

解説

素材・材料により拓かれた新技術・新工法

New Technologies and New Construction Methods developed using New Materials

一瀬賢一 Kenichi Ichise

1. はじめに

製造業では、新製品の開発に新素材や新材料、高性能・高機能材料などが積極的に利用されている。特に航空や自動車産業などでは、「品質」と「安全性」に向けて、様々なニーズに対して、種々の新素材や新材料が試されている。ここに「コスト」も加味されて、製品化・商品化が進められている。最近では、地球環境問題やエネルギー問題も開発課題の一部として組み込まれており、新素材や新材料に対する期待も益々大きくなっているようである。新素材や新材料の中には、まず航空や自動車産業などで使用されるようになり、大量生産され低価格化が進んだ後、その他の産業に展開されたものが多い。

一方、建設業においては、新素材・新材料とまでは言えないが、素材および材料を核として様々な技術や工法が開発されている。技術や工法の開発としては、材料の品質を生かして新しい材料開発に結びつけたもの、他の分野では既に使用されているが、既存技術に取り込み高性能化・高機能化を図ったもの、高性能・高機能の材料を工法に組み入れることによって、新たな工法として展開したものなどがある。

建設における主要材料の1つとしてコンクリートがある。普通強度のコンクリートは、1kg 当たり約5円である。設計基準強度 $100\text{N}/\text{mm}^2$ 級の超高強度コンクリートでも1kg 当たり20円程度である。コンクリートに対して付加価値を与えることは、この価格をみるとかなり厳しいことがわかる。少し高価な材料をコンクリートに添加したり、変更するだけで簡単に材料単価が2倍、3倍となる。それでもコンクリートに対して、機能や性能の向上を目指して様々な開発が行われている。コンクリートを構成するセメント、混和材、化学混和剤、添加材などを選定、変更することにより高性能化、高機能化したコンクリートが生まれている。高強度コンクリートや高流動コンクリートなどが良く知られている。今回の特集論文で紹介する「スモースクリート」、「スリムクリート」、「ユニバーサルクリート」、「クリーンクリート」などもコンクリートの使用材料をよく選定し、調(配)合を最適化して開発されたコンクリートである。

また大林組の鉄筋コンクリート造(以下 RC 造)の超高層集合住宅の建設に採用されている「LRV 工法(RC 造柱梁接合部プレキャスト化工法)」は、圧縮強度 $80\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の高強度グラウトとの組み合わせにより、従来のプレキャストコンクリート工法を画期的に進化させた技術である(Photo 1)。開発当初は、鉄筋継手部のグラウトと鉄筋シース部・目地部のグラウト充てん作業を別々に行っていた。これを鉄筋継手部に使用するグラウトと鉄筋シース部および目地部のグラウトを同一製品として、鉄筋継手部、鉄筋シース部、目地部を同時に充てんできる工法とした。工法の開発と同時にグラウトの改良により成立した技術である。この開発により、従来技術に比べ、工期短縮だけでなく、施工品質も著しく向上した。現在では、設計基準強度 $150\text{N}/\text{mm}^2$ までの RC 造がこの工法を用いて施工可能となっている。

もうひとつ「ウォークスルー耐火スクリーン」を事例として示す。これは、「防火シャッターは鋼製」という概念を変えただけでなく、鋼製防火シャッターの欠点を解消した技術である。防火区画の材料として使用されてきた鋼板を耐熱ガラスクロスに置き換えることによって、高い耐火性、遮煙性だけでなく、軽量であり、空間自由度を大きく向上させた。これも耐熱ガラスクロスという材料を選択することにより拓かれた新工法である。

以上のように建設業では、最先端の新素材や新材料の開発状況を常に注視しながら、素材や材料が持つ様々な性能・機能を応



Photo 1 LRV工法のプレキャスト部材
The precast beam-column joint of LRVmethod

用や改良して、新技術・新工法の開発を行っている。また現在ある機能や性能を「改善したい」、「更に良くしたい」、「新しい機能を追加したい。」などの要求を満たすために、多くの素材や材料が試され、最適なものが選定されて新技術・新工法として開発している。今後もこの傾向は変わらないであろう。

今回の特集解説では、大林組において素材・材料が鍵となって開発された技術や工法について分野ごとに分けて紹介する。

2. 社会的動向

1980年代中頃から「新素材・新材料」という言葉が世の中に広がり、多くの展示会が各地で開催されるようになった。当時の円高不況を抜け出し、時代的にも「新」という響きが、今までの素材・材料とは異なるという意識がよく伝わるものであった。しかし、インターネットで検索したところ近年では、大規模に開催されている展示会は「新機能性材料展」位である。景気の後退、インターネットの発達・普及などにより、展示会というものが集約されてきたものと考えられる。

この「新機能性材料展」について少し紹介すると、紙、フィルム・シート、金属箔、メタルシート、不織布、繊維等をベースマテリアルとした高機能素材・製品、高付加価値技術の総合展である。ひと頃と較べると参加企業も少なくなり、規模も小さくなってきている。それでも2010年度に開催された「新機能性材料展」には国内外23ヶ国から853企業・団体が参加している。来場者数は42,000名であり、従事している産業分野の内訳は、化学関係者が3分の1を占めて、続いて繊維・製紙、総合家電・電子、印刷・加工業がそれぞれ10%程度を占める。建設・土木からの参加は3.5%とのこと。また職種別に見ると営業・マーケティングが37%と一番多く、続いて研究・開発31%、技術・設計11%と続く。派手さは無くなったものの今後も継続されることを望む。

3. 大林組の取り組み

大林組では、Table 1に示すように1986年から新素材に関するテーマを常設し、材料開発は技術研究所における主要業務の一つと位置付けた。このテーマには、各室から研究員が参加して、ニーズを意識した上で、様々な分野で開発された新素材・新材料の情報を持ち寄り、建設業における利用方法について横断的な検討を行ってきた。着手当初は「新素材の活用に関する基礎的研究」として、シーズの収集とニーズの把握・整理から始まった。最初に検討された新素材は、炭素繊維、アラミド繊維である。以降概ね3年ごとにメンバーが交替しながら2001年3月まで15年間継続された。最初は、シーズの勉強やニーズの確認に始まり、徐々にシーズとニーズの連結、新しい用途の開発・提案として進化した。この15年間に検討された新素材およびキーワードとしては、次のようなものがある。免震用粘性体、超高強度コンクリート、テキスタイルグリッド、繊維混入による土補強、バイオポリマー、躯体防水、仕上げ材への炭素繊維適用、超高強度繊維、形状記憶合金、水和熱抑制剤、緑化用土壌改質材、熱可塑性樹脂、低融点ガラス溶射、焼却灰溶融水砕スラグ、ステンレス異型鉄筋、エンブラ、不飽和ポリエステル、多孔質複合セラミック、溶融スラグ、火山礫、高強度軽量フィラー、天然繊維マット、マイクロバルーン、メッキスラッジ、高強度超軽量骨材、吸水性ポリマーなど多種多様の素材について検討してきたことがわかる。

研究・開発テーマとなったものは、炭素繊維による耐震補強、超高強度コンクリートを始めとして20件以上に亘り、数年後に当社独自の技術、工法として花開いた技術も多数ある。

2001年4月以降は、新素材・新材料に関する研究室間の横断的な検討会はなくなり、個別のテーマごとに研究室間、本支店関連部門と連携しながら進めるようになった。また2006年4月以降は、10年後、20年後という次世代技術の探索研究を進めるようになった。これらの次世代検討テーマの中でも新素材や新材料が核となって研究・開発が進んだものも多い。

Table 1 新素材に関するテーマの変遷
Changes of theme about new materials

開発期間	研究対象とした新素材・新材料
1986.4-1889.3	炭素繊維、アラミド繊維、免震用粘性体、導電性繊維
1989.4-1992.3	炭素繊維（仕上げ材利用）、バイオポリマー、超高強度繊維、形状記憶合金、
1992.4-1995.3	緑化土壌改良資材、水和熱抑制剤（コンクリート用）、エンジニアリングプラスチック、撥水砂、低融点ガラス、表面改質剤（コンクリート用）、ステンレス異型鉄筋、一般廃棄物焼却灰溶融水砕スラグ
1995.4-1998.3	不飽和ポリエステルシート、多孔質複合セラミック体、エンジニアリングプラスチック、ステンレス異型鉄筋、アラミド繊維、形状記憶合金、溶融スラグ、早強性ポリカルボン酸、水和熱吸収剤、火山礫、研磨廃水処理スラッジ、高強度軽量フィラー、天然繊維マット、多孔質複合セラミック体、
1998.4-2001.3	メッキスラッジ、アルミ-ガラス複合建材、高強度・超軽量骨材、吸水性ポリマー、ガラスバルーン
2001.4-2003.3	GFRPトラス、FRPブロック、

Table 2 コンクリート関連の技術
Technologies on concrete developed using new materials

No.	技術分類	技術・工法名	技術・工法の概要および特長	機能・効果	採用材料	適用部位・箇所	適用例
1	高性能・高機能化技術	超高強度コンクリート	実強度100~200N/mm ² のコンクリート	部材のスリム化, 優れた耐久性, 意匠性	膨張材, ジルコニア起源シリカ質微粉末	高層建築物の柱, 梁部材, プレキャスト製品	超高層RC構造物, CFT構造物 弊社技術研究所建屋
2		スリムクリート (特集論文)	現場施工できる常温硬化型のUFC材料	部材のスリム化, 耐久性向上, 意匠性	超高強度鋼繊維	橋梁上部工, 耐震補強部材, 埋設型枠	屋内ブリッジ, 栈橋補修
3		耐火型SFRCセグメント	爆裂抵抗性を有する鋼繊維補強超高強度高流動コンクリート製セグメント	トンネル火災時の安全性確保, 高い残存強度	ポリプロピレン短繊維, 鋼繊維	シールドセグメント	道路シールドトンネル
4		スムースクリート (特集論文)	加振併用型の高流動コンクリート	充てん性を確保	増粘型高性能AE減水剤	トンネルの二次覆工	トンネル
5		低発熱・低収縮コンクリート	ひび割れ抵抗性に優れたコンクリート	耐久性向上, 収縮ひび割れ低減	低発熱性セメント, 膨張材, 収縮低減剤	高耐久性, 水密性が要求される部材	LNGタンク防液堤, 高層RC構造物
6		ニューロクリート	自己充てん型の流動性の高いコンクリート	締固め不要, 均質な充てん性, 高耐久	高性能AE減水剤, 増粘剤	締固めによる充てんが困難な部材	LNGタンク防液堤, 長大橋主塔他
7		コンテックスコンクリート	新旧コンクリートの一体性を確保する膨張性を有する逆打ち用コンクリート	逆打ち部の一体性確保	増粘剤, 膨張剤, 高性能AE減水剤	逆打ち部	上下水道施設, LNG防液堤他
8	品質向上技術	NICEクリート	液体室素の冷熱を利用したコンクリートのプレクーリング工法	耐久性向上, 冷却温度に限界なし	液体室素	マスコンクリート部材, 暑中コンクリート	LNGタンクPC防液堤, 原子力発電所他
9		キュアテープ	表面のテープを貼り付けて乾燥を防止する封緘養生工法	緻密化, 耐久性向上, 保水性	糊付き保水テープ	壁部材	LNGタンク防液堤, 道路橋脚, ダム他
10		高断熱保湿養生シート	保温と保湿を兼ね備えたハイブリッド型の養生シート	表面ひび割れ防止, 耐久性向上	アルミ箔付気泡緩衝材, 不織布	マスコンクリート部材	ダム, 鉄道高架橋
11		グリーンフェイス	凝結遅延フィルムを用いた打継ぎ処理工法	耐久性向上, 水密性向上	凝結遅延剤塗布フィルム	鉛直打継目を有する部材	鉛直打継目を有する構造物全般
12		アクアカット	壁の内側から後施工で外防水膜を形成する工法	高い止水性	ゲル状注入材	地下構造物	鉄道構造物
13	リニューアル技術	オーケイグラウト	40N/mm ² を確保できるプレミックスタイプの無収縮グラウト	均質で密実な充てん性, 高強度	無収縮プレミックスグラウト	柱・壁部材, 3Qシリーズ全般	民間事務所等の耐震補強・改修工事
14		スムースボード	薄肉で軽量な高じん性を有する埋設型枠工法	高じん性, 高耐久性	ビニロン短繊維	埋設型枠, 表面保護を要する部材	トンネル, 鉄道橋, 水路
15		ユニバーサルクリート (特集論文)	一軸引張応力下で疑似ひずみ硬化特性を有し, ひび割れ幅を微細に制御する工法	高じん性, 高耐久性を確保	高機能ポリプロピレン短繊維	橋梁床版, 補修・補強部材他	模範橋脚 (試験施工)
16		ジョツククリート工法	ポリマーセメントモルタルによる湿式吹付け断面修復工法	短時間施工, 高い耐はく落性, 高い接着耐久性	ポリマーセメントモルタル, 急結剤	トンネル覆工, 橋梁等の補修・断面増厚	鉄道構造物, 球場の耐震補強
17		高比重ポリマーセメントモルタル	比重を高めたポリマーセメントモルタル	放射線の遮蔽性	高比重ポリマーセメント	原子力関連施設や放射光施設などの壁部材	原子力発電所
18	環境配慮技術	高品質再生骨材コンクリート	コンクリート塊から高品質な再生骨材を製造し, 再利用するコンクリート	資源保全	高品質再生骨材	解体を伴う大規模再開発工事	大林組技術研究所建屋
19		耐酸コンクリート	無機質系材料を用いた耐酸性が高いコンクリート	優れた耐酸性, ひび割れ低減	無機系セメント材料	耐酸性が求められる構造物	下水道施設
20		クリーンコンクリート (特集論文)	CO ₂ 排出量が少ない環境負荷低減型のコンクリート	CO ₂ 排出量削減, 低発熱	各種混和材	一般の建築・土木構造物, マスコンクリート	弊社技術研究所建屋, 製鉄所基礎
21		海水練り・海砂コンクリート (特集論文)	練混ぜ水に海水, 細骨材に未洗浄の海砂を用いたコンクリート	緻密化, 高強度	海水, 海砂, 亜硝酸カルシウム, ポゾラン	真水や陸砂の調達が困難な地域の構造物	なし

4. 大林組の開発技術

ここでは、大林組において素材および材料の特性を活用して開発された技術・工法の内、適用実績が多いものを中心に紹介する。

4.1 コンクリート関連

コンクリートに関しては、Table 2 に示すように高性能・高機能化技術、品質向上技術、リニューアル技術および環境配慮技術に大きく分けられる。コンクリートには、施工性、強度、耐久性を満足すれば様々な素材、材料が適用できる。今までコンクリートに使用される材料(セメント、混和材、化学混和剤、繊維など)を見直し、変更することにより様々な高性能・高機能化を図ってきている。コンクリートの高性能・高機能化技術としては、「超高強度コンクリート」、「スリムクリート」、「耐火型高機能 SFRC セグメント」などがある。コンクリートの要求性能を満足できる材料を選定したうえで、調(配)合を工夫することにより高性能化を図れた技術である。「超高強度コンクリート」では、ジルコニア起源のシリカ質粉末、膨張剤および高性能減水剤を使用して、 $150\text{N}/\text{mm}^2$ を超える高強度化を実現している。「スリムクリート」では、セメント系特殊粉体を開発し、超高強度繊維との組み合わせで圧縮強度 $180\text{N}/\text{mm}^2$ 、引張強度 $8.8\text{N}/\text{mm}^2$ を確保している(Photo 2)。「耐火型高機能 SFRC セグメント」では、火災に対するコンクリートのはく落・爆裂防止のため有機繊維の種類、繊維径・長さ、繊維量を検討し、最適配合を見出している。

コンクリートの品質向上を目指した技術としては、「NICE クリート」、「キュアテープ」を始めとして、多くのコンクリート技術、工法が開発されている。「NICE クリート」は、1980 年代中頃に開発された技術で、液体窒素の冷熱を利用して、コンクリートの打込み温度を低減させ、マスコンクリートの温度応力によるひび割れを防ぐ工法である。LNG タンクの PC 防液堤、原子力発電所の PCCV コンクリートなど多くのマスコンクリートの現場に適用している。「キュアテープ」は、型枠を脱型した後のコンクリートに特殊な糊のついた保水テープをコンクリート表面に貼付けて、コンクリートが乾燥しないように養生する工法である。

リニューアル技術としては、「オーケイグラウト」、「スムーズボード」、「ジョツクリート工法」などが多くの現場で適用されている。「オーケイグラウト」は、 $40\text{N}/\text{mm}^2$ の圧縮強度を保証し、優れた流動性と作業性を有する安価なプレミックスタイプの無収縮グラウトとして開発した商品である。「スムーズボード」は、ビニロン繊維を用いて製造された高じん性セメント板による埋設型枠工法である。薄肉・軽量かつじん性に優れている。「ジョツクリート工法」は、急結剤が鍵となっており、短時間で厚付けできる断面修復工法である。また特集論文では、「ユニバーサルクリート」を紹介している。このコンクリートは、大林組式の複数微細ひび割れ型繊維補強セメント材料(High Performance Fiber Reinforced Cement Composite)であり、(独)防災科学技術研究・兵庫耐震工学センターにおける橋梁耐震実験研究の内、次世代の高耐震 RC 橋脚試験体に適用され高い評価を得ている。

環境負荷低減を目標としたコンクリート技術には、高炉スラグやフライアッシュなどの副産物を多く使用し、配(調)合が工夫されている。「耐酸コンクリート」は、硫酸劣化に対する抵抗性を大きくしたコンクリートで、下水道施設を中心として使用されている。特集論文では、「クリーンクリート」と「海水練り・海砂コンクリート」を紹介している。「クリーンクリート」は、高炉スラグやフライアッシュなどの副産物を有効利用して CO_2 排出量を通常のコンクリートに比べて約 80% 低減するコンクリートである。「海水練り・海砂コンクリート」は、岩塩層に匹敵する緻密性を目指したコンクリートで、海水と海砂という地産地消の材料を利用した技術である。



Photo 2 スリムクリート適用例
SLIM-Crete

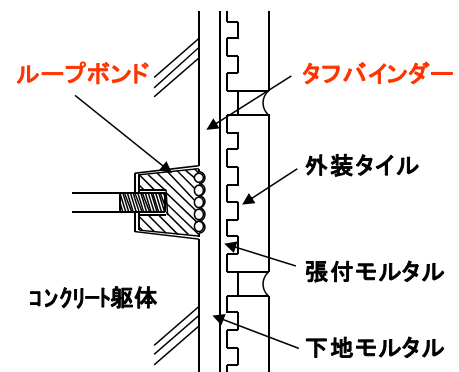


Fig. 1 ループボンドタフバインダー概要図
The overview of Roof Bonflough Binder



Photo 3 セラミライトエコ G
Construction of cerami light eco G

4.2 仕上げ関連

仕上げ関連では、Table 3 に示すように外壁タイルの剥落防止技術、環境負荷低減・省エネ関連技術、室内環境改善技術などの開発に種々の素材や材料が活かされている。

Table 3 仕上げ関連の技術
Technologies on interior and exterior finish developed using new materials

No.	技術分類	技術・工法名	技術・工法の概要および特長	機能・効果	採用材料	適用部位・箇所	適用例
1	外壁タイルの剥落防止技術	ベースネット工法	立体網目不織布を用いたタイル剥落防止工法	タイルはく落防止性、接着安定性	ポリプロピレン不織布	タイル張り外壁	集合住宅外壁、事務所外壁他多数
2		インターネット工法	表裏にループパイルを有する立体編み布とアンカーピンを用いた、タイル剥落防止工法。	タイルはく落防止性、外壁改修にも適用可	ナイロン・ポリプロピレン編み布、アンカーピン	タイル張り外壁、外壁改修	集合住宅外壁、事務所外壁他多数
3		ループボンド・タフバインダー工法	ループ状の突起を有するナイロン樹脂製緊結材とナイロン繊維混入モルタルを用いてタイルの剥落を防止する工法。	タイルはく落防止性、低コスト、施工が容易	ナイロン樹脂製コーン状緊結材、ナイロン短繊維	タイル張り外壁	集合住宅外壁、事務所外壁他多数
4		ウェブフォーム工法	特殊繊維シートを外壁面に打ち込み、タイルの剥落を防止する工法。	タイルはく落防止性、工期・コスト低減	ビニロン繊維不織布	タイル張り外壁	事務所外壁、大学校舎外壁他多数
5	環境負荷低減・省エネ関連技術	着脱式フィルム状太陽電池	着脱可能な太陽電池の施工方法。軽量でフレキシブルなフィルム状太陽電池を構造用マジックファスナーで機械的に固定。	施工が容易、脱着可能	フィルム状太陽電池、構造用ファスナー	屋根、壁	技研本館屋上
6		サンバリア	クロムを含まず、太陽熱を効率的に反射する無機顔料をふっ素樹脂塗料へ混入した太陽熱を反射する次世代型省エネ塗料	環境負荷低減、高い熱線反射性、防汚性、高耐候性	クロムフリー高反射率顔料、低汚染型ふっ素樹脂塗料	屋根、壁	工場屋根、体育館屋根他多数
7		セラミライトエコG	廃発泡スチロールを骨材として利用した不燃吹付けノンフロン断熱材	環境負荷低減、リサイクル、火災安全性	廃発泡スチロール	内装（天井、壁）	某競技場他多数
8		新石綿除去システム	無機系飛散抑制剤とドライアイスを用いた石綿除去システム	安全施工	珪酸塩ドライアイス	工場、体育館	某競技場他
9	室内環境改善技術	フォトサーノ	吸着性能の高い高機能型けい酸カルシウム板に光触媒酸化チタンを担持した内装ボード	高い吸着除去性能、高い吸防湿性、持続性	高機能型けい酸カルシウム板、光触媒酸化チタン	壁、天井	某工場 技研火災工学実験棟会議室
10		ダヴィンチ工法	コンクリートから発生するアンモニアガスを吸着する工法	アンモニア吸着除去、施工が容易	アンモニア吸着シート	美術館・博物館展示室等のコンクリート下地	美術館、博物館多数
11		ホルムバックン(アルデノン)	ホルムアルデヒドを発生源から効果的に吸着除去するシート	高い吸収効果、長期持続性、エコ素材	新聞再生紙	建具、家具	日本、中国、韓国の住宅。オフィスに販売

外壁タイルの剥落防止技術では、種々の有機繊維を利用してタイルの剥落を防止している。特に「ループボンド・タフバインダー工法」は Fig. 1 に示すように、ナイロン樹脂製の緊結材とナイロン繊維混入モルタルの組合せ技術であり、当社の標準工法として多くの現場で適用されている。また「インターネット工法」は、2種類の有機繊維を立体編み布状にしたものとアンカーピンを用いた工法で、極めて高い剥落防止性を有する技術として改修工事にも多用されている。

環境負荷低減・省エネ関連技術としては、「セラミライトエコG」、「サンバリア」などがある。「セラミライトエコG」は、廃発泡スチロール破砕片を骨材とし、セメントと混練したもので、ノンフロン型の現場吹付け不燃断熱材として適用実績も多い(Photo 3)。「サンバリア」は、高耐久性低汚染型ふっ素樹脂にクロムフリーの無機系特殊顔料を添加した太陽熱高反射率塗料である。冷房負荷低減を主目的として折板屋根や屋上床に適用されている。

室内環境改善技術としては、「ダヴィンチ工法」、「ホルムバックン」などがある。「ダヴィンチ工法」は、特殊吸着シートを用いてコンクリートから発生するアンモニアガスを吸着する技術であり、収蔵品や展示品のアンモニアガスによる劣化を防ぐために、美術館や博物館などに適用されている。「ホルムバックン」は、100%新聞再生紙基材にホルムアルデヒド捕捉材「アルデノン」を含浸した紙シートであり、シックハウス対策商品として外販している。



Photo 4 3Q-Wall FRP 耐震壁
3Q-Wall FRP Type



Photo 5 ブレーキダンパー
Brake Damper



Photo 6 ハイブレッッドブレーキダンパー
Hybride Brake Damper

Table 4 構造関連の技術
Technologies on structure developed utilizing new materials

No.	技術分類	技術・工法名	技術・工法の概要および特長	機能・効果	採用材料	適用部位・箇所	適用例
1		CRS工法	CFRPシートを用いて柱や梁のせん断補強を行う。軽くて強い。さびない。	狭い場所での施工が得意。施工が容易。工期短縮。メンテナンスフリー	CFRPシート	柱や梁	工場煙突・塔状構造物他多数
2	リニューアル技術	CFRP板による補修・補強工法	既存床に設ける新規開口の開口補強。増加する長期荷重に対する床や小梁補強。軽くて強く、接着材で貼るだけでさびない。	狭い場所での施工が得意。施工が容易。工期短縮。メンテナンスフリー	CFRP板	スラブ・小梁	大阪城他多数
3		3Q-Wall FRP耐震壁	FRPブロックを用いて、耐震壁を増設する。意匠的で光や風を通す	外観の向上・光を通るので節電効果	FRPブロック	耐震補強が必要なRC	大林組技術研究所他6件
4		ディスクダンパー	ばねの力で摩擦材をステンレス板に押し付けて摩擦力を発生する免震ダンパー。従来技術と比べて摩擦力が安定する。	安定した減衰性能。高い水平初期剛性。任意に設定可能な減衰力。水平全方向に有効	皿ばね、摩擦材(超高分子量ポリエチレン)	免震層	新名古屋大林ビル、神奈川県立保険福祉大学他
5		ブレーキダンパー	摩擦力で地震エネルギーを吸収する制振ダンパー。皿ばねを用いて摩擦材とステンレス板の間に安定した摩擦力を発生させる。	ローコスト、メンテナンスフリー。取替え不要。適用領域が広い	皿ばね、摩擦材(複合摩擦材)	ブレースや間柱	建築では30件以上
6		ハイブリッドブレーキダンパー	粘弾性ダンパーとブレーキダンパーを組み合わせて風揺れから大地震まで、幅広い揺れを1つの装置で対応可能	優れた制振効果。ローコスト、メンテナンスフリー	粘弾性体・皿ばね	架構	共同住宅
7	免震・制震技術	ガラス制振壁	透明なガラスとエネルギーを吸収する粘弾性体で構成。意匠性と制振性能の双方を兼ね備えた構法。	優れた意匠性、幅広い適用範囲、高い制振性能、メンテナンスフリー、ローコスト	粘弾性体	壁	大林組技術研究所(新守衛所)他9件
8		粘弾性カラムダンパー	粘弾性体を鋼板を介して間柱の間に配置することにより、建物の安全性の確保と居住性の向上を図る制振システム	優れた制振効果。ローコスト、高い設計自由度	粘弾性体	架構	共同住宅
9		DGフロア	支持材と高性能ダンパーを用いて床全体の微振動性能を向上させる構造システム	RC造並みの高い剛性。短工期。僅かな追加部材で既存補強。豊富なバリエーション	粘弾性体	二重床	某工場

4.3 構造関連

構造系においては、Table 4 に示すように、リニューアル分野および制振・制震分野で、素材や材料の特性を活用した技術・工法がある。

リニューアル分野では、シート状の炭素繊維(CFRPシート)を柱や梁に巻き付ける耐震補強技術「CRS工法」や、炭素繊維強化プラスチック板を接着して床を補強する技術「CFRP板による補修・補強工法」がある。どちらも炭素繊維の軽くて強く、しかも十分な耐久性を有するという特性を活かしたものであり、工場煙突などの塔状構造物を初めとする多くのRC構造物に適用されている。「3Q-Wall FRP耐震壁」(Photo 4)は、FRP(Fiber Reinforced Plastic)製のブロックを用いた耐震補強工法で、低騒音・低振動の耐震補強技術である3Q(Quiet, Quick and High-Quality)シリーズのひとつである。特集論文でも紹介しているが、FRPブロック形状を工夫することで、十分な採光を確保し独特な意匠性を演出する耐震補強壁を実現している。

免震・制震分野では、ダンパーの重要な部分で素材や材料の特性を活用している。「ディスクダンパー」や「ブレーキダンパー」(Photo 5)は、摩擦力により減衰力を発生するもので、摩擦力の安定性を確保するために、適切な摩擦材や、摩擦面の圧力変動の防止機構に皿ばね材を使用している。「ガラス制振壁」,

「粘弾性カラムダンパー」および「DGフロア」は、粘弾性体により減衰力を発生するもので、使用目的に応じて粘弾性体を選定している。なお、「ハイブリッドブレーキダンパー」(Photo 6)は、粘弾性体とブレーキダンパーを組み合わせたものであり、

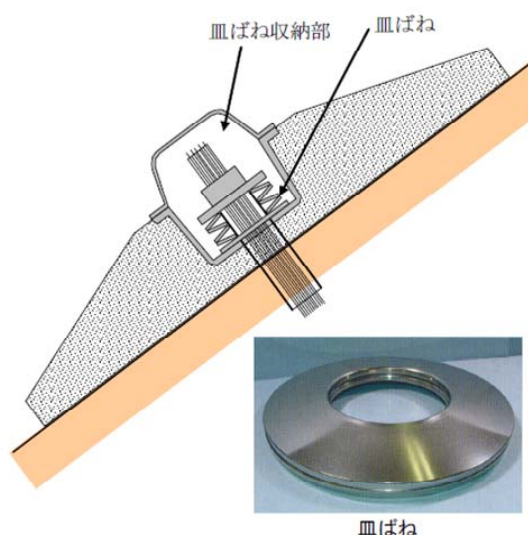


Fig. 2 D&Sアンカー
D&S Anchor

Table 5 地盤関連の技術
Technologies on ground developed utilizing new materials

No.	技術分類	技術・工法名	技術・工法の概要および特長	機能・効果	採用材料	適用部位・箇所	適用例
1	地盤技術	D&Sアンカー	グラウンドアンカーの頭部に皿ばねを設置することにより、地盤の変位を吸収してアンカーの引張り力が変化するのを抑え、グラウンドアンカーの安全性向上を図る技術	安全性向上、自由長を短くできる可能性	皿ばね	定着部	某大学付属病院
2		M&Dガード	濁水・粉塵発生防止剤（ソイノール）を地表面に散布して、降雨時の細粒土流出やのり面の侵食、風による土埃の飛散を防止する技術	散水などの粉塵対策が不要。	濁水・粉塵発生防止剤（ソイノール）	散布材料	某池ダム建設工事、某駅土地区画整理事業、某開発地域造成工事
3		ハイスpekネイリング (特集技術紹介)	引張に強くせん断には比較的弱いアラミド繊維補強材を用いることにより、オーガー掘削での芯材巻き込みや機械掘削などでの支障を低減する技術。	開発事業等の支障低減。	アラミド繊維	芯材	某環状道路工事

風揺れから大地震までの幅広い範囲の揺れをひとつの装置で対応することができるので、導入コストや設置スペースの削減が図れる。

4.4 地盤関連

地盤関連においては、Table 5 に示すように素材および材料の採用により、新しい付加価値を備えた工法を開発している。「D&S アンカー」は Fig. 2 に示すようにグラウンドアンカー頭部と受圧版の間に皿ばねを介することにより、地盤の変位を吸収させ、アンカーの変動を抑制する工法である。本工法によって、グラウンドアンカーの耐震性能、凍上・融解対策性能、緊張力保持性能の3つの性能の向上を図ることができる。「M&D ガード工法」は、Fig. 3 に示すように濁水・粉じん発生防止剤(ソイノール)を地表面に散布し、降雨時の細粒土流出、法面の侵食、風による土埃の飛散を防止する工法である。生分解性も有しており、環境にも優しい材料といえる。「ハイスpekネイリング工法」は、芯材(鉄筋など)に袋体を装着し、その袋体にグラウト材を加圧注入して引き抜き抵抗力の増加を図る工法である。また、打設した地盤に杭等が容易に施工できるよう、鋼製の芯材の他に、引張強度は高いがオーガー等の施工機械で容易に切断できるアラミド繊維製の芯材を開発している。

4.5 土壌関連

土壌関連では、汚泥・廃棄物関連技術、汚染土・汚染水対策技術などに種々の素材や材料が生かされている。一覧を Table 6 に示す。汚泥・廃棄物関連技術としては、「タイヒシャトル工法」、「OA 剤」などがある。「タイヒシャトル工法」では、ダム現場などで発生する建設副産物である脱水ケーキや伐採材を材料として有効利用して、良質な緑化用土を製造し法面を緑化する工法である。「OA 剤」は、気泡シールド工法で用いられる起泡剤の溶出を抑制する材料として開発された。

汚染土・汚染水対策技術としては、ヒ素、重金属、揮発性有機化合物(VOC)、油、水銀など種々の汚染物質からの洗浄、抑制、不溶化、無害化として種々の素材や材料が活かされている。「クロロクリンシリーズ浄化工法」は、Fig. 4 に示す概念図のように VOC で汚染された地盤を原位置で浄化するため、大林組が開発した微生物栄養材を地盤中に注入することにより無害化する工法である。「メタガードシリーズ工法」は、重金属で汚染された地盤に水溶性無機塩類を希釈した溶液を浸透させ、重金属を不溶化する技術である。「バイオヒートパイル工法」は、油汚染土を高速でバイオ処理する技術である。ヒートコンボという小麦由来の資材を添加し、地盤中の微生物を活性化して浄化を促進する。

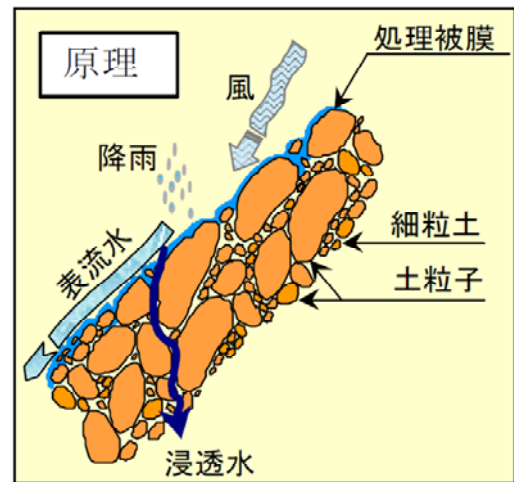


Fig. 3 M&Dガード工法概要図
M&D Guard Construction Method

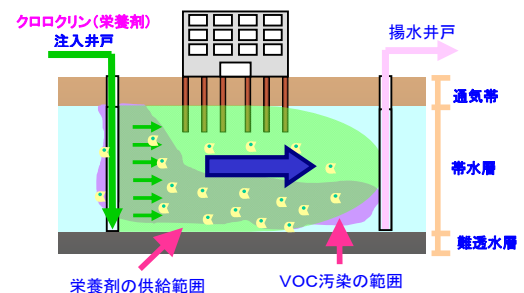


Fig. 4 クロロクリン 工法概要図
Chloroclean Method

Table 6 土壌関連の技術
Technologies related to soil developed using the new materials

No.	技術分類	技術・工法名	技術・工法の概要および特長	機能・効果	採用材料	適用部位・箇所	適用例
1	汚泥・廃棄物関連技術	ダイヒシヤトル	ダム現場などで発生する建設副産物（脱水ケーキ・伐採材）を有効利用し、発酵処理を施すことで短期間に良質な緑化用土を製造し、のり面を緑化する。	コスト削減、環境影響低減、生態系配慮	脱水ケーキ、伐採材、発酵促進材（シヤトルコンボ）	ダム現場等の脱水ケーキ発生する現場	某ダム
2		0A剤	気泡シールドトンネル工事で発生する気泡混合土から、活性炭を用いて気泡剤成分の溶出を防止する技術。	環境影響低減、工期短縮	活性炭ベース	海面埋立て管理型処分場	横浜方面海面埋め立て地
3		アクアソイルF	現地調達可能な砂と耐海水性ベントナイトを海水練りする経済的な遮水材	耐塩性	砕砂、海水、耐塩性ベントナイト	海面埋立て管理型処分場	適用なし
4	汚染土・汚染地下水対策技術	ヒソガード工法	ヒ素を中性領域で固化・不溶化する技術。特に、自然由来のヒ素の不溶化処理に適している。	環境保全	鉄系、ケイ酸塩、石膏	ヒ素汚染土（自然由来汚染土）	神奈川県シールド現場
5		メタガードシリーズ工法	重金属汚染地盤に井戸から不溶化液を注入し、重金属を不溶化する技術。クロロクリンを併用する場合もある。	コスト削減、工期短縮	無機塩類、（カルボン酸塩）	重金属汚染地盤	愛知県の機械工場、大阪府化学工場
6		粘性汚染土洗浄無害化工法	掘削した重金属汚染土を対象に、特殊な脱離剤を用いた洗浄により、汚染粘性土の浄化を行う技術。	コスト削減	脱離剤（無機塩類）	六価クロム汚染粘性土	埼玉県の研究所
7		クロロクリンシリーズ浄化工法（特集論文）	VOC汚染地盤に注水井戸を設置し、クロロクリンシリーズの希釈溶液を地盤中に注入する。地盤に存在するVOC分解微生物を早期に活性化し、VOCを無害化する。	コスト削減	カルボン酸塩、アルコール系材料、乳化石植物油	VOCs汚染土	神奈川県、熊本県の機械工場
8		バイオヒートパイル工法	油汚染土を高速でバイオ処理する技術。ヒートコンボという特殊な資材を添加して、地盤中の微生物を活性化することでバイオ浄化を促進する。	工期短縮	小麦由来資材	油汚染土	山口県の油槽所、大阪府工場跡地
9		重金属水処理技術	重金属汚染水を鉄粉と固結粘土の混合ろ過層に通過させて、浄化する水処理技術。	コスト削減	鉄粉、固結粘土	六価クロム、ヒ素、鉛、セレン、カドミウム汚染水	適用なし
10		水銀気化抑制工法	高濃度水銀汚染土掘削時の水銀ガス発生を抑制する技術。	環境影響低減、コスト削減	硫化物、セメント	水銀汚染土	東京都の農業工場跡地、旧陸軍兵器工場跡地

Table 7 熱環境関連の技術
Outdoor thermal environmental technologies developed using new materials

No.	技術分類	技術・工法名	技術・工法の概要および特長	機能・効果	採用材料	適用部位・箇所	適用例
11	熱環境改善技術	緑化舗装システム「打ち水ガラスパーク」	保水性がある緑化舗装用コンクリートブロックに自動灌水機能を備え、車両の通行による摩擦や熱から植物の生育を守り、ヒートアイランド現象を和らげるシステム。	ブロック温度低減。植栽の健全な育成。	保水性緑化舗装ブロック、導水シート、点滴バフ、透水性アスコン等	駐車場（車路、車室）	都内集合住宅（駐車場車路4000㎡）、兵庫県の集合住宅
12		湿潤舗装システム「打ち水シリーズ」	ブロック系舗装の「打ち水ペーパー」、アスファルト系舗装の「打ち水ロード」、砂入り人工芝タイプの「打ち水ターフ」の3種類がある。大林組独自の導水シートによる給水システムにより均一で安定的な湿潤状態をつくる。	ブロック温度低減。	揚水性ブロック、砂入り人工芝、導水シート、点滴バフ、透水性アスコン等	歩道、駐車場、屋上、人工地盤	商業施設、集合住宅、官庁施設、学校、工場、テニスコート他
13		グリーンキューブ・ライト	底面給排水システムの灌水方式の屋上緑化工法で、土5cmの厚さから多様な植物を栽培できる。スプリンクラーや灌水パイプと比べて、土壌水分の調整が容易で、灌水量を節約できる。	均一な灌水が可能。	導水シート、排水シート、給水パイプ、特殊防根シート	屋上緑化	商業施設、オフィビル、集合住宅、病院、学校、ホテル、老人ホーム他

4.6 屋外熱環境関連

屋外熱環境関連の開発としては、Table 7 に示すように緑化舗装システムとして開発された「打ち水ガラスパーク」、湿潤舗装システムの「打ち水シリーズ」などがある。「打ち水ガラスパーク」は、Fig. 5 に示すように保水性のある緑化舗装ブロックを使用することにより、急激な温度上昇を抑えている(Photo 7)。また「打ち水シリーズ」には、ブロック系舗装の「打ち水ペーパー」、アスファルト舗装の「打ち水ロード」、砂入り人工芝タイプの「打ち水ターフ」の3種類があり、導水シートによる給水システムにより均一で適度な湿潤状態を作り、気化熱を利用して空間を冷却する。その他にも導水シートを活用した技術として、「グリーンキューブ」がある。これは多様な植物を育てる屋上緑化技術であり、断熱効果により最上階の省エネにも寄与する技術である。

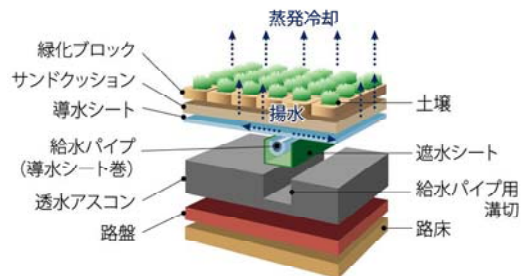


Fig. 5 打ち水ガラスパーク概要図
Watered Grass Parking System



Photo 7 打ち水グラスパーク施工例
Example of Watered Grass Parking System



Photo 8 スクリーンドア
Screen Door

Table 8 防火・耐火関連の技術
Fire resistant technologies developed using new materials

No.	技術分類	技術・工法名	技術・工法の概要および特長	機能・効果	採用材料	適用部位・箇所	適用例
14	防火・耐火技術	ウォークスルー耐火スクリーン (特集論文)	耐熱ガラスクロス素材としたロールスクリーンによる防火設備。火・煙は遮断するが、人は自由に通りぬけ可能。	高い空間自由度、高い耐火性、遮煙性	耐熱ガラスクロス (シリカクロス)、ステンレス糸	各種建築物、鉄道駅施設	1 万件以上の物件に適用済み
15		コーナージョイントスクリーン (特集論文)	耐熱ガラスクロス素材としたコーナー部に柱が不要な防火設備。	意匠性、火災安全性、高い耐火性、遮煙性	耐熱ガラスクロス (シリカクロス)、ステンレス糸、スライドファスナー	各種建築物、鉄道駅施設	5 4 件の物件に適用済み
16		シグマウッド	日本で初めて 1 時間の耐火構造認定を取得した大断面集成材による柱・梁構造。	燃え止まり層を構成	スギ、モルタル、カラマツ、ジャラ (密度の高い木材の一種)	耐火建築物 (最上階から 4 階以内の階に適用可)	適用なし。

4.7 防火・耐火関連

火災時の延焼を防止する防火シャッターには、これまで区画を構成する材料として鋼板が使われていたが、1000℃以上の高温に曝されても、燃焼、熔融、及び著しい強度低下が生じない耐熱ガラスクロス(シリカクロス)を区画材料に用いた「ウォークスルー耐火スクリーン」が開発された(Table 8)。耐熱ガラスクロスは柔軟性のある素材であるため「ウォークスルー耐火スクリーン」には押すだけで扉を開くように通り抜けられるスクリーンドア(Photo 8)と呼ばれる避難口が取り付けられている。この技術をさらに進化させ、直交する区画部分をステンレス糸で編まれた耐熱性のあるファスナーで連結した「コーナージョイントスクリーン」も開発されている(Fig. 6)。この製品を用いることにより、区画のコーナー部分に必要であった柱が不要となり、使い勝手がよく、意匠性にすぐれた空間が実現できる。

また、耐火構造関連では木質集成材として日本で初めて 1 時間耐火構造認定(柱・梁)を取得した「シグマウッド」がある。「シグマウッド」では燃えしる層と荷重支持層の間の燃え止まりを期待する部分にカラマツ集成材ではジャラ材、スギ集成材ではモルタルを充填することにより、加熱 1 時間及び加熱停止後においても荷重支持層への炭化の進行を阻止している。

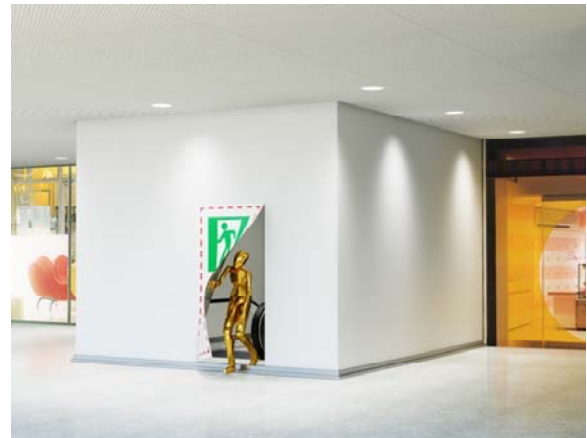


Fig. 6 コーナージョイントスクリーン
Corner-jointed Screen

5. 今後の展望

大林組の各分野において素材・材料が鍵となって開発された技術や工法について紹介した。今後も現状の技術・工法の機能向上・性能向上、新しい機能追加などを目標として、多くの素材や材料が試され、選定されて、新技術・新工法として展開していく予定である。

ここでは、今後の各分野における展望として、開発が期待される技術や工法を示し、その開発に求められる材料、望まれる材料などについて述べる。

コンクリートに関しては、今後も高性能・高機能化、品質向上、リニューアル、環境配慮を意識した開発が継続すると推察する。特に環境配慮技術とリニューアル技術は、今までに開発した技術を社会にアピールし、適用範囲を拡大することになる。また高性能・高機能化技術に関しては、 $300\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の超高強度コンクリートやひび割れないコンクリートなどの開発に向けて、新材料の探索、開発が続くものと思われる。

仕上げ関連では、環境低減や省エネ関連技術の開発が中心となると思う。例えばメンテナンスフリーを可能にする仕上げ材料や CO_2 を吸着するような外装仕上げ材などの開発が考えられる。

構造分野では、今後益々リニューアル技術に注力することになる。耐震補強においては、建物を使用しながら工事を進める場合が増えてきており、振動が少なく、静かに施工できる技術が更に求められている。また今後は、機能性だけでなく、美観性も求められるようになると推察する。このため機能的だけでなく意匠的にも優れた材料開発が必要になると思われる。

地盤関連分野では、地盤改良や地盤補強に用いられる固化材や補強材に、材料強度や施工性の向上に加え、環境への影響を配慮することが求められるようになりつつある。このため環境負荷低減として、生物生息環境への配慮、廃棄物のリサイクルによる資源の有効活用などが注目されている。今後の地盤における技術開発としては、強度、耐候性、施工性など従来の要求性能だけでなく、環境影響についても材料に求められる重要な要求性能の1つとなると推察する。

土壌関連では、汚泥・廃棄物関連技術として今まで環境負荷低減を進めるため、廃棄物の削減と有害成分の処理を対象にしてきた。今後は CO_2 排出量削減や生態系の配慮などにも対応でき、高いレベルで資源循環を実現する技術が期待されるであろう。汚染土に関しては、長期的な信頼性の確保、処理土の環境影響低減、低コスト化できるような材料が求められる。汚染水処理に関しては、簡易化や処理水の環境への影響を低減に寄与できる材料が望まれる。

熱環境関連では、今までヒートアイランド対策分野を対象に独自性を追求してきた。今後も、設計・施工を担う総合建設業の強みを活かして、都市の空間デザインに刺激を与える技術開発に進むことになろう。

防火・対火関連では、耐熱ガラスクロスを用いた延焼防止技術が、道路トンネルなどの土木構造物の火災対策技術にも応用・展開されると期待している。

各分野において「環境配慮」、「省エネルギー」、「資源循環」などが共通のキーワードになっている。高性能・高機能化やリニューアル関連技術などの開発も更に進むものとみているが、今後の研究開発においては、必ず「環境」を意識して研究開発を進めることが重要と考える。

6. おわりに

今回の特集解説では、大林組において素材・材料が鍵となって開発された技術や工法について分野ごとに分けて紹介した。建設業では、常にニーズに基づき機能・性能向上を目指して素材や材料を求めていると言ってもよい。特にコンクリートや仕上げおよび土壌関連の技術開発においては、特に重視されている。今後は、各分野においても機能・性能向上を目指だけでなく、「環境」に対して今まで以上に意識しながら、技術開発を進めていく必要がある。素材・材料を厳選して、新しい技術の開発を今後も積極的に行いたいと考える。