参考資料

継手部の配筋を省いたプレキャストPC床版の合理化接合工法「ELSS Joint」の実用化

中森　武郎[1]

[1]プレストレスト・コンクリート建設業協会　極東興和㈱　技術企画部技術企画課

我が国の高速道路は，その40%が供用後30年を経過しており，重交通による疲労や環境因子等による劣化の顕在化により，大規模更新・大規模修繕事業が進捗中である．その大規模更新の中で過半を占めるのが床版取替工事であり，床版取替工事に用いられるプレキャストPC床版の接合工法には，ループ継手を採用することが標準的である．しかし，この工法には①継手部における鉄筋の曲げ加工の制約により床版厚が薄い場合に適用できない，②継手部の施工に時間を要する，③一度に複数の技能工を集める必要がある，といった課題がある．この課題解決を目的として開発した，合理化接合工法「ELSS Joint」の概要を報告する．

キーワード：床版取替，半剛性構造，実大試験

1.　合理化接合工法「ELSS　Joint」の概要

本接合工法は，鋼橋の床版構造が桁や地覆・壁高欄などで連続支持されているという条件を利用して，鉄筋などを使わずに充填材料のみでプレキャストPC床版同士を接合する構造である．継手部は，プレキャストPC床版のパネル幅に比較して十分小さく，輪荷重が継手に単独で載荷されない幅(20～30㎝)程度に設定して，本体のコンクリートより弾性係数が小さく，付着強度・引張強度はコンクリートのそれらと同等以上の充填材料で構成した半剛性構造を採用している．構造概要を**図ー1**に，継手部の断面図を**図ー2**に示す．

充填材料はプレキャスト床版本体の1/3～1/50程度の静弾性係数で，引張強度や付着強度が床版本体と同等程度のものを用いる．例えば，断面修復材で使用されるポリマーセメントモルタルや，ひび割れ注入材で使用されるエポキシ樹脂モルタルのような材料が該当する．この構造詳細および材料諸元を設定することで，床版支間方向には，従来の連続している床版構造と同等程度の断面剛性を確保し，床版としての耐力を確保しながら，橋軸方向には継手間隔ごとにヒンジが入るような構造で曲げモーメントを軽減することを狙っている．

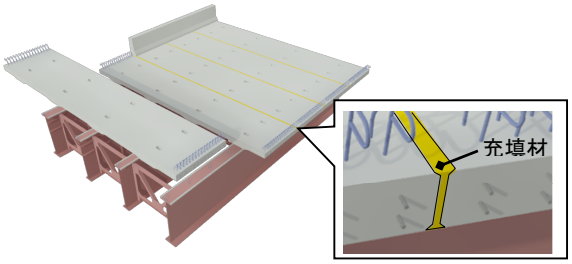
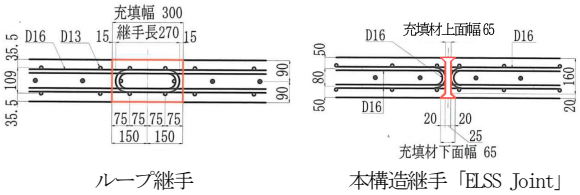


図-1　床版継手部概要図



ループ継手　　本構造継手「ELSS Joint」

図-2　継手部断面図

2.　ELSS　Jointの特徴

本接合工法の特長を以下に示す．

(1)　特徴1：すぐれた施工性と生産性

床版継手部において鉄筋を利用しないことで，据付時に高精度な施工管理が要求されず，設置が容易である．また，継手部の配筋作業が不要である他，継手部の型枠作業を大幅に削減でき，鋼3径間鈑桁橋での比較において約11%の工期短縮効果が期待できる．また，継手部の施工における労務日数を約14%低減できる（**図ー3**）．

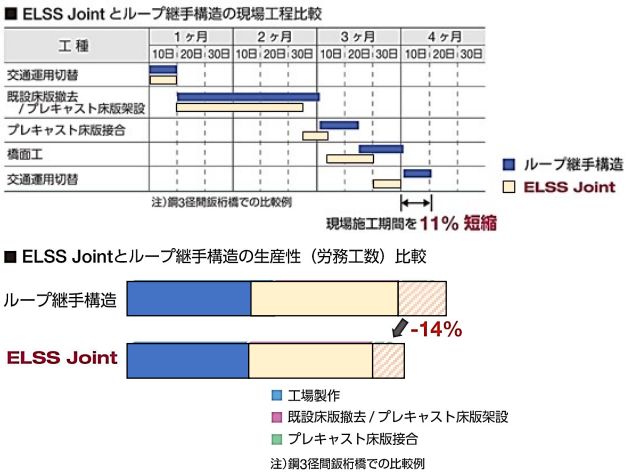


図-3　施工性・生産性向上の比較

(2) 特徴2：すぐれた維持管理性

現行のRC床版と同等以上(100年以上)の疲労耐久性を有している．また，繰り返し荷重に対して継手部が先行して破壊される機構であるため，床版本体の損傷を最小限に抑えることができる．さらに，継手部の再充填，損傷した床版のみの取替が可能である．

(3) 特徴3：すぐれた品質

現場施工となる継手部の幅が30mm以下と狭く，ループ継手等の標準的な継手構造と比較して，高品質な工場製品比率の高い床版を構築できる．

3. ELSS Jointの性能照査

様々な解析検討や要素試験，構造試験により，構造詳細や材料諸元の検証を行っており，本接合工法が道路橋床版として構成できることを確認している．ここでは，技術検証のために実施した試験の一部を紹介する．

(1) 継手部の性能照査試験

a) 静的載荷試験[1)]

試験状況を**写真－1**に示す．床版支間2.5m，床版厚180mm，全長4.5mで，中央に継手1か所設けており，道路橋示方書で設計した試験体である．試験は継手部の近傍において200×500mmの載荷面積で載荷を行った．荷重変位関係のグラフを**図－4**に示す．本接合工法は，設計荷重(138kN)に対して十分な耐力を有しており，特にエポキシ樹脂モルタルを適用した継手はループ継手構造と同等の静的耐力を有していることを確認した．

写真-1 静的載荷試験の試験状況

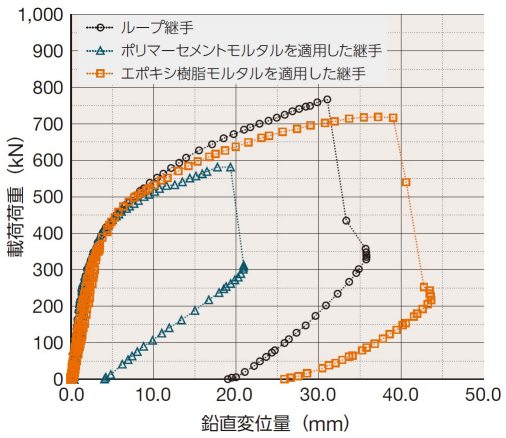


図-4 静的載荷試験結果（荷重と変位）

b) 輪荷重走行試験[2)]

試験状況を**写真－2**に示す．静的載荷試験と同様に床版支間直角方向2.5m，床版厚180mmで，パネル幅を約1mとしたプレキャストPC床版を6枚配置して，継手を5か所設けて繰り返しの輪荷重を作用させた．載荷ステップと破壊回数のグラフを**図-5**に示す．本接合工法において，ポリマーセメントモルタルを適用した継手は314kN/33.4万回，エポキシ樹脂モルタルを適用した継手は333kN/40万回で破壊しており，現行のRC床版を超える疲労耐久性を有していることを確認した．

写真-2 輪荷重走行試験の試験状況

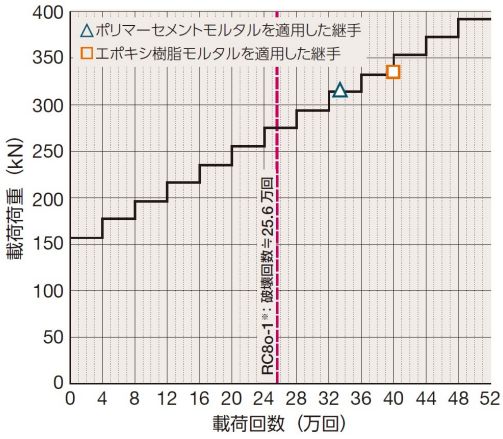


図-5 輪荷重走行試験結果（荷重ステップと破壊回数）

(2) 材料の性能照査試験

a) 充填材料[3)]

充填材には力学的な性能の他に，施工性能・継手性能・耐久性能の確認が必要となり，NEXCO 構造物施工管理要領・試験法439「床板上面における断面修復用補修材の試験方法」に準拠して充填材の性能確認試験を行った．なお，充填材は継手部の目地に限定して使用することから目地形状に合わせた試験法に変更するとともに，試験項目を追加している．**表-2**に試験項目を示し，構造物施工管理要領の性能照査と異なる試験項目，試験法および基準値については，黄色でハイライトをつけ記載している．試験の結果，ポリマーセメントモルタルやエポキシ樹脂モルタルにおいて，各種試験を実施して，十分な使用性や耐久性を有することを確認した．

表-2　充填材の性能照査試験項目一覧

検証性能	試験項目	引用規格	基準値	試験体の寸法
施工性能	硬化時間	試験法439／JIS A 1147	(PCM 用)30分以上	φ150×高さ150mm
		温度上昇法／JIS A 6024	(ERM 用)30分以上	500mL プラスチック製容器
	初期強度	試験法439 JIS A 1108	(時間制約がない場合)　24N/mm²以上 (時間制約がある場合)　2時間：10N/mm²以上 4時間：24N/mm²以上	φ100×H200mm
	充填性	オリジナル	空隙等の充填不良部がないこと	オリジナル試験体①
継手性能	ひびわれ抵抗性	オリジナル	2面拘束試験 でひびわれを発生させないこと	オリジナル試験体②
	沈下抵抗性	オリジナル	充填材の不陸が1 mm 以下	オリジナル試験体②
	コンクリートとの付着性	JIS A 1106	コンクリート／充填材界面で破断せず，コンクリート側の破断で終了すること	オリジナル試験体③ □−100×100×400mm
耐久性能	温冷繰り返し抵抗性	JIS A 1171／JIS A 1106	コンクリート／充填材界面で破断せず，コンクリート側の破断で終了すること	オリジナル試験体③ □−100×100×400mm
	凍結融解抵抗性	試験法439／ JIS A 1106	コンクリート／充填材界面で破断せず，コンクリート側の破断で終了すること	オリジナル試験体③ □−100×100×400mm
	凍結融解抵抗性	試験法439／JIS A 1148	負荷後の相対動弾性係数が60%以上	□−100×100×400mm
	中性化抵抗性	試験法439／JIS A 1153 JSCE-G574-2013	床板コンクリートと同等以上	□−100×100×400mm
	遮塩性	試験法439／JSCE G 572 JSCE-G574-2013	床板コンクリートと同等以上	φ100×H200mm

※　：構造物施工管理要領の性能照査と異なる事項

b）防水層・舗装との付着耐久性試験[4)]

床版に舗装される防水層は，コンクリート表面に施工することを前提としており，充填材料およびPC床版と充填材料との界面近傍との付着耐久性は不明である．そこで，充填材料で製作した下地に防水層・舗装を施して，付着性能の検討を行った．評価項目は**表-3**に示す通りであり，防水便覧などから代表的な試験を抽出して検証を行った．

評価する充填材料は，これまで構造試験で適用してきた，エポキシ樹脂モルタル(充填材料A)とポリマーセメントモルタル(充填材料B)を対象とした．また，防水層にはNEXCOの高性能床版防水仕様(グレーHI)を適用しており，下地には**図-6**に示す通りの2種類とした．なお，本稿では，実際の使用環境を模して，充填材料との付着性だけでなく，充填材料とコンクリートの界面の影響を検証できるようにした「下地①」を用いた試験結果のみ紹介する．

表-3　評価項目

要求性能		試験項目		試験方法
付着性	防水層との付着性	A−1	引張接着試験(23℃)	防水便覧
		A−2	せん断試験(23℃)	防水便覧
	プライマーとの付着性	A−3	引張接着試験(23℃)	NEXCO試験法
	水浸後の付着性	A−4	水浸引張接着試験(23℃)	防水便覧
付着耐久性	温度変化・ホイールトラッキング負荷後の付着性	B−1	引張接着試験(23℃)	NEXCO試験法
		B−2	せん断試験(23℃)	NEXCO試験法

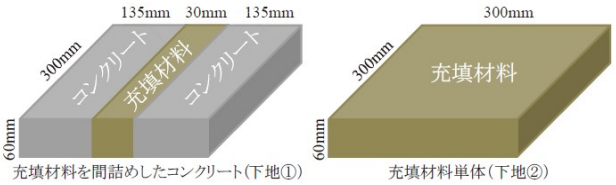


図-6　試験に用いた下地の構成

試験結果を**表-4**に示す．いずれの供試体も，すべての試験において基準値を満足した．

表-4　試験結果

試験項目		基準値	充填材料	試験結果(下地①／平均値)
A−1	引張接着試験(23℃)	0.6N/mm²以上	A	1.18 N/mm²
			B	1.19 N/mm²
A−2	せん断試験(23℃)	0.15N/mm²以上	A	0.30 N/mm²
			B	0.29 N/mm²
A−3	引張接着試験(23℃)	1.2N/mm²以上	A	3.20 N/mm²
			B	5.30 N/mm²
A−4	水浸引張接着試験(23℃)	強度変化率50% 以上	A	102%
			B	103%
B−1	引張接着試験(23℃)	0.6N/mm²以上	A	1.71 N/mm²
			B	1.52 N/mm²
B−2	せん断試験(23℃)	0.15N/mm²以上	A	0.32 N/mm²
			B	0.32 N/mm²

4.　実橋載荷試験[5)]

試験状況を**写真−3**に，対象橋梁の概要を**表-5**に，床版および継手部の構造を**図-7**に示す．対象橋梁は民間企業の工場内に施工された橋梁であるが，高速道路における床版取替工事での適用を想定してB活荷重を用いて設計しており，床版厚を220mmとした．載荷試験には軸重が約10tとなる50tラフタークレーンを用いており，道路橋示方書に示す設計荷重を支間中央に載荷することがで

きる．また，継手部の充填材には，継手-1, 3にポリマーセメントモルタルを，継手-2にエポキシ樹脂モルタルを使用した．

荷重載荷位置p3, p5, p8における鉛直変位の計測結果を**図-8**に示す．比較のために，継手部が健全に機能している場合の解析値と，継手部の継手界面の剥離破棄や充填材の破壊により継手部が損傷した場合の解析値を示している．エポキシ樹脂モルタルを使用した継手-2近傍の実験値は健全時の解析値に概ね一致している．一方でポリマーセメントモルタルを使用した継手-1，-3では，実験値が健全時と損傷時の間に位置しており，着目継手近傍以外に載荷した場合は健全時の値に近づいている．また，近接目視において接合部での剥離破壊等の損傷は発生していないことを確認した．

写真-3　実橋載荷試験の試験状況

表-5　対象橋梁の諸元

橋梁形式	単純非合成橋
活荷重	B 活荷重
桁長	8.800m
支間長	8.000m
全幅員	8.800m
斜角	90 度
床版	プレキャスト PC 床版 (版厚：220mm)
舗装	アスファルト舗装 (舗装厚：80mm)
床版支間	2410mm
パネル幅	2270mm(標準版)
継手幅	30mm

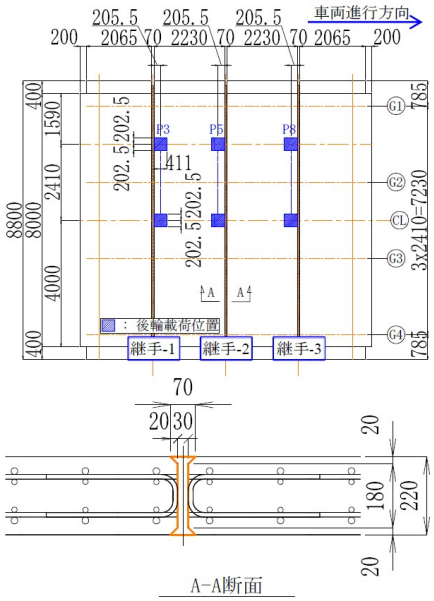


図-7　床版および継手部の寸法と荷重載荷位置

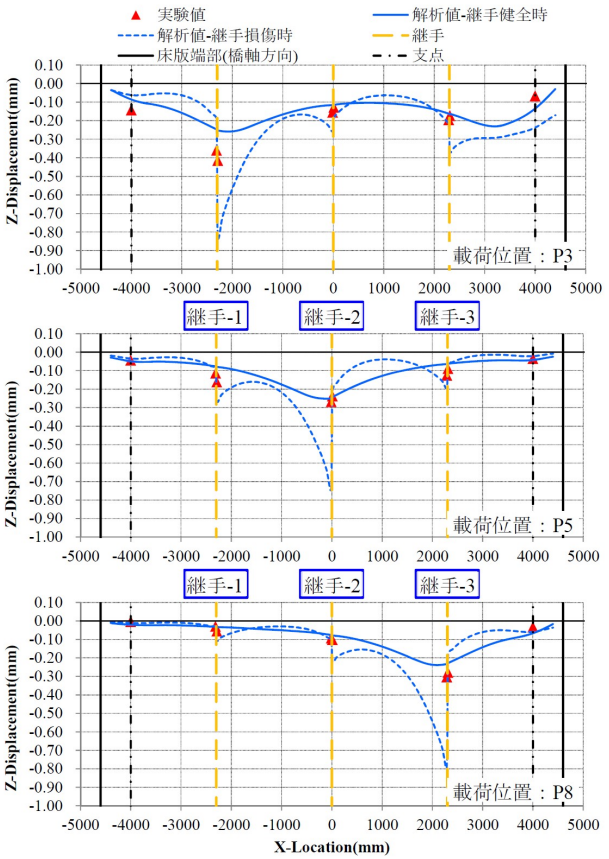


図-8　各載荷位置での鉛直変位

5.　今後の展開について

構造試験や耐久性確認試験により，本接合工法が道路橋床版へ適用可能であることを確認した．

今後は，高速道路の床版取替工事における適用に向けた検討を進めていく予定である．

謝辞：本接合工法は，日鉄エンジニアリング株式会社と極東興和株式会社で共同開発しており，本研究にあたりご指導頂いた関係各位に対し，ここに記して深く感謝の意を表します．

参考文献

1) 北，櫻井，前川：半連続プレキャスト PC 床版の静的載荷試験における再現解析，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No2，2018.，pp.355-360
2) 北，櫻井，前川：半連続プレキャスト PC 床版の輪荷重載荷試験における解析による検証，第 10 回道路橋床版シンポジウム論文報告集，③-2，2018.11.
3) 北，櫻井，赤江，谷口：次世代高性能床版の開発（その 2）～充填材における性能照査～，日鉄エンジニアリング技報，Vol.11，2020.1.，pp.46-54
4) 三本，後藤，北：プレキャスト床版用半剛接合継手の技術開発，土木施工，Vol.61，No1，2020.1.，pp.74-77
5) 北，櫻井，三本，赤江，谷口：半剛接合構造を有するプレキャスト床版の実橋載荷試験，土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集，CS8-05，2019.9.