

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

(株)安藤・間 正会員 黒台昌弘 ジオサーフ(株) 正会員 橋本照政
 (株)まざらん 正会員 西垣重臣 大成建設(株) 正会員 江田正敏
 (株)フジタ 正会員 徳永高志 日本工営(株) 正会員 古川裕也
 ○パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 渡邊武志

1. はじめに 近年、建設現場における i-Construction 施策が示され、土工については多くの建設現場で実践され有効性検証が行われている。一方、PCa 化についての取り組みは進んでいない状況にある。

このため本研究では調査・設計から維持管理に到る過程で生産性向上方策としての PCa 化に向けて現状を把握した上で課題と解決策、方向性についてとりまとめを行った。

2. 建設生産性向上の着目点 今後想定される調査設計～維持管理の過程を図-1 に示す。建設生産性を向上するためには PCa 製品を用いた 3D 設計とロボット施工の進展が想定される。このため PCa 化に着目した。

3. PCa 化に向けた課題と対応策 PCa 化の課題と着目点を表-1 に示す。PCa 化が進まない要因は一品生産であるため生産量が少なく製品単価が高いこと、設計時の経済比較をイニシャルコストで実施していること等に起因する。このため製品を規格化することやライフサイクルコストに着目することで生産コストを下げることができるものと考えられる。表-2 に PCa 製品の特徴を示す。

4. 土木構造物への LEGO モデルの適用

新幹線の橋脚(図-2: 橋脚スパン縦断@8000、横断@5600)を対象とし玩具ブロックである LEGO® の本施設への適用可能性について検討を行った。図-3 に LEGO にて作成した施設形状を示す。本モデルを作成するにあたり 12 種類の部品を使用した。

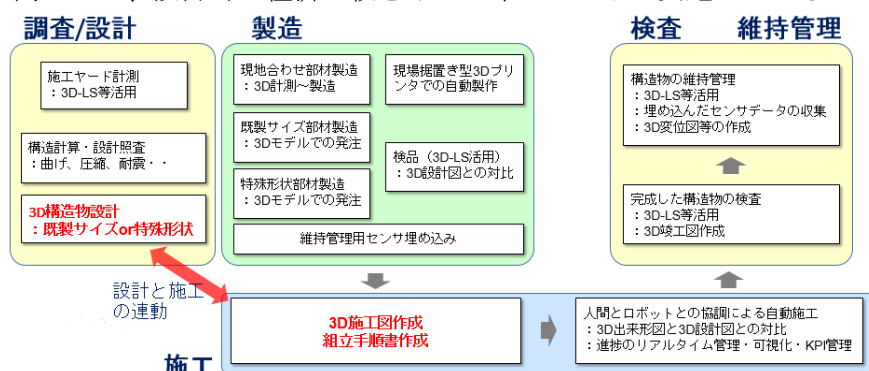


図-1 調査設計～維持管理の過程における生産性向上の着目点

表-1 PCa 化の課題と今後の展開

	現 状	今 後
内 容	現地状況に合わせた一品生産	構造物の規格化とPCa化
設 計	イニシャルコストに着目した設計	ライフサイクルコスト最小化の発想で設計
理 由	生産規模が小さいので製品が割高	・BOX断面別に土被り～部材厚の関係を明確化: 設計費↓ ・鉄筋、型枠の現場作業の最小化: 工事費↓、品質↑ ・維持管理基礎データの取得: 対策工の標準化(設計費↓)

表-2 PCa 製品の特徴

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/壊しやすさ
設 計	3次元設計が可能(製作手順書も作成可能)
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

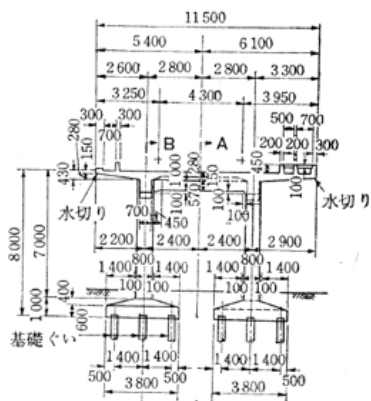


図-2 検討対象構造物



図-3 LEGO モデル

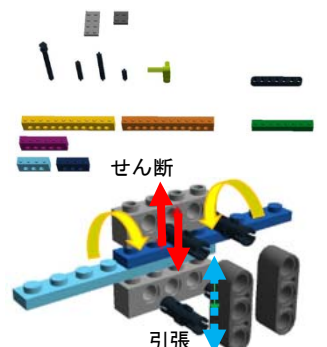


図-4 LEGO モデル接合部

キーワード: i-Construction、PCa 化、標準化/汎用化、3D 設計

連絡先: 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番地 パシフィックコンサルタンツ株式会社 Tel 03-6777-1521

また、LEGO モデルの特徴は部材に発生する曲げを軸部材のせん断力（実線）と縦部材の引張り（点線）に変換することである。つまり、構造力学上のピン支点とすることにある。（図-4）

5. LEGO モデルで作成した構造物のフレーム解析 LEGO モデルの構造的特徴を参考にし、新幹線橋脚(前述)部材をPCa 化した場合を対象として 2D フレーム解析を行った。解析条件を以下に示す。図-5 に構造モデル、表-3 に地震時の接点応力（水平・鉛直方向）図-6、7 に水平・鉛直方向の応力発生状況を示す。

■荷重条件 上載荷重：120kN（新幹線重量 240kN の 1/2）、外力：地震時慣性力（kh：0.2）

■解析モデル 地表面は剛結合、部材の接点はバネでモデル化

ブロックサイズ：1.0×1.0×2.0m（5.0t）10t 車で運搬可能な大きさ）

表-3 接点作用力一覧

バネ 番号	変位		内力	
	水平方向 [mm]	鉛直方向 [mm]	水平方向 [kN]	鉛直方向 [kN]
S101	-0.54	0.12	-54.08	12.44
S102	-2.20	0.12	-219.69	12.32
S103	-0.70	0.06	-70.05	6.24
S104	-1.42	0.06	-142.47	6.27
S105	-0.55	0.25	-55.39	24.83
S106	-0.97	0.21	-96.74	20.90
S201	-0.25	0.34	-25.46	34.24
S202	-2.86	0.34	-286.27	34.10
S203	-1.50	0.28	-150.36	28.00
S204	-1.00	0.28	-100.12	28.08
S205	-2.47	-0.53	-247.18	-52.69
S206	0.55	-0.20	55.42	-19.58
S301	2.96	-0.64	295.91	-64.47
S302	-1.11	-0.11	-110.63	-10.76
S303	-2.00	-0.03	-199.72	-2.54
S304	2.48	-0.06	247.72	-6.35
S305	-1.43	0.14	-142.84	17.30
S306	-1.34	1.08	-134.02	107.78

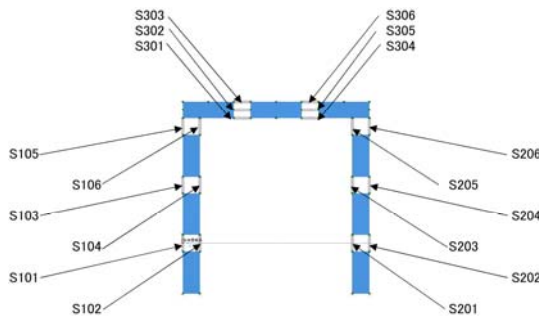


図-5 構造モデル

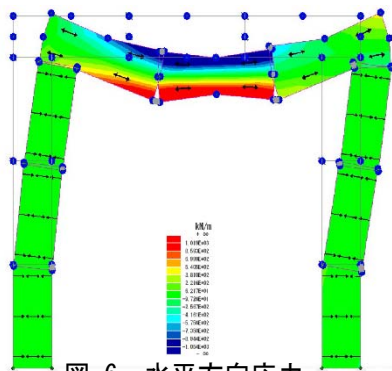


図-6 水平方向応力

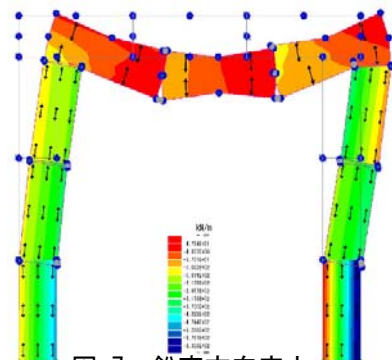


図-7 鉛直方向応力

部材をボルトで接合する場合、接点の作用力（水平方向と鉛直方向）はボルトに作用する引張り力、せん断力として評価できる。表-4 に最大作用力に対して必要なボルト径と本数を示す。表より、引張り力に対してはボルト本数 9 本（12.5cm ピッチ）、せん断力に対してはボルト本数 4 本（33cm ピッチ）で対応可能である。

表-4 接点応力

着目点	引張り力: 295.9kN(着目点S301)	引張り力: 107.8kN(着目点S306)
許容応力(SS材)	ボルトの許容引張り応力: 95N/mm ²	ボルトの許容せん断応力: 78N/mm ²
1本あたりの許容応力	1本あたりの許容引張り応力(M24)	1本あたりの許容せん断応力(M24)
	353mm ² × 95N/mm ² = 33.5kN/本	353mm ² × 78N/mm ² = 27.5kN/本
必要ボルト本数	9本(295.9/33.5=8.8)	4本(107.8/27.5=3.9)

6. まとめ 本研究により得られた知見を以下に示す。

- ①PCa 化を推進するためにはインシュロスではなくライフサイクルロスに着目するとともに、設計～施工に到る建設過程のうち設計段階で導入を検討することが重要であることを確認した。
- ②PCa 化を具体化するために LEGO でラーメン橋脚を作成した結果、LEGO では接合部の曲げモーメントを、部材のせん断力と引張り力に変換する構造（ヒンジ接合）とする必要があることを確認した。
- ③新幹線橋脚を PCa 化したケースを対象としてフレーム解析を実施した結果、接合部に発生する力に対してボルト接合（9 本：12.5cm ピッチ）で対応可能であることを確認した。

7. おわりに 今後、下記項目について検討予定である。①PCa 部材の汎用化による LCC 低減効果の検証、②解析モデルの精緻化（FEM 解析）③PCa 化によるメリット・デメリットの確認（設計・製造、運搬、施工、維持管理） 本研究を行うにあたり東京大学レゴ部にご協力を戴きました。この場をかりて感謝の意を表します。