

35 その他

孔明き鋼板を有する継手構造の輪荷重走行試験

日本橋梁建設土木施工管理技士会
株式会社 IHI インフラシステム
課長
北村 耕一

1. はじめに

床版取替工事では、工事完了までに長期間の交通規制を伴う場合が多く、それによる経済損失が大きい。そのため、床版取替作業の時間短縮が求められており、それを実現する床版取替工法、各工種の機器、床版構造の改良・開発が進められている。その中でプレキャストPC床版の継手構造は、従来標準的に用いられてきたループ継手と比較して、床版厚や継手長を小さくして現場コンクリートの打設量を少なくすることや、施工を簡素化することで作業時間の短縮が可能な継手構造が提案されている。

本研究では、ループ継手に替わる新たな継手構造として、図-1に示す上下段の配力鉄筋先端に孔明き鋼板を連結した継手構造（以下、孔明き鋼板継手）を提案するものであり、NEXCOが規定するプレキャストPC床版接合部の疲労耐久性試験方法（以下、試験方法442）¹⁾に準ずる試験を行った結果を示す。



図-1 孔明き鋼板継手

2. 孔明き鋼板継手の概要

孔明き鋼板継手は、プレキャストPC床版の橋軸方向継手に適用するものであり、図-2に示すように上下段の鉄筋先端に孔明き鋼板を連結した構造を有する。上下段の鉄筋の付着と、鋼板孔部と板厚面の支圧により、間詰コンクリートを介して継手部に作用する荷重を伝達する構造である。プレキャストPC床版の継手で標準的に使用されているループ継手と比較した場合、継手のラップ長を鉄筋径の11倍まで短くできることにより間詰部の現場コンクリート打設量を少なくすることや、鉄筋の曲げ半径による高さの制約を受けないため床版厚を薄くできることにより、床版重量を軽くして既設構造に作用する荷重を小さくすることがメリットとして挙げられる。図-3に床版厚

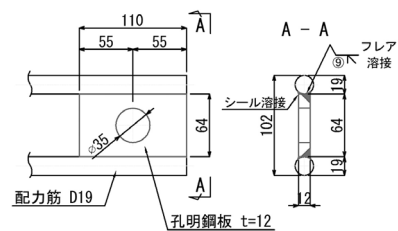


図-2 孔明き鋼板継手詳細図

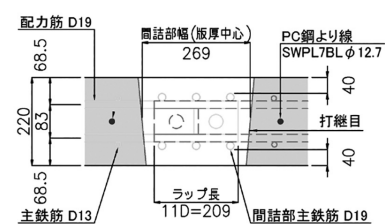


図-3 間詰部詳細図

220mmの場合の間詰部詳細図を示す。打継目は逆ハの字のテーパーを設け、間詰コンクリートとの接着性をよくするため、洗い出し処理と接着剤の塗布を行うものとする。

ループ継手ではパネル設置後にループ内に橋軸直角方向の鉄筋を差し込み、鉄筋が密に配置された状態で鉄筋を結束することが、現地施工において時間がかかる作業の1つとなっている。孔明き鋼板継手では図-4に示すように、橋軸直角方向の主鉄筋を床版厚さ方向の外側に、橋軸方向の配力筋を内側に配置しており、あらかじめ橋軸直角方向の鉄筋を結束しておくことで、設置済みパネルの上から新規パネルを落とし込むだけで間詰部の配筋まで完了でき、施工時間の短縮が期待できる。

3. 試験条件

孔明き鋼板継手の疲労耐久性検証のために実施した輪荷重走行試験の各種条件を以下に示す。

3-1 輪荷重走行試験機

試験には株式会社IHIインフラシステムが保有する輪荷重走行試験機を用いた。試験機概要図を図-5、試験機的主要仕様を表-1に示す。輪荷重試験機は、供試体の上を移動する走行体が油圧ジャッキによって供試体と上部のフレーム間で突っ張って供試体に荷重を与えた状態で、図-5

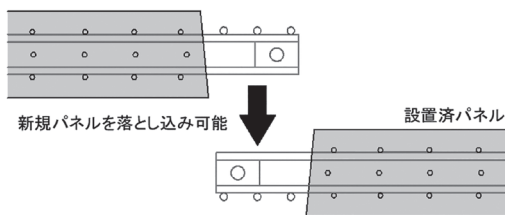


図-4 継手部の落とし込み架設

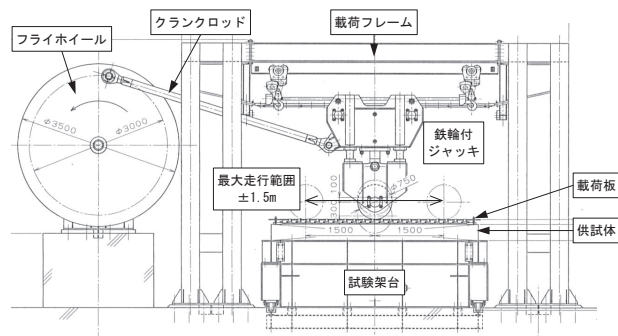


図-5 輪荷重走行試験機概要図

左側にあるフライホイールをモーターで回転させ、フライホイールからクランクロッドを介して走行体を左右に繰り返し走行させる機構である。荷重は幅320mmの鉄輪から、幅500mmの荷重板を介して供試体に荷重される。

3-2 供試体

供試体の平面寸法は上述の輪荷重試験機における標準サイズのプレキャストPC床版、すなわち図-6に示すとおり、幅2800mm、長さ4500mmとし、床版厚は220mmとした。橋軸直角方向の主鉄筋はD16で上下段とも125mm間隔で配置、橋軸方向の配力筋はD19で上下段とも150mm間隔で配置した。橋軸直角方向にプレテンション方式のプレストレスを与えるため、PC鋼より線(SWPC7BL φ12.7)を130mm間隔で配置した。

供試体幅2800mmに対して、プレストレスの付着伝達区間が供試体端部から825.5mm(PC鋼より線径の65倍)となり、輪荷重試験で想定される押し抜きせん断破壊面(幅500mmの荷重板端部から45°の面)が付着伝達区間に重なることで、

表-1 輪荷重走行試験機の仕様

項目	仕様	
形状・寸法	試験装置寸法	フレーム：H5.8m, L約8m フライホイール：R3.5m
	車輪の種類	鉄輪：R750mm, B320mm
供試体	標準寸法	B2.8m, L4.5m, D0.16~0.35m
	支持条件	長辺：単純支持, 短辺：弾性支持
駆動装置	電動機	90kW×6P×AC400V×f3×50Hz
	走行範囲	Max ±1.5m
	走行速度	Max 60回/min
荷重装置	荷重荷重	117.6kN~490kN
	ストローク	400mm

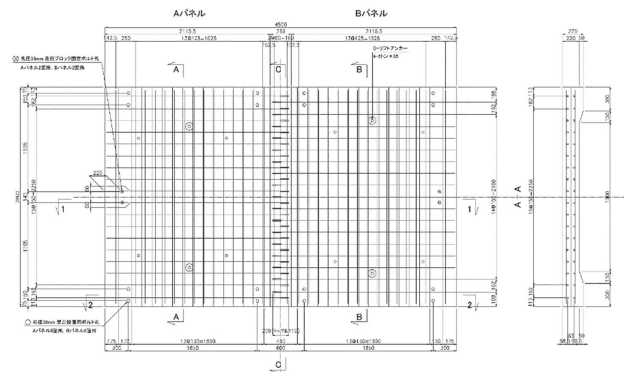


図-6 供試体概要図

供試体の破壊状態に影響をおよぼすことが懸念されたため、PC鋼より線をあらかじめ供試体端部から150mm程度突出させておき、突出部に治具を取り付けて再緊張して端部のプレストレスを確保した。また、供試体中央に図-3と同様の橋軸方向の継手を配置した。

供試体の使用材料および材料試験結果を表-2・3に示す。一般部には呼び強度50N/mm²の普通コンクリートを使用し、試験開始時の圧縮強度が50N/mm²以上になるようにした。また、間詰部には呼び強度45N/mm²の早強コンクリートを使用し、一般部より強度が低くなるようにした。

3-3 支持条件

供試体は図-7に示すとおり、長辺を支間長2500mmで丸鋼を介して試験架台に単純支持した。短辺は試験架台の両端に配置した横桁で弾性支持とした。また、供試体搭載時に供試体下面と試験架台との支持辺4辺にモルタルを敷き、不陸調整を行った。

表-2 コンクリート材料の材料試験結果

	配合	圧縮強度 N/mm ²	静弾性係数 kN/mm ²	引張強度 N/mm ²	せん断強度 N/mm ²
一般部	50-12-20H	66.6	41.8	3.3	8.6
間詰部	45-15-20H	54.7	34.5	3.0	-

表-3 鋼材の材料試験結果

種類	材質	板厚 mm	鉄筋径 mm	上降伏点 N/mm ²	引張強度 N/mm ²	静弾性係数 kN/mm ²
鋼板	SM490Y	12	-	390.7	551.0	-
鉄筋	SD345	-	D13	376.2	526.5	192.4
		-	D19	379.3	569.1	194.8
PC鋼より線	SWPR7BL	-	φ12.7	202.0	185.0	193.8

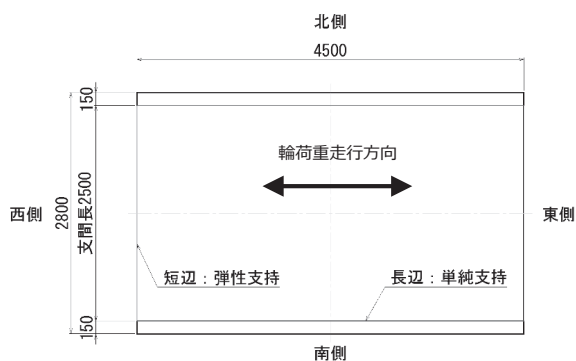


図-7 供試体の支持条件

3-4 荷重パターン

荷重パターン(走行回数と荷重の関係)を図-8に示す。試験方法442の規定どおり、試験開始時から走行回数10万回まで荷重250kNとし、その時点で継手部上面の2m×1m範囲に水深5mm程度の水を貯めて6時間経過後に床版下面からの漏水の有無を確認した。輪荷重の走行範囲は供試体中央から橋軸方向に±1500mmとした。荷重250kNで10万回走行させることは、東名高速道路日本平における1年間の軸重計の計測データから換算して、その100年分の交通荷重に相当するとされている²⁾。試験方法442の規定ではここで試験終了となるが、終局時の破壊状態で、床版上面に大きな段差が発生することによる緊急輸送路としての使用性への影響や、下面コンクリートの剥落による橋梁下面の安全面への影響を確認するために、さらに荷重350kNで10万回、荷重450kNで10万回荷重を与え、それでも壊れない場合は荷重500kNで供試体が破壊に至るまで走行する荷重パターンで試験を継続した。

4. 試験結果

4-1 走行回数と変位の関係

輪荷重の走行回数と変位の関係を図-9に示す。変位は供試体中央に所定の荷重を静的载荷した状態で、床版下面に設置した変位計で計測した。

図-9には走行荷重载荷時、本試験における基準荷重とした250kN载荷時、除荷時、活荷重変位(250kN载荷時と除荷時の差)を示す。走行回数

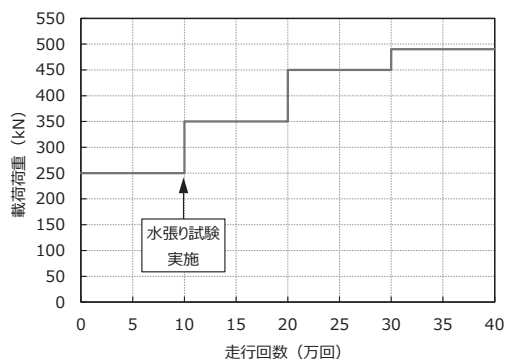


図-8 荷重パターン

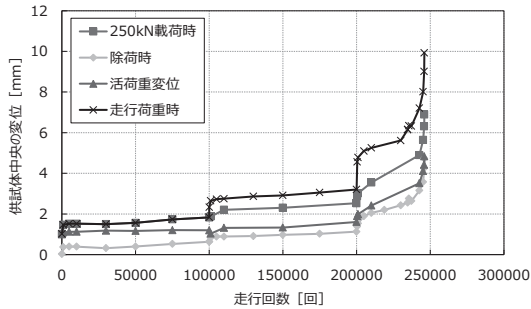


図-9 走行回数と変位の関係



図-10 水張試験実施状況

10万回までは載荷時の鉛直変位が2 mm以下であり、走行回数20万回までは荷重増加時に段階的に変位が増加するものの、同一荷重載荷時の変位の増加勾配は小さかった。走行回数20万回以降（載荷荷重450kN）は変位の増加勾配が大きくなり、走行回数23万回以降、急激に変位が増加して走行回数24.6万回で走行荷重時の変位が10mmに到達し、押し抜きせん断破壊が発生して試験を終了した。

4-2 走行回数10万回時の状態

走行回数10万回時点で図-10に示すように水張試験を実施した結果、供試体下面への漏水はなかった。また、左右の打継目に沿って供試体中央から450mm間隔で計10箇所を設置したクリップ型変位計で、除荷時の残留ひび割れ幅を計測した。計測結果は最大で0.06mmであり、試験方法442の要求性能（0.1mm以下）を満足した。

4-3 試験終了時の状態

試験終了時の供試体下面のひび割れ図を図-11に示す。ひび割れは格子状に発生しており、図-11の右側の一般部で押し抜きせん断破壊が発生した。押し抜きせん断破壊面ではわずかに段差とコンクリート片の剥落が発生したが、供試体上面に大きな段差はなく、打継目を含む継手部では

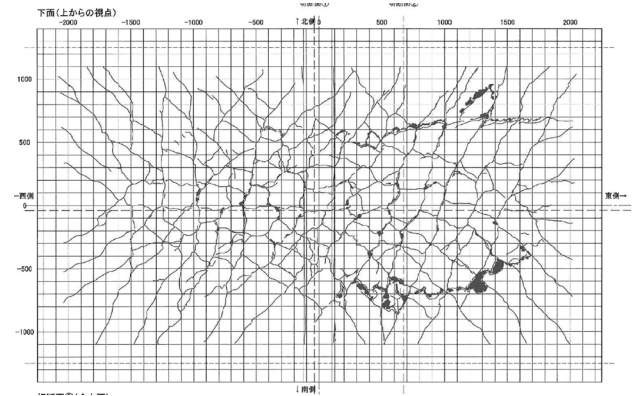


図-11 供試体下面のひび割れ状況

コンクリートの剥落も発生しなかったことから、終局時における橋梁の使用性、橋梁下面への安全性に大きな影響がないことが確認できた。

5. まとめ

本研究では孔明き鋼板継手の疲労耐久性を検証するため、NEXCOの試験方法442に準じて輪荷重走行試験を実施した。以下にその結果を示す。

- ・試験方法442が規定する荷重250kNで10万回走行した時点では供試体の破壊には至らず、水張試験による供試体下面への漏水は発生しなかった。また、供試体下面の打継目の残留ひび割れ幅も0.1mm以下であり、試験の要求性能を満足する結果であり、孔明き鋼板継手が十分な疲労耐久性を有することが確認できた。
- ・供試体は累計走行回数24.6万回（走行荷重450kN）で押し抜きせん断破壊に至り、試験を終了した。試験終了時に、供試体上面の段差や継手部のコンクリートの剥落はなく、終局時の破壊状態においても橋梁の使用性、橋梁下面への安全性に大きな問題がないことが確認できた。

【参考文献】

- 1) 東日本高速道路株式会社ほか、NEXCO試験方法 第4編 構造関係試験方法、2020.7
- 2) 後藤ほか、PC床版の疲労耐久性評価方法の提案、構造工学論文集Vol.66A、pp.762-773、2020.3