層	ウレタン系	補強布入り	L-UF	○	○	☆	☆	○
		補強布なし	メーカー仕様	—	☆	—	☆	○
	ウレタン+長尺シート	なし	メーカー仕様		☆	—	☆	
	超速硬ウレタン系	補強布なし	参考(ワ)	○	☆	○	☆	※
	FRP系	ガラスマット2枚	参考(力)	○	○	○	○	○
	ポリマーセメント系	露出	指針PA-1	—	☆	—	☆	○
			指針PA-3	☆	※	☆	※	○
	ゴムアスファルト系	露出	メーカー仕様	☆	☆	☆	※	—

- 【注】 1. 記号 ○：適用可能，※：適用可能だが一般的でない，☆：メーカーにより適用のものがある，—：適用外
 2. 下地勾配の標準は、露出工法は1/20～1/50とし、コンクリート保護工法は1/50～1/100とする
 3. 表中にある仕様では、日本建築学会建築工事仕様書（JASS 8）の標準仕様および参考となる仕様
 4. 表中の記号は、筆者が独自に記入したもので、日本建築学会建築工事仕様書（JASS 8）のものとは異なるところがある

きである」としている。

また、日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説防水工事（以下、JASS 8）では、適用部位の中にバルコニーはなく、ベランダだけが分類されている。ここでは、いわゆるルーフバルコニーを歩行用の屋根として、バルコニーをベランダの機能を含めたものとして捉えて、「室内空間の延長として利用できる屋外の床で比較的小規模のものであり、階下が室内になっている場合を含む」と想定し、適用すべき防水層について解説する。

なお、防水層の紹介にあたっては、できるだけ日本建築学会建築工事仕様書（JASS 8）の標準仕様および同仕様書の参考資料3：メンブレン防水層標準仕様以外で防水設計上参考となる仕様（以下、参考（＊）仕様として記す）を紹介するが、最新の防水仕様を紹介する意味で一部一般的なでない仕様についても「メーカー仕様」として紹介している。

「バルコニー」

バルコニーでは、いわゆる「軽歩行」に分類される使い方が予想され、ゴルフのスパイクやハイヒールの歩行は想定外であるが、びょうのない革靴、ゴム底の靴、スリッパなどによる歩行が想定されている。その利用者としては、比較的限定された建物の所有者や居住者と、その家族のみやメンテナンス関係の人が想定される。

下部の一部または全部が居室の場合

下部の一部または全部が居室にかかる場合、防水層としての性能として、長期間にわたり防水性能を維持できるものが要求される（写①）。

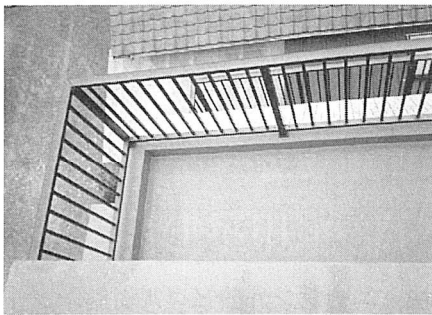
断熱材の採否を含めて検討する場合、軽度の歩行を組み合わせると、どうしても保護層が必要となる。その場合には、アスファルト系防水層（熱工法・A-PF（a）またはA-PF（b）仕様）、または改質アスファルト系シート防水層（トーチ工法・T-PF2仕様）が一般的である。しかし、近年、改質アスファルト系シート防水層の常温工法や常温・塗膜複合工法、エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層（接着工法・参考（ホ）仕様）の採用が増加してきている。

これらの断熱材のある防水層では、いずれも保護コンクリートの打設が条件となり、これらの場合、耐用年数は露出防水層に比べて長い20年から30年と想定される。

断熱材が不要な場合には、露出防水層の採用が可能であり、塩化ビニル樹脂系シート防水層（接着工法・S-PF仕様）やウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法・L-UF仕様）が一般的であるが、近年、FRP系塗膜防水層（密着工法・参考（カ）仕様）が使われる場合も多くなってきている。

表2 アスファルト系および改質アスファルト系防水層

項目		分類			
区分	保護・露出 工法・材質	アスファルト系防水層（熱工法）		改質アスファルト系シート防水層（トーチ工法）	
		保護層あり	保護あり	保護層あり	露出
防水層	日本建築学会仕様・施工指針	A-PF（a）	A-PF（b）	T-PF2	T-MF1
	その他	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様
	適用部位	バルコニー・開放廊下	バルコニー・開放廊下	バルコニー・開放廊下	庇
	工程-1	アスファルトプライマー（0.2kg/m ² ）	アスファルトプライマー（0.2kg/m ² ）	アスファルトプライマー（0.2kg/m ² ）	アスファルトプライマー（0.2kg/m ² ）
	工程-2	アスファルトルーフィング流張り（アスファルト1.0kg/m ² ）	改質アスファルトシート流張り（アスファルト1.0kg/m ² ）	改質アスファルトシート（トーチ張り）	改質アスファルトシート（トーチ張り）
	工程-3	ストレッチルーフィング流張り（アスファルト1.0kg/m ² ）	ストレッチルーフィング流張り（アスファルト1.0kg/m ² ）	改質アスファルトシート（トーチ張り）	－
	工程-4	ストレッチルーフィング流張り（アスファルト1.0kg/m ² ）	アスファルトはけ塗り（アスファルト1.0kg/m ² ）	－	－
	工程-5	アスファルトはけ塗り（アスファルト1.0kg/m ² ）	アスファルトはけ塗り（アスファルト1.0kg/m ² ）	－	－
	工程-6	アスファルトはけ塗り（アスファルト1.0kg/m ² ）	－	－	－
	保護層	絶縁用シート敷き込み	絶縁用シート敷き込み	絶縁用シート敷き込み	－
保護層	工程-2	溶接金網敷き込み	溶接金網敷き込み	溶接金網敷き込み	－
	工程-3	保護コンクリート打設	保護コンクリート打設	保護コンクリート打設	－
	保護塗料	－	－	－	保護塗料



①下部が居室のバルコニー



②バルコニーの状況



③バルコニーの状況

バルコニーでは、「軽歩行」に適用するため、塩化ビニル樹脂系シートでは厚み2mm品、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法）は平均塗膜厚みが3mmで補強布入りのウレタン系舗装材仕上げ、FRP系塗膜防水層（密着工法）はガラスマット2枚仕様の採用が望ましい。また、スプレーで吹き付け施工する超速硬ウレタン系塗膜防水層（密着工法・参考（ワ）仕様）では、補強布を入れないで、平均塗膜厚みが3mmの防水層をつくる仕様がある。

下部が居室でない場合

下部が居室でないバルコニーでは、保護コンクリートを打設する防水層や塩化ビニル樹脂系シート防水層は、適用可能ではあるが、過剰品質の嫌いがあり、一般的には採用され

ていない。この場合、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法）、FRP系塗膜防水層（密着工法）が使われている（写②～④）。

ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法）では、下部に居室がある場合、平均塗り厚さ3mmで補強布入りのグレード（L-UF）だけでなく、塗り厚さ2mm程度で補強布を入れないグレード（各メーカー仕様）や、FRP系塗膜防水層（密着工法・ガラスマット1枚または2枚仕様）が使われる場合も多くなっている。平成18年11月に日本建築学会から刊行された『ポリマーセメント系塗膜防水工事施工指針（案）・同解説』では、バルコニーに適用できる補強布入りのグレード（L-PA1およびPA2仕様）がある。

このほか、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法）の上に、塩化ビニル樹脂系の長尺シートを保護・仕上層として組み合わせたものがある。外観上は同じように見えるが、ウレタンゴム系塗膜防水材を切付けや排水溝にだけ塗布して、塩化ビニル樹脂系の長尺シートを施工したものについては、防水層とは呼べないので採用には注意が必要である。

掃き出し窓の問題

バルコニーに出るためだけでなく、採光を確保するため、一般的には掃き出し窓を設ける。この場合、露出の塗膜防水層であれば、サッシと防水層とをシーリング材で処理をして取り合わせて、水密性を確保する方法が一般的である。

アスファルト系や合成高分子系の

表3 アスファルト系および改質アスファルト系防水層

項目		分類			
		改質アスファルト系シート防水層（常温粘着工法）		改質アスファルト系シート防水層（常温複合工法）	ゴムアスファルト系塗膜防水層（密着工法・補強布入り）
区分	保護・露出	保護層あり	露出	保護層あり	保護層あり
	工法・材質	常温粘着工法	常温粘着工法	常温複合工法	常温塗膜工法
	日本建築学会仕様・施工指針	—	—	—	—
	その他	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様
	適用部位	バルコニー・開放廊下	庇	バルコニー・開放廊下	バルコニー・開放廊下
防水層	工程-1	アスファルトプライマー（0.2kg/m ² ）	アスファルトプライマー（0.2kg/m ² ）	アスファルトプライマー（0.2kg/m ² ）	プライマー（0.2kg/m ² ）
	工程-2	粘着層付き改質アスファルトシート（粘着張り）	粘着層付き改質アスファルトシート（粘着張り）	改質アスファルトシート流張り（常温用改質アスファルト1.2kg/m ² ）	補強布張付け（ゴムアスファルト系塗膜防水材1.5kg/m ² ）
	工程-3	粘着層付き改質アスファルトシート（粘着張り）	粘着層付き改質アスファルトシート（粘着張り）	常温用改質アスファルト塗り（1.0kg/m ² ）	ゴムアスファルト系塗膜防水材塗り（1.5kg/m ² ）
	工程-4	—	—	—	ゴムアスファルト系塗膜防水材塗り（1.5kg/m ² ）
保護層	工程-1	絶縁用シート敷き込み	—	絶縁用シート敷き込み	—
	工程-2	溶接金網敷き込み	—	溶接金網敷き込み	—
	工程-3	保護コンクリート打設	—	保護コンクリート打設	—
	保護塗料	—	保護塗料	—	保護塗料



④オフィスの回廊状のバルコニー

ルーフィング類をサッシに取り合わせる場合には、防水層を張りかけるため、サッシの下部に幅100mm程度のつばを設けることと、つばが背後の立上り面との段差なく取り付けられている必要がある（図1）。

避難ハッチの問題

バルコニーに避難ハッチを設ける場合、露出防水であればハッチ周囲に防水層と取り合わせるためのシール目地を設けて、ハッチまわりの水密性を確保する方法が一般的である（写⑤）。

その下部の一部が居室となる場合は、そのバルコニー全体を保護層のある防水層として、避難ハッチを防水層に取り合わせる要求が多い。この場合の留意点として、防水層を張りかけるため、ハッチの周囲に幅

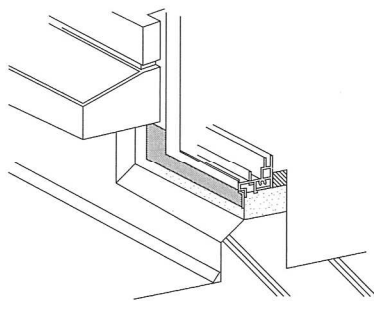


図1 掃き出し窓の防水層張り掛けつば

100mm程度のつばを設けることと、ハッチと周囲の立ち上がりとの間隔を300mm以上とる必要がある。

庇

庇では、いわゆる「非歩行」に分類される使い方が予想され、ごく限られたメンテナンス関係の際のゴム底の靴による歩行は想定している。ここでは、庇の定義をJASS 8に倣い、その出寸法を1m内外程度までの小面積のものを想定する。車寄せのようなものは「屋根」に分類して、ここでは除外して解説する。

庇では、下部が居室にかかる場合を想定しておらず、非歩行の用途であるからバルコニーのような「軽度の歩行」も必要ないことから、防水



⑤バルコニーの避難ハッチ

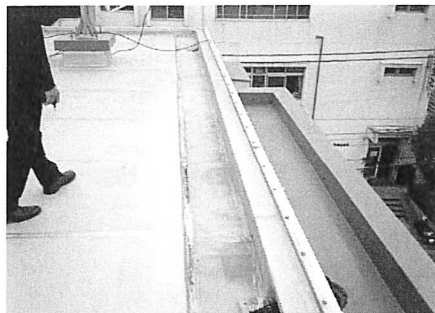
層としての性能として、長期間にわたり防水性能を維持できるものが要求される。

施工条件として施工場所が小面積であり、一般的には一方または二方、あるいは三方が小さな立上りのある壁から突き出した部位である。その場合、パラペットや水切りのおごを設けるような納まり形状はつくりにくい。施工場所への移動や材料の運搬が可能な手段を考えておく必要がある（写⑥～⑧）。

したがって、溶融アスファルトを用いる工法は考えにくい。ルーフィングやシートを張り付ける防水層はやってやれないことはないが、一般的ではない。そのため、アスファルト系防水層（熱工法・A-MS）、または改質アスファルト系シート防水

表4 合成高分子系シート防水層

項目		分類			
		合成高分子系シート防水層			
区分	保護・露出 工法・材質	露出 合成ゴム系（接着工法）	露出 塩化ビニル樹脂系（接着工法）	露出 EVA系（接着工法）	保護層あり EVA系（接着工法）
	日本建築学会仕様・施工指針	S-RF	S-PF	S-PC	参考（木）
	その他	—	—	メーカー仕様	メーカー仕様
	適用部位	庇	バルコニー・庇・開放廊下	庇	バルコニー・開放廊下
防水層	工程-1	プライマー（0.2kg/m ² ）	—	プライマー（0.3kg/m ² ）	プライマー（0.3kg/m ² ）
	工程-2	接着剤塗り（下地 0.2kg/m ² 、シート 0.2kg/m ² ）	接着剤塗り（下地 0.2kg/m ² 、シート 0.2kg/m ² ）	接着剤塗り（5.0kg/m ² ）	接着剤塗り（5.0kg/m ² ）
	工程-3	合成ゴム系シート張付け	塩化ビニル樹脂系シート張付け	EVA系シート張付け	EVA系シート張付け
	工程-4	—	—	ポリマーセメントペースト塗り（5.0kg/m ² ）	ポリマーセメントペースト塗り（5.0kg/m ² ）
保護層	工程-1	—	—	—	養生モルタル
	工程-2	—	—	—	溶接金網敷き込み
	工程-3	—	—	—	保護コンクリート打設
	保護塗料	保護塗料（0.3kg/m ² ）	—	—	—



⑥底の状況（屋根の排水を一度庇に落として底の状況を確認する様子）

層（トーチ工法・T-MF2仕様、常温工法・参考（ホ）仕様）や、合成高分子シート防水層（合成ゴム系接着工法・S-RF仕様、塩化ビニル樹脂系接着工法・S-PF仕様、エチレン酢酸ビニル樹脂系接着工法・S-PC仕様）の採用は比較的少ない。

庇には、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法）では、特に信頼性の要求がある場合、平均塗り厚さが3mmで補強布入りのグレード（L-UF仕様）が考えられるが、一般的には塗り厚さが2mm程度で補強布を入れないグレード（各メーカー仕様）やFRP系塗膜防水層（密着工法・ガラスマット1枚または2枚仕様）が使われることが多い。『ポリマーセメント系塗膜防水工事施工指針（案）・同解説』では、バルコニーに



⑦底の状況

適用できる補強布入りのグレード（PA-2およびPA-3仕様）があり、今後採用の拡大が見込まれる。

開放廊下

開放廊下では、いわゆる「通常の歩行」に分類される使い方が予想される。ゴルフスパイクの歩行は想定外であるが、不特定多数の利用者がハイヒールや革靴、ゴム底の靴、スリッパなどで歩行するだけでなく、台車の利用があるほか、近年の利用状況を見ると自転車の利用も確認しておく必要がある（写⑨）。

下部の一部または全部が居室の場合

下部の一部または全部が居室にかかる場合、防水層としての性能として、長期間にわたり防水性能を維持



⑨底の状況

できるものが要求される。この場合、開放廊下すべてを居室にかかる場合と想定して防水層を選定する方法と、居室にかかる部分とそれ以外をグレード分けする方法がある。

開放廊下すべてを居室にかかる場合と想定して防水層を選定する方法の場合、保護層を設けるアスファルト系防水層（熱工法・A-PF（a）またはA-PF（b）仕様）、または改質アスファルト系シート防水層（トーチ工法・T-PF2仕様）、改質アスファルト系シート防水層の常温工法や常温・塗膜複合法、エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層（接着工法・参考（ホ）仕様）などが採用されている。

保護層を設けない場合は、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法・L-

表5 ウレタンゴム系塗膜防水層

項目		分類			
		ウレタンゴム系塗膜防水層			
区分	保護・露出	露出	露出	露出	露出
	工法・材質	ウレタンゴム系 (密着工法・補強布入り)	ウレタンゴム系 (密着工法・補強布なし)	超速硬ウレタン系 (密着工法・補強布なし)	ウレタンゴム系 (長尺シート複合法工法)
	日本建築学会仕様 ・施工指針	L-UF	－	参考(ワ)	－
	その他	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様
	適用部位	バルコニー・庇・開放廊下	バルコニー	バルコニー・庇・開放廊下	バルコニー・開放廊下
防水層	工程-1	プライマー (0.2kg/m ²)	プライマー (0.2kg/m ²)	プライマー (0.2kg/m ²)	プライマー (0.2kg/m ²)
	工程-2	補強布張付け(ウレタンゴ ム系塗膜防水材。硬化物比 重1.0の場合 0.3kg/m ²)	ウレタンゴム系塗膜防水材塗り (硬化物比重1.0の場合 1.0kg/m ²)	超速硬型ウレタンゴム系塗 膜防水材(硬化物比重1.0の 場合3.0kg/m ²)	補強布張付け(ウレタンゴ ム系塗膜防水材。硬化物比 重1.0の場合 0.3kg/m ²)
	工程-3	ウレタンゴム系塗膜防水材塗り (硬化物比重1.0の場合 1.5kg/m ²)	ウレタンゴム系塗膜防水材塗り (硬化物比重1.0の場合 1.0kg/m ²)	－	ウレタンゴム系塗膜防水材塗り (硬化物比重1.0の場合 1.5kg/m ²)
	工程-4	ウレタンゴム系塗膜防水材塗り (硬化物比重1.0の場合 1.2kg/m ²)	－	－	ウレタンゴム系塗膜防水材塗り (硬化物比重1.0の場合 1.2kg/m ²)
保護層	工程-1	－	－	－	保護塗料 (0.3kg/m ²)
	工程-2	－	－	－	接着剤塗り(下地0.4kg/m ²)
	工程-3	－	－	－	塩化ビニル樹脂系長尺シート張付け
	保護塗料	保護塗料 (0.2kg/m ²)	保護塗料 (0.2kg/m ²)	保護塗料 (0.2kg/m ²)	－



⑨開放廊下の状況



⑩開放廊下のウレタン系塗膜防水



⑪開放廊下のウレタン系塗膜防水＋長尺シート

UF仕様・舗装材仕上げ）や、FRP系塗膜防水層（密着工法・参考（カ）仕様・歩行用塗料仕上げ）、あるいは超速硬ウレタン系塗膜防水層（密着工法・参考（ワ）仕様）が一般的である。しかし、近年、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法・L-UF仕様）の上に、塩化ビニル樹脂系の長尺シートを保護・仕上層として組み合わせたものが使われる場合も多くなってきている。

居室にかかる部分とそれ以外をグレード分けする方法の場合には、保護層を設ける範囲をアスファルト系防水層または改質アスファルト系シート防水層（トーチ工法・常温工法・常温・塗膜複合工法）、エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層（接着工法）などで施工し、保護層

を設けたうえで開放廊下全体をウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法・舗装材仕上げ）や、FRP系塗膜防水層（密着工法）、あるいは超速硬ウレタン系塗膜防水層（密着工法）、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法）の上に塩化ビニル樹脂系長尺シート仕上層としたものが採用されている。

下部が居室でない場合

下部が居室でないバルコニーでは、一般歩行に適用できる防水層が要求条件であるが、保護コンクリートを打設する防水層は過剰品質の嫌いがあり、一般的には採用されていない。この場合、ウレタンゴム系塗膜防水層（密着工法）、FRP系塗膜防水層（密着工法）が使われている（写⑩）。

ウレタンを複合する仕様（密着工法・参考（ト）仕様または参考（ワ）仕様）を、FRP系塗膜防水層では、表層にポリエステル系の歩行用保護塗料を使用する。

この他、外観上は同じように見えるが、ウレタンゴム系塗膜防水材を切付けや排水溝にだけ塗布して、塩化ビニル樹脂系の長尺シートを施工したものについては、防水層とは呼べないので採用には注意が必要である（写⑪）。

また、下部に居室がない場合、防水層がなくても問題がないという考え方もあるが、建物の品質を確保する見地から、やはり防水層は必要である。

（まつだ けんいち）

表6 FRP系およびポリマーセメント系塗膜防水層

Ⅰ 項目		Ⅱ 分類			
		FRP系塗膜防水		ポリマーセメント系塗膜防水	
区分		露出	露出	露出	露出
	保護・露出				
	工法・材質	FRP系 (密着工法・ガラスマット2枚)	ポリマーセメント系 (密着工法・補強布なし)	ポリマーセメント系 (密着工法・補強布入り)	ポリマーセメント系 (密着工法・補強布入り)
	日本建築学会仕様・施工指針	参考（カ）	指針PA-1（塗膜0.8mm）	指針PA-2（塗膜1.1mm）	指針PA-3（1.6mm）
	その他	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様	メーカー仕様
	適用部位	バルコニー・庇・開放廊下	庇	バルコニー・開放廊下	バルコニー・開放廊下
防水層	工程-1	プライマー（0.2kg/m ² ）	プライマー（0.2kg/m ² ）	プライマー（0.2kg/m ² ）	プライマー（0.2kg/m ² ）
	工程-2	防水用ポリエステル樹脂塗り （0.4kg/m ² ）	ポリマーセメント系塗膜防水材 Aタイプ塗り（0.7kg/m ² ）	ポリマーセメント系塗膜防水材A タイプ塗り（1.2kg/m ² ）補強布張付け	ポリマーセメント系塗膜防水材A タイプ塗り（1.2kg/m ² ）補強布張付け
	工程-3	防水用ガラスマット張付け （防水用ポリエステル樹脂1.4kg/m ² ）	ポリマーセメント系塗膜防水材 Aタイプ塗り（0.8kg/m ² ）	ポリマーセメント系塗膜防水材 Aタイプ塗り（0.9kg/m ² ）	ポリマーセメント系塗膜防水材 Aタイプ塗り（0.9kg/m ² ）
	工程-4	防水用ガラスマット張付け （防水用ポリエステル樹脂1.4kg/m ² ）	—	—	ポリマーセメント系塗膜防水材 Aタイプ塗り（0.9kg/m ² ）
	工程-5	防水用ポリエステル樹脂塗り （0.4kg/m ² ）	—	—	—
保護層	保護塗料	保護塗料（0.4kg/m ² ）	保護塗料（0.3kg/m ² ）	保護塗料（0.3kg/m ² ）	保護塗料（0.3kg/m ² ）



3.

建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【その他の防水】 水盤・プールの防水

松田健一
高山工業(株) 技術部

はじめに

水盤の定義としては、華道では写真のような深さの浅い花器を指しているが、建築物では建物利用者の目に触れやすいエントランスや通路近く、あるいは天井にある深さの浅い水を張った明かり採りを差している。ここでは、水盤と防水層との取り扱いや留意点を紹介する(表1)。

プールは、建築物の中で建物利用者が水浴や水泳のために利用するもので、競泳用プールや潜水プールは除外する。プールの防水層といっても、プール本体はステンレスやFRP樹脂成型品であり、防水層はプールサイドやプール本体の底部に設けるものと、プール本体に防水層を施工

するものに分けて紹介する(表1)。
なお、防水層の紹介にあたっては、できるだけ日本建築学会建築工事仕様書(JASS 8)の標準仕様および同仕様書の参考資料3:メンブレン防水層標準仕様以外で防水設計上参考となる仕様(以下、参考(*)仕様と記す)を紹介するが、最新の防水仕様を紹介する意味で一部一般的でない仕様についても「メーカー仕様」として紹介している。

水盤

建築物のエントランスまわりの水盤は、いわゆる外構やエントランスの躯体や保護層に段を設けて、深さが10cm以下の水を溜められるようにしたものである(写①)。その場

合の防水層には、アスファルト系防水層(熱工法・A-PF(a), A-PF(b)またはA-IF仕様)、改質アスファルト系シート防水層(トーチ工法・T-PF2仕様)が一般的であるが、近年、臭気や火気使用の問題から、改質アスファルト系シート防水層の常温工法や常温・塗膜複合工法、エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層(接着工法・参考(ホ)仕様)の採用が増加してきている。これらは、いずれも保護コンクリートを打設して、水盤を設け、水盤の外周の側溝でオーバーフローさせるものが多い。したがって、水盤の水位を維持するためには、保護層の上から2次防水としてポリマーセメント系塗膜防水層を設けることが望ましい(図1)。

天井に設ける水盤では、明かり採

表1 水盤・プールに適用できる防水層

防水層の種類・分類				水盤			プール			
分類	工法・材質	区分	仕様	本防水	2次防水	明かり採り	全体	プールサイド	底部	プールのみ
アスファルト系防水層	熱工法	保護層あり	A-PF(a)	○	—	○	○	○	※	—
			A-PF(b)	○	—	○	○	○	※	—
			A-IF	○	—	○	○	○	○	—
改質アスファルト系防水層	トーチ工法	保護層あり	T-PF2	○	—	※	※	—	○	—
	常温工法	保護層あり	メーカー仕様	○	—	※	○	☆	※	—
	常温複合工法	保護層あり	メーカー仕様	○	—	※	○	☆	※	—
合成高分子系シート防水層	塩化ビニル系	露出	S-PM	—	—	○	—	—	—	○
	熱可塑性エラストマー系	露出	参考(レ)	—	—	○	—	—	☆	—
	EVA系	保護層あり	参考(ホ)	○	—	☆	○	☆	○	—
塗膜系防水層	FRP系	ガラスマット2枚	参考(カ)	—	○	☆	—	○	—	☆
	ポリマーセメント系	保護層あり	指針PB-1	—	○	☆	☆	○	☆	—

【注】1. 記号 ○: 適応可能, ※: 適応可能だが一般的でない, ☆: メーカーにより適用のものがある, —: 適用外
2. 下地勾配の標準は、露出工法は1/20~1/50とし、コンクリート保護工法は1/50~1/100とする
3. 表中にある仕様では、日本建築学会建築工事仕様書(JASS 8)の標準仕様および参考となる仕様
4. 表中の記号は、筆者が独自に記入したもので、日本建築学会建築工事仕様書(JASS 8)のものとは異なるところがある



①水盤の状況

り部の強化ガラスや合わせガラス、またはアクリル板を周囲の躯体に2成分形のシリコンゴム系シーリング材で取り合わせる方法が採用されている。明かり採りのまわりの防水層については、継目を全溶接したステンレス製の枠まわりで防水層を張りかける納まりとする必要がある(図2)。水盤の周囲の防水層は、保護層を設ける場合には、アスファルト系防水層(熱工法)、改質アスファルト系シート防水層(トーチ工法、常温工法、常温・塗膜複合法)またはエチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層とする。また、保護層を設けない防水層としては、塩化ビニル樹脂系シート防水層(機械的固定工法・S-PM仕様)、熱可塑性エラストマー系シート防水層(機械的固定工

法・参考(レ)仕様)またはFRP系塗膜防水層(密着工法・参考(カ)仕様)とする。これらのうち、FRP系塗膜防水では、ステンレス製の枠を取り合わせずにFRP系塗膜防水層と明かり採りとをシリコンゴム系シーリング材で取り合わせる納まりも可能である。

プール

プールは、建築物の中に設ける場合と屋上に設ける場合がある。屋上に設ける場合には、立上り端部から防水層の裏側に水がまわらないような納まりとする必要がある。

ここでは、プールの防水層について、

①プール本体とプールサイドを鉄筋

コンクリートでつくり、防水層を連続させる場合

②プール本体はステンレスやFRP樹脂成型品として、防水層はプールの底部とプールサイドとに設ける場合

③主に改修工事でプール本体に防水層を施工する場合

の3種類に分けて紹介する。

プール本体とプールサイドに防水層を連続させる場合

プール本体およびプールサイドは、歩行用あるいは運動用の防水層を設けるため、保護層を設ける防水工法が必要となる(図3、写②)。アスファルト系防水層(熱工法・A-PF(a)、A-PF(b)またはA-IF仕様)、または改質アスファルト系シート防水層(トーチ工法・T-PF2仕様)が施工されているが、近年、立上り部の施工性や安全面から、改質アスファルト系シート防水層の常温工法や常温・塗膜複合法、エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層(接着工法・参考(ホ)仕様)の採用が増加してきている。なお、立上り部の保護層は、鉄筋を配置したコンクリートとする必要がある。

プールの底部とプールサイドとに防水層を設ける場合

プール底部とプールサイド直下では、プール本体や配管類の結露や漏水に配慮して、防水層を設けるのが一般的である。アスファルト系防水

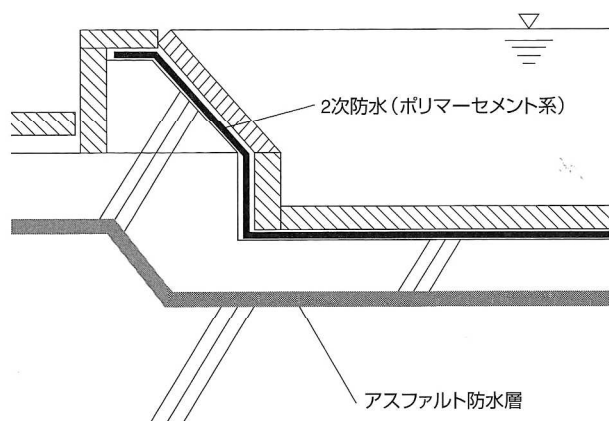


図1 水盤の状況

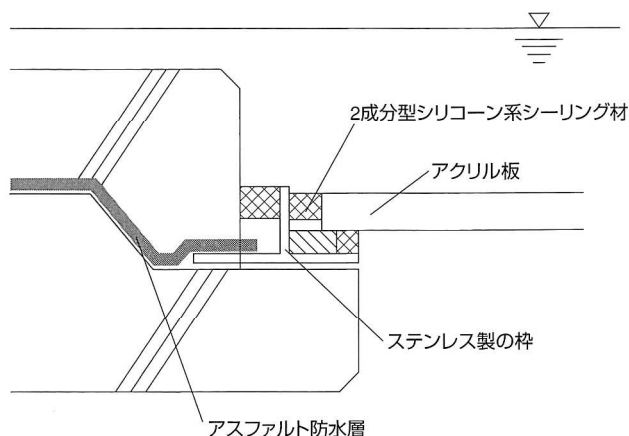


図2 水盤の状況

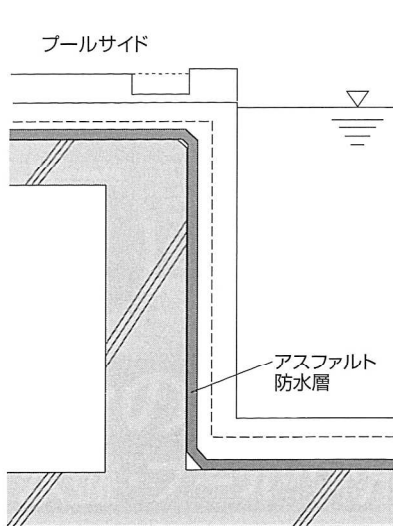


図3 プール・プールサイドとも防水層を施工する場合

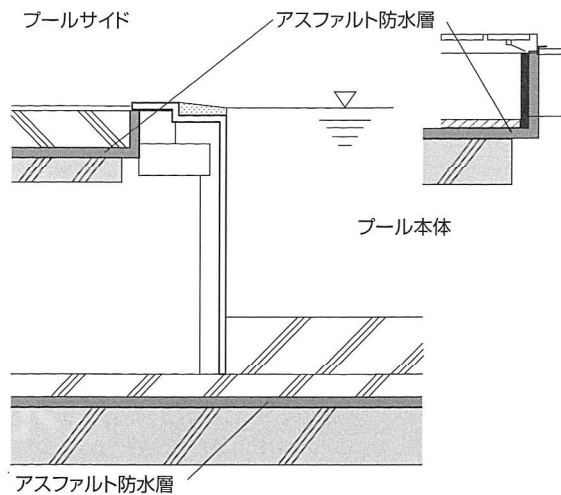


図4 プールサイドおよびプール底部に防水層を施工する場合

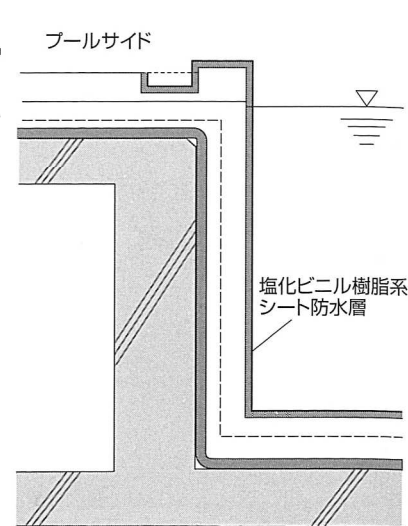
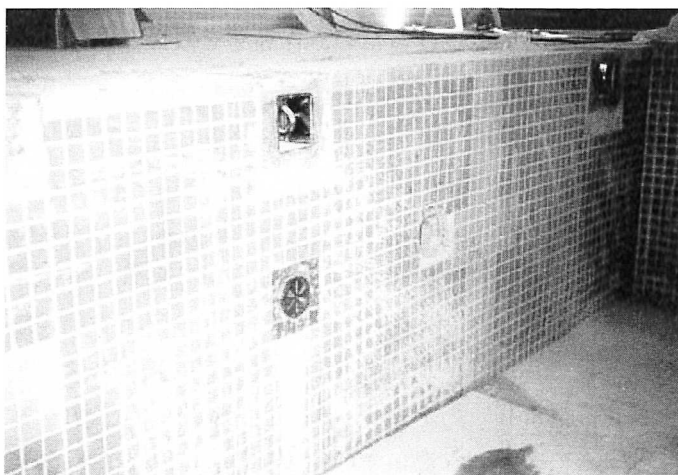


図5 プール本体に防水層を施工する場合



②プールの防水層施工状況



④改修工事ではプール本体だけに防水層を施工する場合がある



③プール底部のうちプールサイド直下は天地の高さが低く防水層の施工性がよくない

層（熱工法・A-IF仕様）、改質アスファルト系シート防水層（トーチ工法・単層仕様、常温工法、常温・塗膜複合法）、またはエチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層（接着工法・参考（ホ）仕様）の採用が増えている。なお、これら防水層は、後工程での損傷防止のため、保護層を設ける必要がある。

プールサイドの防水層は、歩行用

途のため、保護層を設ける（写③）。この防水層は、ステンレスやFRP樹脂成型品などのプール本体と取り合うことになるが、外周の排水溝や本体のまわりに防水層を張りかけるつばを設ける（図4）。この防水層には、アスファルト系防水層（熱工法・A-PF（a）、A-PF（b）またはA-IF仕様）、近年、立上り部の施工性や安全面から、改質アスファルト系シート防水

層の常温工法や常温・塗膜複合法、エチレン酢酸ビニル樹脂系シート防水層（接着工法・参考（ホ）仕様）の採用が増加してきている。なお、トーチ工法は、トーチバーナーで炙るとつばが変形するので、採用できない。

プール本体に防水層を設ける場合

プール本体のみに防水層を設ける場合、配管類やタラップなどの、取合い箇所の納まりが可能な場合に限られる（図5、写④）。この場合の防水層としては、塩化ビニル樹脂系シート防水層（機械的固定工法・S-PM仕様）あるいはFRP系塗膜防水層（密着工法・参考（カ）仕様）とする。FRP系塗膜防水では、薬品類によるトップコート層の変色や剥離による利用者の怪我に留意する必要がある。

（まつだ けんいち）



3. 建築用途・部位に適した防水の設計監理術

【エキスパンションジョイント】

鈴木博行

鹿島建設(株)東京建築支店建築工事管理部

はじめに

エキスパンションジョイント（以下、EXP.J）は、建物を使用する側からは、なんら違和感なく、その存在すら意識させずに納めなければならない。建設側としてはそこを如何に設計・施工するかが問われる。求められる性能は、構造・防耐火・防水・遮音・意匠に加え安全性である。

本稿で述べるEXP.Jは、建物相互間、建物と周辺敷地あるいは地下構築物との接合部に絞り、カーテンウォール部材の目地などは専門分野が確立されているのでそれに譲りたい。

EXP.Jで防水あるいは止水性能が求められるのは、雨水、地下水が及ぶ部位で、屋根・屋上、地上外壁、地下外周部などである。

EXP.Jの設計にあたり、以下の設計項目を設定する。

設置理由と想定される挙動

EXP.Jはさまざまな理由から設置される。構造としては、杭も含めた構造架構の違い、規模・高さの違いによる固有振動数の違い、免震構築物との取合い、土木構築物との取合いなどがある。また、増築など施工時期の違いによる場合もある。

挙動は、地震によるものが主であるが、不等沈下、温度変化、躯体の

表1 EXP.Jの設計確認項目

確認項目	確認内容	設定事項
挙動値と性能確保	層間変位量	可動寸法、方向
	変位量による性能確保レベル	変形、損傷程度
防水（止水）	変位量による性能確保レベル	納まり
耐火性能	所要耐火性能、範囲	耐火材の選定、納まり
気密性能	所要性能値、範囲	納まり
遮音性能、異音防止	所要性能値、範囲	納まり、部材
断熱性能	所要性能値、範囲	納まり、部材
歩行安全	用途、使われ方	段差、不陸、滑り抵抗
保全（メンテナンス）	環境条件、管理計画	防錆仕様、更新期間

表2 非構造部材の損傷程度の区分

損傷程度の区分	被害の有無	補修の必要	部品交換の必要	脱落、重要な機能の低下 （扉の開閉不能など）
A	なし	なし	なし	なし
B	あり	なし	なし	なし
C	あり	あり	なし	なし
D	あり	あり	あり	なし
E	あり	あり	あり	あり

日本建築学会「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領」第4章表2より

収縮、風圧の場合についても構造的な状態を十分把握し、要否を決める必要がある。

設計確認項目

前項から、表1に示すEXP.Jの設計項目を確認し、納まりや意匠設計を行っていく。

損傷程度と防水性能

地震によるEXP.J部の損傷程度は、日本建築学会の「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説 2.4.1設計目標」が目安となる。表2は、非構造部材の損傷程度をAからEまで区分したもので、Aが最も損傷程度が少ない。EXP.Jについては同指針の表

3で示されており、許容損傷程度を地震動の強さと建物の重要性などから前記の区分で設定している。これによると、大地震動でも脱落、重要な機能の低下がないものとしており、躯体相互が接しないことが不可欠で、相互の間隔はそれ以上確保する必要がある。また、一部の部材が損傷しても、脱落や通行を妨げることがなく避難に支障がないよう配慮する必要がある。中地震動では、部材はほとんど損傷せず止水性能も確保される必要がある。

不等沈下の場合には予測が難しいが、検証から想定した値をもとに、床レベルの変化など将来の対応も含めて検討し設定する。温度変化、躯体の

収縮、風圧の場合は、その挙動が地震や不等沈下を上まわる場合はもちろん、長期的な影響も考慮する。

防耐火性能

設計上の防耐火の要否と性能を確認し、想定される最大変位において

もその性能が維持できる必要がある。法的な位置付けは明文化されていないが、「不燃材料で塞ぐ」や「特定防火設備」とみなすことが一般的で、EXP.J部材の専門メーカーの団体では評定に則した試験および判定方法

表3 非構造部材の許容損傷程度（エキスパンションジョイントのみ抜粋）

■ 地震動の強さ	■ 建物の重要性	■ 非構造部材の破壊が避難に及ぼす影響	■ 非構造部材の種類EXP.J
中地震動	特に重要な建物	あり	A
		なし	
		とも	
	その他の建物	あり	B
		なし	
		とも	
大地震動	特に重要な建物	あり	B
		なし	C
		とも	
	その他の建物	あり	D
		なし	
		とも	D※1

※1 危険でない方法を講じた場合は、破壊程度のランクを下げてよい。
日本建築学会「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領」第4章表3より

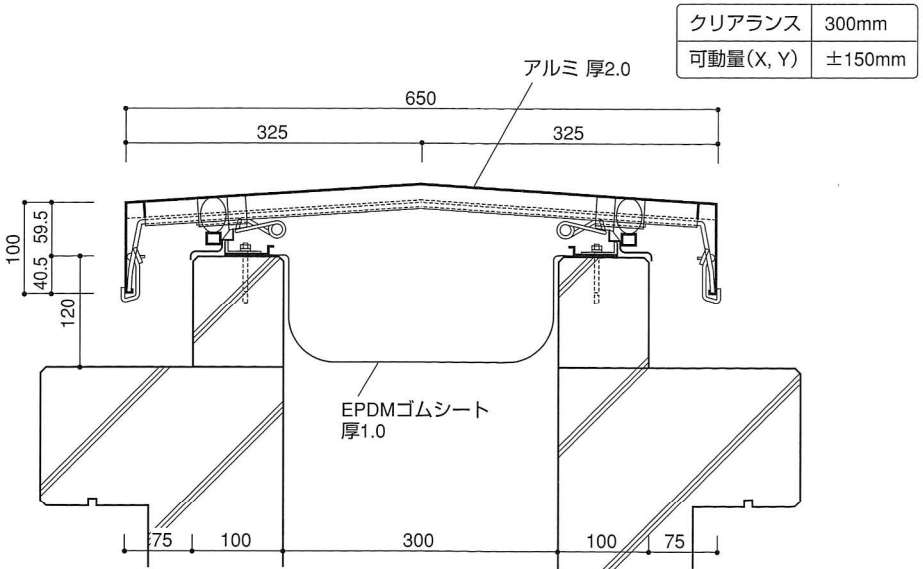


図1 屋上パラペット天端に設けたEXP.J

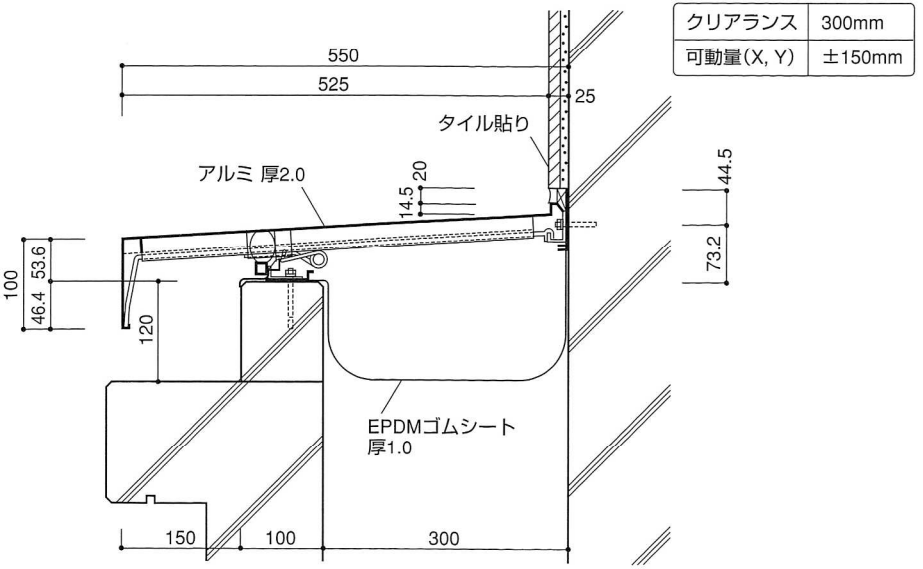


図2 低層の屋上パラペットと高層外壁取合いのEXP.J

を定めている。使用材料は、変形追従性を有する「耐火帯」が主である。

気密性能

EXP.J部で特に気密性能を求められる場合は、止水シートだけでの性能確保は難しく、室内側において別部材で塞ぐなどの検討が必要である。

遮音性能、異音防止

EXP.J部まわりの納まりだけで所定の遮音性能が確保されない場合は、変形追従性を有するものとして「鉛シート」を使用することがある。また、部材の熱挙動による音鳴りを防止する。

断熱性

EXP.J部材に断熱性能を確保することは難しく、確保する場合は、室内側に断熱層を設ける。結露についても検討が必要である。

安全性

日常の安全性については、特に人が引っかけたり、つまづいたり、挟まれないことなどを配慮する。屋外の床は雨で滑りやすいのでノンスリップ仕様とする。

保全（メンテナンス）

EXP.Jは、ほとんどがメンテフリー、またはメンテナンスが困難な場合が多い。止水性能が求められる部位は、耐久性のある材料を選定するとともに、金属部材は防錆を有するものとする。

以上が、基本的な設計項目である。次にEXP.Jの部位別の要点を述べる。

部位別の設計監理要点

屋上・屋根

屋上・屋根は常に外気にさらされ、まともに降雨を受ける。また、熱環境が厳しく夏季においては60℃以上となり、部材の熱挙動が大きい。風圧も考慮する必要がある。屋上・屋根のEXP.Jはこれらの条件を考慮し、熱伸縮、降雨と排水、強度を優先し

て設計する必要がある、意匠はそれを満足したうえで決めるようにしたい。メンテナンス時の歩行や窓ガラス清掃時の吊ワイヤーなどが取合う場合は、荷重が直接かからないように防護策を検討する。

止水は、金属笠木に可動機構と開き防止機構を組み込んだ納まりが一般的であり、基本的には受けた雨水は速やかに流し、笠木下の隙間に吹き込む雨水は、部材の立上がりや水返しで排水させたり、等圧的に考える場合がある。止水EXP.Jシート（または補助シート）は、それらを乗り越えた場合のバックアップ的な位置付けとし、万一の浸入に備えるという考えでありたい。止水シートは継目を設けずに連続させ、また、シートで勾配を確保するのは難しいが、排水経路は必要である。さらなるバックアップとして、天井内に受け樋を設置する場合がある。外壁と取り合う端部は面外方向の挙動も想定し、小口カバーが外れないように工夫する。

図1は屋上パラペット天端に設けたEXP.Jであり、図2は低層の屋上パラペットと高層外壁取合いのEXP.Jである。いずれもスライド機構で変位を吸収している。前者は比較的納めやすいが、後者はタイルなどの外壁仕上材裏面からまわった雨水が止水シートまで達しないように、取合

部を止水処理することが重要で、躯体精度も見込んでおく必要がある。

外壁

外壁は、外装と同レベルの諸性能を求められ、意匠的にも違和感のないものとする。屋上・屋根に比べて降雨の影響は少ないが、強風時にはカバー内に浸入することがあるため、断面的な迂回路を設けたり塞ぎ板で食い止めて真下に排水し、地上で外部に流す。止水シートはバックアップ的に考え、ジョイントは300mm以上の重ねとする。屋上・屋根のEXP.Jとも共通するが、金属カバーと躯体や仕上材との目地が弱点となって裏面に水がまわり、さらに止水シートの縁から室内に浸入することがある。前者は目地がノンワーキングなのでシールが確実に施工できる納まりとし、後者は止水シートあるいはシート受けの金物と躯体

面に隙間が生じないように施工することが重要である。

図3は、外壁が直角に取り合うEXP.Jで、通常はカバー材と外壁仕上面は同面であるが、相互が接近した場合、斜面がガイドとなりカバー材が外側へせり出す機構である。外壁も取合部の止水処理が重要で、躯体精度も見込んでおく必要がある。

地下

地下のEXP.Jは、地中に接合部があるため「地上から浸透した雨水」と「地下水」に対して止水する必要がある、「背面からの水圧」に耐え得る納まりとしなければならない。止水材は成形ゴムが一般的で、天然ゴム（NR）、クロロプレンゴム（CR）などが使われ、厚さは10mm内外である。止水材はあらかじめ工場で継目を接合し、環状に加工する。現場での接合が必要な場合は、特殊

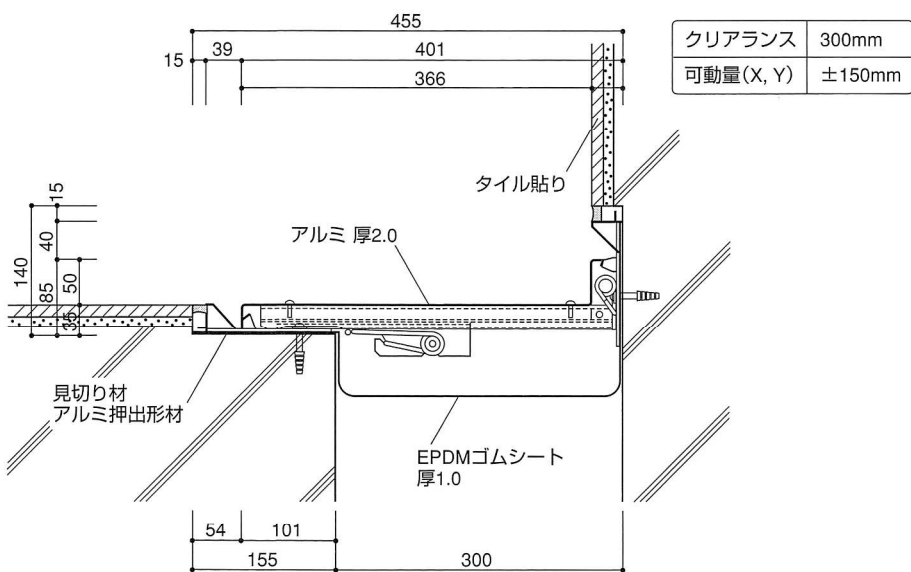


図3 外壁が直角に取り合うEXP.J

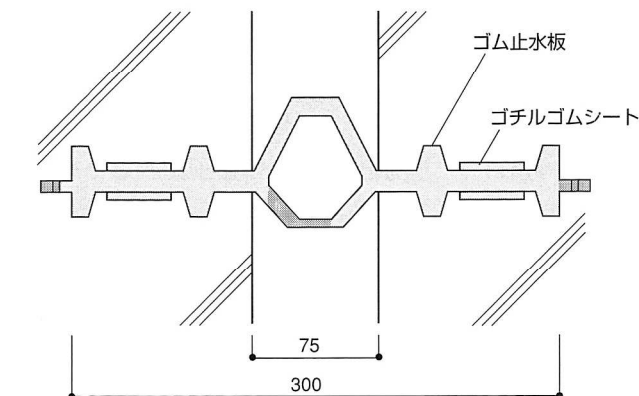


図4 躯体埋め込みEXP.J「止水ゴム」

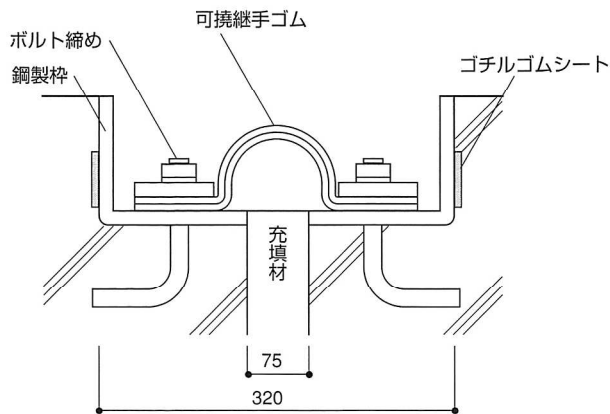


図5 押え金物によるEXP.J「可撓継手ゴム」

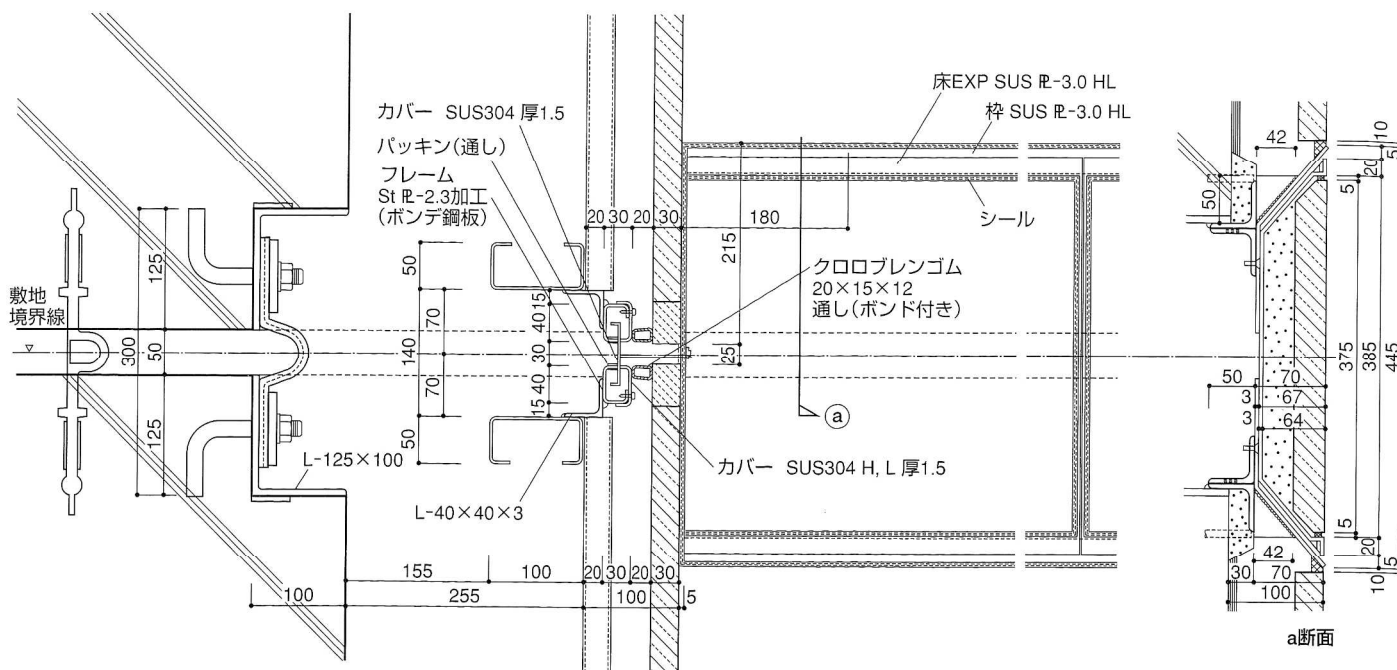


図6 地下通路のEXP.Jの壁と床納まり

な治具で熱処理して加工する。

構造体への取付けは2通りあり、
①躯体埋込みの場合と②押え金物による場合である。

① 躯体埋込み

躯体埋込みは、図4に示すような止水板で、両端部に突起があり、埋込み固定度と止水とを担い、中央の中空部が伸縮部で変形追従性があり、施工上はコンクリートなどが入らないためにも中空としている。さらに止水性を確実なものとするため、埋込部にブチルゴムまたは非加硫ブチルゴムを併用する場合がある。コンクリート打設時にねじれや豆板（ジャンカ）が生じないように、確実に型枠へ固定する。

このような止水板による相対変位量は、面外(水平変位)では15mmから最大で50mm内外までであり、面内(主として不等沈下)では15mmから最大で80mm内外のものがある。

②押え金物

次に押え金物による場合であるが、**図5**に示すような「可撓（とう）継手」と呼ばれるもので土木で使われることが多く、あらかじめ躯体側に埋め込まれたアンカーボルト付きの

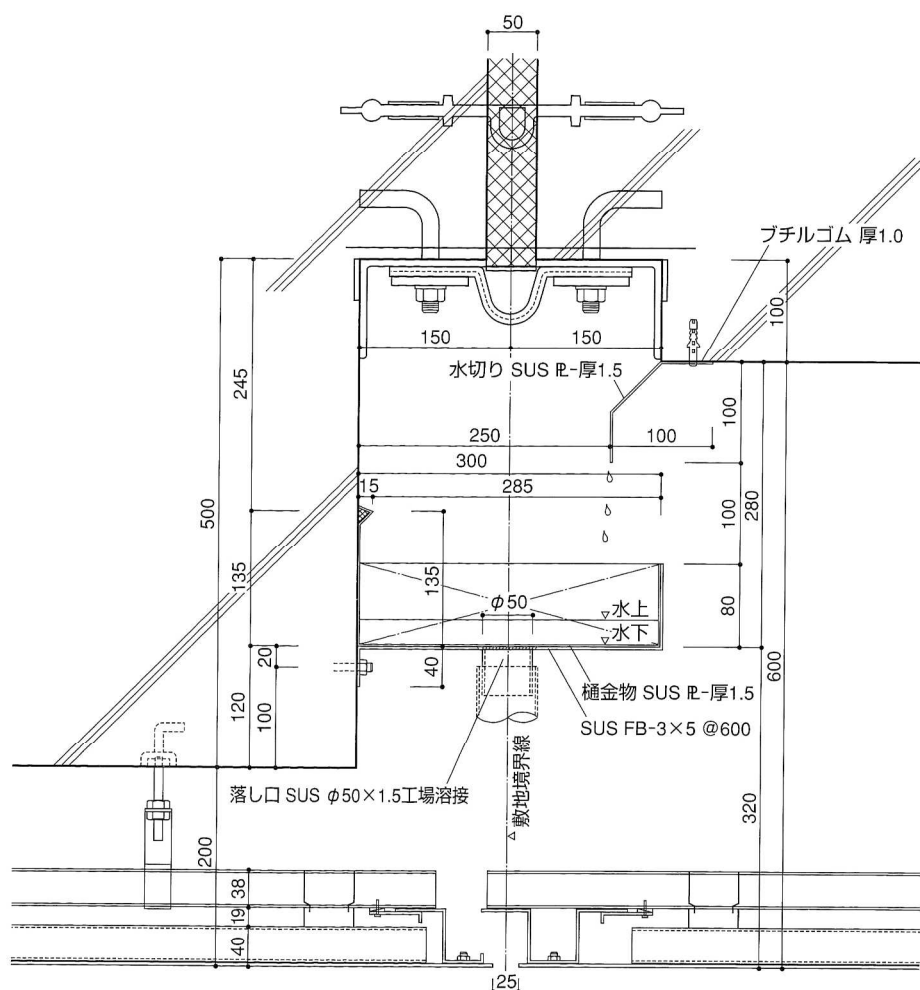


図7 地下通路のEXP.Jの天井納まり

銅製枠に、可撓継手ゴムを押え板で
ボルト締めして固定する方法である。
これも止水性を確実なものとするた
め、銅製枠裏面にブチルゴムまたは
非加硫ブチルゴムを併用する場合が

ある。このような可撓継手ゴムによる相対変位量は前記の止水板より大きく、面外（水平変位）では50mmから最大で100mm内外までであり、面内（主として不等沈下）では

100mmから最大で200mm内外のものが多く、地下道との接続など、土木との取合いで使われる。

以上2つの取付け工法に共通する留意点として、止水板や鋼製枠の埋込部は鉄筋のかぶり厚さを確保できる配筋とすること。また、相互の躯体間の充填材として復元性のある瀝青（れきせい）材*や樹脂発泡体などが使われ、復元性のない発泡ポリエチレンは音鳴りの弊害もあるので避ける。また、仕上材はステンレス製が適しており、既製品または新規製作物が使われている。

図6は、地下通路のEXP.Jの壁と床の納まりで、図7は、同じく天井の納まりである。ここでは、床・壁・天井の4周にわたり前述の「止水ゴム」と「可撓継手ゴム」を併用している。床は台形断面のステンレスケースに石を張り自重で蓋置きしたもので、斜面の隙間にはゴムシートを挟みずれ止めとした。天井は、万一の漏水のバックアップとして受け樋と排水管を設けた。

免震建物

免震層が地下に設置される場合、地上と接する1階などは、外まわり全周をEXP.Jとしなければならない。特にアプローチ部は、立上がりは歩行の障害となるので、フラットに納める必要がある。X、Y方向いずれにも変位するためクリアランスは数百mmとなる。ここで床版の脱落や損傷があってはならない。

図8は、RC造のマンションで免震層は地下1階の下に設けられている。免震のクリアランスは450mmで、1階アプローチ部のEXP.Jは、建物側を丁番とし、土圧壁のある周辺地盤側を滑りとした。仕上は石張りである。立上がりががないため雨水は部材の隙間から浸入するので、ドライエリアに排水し、地下のピットに集水した。ドライエリア下部の側溝は

*「瀝青材」（れきせいざい）
炭化水素を主成分とする有機物質で、原油精製の際にできるもの。その一種としてアスファルトがある。

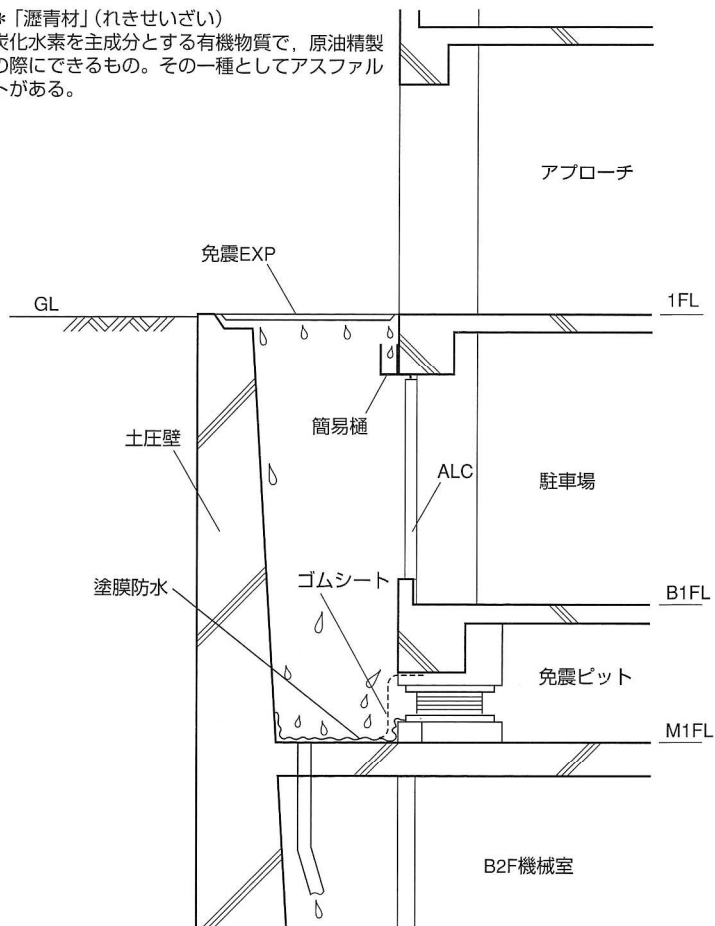


図8 免震EXP.J概念図

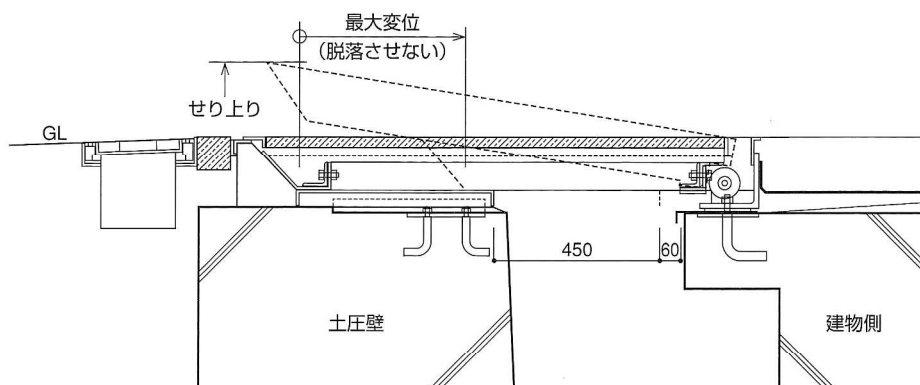


図9 免震EXP.J詳細図

土圧壁の湧水受けも兼ねるため塗膜防水を施し、免震ゴムに水が跳ね返らないように要所にゴムシートの水返しを設けた。また、地下1階の外壁上部に簡易的な受樋を設け、外壁面に流れないようにした。受樋は地上の埃やごみで詰まりやすいので、前記以外は設けなかった。床版の石は底に水抜き穴を孔け、舟形のステンレスにモルタルで施工した。

最近ではEXP.J用の既製品が多く開発され、さまざまな条件に対応するものがあり、カタログに個々の納まりが紹介され選定できるようになっている。本体は各メーカーの検証で性能的に信頼できるが、それらの組合せや躯体・仕上りなどとの取合いにより性能が左右されるので、設計者と施工者の協力が不可欠である。

(すずき ひろゆき)

おわりに

以上、部位別の要点を述べたが、



4.

防水のメンテナンス計画と修繕

内田忠男

(株)竹中工務店東京本店FM部

はじめに

建物は誕生（竣工）した直後から、風雨や雪・日射・塵埃・温湿度変化、それに台風や地震などさまざまな自然環境下に曝されながらも、建物を利用する人々の生命や財産を守るための住空間を確保する働きをしている。その中でも屋上や外壁の防水は、劣化外力が直接作用する部分にあることから、他の建築部材に比べても特に厳し条件下にあるため材料の劣化も早く、施工にあたっては、漏水故障などを生じないように入念な工事を実施する必要がある。

また、漸次開発研究が行われ、優れた新製品として発売されている防水材においても、経年による劣化は進行し、他の材料と変わることなく、徐々にその機能が低下していくことはやむを得ないといえる。入念な施工により竣工時にはまったく健全な状況にあった防水部位も、経年劣化により同様に機能の低下が予想される。したがって、防水機能をより長く健全な状況のまま維持し続けるた

めには、計画的なメンテナンスと適切な修繕が必要不可欠である。

でもさまざまなものがある。以下に一般的で主な防水材料と工法を示す。防水工法の分類としては、「露出工法」と「押え工法」の2分類として記す（図1）。

防水材料と工法の種類

一概に防水といってもさまざまなものがあり、部位においては屋根・屋上、外壁、地下のほか、サッシや付属物など各部材の止水を兼ねた防水もあれば、防水材料や工法におい

防水に生じる劣化現象

防水工法において、メンテナンス計画および調査診断と修繕を対象と

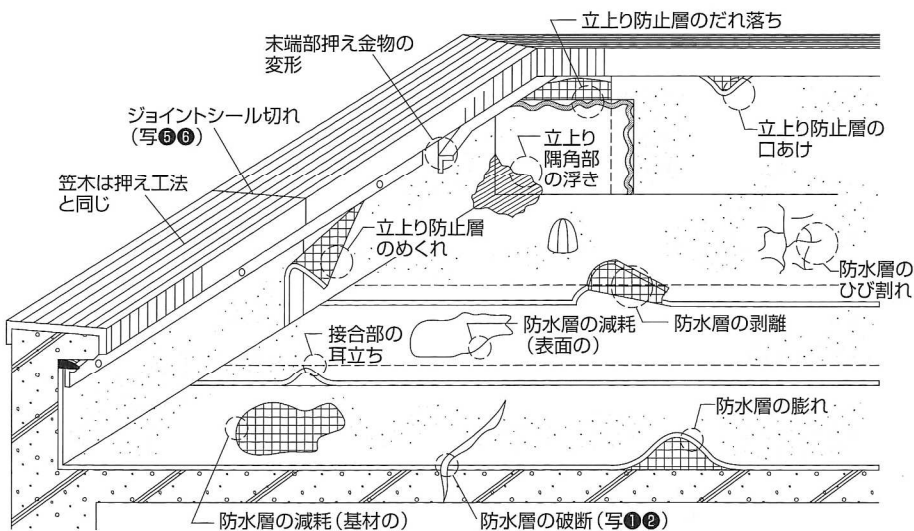


図2 露出工法における主な劣化現象

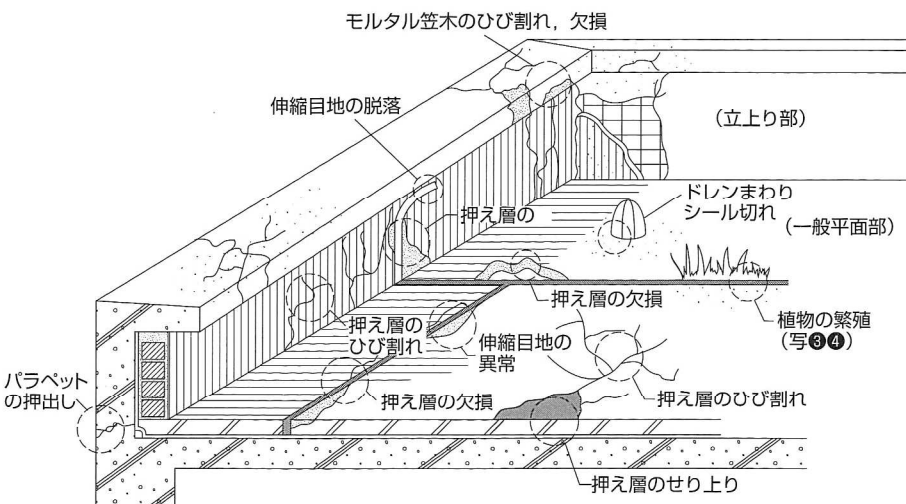


図3 押え工法による主な劣化現象

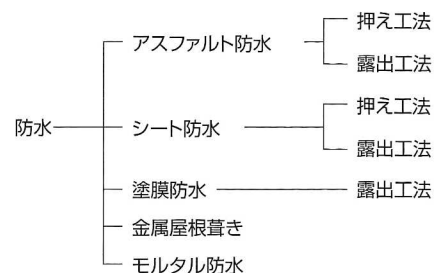


図1 防水材料の種類と工法

する劣化現象は、おおむね以下のようなものがある。露出工法および押え工法における主な劣化現象の概念を図2、3に示す。

露出工法

- 漏水またはその痕跡
- 防水層の破断、損傷（表層のひび割れ、貫通破断）
- 端末部の剥離（口あき、金物類のあばれ）
- 接合部の剥離（耳浮き、シール切れ）
- 立ち上がり隅角部の浮き
- 表面の劣化（砂落ち、減耗、変退色、チョーキング）
- ふくれ（全層、上層のみ）

露出工法の場合には、押え層のコンクリートがないため、防水層の下に溜まった空気が膨張して部分的な膨れを生じることがある。防水層の剥がれや破断、特に継目の接合不良が発生すると漏水の大きな原因となる。台風や強風の前後には屋上の点検を行い、漏水のおそれなどの異常が認められた場合には早急な修繕を必要とする。また、ルーフドレンや

樋の部分に土砂や落葉などの堆積によって詰まりを生じていることもあるので注意しなければならない。

押え工法

- 漏水またはその痕跡
- 押え層の損傷（ひび割れ、浮き、欠落）
- パラペットの押出し
- 端部の損傷（ひび割れ、シール切れ）
- 伸縮目地の異常
- 植物の繁茂（雑草、蘚苔類、カビ）

その他、床面のタイルやモルタル塗り、セメント防水などに割れや浮きが生じて裏に水がまわり、冬期に凍結するとさらに劣化が促進して剥離や剥落などに至ることがある。それがさらにひどくなると膨れを生じ、仕上材を持ち上げるだけでなく、下層の防水層にも影響を与えるため、早期の処置が望まれる。

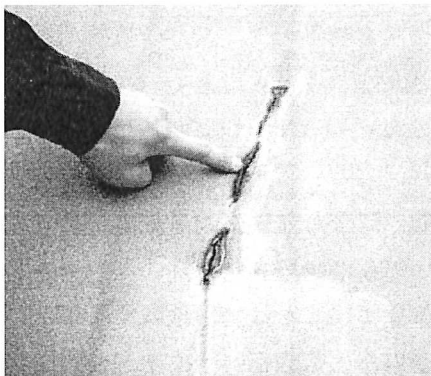
伸縮目地材は、夏冬の熱環境や紫外線などのため次第に劣化が進行し、そのままの状況で放置しておく、シーリング材などの目地材にひび割

れ・破断・剥離などの現象を生じることがある。また、目地シーリング材を打ち替える際、プライマーやシーリング材料の選定を間違えると、既存の目地材と接着しない場合があるので、改修においては十分な注意を要する。

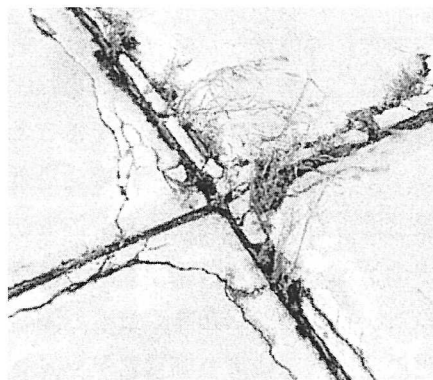
屋根防水の調査・診断方法

建物も、人間と同じように年を取るにつれてさまざまな病気（劣化現象）にかかることも多くなり、専門医（建築士や建物診断士など）の診察を受ける必要が出てくる。建物全体および防水や外装材を良好な環境と機能を持ったまま経済的に維持し、長寿命化を図るためには、維持・保全を適切に実施する必要がある。また、適切な維持・保全をするためには防水層に生じる劣化の現象と現状性格に把握し、維持保全計画への反映し得る調査と診断を欠かすことはできない。

防水の調査・診断にあたっては、診断の基本的な考え方、実施の手順、



①防水層の破断



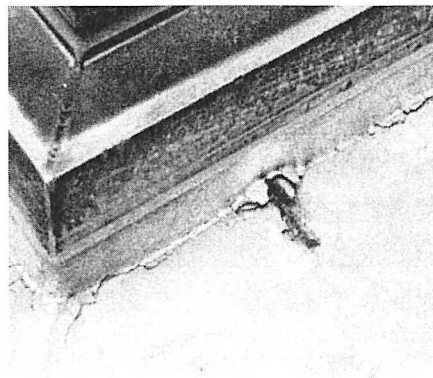
③植物の繁殖



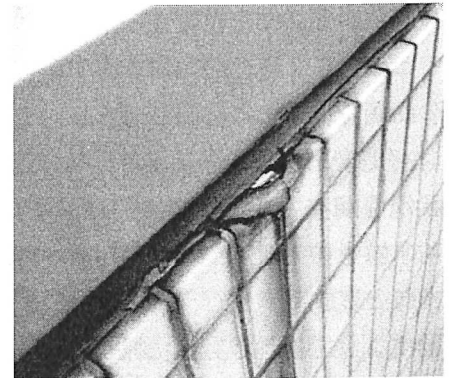
⑤ジョイントシール切れ



②防水層の破断



④植物の繁殖



⑥ジョイントシール切れ

表1 診断レベルに応じた調査項目、方法、部位

■ 診断レベル	■ 調査項目	■ 調査方法	■ 調査部位
1次診断	漏水またはその痕跡	目視観察	最上階の天井、 外壁側の内装
2次診断	図2、3に示した劣化現象	スケールなどを用いた目 視観察、指触観察	屋根防水層全面
3次診断	防水層の劣化状況（ひび 割れ、硬化など） 防水層の物性（引張強さ、 伸び、針入度） 下地との接着強さ シート相互の接着の程度	左記の観察、切り取った 試料による試験	平均的な劣化部分および 劣化の激しい部分につい てそれぞれ2か所以上

方法および判断基準を明確にし、漏水事故などの不具合を生じないような調査・診断結果を基にして適切な修繕を行うことが重要である。

防水診断の基本的考え方

防水の調査は、防水材の種類、工法、部位、建物形状などにより異なる。特に、防水層が露出しているか押え層が設けられているかによって、その調査項目が違ってくる。また、断熱材が施工されている位置や断熱材の種類によっても異なる。

防水層の劣化状況調査の方法は、調査項目や方法に応じて1次、2次、3次診断に分けて行う。

1次診断は、漏水の有無あるいは漏水の状況を調査するものであり、調査は主として目視で行い、室内側の漏水や漏水の痕跡が生じていないかを調べる。

2次診断は、防水層の劣化の状況を詳細に把握することを目的としている。調査は主に目視で行い、劣化部分の大きさや数の測定を行う。さらに詳しい調査が必要とされる場合は、3次診断となるが、2次診断以降は専門の知識や測定器などを使用することから、専門の知識を有するものが調査にあたる必要がある。

3次診断は、防水層構成材料の劣化状況を調査することを目的として、防水層を切り取って行う。切り取り作業時と実験室内で行う材料の物性試験によって材料の劣化状況を把握するものである。調査では、2次診断

で劣化が進んでいるものと見られる部分と一般的な部分について行う。

以下に、劣化診断のフロー（図4）および各診断レベル調査項目、方法、部位（表1）について示す。

防水層の維持・保全

防水施工された当初は比較的健全な状況にあっても、経年に伴い、防水層に作用するさまざまな条件や状況の変化で生じる機能の低下を無視することはできない。これらの衰えをそのまま放置しておくと、防水機能の低下だけでなく災害発生の危険性を増すこともあり、その結果建物の耐久性を損ない、建物全体のイメージダウンとなることもある。

そこで、防水層を常に健全な状況に維持し、計画された寿命をまとうするためには常日頃からの「日常維持管理」に気を付け、定期的に防水の状況を調査する「建物調査・診断」を行う必要がある。日常および定期的な観察によって異常が発見された場合は、適切な保守・修繕が不可欠であるが、それらの兆候を事前に確認し予防保全することがもっと重要なことである。

防水層の寿命を縮める要因には、防水材料自体が経年に伴って自然に老化（材質の劣化）していくものと、雨・風・雪・日射・塵埃（土砂・砂）・植物（藓苔類、カビなど）のほか、温湿度や乾湿繰り返しなどの

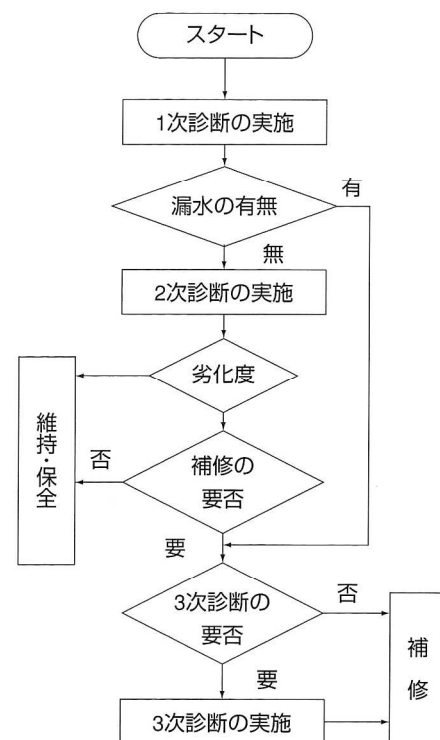


図4 劣化診断のフロー

さまざまな劣化外力がある。特に屋上防水においては、それらの厳しい自然環境化と常に対峙しながら快適な空間を維持している。このような劣化要因によって引き起こされる防水層の不具合としては、表2のようなものが予想される。また、防水機能自体は健全な状況に保たれていても、利用状況の変化（例えば、屋上を緑化改善する）、社会情勢の変貌や防水材料・工法などの技術革新などが進むことによって、次第に不便さを感じたり、地球温暖化対策や周辺建物との調和などを考慮し、時代遅れにならない建物を維持管理していくことが望まれる。

屋根防水や伸縮目地のシールなどが傷み、それが進行すると建物内に漏水故障やカビ汚染を生じることがある。特に漏水は利用者に不快感を与えるばかりでなく、内装材や書類、什器備品の損傷を生じたり、また近年ではコンピュータや通信機器などに損傷を及ぼし大きな社会問題を引き起こすこともある。

では、効果的な維持・保全をしていくためにはどうすればよいのか。

表2 防水層に作用する物理的劣化要因

劣化要因	予想される劣化の種類
材質劣化	変質・変形・強度低下・脆弱性
雨	変形・腐食
風	変形・破損
雪	変形・凍害・脆弱化
日射塵	変質・変形・強度低下・変退色
塵埃・ガス	汚染・腐食・変質
植物	汚染・破損
温湿度・ 乾湿繰返挙動	変質・変形・強度低下・脆弱化
地震・振動	変形・破損・脱落

維持・保全の方法

多くの場合、故障が起きてから調査・修繕を行うことが多く、漏水など致命的な重大事故が発生してから緊急に行う「緊急保全」。また、故障つながる劣化現象が確認されながらも時間をかけて実施される「通常事後保全」。これらを「事後保全」と呼ぶ。それに対して、使用時の故障を未然に防ぐため計画的に調査・診断し、劣化現象の兆候または既知の情報から計画的に点検や交換を行っていくものを「予防保全」という。この予防保全にも決められた時間間隔で行う「時間計画保全」と、動作状態の監視や劣化診断から行う「状態監視保全」とがある。このように維持・保全の考え方も、そのやり方によっていろいろな方法がある。その種類を図5に示す。

事後保全と予防保全

「事後保全」は、室内への漏水や外壁タイルの剥落など建物の機能・性能の異常が目に見えるような段階になって、初めて修繕などの処置を施す保全方法である。これまで、保全費用の不足や点検不備などから結果的に事後保全となる例が大半であったが、この保全方法では合理性を欠くことが多く、傷の小さなうちに手当てをすれば小規模な修繕で済むものが、故障まで使用していたことにより、大規模な修繕が余儀なくされることとなり、修繕費用が高くなるばかりでなく、屋上や最上階の居

【参考】

LCC（ライフ・サイクル・コスト）とは、企画・建設から廃棄に至るまでの建物生涯の総費用をいい、新築時の建設費用（イニシャルコスト）と、建物機能（防水機能）を正常に維持管理するための運用管理費（ランニングコスト）とに分かれる。一般に施工後の運用管理費は、建設費の数倍の費用を必要とすることもあり、LCCの計画において非常に大きなウェイトを占めるとされている。図Aは、一般的によく知られている図であるが、建物のLCCを氷山に例えた有名なもので、建物の所有者である船が海上に現れている氷山の一角だけにとらわれていると、海面下の氷に座礁することを示したものである。経済的で収益性の高い建物運営を実現するためには、LCCの中で比率の高いランニ

室がある期間使用することができなくなることも起こり得る。したがって、事後保全は目先の儉約が高いツケとなることもあり、概して不適切な保全方法といえる。

それに対して「予防保全」は、日常および定期的な点検によって防水の機能や性能を常に把握し、劣化の兆候を予測したうえで予防的な処置を事前に施す保全方法であることから、建物の所有者、管理者にとってもメリットの多い保全方法といえる。防水に対する予防保全を考えたとき、防水層が露出している工法では直接劣化状態が観察されるため保全措置をとりやすいが、アスファルト防水押え工法のように、防水材自体が隠蔽されて確認しにくい部分もある。表3に、主な防水工法の種類に対す

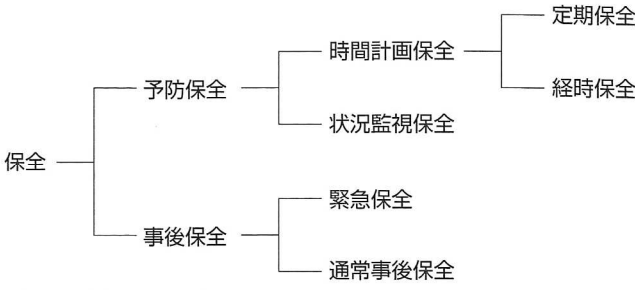
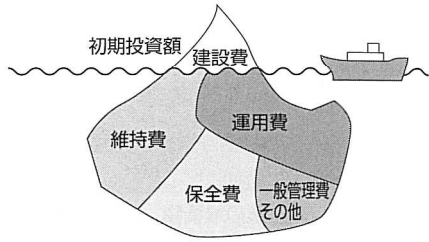


図5 保全方法の種類



ライフサイクルコスト対応エンジニアリングがより経済的・効率的なリニューアルを実施する
図A 一般的なLCCの概念図
(国土交通省資料より)

ングコストを低減させることが不可欠である。そのためには、大掛かりな修繕が必要となる前に早めにこまめな修繕（通常のメンテナンス）を行うことが重要となる。また、目先の修繕費にだけとらわれることなく、長期的な視野で得失を比較し、最適な改修方法を選択することなど、綿密な維持保全計画が求められる。

る予防保全の確認事項を挙げる。

防水層を構成している各材料や部品には耐用年限があり、それらは時間の経過とともにそれぞれに劣化が進行していく。これに対処するためには、適切な調査・診断と適切な修繕、模様替え、改修、更新などを行うことが重要であり、その必要が発生してから対応するのではなく、あらかじめ各材料、部品の改修・交換時期を設定した体系的な改修計画が必要である。

「長期保全計画」には下記の目的があり、この計画をもとにして防水機能のグレードアップや防水更新の具体的な改修計画を定め、計画的に予算化をしておくことが望ましい。
①長期的な改修予算の見通しを立て、資金計画の目安とする

表3 「予防保全」のための観察事項

劣化要因	観察事項	修繕方法	備考
アスファルト防水押え工法	押え層の浮き・ひび割れの有無、目地の異常、 ルーフトレンおよび樋の堆積物（写⑦⑧）	押え層の補修、目地の交換 日常の清掃	
アスファルト防水露出工法	防水層の浮き、表面砂の剥離状況	表面トップコート塗り替え	
シート防水（露出）	保護塗装の劣化状況、シートの浮き、破損	表面トップコート塗り替え	材料により異なる
塗膜防水	塗膜の浮き、硬化、膨れ、ひび割れ	塗膜の塗り替え、部分補修	
金属葺き屋根防水	塗装のチョーキング、錆、止め金物の緩みなど	塗装改修、金物締め直し	



⑦ルーフトレン・樋の堆積物



⑧ルーフトレン・樋の堆積物

②あらかじめ建物の防水や外壁など各部の改修時期を定めることで、効果的かつ確実な改修を実施する

この計画は建物運営上からも大変重要なものであり、できるだけ早い時期に準備しておくことが好ましい。計画にあたっては、防水（建物の各部位についても同じ）に使用されている材料、部品、機器ごとのメンテナンスサイクルや修繕率の予測、煩雑な計算など専門的な知識を要することもあるので、設計事務所、建設会社、ビル管理会社、専門のコンサルタント会社などでは専門のスタッフを置くことが望ましい。図6に、長期保全計画の一例を示す。

防水層の劣化・損傷が進むにつれて、維持保全、補修などの費用は加速度的に増大する。しかし、予防保全を主体とした早期の適切な維持保

【○○○ビル長期保全計画表】 ○部分改修 ○全面改修

部位	対象材料・部品・機器	修繕仕様	数量	単価 (千円)	金額 (千円)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
屋根	主屋根	アスファルト防水（冷工法） 押えコンクリート t=60 伸縮目地：アスファルトコンパウンド	伸縮目地取替 （シリコン系）	m	98	X, X	XXX, X																												
			押えコンクリート補修 （樹脂モルタル）	m ²	117	X, X	XXX, X																												
			アスファルト防水層 取替	m ²	117	XX, X	XXX, X																												
	主屋根・端屋根	軽歩行用 加硫コンクリート防水 t=1.2	軽歩行用 保通層補修	m ²	157	X, X	XXX, X																												
			防水層破換部 補修	m ²	157	X, X	XXX, X																												
			立上り端部：F&I金物、 アスファルト	m	55	X, X	XXX, X																												
	パラペット壁木	花崗岩浮き・ 剥れ補修（注入）	花崗岩浮き・ 剥れ補修（注入）	m ²	38	A, X	AAA, X																												
	設備用基礎壁	防錆・仕上塗装	防錆・仕上塗装	m ²	93	X, X	XXX, X																												
	キャットウォーク	防錆・仕上塗装	防錆・仕上塗装	m ²	81	X, X	XXX, X																												
	E.V.機械室等階段	防錆・仕上塗装	防錆・仕上塗装	m ²	15	X, X	XX, X																												
外壁	タラップ	防錆・仕上塗装	防錆・仕上塗装	m	3	X, X	XX, X																												
	ルーフトレイン	アスファルト防水	アスファルト防水	m ²	6	X, X	XX, X																												
	北・東面及び南面の一部	花崗岩浮き部 補修（注入・ アスファルト打込）	花崗岩浮き部 補修（注入・ アスファルト打込）	m ²	1,327	XX, X	XXX, X																												
		花崗岩浮き・ 剥れ補修（部分取替）	花崗岩浮き・ 剥れ補修（部分取替）	m ²	1,327	XX, X	XXX, X																												
	西面及び南面の一部	窓・バルコニー取替	窓・バルコニー取替	m ²	1,239	X, X	XXX, X																												
	PCアース・サッシ砂入り目地	シーリング材	シーリング材	m	3,888	X, X	XXX, X																												
	伸縮目地（アスファルト）	伸縮目地	伸縮目地	m ²	10	X, X	XX, X																												
	サッシ・遮光パネル	サッシ・遮光パネル	サッシ・遮光パネル	m ²	83	X, X	XX, X																												
	アスファルト防水層	アスファルト防水層	アスファルト防水層	m ²	83	XX, X	XXX, X																												
				m ²	83	XX, X	XXX, X																												

図6 長期保全計画表の一例
（出典：「建物維持保全ハンドブック」1997年、日本能率協会マネジメントセンター）

全措置を施していれば、支出の増大を抑え、建物の生涯コスト（LCC）を低減することも可能となる。

計画的メンテナンス

屋根防水は、床や壁とともに建物を構成する重要な部位として建物の空間を構成し、外界の自然環境条件（風雨・日射・塵埃などの劣化要因）から人間の住環境を保護するほか、騒音や火災による延焼などを防ぐ重要な機能を果たしている。特に屋根は、過酷な自然環境化に常に曝されている一方、高所であったり勾配が付いているため、日常のメンテナンスが行き届きにくい部位でもある。しかし、屋根防水に起因する事故や故障などを未然に防ぐためには、日常および定期的な点検管理と適切なメンテナンスが必要不可欠である。特に、台風前後および地震の後などは特別に見まわり点検と整備をして

おく必要がある。

防水を施している屋根は大別して、「陸屋根」と「勾配屋根」がある。使用上の留意点、日常点検、発生しやすい現象やその対策などは、屋根の形態により異なっている。陸屋根（屋上）の押え工法と露出工法、勾配屋根（葺き屋根）における日常および定期的なメンテナンスについて以下に述べる。

陸屋根（屋上）押え工法

1) 屋上床面の点検

床仕上面が押えコンクリートおよび磁器タイルの場合は、浮き・剥離や損傷、大きなひび割れなどがなければ点検する。

伸縮目地部分の充填材（アスファルトコンパウンド、シーリング材、既成ゴム材など）の劣化や破断がないかを点検する。また、目地や溝部分の土砂の堆積、植物の繁茂（雑草が生え付くと目地材の劣化を早め、防水層にも悪影響を及ぼす）などの

有無を確認する。

2) ルーフドレンの点検

樋の詰まりや漏水故障を防止するため、定期的にルーフドレンまわりやオーバーフロー管部分のごみ、土砂の堆積や植物の繁茂、落葉の確認を行う。点検時にそれらのものが確認された場合には、その都度清掃を行っておくといよい。また、一般の屋上だけでなく、塔屋などの屋根も忘れずに点検・清掃を行う。

3) パラペットまわりの点検

磁器タイル張りやモルタル塗りの笠木は、浮き・剥離・欠損やひび割れなどがないかを定期的に確認する。万一それらが剥離し、下階や地上に落下すると、通行人に危害を及ぼし第三者障害事故などの重大な社会問題を引き起こすこともあるので、異常が認められた場合には早急に適切な処置（修繕）をする必要がある。アルミやステンレスなど金属製の笠木においては、変形や損傷の発生の有無のほか、特にジョイント部分の充填材（シーリング材）が劣化や破断がないかを入念に点検する。シーリング材が切れて裏に水がまわると、笠木を固定している金物が腐食・損傷し、強風時に飛来事故を生じることもある。また、建物内への漏水により建物の耐久性低下の原因になることもあることから、定期的に十分な点検をしておく必要がある。

陸屋根（屋上）露出工法

1) 屋上床面の点検

露出工法の屋根は、非歩行を前提に、防水層の表面に直射日光から防水材の劣化を防ぐための耐候性塗料が塗られているものが多い。一般に5～8年ごとに塗り替えをする必要があることから、耐候性塗料のメンテナンス時期を考慮した定期的な点検を行うことが必要である。アスファルト露出防水の場合は、表面に耐候性塗料と同様な働きをする砂粒が全

面に施されていることから、その砂粒が健全な状況に有るか否かを点検する。塩ビシートなど表面に保護塗装を必要としない露出防水においては、防水層表面の傷や損傷の有無を点検し、損傷などが確認された場合には早急に適切な修繕を行う必要がある。

2) ルーフドレンの点検

前記押え工法と同様に、樋の詰まりや漏水故障を防止するため、定期的にルーフドレンまわりやオーバーフロー管部分のごみ、土砂の堆積や植物の繁茂、落葉の確認を行う。特に、アスファルト防水露出工法（砂付きルーフィング）の場合、経年により防水層表面の砂粒が取れて、ドレンまわりに堆積することがあるため、点検時にそれらのものが確認された場合には、その都度清掃を行っておく必要がある。また、一般の屋上だけでなく、塔屋などの屋根も忘れずに点検・清掃を行う。

3) パラペットまわりの点検

アルミやステンレスなど金属製の笠木においては、変形や損傷の発生の有無のほか、特にジョイント部分の充填材（シーリング材）が劣化や破断がないかを入念に点検する。シーリング材が切れて裏に水がまわると、笠木を固定している金物が腐食・損傷し、強風時に飛来事故を生じることもある。また、建物内への漏水により建物の耐久性低下の原因になることもあることから、定期的に十分な点検をしておく必要がある。

防水工法の中で、立上り部分のみ露出工法となっているものがあるが、押え層との取合い部分および立上り部の防水材に「剥離」「ダレ下がり」「欠損」などの不具合が見られることがあることから、当該工法の場合には、パラペット立上り部の不具合が発生していないか、入念に点検する必要がある。

勾配屋根（葺き屋根）

屋根を葺く材料には、瓦（和瓦、洋瓦）、スレート、アスファルトシングル、鉄板、銅板、ステンレス板などが挙げられる。経年とともに風や地震、その他の影響で葺材がずれたり、ひび割れ、破損あるいは金属屋根材などにおいて、膨れや変形、錆びなどの不具合を生じることがある。これらの葺材の異常が著しい場合には、漏水故障の原因となり下地の腐食や建物の耐久性低下の原因となることもあり得る。

勾配屋根の調査およびメンテナンスは、仮設の設置が容易でないため、故障を生じてから慌てることが多いことから、事前の点検が重要となる。

おわりに

防水材料の種類や、施工時の環境条件および建物の方位など防水層の劣化原因はさまざまである。劣化調査の結果から一部の防水層に不具合が認められ、その部分のみ修繕をすることもたまに見受けられるが、修繕後すぐに他の部分に劣化が進行し、再修繕となることも見受けられる。そのような場合、改修工事の時期がそれぞれ異なって発生するために、その度ごとに仮設費用を捻出するような無駄を生じることあることから、調査・診断にあたっては、将来を見通した判断とメンテナンス計画を立てることが必要である。また、いくら優れた計画的なメンテナンスを立てても、それを実行しなければ漏水事故などを未然に防止することはできない。

（うちだ ただお）

【参考文献】

1) 建築防水の耐久性向上技術：（財）国土開発技術研究センター、技報堂出版、1987年