

マッスル
MuSSL工法を適用したプレキャストPC床版の疲労耐久性確認試験

技術本部	技術部	久徳貢大
大阪支店	土木技術部（広島支店駐在）	志道昭郎
技術本部	技術部	諸橋克敏

概要:塩害、凍害および疲労により損傷した鋼道路橋 RC 床版の更新において耐久性に優れたプレキャスト PC 床版への取替えが多く計画されている。取替え床版は死荷重低減のために既設 RC 床版と同程度の床版厚が求められ、薄い床版厚のプレキャスト PC 床版相互の接合部に適用可能な各種の継手構造が提案されている。しかし、これらはすべて接合部の底型枠が必要となるあご無し形状の床版が前提とされている。MuSSL 工法は底型枠が不要となるあご付き形状の床版での適用であり、現場作業における大幅な省力化が望める継手構造である。これまでに曲げ破壊試験により床版としての耐荷性能の確認は完了している。今回、輪荷重走行試験を実施し、100 年相当の疲労耐久性に問題が無いことを確認した。

Key Words : PCaPC 床版、床版取替え、継手工法、疲労耐久性、輪荷重走行試験

1. はじめに

鋼橋RC床版の取替え工事では、プレキャストPC床版（以降、PCaPC床版）が採用されている。PCaPC床版相互の接合では、床版厚の制約から新設橋で標準的に用いられるあご付き形状の床版のループ継手に代わる数種の新しい継手構造が提案されている。しかし、これらの継手構造はあご付き形状床版には構造的に適用できない。あご付き形状床版は、間詰め部施工時に底型枠が必要となるほか、プレストレスが導入されたあご部が後打ち部と一体となって抵抗するため、施工性および耐久性において利点がある。これらの背景から、高付着型のエポキシ樹脂塗装を施したねじ鉄筋の端部に専用の円形ナットを設置した継手鉄筋（写真-1）を用い、薄い床版厚であご付き形状床版に適用可能な新しい継手構造として“MuSSL工法”を開発し、これまでに定着構造の要素試験、継手構造に着目した曲げ破壊試験による基本的性能の確認を行っている¹⁾。今回、輪荷重走行試験機による疲労耐久性の確認試験を実施したのでここに報告する。



写真-1 円形ナット定着



久徳貢大



志道昭郎



諸橋克敏

2. 試験方法

2.1 試験体

試験体は、活荷重作用時に床版下縁で -2N/mm^2 程度となるプレストレスを橋軸直角方向に導入したPCa版2枚を、後打ちの接合部で1枚版とした1方向PRC床版である。試験は、あご付き形状床版に適用する曲げ定着タイプ（写真-2）と平面線形や施工誤差を調整するためのあご無し形状床版に適用する直線定着タイプ（写真-3）の2種類に対して実施した。

試験体の寸法は、幅2,800mm、支間部の床版厚220mmとし、支点部はハンチを設けて50mm増厚した。試験体の長さは、曲げ定着タイプ4,300mmに対して、直線定着タイプは試験機の制約から端部を延長して4,500mmとした。また、支点部には鋼桁上フランジを模したスタッド付きの12mmの鋼板を設置した。曲げ定着タイプでは、薄いあご部の補強としてGFRP製の格子筋を配置している。

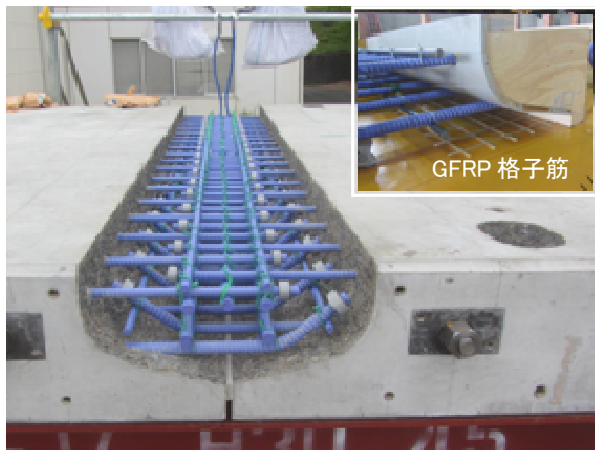


写真-2 曲げ定着タイプ



写真-3 直線定着タイプ

コンクリートの配合設計強度は 50N/mm^2 とし、接合部には収縮補償用の膨張コンクリートを使用した。鉄筋はSD345、PC鋼棒はSBPR930/1080 $\phi 23$ を使用した。なお、継手主筋となるD16,D19のねじ節鉄筋には高付着型エポキシ樹脂塗装、接合部内に配置される橋軸直角方向の鉄筋にはエポキシ樹脂塗装を施している。表-1に材料強度を示す。コンクリートの圧縮強度 σ_c および静弾性係数 E_c の確認は、輪荷重走行試験開始前の段階で行った。

表-1 材料試験結果

			曲げ定着タイプ	直線定着タイプ	備考
コンクリート	床版部	σ_c	58.2 N/mm^2	53.7 N/mm^2	・曲げ定着タイプ 床版部: $\sigma 88$, 接合部: $\sigma 76$ ・直線定着タイプ 床版部: $\sigma 204$, 接合部: $\sigma 195$
		E_c	35.9 kN/mm^2	32.4 kN/mm^2	
	接合部	σ_c	62.3 N/mm^2	53.3 N/mm^2	
		E_c	31.7 kN/mm^2	35.0 kN/mm^2	
鉄筋 (SD345)	D16	σ_u	570 N/mm^2	584 N/mm^2	ミルシート値
		σ_y	404 N/mm^2	400 N/mm^2	
	D19	σ_u	576 N/mm^2	567 N/mm^2	
		σ_y	402 N/mm^2	408 N/mm^2	
PC鋼棒 (SBPR930/1080)	$\phi 23$	σ_{pu}	1126 N/mm^2	1150 N/mm^2	
		σ_{py}	1015 N/mm^2	1039 N/mm^2	

曲げ定着タイプと直線定着タイプの試験体の形状寸法を図-1、図-2にそれぞれ示す。接合部の継手構造の詳細を図-3に示す。

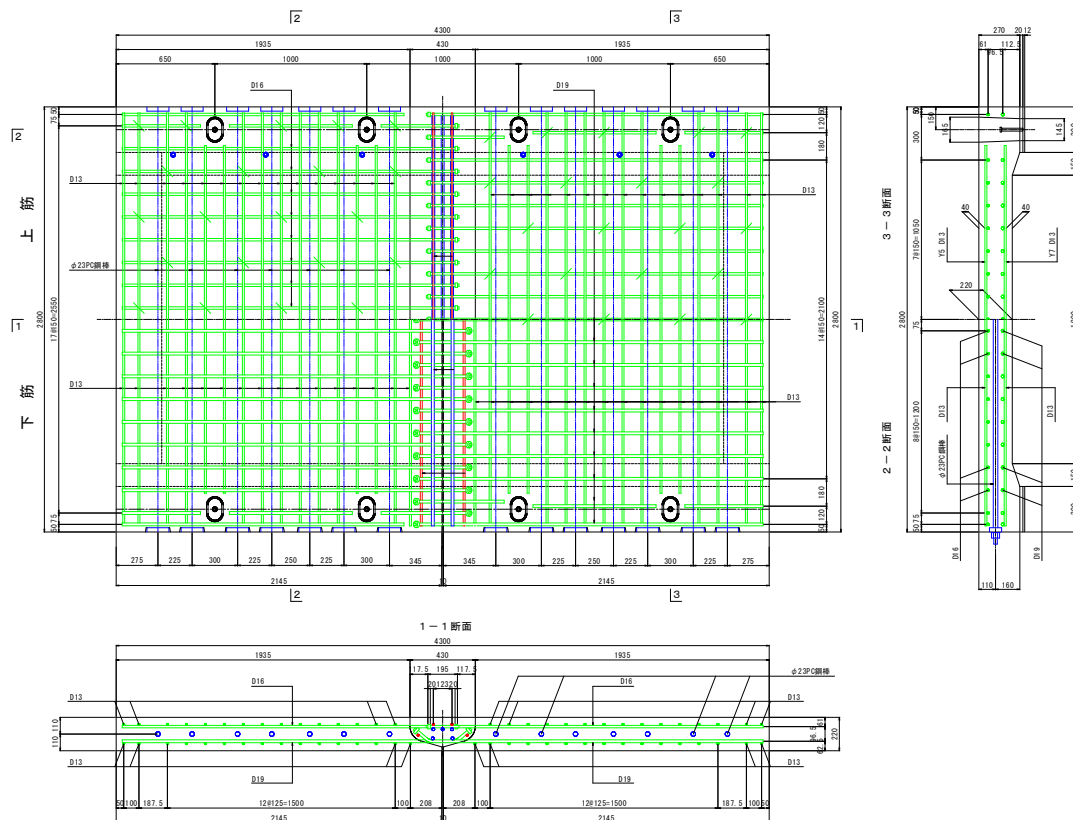


図-1 曲げ定着タイプの試験体形状

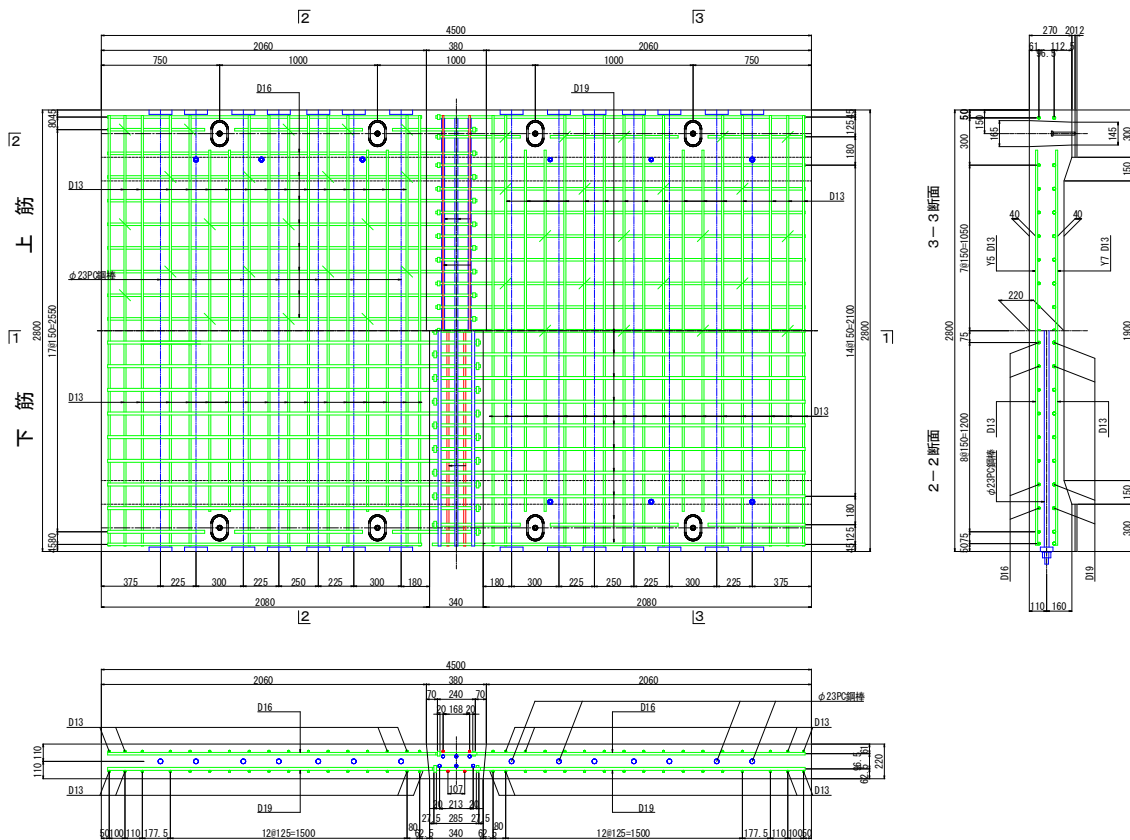


図-2 直線定着タイプの試験体形状

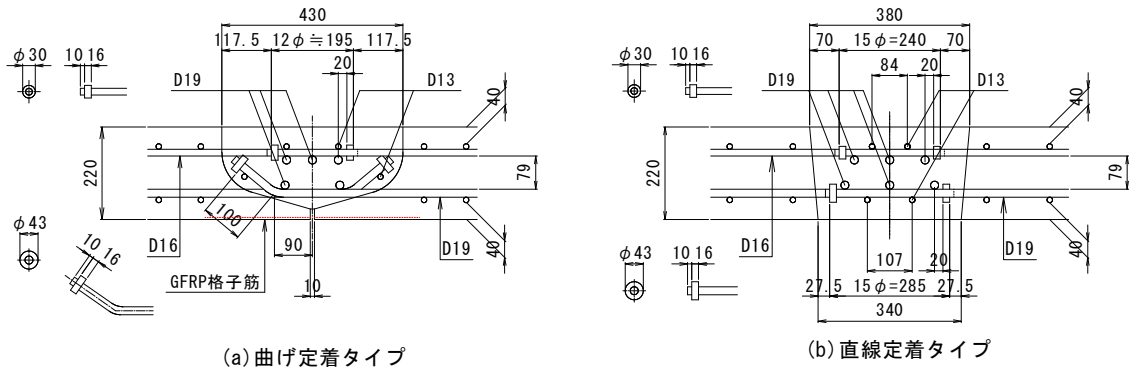


図-3 継手構造詳細

2.2 試験方法

曲げ定着タイプは高速道路総合研究所の試験機を、直線定着タイプは国立研究開発法人土木研究所の試験機（写真-4）を用いて試験を実施した。試験体は支間2,500mmで単純支持とし、中央部で連続版と同様のたわみ性状となるように橋軸方向端部にH鋼横梁を配置した。荷重方法は、支間中央に500×200mmの荷重ブロックを並べた軌道上を幅500mmの鉄輪による前後1,500mmの往復荷重とした。本試験では、100年相当耐久性の確認（Step1）、破壊性状の確認（Step2）を目的とし、Step1については文献²⁾の方法に準じ250kN×10万回荷重とした。

Step1完了後、接合部を中心に長さ1,000mm×幅2,000mmの範囲で着色水を6時間滞水させ、下面への漏水の有無を確認した（図-4）。その後、破壊性状確認のため荷重を増加させて繰返し荷重を継続した。図-5に荷重ステップを示す。

所定回数完了時点で静的荷重を実施し、床版のたわみ、接合部の目地開き量、ひび割れ幅等の計測を行った。なお、曲げ定着タイプは破壊まで実施したが、直線定着タイプは、試験工程の都合により破壊に至る前の段階で試験を終了した。



写真-4 輪荷重走行試験状況

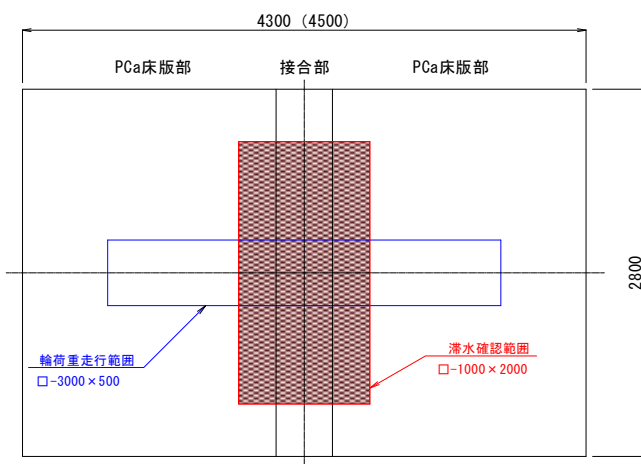


図-4 荷重範囲と滞水範囲

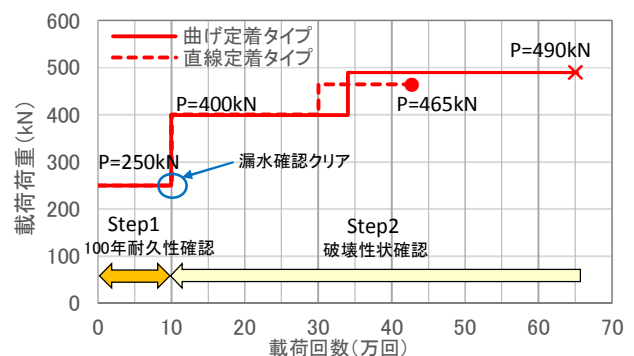


図-5 荷重ステップ

3. 試験結果

3.1 床版のたわみ量

床版中央の静的載荷におけるたわみ量を図-6,図-7に示す. 図-8, 図-9にはStep1の範囲を抽出して示す. なお, 活荷重たわみとは, 載荷時の総たわみから載荷前の残留たわみを差し引いた値を示している. 試験の結果, Step1における活荷重たわみの増加量は両タイプともにほぼ一定であった. 載荷荷重の増加後は, 載荷回数に応じて徐々にたわみ量が増加した. 曲げ定着タイプでは, 破壊直前の段階で急激に変位が増加した.

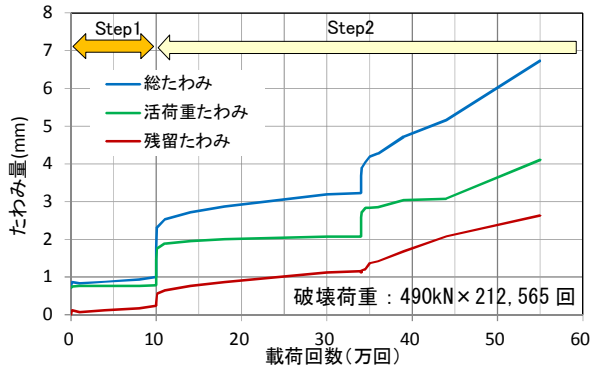


図-6 曲げ定着タイプのたわみ量

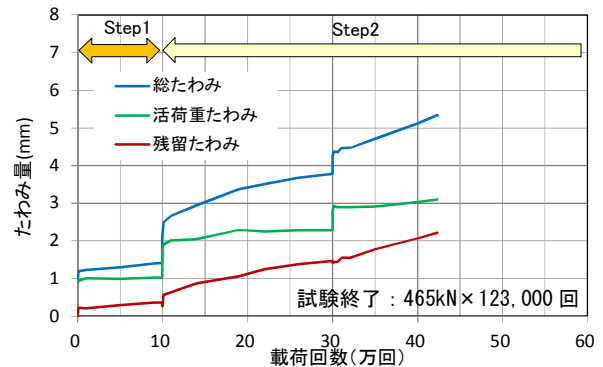


図-7 直線定着タイプのたわみ量

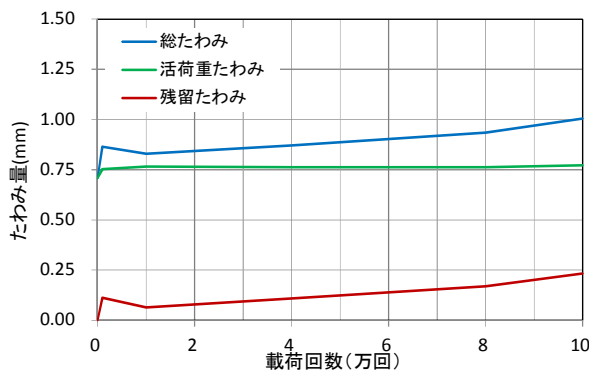


図-8 曲げ定着タイプのたわみ量(Step1抽出)

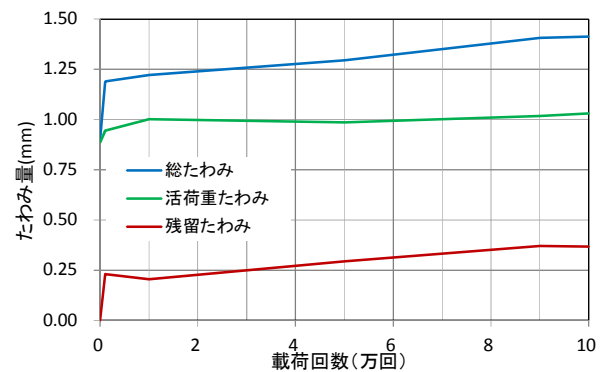


図-9 直線定着タイプのたわみ量 (Step1抽出)

3.2 目地開き量

目地開き量 (Step1抽出) を図-10,図-11に示す. たわみと同様に載荷時の総目地開きから載荷前の残留目地開きを差し引いた値を活荷重目地開きとして示している. なお, 目地開きがマイナスの部分には計測箇所近傍に別のひび割れが生じた可能性が考えられる. 両タイプともにStep1における活荷重による目地開き量は0.05mm以下と極めて小さくほぼ一定の値で推移した.

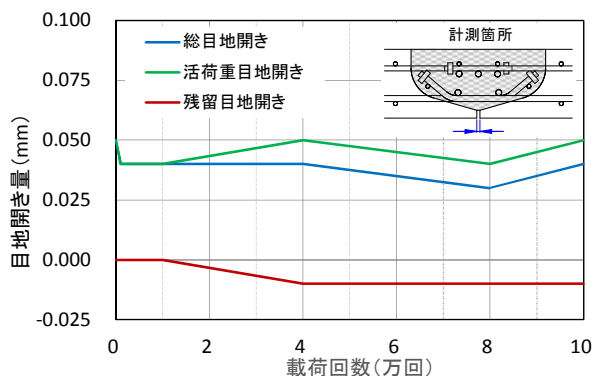


図-10 曲げ定着タイプの目地開き量 (Step1)

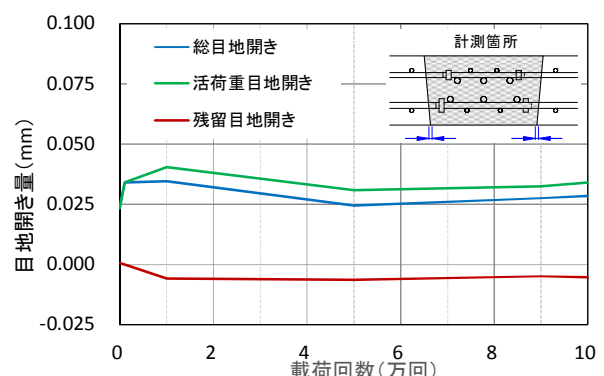


図-11 直線定着タイプの目地開き量 (Step1)

3.3 漏水確認

Step1完了後、接合部近傍で行った滞水試験（写真-5）では、両タイプとも下面への漏水は確認されなかった（写真-6）。

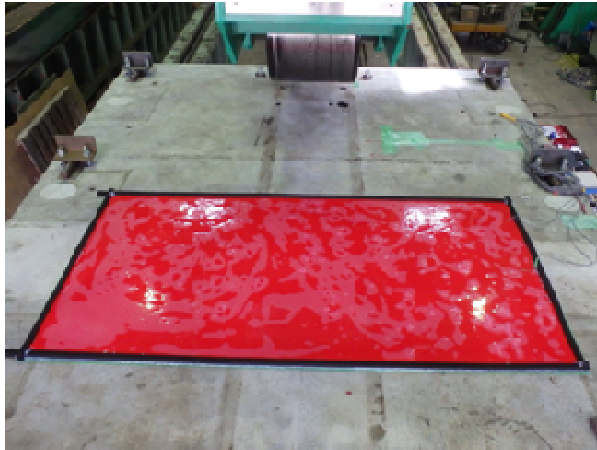


写真-5 滞水試験状況(曲げ定着タイプ)



写真-6 漏水確認状況(曲げ定着タイプ)

3.4 損傷の状況

試験終了時の曲げ定着タイプの床版下面の損傷状況を図-12に示す。PCa床版部へ均等にひび割れが発生した後、片側のPCa床版部で押抜きせん断破壊に至った（Step2载荷の490kN×212,565回時に破壊）。また、あご部の範囲でひび割れ発生が少なく、補強配置したGFRP格子筋が有効に作用したものと考えられる。

曲げ定着タイプにおける破壊中心部近傍の直角方向切断面を写真-7に示す。輪荷重の载荷幅500mmを起点として、下面に向かって緩やかな押抜きせん断の破壊面が確認された。

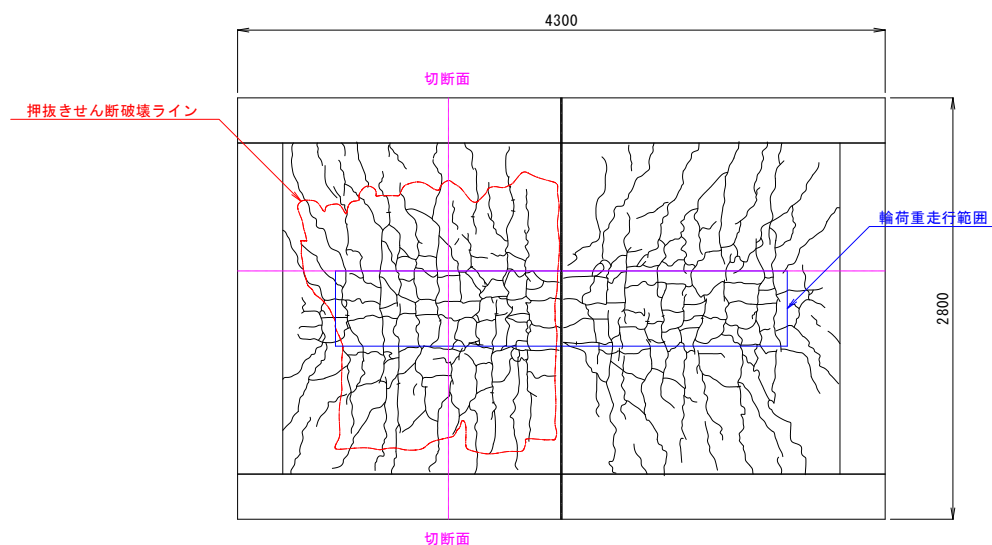


図-12 曲げ定着タイプの床版下面のひび割れ図



(a) 左側断面



(b) 右側断面

写真-7 曲げ定着タイプの切断面状況(橋軸直角方向)

試験終了時の直線定着タイプの床版下面の損傷状況を図-13に示す。PCa床版部および場所打ち継手部で均等にひび割れが発生しており、連続した床版として挙動したことが想定される(Step2載荷の465kN×123,000回で試験終了)。

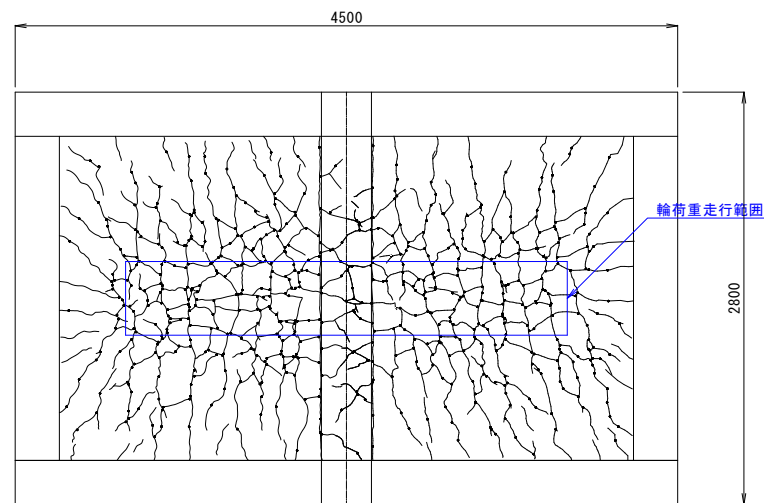


図-13 直線定着タイプの床版下面のひび割れ図

4. まとめ

MuSSL工法の継手構造について実施した輪荷重走行試験により以下の結果が得られた。

- (1) 両タイプともにStep1載荷においてたわみ量の急増はなかった。
- (2) 両タイプともに接合部の目地開き量も極めて小さく、Step1載荷において最大でも0.05mm以下であった。
- (3) Step1載荷完了後に行った滞水試験にて下面への漏水は確認されなかった。

以上より、本継手構造は100年相当の疲労耐久性を十分有すると考えられる。

現在(平成30年6月)、中国自動車道(特定更新等)常国橋他2橋床版取替工事にて同工法を適用したPCaPC床版を製作中である。実施工を経て工法の確立と大規模更新事業により計画されている多くの床版取替工事に対して普及に努めたい考えである。

5. 参考文献

- 1) 久徳 他, プレキャストPC床版の新たな接合構造の開発, プレストレストコンクリート工学会第26回シンポジウム論文集, 2017.10
- 2) 長尾 他, プレキャストPC床版継手の疲労耐久性照査試験, プレストレストコンクリート工学会第26回シンポジウム論文集, 2017.10