

(4) 情報提供（国土技術政策総合研究所）

- ・建設用3Dプリンタによる造形物の出来形および品質の確認に関する参考資料(案)について
- ・プレキャストコンクリート製品の出来ばえ評価(案)
- ・多能工施工によるコンクリート躯体工等の土木現場施工の生産性向上に関する共同研究

建設用3Dプリンタによる造形物の出来形および品質の確認に関する参考資料(案)について

- セメント系材料を用いた建設用3Dプリンタによる造形に際しては、**型枠が不要で設計データと連携**できることから、**最適設計の実現、省人化・工期短縮等の生産性向上**が期待でき、国土交通省直轄工事においても、適用事例が増加
- 今後、広く普及させるためには、**3Dプリンタ造形物の特性を考慮した品質管理方法等の確立**が必要
- 土木学会において、**3Dプリント埋設型枠を採用する際の構造計画、設計、製造、施工、維持管理の一般的な原則**を示した「**建設用3Dプリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の技術指針(案)**」(令和7年7月)を策定
- 土木学会の技術指針を補完し、**監督職員等が造形物の出来形および品質を確認するための基本的な考え方と個別協議の円滑な実施のための留意点を整理**した「**建設用3Dプリンタによる造形物の出来形および品質の確認に関する参考資料(案)**」を策定

1. 適用の範囲
2. 3Dプリンタ適用に際しての考え方
3. 出来形、品質確認の基本的考え方
4. 出来形の確認方法
5. 表面の出来映栄え評価の考え方
6. 品質管理の確認方法
 - 6.1 プリント原材料の品質
 - 6.2 プリント材料の品質
 - 6.3 積層プロセスの妥当性

巻末資料 直轄土木工事におけるセメント系材料を用いた建設用3D プリンタの適用事例

1. 適用の範囲

これまでの直轄土木工事のセメント系材料を用いた建設用3Dプリンタの実績は、材料押出方式によるものであり、材料吹付け方式の実績は確認できないことから、本資料では、**材料押出方式により、無筋の造形物を製造する工事**を対象とした。また、巻末資料に、直轄土木工事における3Dプリンタの施工事例の一部を紹介している。

用途		直轄土木工事の施工事例	
本体利用	有筋	—	
	無筋	集水ます、境界ブロック、護岸パネル等	
埋設型枠	構造部材型	有筋	—
		無筋	重力式擁壁、階段、防雪柵基礎等
	非構造部材型	有筋	橋台フーチング
		無筋	—

2. 3Dプリンタ適用に際しての考え方

施工中に受注者から3Dプリンタを適用したいとの申し出があった場合を想定し、発注者として留意すべき事項を以下のように整理した。

(1)適用する構造物の妥当性

これまでの直轄土木工事の施工事例は、従来、無筋コンクリートとして製造されてきた構造物・部材、あるいは鉄筋コンクリート構造物の埋設型枠への適用に限定されている。仮に、**これら以外の構造形式への適用が提案された場合は、その妥当性について、十分検討する必要がある。**

(2)再設計の必要性

一般に、3Dプリンタの材料は、粒径の大きな骨材が含まれておらず、単位体積あたりの骨材量も少ないため、レディーミクストコンクリートやプレキャスト製品に比べて、単位体積重量が小さい。このため、**重力式擁壁等に適用する場合には、安定計算を再度実施しなければならない場合がある。**

(3)契約変更における留意

一般に、3Dプリンタの材料は、レディーミクストコンクリートやプレキャスト製品に用いられるコンクリートと比べて高価な場合が多い。一方、型枠が不要、製造時間が短い、現場条件に応じて自由な形状が造形できる等の特性を持っており、現場の状況によっては材料費が高くなったとしても省人化・工期短縮等が図られる場合もある。**発注者は、目的物だけではなく工事全体を含めた積算に留意の上、受注者と共通認識を図る必要がある。**

3. 出来形、品質確認の基本的考え方

3Dプリンタによる造形物は、型枠に材料を打ち込むのではなく、材料を一層ずつ積み重ねて造形するため、以下のような特性を考慮し、出来形、品質を確認する際の留意事項等を整理した。

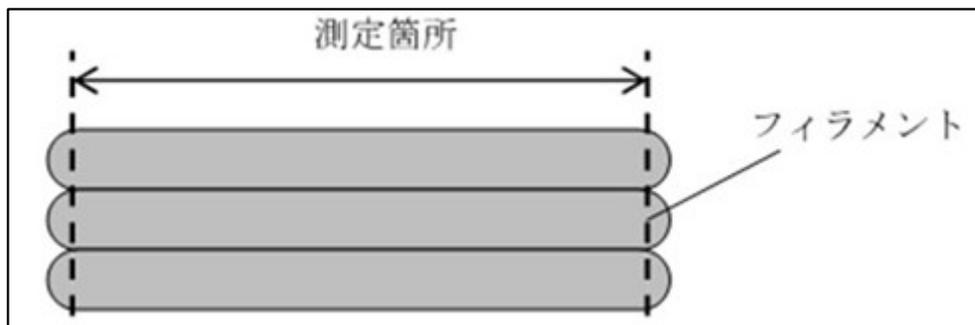
- (1) 造形物の表面には、**積層模様**が生じる。
- (2) 層状に積み重ねることにより、同じ材料を型枠に打ち込んで製造した場合とは**圧縮強度に差が生じる**場合がある。また、**造形物を構成する積層方向に由来し、方向によって材料特性が異なる性質(異方性)**を持つことが想定される。
- (3) **積層プロセス(プリント速度、積層時間間隔、材料温度等)**が**造形物の品質に影響**を与える。現状では、JIS規格のような品質保証制度が確立されていないため、造形の再現性(一定の品質が保たれているか)を担保するために、積層プロセスの確認が重要である。

4. 出来形の確認方法

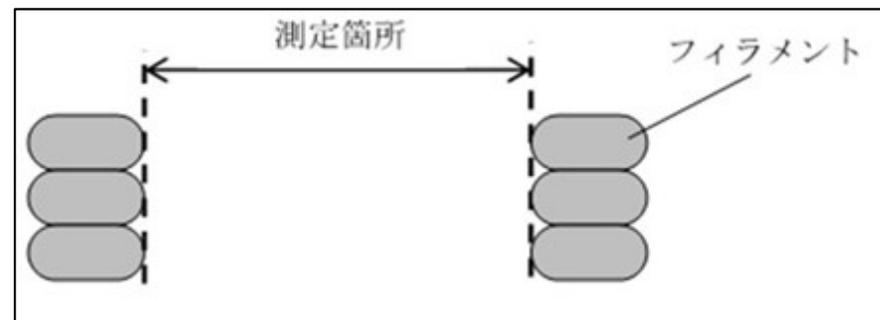
材料押出方式の場合、造形物表面に積層模様が生じるが、凹凸の差は5mm程度であり、場所打ちコンクリート構造物の出来型管理基準に規定される規格値と比較してはるかに小さく、適正な造形がなされていれば、規格値を超過する可能性は極めて小さい。このため、**3Dプリンタによる造形物の出来形の確認において、測定項目・規格値等は現行の出来型管理基準(場所打ちコンクリート)に準拠することを基本とした。**

しかしながら、**積層表面の凹凸のどこを測定するか等は規定しておく必要があり、造形物の要求性能を考慮し、以下によるものとした。**

造形物の幅・高さ・長さ・厚さ等、構造上の要求性能に影響する場合は、造形物の縁端を考慮しないで測定する(凹部で測定)



内空幅・内空高さ等の確保が必要な場合は、造形物の縁端を考慮して測定する(凸部で測定)

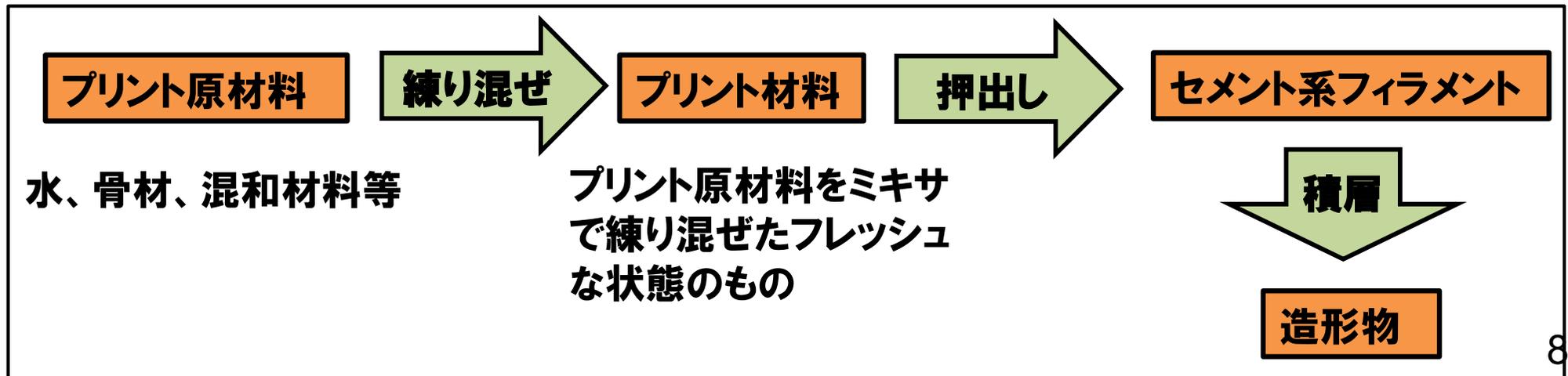


6. 品質管理の確認方法

6.1 プリント原材料の品質

プリント原材料とは、プリント材料を構成するセメント、水、骨材、混和材料等の各材料のことであり、3Dプリンタを用いた造形物の製造者は、各材料の品質を確認しなければならない。JISに規定がある材料の場合は、セメント・コンクリートの品質管理基準及び規格値を適用することができる。

一方、JISに規定がない材料やプレミックス材料を用いている場合は、材料メーカーの品質証明書(または試験成績書)およびSDS(安全データシート)の両方が必要となる。**発注者は、3Dプリンタによる造形前に、品質証明書(または試験成績書)から、原材料の品質(材料構成、密度等の物性、強度特性等)を、SDSから原材料の安全性を確認することとした。また、造形途中で材料の種類や配合等が変更された場合は、その都度確認を行う必要がある。**

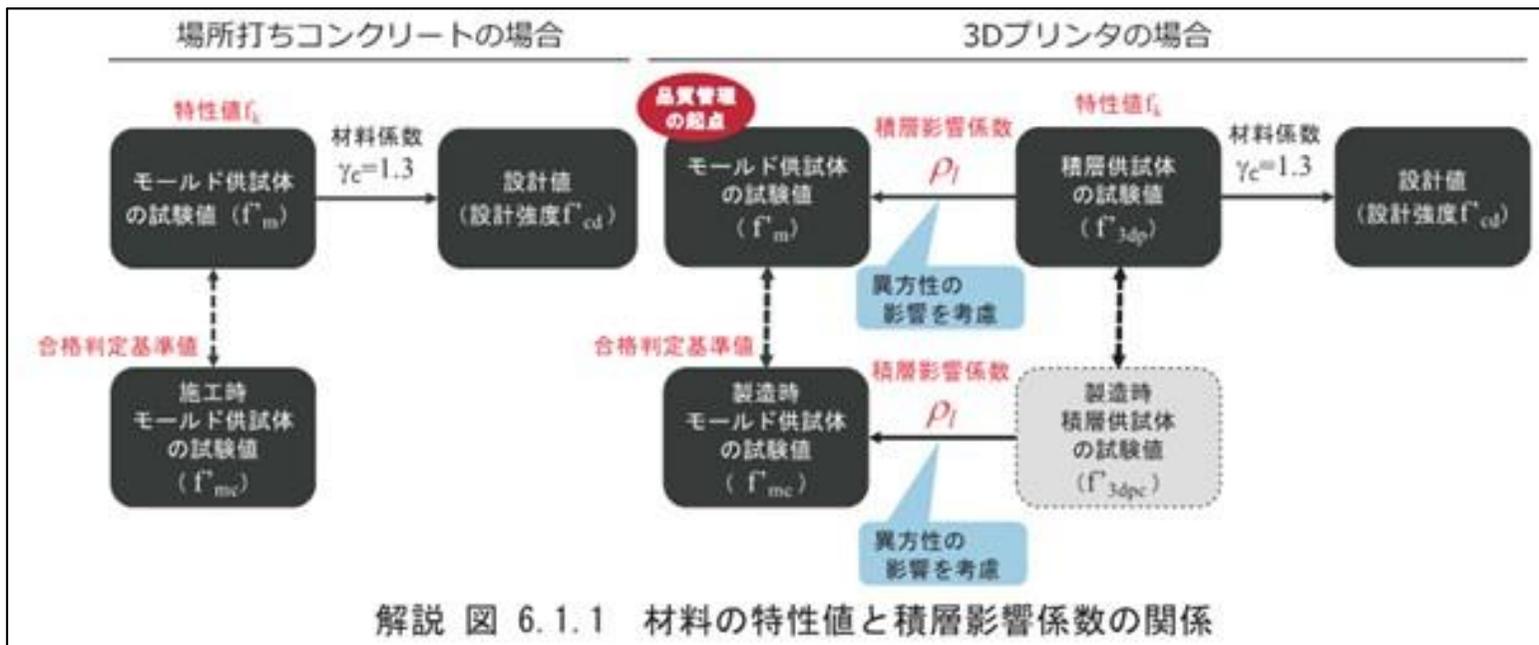


6. 品質管理の確認方法

6.2 プリント材料の品質

プリント材料とは、プリント原材料をミキサで練り混ぜたもののことであり、3Dプリンタを用いた造形物の製造者は、プリントするプリント材料の品質(適切に造形が可能か、造形物が所定の品質を満たすか)を試験等により確認しなければならない。**発注者は、それらの試験結果からプリント材料の品質を確認することとした。**

具体的には、土木学会の「建設用3Dプリント埋設型枠を用いたコンクリート構造物の技術指針(案)」で規定している圧縮強度による品質管理に準拠することとした。



解説 図 6.1.1 材料の特性値と積層影響係数の関係

6. 品質管理の確認方法

6.3 積層プロセスの妥当性

積層プロセス(プリント速度、打ち重ね時間間隔等)のばらつきにより、3Dプリンタによる造形物の品質にもばらつきが生じることが想定され、積層プロセスが許容範囲内に収まっていることを確認することが重要である。また、積層中に得られる各種データは、供用中に何らかの不具合が発生した場合に原因究明の有用な情報になる。

発注者の確認方法としては、データログを取れるプリンタであれば、データログの提出を求め、それを確認することで積層プロセスの妥当性を判断することとした。また、データログが取れないプリンタの場合は、発注者あるいは施工者が製造現場に立ち会い、積層プロセスを確認する等の措置が必要である。

プレキャストコンクリート製品の 出来ばえ評価(案)

プレキャストコンクリート製品の出来ばえ評価(案)

令和8年2月25日 コンクリート工の生産性向上検討協議会

【背景】

- プレキャストコンクリート製品の活用が推進されているが、PCa製品の表面仕上がり状態については、**定量的な判定基準がない**。
- 外観検査において製造者と発注者間で**認識が異なることが原因で、過度な化粧直し作業などが発生している**。

土木工事施工管理基準及び規格値(案) (令和7年3月)

工種	種別	試験区分	試験項目	試験方法	規格値	試験時期・頻度	適用	試験成績表等による確認
プレキャストコンクリート製品 (JIS I類、II類、その他)	施工	必須	製品の外観検査 (角欠け・ひび割れ調査)	目視 (写真撮影)	有害な角欠け、ひび割れのないこと	全数		

過度な色合せ(化粧)、仕上げ等を削減する

- 製品製造時の化粧直し等の対応の要否及び受入時の**外観検査における判定を補助**するための参考資料(案)をとりまとめ

多能工施工によるコンクリート躯体工等の 土木現場施工の生産性向上に関する共同研究

背景・目的

地方建設業から聞こえる声

- ・ 技能労働者の高齢化が進み、若い人がほとんどいない。
- ・ 地域の鉄筋工、型枠工の廃業が続き、地域内に残る1社がつかまらない。
- ・ 元請けの建設会社間で調整をして、下請けとなる専門工事業者に仕事をして貰っている。
- ・ クレーンオペレーターを山間地に呼びたいが、つかまらない、官積算より値段も高い。



共同研究

専門工事業の分業体制の維持が厳しい地方部においても、現場打ちコンクリート躯体工の整備が持続可能となるビジネスモデルを見いだせないか。

広義の「多能工」

例えば、

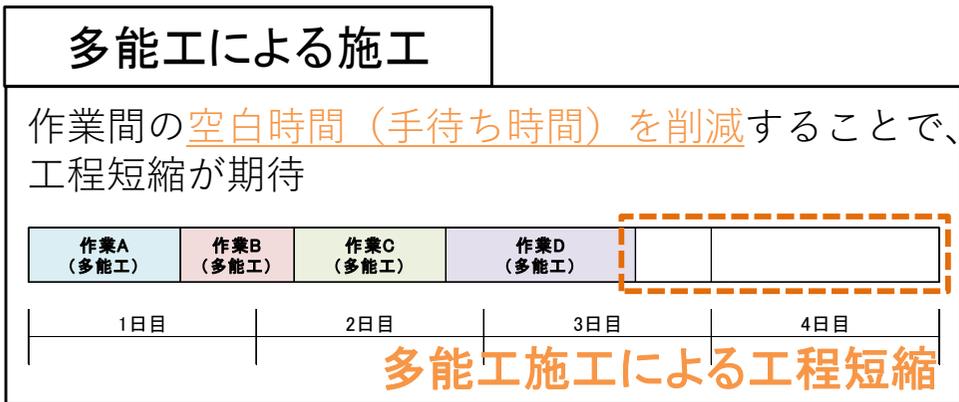
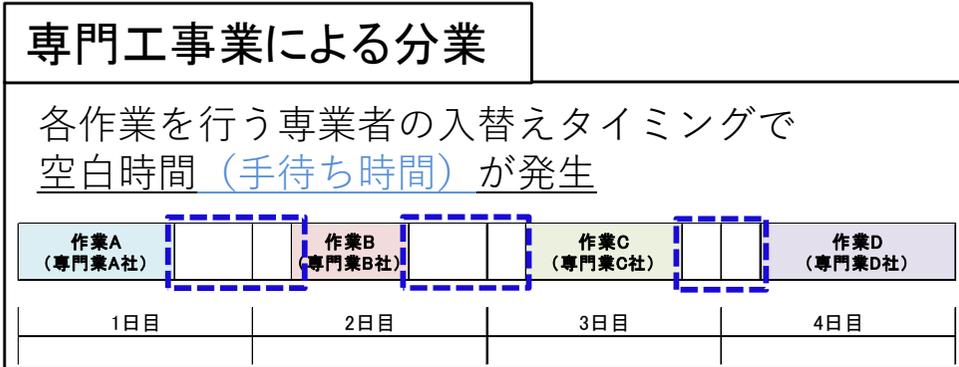
- ・ 比較的簡単な型枠工、コンクリート仮設工、鉄筋工、足場工、土工等を同じ技能者が担当する。（狭義の多能工）
- ・ 特別教育だけ（国家資格不要）で操作できる定置式水平ジブクレーンを、技能者自らが使う。（欧州、建築工事では使用事例多く、土木工事での可能性整理）
- ・ 単純な構造の箇所はシステム型枠を、複雑な箇所は3Dプリンターを使い、専門の型枠工不在でも施工。
- ・ 複雑な形状の埋設型枠を3Dプリンター等で作成し、打設。

- ・ 高度な技能を持つ専門技能者は、比較的難しい工事に注力していただく。
- ・ 専門技能者が確保できないことによる生産性低下を防ぐ。

参加者名	所在地・構成員等
国土技術政策総合研究所	茨城県つくば市
JIBS （定置式水平ジブクレーンの活用促進及び建設技能者の働きがい向上技術研究組合）	事務局所在地：徳島県徳島市 会長：渡邊ボンド大学教授 顧問：國島東大名誉教授 顧問：石田大林組参与（元四国地整） 喜多機械産業、クレーンタル野田（重機レンタル業） 中山興業、井上組、植田興業、大竹組、小野建設、亀井組、県西土木、竹村産業、フクザワコーポレーション（建設業） 第一コンサルタンツ（建設コンサルタント）
宮坂建設工業（株）	北海道帯広市
（株）砂子組	北海道奈井江町
（株）フクザワコーポレーション	長野県飯山市
（株）加藤組	広島県三次市

多能工施工による生産性向上

(1) 効果の整理



資機材を活用した生産性向上

(1) 定置式水平ジブクレーン



- 現場に常駐。
- 国家資格のあるオペレーターは不要（特別教育（研修）を受けた施工担当技能者等が自らで操作）
- 積み荷の近くでリモコン操作
- 最大吊り重量は、1 t 程度までに限られる。

(2) システム型枠



- パネル、接続・固定器具、支保工、足場等がユニット化。
- 樹脂や木製で比較的軽量。
- 高度な大工技能は不要。数回の組み立て経験で熟練者と同等の仕上がり。
- 資材コストは割高であるが、施工時間は短縮

(2) 育成事例の調査



多能工研修施設の例
(富士教育訓練センター)



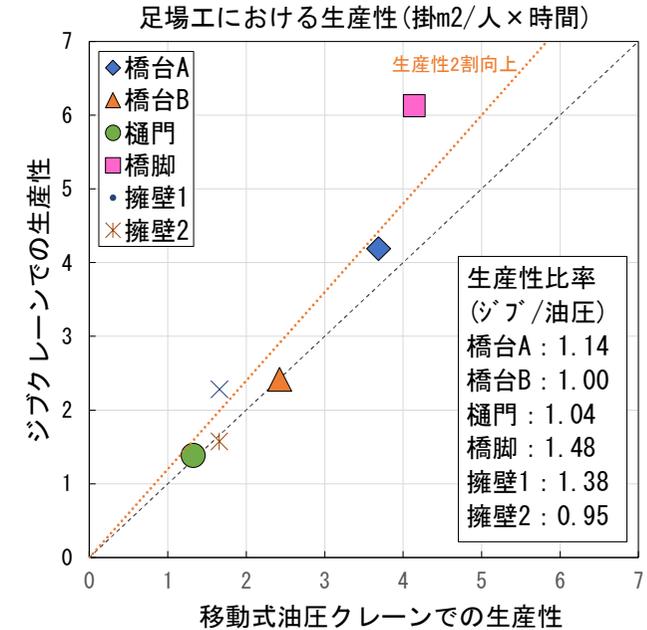
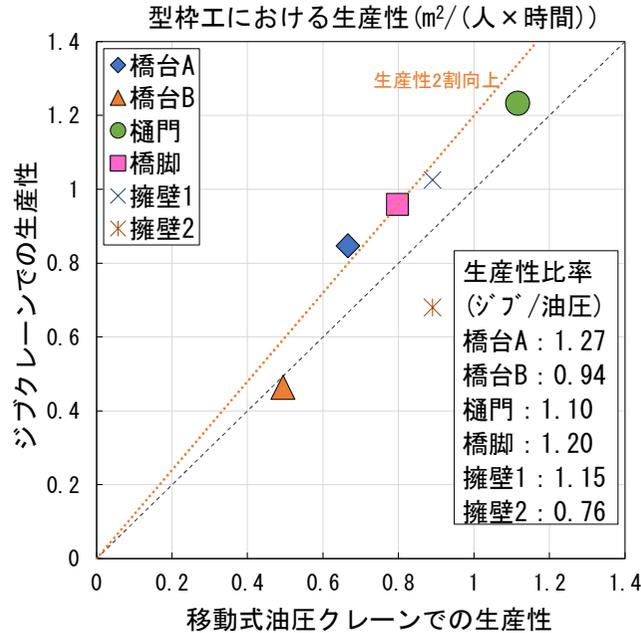
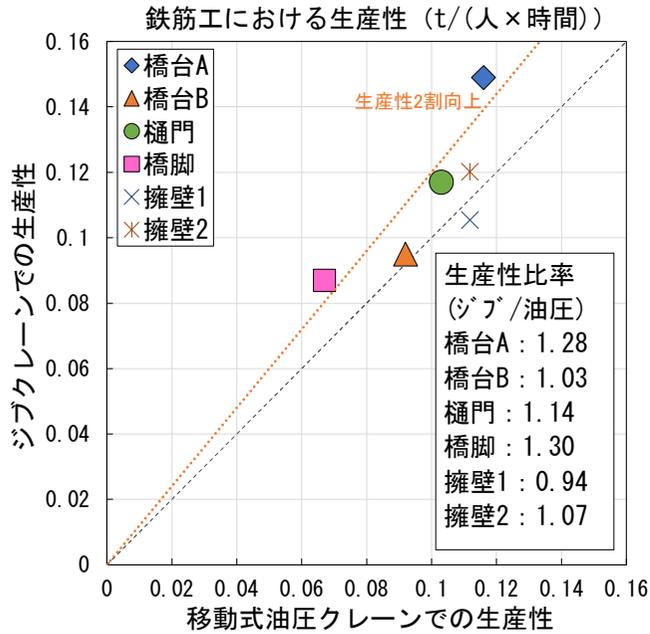
国内外の職人教育体制の違い

(3) 建設用3Dプリンタ



- 型枠が不要であり、設計データ (3D) と連携できるという特徴から、複雑な形状の造形が可能。

同規模・近隣工事での移動式油圧クレーンと定置式水平ジブクレーンの生産性を比較 → 定置式水平ジブクレーンの方が高い傾向を確認



今年度中に共同研究報告書としてとりまとめ予定

目次案

- 第1章 我が国の技能労働者不足の現状と課題
- 第2章 共同研究の枠組み
- 第3章 欧米における施工・技能者育成
- 第4章 資機材を活用した生産性向上手法の検討
- 第5章 多能工施工による生産性向上手法の検討
- 第6章 リソースマネジメントによる生産性向上手法の検討
- 第7章 まとめ及び課題