

論文

鋼板接着補強床版の浮き（剥離）が耐荷性能に与える影響に関する検討

関口幹夫*, 前田洋平*, 笹木俊一*, 今吉計二**

*東京都土木技術支援・人材育成センター, 技術支援課 (〒136-0075 東京都江東区新砂 1-9-15)

**元 東京都土木技術支援・人材育成センター (現 福岡国際空港 (株))

定期点検で鋼板接着補強床版の浮き（剥離）が確認されている 5 橋の原因について、重錘落下たわみ法で床版のたわみを測定して多層版解析による検討から評価した。浮き率 90%以上の 1 橋は、鋼板錆止めジンクリッチプライマーが原因と推定された。他の 4 橋の不規則な浮き率 40%以下のパネルは、施工時の初期欠陥の可能性が高いと推定された。また、2 橋で浮き部に樹脂再注入の補修効果を検討した結果、全面的な浮きに対してはたわみが減少する効果が確認できた。

キーワード: 鋼板接着補強床版, 浮き(剥離), 重錘落下たわみ, 浮きの原因推定

1. はじめに

鋼板接着補強工法は、床版コンクリートの品質と接着強度に問題がない限り、無補強に比べ 100 倍以上の疲労耐久性を有している優れた補強工法である^{1),2)}。近年は軽量で施工性の良い炭素繊維接着工法に代替えられて床版での施工実績は少ないが、過去には多くの実績が存在する。また、定期点検等により浮きが確認されており、経過年数の増加とともに浮きへの対応・対策に関する維持管理上の課題が存在する³⁾。

本報文は、浮きの原因究明を目的に 5 橋で浮き率とたわみを測定して、多層版解析によるたわみ(版剛性)の評価から検討する。

なお、本文では「浮き:剥離を含む未接着部」、「剥離:接着部が外力等の作用で付着切れした領域」と定義する。

2. 調査橋梁の概要

調査橋梁の諸元および調査概要を表-1 に示す。調査

対象の 5 橋は、定期点検で浮きが確認されている中から選定した。適用道路橋示方書(以下、道示と略記)は、昭和 31 年(1956)道示 3 橋、昭和 39 年(1964)道示 1 橋、昭和 48 年(1973)道示は 1 橋である。鋼板接着後の経過年数は 30~45 年である。

青山橋は、1964 年竣工の単純 3 鋼箱桁、床版支間 2.55m、床版厚 18cm で 1983 年に鋼板接着済みである。大型車の通行がほとんどない街路で、接着後 35 年の 2018 年に調査を行い、漏水が無く浮き率は 0~30%である。

高井戸陸橋は、1970 年竣工の 3 径間連続 2 鋼箱桁の主径間は人工軽量骨材の RC 床版で床版支間 2.3m、設計床版厚は 18cm で 1988 年に鋼板接着済みである。交通量は都内でも最も厳しい環状 8 号線であり、2000 年に床版上面を約 1cm 切削しショットブラストで研掃後の床版厚は 17cm、接着材未使用の乾燥条件下で上面増厚(SFRC) 5cm により再補強されている⁴⁾。接着後 31 年の 2019 年に調査を行い、漏水が無く浮き率は 0~20%である。また、高井戸陸橋の側径間は、単純活荷重合成鋼 I 桁で普通骨材の RC 床版であり、床版支間と床版厚および増厚(SFRC)

表-1 調査橋梁の諸元と調査概要

橋梁名	竣工年	道示	径間長 (m)	幅員 (m)	形式	床版厚 (cm)	床版支 間(m)	横桁間 隔(m)	舗装 厚(cm)	鋼板接 着年	経過 年数	調査パ ネル数	浮き率 (%)	調査 年月日	気温 (℃)	路面 温度	交通量 区分	備 考			
青山橋	昭和 39	昭和 31	33.7	15.6	単純 3 鋼箱桁	18	2.55	5.5	7	1983.3	35	6	0~30	2018/2/27	10.0	15.0	B	—			
高井戸陸橋 (主径間)	昭和 45	昭和 48	30+40	14.0	3 径間連続 2 鋼 箱桁	18+5 (SFRC)	2.3	5.0	7	1988.3	31	6	0~20	2019/9/9	28.0	25.0	E	人工軽量コン クリート床版			
高井戸陸橋 (側径間)			20		活荷重合成鋼 I 桁							4	0~2					普通床版			
堀切橋	昭和 30	昭和 31	43	17.7	ゲルバー鋼 I 桁	20	4.0(2.0)	5.7	5	1984.11	35	7	0~15	2019/9/3	28.5	30.0	D	—			
天王洲大橋	昭和 38	昭和 31	36.2	15.0	活荷重合成鋼 I 桁	18+5 (SFRC)	2.4	4.7	5	1976.3	44	12	0~40	2020/8/22	33.0	46.5	D	注入前			
天王洲大橋											45		0					2021/1/16	10.3	15.0	注入後
尾久橋(下り)	昭和 43	昭和 39	25.3	13.0	単純 2 鋼箱桁	19	3.0	6.3	5	1989.3	30	8	94~98	2019/12/14	9.6	14.0	C	注入前			
尾久橋(下り)													0					2020/7/25	31.5	49.0	注入後
尾久橋(下り)													0					2020/9/26	26.3	39.2	縦桁増設後

も同一である。浮き率は 0～2%でほとんど浮きはない。

堀切橋は、1955 年竣工のゲルバー式鋼 I 桁で床版支間 4 (縦桁支間 2) m, 床版厚 20cm, 1984 年に鋼板接着済みである。交通量は C 交通程度であり, 接着後 35 年の 2019 年に調査し, 漏水が無く浮き率は 0～15%である。

天王洲大橋は、1963 年竣工の単純活荷重合成鋼 I 桁で床版支間 2.4m, 床版厚 18cm で 1976 年に鋼板接着済みである。接着後 22 年の 1998 年には鋼板の浮き部に再注入を行い, 一部浮き率約 30%を超えるパネルは鋼板を撤去して再接着している。さらに上面増厚 (SFRC) で補強している。この路線は埠頭が近くコンテナ用の大型車の通行が多い。接着後 44 年 (再注入後 22 年) 経過して浮き率 0～40%の浮きが確認され, 2020 年に再々注入を行うに当たり注入の前後で調査し漏水は無い。

尾久橋は、1968 年竣工の 2 鋼箱桁で床版支間 3m, 床版厚 19cm で供用 21 年の 1989 年に鋼板接着済みである。本橋は接着後 30 年の長寿命化対策で縦桁増設工事の点検で 5 径間すべてのパネルで浮き率が 90%以上 (鋼板シーリング材のみ接着) の全面浮き状態が確認された。なお, 過去の点検は, 漏水が全くないために桁下 10m からの遠方目視点検のみで近接目視の打音点検は未実施であった。浮きの原因は, 鋼板接着時の記録から鋼板接着面の錆止めの仕様がジンクリッチプライマー (色: グレー) であり, エポキシ樹脂との相性が悪い⁵⁾ (接着強度が小さい) ことが原因と推定された。

鋼板を 25mm のコアでサンプリングして調査した結果を写真-1 (左) に示す。さび止めの色はグレー (ジンクの色) であることが確認できる。剥離面は鋼板と樹脂の間であり, その隙間は隙間ゲージで 0.5～1mm である。写真-1 (右) に示す 10×10cm の鋼板サンプリング接着面は, ほぼ全面的に赤サビ状態であるが孔食はない状態である。このことから接着後比較的早期に接着強度の低下による付着切れから剥離が進行したものと考えられる。再注入前後および縦桁増設後のたわみを測定した。

調査パネル数は, IIS を用いた重錘落下たわみ法による調査パネル数であり, 浮き率はパネルの浮きの範囲である。路面温度は, たわみの解析で舗装の弾性係数を設定するための測定値である。通量区分は想定値である。

3. 調査方法

3.1 たわみ測定方法

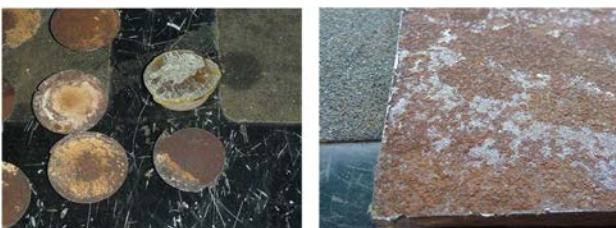


写真-1 尾久橋の鋼板接着面の錆の状態

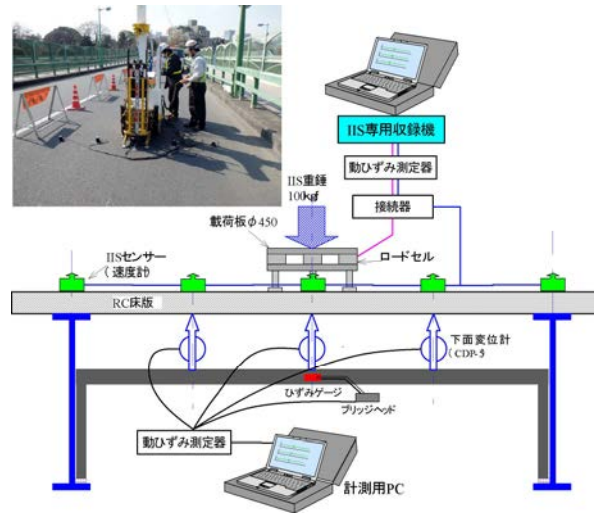


図-1 IIS 測定システムの概念図

たわみの測定は, IIS (Impulse Input System) を使用した重錘落下たわみ法⁶⁾による。測定システムの概念図を図-1 に示す。IIS は 100kgf の重りを自由落下させる装置であり, 載荷板接地寸法は 35cm×35cm, 衝撃荷重は載荷板のロードセルで計測する。衝撃荷重で床版が振動する速度 (変位同時出力) を計測するシステムである。速度計の設置位置は, 図-1 に示す床版を支持する両主桁上とその中央 (1/2) および 1/4 (3/4) 点の 5 箇所の舗装面で計測する。また, 代表的な 1 パネルで床版下面の変位計により検証できるように測定する。測定は, パネル単位でパネル中央 (A 点) と横桁から 1m の B 点で各 5 回程度測定して異常値を除く 3 回の平均値を求める。

3.2 浮き率の調査方法

浮き率は, 高所作業車または点検用足場を使用してパネル単位の浮き面積を打音点検で調査して算出した。

3.3 理論たわみの計算法

理論たわみは, 三次元弾性論に基づく厚板理論の多層版解析⁶⁾により, 弾性係数比(n)をパラメータに計算する。青山橋, 堀切橋および尾久橋は, 表-2 に示す「舗装+RC 床版+鋼板」の三層版モデルとする。また, 上面増厚 (SFRC) 補強済みは, 表-3 に示す 3 層版モデルとする。高井戸陸橋は, 軽量と普通で弾性係数が異なるので舗装を増厚に換算して「増厚 (舗装考慮) +RC 床版+鋼板」にモデル化する。天王洲大橋は「舗装+ (増厚+RC 床版) +鋼板」の三層版モデルとする。表-2～3 の凡例記号 n7 の RC 床版は, 鋼板接着によりひび割れにも樹脂が入り接着され全断面有効の状態, n15 はひび割れ初期の状態, n31 はひび割れ末期で貫通ひび割れありの状態と仮定する。また, 凡例記号末尾の「-0 は完全合成状態」, 「-1 は舗装又は増厚が剥離状態」, 「-2 は鋼板が剥離状態」を意味している。調査橋梁の材料特性値を表-4～8 に示す。なお, 舗装の弾性係数は, 路面温度から久保ら⁷⁾のデータ

表-2 三層版解析モデル

凡例記号	青山橋、堀切橋、尾久橋の三層版モデル
n7-0	舗装+RC床版(n7)+鋼板, 完全合成(-0)
n7-1	舗装+RC床版(n7)+鋼板, 舗装剥離状態(-1)
n7-2	舗装+RC床版(n7)+鋼板, 鋼板剥離状態(-2)
n15-0	舗装+RC床版(n15)+鋼板, 完全合成(-0)
n15-1	舗装+RC床版(n15)+鋼板, 舗装剥離状態(-1)
n15-2	舗装+RC床版(n15)+鋼板, 鋼板剥離状態(-2)
n31-0	舗装+RC床版(n31)+鋼板, 完全合成(-0)
n31-1	舗装+RC床版(n31)+鋼板, 舗装剥離状態(-1)
n31-2	舗装+RC床版(n31)+鋼板, 鋼板剥離状態(-2)

表-3 三層版解析モデル(増厚あり)

凡例記号	高井戸陸橋(軽量)の三層版モデル例
n7.5+15-0	増厚(n7.5)+RC床版(n15)+鋼板, 完全合成(-0)
n7.5+15-1	増厚(n7.5)+RC床版(n15)+鋼板, 増厚剥離状態(-1)
n7.5+15-2	増厚(n7.5)+RC床版(n15)+鋼板, 鋼板剥離状態(-2)
凡例記号	高井戸陸橋(普通)の三層版モデル例
n7.5+8-0	増厚(n7.5)+RC床版(n8)+鋼板, 完全合成(-0)
n7.5+8-1	増厚(n7.5)+RC床版(n8)+鋼板, 増厚剥離状態(-1)
n7.5+8-2	増厚(n7.5)+RC床版(n8)+鋼板, 鋼板剥離状態(-2)
凡例記号	天王洲大橋の三層版モデル例
n7-0	舗装+(増厚+RC床版)(n7)+鋼板, 完全合成(-0)
n7-1	舗装+(増厚+RC床版)(n7)+鋼板, 舗装剥離状態(-1)
n7-2	舗装+(増厚+RC床版)(n7)+鋼板, 鋼板剥離状態(-2)

表-4 青山橋の材料特性値

断面の状態	弾性係数比(n)	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	備考	
舗装t=50	—	6,000	0.35	気温10℃	
普通床版t=180	全断面有効	7.0	28,000	0.17	一般仮定値
	ひび割れ初期	15.0	13,300	0.20	
	ひび割れ末期	31.0	6,450	0.20	
鋼板t=4.5	—	200,000	0.30	ミルシート	

表-5 高井戸陸橋の材料特性値

断面の状態	弾性係数比(n)	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	備考	
舗装t=50	—	3,000	0.35	気温28℃	
増厚(SFRC)t=50	全断面有効	7.5	27,000	0.17	施工時データ
	ひび割れ初期	15.0	13,300	0.20	
	ひび割れ末期	31.0	6,450	0.20	
軽量床版t=170	全断面有効	15.0	13,500	0.20	品質管理データ
	ひび割れ初期	19.0	10,800	0.22	
	ひび割れ末期	37.0	5,400	0.22	
普通床版t=170	全断面有効	8.0	25,000	0.17	2000年切出し床版データ
	ひび割れ初期	15.0	13,300	0.20	
	ひび割れ末期	31.0	6,450	0.20	
鋼板t=4.5	—	200,000	0.30	ミルシート	

を参考に設定している。

4. 調査結果

4.1 浮きとたわみの損傷ランクの閾値

各パネルの浮き率は、打音点検の表-9の閾値^{2),8)}で損傷ランクを評価する。また、100kN換算たわみ測定値は表-10のたわみの閾値²⁾で損傷ランクを評価する。

4.2 青山橋

たわみの測定分布を図-2に示す。測定値は計算値n7-0(全断面有効)とn15-0(ひび割れ初期)の間に分布し、補強直後の版剛性を維持している。

表-11の浮き0~30%の損傷ランクは、ランクaが2パネル、ランクbが3パネル、ランクcが1パネルとばらついているが、平均的にはランクbであり、ほぼ健全と評価できる。一方、たわみの損傷ランクは、A点は6パ

表-6 堀切橋の材料特性値

断面の状態	弾性係数比(n)	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	備考	
舗装t=70	—	3,000	0.35	気温28.5℃	
普通床版t=200	全断面有効	7.0	28,000	0.17	一般仮定値
	ひび割れ初期	15.0	13,300	0.20	
	ひび割れ末期	31.0	6,450	0.20	
鋼板t=4.5	—	200,000	0.30	ミルシート	

表-7 天王洲大橋の材料特性値

断面の状態	弾性係数比(n)	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	備考	
舗装t=50	—	2,000	0.35	注入前	
舗装t=50	—	6,000	0.35	注入後	
増厚(SFRC)t=50	全断面有効	7.0	28,000	0.17	一般仮定値
	ひび割れ初期	15.0	13,300	0.20	
	ひび割れ末期	31.0	6,450	0.20	
普通床版t=180	全断面有効	7.0	28,000	0.17	一般仮定値
	ひび割れ初期	15.0	13,300	0.20	
	ひび割れ末期	31.0	6,450	0.20	
鋼板t=4.5	—	200,000	0.30	ミルシート	

表-8 尾久橋の材料特性値

断面の状態	弾性係数比(n)	弾性係数(N/mm ²)	ポアソン比	備考	
舗装t=50	—	9,000	0.35	注入前	
舗装t=50	—	2,000	0.35	注入後	
舗装t=50	—	2,000	0.35	縦桁増設後	
普通床版t=190	全断面有効	7.0	28,000	0.17	一般仮定値
	ひび割れ初期	15.0	13,300	0.20	
	ひび割れ末期	31.0	6,450	0.20	
鋼板t=4.5	—	200,000	0.30	ミルシート	

表-9 打音点検の鋼板浮き率の閾値

条件	漏水・錆なし	漏水・錆あり
a(健全)	損傷が認められないもの	—
b(ほぼ健全)	浮き20%未満	浮き10%未満
c(やや注意)	浮き20~40%未満	浮き10~20%未満
d(注意)	浮き40%以上	浮き20%以上、又は漏水が著しい場合
e(危険)	ランクdでアンカーの浮き(緩み)があるもの、落下した場合に第三者へ影響を与えるもの	ランクdでアンカーの浮き(緩み)があるもの、橋面舗装にポットホールや土砂化などがあるもの

表-10 乾燥条件下のたわみの閾値

損傷ランク	計算値Dの条件	実測値δ	第三者への影響
a(健全)	n7-0	D>δ	なし
b(ほぼ健全)	n7-0~n15-0	D=δ	
c(やや注意)	n15-0~n31-0	D=δ	
d(注意)	n31-0	D<δ	
e(危険)	n31-0	D<δ	

注) D: 計算たわみ(mm), δ: 実測たわみ(mm)

ネル全てランクb, B点はランクaが1, 残り5パネルはランクbであり、ほぼ健全と評価される。なお、パネル10の浮きの損傷ランクはcであるが、たわみの損傷ランクがbであり、疲労による浮きではないと推定される。

4.3 高井戸陸橋

主径間(3径間連続)の軽量床版のたわみ分布を図-3に示す。パネル6Aを除く他のパネルの分布は、n15+19-0のひび割れ初期の状態と仮定した計算値にほぼ一致している。一方、パネル6Aの分布は、n31+37-0(ひび割れ末期)にほぼ一致しているが、増厚n31のひび割れ末期

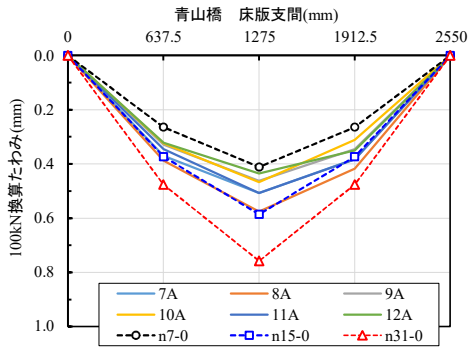


図-2 青山橋たわみ分布

表-11 青山橋浮き率とたわみ損傷ランク

パネル番号	青山橋					
	浮き率		たわみA点		たわみB点	
	%	ランク	mm	ランク	mm	ランク
7	0.0	a	0.508	b	0.383	a
8	6.7	b	0.576	b	0.560	b
9	1.7	b	0.462	b	0.503	b
10	30.0	c	0.467	b	0.446	b
11	0.0	a	0.507	b	0.474	b
12	7.9	b	0.435	b	0.418	b
n7-0			0.412			
n15-0			0.586			
n31-0			0.758			

の仮定は、他のパネルとの関係から想定できない。また、剥離状態(非合成)と仮定したn7.5+15-1を超えていない。ここでパネル6の特徴を整理すると、3径間連続の桁端の床版であり、伸縮装置による衝撃の影響や重ね版のせん断力が大きく作用する箇所であり剥離が考えられる。また、上面増厚の施工は接着材未使用であり剥離しやすい。これらの理由から剥離の可能性が考えられる。

表-12の軽量床版の浮き0~18.2%の損傷ランクは、ランクaが1パネル、残り5パネルはランクbである。

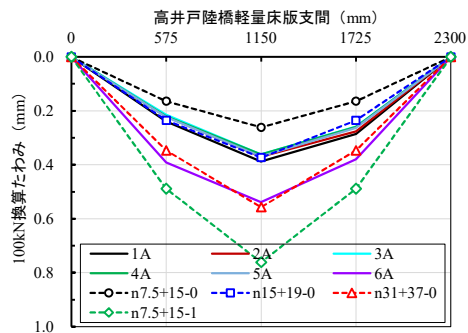


図-3 高井戸陸橋軽量床版のたわみ分布

表-12 高井戸陸橋軽量床版浮き率とたわみ損傷ランク

パネル番号	高井戸陸橋主径間(軽量床版t=170)					
	浮き率		たわみA点		たわみB点	
	%	ランク	mm	ランク	mm	ランク
1	17.8	b	0.389	b	0.377	b
2	0.0	a	0.371	b	0.362	b
3	12.0	b	0.362	b	0.366	b
4	18.2	b	0.362	b	0.345	b
5	3.0	b	0.370	b	0.377	b
6	2.8	b	0.540	d	0.472	d
n7.5+15-0			0.261			
n15+19-0			0.339			
n15+37-0			0.399			

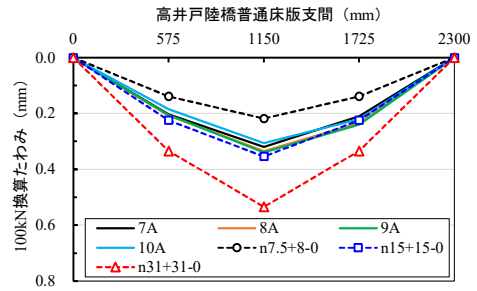


図-4 高井戸陸橋普通床版のたわみ分布

表-13 高井戸陸橋普通床版浮き率とたわみ損傷ランク

パネル番号	高井戸陸橋側径間(普通床版t=170)					
	浮き率		たわみA点		たわみB点	
	%	ランク	mm	ランク	mm	ランク
7	1.4	b	0.320	b	0.243	a
8	1.0	b	0.335	b	0.310	b
9	1.2	b	0.340	b	0.296	b
10	0.0	a	0.306	b	0.290	b
n7+15-0			0.262			
n15+15-0			0.354			
n15+31-0			0.423			

一方、たわみの損傷ランクはA点、B点いずれもランクbが5パネル、ランクdが1(パネル番号6)と評価される。なお、パネル6は、浮きは2.8%で健全と評価されるが、たわみの評価は、増厚の剥離の可能性があるので継続してたわみによるモニタリングが必要である。

側径間の普通床版のたわみ分布を図-4に示す。測定値はn15+15-0に一致しており補強直後の状態を維持している。また、普通床版の浮き率を表-13に示す。浮きは0~1.4%と少ないことから損傷ランクaが1パネル、その他3パネルはランクbである。したがって、浮きとたわみの評価は、いずれもほぼ健全と評価される。

4.4 堀切橋

図-5に示すたわみ分布では、n7-0~n31-0の広範囲に分布している。本橋は昭和30年竣工と古く、橋面舗装の維持で切削オーバーレイが繰り返して行われており、n15-0~n31-0のパネルは、過切削による床版の減厚が考えられる。

損傷ランクを表-14に示す。浮き0~15.1%の損傷ランクaが3パネル、ランクbが6パネルである。一方、たわみの損傷ランクの評価は、A点(B点)はランクbが5(6)パネル、ランクcが4(2)パネル、ランクaが1(1)パネルであり、ほぼ健全な状態を維持していると評価できる。

4.5 天王洲大橋

再注入前後のたわみ分布を図-6と図-7に示す。再注入前はn7-0~n15-0の間に分布していたが、再注入後はn15-0~n31-0の間に分布するものが1パネルから3パネルに増加している。増加した理由は、再注入後の舗装の弾性係数を低温側に設定した可能性が考えられる。また、閾値をわずかに超えての変化であり、実質的にn15-0以下で変化しないと評価される。

表-15に示す浮き2.1~41.6%の12パネルの再注入前の浮きの損傷ランクは、ランクbが9パネル、ランクc

が2パネル、ランクdが1パネルであり、ほぼ健全と評価できる。一方、たわみの評価は、再注入前後でほとんど

変化がなく全体にランクbが多い。再注入の効果が明確でない理由は、上面増厚で剛性が大きく、再注入前の剛性がn7-0～n15-0であり、補強直後の剛性を維持している状態での小規模の浮きへの再注入は、剛性への寄与が小さいためと考えられる。

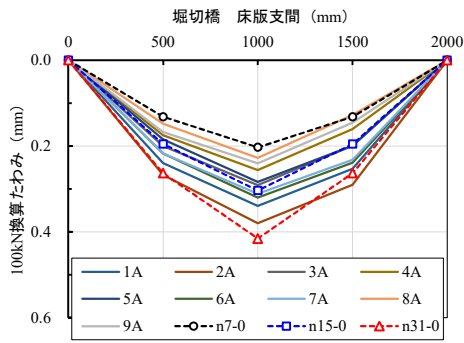


図-5 堀切橋たわみ分布

表-14 堀切橋浮き率とたわみ損傷ランク

パネル番号	浮き率		たわみA点		たわみB点	
	%	ランク	mm	ランク	mm	ランク
1	3.3	b	0.340	c	0.322	c
2	15.1	b	0.380	c	0.306	c
3	4.8	b	0.291	b	0.242	b
4	4.4	b	0.256	b	0.232	b
5	0.0	a	0.284	b	0.269	b
6	3.1	b	0.320	c	0.300	b
7	2.9	b	0.311	c	0.291	b
8	0.0	a	0.228	b	0.192	a
9	0.0	a	0.241	b	0.226	b
n7-0			0.203		—	
n15-0			0.304		—	
n31-0			0.416		—	

4.6 尾久橋

再注入前の図-8(a)のたわみ分布は、n15-0～n31-0～n15-2(鋼板剥離)に分布し、再注入後の図-8(b)の分布は、n7-0～n31-0に剛性が回復している。また、縦桁増後の図-8(c)では、n15-0以下に剛性が回復している。したがって、再注入前の状態は、n15-0ひび割れ初期の鋼板接着～n15-2鋼板剥離の間に分布し、明らかに疲労による浮きの影響が確認できる。しかし、注入前はn15-2鋼板剥離を超えていないことや、アンカーは点検で緩みがないことから、アンカーが有効に機能している状態と推察する。

表-16の浮きの損傷ランクは、再注入前94.3～98.3%と全面剥離状態であるが、桁下が閉鎖空間であり第三者への影響がないため全てランクdと評価される。一方、たわみの損傷ランクは、注入前はA(B)点ランクdが4(2)パネル、ランクcが4(5)パネル、ランクbが1(1)パネルである。注入後はランクcが5(3)パネル、ランクbが3(5)パネルに剛性が回復、桁増設後はランクbが4(0)パネル、ランクaが4(8)パネルと大幅に剛性が回復している。

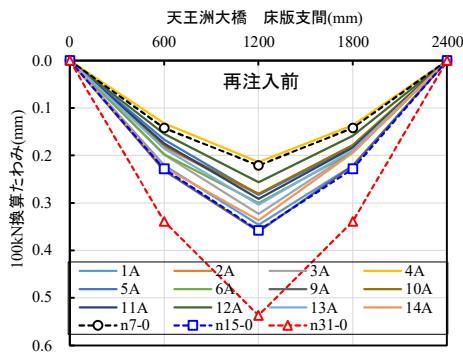


図-6 天王洲大橋再注入前たわみ分布

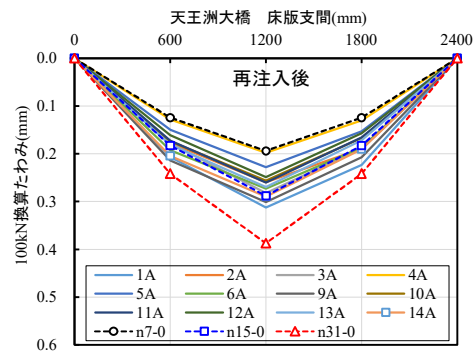


図-7 天王洲大橋再注入後たわみ分布

表-15 天王洲大橋浮き率とたわみ損傷ランク

パネル番号	天王洲大橋		再注入前(mm)				再注入後(mm)			
	浮き率		たわみA点		たわみB点		たわみA点		たわみB点	
	%	ランク	mm	ランク	mm	ランク	mm	ランク	mm	ランク
1	7.0	b	0.346	b	0.360	c	0.313	c	0.297	c
2	12.8	b	0.283	b	0.312	b	0.260	b	0.277	b
3	7.0	b	0.323	b	0.298	b	0.283	b	0.252	b
4	6.1	b	0.214	a	0.222	b	0.198	b	0.223	b
5	19.6	b	0.283	b	0.240	b	0.228	b	0.212	b
6	2.1	b	0.301	b	0.308	b	0.273	b	0.269	b
9	12.6	b	0.360	c	0.352	b	0.301	c	0.299	c
10	27.9	c	0.280	b	0.293	b	0.256	b	0.263	b
11	39.4	c	0.292	b	0.298	b	0.260	b	0.256	b
12	10.5	b	0.256	b	0.231	b	0.248	b	0.233	b
13	17.9	b	0.304	b	0.290	b	0.270	b	0.262	b
14	41.6	d	0.337	b	0.318	b	0.290	c	0.266	b
n7-0			0.221		—		0.194		—	
n15-0			0.358		—		0.288		—	
n31-0			0.537		—		0.387		—	

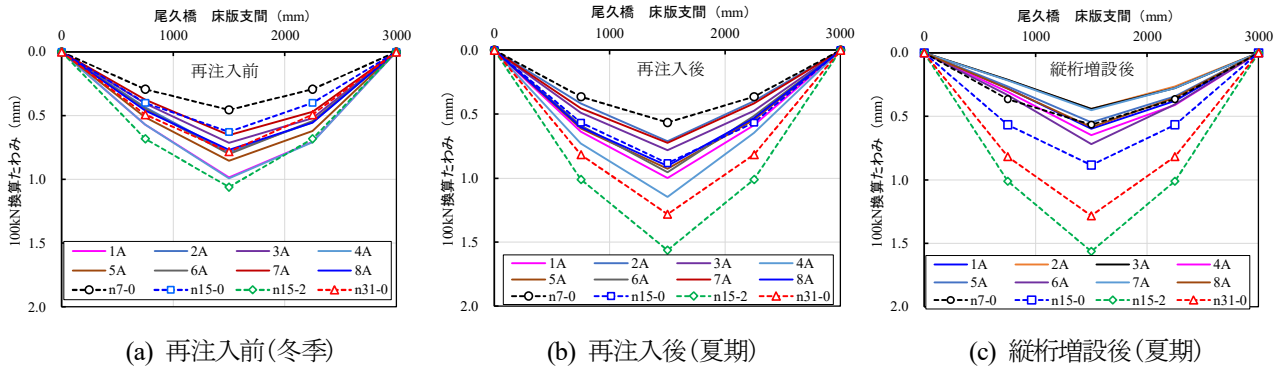


図-8 尾久橋たわみ分布

表-16 尾久橋浮き率とたわみの損傷ランク

尾久橋		再注入前(mm)				再注入後(mm)				桁増設後(mm)				
パネル 番号	浮き率	たわみA点		たわみB点		たわみA点		たわみB点		たわみA点		たわみB点		
	%	ランク	mm	ランク	mm	ランク	mm	ランク	mm	ランク	mm	ランク	mm	ランク
1	97.3	d	0.964	d	0.754	c	0.998	c	0.813	b	0.567	b	0.469	a
2	97.4	d	0.768	c	0.719	c	0.710	b	0.821	b	0.485	a	0.304	a
3	97.9	d	0.696	c	0.664	c	0.782	b	0.777	b	0.451	a	0.356	a
4	97.6	d	0.971	d	0.957	d	1.147	c	1.212	c	0.618	b	0.463	a
5	96.7	d	0.835	d	0.626	b	0.926	c	0.655	b	0.569	b	0.400	a
6	94.3	d	0.784	d	0.784	d	0.953	c	1.075	c	0.708	b	0.493	a
7	98.2	d	0.640	c	0.637	c	0.724	b	0.757	b	0.440	a	0.378	a
8	98.3	d	0.753	c	0.745	c	0.906	c	0.924	c	0.564	a	0.388	a
n7-0			0.455		—		0.565		—		0.565		—	
n15-0			0.627		—		0.883		—		0.883		—	
n31-0			0.783				1.282				1.282			

5. まとめ

本調査結果から以下の知見が得られた。

- (1) 青山橋, 高井戸陸橋, 堀切橋, 天王洲大橋の不規則に点在する浮き率40%以下の多くのパネルは, たわみ測定値が接着直後の版剛性 (n7-0~n15-0) を概ね維持しており, 疲労損傷していないので, 接着時素地調整に係わる空気溜りや接着強度の変動など, 初期欠陥に起因する浮きの可能性が高いと推定される。
- (2) 浮き90%以上の全面剥離状態の尾久橋での再注入では, 鋼板が再接着して版剛性がn15-0~n15-2 (ひび割れ初期の鋼板剥離状態) からn7-0~n31-0 (全断面有効~ひび割れ末期鋼板接着) 状態に剛性が回復したので, 再注入は有効な補修工法である。一方, 天王洲大橋の小規模の浮き40%以下で再注入前の剛性がn7-0~n15-0で補強直後の剛性を維持している状態では, 再注入による剛性への寄与は小さい。
- (3) 表-9の浮きおよび表-10のたわみの閾値は, 概ね妥当な維持管理指標であると考えられる。

6. おわりに

過去の橋梁定期点検では, 漏水などの異常がない限り, 鋼板の打音点検は省略している場合も想定され, 浮きの実態は十分把握されていない。維持管理では, 少なくとも1回は全パネルの打音点検を実施して確実なモニタリングを進める必要がある。

参考文献

- 1) 松井繁之, 中井博: 鋼板接着工法により補強したRC床版の疲労性状, 合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.247-254, 1986.
- 2) 大石雅登, 前田洋平, 関口幹夫, 名児耶薫: 鋼板接着補強RC床版の疲労耐久性および樹脂再注入の補修効果に与える剥離率と水の影響, 令3. 都土木技術支援・人材育成センター年報, pp.61-80, 2021.
- 3) 前川敬彦, 久利良夫, 佐々木一則, 飛ヶ谷明人, 青木康素: 鋼板接着補強RC床版の維持管理に関する検討, 第七回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.13-18, 2012.
- 4) 関口幹夫, 宍戸薫, 今里光夫: 供用30年間のRC床版追跡調査, 平12. 東京都土木技術研究所年報, pp.55-66, 2000.
- 5) ショーボンド建設: ショーボンドグラウト防錆プライマー処理による接着性, SHO-BOND TECHNICAL DATA, R-TKE060830.
- 6) 関口幹夫, 横山広, 堀川都志雄: リブ付き多層版解析による各種補強床版の実測たわみの評価, 土木学会構造工学論文集, Vol.54A, pp.442-451, 2008.
- 7) 久保和幸, 寺田剛, 堀内智司, 井谷雅司: 舗装構造の理論設計の高度化に関する研究, (独) 土木研究所平成22年度重点プロジェクト研究報告書, pp.1-16, 2010.
- 8) 東京都建設局: 橋梁の点検要領(案), 令和3年12月。

(2022年7月8日受付)

(2022年9月9日受理)