

建設用3Dプリンター活用による 建設の未来像とその課題について

清水建設株式会社

2023年1月27日



WGでは1分程度の動画をご覧ください

独自開発のセメント材料「ラクツム」を任意の形に造形できます

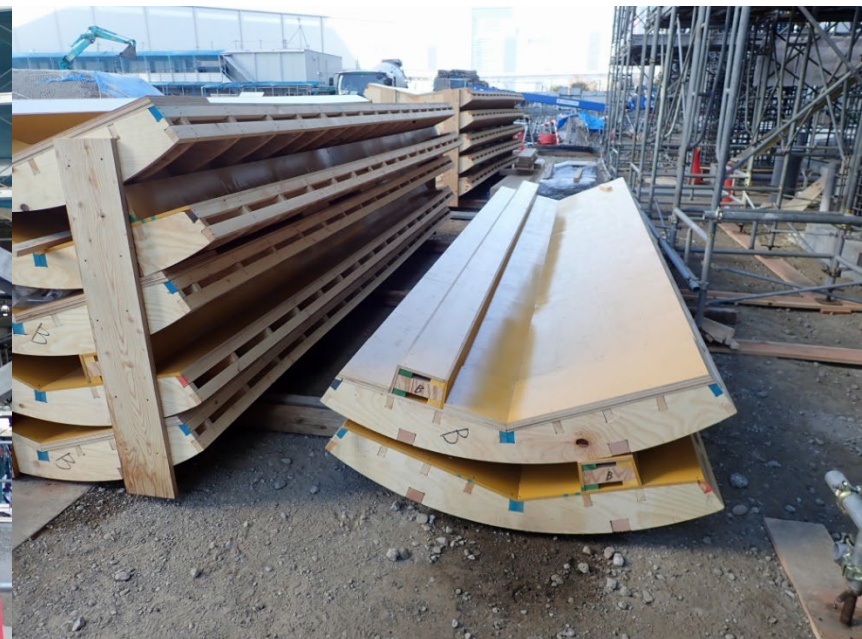
現状のコンクリート施工

労働集約型



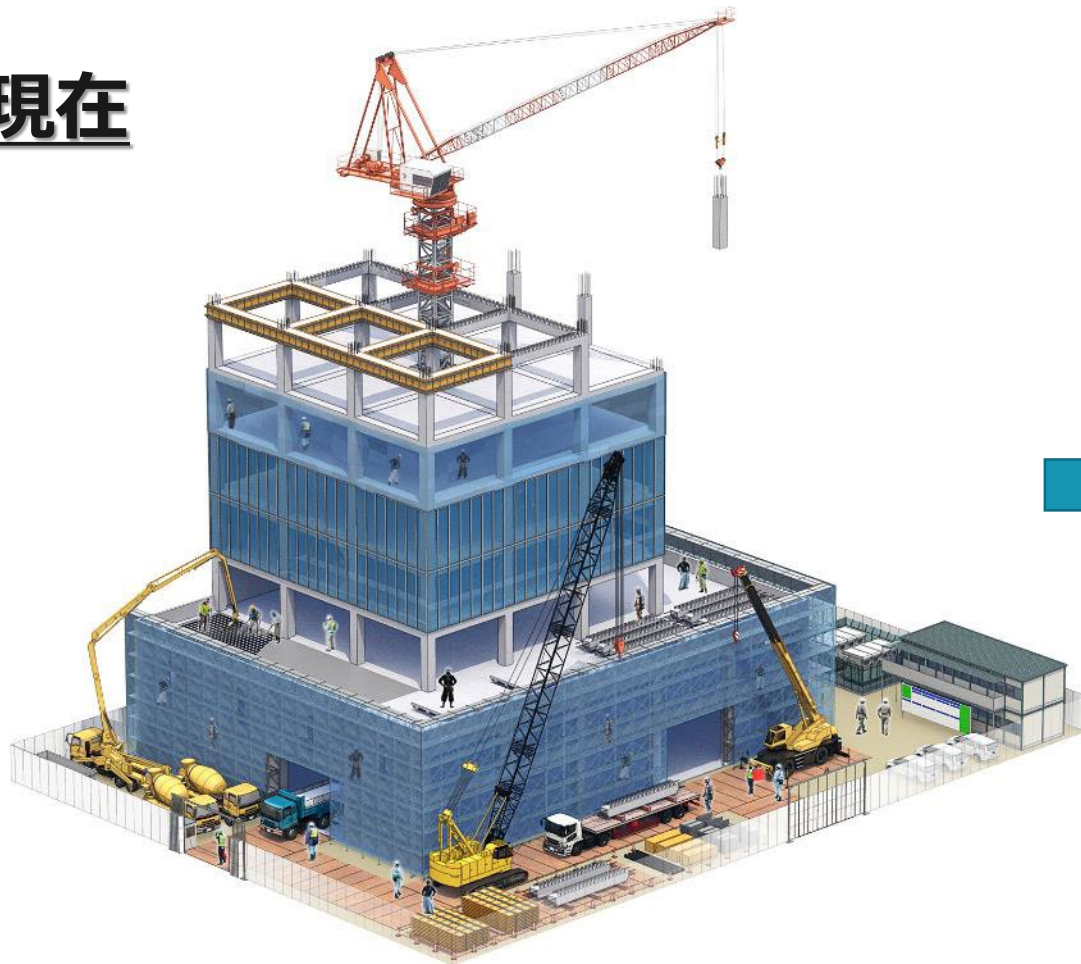
技能労働者が減少していくなかで
これからも同じ方法でつくるのか？

型枠材の廃棄



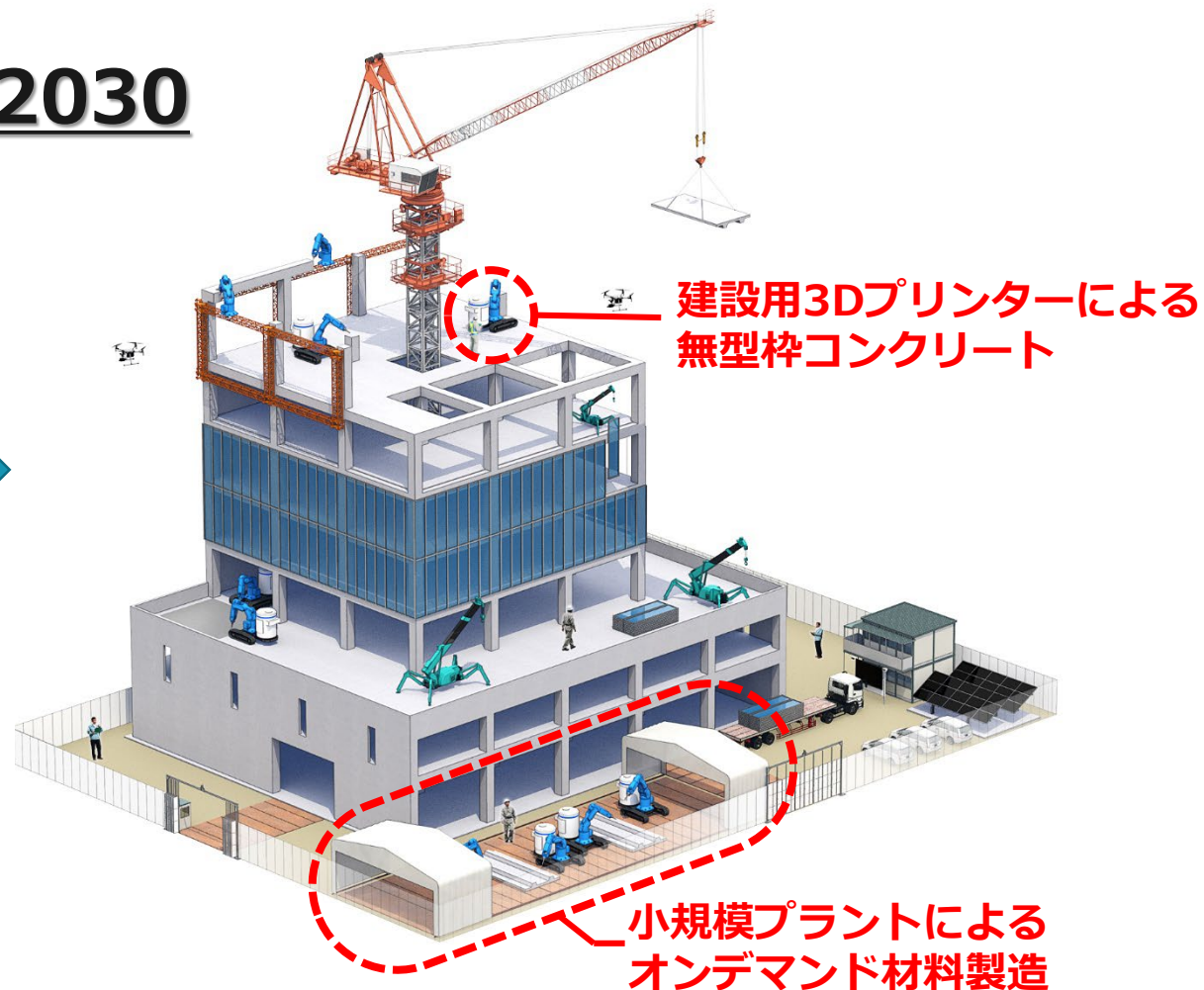
コンクリート打設後の型枠が
廃棄物として処理されることへの対策は？

現在



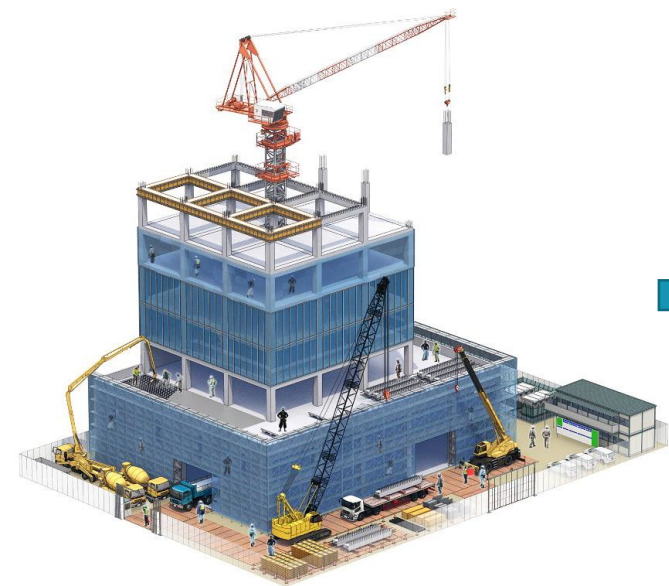
- ・ 労働集約型
- ・ 環境負荷大
(型枠廃棄・資材運搬)

2030



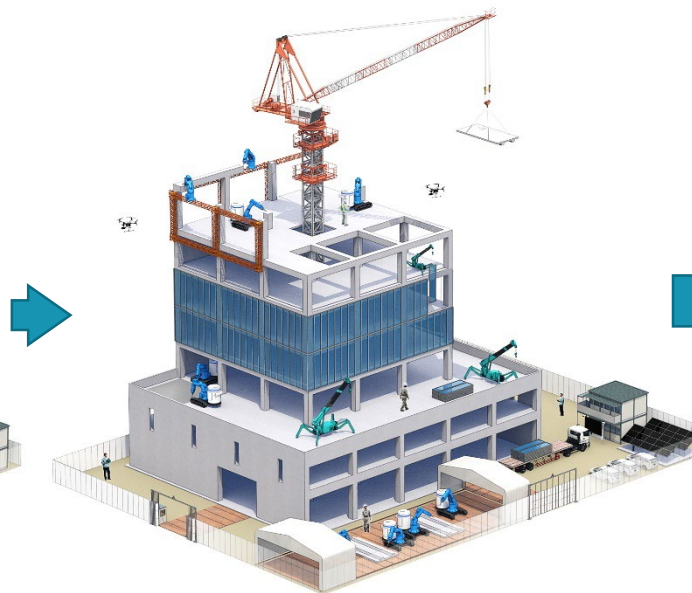
- ・ 建設用3Dプリンター+小規模プラント
→ 省人化・廃棄物削減 / 省運搬による環境負荷低減

現在



- ・ 労働集約型
- ・ 環境負荷大

2030



- ・ 省人化
- ・ 環境負荷低減

2050



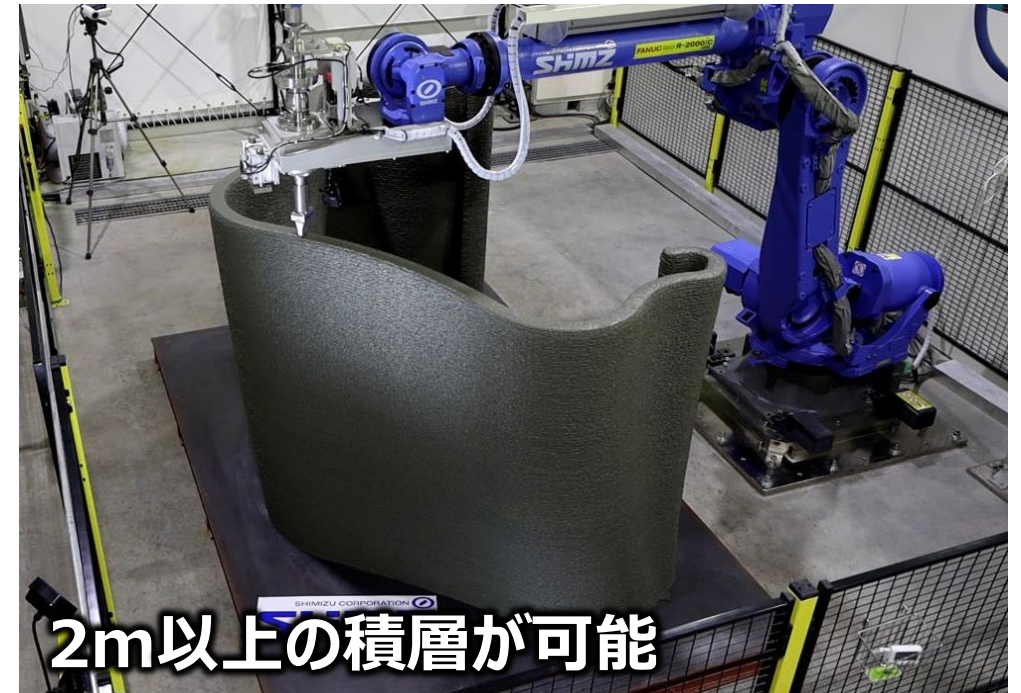
- ・ デジタルコンストラクション
(情報化施工→安全性・自由な造形)
- ・ 環境配慮デザイン
(構造最適化による数量減・環境負荷最適化)

建設用3Dプリンターに使用する材料

特殊モルタル「ラクツム®」

セメント、細骨材（砂）、水、短繊維、混和材などで構成された、繊維補強セメント複合材料

コンクリートから粗骨材（砂利）を除き（=モルタル）ノズル排出時の流動性、品質の安定性を図り、その代わりに短繊維、混和材等を添加し、コンクリート同等の強度・耐久性を持たせている



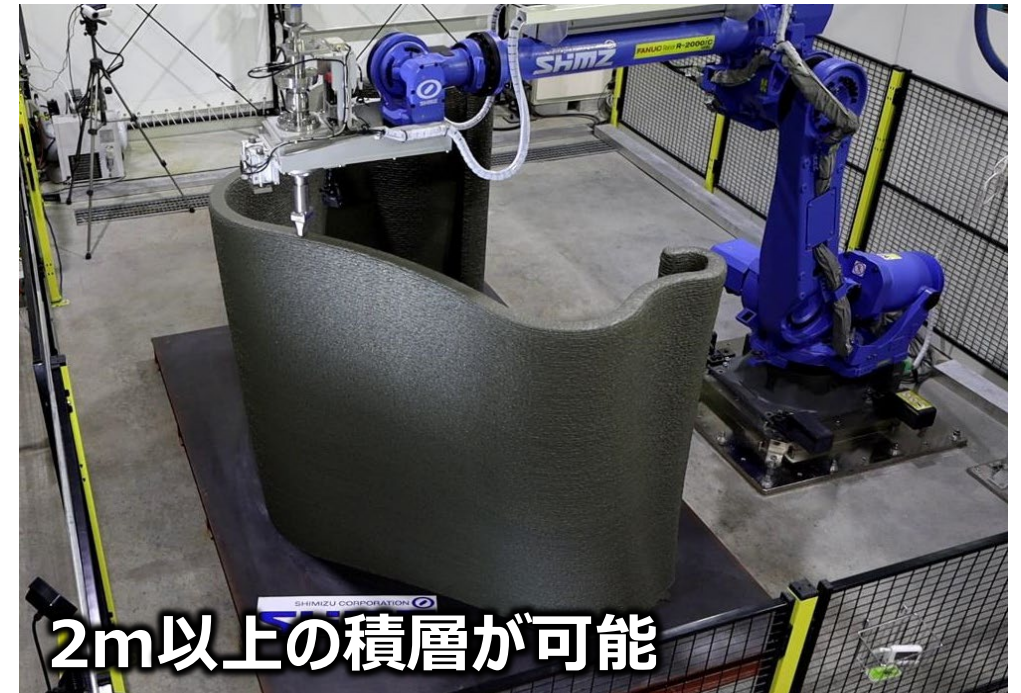
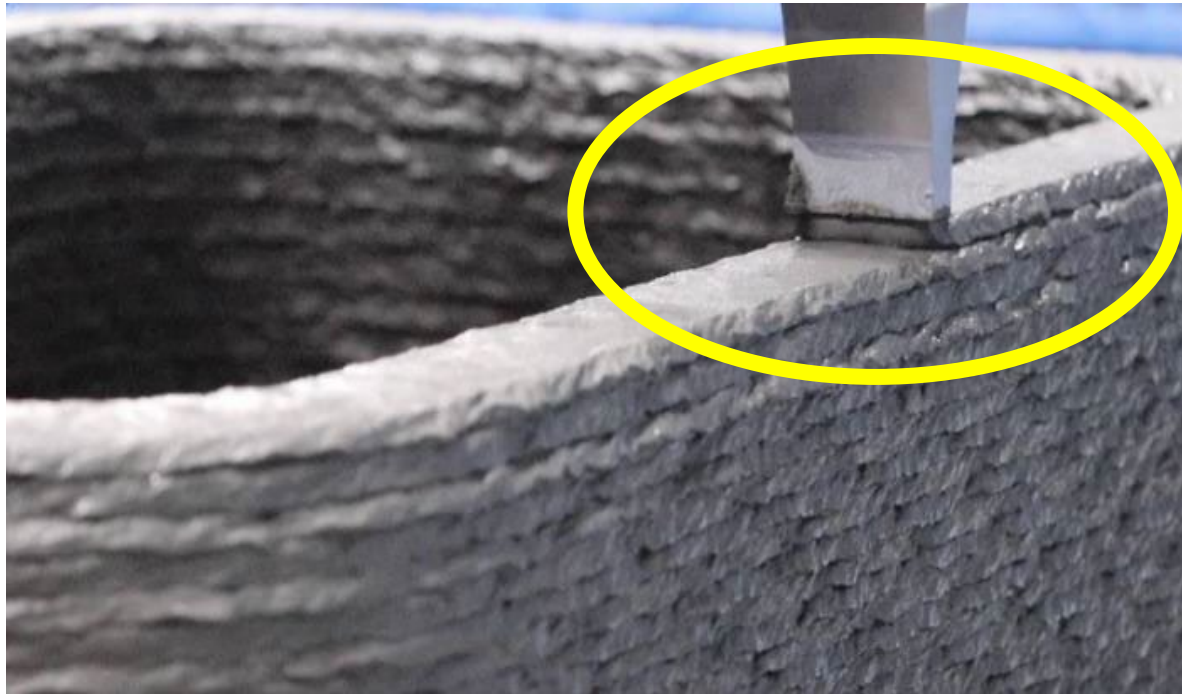
2m以上の積層が可能

建設用3Dプリンターに使用する材料

特殊モルタル「ラクツム®」

セメント、細骨材（砂）、水、短繊維、混和材などで構成された、繊維補強セメント複合材料

コンクリートから粗骨材（砂利）を除き（=モルタル）ノズル排出時の流動性、品質の安定性を図り、その代わりに短繊維、混和材等を添加し、コンクリート同等の強度・耐久性を持たせている



豊洲MiCHiの駅

2021年1月



設計者の意匠的なアイデアを具現化

ミチノテラス豊洲

2021年9月



コンクリートの硬く無機質なイメージを払拭

鉄道工事現場

2021年12月



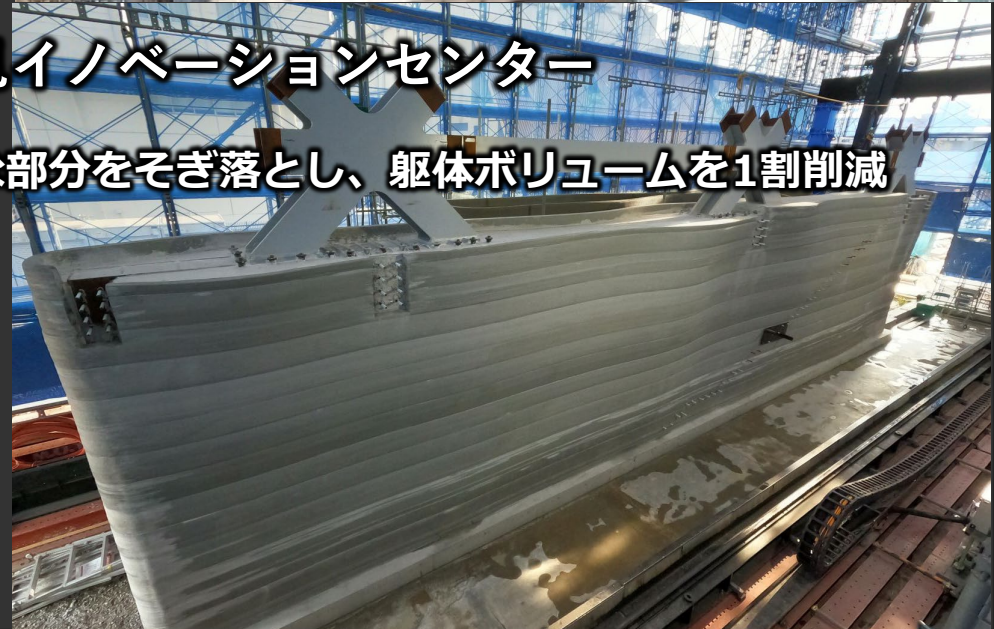
当該箇所の工期を6割短縮

3.6m

(仮称)潮見イノベーションセンター

2022年8月

構造上不要な部分をそぎ落とし、躯体ボリュームを1割削減



※ 37条の関係で、いずれの実績も建築の構造体ではなく、いわゆる型枠として利用している

建設3Dプリント材料「ラクツム」を改良し、大臣認定を取得

～建築構造部材の3Dプリンティング施工が可能に～

2022.5.23

清水建設（株）〈社長 井上和幸〉はこのほど、建設3Dプリンティング用に独自開発した繊維補強セメント複合材料「ラクツム」を、粗骨材を混練したコンクリート材に改良し、大臣認定を取得しました。これにより、従来は建物の柱・梁の型枠や、非構造部材の製作に活用されていた3Dプリンティングを、構造部材そのものの製作に適用できるようになり、建築分野における3Dプリンティング施工の適用範囲が大きく広がります。当社は、大臣認定を取得したこの“構造用ラクツム”を東京都江東区内に建設中の自社施設「（仮称）潮見イノベーションセンター」の構造部材の一部に適用する予定です。なお、本大臣認定は東京コンクリート（株）と共同で取得したものです。

3Dプリンティング技術の活用が多分野で進むなか、建設分野ではコンクリート施工への適用に向けた技術開発が進められています。コンクリートの造形に型枠を使用しない3Dプリンティングは施工の省力化・省人化に寄与することから、建設産業の慢性的な労働力不足に対する有効な解決策の一つとして期待されています。

当社が開発したラクツムは、モルタルに合成繊維、混和材を付加した繊維補強セメント複合材料で、形状を保持したまま2m以上の高さまで積層することができます。ラクツムの積層体は耐久性にも優れており、積層界面が目視で確認できないほど一体化し、劣化の原因となる水や空気の浸入を助長する気泡や空隙は内部にほとんど生じません。一方、モルタル材であるラクツムの積層体はこれまで、建築法規の制約により非構造部材にしか適用できず、例えば、埋設型枠としての活用を想定した場合、型枠の厚さの分、構造体の断面積が大きくなってしまいうというデメリットがありました。大臣認定の取得により構造部材への適用が可能になることで、こうした課題を解決できます。

大臣認定の取得にあたっては、3Dプリンティングに最適化したラクツムの材料特性は保持しつつ、高強度コンクリートと同等の性能を発現する調合を確立しました。また、材料押し出し方式の3Dプリンティングシステムについても、粗骨材を含んだ材料をスムーズに押し出せるようポンプとノズルに改良を施しています。

今後、構造用ラクツムを用いて構造部材をプリントするための施工法を確立するとともに、施工現場で実大構造物を直接プリントするオンサイト3Dプリンティングの技術開発を進めていく考えです。

昨年5月

改良ラクツムを開発

**=粗骨材を混ぜる等、コンクリートとして、
建基法第37条適合の大臣認定を取得**

**→今後は、認定建築材料として
構造躯体への適用が可能**

**ただし、法適合のために大臣認定取得を目指したため
必ずしも建設用3Dプリンターの活用にむけた最適解
ではなく、以下2点を妥協している。**

- ・粗骨材の添加
- ・現場練りではなく、工場生産のコンクリートとした

今後の日本における建設用3Dプリンター活用に向けた課題と要望について- 1

1-a. 法適合のためだけの改良であり、建設用3Dプリンターに最適な材料構成となっていない

- 粗骨材の追加により構造性能が向上するわけでもなく、むしろノズルでの閉塞リスクが高まるなど、品質への懸念が高まり「コンクリート」という法文対応により建設用3Dプリンター本来のメリットが活かしにくくなっている。

1-b. 全国展開（一般化）および環境配慮型施工（運搬CO₂削減、地産地消、省廃棄物）への対応の困難

- 現状取得した大臣認定（37条）は**コンクリート工場ごとの認定**となっている。コンクリートはセメント、骨材、水などを練混ぜてから一定の時間内に使用しないと固まってしまうため敷地近辺の工場からの運搬が必要である。（全国で約3000工場）
- 現状の大臣認定では、コンクリート工場での製造としているが、工場での製造には最低出荷量（大量生産向け品質管理）があり、また練り上げから打設まで90～120分経つと使えなくなるなどから、**ノズルで少量ずつ積層していく建設用3Dプリンターには不適**である。

➡ 建設用3Dプリンターの品質を確保しつつ、現地生産による環境配慮型の建設を推進していくためには**各現場での小規模プラントによるオンデマンド材料製造が不可欠**となってくると考えられ、そのための一般化された現場小規模プラント活用のための法的環境整備を要望いたします。

今後の日本における建設用3Dプリンター活用に向けた課題と要望について- 1

1-a. 法適合のためだけの改良であり、建設用3Dプリンターに最適な材料構成となっていない

- 粗骨材の追加により構造性能が向上するわけでもなく、むしろノズルでの閉塞リスクが高まるなど、品質への懸念が高まり「コンクリート」という法文対応により建設用3Dプリンター本来のメリットが活かしにくくなっている。

1-b. 全国展開（一般化）および環境配慮型施工（運搬CO₂削減、地産地消、省廃棄物）への対応の困難

- 現状取得した大臣認定（37条）は**コンクリート工場ごとの認定**となっている。
コンクリートはセメント、骨材、水などを練混ぜてから一定の時間内に使用しないと固まってしまうため敷地近辺の工場からの運搬が必要である。（全国で約3000工場）
- 現状の大臣認定では、**コンクリート工場での製造**としているが、工場での製造には**最低出荷量**（大量生産向け品質管理）があり、また**練り上げから打設まで90～120分経つと使えなくなる**ことなどから、**ノズルで少量ずつ積層していく建設用3Dプリンターには不適**である。

➡ 建設用3Dプリンターの品質を確保しつつ、現地生産による環境配慮型の建設を推進していくためには**各現場での小規模プラントによるオンデマンド材料製造が不可欠**となってくると考えられ、そのための一般化された現場小規模プラント活用のための法的環境整備を要望いたします。

今後の日本における建設用3Dプリンター活用に向けた課題と要望について-2

2-a. 新素材開発へのインセンティブの低さ (37条対応)

→ 今後社会的、全世界的にも環境負荷の低い建設材料・工法の開発などが望まれ自然素材など（セルロースなど）様々な材料を利用したプリント材料が世界中で競って開発されていくなか、今後「コンクリート」や「モルタル」といった用語では表現することのできない**新材料への対応**について、手を施しておかないと開発へのインセンティブを欠き、世界の変革に乗り遅れてしまう懸念がある。

2-b. 実建物への適用へのハードルの高さ (20条対応)

→ 法文にない建築材料を、実建物に活用する場合、たとえ活用が建物の一部であっても建物全体の構造大臣認定（20条）を取得する必要が出てきてしまい、**スケジュールや運用での可変性の関係上、採用できないことが多い。**部位や構造上の特性に応じた部分適用の場合の認定の簡略化や一般化への道筋が必要。

➡ 今回の建設用3Dプリンターを例とする、今後の新たな材料や構法に対して、その開発の推進のためには、法文の文言にとらわれることなく、**材料の性能や適用する部位に応じたスムーズな認定**（37条及び20条）が必要であり、法的な対応の整備が必要となってくると考えます。