

付着性を向上させた PVB 樹脂被覆鉄筋を使用した RC 梁の疲労特性

鹿児島大学大学院 学生会員 福永 和生
鹿児島大学学術研究院 正会員 武若 耕司

鹿児島大学学術研究院 正会員 審良 善和
鹿児島大学学術研究院 正会員 山口 明伸
鹿児島大学学術研究院 正会員 小池 賢太郎

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物において、塩害は深刻な劣化因子の一つである。中でも厳しい塩害環境における構造物には防食性の高いエポキシ樹脂塗装鉄筋（以下、EP 鉄筋と称する）が用いられる。しかし、EP 鉄筋は多くの実績があるが、課題として、施工時や組立て時に傷がつきやすく、鉄筋組立後に再度補修が必要となる場合や、普通鉄筋と比べてコンクリートとの付着が低下する事などが挙げられる。そこで、これらの課題を解決するために、より性能の高い防食鉄筋の開発を目指し、ポリビニルブチラール樹脂（以下、PVB 樹脂）で鉄筋を被覆し、表面に珪砂を付着させた鉄筋（以下、PVB-S 鉄筋）が開発された。本研究では、PVB-S 鉄筋を使用した梁試験体を用いて、疲労特性の把握を行うことを目的とし、RC 梁の疲労試験による構造性能の評価を行った。

2. PVB-S 鉄筋の概要

鉄筋に被覆した PVB 樹脂は、既往の研究より¹⁾、金属との付着性が高く、耐侯性、耐アルカリ性が高い等の性質を有している。表-1 に PVB 樹脂とエポキシ樹脂の機械的、熱的性質を示す。PVB 樹脂は伸び率が大きく、変形に対する追従性があることから、衝撃や曲げに対する損傷を生じにくいと考えられる。また今回評価を行う PVB-S 鉄筋は、コンクリートとの付着性能を改善させるために、PVB 樹脂で被覆した鉄筋の表面に珪砂吹付処理を施したため、被覆表面は細かな凹凸がある。写真-1 に PVB-S 鉄筋の外観を示す。

表-1 PVB 樹脂およびエポキシ樹脂の物性

項目		PVB樹脂	エポキシ樹脂
機械的性質	引張強さ (kg/cm ²)	600~800	280~910
	伸び (%)	100~120	3~6
	引張弾性率 (10 ⁴ kg/cm ²)	1.1~1.4	2~5
熱的性質	ガラス転移温度 (°C)	69	116.1
	軟化点 (°C)	160~175	-



写真-1 PVB-S 鉄筋の外観

表-2 鉄筋の種類

種類	主鉄筋	被覆材	被覆膜厚 (μm)
普通鉄筋	SD345D16	被覆なし	—
エポキシ樹脂塗装鉄筋		エポキシ樹脂	220±40
PVB-S鉄筋		PVB樹脂および珪砂	300±100

3. 疲労試験の概要

疲労試験は、使用する鉄筋の種類が異なる梁を用いて行った。梁に使用した鉄筋を表-2 に、コンクリートの示方配合を表-3 に、梁試験体の概要図を図-1 に示す。鉄筋の母材は SD345 とし、主鉄筋を D16 とした。圧縮側鉄筋およびせん断補強筋も同種類の鉄筋（母材：SD345D13 および D10）を使用した。疲労試験は片振り载荷方法で行うものとし、上限荷重を鉄筋応力度が許容引張応力度 (200kN/mm²) となる 39.1kN、下限荷重を静的载荷試験より得られた、梁の破壊荷重に対して応力比 0.2 となる 16kN に設定し、200 万回まで繰返し载荷を行った。計測は試験開始前および载荷回数が 5 万、50 万、100 万、200 万回に達した段階で一旦試験機を止め、上限荷重である 39.1kN まで静的载荷を行い、①梁のひび割れ状況、②等曲げモーメント区間のひび割れ幅、③梁中央部の変位を測定した。なお、载荷回数が 200 万回到達時点で破壊に至らなかった場合は、梁が破壊するまで静的载荷し、その破壊状況の確認を行った。

表-3 コンクリートの示方配合

W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (B × %)	
		W	C	S	G	WR	AE
55	45	169	376	877	1005	0.25	0.001

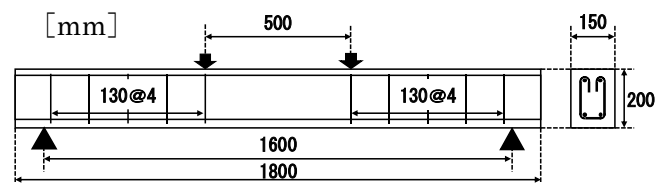


図-1 RC 梁供試体概要

4. 試験結果

4.1 疲労試験後の RC 梁のひび割れ状況

図-2 に疲労試験後、破壊した梁のひび割れ発生状況をスケッチした図を示す。普通鉄筋と EP 鉄筋を使用した梁の等曲げモーメント区間における曲げひび割れの本数がいずれも 5 本でひび割れ間隔もほぼ同様の傾向にあった。しかし、PVB-S 鉄筋を使用した梁は、他の梁と比べ、ひび割れ本数が 7 本と多く、ひび割れ間隔も小さい事が確認できた。これは、繰り返し载荷を受ける際、PVB-S 鉄筋特有の付着による追従が、鉄筋とコンクリートの界面で働き、ひび割れが分散しやすくなったためと考えられる。

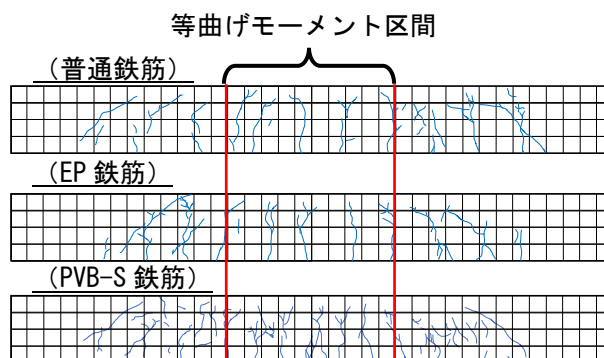


図-2 疲労試験後の供試体状況スケッチ

4.2 疲労試験時の曲げモーメント区間に生じたひび割れ

図-3 に上限荷重時の曲げモーメント区間に生じた最大ひび割れ幅の繰り返し载荷時の変化を示す。载荷初期の最大ひび割れ幅は、PVB-S 鉄筋と普通鉄筋を使用した梁が同程度の約 0.2mm となり、EP 鉄筋の最大ひび割れ幅は約 0.5mm と倍以上の結果となった。また、普通鉄筋を使用した梁は、繰り返し载荷回数が増加するにしたがい最大ひび割れ幅も増加する傾向がみられたが、樹脂鉄筋を使用した梁の場合、最大ひび割れ幅の明確な拡大は確認できず、PVB-S 鉄筋を使用した梁は、200 万回载荷後も 0.2mm のひび割れ幅を維持していた。

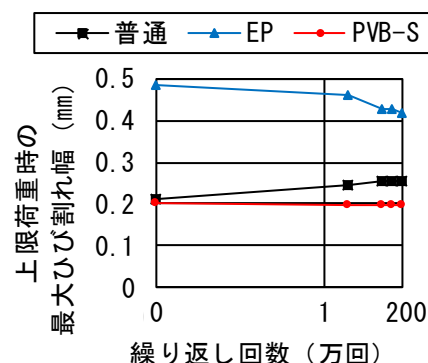


図-3 繰り返し回数と最大ひび割れ幅の関係

PVB-S 鉄筋の使用は、被覆鉄筋である EP 鉄筋を使用する場合よりも最大ひび割れ幅が小さく抑えることが可能であり、普通鉄筋を使用した場合よりひび割れ幅の拡大を抑えることが可能になると考えられる。よって、構造物に補強筋として PVB-S 鉄筋を使用することで、疲労耐久性を向上させることができると推察される。

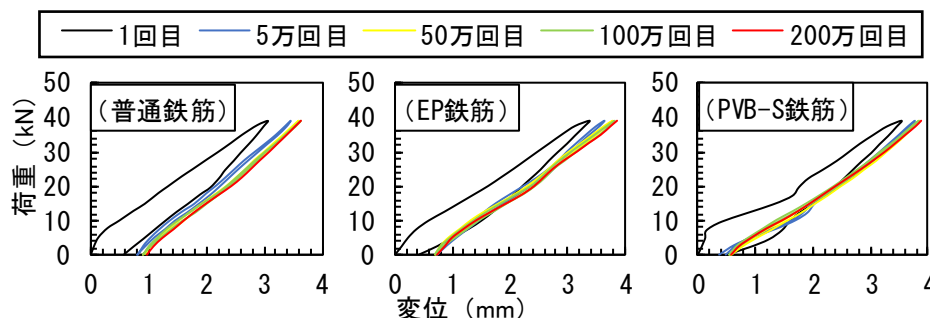


図-4 荷重と変位の関係

4.3 疲労試験時の繰り返し载荷による荷重と変位の関係

図-4 に所定回数後の荷重と変位の関係を示す。また、図-5 に残留変位および最大変位と载荷回数の関係を示す。いずれの鉄筋を使用した供試体も繰り返し回数が増加するにしたがって残留変位および最大変位が増加する傾向がみられた。ただし、変位の増加量は鉄筋種類により異なり、普通鉄筋を用いた梁の変位増加量が最も大きくなった。一方、PVB-S 鉄筋を用いた梁の場合には、初期の最大変位は大きいものの、変位増加量は小さく、疲労による抵抗性は高いと推察される。

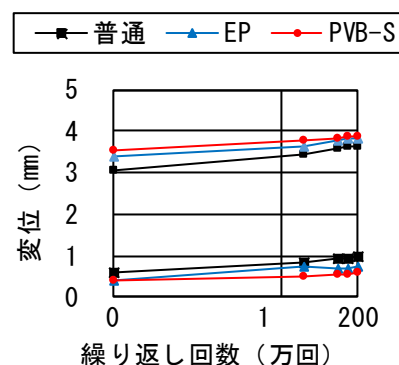


図-5 残留変位と最大変位

5. まとめ

200 万回の疲労試験により PVB-S 鉄筋を使用した梁の疲労特性の評価を行った。その結果、PVB-S 鉄筋を使用した RC 梁は、初期変形特性は大きいものの、その後の疲労に対する抵抗性は高いと考えられる。

参考文献 1) 片野啓三郎, 竹田宣典: PVB 樹脂および珪砂を用いた高性能被覆鉄筋の開発 コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, 2017.7