

コンクリートの防水及び躯体の保護と強化に向けた 材料及び製品・施工の標準化に向けて

国土交通省の『i-Construction 2.0 ～建設現場のオートメーション化に向けて～』

『資料1』の議論を踏まえたプレゼンとして、細かな説明は省く

令和6年6月24日

多摩防水技研株式会社

防水・躯体保護工事のウレア樹脂を用いた工法の標準化に向けて

i-CONSTRUCTION2.0へ

老朽化していく建造物の増加と、施工技術者の激減がすすむ中、省人化・安全確保・働き方改革（新3K）の目標が掲げられ、改革のトップランナーとして、プレキャストを例に、全く新しい次元の標準化の取り組みが展開されている。2040年までの省人化率3割の目標。単位労働者の生産性アップ、人手頼りの建築業も、新しい視点からの見直しが要求されている。全体最適という視点で、防水・躯体保護の分野においても、新たな標準化の視点が要求される。

これらの課題を解決したい。性能が担保された防水・躯体保護用施工製品を工場で作ることで、工事の短期間化と人手不足対策・建造物の長寿命化に資する工法を確立したい。量産化で、コストも大幅に下げ、施工者の負担を大きく軽減し給与アップの工法にする。

特徴は、短時間の反応で強靱な被膜を作ることが出来る **1) ウレア樹脂の選択**と、 **2) ウレア樹脂の膜厚をコントロールした施工方法の確立**である。工程のほとんどを工場で完了させ、現場では貼り付けるだけに単純化した工法となる。従来工法との組み合わせも有効になる。

新たな時代に向けての要求と課題 (i-CONSTRUCTION2.0)

建設従事者の業務・働き方を新3K（給与・休暇・希望）に向けて変革し、若手の確保。

- 生産年齢人口の減少や災害の激甚化・頻発化などの環境下でも、将来にわたって社会資本の整備・維持管理を持続し、国民生活に不可欠なサービスを提供する社会的使命を果たし続けていくためには、工程の多くをオートメーション化した施工方法の確立が必要。
- 2040年度までに建設現場のオートメーション化を進め、建設現場において少なくとも省人化3割、すなわち1.5倍の生産性向上。
- 建設現場で働く一人ひとりの生産量や付加価値を向上し、国民生活や経済活動の基盤となるインフラを守り続ける。



抜本的な改革が必要⇒素材（ウレア樹脂）の見直し・工程の多くを工場で製品化

- 施工現場の図面化・3D測定方法の確立⇒工法の標準化で工場で防水・補強パネル作成。カット。現場では、高強度のウレア材等で、貼り付けるだけで施工完了。施工手間が1/3程度。性能は大幅にアップ。⇒ウレアの標準化とTAMABOU工法の標準化。

- 要求性能の数値化（工期短縮・LCC・コストパフォーマンスの理想と最低限性能等）を。
（要求される性能が明示されることで、効率的な施工方法と材料の選択ができる。）

施工部位別の施工目的をはっきりさせ、要求性能の数値化を確立させ、効率的な工法の標準化が求められる時代になった。個別工法を追い求める時代から、いまの時代に要求される全体像から見た全体最適視点からの、各個別工法の在り方の再検討。これに基づく新たな標準化のシステム構築。

施工パターン別に要求性能のマニュアル化

→ 足場架設不要等も加味して評価

概略設計（基本性能案）

10年～30年寿命～100年寿命：鉄道・道路・防波堤・新築・高層・町場・野丁場等・LCC評価を明示

↓
予備設計（性能概略）

→ 場所・環境等予備設計（性能概略）

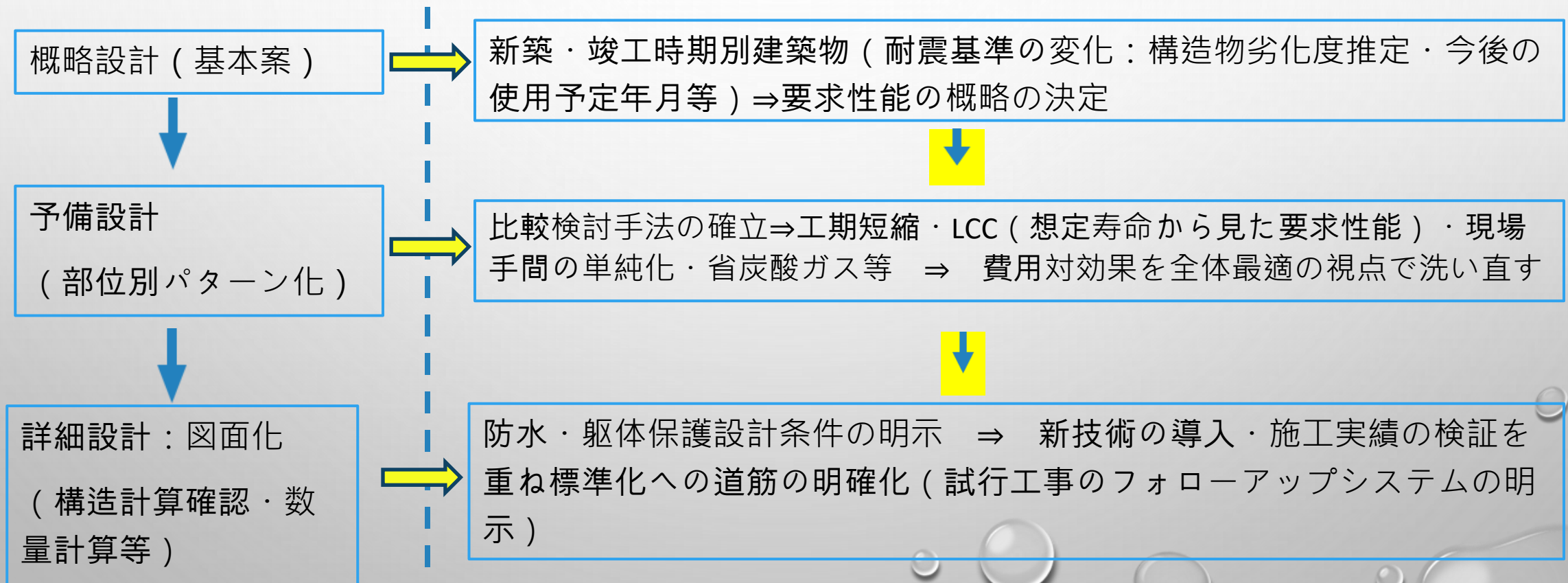
↓
詳細設計（性能数値化）

→ 各部位・屋上・壁面等詳細設計（性能数値明確化）

↓
要求性能の明示（性能別工法の確立）

→ 製品の厚み・サイズ・保護層等・（要求性能別工法）

『防水・躯体保護工事』の施工部位での『全体最適化』を図る。要求したい性能値を洗い出し、数値化することで、過剰品質を防止し効率的な施工の仕組みを作ることが、期待できる。『予防保全対象としての新築工事』と『経年変化した構造体』では、要求性能数値が異なると思われる。経年変化した建造物でも、どの年代に建てられたかで、求める性能値の組み立てと標準化は、かなり可能と思われる。施工する足場・ゴンドラ・高所作業車等、作業形態と工事スケジュールにより最適な部材の形状と性能・意匠性を決定し、工場生産と現場施工の効率化を目指す。



3回に及ぶ東京都承認の経営革新計画を通じ、新防水工法の確立に取り組んできた。現場におけるイノベーションの推進と、生産性の向上に向け、新技術の建築・土木業界課題の全体最適化を試みる。ロボットで膜厚を管理し、工場にて作業工程の多くを完了させた製品をあらかじめ作製することで、防水と躯体保護工事の現場における工期短縮と施工法をシンプルにした。

15年以上前に、某スーパーゼネコンより要求された課題

- ① 長寿命化：LCC配慮：100年の建物に対応できる技術の創出。
- ② 人手不足対策：工場で品質を確保した製品を作り、現場での工程数を減らすこと。
- ③ 施工技術の単純化：外国人労働者や若手労働者、誰でもやれるように施工方法を単純にすること。
- ④ 高機能化：誰が施工しても、品質を損なうことなく短工期で完了し、より高品質であること。
- ⑤ エコ技術：工場での工程を増やし、産業廃棄物の発生を少なくする等、エコ社会に資する工法であること。
- ⑥ 建築業従事者に魅力あること：3K（きつい・汚い・危険）を排除し、若者が効率化により稼げること。

以上の課題解決に向けての標準化の提案 1) 強靱なウレア樹脂を工法素材に設定（ウレア樹脂の標準化）

2) 現地にて素材を吹き付けたり塗布する工法から、前もって要求性能に合わせた製品（厚み・防水性・剥落防止性能・耐震機能・意匠性・防滑性などを付与した製品）を工場で作製し、現場では貼り付けるだけに省力化する（多摩防水工法の標準化）。現在の工法に部分的にも取り入れ可能。

I) 劣化しにくく・強靱・長寿命な素材ウレア樹脂の標準化

※ ウレア樹脂の有効活用の推進

(海外では、防水と躯体保護のウレア樹脂の標準化が進んでいる。例えば中国は防護材として2006年、防水材料として2009年に標準化がなされている。日本は中国に20年近いウレア技術の遅れがある。標準化がなされないことで、有用性の評価がされにくく、ウレアの有効利用と施工技術の工法の評価・定着が進まないでいる。)

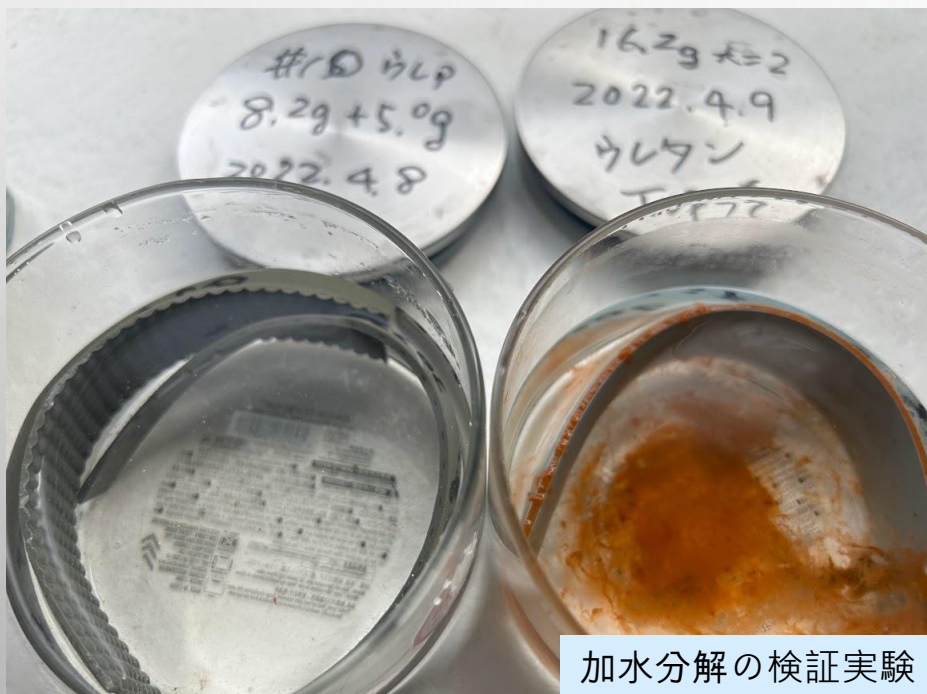
ウレア樹脂はほとんど劣化せず強靱で靱性に富む。米国・ドイツの技術者の評価：柔らかいステンレス・100年コーティング。米軍・中国は軍事技術：耐防爆性コンクリート等の強靱化・外壁や鉄部保護による長寿命化を期す。特長は、超速硬化性・強靱性に富む・無溶剤で無触媒のため長寿命（可塑剤が入らない）。中国ならネット販売で購入可能なほど一般化。

※ウレア樹脂生産は、ウレタン等の防水材料と一緒に、強度や硬化速度・粘度・燃焼性・耐温度性能など、材料をニーズに合わせ、生産する必要がある。施工する環境や使う機器類に合わせ、材料の性能も調整が必要。

海外のウレア施工動画をみると、実に多様な施工機器があり、求められる工事内容に応じ、ウレア性能の調整がしてある。日本も独自のウレア樹脂の生産能力を持つ必要がある

ウレア樹脂の性能検証からの標準化への提案

- ウレア樹脂は劣化しずらく強靱（資料添付） 二年間水中に放置したウレアとウレタン
- ウレア（左側）は、加水分解せず、強靱。 • 地下防水や施工後緑化や水系工事も可能
- ウレア樹脂は、結合力が高いのみならず、短時間で固化が可能：工期を大幅短縮



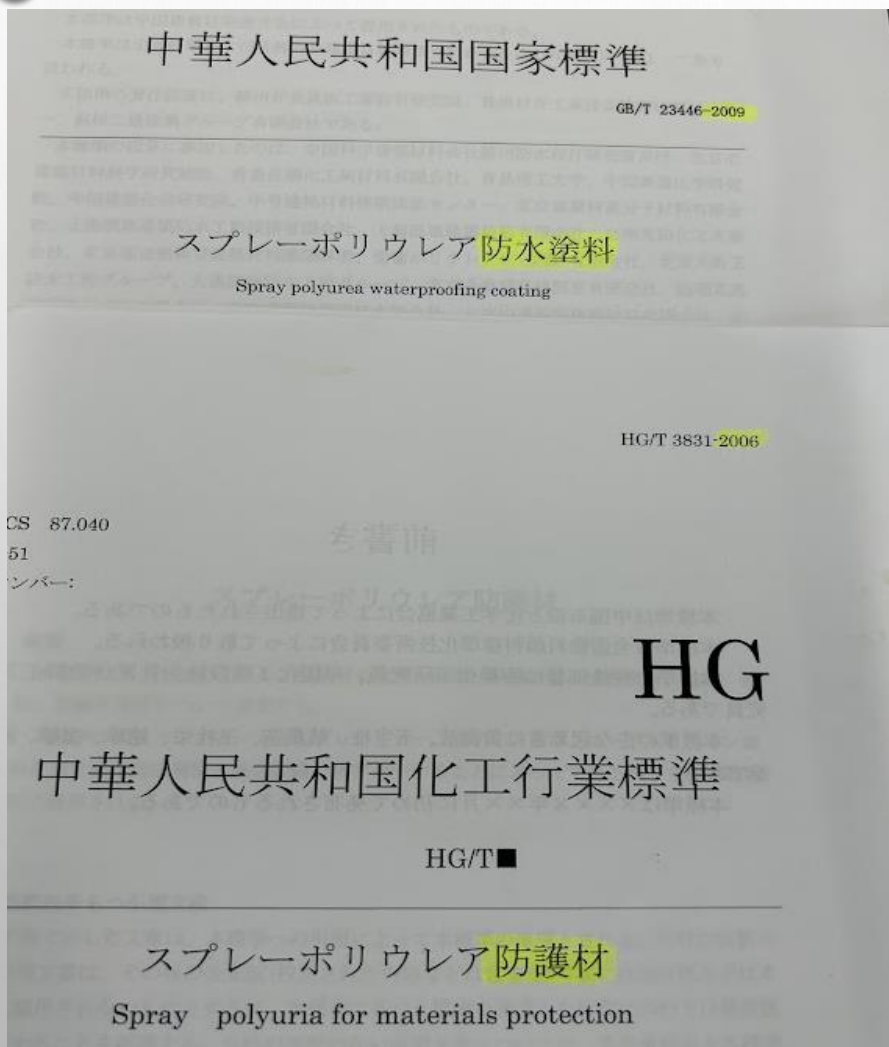
加水分解の検証実験
トップコート付きウレタンシートとウレアテープ



ウレア樹脂の紹介動画

ウレア樹脂の能力を引き出すために国産化を

(i-Construction2.0に沿い、オートメ化を目指すとするれば、施工法・施工機器開発とウレアの性能を調整できる技術開発を自国で行う能力の創出は、車の両輪と同じ)

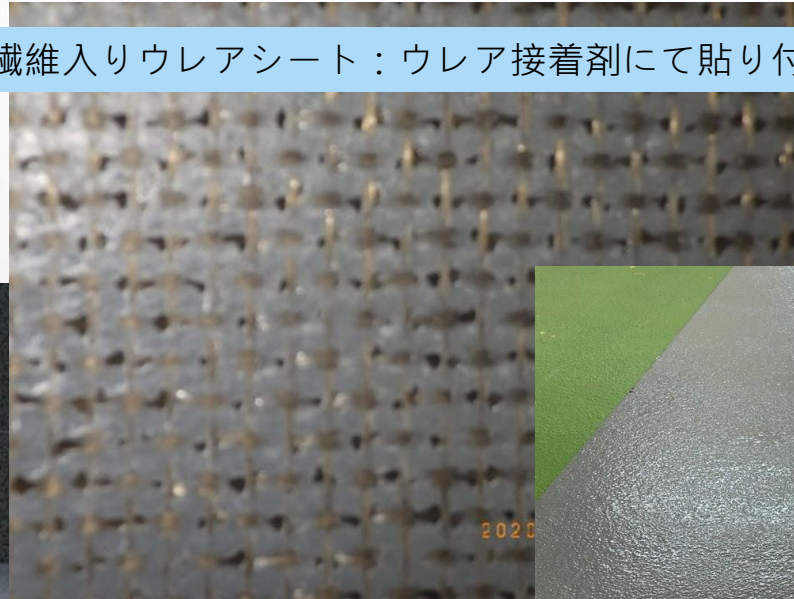


国産のポリウレア：手塗り
用：ADHA HBを塗布して検証

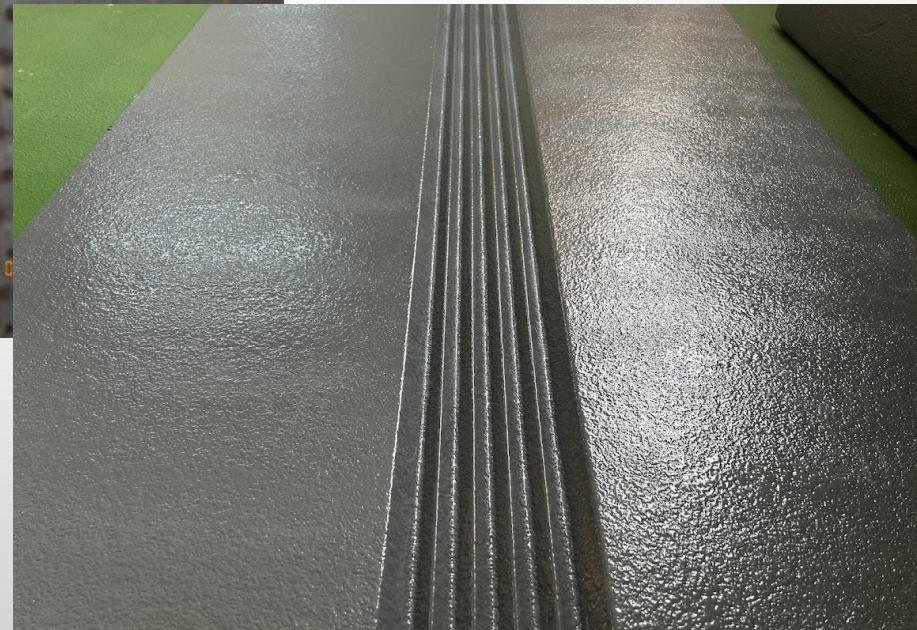


工場で厚み管理して作成したウレア樹脂使用のシート・パネルを土木インフラ対策への応用に向けて⇒要求性能を決めるのは私企業では無理（国の仕事：産学官の協力体制が必要）

高性能繊維入りウレアシート：ウレア接着剤にて貼り付け



橋脚などのハラミ防止



稼働部位の防水シート：鉄道など橋のジョイントへ提案

Ⅱ) 多摩防水工法の標準化に向けて

工場でウレア樹脂を厚み管理して作成したシート・パネルを使用し施工を単純化した工法（多摩防水工法）。各部位ごとの要求性能に合わせ作製。部位別工法の標準化に向けた提案

多様な部位と施工環境に合わせた製品をあらかじめ作製（工期・強靱性・寿命・品質・意匠等を要求性能に沿って作成）

施工条件は？ 足場・ゴンドラ・高所作業車等多様：施工状況に合わせ最適サイズ・最適形状にて作成

施工環境は？ 雨の日・風の日・寒い日・暑い日：施工時の施工環境を考慮

施工下地は？ 乾燥した躯体・濡れた躯体・痛んだ躯体：接着条件・要求性能に沿った製品へ

施工者は？ 施工者の施工能力を配慮 効率性と要求性能を塩梅して・日曜大工でも対応可能に。

③ 笠木端部などの剥落防止

④ ベランダ防水

⑤ ベランダ端部・庇防水

⑥ 浴室防水

⑦ 厨房防水

① 屋上防水

② 断熱・緑化・太陽光パネル等



⑧ 地下室・浴槽防水

⑨ 外壁剥落防止・耐震化

⑩ 外壁塗装と亀裂保護

⑪ 外断熱（断熱・不燃化）

予備設計（部位ごとのパターン化の必要性）

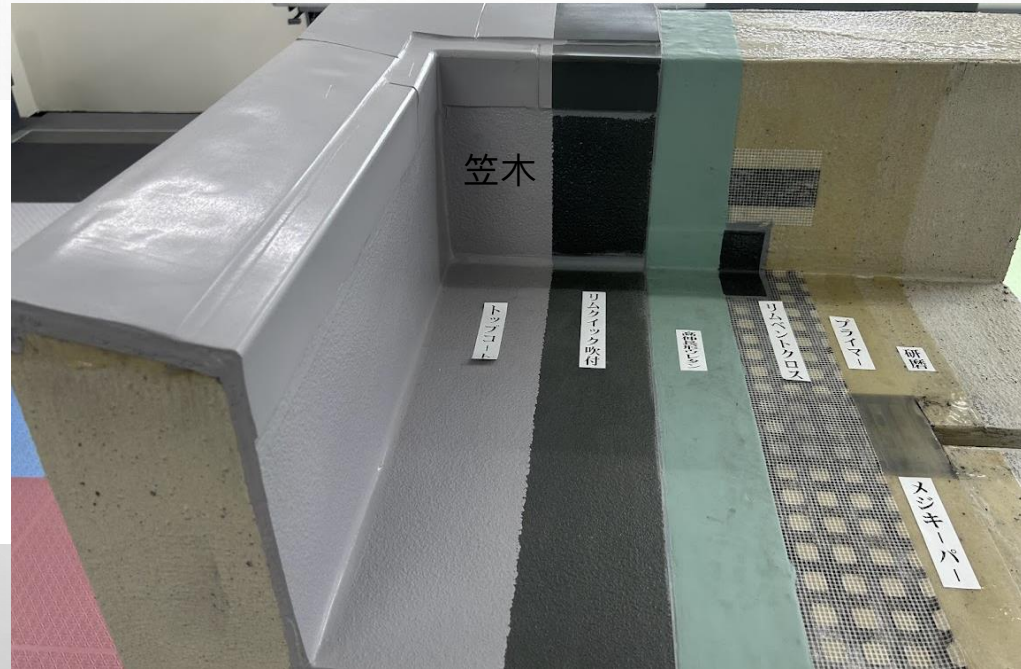
施工部位ごとの施工目的（要求性能）をはっきりさせ、数値化に努める。過剰品質は不要。要求に見合う効率的な工法の標準化が求められる。全体を考慮せず、個別工法を追い求める時代から、今後の時代に要求される全体像から逆視点で見た全体最適に沿った個別工法の在り方の検討。オートメ化をターゲット。

部位ごとに要求される性能は異なり、いくつかはパターン化が可能と思われる。人手不足対策として、工場でも可能な限り製作するとすれば、パターン化する必要がある。要求する性能を明示することで、パターン化できる。多くの建築物は、共通した形状が連続しており、形状に合わせ、パネル化・シート化した成形品をあらかじめ作製することで、多くを高性能化・短工期化し、現場労働者の負担を軽減し、無駄な産業廃棄物も省略できる。打ち込みタイルPCのように、防水・強化（意匠）保護層を先行して作製し、そこにコンクリートを打つことも可能と思われる。

時代の変化から、屋上防水は、長寿命で断熱機能を持つ防水（躯体保護）層を、長い寿命を担保するシステムも必要。防水（躯体保護）層は保護されることでより長寿命化する。エコも考慮し緑化・水の有効利用・太陽光発電等は、保護層も兼ねるアイテムになりうる。従来とは異なるスペックを考慮したい。太陽光パネル下部なら、太陽光パネルの寿命以上の防水層がパネル下部には望ましい。これらを考慮した防水工法となると思われる。高層ビルなら笠木等の端部は、剥落防止機能を持つことが望ましい。

屋上防水に絡む部位の検討 ①

- 屋上防水・緑化と太陽光パネル・笠木等の端部（剥落防止機能）



①屋上平面
大面積はリムクイック（スプレー防水）
端部は、整形防水パネルリムクロン
かリムシートにすることで、足場が不要

次ページ参照

②断熱・緑化・太陽光パネル他
リムクロン・リムクイック
ネオマフォームリムブロック

③笠木 リムシート
リムクロン・アラミド
繊維入りリムシート



リムシートによる笠木部施工例

施工サンプルモックアップ例

屋上のスペック検討 ②断熱・緑化・太陽光パネル他

- ・ 温暖化防止と長寿命建物を目指す機能をスペックイン（LCCを考慮：長寿命化なら安価）

降水の有効利用や温暖化防止の緑化・水系の一般化（長い目で見た全体最適視点）

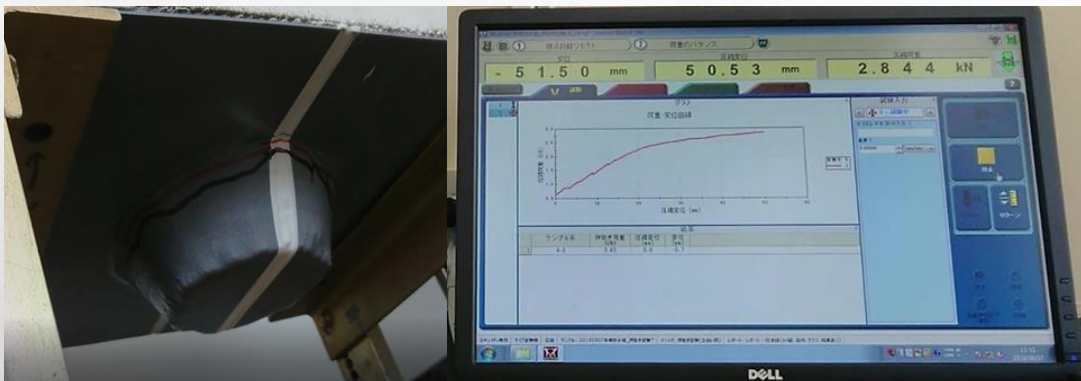
- ① 断熱材と一体化した太陽光架台 ②ネオマフォームリムブロックの縁石 ③ビオトープ

工場で作製することで、現地作業を大幅に短縮できる。大きな意味での標準化へ？



③笠木・庇等端部（足場不要・剥落防止機能付与・水切り機能で外壁の汚れ防止）

笠木部は、リニューアル工事等では、足場が欲しい部位である。リムシートかリムクロン施工として、あらかじめパーツ化すれば、足場不要で施工も容易で短時間で現場作業もより安全になる。



リムシートの押し抜き試験
リムシートジョイント部の押し抜き試験:50mm押し抜き時、2.84kNを超える耐力値：現状では他工法よりはるかに抜きんでている。

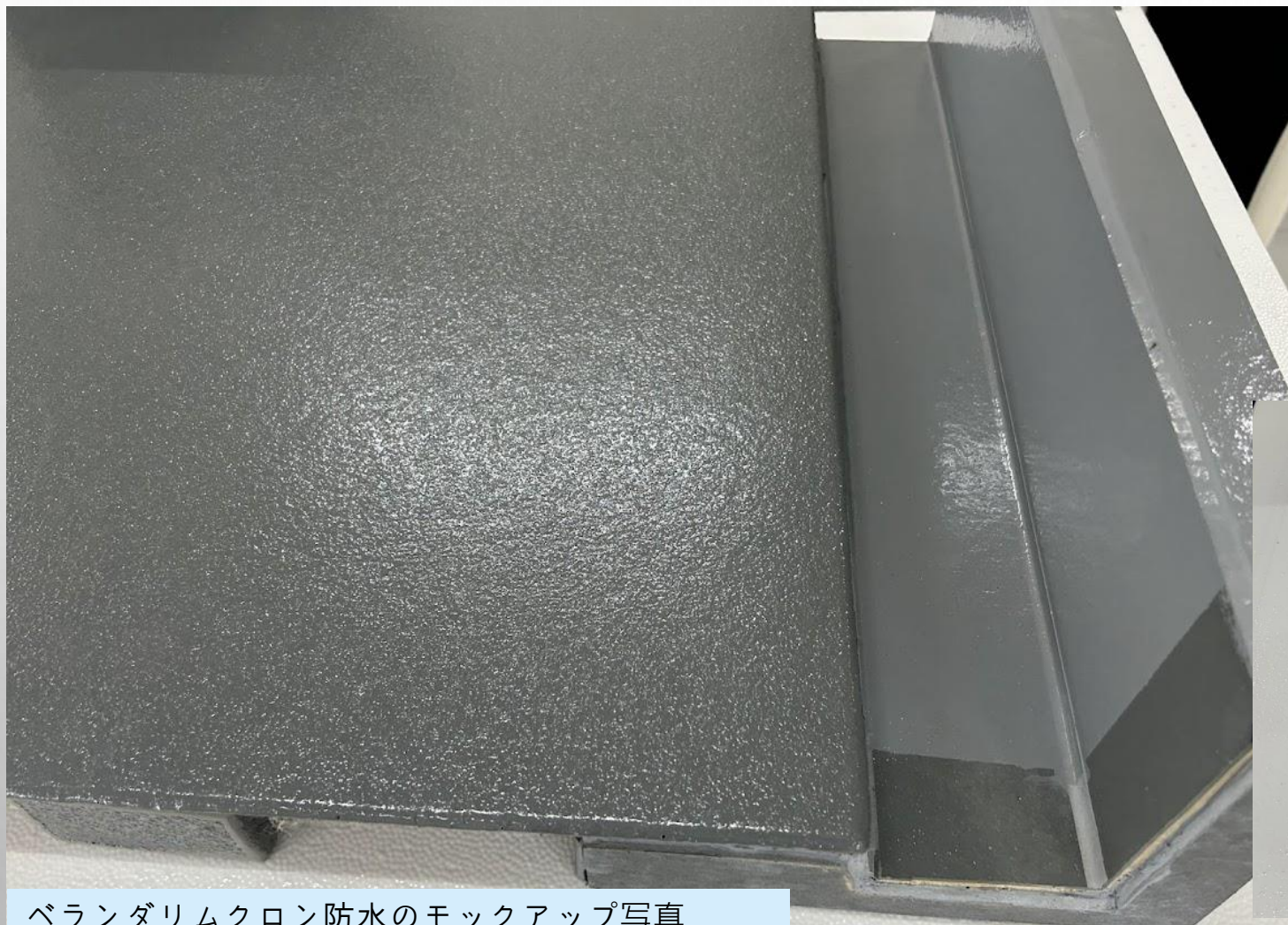


笠木リムシート（表写真）
笠木サイズに合わせカットして貼るだけ：足場が不要



T大学の施工例写真
剥落防止笠木補修工事例

④ベランダ防水：通常のマンション修繕工事は、ベランダへの立ち入り禁止が1週間程度：リムクロンなら、1日工事で翌日立ち入りが可能。1人作業可能。湿潤も面施工可に。



ベランダの施工動画

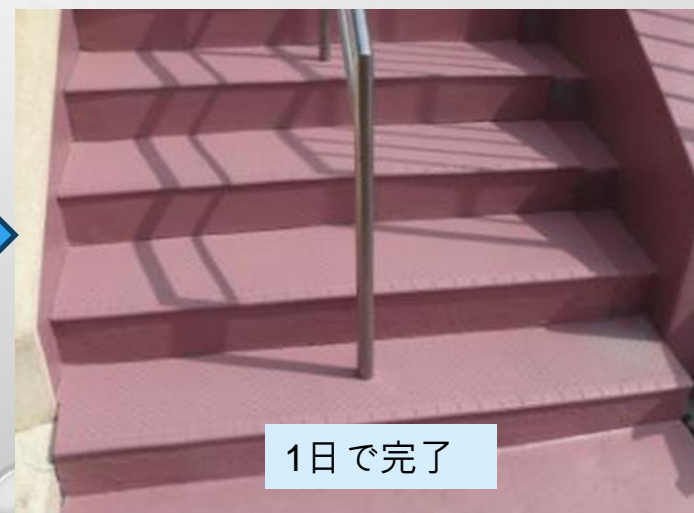


ベランダリムクロン防水のモックアップ写真

ドレン部も形状に合わせて作製

4-② 従来工法との組み合わせ（手塗りやスプレー防水で施工しにくい部位を短時間施工で。性能もアップ：従来工法施工者にとってもやりにくい箇所が短時間でプラス効果）

- 水勾配が取れていない側溝部位（リムクロンで）や、配管に邪魔された部位（リムシートやリムクロンで）・室外機も下部に2cmほど隙間確保できれば、滑り込ませることで施工が短時間にて可能。弊社の場合、スプレー防水の施工現場も大面積はスプレー防水で、端部や階段等イレギュラー部位はリムシート・リムクロンにて受注している。従来工法と併用ができ、短工期で足場が不要になる。



⑤ベランダ端部支柱・庇防水

都内某学園底部のリムシート防水『自着層付きシート』:1スパン(巾60cm・長さ4.2m)施工は1時間(高所作業車)
ベランダ端部の支柱廻りなども、支柱形状に合わせて成形品の貼り付け工法へ



⑥浴室防水（リムシート・リムクロン：下地内部に空気や水のたまり部が想定される部位はリムクロン：あらかじめリムクロンにタイル施工も完了した製品もある）

- 厨房と同じく、毎日水を使う部位は下地コンクリートに含まれる水と空気です。施工後の温度変化で不具合が発生しやすい。あらかじめ、下地との遮断を耐圧性を有する断熱ボードを使用することで、下地の影響を受けない短工期工法となる。



リムシートの施工動画

ワンディ工法モックアップ

すのこ部もグレーチング化（実用新案取得）

⑦**厨房防水**の課題：日々の食生活を担う箇所のため、長期の工事休業が取りにくい。また常時水や油、調味料・酒・洗剤等、多様な成分を扱い・火や水も使う。

- フライヤー等で油が多いところは、洗剤にて数回洗浄し、油脂分を除去する。湿潤面用のプライマーを使うことで乾燥を待たずに施工が可能。短時間硬化のウレア接着材にて貼り付ける。



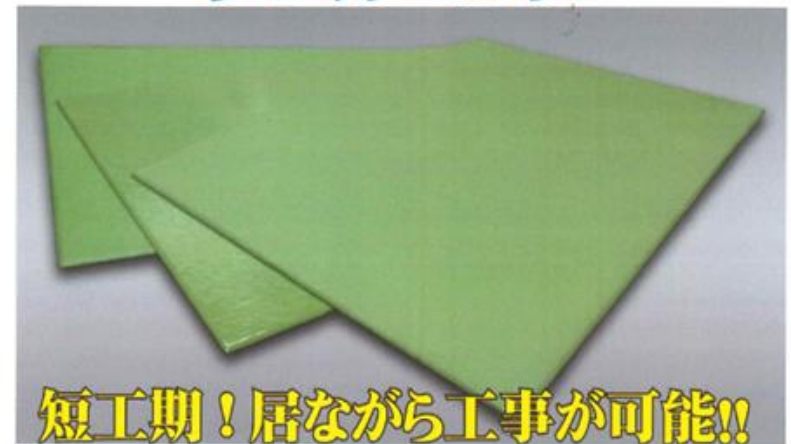
厨房のリムクロン施工写真



ポリウレア防水硬質断熱パネル

リムクロン

厨房防水施工動画



短工期！居ながら工事が可能！！

⑧地下室・FRP防水修繕等：ウレア樹脂は強靱なため、かなりの背水圧に耐える：PC以外は、ピングラウト工法という注入止水工法との抱き合わせが多い。FRP製の浴槽やユニットバスの不具合は、建築再生展等、国際展示場出展中に不具合相談を受けたトップクラスの事例である。

- 左は、PC製の地下室・地下水位が上がると漏水していた。 右は、FRP浴槽が割れて補修（アラミド入りリムシート）ユニットバスクラックは、多摩防水ウレアテープ対応が多い。導水による不具合解決も多い。



⑨外壁剥落防止：高強度のリムシート・高機能繊維入りウレアシートの使用例（実験の画像：耐震対応）。短工期の工事を提供できる。

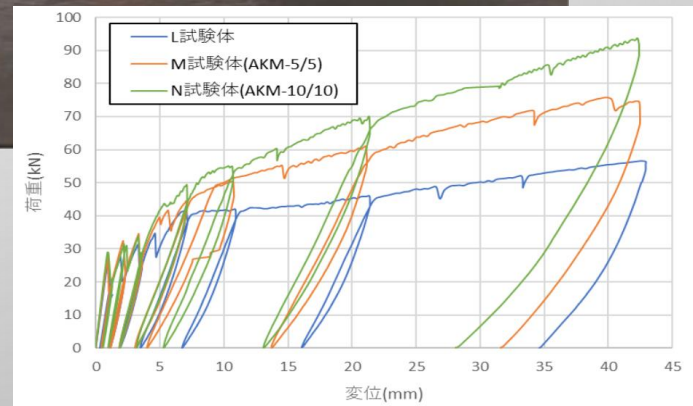
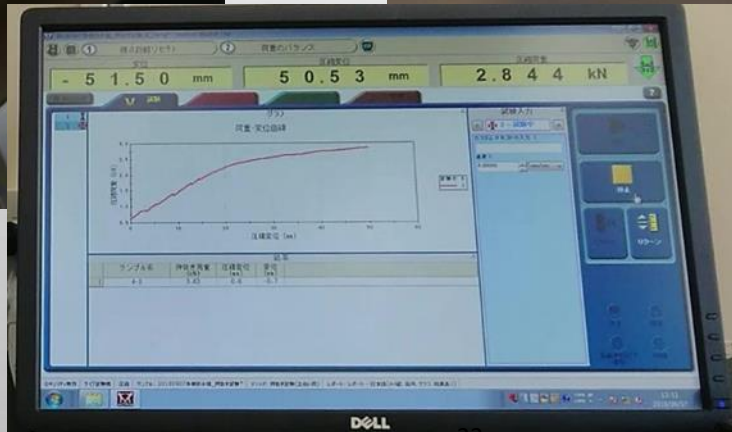
- 剥落防止工法・耐震工事の多くは、高機能繊維を数回貼り合わせるか、高強度の材料を何度も塗り重ねる。かなりの工期と人手が必要な現状にある。工場です厚み管理をしながらウレア樹脂をシート化することで短工期化・省人化ができる。左画面は、押し抜き試験で1cm押し抜き時に150kの要求性能に対し、5cm押し抜き時、280k以上の性能値。右は、5トンでクラッシュのコンクリート版が、10トン近くの加圧に耐えている（施工時間はワンスパンを1時間で完了）
- アラミド繊維や炭素繊維を躯体に固着させる施工能力がポイントとなる。ウレア樹脂はそれにこたえる。



押し抜き試験写真



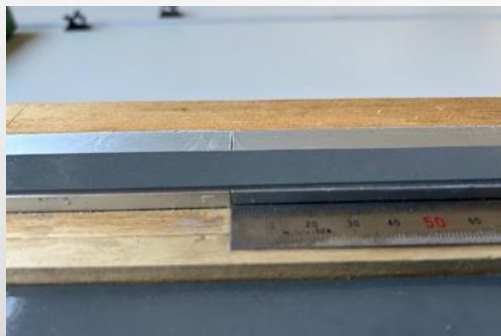
R大学での卒論実験写真



⑩外壁・ACW等・ウレア樹脂によるトップライト・塗装面の漏水対策・クラック対策

- 30年以上経過した建物の修繕工事：『下地挙動緩衝材を塗布した外壁用塗膜防水工法は、1段階上の2.5～5.0mmのムーブメントで破断しないこととした（日本外壁防水材工業会・制定：2022年 3月 1日）

引っ張り試験で一番過酷なゼロスパンのウレアテープ引っ張り試験



密着したアルミ角材にウレアテープを貼り付ける⇒10mm引っ張り⇒40mm引っ張り⇒100mm引っ張り（引張機の限度）までのムーブメントに耐えた。手練りのクリアタイプのウレア樹脂も生産し始めた。外壁をサンダーなどでカットすることなく（アスベスト対策）修繕工事が可能になると思われる。

トップライト・ACW防水リニューアルモックアップ



ジョイント部のウレアテープ施工例

⑪外断熱難燃防水パネル（ウレア樹脂を使用することで、断熱化・難燃化・防水・意匠性を付与・躯体保護等、多機能の外壁工事が可能になる）

- 例えば,断熱性能ではトップクラスのネオマフォーム（難燃性）を、ウレア樹脂（不燃性取得済）でコーティングすると外断熱（難燃化・防水・躯体保護）が容易になる。



新3Kへ（建築業を喜んで担う若者達の世界への脱皮を）

- 20年近くかけて、新しい工法の開発に取り組んできた。基本は、ウレア樹脂を工場生産することで厚み管理ができた製品の活用である。建築物の長寿命化・エコ・人手不足対策は時代の要求である。また、建築業に従事する者として、生産性を上げて、現場従事者の収入アップを図り、魅力ある建築業界への組み換えを願う。
- 工場でもって多くの機能を付与した製品を作ることで、i-Construction2.0に求められる基本的な躯体保護技術は完成に近づいたと考える。今後、ICT技術の向上により、現場ニーズ(図面等) 工場に直結できるシステム作りが必要。日本で国産ウレアを作る能力を持ちたい。より現場ニーズに沿った様々なウレア樹脂を作る能力が日本には絶対必要条件になる。海外のウレア関連の動画を見ると、上下水の配管リニューアル工事等、ウレア施工の機械化が進んでいる。日本の未来に必要な技術を視野に、ニーズに沿ったウレア樹脂を開発できれば、防水や耐震・剥落防止などの現場施行機器類の開発も加速できる。
- 今の工法は、多くの労働者と有り余る『?』施工時間に支えられ進化してきた工法と思われる。今後は、短工期・省力化・長寿命で高性能・現場労働者の待遇改善が求められる。工法と製品・機器類・ICT技術等に支えられた未来型の工法がある。産学官で真摯にこれらの技術を開発するしか、日本は生き延びることはできない。今の建築業界は、魅力がない。新しい工法を、過渡的形態として、現状の工法に組み入れながら希望が持てる建築業界に資する技術に進化させていきたい。
- 残念ながら、弊社は、まだ量産化にたどりついていない。これから、量産化にまい進したい。全体最適化を意識し、新しい技術の標準化に資する試みが早く実現するようご協力をお願い致します。