

碳纤维编织网增强磷酸镁水泥砂浆界面黏结性能研究

张汉振¹, 李伟^{1,2}, 谢剑^{1,3}, 佟成龙⁴

(1.天津大学 建筑工程学院,天津 300350;2.兰州交通大学 土木工程学院,甘肃 兰州 730070;

3.北京市既有建筑改造工程技术研究中心(天津分中心),天津 300350;

4.中建五局第三建设有限公司,天津 300300)

摘要:为研究碳纤维编织网增强磷酸镁水泥砂浆加固法(TRMM)中2个界面(砂浆-混凝土、碳纤维编织网-砂浆)的黏结性能,对21个黏结试件进行了弯折试验。研究变量包括界面处理方式(打磨、刻槽、凿毛)、磷酸镁水泥砂浆(MPCM)类型(MPCM、聚乙烯醇纤维(PVA)改性MPCM)、碳纤维编织网处理方式(表面涂层、表面涂层+粘砂、浸渍+粘砂),分析了试件破坏模式和在不同变量下黏结性能变化规律。结果表明,砂浆-混凝土界面黏结性能随着界面粗糙度的提高而增强,当粗糙度由0.77 mm提高至1.97 mm,试件由脆性破坏变为延性破坏;PVA可通过桥联作用改善碳纤维编织网-砂浆界面黏结性能;浸渍和粘砂后碳纤维编织网-砂浆界面黏结性能显著增强,界面黏结强度提高68%。

关键词:磷酸镁水泥砂浆;碳纤维编织网;界面处理方式;界面黏结;加固修复

中图分类号:TU58 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2023)02-0042-07

纤维编织网增强砂浆(Textile Reinforced Mortar, TRM)是一种由纤维编织网及用作基体兼黏结剂的无机胶凝材料组成的复合材料,具有良好的承载能力和变形能力,可有效提高构件的刚度、开裂荷载、承载力及延性^[1]。此外TRM具有优秀的耐久性及与基体的协调性,适用于潮湿环境^[1],是一种适用于隧道工程加固的新型复合材料。TRM加固示意图1,使用TRM对混凝土构件进行加固时,防止基体与原混凝土发生剥离是纤维编织网发挥作用的前提;同时纤维编织网通过与砂浆的界面黏结传递应力承担荷载,进而提高构件的承载力。因此,决定TRM加固效果的关键在于砂浆-混凝土、纤维编织网-砂浆2个界面的黏结性能。已有学者^[2]开展地聚物砂浆-混凝土和地聚物砂浆-纤维编织网的黏结试验,得到了地聚物砂浆和混凝土的黏结强度以及纤维编织网在地聚物砂浆内的有效黏结长度。



图1 TRM加固示意图

以磷酸镁水泥砂浆(Magnesium Phosphate Cement Mortar, MPCM)代替传统水泥砂浆,提出碳纤维编织网增强磷酸镁水泥砂浆加固法(Carbon Fiber Textile Reinforced Magnesium Phosphate Cement Mortar, TRMM)。MPCM是一种快硬早强、与混凝土黏结性能好的水泥材料^[3],相较于传统有机胶黏

收稿日期:2023-02-24 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxbzb.20230043

基金项目:国家自然科学基金(52068043);甘肃省建设科技攻关项目(JKR2021-07)

作者简介:张汉振(1998—),男,硕士研究生,研究方向为土木水利。E-mail:Zhanghztju@163.com

张汉振,李伟,谢剑,等.碳纤维编织网增强磷酸镁水泥砂浆界面黏结性能研究[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2023,36(2):42-48.

剂, MPCM 的凝结硬化速度更快, 耐久性更好。但同时 MPCM 是一种脆性材料^[4], 若直接作为 TRMM 的基体使用, 会导致构件在开裂时刻荷载大幅突降, 裂缝附近的纤维编织网因应力集中出现脱粘现象, 不利于纤维编织网发挥作用^[5]。已有学者^[6-7]通过外掺短切纤维对磷酸镁水泥及硅酸盐水泥进行增韧改性。在前人研究的基础上, 对 MPCM-混凝土、碳纤维编织网-MPCM(MPCM-NC、T-MPCM)2 个界面的黏结性能进行研究。

1 试验

1.1 试验设计

试验共 7 组, 21 个试件, 对 C40 试件设置不同界面处理方式用于 MPCM-NC 界面黏结性能研究; 对 C50 试件设置不同 MPCM 类型和碳纤维编织网处理方式用于 T-MPCM 界面黏结性能研究。混凝土尺寸为 400 mm×100 mm×100 mm, 试件设计见表 1。

表 1 试件设计

混凝土强度等级	试件编号	界面处理方式	碳纤维编织网处理方式	MPCM 类型
C40	40-M-T-1-1/2/3	打磨	表面涂层	MPCM
	40-K-T-1-1/2/3	刻槽	表面涂层	MPCM
	40-Z-T-1-1/2/3	凿毛	表面涂层	MPCM
C50	50-Z-T-1-1/2/3	凿毛	表面涂层	MPCM
	50-Z-T-2-1/2/3	凿毛	表面涂层	PVA 改性 MPCM
	50-Z-TS-2-1/2/3	凿毛	表面涂层+粘砂	PVA 改性 MPCM
	50-Z-JS-2-1/2/3	凿毛	浸渍+粘砂	PVA 改性 MPCM

注: 40 21 2 2 2/2/3
 混凝土强度等级: 40 240; 50 250
 界面处理方式: M 21 打磨; K 22 刻槽; Z 23 凿毛
 平行试件编号: 1/2/3
 MPCM 类型: 1 21 MPCM; 2 22 PVA 改性 MPCM
 碳纤维编织网处理方式: T 2 表面涂层; TS 2 表面涂层+粘砂; JS 2 浸渍+粘砂

1.2 材料制备及性能

(1)混凝土。根据文献[8]计算混凝土配合比。混凝土强度等级分别为 C40、C50, 在自然养护条件下强度试块的抗压强度分别为 38.8、53.6 MPa。

(2)碳纤维编织网。经表面涂层处理的双向碳纤维编织网材料, 部分碳纤维编织网未经表面涂层处理, 用于浸渍和粘砂。处理完成后的碳纤维编织网如图 2 所示, 碳纤维编织网材料性能见表 2。

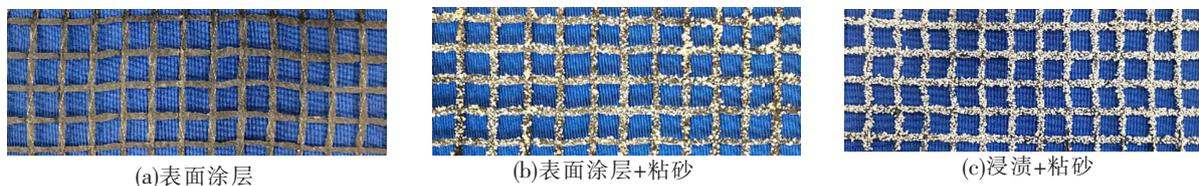


图 2 碳纤维编织网处理效果

表 2 碳纤维编织网材料性能

弹性模量/GPa	抗拉强度/MPa	纤维束间距/mm	纤维束宽度/mm	纤维束截面积/mm ²
230	3 600	20	2	0.89

(3)MPCM。由 A 料与 B 料组合的双组份 U 型磷酸镁水泥材料, 按表 3 配合比制备 MPCM 和 PVA 改性 MPCM, 并依据文献[9]进行强度测试。

表 3 MPCM、PVA 改性 MPCM 配合比及力学性能

MPCM 类型	m_A/m_B	$m_{(A+B)}/m_{砂}$	$m_{水}/m_{(A+B)}$	PVA 体积率/%	抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
					3 h	7 d	3 h	7 d
MPCM	1	1	0.15	—	7.1	11.0	35.5	77.5
PVA 改性 MPCM	1	1	0.15	0.5	7.2	12.6	34.1	74.7

(4)PVA。PVA 具有高韧性和弯曲性能优异等优点,在基体中掺入 PVA 可以提高基体韧性,并改善与碳纤维编织网的界面黏结性能^[5]。其材料性能见表 4。

表 4 PVA 的材料性能

材料	长度/mm	直径/ μm	抗拉强度/MPa	弹性模量/GPa	密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
PVA	9	15	1 830	40	1.29

1.3 黏结试件制作

3 种界面处理如下:

(1)打磨。使用角磨机清除表面浮浆至粗骨料可见并相对平整。

(2)刻槽。使用角磨机清除表面浮浆后,用切割机在纵横两方向刻出宽度及深度约 3 mm 的凹槽,槽间距 20 mm。

(3)凿毛。使用凿毛锤凿除表面浮浆至粗骨料可见。采用灌砂法对界面进行粗糙度评价,打磨、刻槽和凿毛界面的平均粗糙度分别为 0.21、0.77、1.97 mm。

TRMM 层施工如下:①铺设 5 mm 厚底层基体材料;②铺设碳纤维编织网并适当按压,与砂浆充分接触;③铺设 5 mm 厚顶层基体材料并整平。试件制作完成后自然养护 7 d,几何信息见图 3。

1.4 试验方法

已有研究^[10]表明,MPCM 具有早强特性,7 d 的力学性能能达到最终性能的 80%~90%。因此在研究中对养护 7 d 的黏结试件进行正式加载。试验方法参考文献[11]。采用 3 000 kN 液压伺服试验机加载,加载速率为 0.2 mm/min;跨中外接量程为 50 kN 的荷载传感器采集荷载;采用精度为 0.01 mm 的位移计采集跨中和支座处位移。具体加载测量方案如图 4 所示。

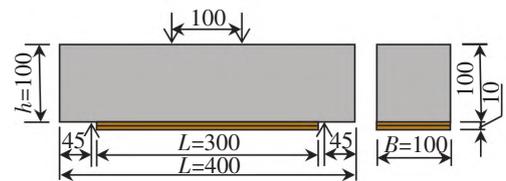


图 3 黏结试件几何信息(单位:mm)

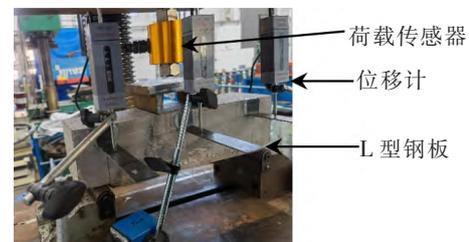


图 4 试验加载图示

2 结果与讨论

2.1 破坏现象和破坏模式

所有试件的破坏模式可定义为 3 类:A 型为端部剥离破坏;B 型为碳纤维编织网滑移破坏;C 型为碳纤维编织网断裂破坏。A 型破坏发生于 MPCM-NC 界面,B、C 型破坏发生于 T-MPCM 界面。试件破坏形态如图 5 所示,各试件的破坏模式见表 5。A 型破坏发生于打磨和刻槽试件。加载前期无明显现象,当荷载增加到一定数值,支座内侧出现斜直裂缝并迅速贯穿试件顶部,试件端部发生剥离,破坏前无明显征兆;B 型破坏发生于凿毛界面中碳纤维编织网表面涂层和大部分表面涂层+粘砂的试件。当荷载增加到一定数值,试件首先在跨中位置开裂;随着裂缝扩大,碳纤维编织网的滑移逐渐增大,直至试件发生滑移破坏;C 型破坏发生于碳纤维编织网浸渍+粘砂和个别表面涂层+粘砂的试件。破坏前期特征与 B 型破坏类似,不同之处在于碳纤维编织网与 MPCM 保持良好黏结,在加载后期能够持续承载直至碳纤维编织网断裂。



图 5 试件破坏形态

2.2 试验结果分析

2.2.1 界面平均黏结强度

试件破坏时裂缝贯通至试件顶部,假定此时受压区高度范围已趋近至受压区顶点 A。设试件所受压力为 P,承载力为 F,试件宽度为 B,开裂点至支座的距离为 S,MPCM-NC 界面和 T-MPCM 界面所受拉力分别为 F_{T1} 和 F_{T2} 。破坏时试件受力状态可简化为图 6 所示的计算模型。

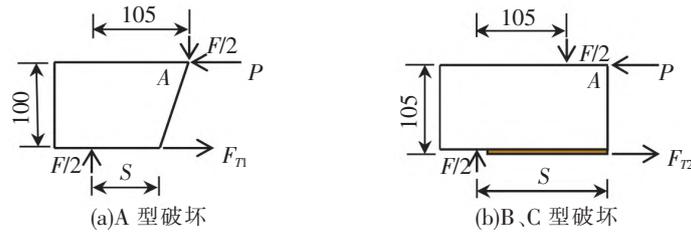


图 6 简化计算模型(单位:mm)

以 MPCM-NC 界面为例,根据 A 点的力矩平衡关系可得方程 $F/2 \times 105 - 100F_{T1} = 0$,求解得: $F_{T1} = 21F/40$,则 MPCM-NC 界面平均黏结强度 $\tau_1 = F_{T1}/A = 21F/(40BS)$ 。同理 T-MPCM 界面平均黏结强度 $\tau_2 = F/(2SA_T)$,其中, A_T 为单位长度的碳纤维编织网上下表面面积。

试验的主要结果见表 5,包括承载力 F、峰值位移 u、开裂点至支座的距离 S、界面平均黏结强度 τ_1 、 τ_2 及变异系数。

表 5 试验结果

试件分组	试件编号	F/kN	u/mm	S/mm	τ_1 /MPa	τ_2 /MPa	变异系数	破坏模式
40-M-T-1	40-M-T-1-1	12.63	0.03	90	0.74	—	0.25	A
	40-M-T-1-2	11.11	0.03	110	0.53	—	0.25	A
	40-M-T-1-3	12.31	0.02	140	0.46	—	0.25	A
40-K-T-1	40-K-T-1-1	17.98	0.04	50	1.89	—	0.26	A
	40-K-T-1-2	17.33	0.02	70	1.30	—	0.26	A
	40-K-T-1-3 *	26.00	1.47	140	0.98	2.44	0.26	B
40-Z-T-1	40-Z-T-1-1	22.37	0.92	130	0.90	2.26	0.04(0.02)	B
	40-Z-T-1-2	21.06	0.77	130	0.85	2.13	0.04(0.02)	B
	40-Z-T-1-3	21.69	0.89	135	0.84	2.11	0.04(0.02)	B
50-Z-T-1	50-Z-T-1-1	25.26	0.05	145	—	2.29	0.13	B
	50-Z-T-1-2	23.83	0.05	135	—	2.32	0.13	B
	50-Z-T-1-3	28.56	0.04	130	—	2.89	0.13	B
50-Z-T-2	50-Z-T-2-1	26.86	0.06	150	—	2.36	0.16	B
	50-Z-T-2-2	28.01	0.05	120	—	3.07	0.16	B
	50-Z-T-2-3	23.46	1.08	130	—	2.37	0.16	B
50-Z-TS-2	50-Z-TS-2-1	31.50	1.17	140	—	2.96	0.14	C
	50-Z-TS-2-2	23.87	1.33	140	—	2.24	0.14	B
	50-Z-TS-2-3	27.13	0.92	130	—	2.75	0.14	B
50-Z-JS-2	50-Z-JS-2-1	45.15	1.20	140	—	4.24	0.02	C
	50-Z-JS-2-2	40.15	0.66	120	—	4.40	0.02	C
	50-Z-JS-2-3	43.92	0.98	130	—	4.45	0.02	C

注:①对 * 号试件刻槽时,人工误差致使该试件的粗糙度为 1.12 mm,大于另外 2 个试件的 0.71 mm 和 0.82 mm,导致试件出现不同破坏模式,暂不用于后续分析;②40-Z-T-1 组发生 B 类破坏,应计算 τ_2 ,此处一并计算出 τ_1 用于对比界面处理方式对黏结性能的影响,括号内是 τ_2 变异系数。

2.2.2 界面处理方式对 MPCM-NC 界面黏结性能的影响

图 7 为不同界面处理方式下试件的平均荷载位移曲线。由图 7 可知,打磨和刻槽试件的开裂前刚度大于凿毛试件,这是因为开裂前刚度 $EI = E(bh^3)/12$,凿毛深度大,导致 h 减小, EI 随之减小。凿毛试件的峰值位移分别是打磨和刻槽试件的 42.14 倍和 22.13 倍,变形能力最好;由图 8 可得,凿毛试件的承载力比打磨试件和刻槽试件分别提升了 81% 和 23%。由图 9 可得,刻槽和凿毛界面黏结强度计算值分别是打磨界面的 2.74 倍和 1.50 倍。凿毛试件发生 B 型破坏,开裂点在跨中, S 值远大于刻槽试件,计算得到的 τ_1 小于刻槽试件。对于打磨和刻槽试件,黏结强度实际值即黏结强度计算值;对于凿毛试件,实际值大于计算值。

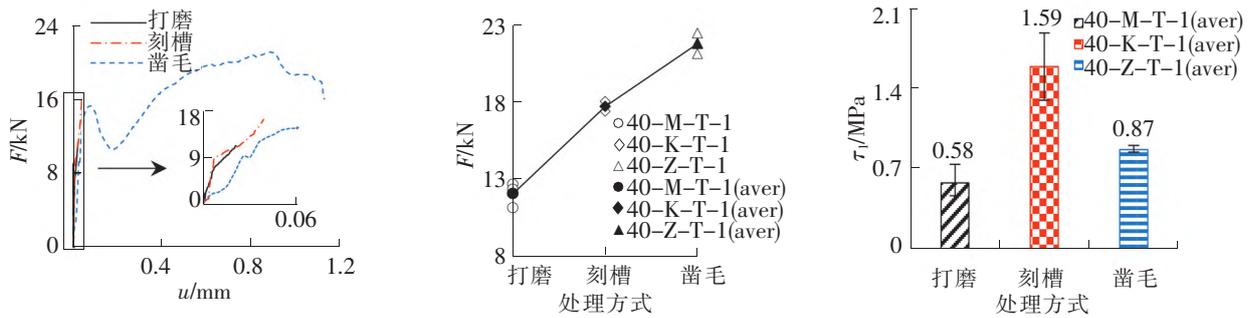


图 7 不同界面处理方式下荷载位移曲线 图 8 界面处理方式对承载力的影响 图 9 界面处理方式对黏结强度的影响

打磨和刻槽试件均发生 MPCM-NC 界面破坏,凿毛试件在试验始终保持 MPCM-NC 界面黏结良好,未发生界面破坏。通过对 τ_1 的计算和破坏形态的判别,可知凿毛界面的黏结性能最好,刻槽界面略优于打磨界面。现有研究大多认为,MPCM 与原混凝土之间的黏结力由机械咬合力占主要作用^[12],机械咬合力主要受界面粗糙度影响,粗糙界面增加了 MPCM 与混凝土的咬合面积,为界面上新旧材料结晶互相交错咬合提供了条件^[13]。打磨界面相对光滑,MPCM 与混凝土的咬合面积小,导致机械咬合力小,界面黏结强度低。刻槽处理后,MPCM 与混凝土的接触面积增加,但刻槽面仍较光滑,机械咬合力仅略有提升,试件仍发生 MPCM-NC 界面破坏。凿毛后,界面粗糙度由 0.77 mm 提升至 1.97 mm,MPCM 与混凝土的咬合面积大幅增加,机械咬合力显著增强,界面黏结强度提高,试件避免 MPCM-NC 界面破坏。

2.2.3 PVA 对 T-MPCM 界面黏结性能的影响

图 10 为不同 MPCM 类型的黏结试件平均荷载位移曲线。由图 10 可知,2 组试件的开裂前刚度接近,经 PVA 改性后试件的承载力提高 13%;MPCM 组和 PVA 改性 MPCM 组在开裂时刻荷载分别突降 56% 和 39%,后者在开裂时刻的荷载突降值更小,开裂后力学行为均优于前者。由图 11 计算得,经 PVA 改性后界面黏结强度提高 4%。这得益于 PVA 的桥联作用^[14],分散在基体中的 PVA 提高了试件的抗裂能力,裂缝宽度减小,故开裂时刻的荷载突降值减小;同时,PVA 改善了碳纤维编织网与 MPCM 之间的黏结性能^[5]。但由于未粘砂的碳纤维编织网表面光滑,PVA 对于 T-MPCM 界面黏结性能改善有限,试件在加载后期碳纤维编织网仍产生较大滑移,最终发生碳纤维编织网滑移破坏。

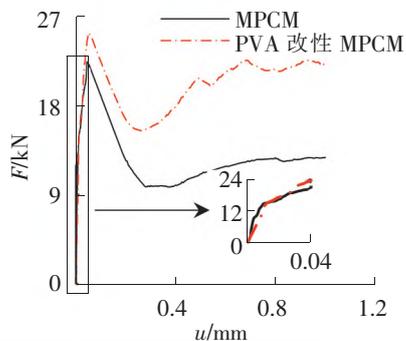


图 10 不同 MPCM 类型的荷载位移曲线

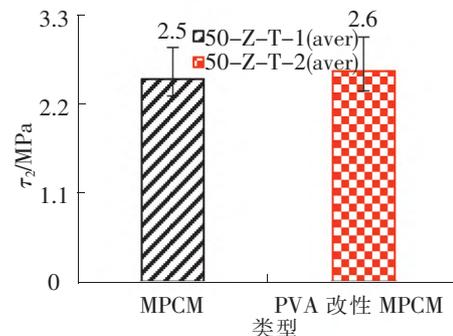


图 11 MPCM 类型对黏结强度的影响

2.2.4 碳纤维编织网处理方式对 T-MPCM 界面黏结性能的影响

图 12 为不同碳纤维编织网处理方式下黏结试件的平均荷载位移曲线。由图 12 可知,3 组试件的荷载位移曲线在开裂前基本重合,之后呈现差异变化。这是因为试件在开裂前主要由 MPCM 受力,开裂前刚度基本一致,开裂后碳纤维编织网开始主要承担荷载,碳纤维编织网的不同处理方式导致试件力学行为的差异。3 组试件在开裂时刻荷载分别突降 38%、34% 及 13%,对碳纤维编织网浸渍 + 粘砂处理后试件的抗裂能力最好。3 组试件的曲线均呈现二次上升的现象,这是因为试件在开裂后 MPCM 退出工作,碳纤维编织网成为主要受力对象,在其与 MPCM 发生滑移之前能持续承担荷载,故使曲线呈现二次上升现象。

碳纤维编织网处理方式对界面黏结强度的影响见图 13。碳纤维编织网经浸渍 + 粘砂处理后,界面黏结强度比表面涂层组和表面涂层 + 粘砂组分别提升了 68% 和 65%;表面涂层 + 粘砂组比表面涂层组提高 2%,这是因为界面黏结强度主要取决于碳纤维编织网与 MPCM 之间的机械咬合力。表面涂层的碳纤维编织网表面光滑,与 MPCM 的咬合面积小,界面黏结强度低;将表面涂层的碳纤维编织网粘砂后,与 MPCM 的咬合面积增大,二者之间的黏结得到一定改善,但表面涂层并不能有效地将表面与内部的纤维丝结合成一体,只有表层纤维丝能与 MPCM 形成较好黏结,通过摩擦传力至内部纤维丝,整体性较差,削弱了界面黏结性能,试件最终发生碳纤维编织网滑移破坏;对于浸渍的碳纤维编织网,浸渍胶能够渗透到纤维束内部将其凝结成一体,整体性提高,碳纤维编织网能够持续承担荷载直至试件发生碳纤维编织网断裂破坏。

3 结论

通过 21 个黏结试件的弯折试验,探究了 MPCM-NC 和 T-MPCM 的界面黏结性能,得出的主要结论和建议如下:

(1)MPCM 与混凝土的黏结性能良好,打磨界面的黏结强度均大于 0.4 MPa。凿毛处理后界面黏结强度显著提升,试件承载力比打磨和刻槽试件分别提升 81% 和 23%,避免了 MPCM-NC 界面破坏。

(2)PVA 对 MPCM 具有良好的改性作用,可提高试件的抗裂能力;此外,可以改善 T-MPCM 界面黏结性能,经 PVA 改性后界面黏结强度提高 4%,试件承载力提高 13%。

(3)碳纤维编织网与 MPCM 的黏结性能良好,界面黏结强度均达到 2 MPa 以上。浸渍和粘砂处理可有效提高碳纤维编织网的整体性和与 MPCM 的黏结性能,界面黏结强度相较于表面涂层和表面涂层 + 粘砂处理分别提高 68% 和 65%;试件破坏模式由碳纤维编织网滑移破坏转变为碳纤维编织网断裂破坏。

(4)使用 TRMM 对既有混凝土进行修复时,应对混凝土表面进行凿毛处理,提高界面粗糙度,以确保加固材料与混凝土基体之间有足够黏结强度;对碳纤维编织网进行浸渍和粘砂处理可提高其整体性以及与其基体的黏结性能,有利于材料强度的充分发挥。

参 考 文 献

- [1]艾珊霞,尹世平,徐世焱.纤维编织网增强混凝土的研究进展及应用[J].土木工程学报,2015,48(1):27-40.
- [2]曹亮.纤维编织网增强地聚物砂浆抗剪加固钢筋混凝土梁试验研究[D].广州:华南理工大学,2016.

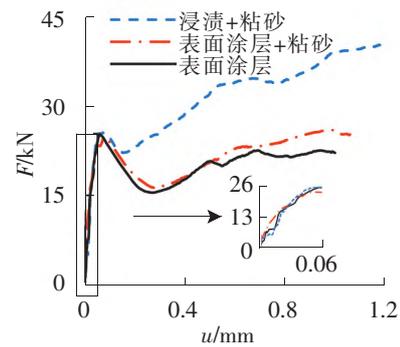


图 12 不同碳纤维编织网处理方式下荷载位移曲线

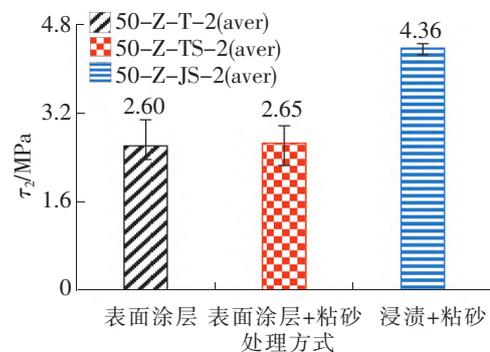


图 13 碳纤维编织网处理方式对黏结强度的影响

- [3]薛伶俐,黎红兵,高云龙.磷酸镁水泥基材料与混凝土黏结性能研究进展[J].硅酸盐通报,2020,39(9):2724-2731.
- [4]范英儒.磷酸镁水泥基材料的修补黏结性能研究[D].重庆:重庆大学,2016.
- [5]徐世焱,李庆华,李贺东.碳纤维编织网增强超高韧性水泥基复合材料弯曲性能的试验研究[J].土木工程学报,2007(12):69-76.
- [6]MAHA B, BING C, MRA A, et al. Mechanical strength and flexural parameters analysis of micro-steel, polyvinyl and basalt fibre reinforced magnesium phosphate cement mortars[J].Construction and Building Materials,2020,235(28):1-14.
- [7]赵占山,孙亮,安乐,等.高韧性水泥基复合材料研究进展[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2016,29(4):83-89.
- [8]中华人民共和国住房和城乡建设部.普通混凝土配合比设计规程:JGJ 55—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [9]国家市场监督管理总局.水泥胶砂强度检验方法(ISO法):GB/T 17671—2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [10]LI Y, CHEN B. Factors that affect the properties of magnesium phosphate cement[J].Construction & Building Materials,2013,47:977-983.
- [11]中华人民共和国住房和城乡建设部.混凝土物理力学性能试验方法标准:GB/T 50081—2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [12]ZHANG S, LI Q, YUAN Q, et al. Effect of roughness on bonding performance between Portland cement concrete and magnesium phosphate cement concrete[J].Construction and Building Materials,2022,323(14):1-12.
- [13]谢慧才,李庚英,熊光晶.新老混凝土界面黏结力形成机理[J].硅酸盐通报,2003(3):7-10.
- [14]PENG D, AHMAD MR, BING C, et al. A study on magnesium phosphate cement mortars reinforced by polyvinyl alcohol fibers[J].Construction and Building Materials,2021,302(4):1-14.

Interfacial Bonding Performance of Carbon Fiber Textile Reinforced Magnesium Phosphate Cement Mortar

Zhang Hanzhen¹, Li Wei^{1,2}, Xie Jian^{1,3}, Tong Chenglong⁴

(1.School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300350, China;

2.School of Civil Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

3. Beijing Engineering Research Center of Existing Building Renovation (Tianjin Branch), Tianjin 300350, China;

4. The 3rd Construction Co. Ltd. of China Construction 5th Engineering Bureau, Tianjin 300300, China)

Abstract: To investigate the bonding performance of two interfaces (mortar-concrete and textile-mortar) in the strengthening method of carbon fiber textile reinforced magnesium phosphate cement mortar (TRMM), bending tests of 21 bonding specimens were carried out. The tests were conducted considering some parameters, e.g., the treatments of interface (polished, grooved, chiseled), the types of magnesium phosphate cement mortar (MPCM, PVA-modified MPCM), and the treatments of textile (coated, coated and sand-sticked, impregnated and sand-sticked). Then the failure modes and bonding performance under different variables were compared and analyzed. The results show that the interfacial bonding performance between MPCM and concrete enhances with the improvement of interface roughness. When the roughness increases from 0.77 mm to 1.97 mm, the failure modes are changed from brittle failure to ductile failure. PVA can improve the interfacial bonding performance between textile and MPCM through bridging effect. After being impregnated and sand-sticked, the bonding performance between textile and MPCM enhances significantly, and the bonding strength increases by 68%.

Key words: magnesium phosphate cement mortar; carbon fiber textile; interface treatments; interfacial bonding; reinforcement and repair