

壁高欄のプレキャスト埋設型枠と現場打ちコンクリートの一体性確認試験

(株)IHIインフラ建設	正会員	工修	○高木	祐介
(株)IHIインフラ建設	正会員		小林	崇
(株)IHIインフラ建設			若林	良幸
(株)IHIインフラ建設	正会員	工修	赤松	輝雄

キーワード：壁高欄，プレキャスト，埋設型枠，曲げ試験

1. はじめに

近年、品質向上や工期短縮を目的に、コンクリート製壁高欄にプレキャスト壁高欄やプレキャスト埋設型枠が用いられている。DEWパネル（写真-1）は、設計基準強度 $40\text{N}/\text{mm}^2$ のコンクリートを使用し、コンクリート内に二層塗りエポキシ樹脂電着塗装にて防錆処理した安価な補強材（写真-2）であるエキスパンドメタル（JIS G 3131, JIS G 3351 相当）や孔を設けた形鋼（JIS G 3131 SPHC相当）を内部に設置した厚さ30mmのプレキャスト埋設型枠である。補強材の二層塗りエポキシ樹脂電着塗装は、通常の一層の電着塗装と比較し、エッジ部分などの防錆を強化する特殊なエポキシ樹脂電着塗装であり、船舶輸送時に塩分が直接接触する可能性のある腐食環境条件の厳しい自動車部品などの防錆処理に使用されている。DEWパネルは、これまで合成床版の壁高欄背後の張出し足場の省略などを目的に壁高欄背面に使用されており、数多くの実績がある。開発にあたっては、重錘を用いた衝撃荷重試験により、通常の壁高欄と比較し、破壊性状やコンクリート片飛散量などに関して優れた耐衝撃性能を有することが確認されている¹⁾。

現在、DEWパネルをこれまでの合成床版の壁高欄背面での適用だけでなく、床版取替工事に用いるプレキャストPC床版の壁高欄前面への適用（図-1）を目指した開発を行っている。プレキャストによる品質向上だけでなく、施工条件にはよるものの従来の木製型枠における脱型や表面仕上げの省略により工期短縮や省力化が可能となる。また、プレキャスト壁高欄と異なり、クレーンなどの重機を使用せずに設置できることや、通信管などの添加物の設置に対して自由度が高いなどの利点があ

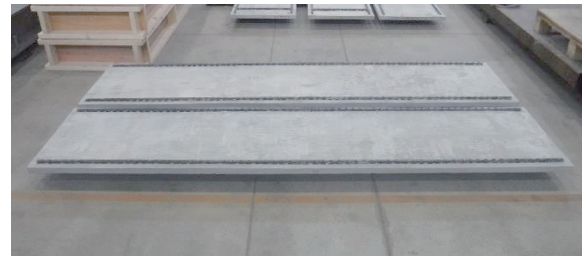


写真-1 DEW パネル

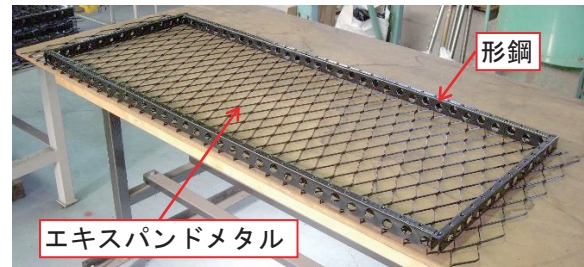


写真-2 エキスパンドメタルと形鋼

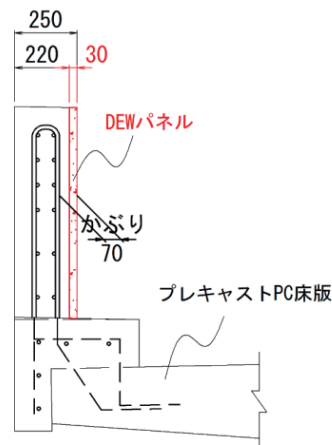
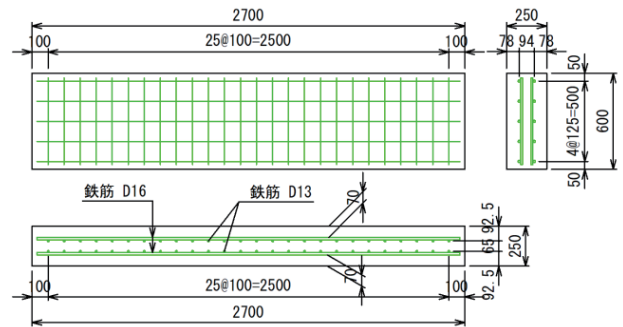


図-1 DEW パネルの壁高欄前面への適用

る。プレキャストPC床版の壁高欄前面への適用にあたっては、DEWパネルの固定方法や現場打ちコンクリートの充填性、現場打ちコンクリートとの一体性などの検討を進めている。DEWパネルを用いた壁高欄は、DEWパネルの内側表面から突出させた形鋼と現場打ちコンクリート接触面のホウキ目処理の凹凸(写真-3)によるずれ抵抗により、DEWパネルと現場打ちコンクリートの一体化を図る構造である。過去に実施された試験では、圧縮縁にDEWパネルを設置したRC板供試体による静的曲げ試験を実施し、鉄筋降伏以降まで、DEWパネルと現場打ちコンクリートにずれが生じずに一体性を有していることを確認している²⁾。しかし、当時は圧縮縁にDEWパネルを設置した供試体のみによる試験であったため、今回、引張縁にDEWパネルを設置したRC板供試体を製作し、壁高欄高さ方向の曲げ挙動を想定した静的曲げ試験を実施し、DEWパネルと現場打ちコンクリートとの一体性および静的挙動を確認することとした。



写真-3 DEWパネル内側表面

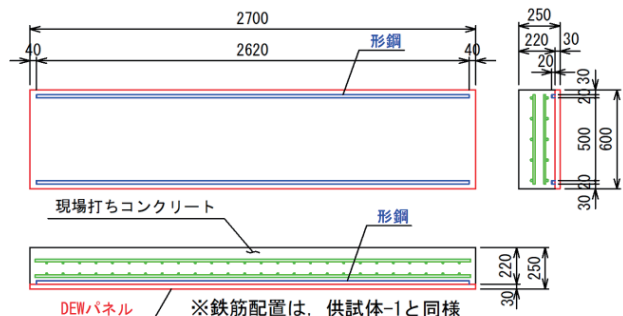


(a) 供試体-1 現場打ちコンクリート単体

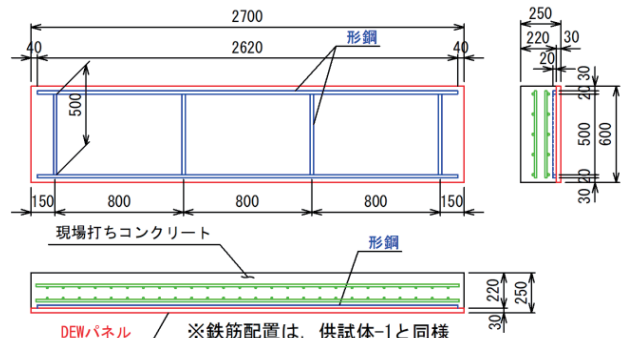
2. 静的曲げ試験

2.1 試験概要

供試体の概要図を図-2に示す。供試体は、現場打ちコンクリート単体、供試体軸方向(壁高欄の鉛直方向)に形鋼を設置したDEWパネル+現場打ちコンクリート、供試体軸方向および幅方向(壁高欄の水平方向)に形鋼を設置したDEWパネル+現場打ちコンクリートの3種類とし、各供試体ともに3体ずつ製作した。供試体の寸法は、図-1に示した直壁型壁高欄より厚さ250mm、DEWパネル1枚の水平方向の長さより幅を600mmとし、軸方向の長さを2700mmとした。鉄筋配置は、車両用防護柵標準仕様・同解説³⁾の直壁型壁高欄SA種において、供試体の鉄筋降伏荷重が大きくなるよう壁高欄標準部よりも鉄筋量が多い壁高欄端部の鉄筋配置「供試体の軸方向(壁高欄鉛直方向)D16ctc125mm、供試体の幅方向(壁高欄水平方向)D13ctc100mm」とした。表-1に、載荷試験時のコンクリートの材料試験結果を示す。現場打ちコンクリートは、収縮補償程度の膨張材(20kg/m³)を添加した設計基準強度30N/mm²のコンクリートを、DEWパネルは、設計基準強度40N/mm²のコンクリー



(b) 供試体-2 DEWパネル+現場打ちコンクリート



(c) 供試体-3 DEWパネル(幅方向形鋼追加)+現場打ちコンクリート

図-2 供試体の概要図

トを使用した。

図-3に荷重位置および計測位置図を示す。荷重は、支持間隔 2.4m の単純支持とし、支間中央部の 400mm の範囲を等曲げ区間とする 2 点荷重とした。計測項目は、支間中央における鉛直変位、コンクリートおよび鉄筋ひずみとし、DEW パネルを用いた供試体-2, 3 については、供試体端部にて現場打ちコンクリートと DEW パネルの相対変位(ずれ変位)を計測した。

2. 2 試験結果

図-4に荷重荷重と支間中央の鉛直変位の関係を示し、表-2にひび割れ発生荷重, 鉄筋降伏荷重, 最大荷重の結果を示す。

全供試体において、ひび割れ発生後の鉄筋降伏まではほぼ線形的な挙動を示し、上縁コンクリートの曲げ圧縮破壊に至った。その間、DEWパネルと現場打ちコンクリートの剥離破壊は生じなかった。また、DEWパネルの供試体軸方向に形鋼を設置した供試体-2と、供試体幅方向にも形鋼を設置した供試体-3の荷重荷重と鉛直変位の関係に明確な違いは見られず、DEWパネルと現場打ちコンクリートのずれ変位は最大でも0.002mmであり、ずれ変位は生じていなかった。したがって、供試体軸方向に設置した形鋼とホウキ目処理の凹凸によるずれ抵抗により、最大荷重までDEWパネルと現場打ちコンクリートの一体性が確保されたと考えられる。

供試体-2, 3の平均ひび割れ発生荷重 (45.7kN, 42.7kN) は、供試体-1の平均ひび割れ発生荷重 (33.9kN) よりも大きくなった。この理由として、DEWパネルのコンクリートの引張強度が現場打ちコンクリートよりも大きいこと、DEWパネルのエキスパンドメタルによりひび割れ抵抗性が高くなったことが考えられる。ひび割れ発生状況の一例として、荷重荷重100kNでの供試体-2側面のひび割れ発生状況を写真-4に示す。供試体下縁から発生したひび割れは、DEWパネルと現場打ちコンクリートの界面でも連続して伸展していることが確認された。

平均ひび割れ発生荷重と同様に、供試体-2, 3の平均鉄筋降伏荷重および平均最大荷重は、供試体-1よりも大きくなった。また、同荷重における供

表-1 コンクリート材料試験結果

	圧縮強度 f'c (N/mm ²)	弾性係数 Ec (N/mm ²)	引張強度 ft (N/mm ²)
現場打ち	38.3	30000	2.63
DEWパネル	52.6	33520*1	3.23*2

*1, *2は、推定値⁴⁾
 *1 : $E_c = (3.1 \times (f'c - 40) / 50) \times 10^4$
 *2 : $f_t = 0.23 f'c^{2/3}$

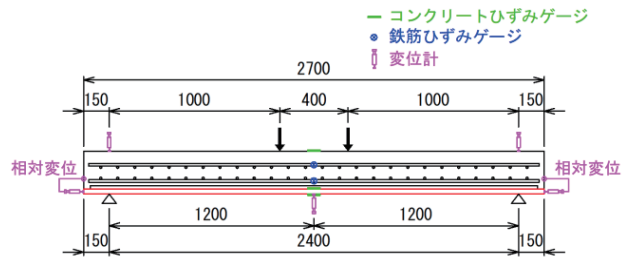


図-3 荷重位置および計測位置図

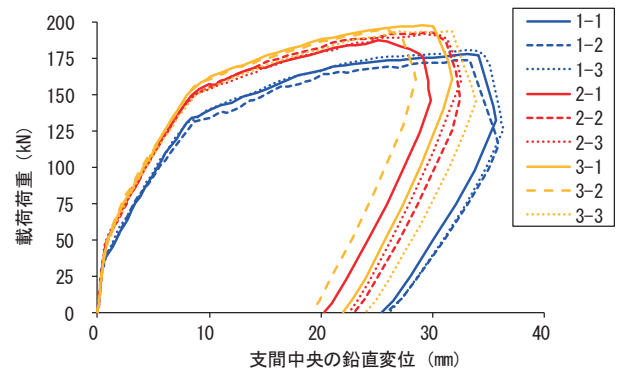


図-4 荷重荷重と鉛直変位

表-2 各荷重の結果

単位 : kN

供試体名	ひび割れ発生荷重		鉄筋降伏荷重		最大荷重	
	個別	平均	個別	平均	個別	平均
1-1	32.5	33.9	133.8	132.7	178.5	177.7
1-2	34.5		133.7		173.8	
1-3	34.7		130.5		180.9	
2-1	47.3	45.7	154.4	152.6	187.4	190.4
2-2	42.5		153.7		193.3	
2-3	47.4		149.6		190.5	
3-1	45.4	42.7	158.5	157.4	197.9	195.5
3-2	42.5		159.2		194.6	
3-3	40.2		154.5		194.0	



写真-4 側面のひび割れ発生状況 (供試体 2-2, 荷重荷重 100kN)

試体-2,3の鉛直変位は供試体-1よりも小さく、供試体-2,3の曲げ剛性は供試体-1よりも大きくなった。表-3に、載荷荷重100kNでの各供試体の上縁コンクリートひずみおよび下側鉄筋ひずみを示す。供試体-2,3の上縁コンクリートの圧縮ひずみは、供試体-1よりも小さく、供試体-2,3の下側鉄筋の引張ひずみも供試体-1よりも小さくなっている。これらの結果より、DEWパネルと現場打ちコンクリートの一体性が確保され、引張材として鉄筋に加えてDEWパネルのエキスパンドメタルおよび形鋼が抵抗したと考えられる。

載荷荷重100kNの供試体側面および破壊後の供試体側面・下面にて目視で確認可能であったひび割れの発生本数を表-4に示す。載荷荷重100kN、破壊後ともに、供試体-2,3のひび割れ本数は、供試体-1よりも多くなっていた。また載荷中は、供試体-1では、供試体下面のひびわれが局所化し、1箇所のひび割れ開口が卓越している傾向があるのに対し、供試体-2,3は供試体-1よりもひび割れ開口が分散傾向にあった。これらは、DEWパネルのエキスパンドメタルによるひび割れ分散効果によるものと考えられる。

表-3 載荷荷重 100kN での上縁コンクリートひずみおよび下側鉄筋ひずみ

(-: 圧縮, +引張) × 10⁻⁶

供試体名	上縁コンクリートひずみ		下側鉄筋ひずみ	
	個別	平均	個別	平均
1-1	-774	-705	1282	1093
1-2	-688		1064	
1-3	-652		934	
2-1	-587	-575	918	827
2-2	-575		831	
2-3	-562		732	
3-1	-568	-591	813	834
3-2	-588		961	
3-3	-616		728	

表-4 ひび割れ本数

単位: 本

供試体名	載荷荷重100kN			破壊後				
	側面			側面			下面	
	面-1	面-2	平均	面-1	面-2	平均	個別	平均
1-1	6	7	6.7	8	9	8.8	8	8.3
1-2	7	6		10	9		9	
1-3	7	7		8	9		8	
2-1	9	8	9.2	11	10	11.5	10	10.7
2-2	9	10		11	12		11	
2-3	9	10		12	13		11	
3-1	9	9	9.0	11	10	12.0	10	10.7
3-2	9	8		12	14		11	
3-3	9	10		13	12		11	

3. おわりに

本試験では、引張縁にDEWパネルを設置したRC板供試体にて静的曲げ試験を実施し、DEWパネルと現場打ちコンクリートの一体性および静的挙動を確認した。得られた結果は、以下のとおりである。

- (1) DEWパネルと現場打ちコンクリートのずれ変位は生じず、供試体軸方向に設置した形鋼とホウキ目処理の凹凸によるずれ抵抗により、最大荷重までDEWパネルと現場打ちコンクリートの一体性が確保されていた。
- (2) 引張縁にDEWパネルを設置した供試体は、現場打ちコンクリート単体と比較し、ひび割れ発生荷重、鉄筋降伏荷重、最大荷重が大きくなった。この理由として、引張材として鉄筋に加えてDEWパネルのエキスパンドメタルおよび形鋼が抵抗したことが考えられる。
- (3) DEWパネルのエキスパンドメタルによるひび割れ分散効果が確認された。

今後、DEWパネルの固定方法などの施工性を検討するため、施工実験を実施する予定である。

参考文献

- 1) 山口隆一, 中村善彦, 小守正文, 古内仁: 残存型枠を用いた壁高欄の衝撃荷重載荷試験, 土木学会第65回年次学術講演概要集V-650, pp. 1299-1300, 2010.9
- 2) 山口隆一, 中村善彦, 小守正文: 残存型枠を用いた壁高欄の合成効果の評価, 土木学会第66回年次学術講演概要集V-559, pp. 1117-1118, 2011.9
- 3) 日本道路協会: 車両用防護柵標準仕様・同解説, p. 68, 2004.3
- 4) 土木学会: 2017年制定 コンクリート標準示方書[設計編: 本編], pp. 38-43, 2017