

頂版・側壁をハーフプレキャストとしたカルバート隅角部の合理化構造の実験

清水建設（株） 正会員 ○吉村友李 荒木尚幸 土屋雅徳 齋藤寛
 （株）横河住金ブリッジ 正会員 竹内大輔
 ジオスター（株） 正会員 中谷郁夫 小山直人

1. はじめに

著者らは、生産性向上を目的として、比較的規模の大きい開削トンネルの函体に適用するハーフプレキャスト構造の開発を行っている。既報^{1)~2)}では、主鉄筋を内蔵した2枚のPCa版をせん断補強鋼板で接続し、PCa版間を現場打ちコンクリートで充填する側壁の構造について報告した。

今回、同様の構造を有する側壁と頂版の接合部（隅角部）に関して、施工の合理化を目的として、各部材のせん断補強鋼板を隅角部で重ね合せた構造を提案し、実験による構造性能の検証を実施した。その結果、提案した隅角部構造は、従来のRC構造と比較して良好な耐荷性能を有することが明らかになった。

2. 構造概要

今回提案するハーフプレキャストの側壁と頂版および隅角部の構造概要を図-1に示す。隅角部は、側壁・頂版それぞれから延長されたせん断補強鋼板を重ね合せて接合する構造である。図-1では頂版上面側の鉄筋は省略されているが、実際は頂版上面にも主鉄筋を配置し、側壁の外側鉄筋と連続させる。せん断補強鋼板は、側壁・頂版とも、幅2mのPCa版に対して2枚配置し、仕様はRC部材の設計から決まるせん断補強鉄筋と耐力ベースで同等となるように設定する。図-1に示す隅角部内のせん断補強鋼板には、コンクリートとの付着を高める目的で、ウェブの両面に約250mmピッチでスタッドを溶接する。

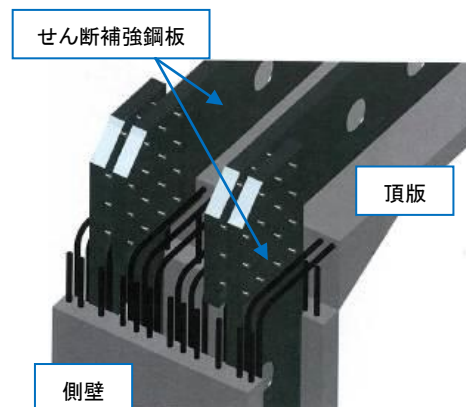


図-1 ハーフPCa部材を用いた隅角部接続構造

3. 実験概要

(1) 試験体の概要

試験体の形状寸法および配筋、鋼板の仕様を図-2、表-1に示す。なお縮尺は想定実機の1/3とした。配筋は想定実機の鉄筋比と同等となるよう、せん断補強鋼板は想定実機と同等のせん断耐力負担率となるよう仕様を決定している。

表-1 想定実機と試験体諸元の比較

		構造寸法(mm)		主筋 (正負とも)	せん断補強鋼板
		幅	高さ		
想定実機	頂版	2000	1680	12-D51	H1240×150×12×25(35)
	側壁	2000	1410		H927×150×12×12
試験体	頂版	650	560	6-D25	H414×50×4.5×9(12)
	側壁	650	740		H309×50×4.5×4.5

※()内は下フランジ厚を示す

表-2 鉄筋の材料試験結果

鋼種	径	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
SD295	D10	362	499
	D13	371	525
SD345	D25	359	551
	タイ材D25	408	582

表-3 コンクリートの材料試験結果

項目	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (×10 ³ N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
N試験体	35	34.3	24.9	2.34

表-4 鋼材の材料試験結果

鋼種	厚さ (mm)	降伏点 (Mpa)	引張強度 (Mpa)
SS400	4.5	298	440
	9.0	290	449
	12.0	312	440

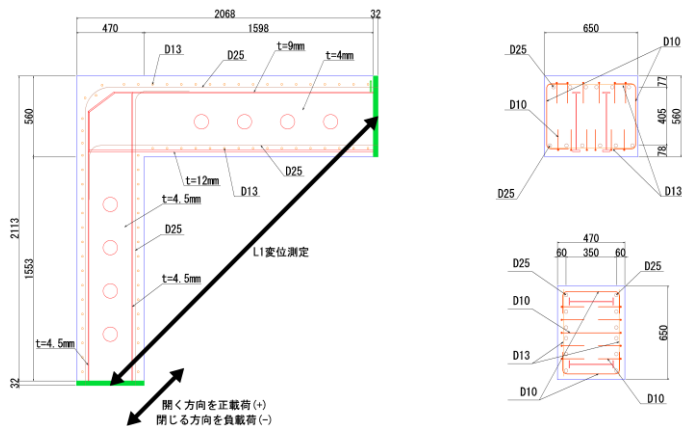


図-2 試験体形状と配筋図

キーワード 生産性向上, ボックスカルバート, 隅角部, ハーフプレキャスト, 複合構造

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 清水建設（株）土木技術本部 設計部 TEL 03-3561-3897

コンクリートは設計基準強度 30N/mm^2 であるが、粗骨材の最大寸法は縮尺に合わせて 13mm とした。なお、実構造物は函体軸方向に連続しているが試験体は不連続であることを考慮し、試験体の側面に補強鉄筋 (D10) を 100mm ピッチで配置した (隅角部を除く)。表-2、表-3、表-4 に試験体に用いた材料の試験結果を示す。

(2) 载荷概要

载荷は、L 字形試験体の対角上に押し引きが可能な油圧ジャッキを設置し、変位量で制御しながら軸力、曲げ、せん断を正負繰返し载荷した(図-2)。载荷ステップは表-5 の通りとし、繰返し回数は変形角 0.1% および $6.0\sim 9.0\%$ については 1 回、それ以外の変形角では 3 回とした。

表-5 载荷ステップ

载荷ステップ	Step.1	Step.2	Step.3	Step.4	Step.5	Step.6	Step.7
変形角	0.1%	0.3%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%
対角変位	$\pm 1.5\text{mm}$	$\pm 9.0\text{mm}$	$\pm 11.6\text{mm}$	$\pm 19.1\text{mm}$	$\pm 26.7\text{mm}$	$\pm 34.3\text{mm}$	$\pm 41.8\text{mm}$
繰返し回数	1回	3回	3回	3回	3回	3回	3回
载荷ステップ	Step.8	Step.9	Step.10	Step.11	Step.12	Step.13	Step.14
変形角	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%
対角変位	$\pm 49.4\text{mm}$	$\pm 64.5\text{mm}$	$\pm 79.7\text{mm}$	$\pm 94.8\text{mm}$	$\pm 109.9\text{mm}$	$\pm 125.1\text{mm}$	$\pm 140.2\text{mm}$
繰返し回数	3回	3回	3回	1回	1回	1回	1回

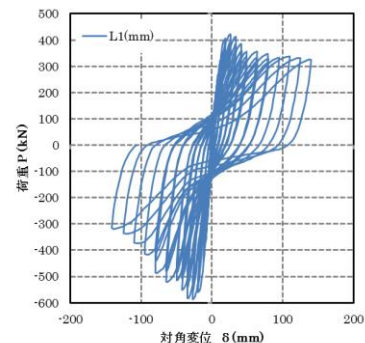


図-3 荷重変位関係(当該試験体)

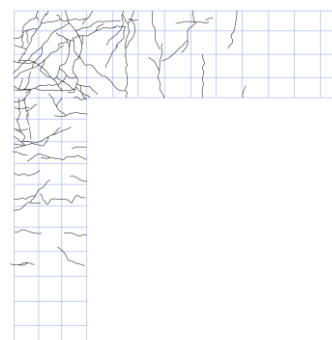


図-4 変形角 2.0%時のひび割れ状況

4. 実験結果

実験結果を表-6 に、荷重-変位関係を図-3 に示す。

表-6 実験結果

载荷方向	降伏荷重(kN)		最大荷重(kN)		最終ステップ時の荷重(kN)	
	Step (変形角)	荷重値	Step (変形角)	荷重値	荷重値	降伏荷重に対する比率
正側	Step.4 (±1.0%)	405.8	Step.5 (±1.5%)	423.6	326.0	0.80
負側		-561.6		-587.7	-316.9	0.56

隅角部のひび割れは、正側载荷ではアーチ状のひび割れが、負側载荷では扇状のひび割れが生じた。変形角 2.5% まではひび割れの程度は軽微であったが、それ以降は割裂ひび割れが多く発生した。

初期降伏荷重の保持は、正側負側ともに変形角 2.0% までであった。その時点のひび割れ状況を図-4 に示す。荷重の低下は、最大荷重の 80% が正側負側ともに変形角 6.0% 時であり、荷重の低下が緩やかであることが確認された。また実験では、変形角 9.0% まで载荷を行ったが、その時点の荷重は、表-6 の通りであり、大変形時においても荷重が保持でき、かつ靱性を有していることが確認できた。

図-5 は、側壁の隅角部付け根の終局曲げ耐力およびせん断耐力を同等とした同断面積の RC 隅角部実験³⁾ との実験結果の比較である。最大荷重値は、当該試験体の方が RC 試験体よりも大きく、正側で 1.38 倍、負側で 1.21 倍となった。また、履歴ループの面積も当該試験体の方が大きいことから、RC 試験体よりもエネルギー吸収が大きく得られることが示唆されたものと考えられる。

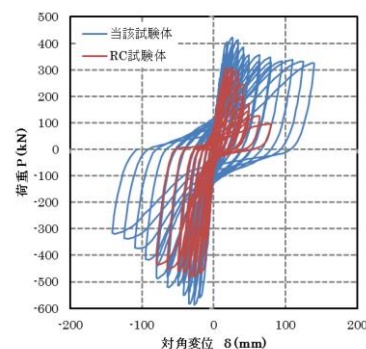


図-5 当該試験体と RC 試験体との比較

5. まとめ

頂版・側壁をハーフプレキャストとした場合の合理的な隅角部構造を確立するために実験を行った。

鋼板を重ね合わせる構造により隅角部を補強することで、最大荷重からの荷重低下が少なく、かつ、靱性に富んだ隅角部の性能が得られることが分かった。

参考文献

- 1) 大田ら：開削トンネルの RC 壁部材に用いるハーフプレキャスト構造の開発，土木学会第 71 回年次学術講演会，VI-375
- 2) 樋本ら：RC 壁部材にせん断補強鋼板を用いたハーフプレキャスト構造に関する検討，土木学会第 71 回年次学術講演会，VI-376
- 3) 荒木ら：接合部を補強した RC カルバート隅角部の交番载荷実験，土木学会第 72 回年次学術講演会，投稿中
- 4) 林ら：鋼材重ね合せ機構によるハーフプレキャスト隅角部接合構造の FEM 解析，土木学会第 72 回年次学術講演会，投稿中