

3D プリントにより製作した埋設型枠を用いた PCa ケーソン基礎の性能確認

(株) 大林組 正会員 ○深澤連莉 正会員 西村俊亮 正会員 高橋敏樹
 正会員 新杉匡史 正会員 石関嘉一
 日本ヒューム (株) 正会員 郷 富雄 正会員 田口拓望

1. はじめに

土木工事における生産性の向上や複雑な構造体の製作を目的に、3D プリント技術の研究が進められている。また、生産性向上の有効な手法としてプレキャスト化も推進されているが、大型構造物のプレキャストになると特注の鋼製型枠を製作する必要があり、コスト増や製作工期がネックとなる。

以上の背景から、鋼製型枠の代わりに 3D プリントで製作した埋設型枠を使用してプレキャスト部材を製作する方法を検討している。本稿では PCa ケーソン基礎を模した縮小模型（以下、PCa ブロック）を製作し、3D プリント層と内部コンクリートが一体化し所要の構造性能を有するか、載荷試験により確認した。

2. 試験体の概要

本実験では $\phi 1000\text{mm}$ 、 $H=1000\text{mm}$ の半円形ブロックを 4 体製作した。試験体の寸法、材料の仕様を図-1、表-1 に示す。PCa ブロックは実規模になると運搬の都合上 1/2~1/3 程度に分割して工場制作し、端部に設置した鋼板を連結プレートで溶接して接合する構造となるため、今回はこれを模し、端部に鋼板を仕込み半円形で製作した。製作した 4 体のうち、2 体を外側型枠へのコンクリート吹付け（以下、吹付け試験体）、2 体をコンクリート打設（以下、流込み試験体）とした（表-2）。なお、埋設型枠は 3D プリントにより製作し、モルタル幅を 15mm とし一度折り返してプリントすることで最終的なプリント幅を 30mm とした。また、PCa ブロックの主筋は後挿入して連結する構造を想定しシース管を配置している。実規模の場合主筋は内側・外側配置となるが、今回は縮小模型のためシングル配置とした。

試験体の内部コンクリートの充填状況を確認するため、製作したブロックを高さ 400mm-600mm となるよう切断したところ、両試験体とも 3D プリント

層間の一部に幅 1.0mm 程度の隙間が見られた（写真-1）。また、流込み試験体はシース管周囲や 3D プリント層-内部コンクリート間には隙間なく充填されていた。吹付け試験体では一部シース管裏側への充填不足箇所が確認されたが、今回はこの試験体を用いて載荷試験を行った。

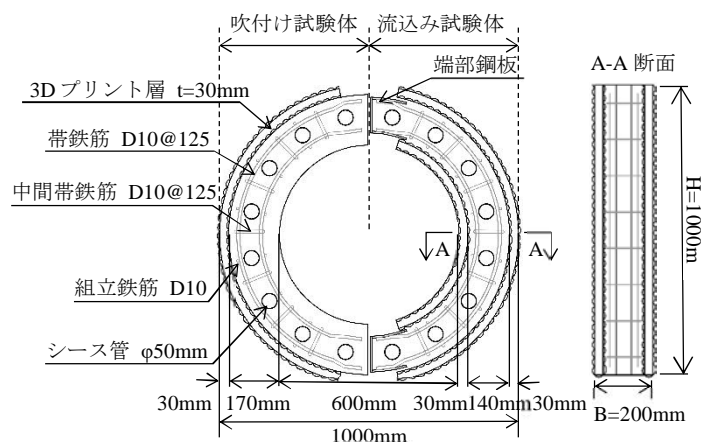


図-1 PCa ケーソン基礎ブロック平面図・断面図

表-1 使用材料

項目	仕様 (圧縮強度/鉄筋種別)
モルタル (3D プリント層)	70N/mm ²
吹付けコンクリート	70N/mm ²
流込みコンクリート	60N/mm ²
無収縮モルタル	60N/mm ²
鉄筋	SD295

表-2 製作した試験体一覧

番号	詳細	備考
No.1	吹付け試験体①	同一仕様
No.2	吹付け試験体②	
No.3	流込み試験体①	同一仕様
No.4	流込み試験体②	

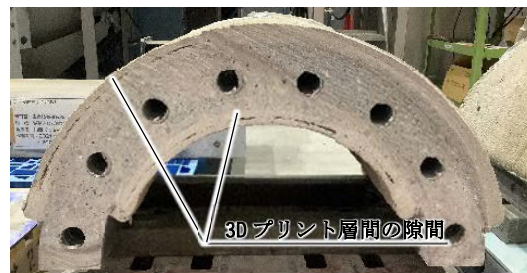


写真-1 試験体切断面

キーワード 3D プリント、埋設型枠、載荷試験

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株) 大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL03-5769-1322

3. ブロックの載荷試験

(1) 試験概要

試験体が所定の単体性能を有しているかを確認するため、切断した 600mm ブロックに対して曲げ載荷試験を行った。試験の要領図を図-2 に示す。載荷方法は中央 2 点の単調載荷とし、載荷 10kN 毎に変位を測定した。なお、シース管内部には無収縮モルタルを充填した。

予め道路橋示方書¹⁾に記載の方法により算出した断面の降伏・終局曲げモーメントを求め、それに至る荷重をフレーム計算で逆算した値を表-3 に示す。

(2) 結果

試験により得られた荷重-変位関係を図-3 に示す。吹付け・流込み試験体ともに降伏荷重は理論値と実験値が概ね一致し、破壊荷重は実験値が理論値を上回った。両者を比較すると、流込み試験体の方が最終的な破壊荷重が大きくなっている。

載荷後の試験体断面を見ると、流込み試験体では 3D プリント層と内部コンクリート間にひび割れや剥離は見られず、両者の一体性は良好であった(写真-2)。この結果から、3D プリント層と内部コンクリートが一体となって荷重に抵抗できていると判断できる。また両者の付着には 3D プリント積層時に形成される凹凸形状も寄与していると考えられる。一方、吹付け試験体はコンクリートの充填不足箇所からひび割れが発生した(写真-3)。また、両試験体で 3D プリント層間にひび割れが生じた。これは試験体切断面に見られた 3D プリント層間の隙間が原因だと考えられる。このひび割れから早々に圧壊して荷重低下するようなことはなく、計算上の終局曲げモーメントを上回る荷重まで伸びているので影響はそれほど大きくないが、原因と考えられる 3D プリント層間の隙間はプリント方法の変更で回避することが可能であると考えている。

4. まとめ

3D プリントにより製作した埋設型枠と内部コンクリートからなる PCa ブロックが、良好に一体化して RC 構造としての性能を有していることを確認した。

今回の実験は $\phi 1000\text{mm}$ の半円形で行ったが、今後は杭体を模した試験体の曲げ試験を行い、性能を確認したい。

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋・コンクリート部材編（平成 29 年）

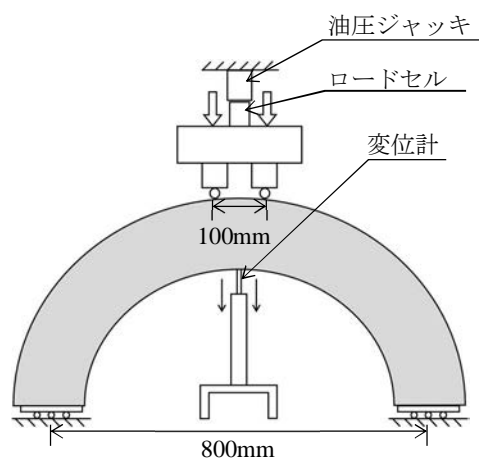


図-2 曲げ載荷試験要領図

表-3 降伏・破壊荷重計算値

	降伏値	終局値
曲げモーメント(kN・m)	17.897	21.199
荷重(kN)	127.0	150.6

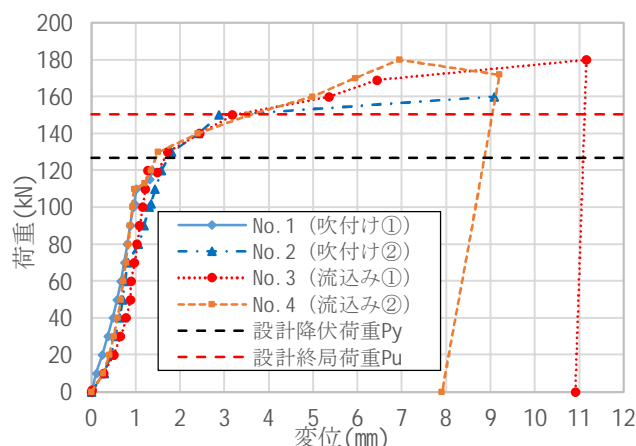


図-3 荷重-変位関係



写真-2 流込み試験体載荷後



写真-3 吹付け試験体載荷後