部分プレキャスト部材を用いたボックスカルバート壁部材の正負交番載荷試験

東急建設株式会社　正会員　○笠倉　亮太　黒岩　俊之　早川　健司
旭コンクリート工業株式会社　岸　秀樹　福田　俊　坂元　直也

1．はじめに

近年，建設工事の生産性向上が求められており，コンクリート工では，プレキャスト製品によるコスト，工期の削減および生産性の向上が注目されている[1)]．

ここで，ボックスカルバートの構築工事では，以前からプレキャスト製品を用いた躯体構築が行われている[2)]．しかしながら，運搬車両や揚重機等の施工機械の制約から，中型以下のボックスカルバートに適用が限られてきた．そこで，筆者らは大型のボックスカルバートに対して，プレキャスト化による生産性向上を図る「PPCa（Partial PreCast）ボックスカルバート」の開発を行っている[3)]．工法概要を**図 1** に示す．本工法は，側壁，頂版部材に軸方向，配力鉄筋および幅止鉄筋を内包したプレキャスト部材を部分的に用い，配力鉄筋等を組み立てた後に現場打ち(中詰め)コンクリートにて一体化することでボックスカルバートを構築する工法である．本工法では，プレキャスト部材の接合に機械式継手を用いており，施工性を考慮し，同一断面内に継手を配置している．また，壁部材の部材端では塑性ヒンジ部内に継手が配置される．加えて，部分的にプレキャスト部材を用いることで，せん断補強鉄筋として機能すると考えられる幅止め鉄筋があき重ね継手となっている．そこで，本工法にて構築したボックスカルバート壁部材の部材耐力や破壊性状を確認することを目的に，壁試験体の正負交番載荷試験を行った．本稿では，その試験結果について報告する．

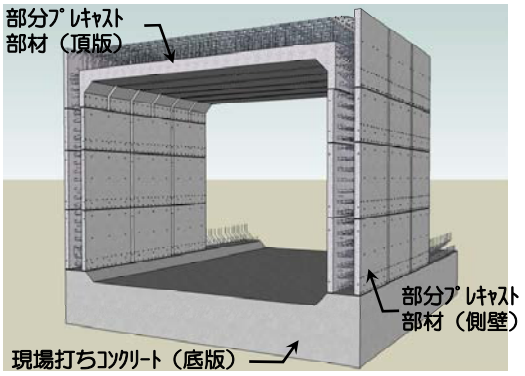

図 1　工法概要図

2．実験概要

試験体の諸元を**表 1**，試験体の寸法および配筋を**図 2** に示す．試験体は，ボックスカルバートの壁部材端部を模した実大試験体 2 体である．基準試験体となる No.1 は RC 構造とし，ハンチ始点を打継ぎとした現場打ちコンクリートにより製作している．幅止め鉄筋は実構造に則し，片側直角，片側半円フックとしている．一方，No.2 は No.1 に対し，壁部材に軸方向鉄筋，配力鉄筋および両端半円フックとした幅止め鉄筋が内蔵されたプレキャスト側壁部材（以下、PCa 部材）を用いた PPCa 構造であり，軸方向鉄筋をハンチ始点上にてモルタル充填継手により接合し，PCa 部材を型枠とし，妻側に鋼製型枠を設置した後，中詰めコンクリートの打込みを行っている．なお，PCa 部材の打継面は，PCa 部材の製作時に遅延剤散布による表面処理を行っている．また，PCa 部材とハンチ始点はモルタル充填継手の施工のため 20mm の隙間を設けており，モルタル充填継手のモルタル充填と同時に隙間を充填している．試験変数は PCa 化による鉛直打継ぎ，同一断面かつ塑性ヒンジ部内の継手および幅止め鉄筋の重ね継手である．使用した

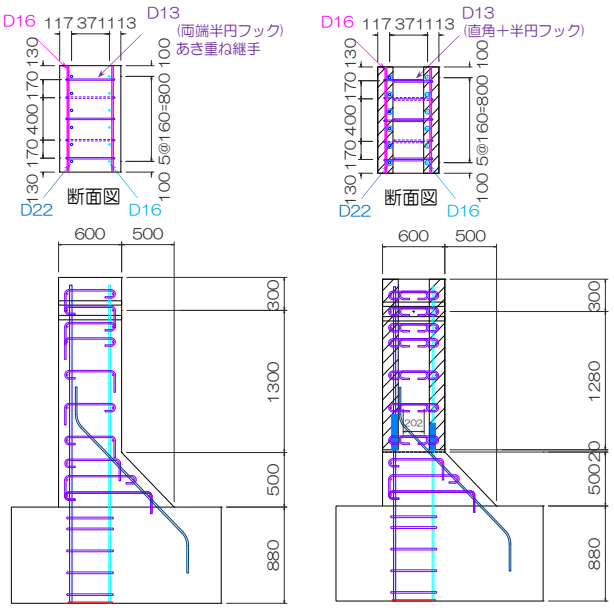

図 2　試験体寸法および配筋（単位：mm）

表 1　試験体諸元

No	形式	継手	高さ×幅 mm	有効高さ* mm	せん断スパン mm	軸応力 N/mm²	引張軸方向鉄筋* 規格-径 本数-間隔 mm	引張軸方向鉄筋* 鉄筋比 %	幅止め鉄筋 規格-径 組-間隔 mm	幅止め鉄筋 鉄筋比 %
1	RC	モルタル充填	600×1000	484 (488)	1800	1.00	SD345-D22 (D16) 6-160	0.480 (0.244)	SD345-D13 2.5-300	0.106
2	PPCa			477 (475)						

＊：( )内は内側軸方向鉄筋

キーワード　ボックスカルバート，プレキャストコンクリート，機械式継手，正負交番載荷試験
連絡先　〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設株式会社 技術研究所 Tel:042-763-9507

© Japan Society of Civil Engineers

表 2　材料試験値（鉄筋）

鋼材種類	用途	降伏強度 N/mm²	引張強度 N/mm²	弾性係数 kN/mm²
SD345-D22	外側軸方向	373	548	190
SD345-D16	内側軸方向 ハンチ，配力	370	536	191
SD345-D13	幅止め	360	550	191

表 3　材料試験値（コンクリート，モルタル）

No	壁		基礎，ハンチ		PCa 部材		充填モルタル
	圧縮強度 N/mm²	弾性係数 kN/mm²	圧縮強度 N/mm²	弾性係数 kN/mm²	圧縮強度 N/mm²	弾性係数 kN/mm²	圧縮強度 N/mm²
1	32.1	23.8	41.7	25.5	－	－	－
2	31.9	23.9	54.2	28.6	78.2	37.3	97.4

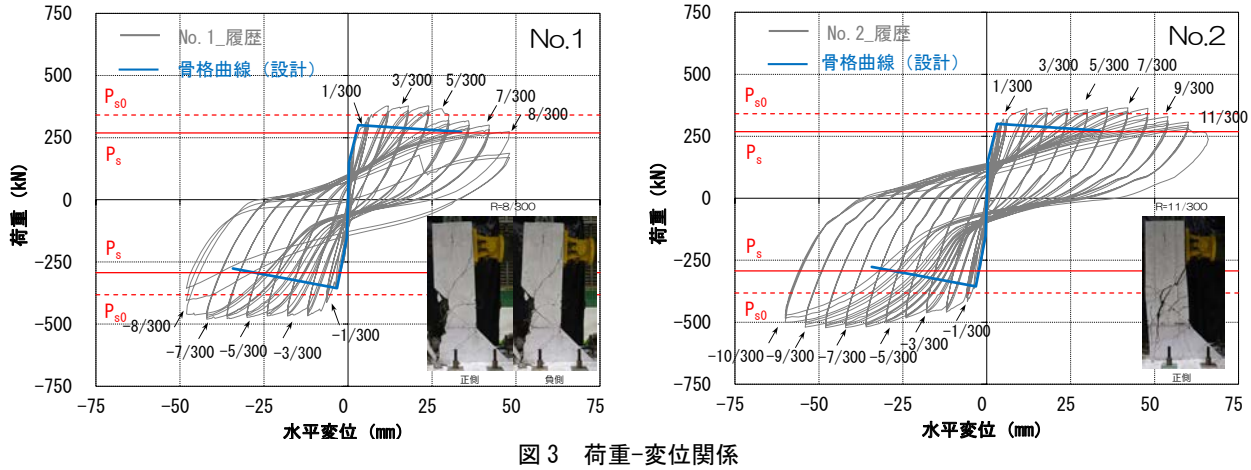

図 3　荷重-変位関係

材料の材料試験結果を**表 2，3** に示す．載荷は，地震時を想定した軸応力を 1.0N/mm² とし，軸方向鉄筋の降伏変位 δ_y を基準とした正負交番載荷とした．なお，No.1 が δ_y=6.0mm(部材角 R=1/300)であることから，比較のため，No.2 では R=1/300 を基準変位としている．

3．実験結果

試験体の荷重-変位関係を**図 3** に示す．図中には，終局時の損傷状況とハンチ高さの 1/3 を考慮し(ハンチ鉄筋無視)，材料試験結果を用いて道路橋示方書 [4]により算出した骨格曲線，補正係数 c_c[4]=0.6 とした壁断面のせん断力の制限値 P_s および c_c=1.0 としたせん断耐力の制限値 P_{so} を併せて示している．なお，算定値は現場打ちまたは中詰めコンクリートの圧縮強度を用いて算出しており，鉛直打継ぎは考慮していない．

RC 構造である No.1 は，軸方向鉄筋の降伏である R=1/300 までにハンチ始点に曲げひび割れが発生し，その曲げひび割れ幅が拡大することで損傷が進展した．R=5/300 載荷時に壁上部に斜めひび割れが発生し，荷重が低下傾向となり，載荷とともにかぶりが剥落し，緩やかに荷重が低下し，R=8/300 にて載荷を終了した．一方，PPCa 試験体である No.2 は，R=1/300 までに No.1 と同様に曲げひび割れが発生し，損傷が進展するものの，No.1 にて荷重低下傾向を示した R=5/300 時でも荷重が低下することなく，R=8/300 時に曲げひび割れから斜めひび割れに進展したひび割れ幅が開くことで荷重低下の傾向を示した．R=11/300 載荷時に壁上部の斜めひび割れ幅が拡大し，荷重低下したため載荷を終了した．No.1，2 ともに，曲げ降伏後の繰り返し載荷によりせん断損傷が卓越し，破壊に至ったと考えられる．No.2 では No.1 よりも変形性能の向上が認められる．No.2 では，幅止め鉄筋があき重ね継手であるものの，せん断補強鉄筋として機能し，せん断損傷が抑制されたため，変形性能が向上したものと考えられる．また，No.1，2 ともに，実験値は骨格曲線を包含しており，最大耐力はほぼ同等である．PCa 化による鉛直打継ぎや軸方向鉄筋の同一断面かつ塑性ヒンジ部での機械式継手が曲げ耐力に与える影響は小さく，PPCa 構造とした No.2 は RC 構造の No.1 と同等以上の変形性能を有するものと考えられる．

4．おわりに

本実験の範囲にて得られた所見を以下に示す．

1) PPCa 構造とした No.2 は RC 構造である No.1 と同様に曲げ降伏後のせん断損傷により荷重低下が生じた．
2) No.2 は同一諸元の RC 構造である No.1 と同等の耐荷力を有し，変形性能は向上する．
3) 幅止め鉄筋を両端半円フックとし，あき重ね継手とした場合でも，せん断補強鉄筋として機能する．
4) 部材間に隙間を設け，モルタル充填継手とともに隙間を充填した場合，同一断面かつ塑性ヒンジ部に配置されたモルタル充填継手が耐力，変形性能に与える影響は小さいものと考えられる．

参考文献

1) 土木学会：コンクリートライブラリー148 コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案，2016.12.
2) 日本 PC ボックスカルバート製品協会：プレキャストボックスカルバート設計施工要領・同解説，2012.
3) 黒岩俊之他：部分的にプレキャスト化した RC 部材の単純梁の載荷試験，第 75 回土木学会年次学術講演会概要集，V-227，2020.
4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2017.

謝辞

本実験の実施にあたり，早稲田大学小泉淳名誉教授をはじめ，(一財)先端建設技術センター，PPCa ﾎﾞｯｸｽｶﾙﾊﾞｰﾄに関する先端建設技術・技術審査証明委員会の関係各位に多大なご指導を頂きました．ここに記して感謝の意を表します．

© Japan Society of Civil Engineers