論文 展張格子鋼板筋を用いた下面増厚補強 RC 床版における接着剤の効果

水口 和彦*1・阿部 忠*2・吉岡 泰邦*3・塩田 啓介*4

要旨:本研究は,RC 床版の下面損傷の補強であるポリマーセメントモルタル下面増厚補強法において,新材料で ある展張格子鋼板筋を配置した場合の耐疲労性を検証した。さらに,増厚界面に接着剤を塗布した場合の接着剤の 有効性に関する検証を行った。その結果,展張格子鋼板筋を用いた場合,一般的に使用されるワイヤーメッシュを 配置した場合とほぼ同様の耐疲労性が得られた。さらに,展張格子筋を用いた供試体において増厚界面の接着剤の 有無による比較では接着剤を塗布することで 2.72 倍の耐疲労性の向上が得られた。よって,展張格子筋は下面増 厚補強の引張補強材として有効であり,界面への接着剤塗布は耐疲労性を大幅に向上させることを明らかにした。 キーワード:RC 床版,下面増厚補強,展張格子鋼板筋,耐疲労性,エポキシ樹脂接着剤

1. はじめに

近年,高度成長期に建設された道路橋では,一般的に橋 梁寿命とされる建設後50年を経過する橋梁が増大し,延命 化を図るための補強対策,維持管理の構築が重要な課題と なっている。

道路橋 RC 床版における耐荷力性能を向上させるための 補強法には、大別して通行止めを必要とする上面増厚補強 法と通行止めを必要としない下面増厚補強に分類される。 本研究は、RC 床版下面コンクリートの剥落や耐荷力性能の 向上を図るための補強法である引張補強材を配置し、ポリ マーセメントモルタル (以下, PCM とする) を吹付けする 下面増厚補強法に着目し、新たな引張補強材を用いた下面 増厚補強を提案するものである。ここで、従来の下面損傷 に対する補強法は、鉄筋を格子状に配置し、PCM 吹付けに よる下面増厚補強法が行われてきた。しかし、この場合、 鉄筋を格子状に配置(鉄筋径の2倍)することに加え、か ぶりを必要とすることから増厚断面が厚くなり、死荷重の 増大が懸念される。このような問題に対処すべく, 展張格 子鋼板筋が開発された。本提案の展張格子鋼板筋を用いた 下面増厚補強は、従来の鉄筋を主筋および配筋方向に格子 状に重ねて組み立てするのに対して、格子筋は1面加工さ れていることから同一かぶりを考慮した場合,鉄筋の1方 向分の増厚コンクリートが減少することから死荷重の軽減 が図れる。さらに、面加工されていることから施工の合理 化・省力化が図れる材料である。

一方,実施工における PCM 吹付けによる下面増厚補強法 では,既設 RC 床版および PC 床版界面を研掃し,PCM の 付着性を高めるためにプライマーが塗布される。その後, 鉄筋を格子状に配置し,PCM 吹付けが施されている。しか し近年では,この補強において増厚界面の付着強度が基準 値である 1.7N/mm² 以上確保された場合においても輪荷重

*1 日本大学 生産工学部土木工学科准教授 博士(工) (正会員) *2 日本大学 生産工学部土木工学科教授 博士(工) (正会員) *3 JFE シビル(株) 社会基盤事業部 *4 JFE シビル(株) 技術部

が繰り返し作用することで既設 RC 床版と増厚層との間で はく離が生じる事例が報告されている¹⁾。

そこで本研究では、RC 床板の PCM 吹付け下面増厚補強法 における引張補強材に従来の鉄筋と同等な材料特性値を有す るワイヤーメッシュおよび新たに開発された展張格子鋼板筋 を用いた供試体、展張格子筋を用い増厚界面にエポキシ系接 着剤(以下,接着剤とする)を塗布した3種類の下面増厚補 強供試体を作製し、輪荷重走行疲労試験より展張格子鋼板筋 の実用性を評価するとともに、接着剤塗布の有効性に関する 検証を行った。さらに、増厚界面の付着状態を把握するため に、RC 床版コンクリートと PCM との界面にプライマーおよ び接着剤を塗布した試験体を作製し、これら供試体に直接引 張試験および一面せん断試験を行うことで、付着性能に関す る検証を行った。

2. 既設 RC 床版および下面増厚補強材の使用材料

2.1 既設 RC 床版および PCM

RC 床版

RC 床版供試体のコンクリートには、普通ポルドランドセメ ントと5mm以下の砕砂および5mm~20mmの砕石を使用した。 また、コンクリートの設計基準強度は道示の規定に基づいて 24N/mm²以上となるよう配合した。ここで、RC 床版の配合条 件を表-1 に示す。次に、鉄筋はSD295A、D10を用いた。こ こで、実験時のコンクリートの圧縮強度は35.0N/mm²、鉄筋の 材料特性値は降伏強度 368N/mm²、引張強度 516N/mm²である。

(2) ポリマーセメントモルタル(PCM)

実橋 RC 床版の下面増厚補強には、一般的に PCM が用いら れている。よって、本実験でも一般的に市販されている繊維 混合プレミックス型の PCM を用いる。ここで、本実験供試体 に用いる PCM の配合を表-2 に示す。なお、PCM にはビニロ ン繊維が配合されているが、詳細な配合条件は公開されてい

表-1 RC 床版コンクリートの配合条件

スランプ	Air	W/C	s/a	単位量(kg/m³)				
(cm)	(%)	(%)	(%)	С	W	S	G	Ad
18	4.5	52.5	48.1	324	170	847	956	3.4

表-2 PCMの配合条件

項目	単位量(kg/	水結合比	
	プレミックス粉体	水	(%)
PCM	1860	595	32

表-3 ワイヤーメッシュおよび展張格子筋 の材料特性

供試体	降伏強度 (N/mm ²)	降伏ひずみ (×10 ⁻⁶)	引張強度 (N/mm ²)	弹性係数 (kN/mm ²)
ワイヤー メッシュ	—	—	592	
縞鋼板	327	1635	435	200
加工後	338	1690	422	
規格値	245以上	_	400以上	

ない。実験時における PCM の圧縮強度は 51.9N/mm² である。 2.2 引張補強材

(1) ワイヤーメッシュ

RC 床版の下面増厚補強には、引張補強材として鉄筋やワイ ヤーメッシュが使用されている。そこで、本供試体にはφ5mm, 格子間隔 75×75mm のワイヤーメッシュを用いた。ここで、 ワイヤーメッシュの材料特性値を**表-3**、ワイヤーメッシュの 形状寸法を図-1(a)に示す。

(2) 展張格子鋼板筋

展張格子鋼板筋には、材質 SS400,厚さ 4.5mm の縞鋼板 を用いた。ここで、展張格子鋼板筋の材料特性値を表-3に併 記する。表-3に示すように、展張加工した展張格子鋼板筋の 降伏強度は 338N/mm²,引張強度は 422N/mm²である。なお、 縞鋼板から採取した試験片を用いて引張試験(試験規格:JIS Z 2241)を行った結果、降伏強度は 327N/mm²,引張強度は 430N/mm²である。また、展張部における引張強度の検証を行 った結果、JIS 規格引張試験と同等の破壊荷重であったことか ら、軸方向筋においても縞鋼板の材料特性値を用いた。

次に、展張格子鋼板筋には、ワイヤーメシュの寸法を基準 として格子間寸法を75×75mmとなるようにレーザでスリット を挿入し、展張する。また、断面積も同等となるように断面 寸法は、厚さ4.5mm、幅4.0mmとし、断面積は18mm²とした。 また、展張時には縦筋に支圧による応力集中が生じないよう に曲げ半径10mmとした。さらに、7mm間隔ごとに2mmの 突起を設けることで付着力を高める構造とした。ここで、本 実験供試体に用いる展張格子鋼板筋の寸法および形状を図-1(b)に示す。

2.3 增厚界面塗布剤

(1) プライマー

実橋 RC 床版の下面増厚補強法においては, 既設 RC 床版の コンクリート下地への吸水による PCM のドライアウトを防止 させ接着力を安定させるためにアクリルエマルジョン系プラ



(a) ワイヤーメッシュ(b) 展張格子鋼板筋図-1引張補強材の形状寸法

表-4 エポキシ接着剤の材料特性

項目	測定値	備考	
外観 主剤	白色ペースト状	異物混入なし	
<u> (現合せ(主対)</u> (現合せ) (注対) (現合せ) (注対) (現合せ) (注対) (現合せ) (注対) (現合せ) (現合せ) (注対) (現合せ) (現合t) (現合せ) (現合t) (現合t) (現合t) (現合t) (現合t) (現合	育巴攸扒 5 · 1	舌昌比	
低合比(土角・被化剤)	5.1	里里儿	
硬化物比重	1.42N/mm ⁻	JIS K 7112	
圧縮強さ	102.88N/mm ²	JIS K 7181	
圧縮弾性係数	3976.4N/mm ²	JIS K 7181	
曲げ強さ	41.16N/mm ²	JIS K 7171	
引張せん断強さ	14.86N/mm ² 以上	JIS K 6850	
コンクリート 付着強さ	3.7N/mm ² または母材破壊	JIS K 6909	

イマー (以下, プライマーとする) を塗布した後に, PCM 吹 付けが行われている。

(2) エポキシ樹脂接着剤

近年,下面増厚補強法を用いた RC 床板においては、増厚界 面ではく離が先行し、増厚部がはく落した事例も報告され、 RC 床版の PCM 吹付け下面増厚補強法が懸念されている。 そこで、本研究では RC 床版と増厚界面の付着性を高めるため に専用エポキシ系接着剤を塗布する。本実験に用いた接着剤 の材料特性を表-4 に示す。

3. プライマー・接着剤を塗布した界面の引張試験および一面 せん断試験

RC 床版下面に増厚による補強を行う場合,増厚界面での付 着強度は 1.7N/mm²以上必要であると定められている²。そこ で,本研究では予備実験として,増厚界面を想定しプライマ ー,接着剤を塗布して PCM 吹付けした供試体に直接引張試験 および一面せん断試験を行い,既設 RC 床版コンクリートと PCM との付着性能に関して,接着強度および一面せん断強度 より検証した。

3.1 直接引張試験

(1) 供試体の製作

直接引張試験に用いる供試体の製作方法は、 φ50mm, 高さ 100mm のサミットモールドを用いて, 既設 RC 床版と同等の 強度となる配合条件(**表**-1) で作製したコンクリートを打ち 込み,強度が発現した後,高さ 50mm の位置で切断する。次 に,新たなサミットモールドを用いて,切断したコンクリー ト材片を挿入し,コンクリート表面にプライマーもしくは接 着剤を平均 1.0mm 厚で塗布し,プライマーの場合 8 時間,接



(a) プライマー使用 (b) 接着剤使用 図-2 直接引張試験の状況

着剤の場合は 30 分間の養生を行った後, PCM の吹付けを行う。以上の手順で,供試体を各3体製作した。

(2) 実験方法

プライマーおよび接着剤を塗布した供試体の試験状況を図 -2 に示す。図-2 より,引張試験機治具に接着剤を用いて試 験体をインストロン型万能試験機に設置する。また,直接引 張試験は,コンクリートの引張載荷法 JIS A 6909 に準拠し, 引張速度を毎秒 0.6N/mm² で行った。なお,コンクリートの直 接引張試験における接着強度は式(1)より評価した。

$$f_t = P_S / A_S \tag{1}$$

ここで、 f_t : PCM 下面増厚における増厚界面の接着強度 (N/mm²) 、 P_s : 破壊荷重 (N) 、 A_s : 破壊面積 (mm²)

(3) 接着強度および破壊状況

式(1)より算出した,直接引張試験における各供試体の 接着強度を表-5に示す。

表-5より,プライマーを塗布した供試体 No.1~3の 平均接着強度は 2.33N/mm²である。破壊は,すべての供 試体で既設 RC 床版に用いた母材コンクリート側で引張 破壊が生じている。これは,母材コンクリートの強度の 平均 32.3N/mm²に対し PCM は 51.9N/mm²であり,圧縮強 度の低い母材コンクリート側で破壊に至ったものと思わ れる。よって,プライマーによる接着強度が確保され増 厚界面でのはく離破壊は見られない。また,接着剤を塗 布した供試体 No.1~3の平均接着強度は 2.57N/mm²で, プライマーを塗布した供試体と同様にすべての供試体 で,母材コンクリート側で引張破壊となっている。

したがって,直接引張試験では圧縮強度の低い母材コ ンクリート側で破壊することから,プライマーおよび接 着剤ともに十分な付着性能を有する結果となった。

3.2 一面せん断試験

(1) 試験体の製作

ー面せん断試験に用いる供試体は、母材コンクリートには 直接引張試験で作製した供試体の片側 \$ 50mm,高さ 50mmを 使用し、コンクリート材片をサミットモールドに設置する。 その後の製作手順は直接引張試験に用いた供試体と同様に、 プライマーもしくは接着剤を平均 1.0mm で塗布し、その後 PCM を吹付けしたものを各3 体を製作した。

表-5	プライマー・エポキシ接着剤を用いた
	引張強度および一面せん断強度

供試体		コンク	PCM	直接引張試験		一面せん断試験	
		リート 圧縮強度 (N/mm ²) 「一下 E縮強度 (N/mm ²)		接着強度 (N/mm ²)	破壊状況	一面せん断 強度 (N/mm ²)	破壊状況
プライ マー	No.1	30	51.9	2.32	母材	3.10	界面
	No.2	35		2.25	母材	2.80	界面
	No.3	32		2.42	母材	3.30	界面
	平均			2.33		3.07	
	No.1	30		2.58	母材	8.09	PCM
接着剤	No.2	35	51.9	2.63	母材	7.73	PCM
	No.3	32		2.49	母材	7.54	PCM
	平均			2.57		7.79	



(a)供試体寸法および配置 (b)試験装置 図-3 一面せん断試験装置

(2) 実験方法

既存 RC 床版と増厚界面の付着強度の評価に関しては、阿部 ら³が開発したモードII型(縦ずれ)の一面せん断試験装置を 用いて一面せん断試験を行い、増厚界面のせん断強度(*f_{c0.SF}*) を評価した。ここで、阿部らが開発した、モードII型の一面 せん断試験装置およびせん断面を図-3 に示す。コンクリート の圧縮試験は、コンクリートの圧縮載荷法 JIS A 1108の規定 に基づき、加圧速度を毎秒0.6N/mm²で行った。

次に、一面せん断試験法によるせん断強度は、モードⅡ型 による一面せん断試験によって得られるコンクリートのせん 断応力度をせん断強度foxsFと定義し、式(2)より算出する。

 $f_{cvo.SF} = P_Q / A_S \tag{2}$

ここで、 f_{crosf} : PCM 下面増厚における増厚界面のせん断強 度 (N/mm²) 、 P_Q : 破壊荷重 (N) 、 A_S : 一面せん断破壊面積 (mm²)

(3) 一面せん断強度および破壊状況

式(2)より算出した各供試体の一面せん断試験の結果を表-5に示す。また、増厚界面の破壊状況の一例を図-4に示す。

表-5 より, プライマーを塗布した供試体 No.1~3 の 平均一面せん断強度は 3.07N/mm²である。破壊状況は図 -4(a)に示すように, すべての供試体で母材コンクリー ト或いは PCM の圧縮強度に関係なく, 増厚界面で破壊 した。また, 界面にはプライマーの成分が付着しており, ずれに対しての抵抗性は低い結果となった。

次に,接着剤を塗布した供試体 No.1~3の平均一面せん断強度は 7.79N/mm²で,プライマー塗布に比して 2.54 倍の強度となっている。また,破壊状況は図-4(b)に示すように,一部に接着剤が見られるもののすべての供試体が PCM 側で破壊し,増厚界面での破壊は見られなか



った。

以上の結果より,輪荷重が作用する RC 床版の下面増厚 補強においては、その破壊機構からも増厚界面にはせん断力 が生じることから,接着剤を塗布することで増厚界面でのせ ん断抵抗力が向上し、耐疲労性の向上が期待できるものと考 えられる。

4. 既設 RC 床版および下面増厚床版供試体の概要

4.1 RC 床版供試体

本実験に用いる輪荷重装置の車輪幅は 250mm であり, これに対して道路橋示方書・同解説⁴に規定する T 荷重の車 輪幅は 500mm であることから,その比は 1/2 となる。よって, 本実験に用いる供試体の寸法は,2014 年改定の道路橋示方 書・同解説の規定に基づいて床版支間 2.4m,大型車輌の 1 日 1 方向当たり計画交通量を 2000 台以上として最小厚さを求め, その 1/2 モデルとした。ここで,RC 床版供試体の寸法および 鉄筋配置を図-5(1) に示す。

供試体寸法は、全長1,470mm,支間1,200mm,床版厚130mm とした。鉄筋は複鉄筋配置とし、主鉄筋に D10 を 100m 間隔 で配置し、有効高を105mm とした。また、圧縮側には引張鉄 筋量の1/2 を配置した。供試体名称を RC-1 とする。

4.2 下面增厚補強床版供試体

下面補強に用いる供試体寸法は、供試体RC-1と同様とした。 ここで、下面増厚補強供試体の寸法を図-5(2)に示す。

補強範囲は、支点の内側を補強することから 1,100× 1,100mm を深さ 15mm で切削・研掃し、ワイヤーメッシュお よび展張格子鋼板筋を配置し、既設床版から 10mm 増厚する (図-1)。よって、補強後の床版全厚は 140mm である。ワ イヤーメッシュおよび展張格子鋼板筋を配置した場合の断面 寸法は図-1 に示す。供試体名称は、それぞれ RC-W、RC-T とする。また、接着剤を塗布して展張格子鋼板筋を配置した



(2)下面增厚補強床版

図-5 供試体寸法および補強範囲

表-6 引張補強材の材料特性値

引張補強材	弹性係数 (kN/mm ²)	断面積 (mm²)	本数/m	引張剛性 (kN/mm)
ワイヤーメッシュ	200	19.63	13.6	52.22
展張格子鋼板筋	200	18.00	12.3	44.28

供試体の名称はRC-T.Aとする。

5. 引張補強材の引張剛性および補強方法

5.1 引張剛性

本実験に用いた2種類の引張補強材の材料特性値を表-6に 示す。

(1) ワイヤーメッシュ

ワイヤーメッシュを配置した供試体は、1,100×1,100mmの 範囲に15本配置することから、主鉄筋方向の幅1,000mm当た りの本数は13.6本となる。

(2) 展張格子鋼板筋

展張格子鋼板筋を配置した供試体は、1,100×1,100mmの範囲に14本配置した。これは、切断によりワイヤーメッシュに比して1本少ない配置となった。よって、主鉄筋方向の幅1,000mm当たりの本数は12.3本となり、1,000mm当たりの引張剛性は44.28kN/mmである。これは、ワイヤーメッシュの約85%であり、15%程度少ない配置となる。

5.2 下面增厚補強法

RC 床版下面にワイヤーメッシュおよび展張格子鋼板筋を 設置し, PCM 吹付けによる下面増厚補強法は,ポリマーセメ ントモルタル吹付け工法によるコンクリート構造物の補修補 強,設計・施工マニュアル(案)(増厚補強編)⁵に準拠して製作 した。

6. 実験方法および等価走行回数⁶⁾

6.1 実験方法

輪荷重走行疲労実験による耐疲労性の評価は、20,000 回毎 に荷重を増加させる段階荷重載荷とする。よって、耐疲労性 の評価は RC 床版の寿命推定に用いられている S-N 曲線式に よる傾きの逆数を適用した等価走行回数を算出して評価する。

(1) RC 床版

輪荷重走行疲労実験は、車輪幅 250mm で走行範囲は床版中 央から軸方向に 450mm (全長 900mm) の範囲を連続走行する ものである(図-5)。荷重条件は、初期荷重を 80kN とし、 20000 回走行毎に荷重を 20kN ずつ増加し、破壊するまで荷重 増加と走行を繰り返し行う。また、たわみの計測は輪荷重走 行1、10、100、1,000 回で行い、1,000 回以降は 5,000 回毎に計 測する。なお、たわみの計測位置は床版中央とする。

(2) 下面増厚補強 RC 床版

ワイヤーメッシュおよび展張格子鋼板筋を配置してPCM吹付け下面増厚補強した供試体における走行範囲および荷重増加条件,たわみの計測位置・方法は,RC床版供試体の実験方法と同様とした。

6.2 等価走行回数

本実験では、20,000 回走行ごとに荷重を増加させることから、基準荷重と載荷荷重および実験走行回数の関係から等価 走行回数 N_{eq} を算出して耐疲労性を評価する。輪荷重走行疲労 実験による等価走行回数 N_{eq} は、マイナー則に従うと仮定する と、式(3)として与えられる。なお、式(1)に適用する S-N 曲 線の傾きの逆数mは、松井らが提案する S-N 曲線式の傾きの 逆数の絶対値m=12.7 とする⁷。また、本供試体の基準荷重は、 道示 I に規定する床版の 1/2 モデルであることから、活荷重 100kN の 1/2 に安全率 1.2 を考慮した 60kN とする。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^{n} \left(P_i / P \right)^m \times N_i \tag{3}$$

ここで、 N_{eq} :等価走行回数(回)、 P_i :載荷荷重(kN)、 P:基準荷重 60kN、 N_i :実験走行回数(回)、m:S-N 曲線の 傾きの逆数(=12.7)

7. 実験結果および考察

7.1 等価走行回数

本実験における RC 床版供試体および下面増厚補強した RC 床版供試体の実験走行回数および式(3)より算出した等価走行 回数を表-7 に示す。

(1) RC 床版供試体

供試体 RC-1 の等価走行回数は,7.78×10⁶回である。この 供試体 RC-1 の等価走行回数 N_{eq}を基準として,ワイヤーメッ シュおよび展張格子鋼板筋を配置した PCM 吹付け下面増厚補 強床版の補強効果および耐疲労性を評価する。

(2) ワイヤーメッシュを用いた供試体

表-7 実験走行回数および等価走行回数

供試体			荷重	等価走行	走行	
		80 kN	100 kN	120 kN	回数	回数比
PC 1	Ni	20,000	20,000	—	7 791 029	1.0
KC-1	Neq	772,240	7,008,798	_	7,781,038	
RC-W	Ni	20,000	20,000	4,951	46 952 445	6.0
	Neq	772,240	13,137,391	32,943,814	40,855,445	
DC T	Ni	20,000	20,000	4,281	42 205 284	5 4
RC-1	Neq	772,240	13,137,391	28,485,653	42,393,284	5.4
RC-T.A	Ni	20,000	20,000	15,100	114 294 602	147
	Neq	772,240	13,137,391	100,474,972	114,384,003	14./

供試体 RC-W の等価走行回数は、46.85×10⁶回となっており、 供試体 RC-1 と比較すると 6.0 倍の補強効果が得られている。

(3) 展張格子鋼板筋を用いた供試体

供試体 RC-T の等価走行回数は,42.40×10⁶回であり供試体 RC-1 に比して 5.4 倍の補強効果が得られている。また,供試 体 RC-W との比較を行うと 90%程度の補強効果である。この 要因としては,表-6 に示したようにワイヤーメッシュを配置 した供試体 RC-W の引張弾性係数が 55.22kN/mm に対して展 張格子鋼板筋を配置した供試体 RC-T は44.28kN/mm であるこ とから,引張剛性の差によるものである。

(4) 展張格子鋼板筋を用いた接着剤塗布型供試体

供試体 RC-T.A の等価走行回数は,114.38×10⁶回であり,供 試体 RC-1 に比して 14.7 倍の補強効果が得られた。また,接着 剤を塗布していない供試体 RC-T との比較では 2.7 倍の補強効 果が得られており,接着剤の有無により補強効果には顕著な 差異が生じている。

以上の結果から,展張格子鋼板筋を用いた下面増厚補強法 は,従来のワイヤーメッシュを用いた補強法とほぼ同等の補 強効果が得られていることから,耐疲労性が十分に評価でき る材料であり,有効な補強法である。また,一面せん断試験 の結果でも示したように,接着剤を塗布した場合,増厚界面 に発生するせん断力に対するせん断抵抗力が向上することで さらに一体性が確保されることから,耐疲労性が大幅に向上 したものと推測できる。

7.2 破壊状況

本実験における RC 床版供試体および下面増厚補強供試体 の破壊状況およびはく離状況を図-6に示す。なお、はく離の 範囲は打音法により判定した。

(1) RC 床版供試体

供試体 RC-1 の破壊状況は、図-6(a) に示すように、床版下 面には走行疲労の影響による 2 方向ひび割れが、引張鉄筋に 沿って発生し、格子状を形成している。また、押抜きせん断 破壊に伴い、引張鉄筋のダウエル効果が及ぼす範囲でかぶり コンクリートのはく離が見られる。

(2) ワイヤーメッシュを用いた供試体

供試体 RC-W の破壊状況は、図-6(b)に示すように、床版 下面は、走行疲労による 2 方向ひび割れが発生している。ま た、下面のはく離範囲は押抜きせん断位置から斜め 45 度の内 側はプライマーの接着効果によりはく離は見られない。しか



し、走行面から45度底面のかぶりコンクリートは、ダウエル の影響を受ける範囲で、一面せん断試験の破壊状況と同様に、 界面ではく離している。最終的には、押抜きせん断破壊に伴 いダウエル効果が及ぼす範囲ではく離し、押抜きせん断破壊 となった。

(3) 展張格子鋼板筋を用いた供試体

供試体 RC-T の破壊状況は、図-6(c) に示すように、走行疲 労により 2 方向ひび割れが展張格子鋼板筋に沿って発生して おり、ひび割れ間隔も展張格子鋼板筋とほぼ同位置で発生し ている。また、供試体 RC-W と同様に、プライマー塗布によ る接着効果によりひび割れは分散するものの、押抜きせん断 破壊に起因するダウエル効果が及ぼす範囲ではく離が著し い。

(4) 展張格子鋼板筋を用いた接着剤塗布型供試体

供試体 RC-T.A の破壊状況は、図-6(d)に示すように、供試体 RC-S と同様に2方向ひび割れが発生しており、破壊時には ダウエル効果の影響によるはく離が見られるものの、全体的 にひび割れの発生は少ない。これは、増厚界面に接着剤を塗 布することで、既設 RC 床版と増厚部の一体性が確保され、ひ び割れの分散効果が高まったものと考えられる。なお、破壊 時は供試体 RC-T と同様な破壊形状であるが、等価走行回数を 比較すると 2.7 倍の等価走行回数となっている。これは、輪荷 重が作用する RC 床版の下面補強においては、その増厚界面で せん断力が生じることから、水平方向のズレに対する一面せ ん断強度がプライマーに比して 2.54 倍高い接着剤を用いるこ とで、終局時まで一体性が確保され耐疲労性が大幅に向上し たものと考えられる。

以上より、全ての供試体において走行疲労により2 方向ひ び割れが発生し、押抜きせん断破壊と同時にダウエル効果の 影響を受ける範囲ではく離が見られる。また、接着剤の有無 による比較では、ひび割れの形成状況に差異が認められた。

8. まとめ

本研究は、新たに開発された展張格子鋼板筋を用いた道路 橋 RC 床版の下面増厚補強法における補強効果を検証したも のである。その結果、以下の知見が得られた。

(1) 増厚界面における付着特性は、直接引張試験においてはプ

ライマー,接着剤ともに同様の強度,破壊状況となるが, 一面せん断試験においては,接着剤を使用した場合,プラ イマーに比して2.54倍の一面せん断強度が得られており, 破壊状況においても両者で顕著な差異が確認された。

- (2) 等価走行回数より, ワイヤーメッシュ, 展張格子鋼板筋を 用いた下面増厚供試体は, 無補強 RC 床版に比して, それ ぞれ 60 倍, 5.4 倍の補強効果が得られることから, 展張格 子筋は下面増厚補強に用いる引張補強材として十分に実 用性がある。また, 増厚界面に接着剤を塗布して下面増厚 補強した場合, 増厚界面の付着効果により, 無補強 RC 床 版の 14.7 倍の補強効果が得られた。よって, RC 床版の下 面増厚補強法において, 増厚界面に接着剤を塗布すること で耐疲労性が大幅に向上する。
- (3) 破壊状況より、ワイヤーメッシュ、展張格子鋼板筋および 増厚界面に接着剤を塗布した下面増厚補強床版は、すべて の供試体で押抜きせん断破壊と同時にダウエルの影響を 受ける範囲ではく離が生じた。また、接着剤塗布の有無に よって、下面のひび割い状況には差異が生じる。

参考文献:

- 2) 忽那幸浩,原田拓也,安藤博文,瀧澤快人:鋼少数主桁橋の床版下面吹付けコンクリートのはく離・落下事象とその 推定,第31回日本道路会議,論文番号 5008,2015.10
- 2) 土木学会:道路橋床版の維持管理マニュアル, 2012.6
- 3) 阿部忠ほか:静荷重・走行荷重を受ける RC 床版の押抜き せん断耐力,構造工学論文集, Vol.50A, pp.919-926, 2014.3
- 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,2012.
- 5) RC 構造物のポリマーセメントモルタル吹付け補修・補強 工法協会:ポリマーセメントモルタル吹付け工法によるコ ンクリート構造物の補修補強設計・施工マニュアル(案), 2011.
- 6) 水口和彦,阿部忠,塩田啓介,今野雄介:2タイプの鋼板 格子筋を用いたRC床版の下面増厚補強法における補強効 果および耐疲労性の評価,コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp.379-384, 2015.7
- 松井繁之:道路橋床版設計・施工と維持管理,森北出版, 2007.10