

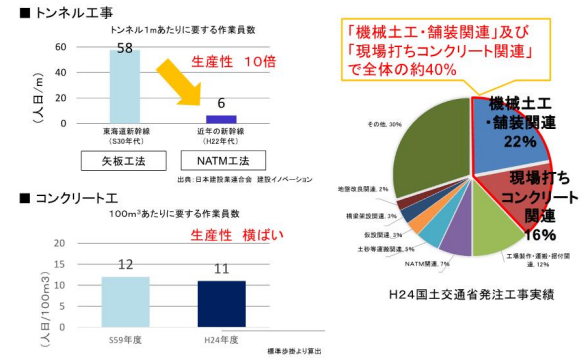
多能工施工によるコンクリート躯体工等の生産性向上について

国土交通省 国土技術政策総合研究所
社会資本システム研究室
堤 達也



コンクリート工における生産性の現状

- トンネルなどは、約50年間で生産性を最大10倍に向上。一方、土工やコンクリート工などは、改善の余地が残っている。
- 土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割が占める。



第1回コンクリート生産性向上検討協議会資料(平成28年3月)より

コンクリート工における生産性の現状

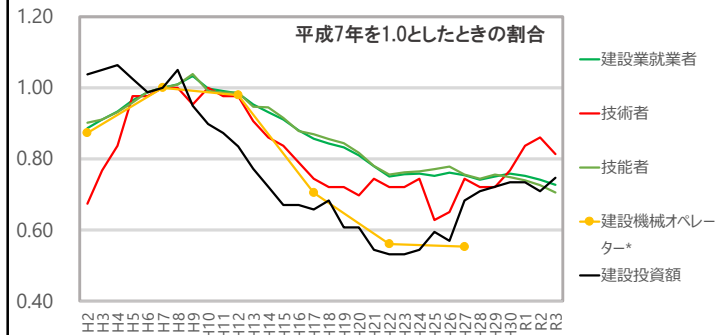
- コンクリート工の現場においては鉄筋の配筋、型枠の設置などに多くの人手を要している。



第1回コンクリート生産性向上検討協議会資料(平成28年3月)より

建設業就業者の推移

- H24年以降の建設投資額の回復に対応して、技術者は回復傾向が見られるが、技能者は右肩下がりが継続。
- 建設機械オペレーターのような、より深刻な職種も存在。

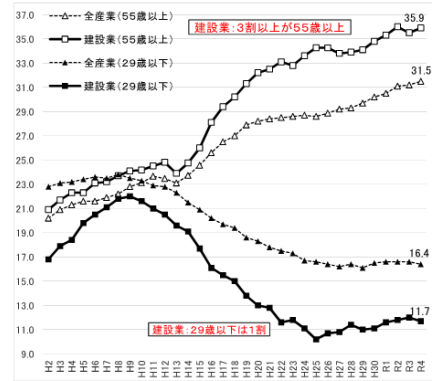


*平成12年～27年の国勢調査における職業(小分類) 645 建設・さく井機械運転従事者

令和4年度国総研講演会資料(令和4年12月)より

建設業就業者の高齢化の進行

・建設業就業者は、55歳以上が35.9%、29歳以下が11.7%と高齢化が進行し、次世代への技術承継が大きな課題。



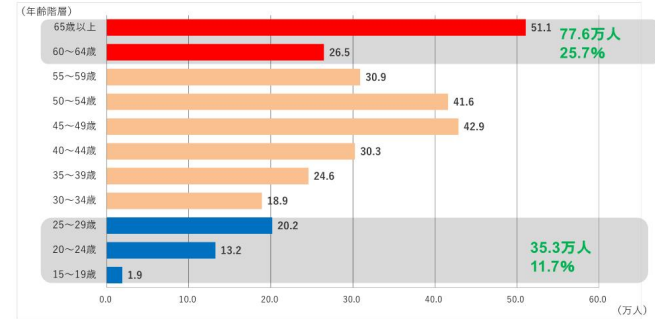
出典：総務省「労働力調査」(暦年平均)を基に国土交通省で算出
(※平成23年データは、東日本大震災の影響により推計値)

中央建設業審議会資料(令和5年4月)より

4

年齢階層別の建設技能者数

・60歳以上の技能者は全体の約1/4を占めており、10年後にはその大半が引退することが見込まれる。
・これからの建設業を支える29歳以下の割合は全体の約12%程度。若年入職者の確保・育成が喫緊の課題。
→担い手の処遇改善、働き方改革、生産性向上を一体として進めることが必要



出所：総務省「労働力調査」(令和4年平均)をもとに国土交通省で作成
中央建設業審議会資料(令和5年4月)より

5

i-Constructionが目指す建設現場のイメージ

従来方法

鉄筋積立、型枠設置、共同打設、取組

現場打ちの効率化

(例)鉄筋をプレハブ化、プレキャストの埋設型枠により、現場作業の一部の工場化や型枠撤去作業等をなくす施工。ハーフプレキャスト工法など

(例)流動性を高めた現場打ちコンクリート活用。スランブ厚8cm～12cm。スランブ機、高コンクリート

プレキャストの進化

(例)各部材の規格(サイズ)を標準化し、定型部材を組み合わせて施工

(例)画像解析やAIを活用した品質管理

サプライチェーンの効率化

(例)材料、施工、品質等のデータをクラウド化し、関係者間の情報を一元管理

材料・品質等データの記録、出荷伝票、品質データの記録、クラウドシステム、品質データの電子化、活用した出来形管理

第12回コンクリート生産性向上検討協議会資料(令和5年2月)より

・それでもなお残る従来型の現場打ちコンクリート工の生産性向上策について研究が必要。

6

共同研究の取り組み(令和4～7年度)

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業者に仕事を貰っている。
- ・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、土工等と同じ技能者が担当する。
- ・特別教育だけ(国家資格不要)で操作できるクレーンを技能者自身が使う。
- ・単純な構造の箇所はシステム型枠、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。

➡ 研究の成果に基づき、積算基準、監督・検査基準等で障害になっていることがあれば改善

7

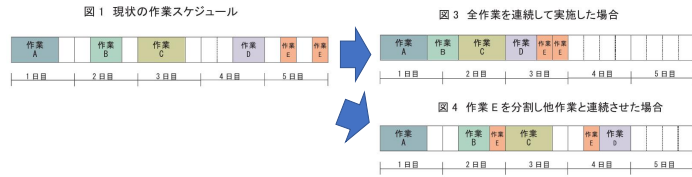
着目する多能工の効果

経営者にとっては・・・

- 工種の入替がないため、工期・手戻りが少なくなりコストも縮減できる(生産性向上)
- 従来の業務範囲を超え、より広範な業種を一括受注できる可能性が高まる(事業範囲の拡大)
- 仕事の繁閑への対応力が向上する(人材の有効活用) など

技能者にとっては・・・

- 活躍できる場所が拡大するため、就業機会の増加や処遇の向上が期待できる
- 適切な評価システムの下では、取得した資格等に応じた給与・地位の向上が望める
- 複数の職種の習得を通じ、作業の自己完結性や職務満足度を高めやすい など



建設業における多能工推進ハンドブック(平成31年3月)より

8

欧州で標準的に使用されている資機材の活用

高度な技能を要せず、少人数で様々な仕事を行う施工体制を支援する資機材。

【定置式水平ジブクレーン】



- 現場に常駐。カウンターウェイトで自立。ジブは旋回のみ(斜めに動かない)であり、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(死角なし)
- 最大吊り重量は、1t程度までに限られる。

【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(事例では1/2程度)

9

3Dプリンティング技術の活用

- ・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。
- ・これまでの施工実績等も勘案すると、以下のような用途が適していると考えられる。
- ・当面は、無筋構造物を対象に、施工件数が多い①、②の分野で現場実装を目指すのが現実的と考えられる。

- ①場所打ち、プレキャスト製品の代替(擦りつけ部、JIS規格品以外の特殊形状)
- ②埋設型枠(橋脚の耐震補強等)
- ③意匠性の高い曲面・中空構造(トポロジー最適化)



出典:加藤組



出典:清水建設



出典:大林組

10

共同研究実施体制

- ・国総研
- ・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(徳島県徳島市、理事長:渡邊法美(ポンド大学教授))
- ・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)

WG	主な検討内容
3Dプリンティング技術	<ul style="list-style-type: none"> ・適用効果の高い用途 ・品質確認スキームの提案 ・普及を妨げる現行基準類(品質、検査、積算等)の改定
定置式水平ジブクレーン活用	<ul style="list-style-type: none"> ・適用効果の高い現場条件 ・活用方法の提案 ・適用推進に向けた課題の抽出と諸制度の改善提案
リソースマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> ・現場単位、会社単位、地域単位のリソースマネジメント・全体最適(手段としては、多能工の育成、技能者の直庸、資機材活用、プレキャスト活用等)

11

3Dプリンタ造形物適用の課題

(1)積層体の強度特性

フレッシュ状態のセメント系材料をノズルから押し出して積層する材料押出方式の場合、積層体間の接着状態が造形物の品質に大きく影響すると思われる。

積重ね時間の遅延等でコールドジョイントが発生する可能性がある。

(2)積層体の出来形、出来ばえ評価

押出積層方式における3Dプリンタ造形物には、コンクリート表面に積層される層ごとの凹凸が形成され、この凹凸の品質への影響を考慮した出来形、および出来ばえ評価が求められる。



積層体の特性を考慮した品質確認方法の確立が必要

12

3Dプリンタ造形物の強度試験

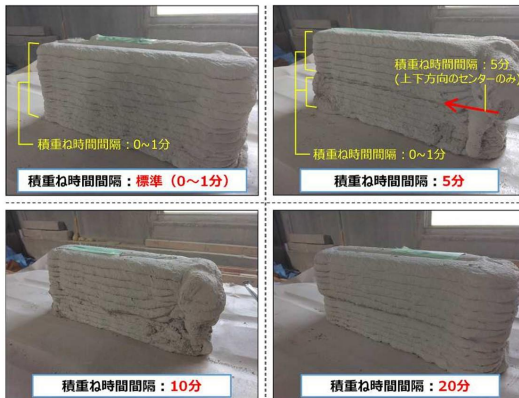
・A社、B社の2技術を対象に、強度試験を実施

試験項目	形状 (mm)	コア抜き/切り出し方向	積層面に対する 載荷方向	供試体本数
圧縮試験 (JIS A 1107)	Φ50 × 100	鉛直	垂直	3
		水平	平行	3
割裂引張試験 (JIS A 1113)	Φ50 × 50	水平	垂直	3
		水平	平行	3
曲げ試験 (JIS A 1106)	50 × 40 × 160	水平	垂直	3
		鉛直	平行	3

13

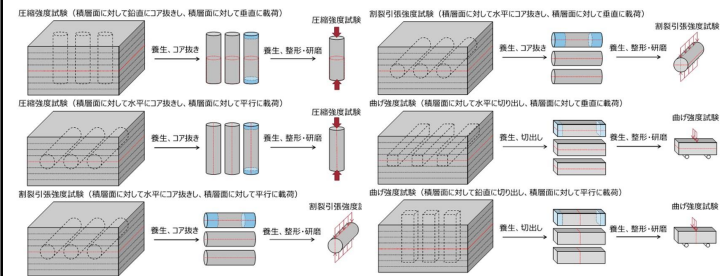
3Dプリンタ造形物の強度試験(A社の造形物の一例)

・積層体間の接着状態が造形物の品質に大きく影響するため、**積重ね時間間隔を3段階程度調整し、コールドジョイントが発生した供試体も作成**



14

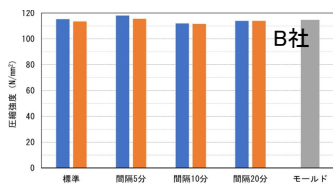
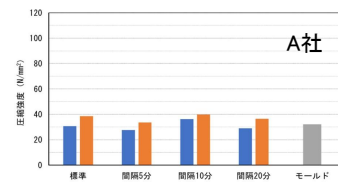
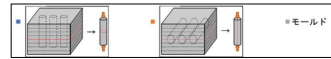
試験体(積層体)の作製と各種強度試験の方法



15

3Dプリンタ造形物の圧縮強度

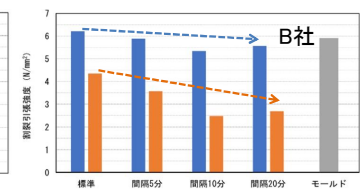
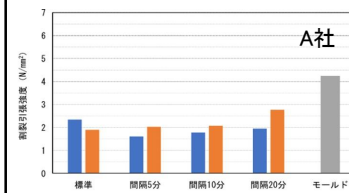
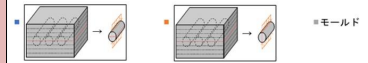
両社とも、積層体からコア抜きを行った供試体の圧縮強度は、ばらつきはあるもののコア抜き方向や積層面に対する載荷方向、積層時間間隔に関わらず同程度で、**モールド成型の強度と同等の値を示した**
 ・強度は、**A社30N/mm²、B社110N/mm²と大きく異なっている**



16

3Dプリンタ造形物の割裂引張強度

・A社は、積層面への積荷方向に関わらず、モールド成形に比較して低い値を示した
 ・B社は、**積層面に対して垂直に載荷したものは、モールド成形とほぼ同等の値を示した**。一方で、**積層面に対して平行に載荷したものは、標準でも低い値を示し、積層時間間隔が長くなるほどより低下する傾向を示した**



17

造形物の出来ばえ評価について

コンクリート工事における出来ばえ評価基準
 (工事成績評定実施基準における考査項目)

- ・コンクリート構造物の**表面状態**が良い
- ・コンクリート構造物の**通り**が良い
- ・天端**仕上げ**、端部**仕上げ**等が良い
- ・クラックが無い
- ・漏水が無い
- ・全体的な**美観**が良い



3Dプリンタ造形物については、**過度な出来ばえ評価は不要ではないか**

18

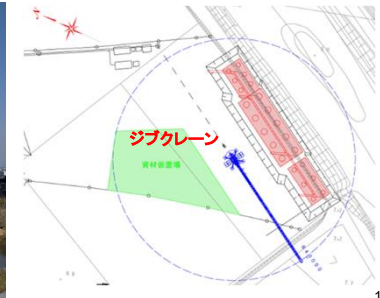
ジブクレーン試行工事概要

- ① 工事名: 福岡3号 思案橋川橋下部工A1外工事
- ② コンクリート構造物: 橋台3基
- ③ 工事発注者: 国土交通省九州地方整備局福岡国道事務所
- ④ データ整理期間 令和4年2月14日～5月31日
 (フーチング・堅壁の一部)

【現場写真】



【施工ヤード】



19

モニタリング方法

- 建設現場の施工映像(ビデオカメラ8台分)から目視にて、
 - 機械運搬(ジブクレーン、その他クレーン)
 - 人力運搬
 の回数を集計



施工映像例

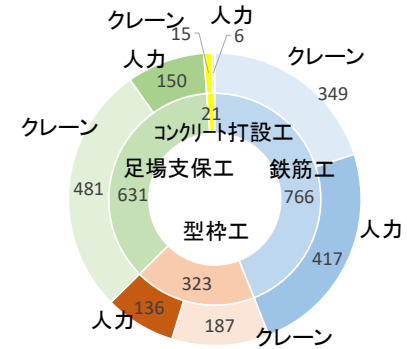
機械・人力運搬 整理項目

項目	分類
1. 作業区分	鉄筋工、型枠工、足場工、コンクリート打設工
2. 運搬方法	ジブクレーン、ジブクレーン以外のクレーン、人力
3. 運搬資材	鉄筋、型枠板、単管、足場板、セパレーター、道具等
4. 運搬段階	資材搬入時から施工完了までを8段階に分類

20

工種別運搬回数

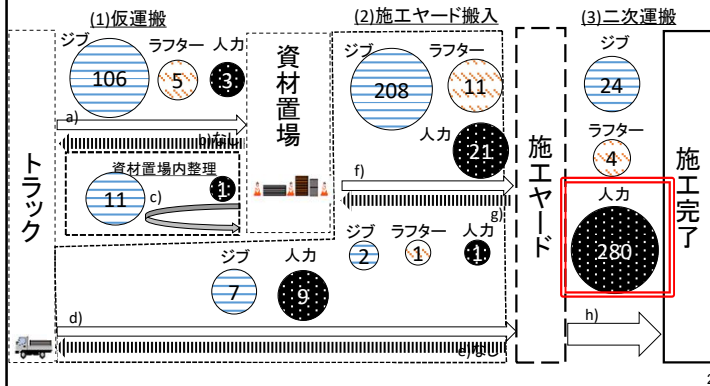
- コンクリート打設工はポンプ打設のため、運搬回数は非常に少ない。
→鉄筋工、型枠工、足場支保工で運搬回数の多い資材を詳細整理



21

運搬状況整理の例(鉄筋工:鉄筋)

- 人力運搬最大はh)二次運搬
- トラックから資材置場、施工ヤード、二次運搬それぞれで小分けして運搬
- 二次運搬(人力運搬)は長い鉄筋等の重量物を運搬(身体負担)



22

今後の改善に向けて

レベル1: 既に改善されたもの

人力運搬から、ジブクレーン転換された運搬

①型枠板:f)資材置場→施工ヤード

②建柱等鋼材:h)二次運搬



レベル2: 更なる改善余地(実施容易)

金具等の小物をカゴに入れての運搬

【他現場事例】



金具等の小物を鋼製のかごに入れて、各階の足場にジブクレーンにて運搬。取り終わった後は、下段にかごを移動。

23

今後の改善に向けて

レベル3: 更なる改善余地(今後検討が必要なもの)

①鉄筋:h)二次運搬

鉄筋を一本ずつ簡単に運搬できる治具 等



クレーン吊具例

②型枠:c)検品作業等 組立運搬

システム型枠活用による効率化を検討



木製
システム型枠



樹脂製
システム型枠