

建設事業における生産性向上に向けて

大成建設(株)	正 石井喬之	(株)長大	正 井波大明
(株)安藤・間	正 林 俊斉	(株)フジタ	徳永高志
日本工営(株)	正 古川裕也	日本工営(株)	大瀧 諭
○パシフィックコンサルタンツ(株)	正 渡邊武志	パシフィックコンサルタンツ(株)	正 高野和成

1. はじめに 本報は土木学会土木情報学委員会「三次元モデルを活用した建設生産性向上研究小委員会（発注者、受注者（設計・施工）、メーカー等で構成）」での討議内容について報告するものである。

我が国の建設業界は少子高齢化に起因する労働力不足を解消し、生産性向上を図る手段としてBIM/CIMを積極的に導入し、土工を中心に一定の効果が確認されている。一方、PCaについても積極的な活用が推進されている現状を踏まえ、PCa導入により施工がどう変わるかについて議論した内容を以下に記す。

2. 汎用 PCa 導入のメリットと建設の方向性 3次元設計・施工に PCa 製品を導入した場合のメリットと今後の方向性を表-1 に示す。規格化・統一化された製品であるため施工しやすく、取り換えやすいこと（例えば壊れた箇所のみ取り換えることも可能）が特徴である。また、今後、ロボット施工への適用性も高いと考える。

表-1 PCa 製品導入メリットと今後の方向性

製品 (PCa化)	大量生産される汎用部品群：少数の部品で構成 組み立てやすさ/取り換えやすさ
設計	3次元設計が可能（施工手順書も作成可能）
施工	簡単に組み立てられる ⇒将来的には大型組み立て機や簡易な運搬台車の開発

3. 中・大規模構造物への PCa 適用について

3-1. RC 施工時の課題 小規模構造物（BOX や水路、縁石）では多くの現場で PCa 製品が採用されており、施工の省力化に繋がっている。一方、中・大規模の梁・柱構造物、壁部材は大半が現場打ちで施工されており、施工の省力化が求められている。RC 構造物は足場構築、鉄筋組立、型枠設置、コンクリート打設、養生（散水）、型枠脱型、表面処理と多くの手順と時間を経て完成する（図-1 左）。また、規模が大きければ上記作業に加えて、コンクリート打継や鉄筋継手処理が必要になる。さらに水域や地下水が豊富な箇所であれば、止水のため、締切構造物（図-2）が必要となるため、施工の長期化、難易度のアップにより、施工リスクもアップする。このように RC 施工時の課題は多い。

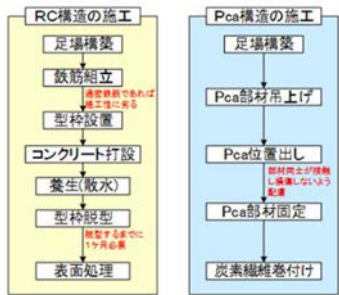


図-1 RC/PCa 施工手順

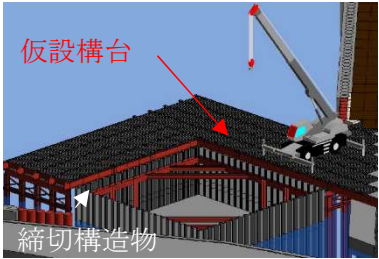


図-2 締切構造物

3-2. PCa 施工方法 PCa 施工（据付）の手順は、柱構造物の場合、足場構築、PCa 部材吊上げ、PCa 部材位置出し、PCa 部材固定、炭素繊維の巻付けという手順（図-1 右）になり、現場作業が大幅に削減される他、コンクリート硬化時間の短縮、仮設構造物設置期間の短縮等により、経済性に優れる結果となる。PCa 施工の課題として、①搬入可能な部材寸法が限定（陸送であれば重量・高さ規定がある）されることが、②据付時の位置出しに高い精度が求められることが挙げられる。解決方法として①部材寸法は分割施工することで対応が可能と考える。②位置出しは、下部 PCa 部材に取り外し可能な仮固定金物（図-3）を事前に配置することで対応可能と考える。

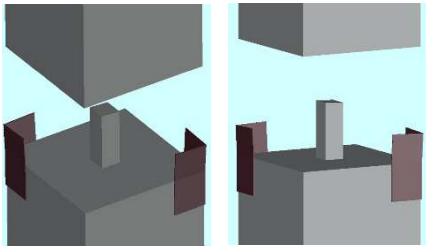


図-3 PCa 構造位置出し金物

キーワード：汎用 PCa、ロボット施工

連絡先：〒812-0012 福岡市博多区博多駅中央街 7 番 21 号 パシフィックコンサルタンツ株式会社 Tel 092-418-8034

4. ロボットを活用した施工方法の検討 ロボット技術が向上した将来において人力を極力介在させないにするという視点から、汎用 PCa を用いたロボット施工イメージを図-4 に示す。

現状では実装可能ではないが、汎用 PCa 部材の運搬や据付け等をロボットにより行うことで省人化が可能になると考えた。

ロボットを活用した汎用 PCa 部材の組立て方法について橋脚の施工を例に、作業自由度が高いと目された多軸ロボットとクレーン型ロボットを参考にイメージの構築を試みた。

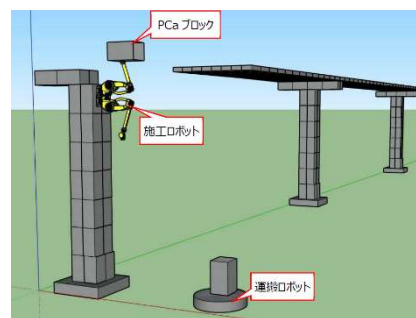


図-4 汎用 PCa を用いたロボット施工

4-1. 多軸ロボットを活用した組立て方法 現在、最も普及しているタイプの産業用ロボットである垂直多関節型の人間の腕の構造に近いロボットを活用した組立て方法を考えた。特徴は自由度が非常に高く、回り込んでの作業を得意とする点である。ただし、制御は複雑になる。組立ての手順を図-5 に示す。組み立ては①作業ヤード内に並ぶ PCa 部材の一つをロボットの支持として使用し、一方の部材を把持する（図中①）。②把持した部材を支持部材の上に重ねるように移動し、積み重ねていく（図中②）。③新たな部材を搬入し、繰り返し作業を行う（図中③）。多軸ロボットによる組立てのメリットは、アーム型のため様々な部材形状に対応可能であること、繰り返し精度が高いこと、ロボット自身が移動可能であるため、施工後の維持管理にも適用し易いことが挙げられる。一方、デメリットとして、作業には正確なティーチングを要すること、高速動作が難しいことが挙げられる。

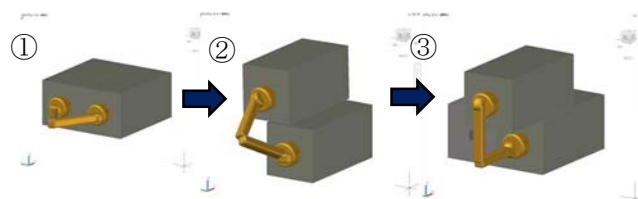


図-5 多軸ロボットによる組立てイメージ

4-2. クレーン型ロボットを活用した組立て方法

重量物を把持し任意の箇所に移動するためには、建設現場や工場等で使用されるクレーン機構の活用が考えられる。今回検討を行ったのは門型クレーンに似た機構であり、4本の支柱端部が PCa 部材により支持可能な点である。これはロボット自体が昇降し構造物の高さに依存しないようにするためである。クレーンの先端はフックではなく支柱同様把持機構を備えている。最低4つの部材が並んでいればロボットで組立てが可能であり、図-6 に示すイメージでは4つの部材を基礎として組立て部材を把持する。ワイヤーにより部材を把持する（図中(a)）。把持した部材を引上げ、所定の場所への積み重ねを繰り返す（図中(b)）、既定の部材が積み終わると（図中(c)）、支柱の把持機構が移動し最上層の部材によりロボットを支持する。クレーン型ロボットによる組立てのメリットは、機構がシンプルのため多軸ロボットより製作コストが抑えられること、誤作動が起こりにくいことが挙げられる。

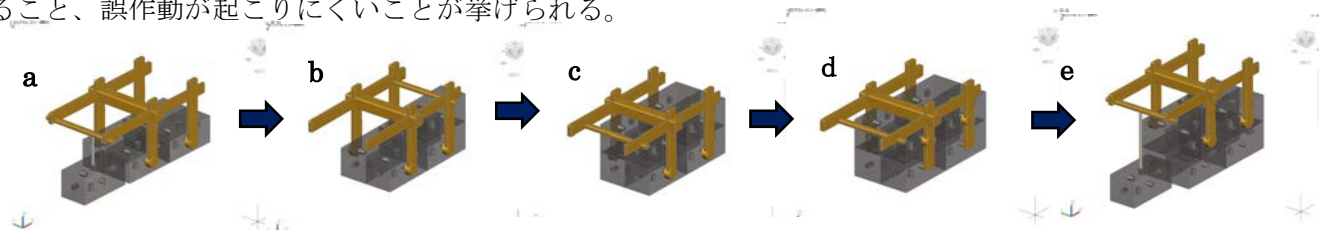


図-6 クレーン型ロボットによる組立てイメージ

5. まとめ 本報により報告した内容を以下に示す。

- ①大規模構造物への PCa 適用について：現時点で想定される課題と解決方法について示した。
- ②ロボット化施工：PCa ブロックでの構造物構築時のロボット施工に向けてロボットタイプ別に施工イメージを確認し、メリット／デメリットについて把握した。

6. 今後の予定 本小委員会では、引き続き上述の内容について検討していく予定である。

参考文献

- 1) .汎用 PCa 化による建設生産性向上の可能性に対する一考察.土木学会全国大会.2018