

文章编号:1671-6833(2006)02-0024-05

沟槽式新老混凝土粘结面抗剪强度试验研究

张雷顺, 闫国新, 张晓磊, 王二花

(郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450002)

摘要:采用自制的剪切夹具对72块150 mm×150 mm×150 mm沟槽式新老混凝土粘结试件进行了抗剪试验,研究了6种粗糙率沟槽处理方式,新混凝土等级,界面剂对新老混凝土粘结面抗剪性能的影响.结果表明,沟槽式新老混凝土粘结面具有较好的抗剪性能,其最佳平均灌砂深度为2.5 mm;其抗剪强度随着新混凝土强度等级增加而增大;水泥膨胀浆界面剂可使其抗剪强度达到整体的75%.最后,介绍了沟槽法在实际工程中的应用.近12年的实际运行表明,该新老混凝土叠合整修加固方法操作简单,便于施工及质量控制,经济可行.

关键词:新老混凝土;粘结面处理;沟槽法;剪切装置

中图分类号: TU 528

文献标识码: A

0 引言

粘结面处理方法是影响新老混凝土粘结性能的关键因素之一.目前为止,国内外还没有相应的规范或规程对新老混凝土粘结面的粗糙度处理做出规定,但在新老混凝土补强加固实践中,已研究并应用了一些方法对新老混凝土粘结面进行粗糙度处理.常用的方法有:人工随机凿毛法、高压水射法、喷砂法、喷气法、气锤法等,其中最常用的是人工凿毛法.但是,上述方法在对粘结面处理前,施工人员并没有可参照的定量指标,因此,这些粘结面粗糙度处理方法具有一定的随机性和经验性,如果是不同人员的大面积施工,易造成粘结面粗糙度处理的不均匀性,从而使粘结效果下降.沟槽法^[1]是对新老混凝土粘结面进行粗糙度处理的一种新方法.此法是用人工或机械在需处理的老混凝土面上按一定的深度进行间隔切槽,这种方法最大优点是易于控制施工质量,使粘结面上的粗糙度均匀性好.

笔者采用自制的剪切夹具对沟槽式粘结的新老混凝土立方体试块进行剪切试验研究,以期对沟槽式新老混凝土粘结试件的剪切破坏机理和力学性能有一个系统了解.

1 新老混凝土粘结面抗剪试验方法

抗剪强度作为新老混凝土粘结面的一项基本力学性能指标,一直没有统一的试验方法,试验结果随着研究者采用的试验方法不同而呈现出差异.已有试验方法有:矩形梁直剪试验^[2]、Z形柱单剪面试验^[3]、缺口梁四点受力试验^[4]、等高变宽四点受力剪切试验^[2]、薄壁圆筒受扭剪切试验和水工混凝土试验规程方法等,其中前两种方法是比较常用的剪切试验方法.试验方法是如图1所示的夹具,通过软件ANSYS 8.1对试验装置进行分析可知,剪切装置具有与Z形柱单剪面试验相似的剪切面应力分布.因此,剪切试验采用了该夹具.

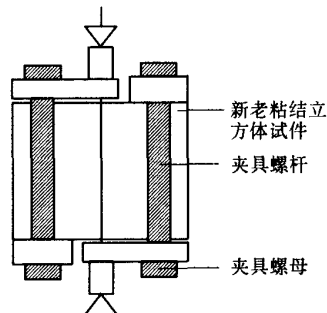


图1 剪切试验装置

Fig.1 Shearing equipment

收稿日期:2006-01-02;修订日期:2006-03-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59778045)

作者简介:张雷顺(1950-),男,河南郑州人,郑州大学教授,主要从事混凝土非线性有限元分析及混凝土工程补强加固研究.

万方数据

表 1 新老混凝土配合比

Tab.1 Mix ratio of new to old concrete

设计强度等级	坍落度/cm	水灰比 w/c	砂率 $S_p/\%$
C25	3~5	0.54	36
C30	3~5	0.47	34
C35	3~5	0.41	32

2 粘结面抗剪性能试验

2.1 新老混凝土材料及配合比

新老混凝土均采用 32.5 普通硅酸盐水泥、中粗河砂,碎石 5~20mm 配制而成.老混凝土采用 C25 强度等级,参照混凝土结构加固技术规程^[5],混凝土结构加固所用混凝土强度等级应比原结构混凝土的强度等级提高一倍,且不低于 C20.所以,新混凝土的设计强度为 C30 和 C35,其材料的配合比见表 1,其中,配合比设计参照《普通混凝土配合比设计规程》^[6].

2.2 老混凝土的制作和粘结面的处理

老混凝土是 2005 年 8 月自制的 72 块 150 mm×150 mm×75 mm 混凝土块,标准条件下养护 28 d,然后自然条件养护 3 个月,作为老混凝土试件.其槽的制作方法如下:首先制作 150 mm×150 mm×75 mm 的木块,表面光滑平整;其次制作 3 种横截面为三角形的柱形条(三角形为等腰三角形,底宽为 20,30,40 mm;高分别为 3,6,9 mm),将其钉到木块的中央和两端.浇筑时,木块放到标准钢模的底部,凸面朝上,然后在上面浇筑混凝土;24 h 拆模时要小心轻敲,使木块与混凝土脱离,这样就形成了带槽的 150 mm×150 mm×75 mm 立方体试块,这时用钢钉和钢刷轻轻的刷掉槽面的混凝土,直到露出骨料为止.

2.3 粘结面的粗糙度测定

目前混凝土表面粗糙度的评定方法主要有:灌砂法、硅粉堆落法、针触法和分数维法等.笔者采用灌砂法,得到粘结面的粗糙度如表 2 所示.

表 2 灌砂法测的粘结面粗糙度

Tab.2 Interfacial roughness with sand-pouring method

沟槽序号	槽一	槽二	槽三	槽四	槽五	槽六
灌砂体积 V/ml	15	27	49	26	53	92
平均灌砂深度 h/mm	0.67	1.20	2.18	1.15	2.36	4.1

2.4 界面剂的种类

采用无界面剂和在与新混凝土同配比的水泥净浆中加 12% U 型膨胀剂的界面剂.

2.5 粘结抗剪试件的制作

把浇筑的老混凝土试块在水中浸泡 12 h,而后洗净置于通风阴凉处,使其表面没有明水.模板采用 150 mm×150 mm×150 mm 的标准试模,内壁涂刷机油.粘结面是 6 种形式沟槽,新混凝土采用两种不同的强度等级(C30, C35),界面剂分为净面和加 12% U 型膨胀剂的水泥净浆.把老混凝土块水平的放入钢模的底部,然后将搅拌好的新混凝土浇入其表面,采用震捣棒震捣成型.试件成型后,24 h 脱模,脱模后在标准条件下养护 28 d 进行试验.新老混凝土粘结试件共制作 72 块.为了与相同配合比的混凝土整体伴随试块比较,整体伴随试块浇制了 6 块.

2.6 试验结果

通过试验,得到了新老混凝土粘结面抗剪强度值,每组 3 个数据取它们的平均值作为该组试件的抗剪强度.表 3 是粘结抗剪强度一览表.

表 3 粘结抗剪强度及整体抗剪强度一览表

Tab.3 Interfacial shear strength and total shear strength

试件号	粗糙度 h/mm	剪切破坏 荷载/kN	抗剪强度 τ/MPa	老混凝土抗 压强度/MPa	新混凝土抗 压强度/MPa	整体混凝土抗剪 强度/MPa
N1H1C1	0.67	16.85	0.75	33.6		
N1H2C1	1.20	31.88	1.42	32.1		
N1H3C1	2.18	41.13	1.83	32.6		
N2H1C1	1.15	29.55	1.31	32.1	31.1	3.81
N2H2C1	2.36	42.08	1.87	32.1		
N2H3C1	4.10	35.69	1.59	33.6		
N1H1C1w	0.67	36.77	1.63	32.1		
N1H2C1w	1.20	42.21	1.88	36.9		
N1H3C1w	2.18	48.90	2.17	32.6		
N2H1C1w	1.15	46.32	2.06	33.3	31.1	3.81
N2H2C1w	2.36	50.78	2.26	33.3		
N2H3C1w	4.10	40.71	1.81	33.3		

续表 3

试件号	粗糙度 h/mm	剪切破坏 荷载/ kN	抗剪强度 τ/MPa	老混凝土抗 压强度/ MPa	新混凝土抗 压强度/ MPa	整体混凝土抗 剪强度/ MPa
N1H1C2	0.67	39.11	1.74	33.6		
N1H2C2	1.20	57.76	2.57	33.3		
N1H3C2	2.18	64.64	2.87	32.6		
N2H1C2	1.15	49.04	2.18	33.3	37.2	4.21
N2H2C2	2.36	61.70	2.74	32.1		
N2H3C2	4.10	42.80	1.90	33.6		
N1H1C2w	0.67	50.67	2.25	32.1		
N1H2C2w	1.20	53.61	2.38	33.6		
N1H3C2w	2.18	66.21	2.94	33.6		
N2H1C2w	1.15	56.21	2.50	36.9	37.2	4.21
N2H2C2w	2.36	71.26	3.17	36.9		
N2H3C2w	4.10	44.77	1.99	36.9		

说明: N1, N2 分别代表槽的个数 1, 2; H1, H2, H3 分别代表槽的深度 3 mm, 6 mm, 9 mm; C1, C2 代表叠加的混凝土 C30, C35; w 代表粘结面刷有 12% U 型膨胀剂的水泥净浆; 无 w 代表粘结面为净面。

3 试验分析

从试件破坏过程可以看出, 新老混凝土粘结的剪切试件均从粘结面破坏, 破坏面较为平整. 对于粘结面没有加粘结剂的试件主要依靠槽来承担剪力, 对于槽 1 主要发生新混凝土的水泥浆从老混凝土骨料上脱离; 对于槽 2 到 6, 由于槽比较宽和深, 因此, 主要发生槽被剪断, 有的槽甚至剪掉; 对于整体混凝土试件的剪切破坏主要是骨料剪断.

图 2 给出了槽 1~6 粘结面抗剪强度及整体试件抗剪强度对比图. 从图中可以看出, 对于槽 1~5 随着粘结面粗糙度的增大, 其粘结面抗剪强度增大; 但是对于槽 6 却出现了抗剪强度降低的现象, 这与文献[7, 8]提供的结论是一致的. 对于同一种类型槽, 新混凝土强度越高, 粘结抗剪强度越高, 这与文献[8]提供的结论一致. 从图中还可以看出, 对于表面涂抹掺 12% 膨胀剂水泥净浆的试件, 其抗剪能力大于粘结面为净面的试件. 在所有的新老粘结试件中, 槽 5 达到的抗剪强度最大, 见表 4. 通过表 4 可以看出槽 5 的粘结抗剪强度可以达到本体抗剪强度的 49% 到 75%, 其中, 叠合 C35 新混凝土且粘结面涂抹水泥净浆的试件粘结抗剪强度最高, 达到本体抗剪强度的 75%.

表 4 槽 5 的抗剪强度占本体抗剪强度的比例
Tab.4 Ratio of shearing strength to total one %

混凝土强度	比例
C30	49
C35	65
C30w	62
C35w	75

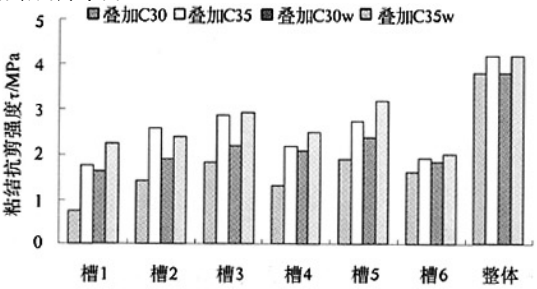


图 2 槽 1~6 抗剪强度及整体抗剪强度对比图

Fig.2 Comparison of shearing strength of groove 1~6 and total one

4 粘结抗剪设计与工程应用

4.1 最佳沟槽

根据本文新老混凝土粘结抗剪强度试验结果, 由最小二乘法拟合出粗糙度与剪切强度关系曲线, 见图 3. 曲线为二次抛物线, 相关系数较高, 拟合程度较好, 4 条曲线如下:

$$\text{C30: } \tau = -0.2427h^2 + 1.3749h + 0.0159;$$
$$\text{C30w: } \tau = -0.1694h^2 + 0.8480h + 1.1767;$$
$$\text{C35: } \tau = -0.3414h^2 + 1.6541h + 0.8460;$$
$$\text{C35w: } \tau = -0.3178h^2 + 1.4899h + 1.2507.$$

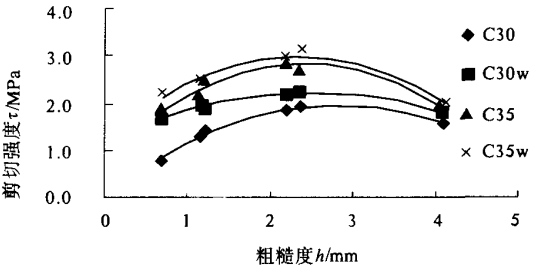


图 3 粘结面粗糙度与抗剪强度曲线对比图

Fig.3 Curve comparison of interfacial roughness and shearing strength

表5给出每条曲线的最佳粗糙度及最大剪切强度值和槽5的抗剪强度值,可以看出,最佳平均灌砂深度 $h_j = 2.34 \sim 2.84 \text{ mm}$.

表5 最佳平均灌砂深度

Tab.5 Best average depth of sand-pouring

混凝土	h_j/mm	τ/MPa	槽5 τ/MPa
C30	2.83	1.96	1.87
C30w	2.50	2.24	2.26
C35	2.42	2.85	2.74
C35w	2.34	3.00	3.17

4.2 沟槽设计

在建议每个切槽的槽深 h_s 为粘结面老混凝土最大粗骨料粒径的 $1/2$ 前提下,可用粗糙率指标对粘结面的粗糙度进行控制和评定.令粗糙率

$$\beta = \frac{\text{切槽面积}}{\text{粘结面积}} = \frac{neb}{ba} = \frac{ne}{a} \quad (1)$$

式中: a 为粘结面长度,沿此方向间隔切槽; b 为粘结面宽度,顺此方向间隔切槽; e 为每个槽的平均宽度; h_s 为切槽深度; w 为槽间净距; n 为粘结面 a 向的切槽个数.

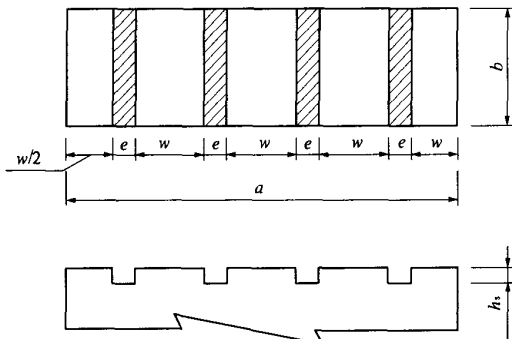


图4 切槽示意图

Fig.4 Cutting groove sketch

粘结面粗糙率指标 β 和灌砂平均深度 h_j 具有相关性:如用灌砂平均深度 h_j 作为切槽处理后粘结面的粗糙度控制指标,则灌砂体积: $V = h_j ab = nh_s eb = \beta h_s ab$ 从而可得 β 与 h_j 的相关方程为: $h_j = \beta h_s$,即得出

$$\beta = \frac{h_j}{h_s} \quad (2)$$

由式(1)和(2),可得

$$ne = \beta a \quad (3)$$

由于 $w \cdot n + e \cdot n = a$,可得

$$w = \frac{a - ne}{n} = \frac{a(1 - \beta)}{n} \quad (4)$$

设计时,根据本试验得到的最佳平均灌砂深度 h_j 为 $2.34 \sim 2.84 \text{ mm}$,建议切槽深度 $h_s = 1/2 D_{\max}$,可由

式(2)推出相应的粗糙率 β ;工程中当取定槽宽 e 时(根据经验一般取槽深的2倍),由式(3)、(4)可算出切槽个数 n 和槽间距 w .

4.3 工程应用

某进水闸公路桥,始建于1970年,是建造在水闸建筑物顶部的简支装配式钢筋混凝土梁式板桥,桥面板直接支承在闸墩上.桥全长75m,桥面净宽3.6m,共有15孔,每孔由4块矩形实心钢筋混凝土预制板组成.板长 $L = 4960 \text{ mm}$,板净跨 $l_0 = 4000 \text{ mm}$,板宽 $b = 950 \text{ mm}$,板厚 $h = 220 \text{ mm}$,混凝土设计强度等级 C15 ~ C20.

随着行车流量及吨位的大幅增加,这座桥原来的设计功能已不能满足交通运输发展的需求.另外,长期的使用也使桥底部出现可见的裂缝,也需要维修.

经反复论证,在桥墩、承台等桥梁下部结构满足承载力的情况下,决定对旧桥采用新老混凝土粘结补强加固方案,使之满足新的承载力要求.并采用人工切槽法进行新老混凝土粘结面处理.

具体处理方案如下:

- (1) 在旧预制板顶面横向凿槽,槽深不低于4 mm.
- (2) 用水冲净凿毛面.
- (3) 在旧预制板上现浇180 mm、等级为C25的混凝土,其中有效新混凝土厚160 mm,车轮磨损厚20~30 mm.路拱坡度不小于1%.
- (4) 补强后的混凝土表面处理按有关公路规范进行.

按此方案补强加固后的公路桥,其行车等级由原来的汽车-6级提高到汽车-10级.从整修完工到现在,此桥已正常使用了近12年,经实地观察,新老混凝土粘结面没有发现剪切裂缝,表明用沟槽法处理的粘结面粗糙度能满足工程要求.

5 结论

(1) 新老混凝土粘结面采用沟槽法是可行的;该方法简单易行,便于施工及质量控制.

(2) 采用沟槽法进行新老混凝土粘结,若结合面再采用膨胀浆,使其抗剪强度达到整体强度的75%.

(3) 实际工程应用表明,沟槽式新老混凝土粘结能够满足工程的需要,可以作为新老混凝土粘结面的处理方法.

参考文献:

- [1] 韩菊红,袁群.新老混凝土粘结面粗糙度处理实用方法探讨[J].工业建筑,2001,31(2):1~3.
- [2] 张琦,过镇海.混凝土剪切强度和剪切变形的研究[J].建筑结构学报,1992,13(5):17~24.
- [3] 李平先,张雷顺.冻融循环作用下混凝土的剪切强度试验研究[J].郑州大学学报(工学版),2004,25(4):12~15.
- [4] IOSIPESCU N, NEGOTTA A. A new method for determining the pure shearing strength of concrete[J]. Concrete Journal of the Concrete Society, 1969, 3(3): 88~95.
- [5] CECS25:90,混凝土结构加固技术规程[S].
- [6] JGJ55-2000,普通混凝土配合比设计规程[S].
- [7] 袁群,刘健.新老混凝土粘结的剪切强度研究[J].建筑结构学报,2001,22(2):46~50.
- [8] 管大庆,陈章洪,石韞珠.界面处理对新老混凝土粘结性能的影响[J].混凝土与水泥制品,1994,(3):16~22.

Experimental Research on Shear Strength of Interfacial Bonding of New and Old Concrete by Cutting Groove

ZHANG Lei-shun, YAN Guo-xin, ZHANG Xiao-lei, WANG Er-hua

(School of Environment and Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this paper, shearing test on 72 cube specimens (150mm × 150mm × 150mm) with cutting groove bonding has been carried out, using the self-made shearing equipment. Six type roughness of interfacial treating, type of young concrete and adhesion agent are studied on the interface of new and old concrete. The result indicates that the interfacial bonding of new and old concrete has good shearing property, the best average sand-pouring depth is 2.5mm; the shearing strength becomes big with new concrete stress class and the shearing strength of the interface with cement paste mixed with 12% U expanding agent is up to 75% of the total one. At last, the project example is introduced. Its twelve years' practical application proves that this bonding method of new and old concrete is suitable for the project.

Key words: new and old concrete; interfacial treating; cutting groove; shearing equipment

(上接第7页)

Experimental Research on the Rupture Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete under the Action of Carbonization

XIE Xiao-peng, GAO Dan-ying, ZHAO Jun, ZHAO Guang-tian, YANG Wen-tao

(Research Center of New Style Building Material and Structure, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Through the experimental research on the 129 concrete specimens with the size of 100 mm × 100 mm × 100 mm, the volume fraction of steel fiber, the grade of concrete strength and different carbonization time are taken as variable parameters. This paper studied the influence of the volume fraction of steel fiber, the grade of concrete strength and different carbonization time on the rupture strength of steel fiber reinforced concrete. Furthermore, the reinforced mechanism of the steel fiber reinforced concrete under the action of carbonization was discussed. The study results showed that when the grade of concrete strength is higher, it is more obvious for steel fiber to the rupture strength of steel fiber reinforced concrete.

Key words: steel fiber; concrete; carbonization; rupture strength