

植筋技术应用研究浅议

刘 辉^{1,4} 赵志璠² 王清明³ 朱彦鹏⁴

(1. 宁夏农业勘查设计院,银川 750002;2. 甘肃地质工程总公司,兰州 730000;
3. 河南省交通公路工程局第一工程处,郑州 450009;4. 甘肃工业大学,兰州 730050)

[摘 要] 本文通过对植筋技术应用研究现状及其发展前景的分析,认为植筋技术的应用和发展前景看好,其应用研究具有很高的实用价值;并就目前植筋技术的应用研究,提出了一些需要解决的问题。

[关键词] 植筋;植筋技术;应用研究

[中图分类号] TU746.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-523X(2003)12-0054-03

PRELIMINARY DISCUSSION OF THE APPLICATION STUDY ABOUT THE EMBEDDED STEEL BARS TECHNOLOGY

Liu Hui Zhao Zhi-fan Wang Qing-ming Zhu Yan-peng

[Abstract] In this paper through analyzing the present research situation and development prospect about the technology of using embedded steel bars, it is believed that the technology of applying and developing embedded steel bars is worth to study, and its application research has very high practical value. And according to the present status, some problems have put forward to be solved.

[Keywords] Embedded steel bars; Technology of embedded steel bars; Application study

1 前言

随着我国现代化建设步伐的加快、西部大开发战略的实施和党的十六大关于全面建设小康社会战略目标的确立,我国在基础设施建设方面将进入又一发展高峰期。而我国在 20 世纪 50 年代至 60 年代建成的建筑物已有相当一部分进入需要加固处理的危险时期,只有对其进行检测和加固处理,才能放心使用;同时随着社会的发展和人民生活水平的提高,也有相当数量的建筑物需要改变其使用功能,加之一些新建建筑物由于设计和施工失误,也需要对其进行加固、补强处理,这些都为植筋技术的应用和发展提供了广阔的发展空间。

传统的结构构件截面加大的方法一般是采用钢筋焊接、螺栓锚固和混凝土凿毛等方法。它们虽然在理论上可加大结构构件的截面,但受到施工现场条件及施工人员技术水平的限制,新增钢筋的焊接以及新旧混凝土接缝的处理都很难百分之百的达到设计要求,给结构留下了新的安全隐患。

近年来,随着建筑科技的发展和国外先进技术的引进,一些过去难以解决的技术问题逐步得到了解决,植筋、粘钢和炭纤维等新技术和新材料在工程改建和加固中普遍开

始应用,其中植筋技术由于其价格低廉和施工操作简单而应用的最为广泛。

由于在钢筋混凝土结构上植筋锚固已不必再进行大量的开凿挖洞,而只需在植筋部位钻孔后,利用化学锚固剂作为钢筋与混凝土的粘合剂就能保证钢筋与混凝土的良好粘接,从而减轻对原有结构构件的损伤,也减少了加固改造工程的工程量;又因为植筋胶对钢筋的锚固作用不是靠锚筋与基材的胀压与摩擦产生的拉力来承受钢筋的受拉荷载,而是利用其自身粘接材料的锚固力,使锚杆与基材有效地锚固在一起,产生的粘接强度与机械咬合力,当植筋达到一定的锚固深度后,植入的钢筋就具有很强的抗拔力,并基本没有滑移,从而保证了锚固强度和持久的耐力强度。

但是不同直径的钢筋在不同强度的混凝土中植筋,应该采用多长的锚固深度,目前的结构加固和改造工程中大家普遍采用 5d 或 10d,而大家都不太清楚为何要采用此值,只是凭经验采用,或是感到不放心了再加大锚固深度,这样不仅会造成不必要的浪费,而且也影响混凝土基材强度、钢筋强度与粘接胶强度三者作用的共同发挥。

2 国内外现状综述

2.1 国内研究现状

20 世纪 80 年代初期,中科院大连化学物理研究所研制成功我国第一批建筑结构胶粘剂,20 世纪 90 年代,植筋技术与粘钢技术一起在我国建筑业及市政工程中开始推广应用^[4]。

收稿日期:2003-09-15

作者简介:刘 辉(1968-),男,宁夏海原人,毕业于西北农林科技大学,工程师,国家二级注册建筑师,硕士生。

所谓植筋,就是在结构加固、补强、新老结构连接、补埋钢筋、后埋钢构件等工程中,在已有混凝土结构或构件上根据工程设计所用钢筋(通常称为植筋)直径,以适当的钻孔直径和深度钻孔,并采用建筑用化学胶粘剂使新增的设计直径钢筋与原混凝土粘接牢固,并使设计钢筋与原混凝土的粘接强度达到设计要求,从而使作用在植筋上的拉力通过化学粘接剂向混凝土中传递。

植筋技术的成败主要取决于混凝土基材质量、钢筋质量、粘结剂强度、钢筋植入混凝土深度(锚固长度)、施工温度等因素。混凝土基材本身强度如果很低或很破碎,植入钢筋再结实也没有意义。所以根据《混凝土结构加固技术规范》规定,混凝土强度低于 C15,一般不宜采用此种工艺进行加固。钢筋一般选用 I 级、II 级钢筋,其强度应符合现行国家标准,即《普通碳素结构钢技术条件》的规定;而胶粘剂的强度是植筋技术的关键,根据已有的试验结果得知,粘结剂的自身强度及粘接强度均能满足使用要求,混凝土植筋的破坏形式则主要取决于植筋的锚固深度^[4]。

目前市场上的粘合剂种类、型号较多,其性能各异,以 HIT-HY150^[2]、FISV360^[3]等粘合剂所用施工器具和方法较为规范。而且在工程改造与加固中,关于植筋的设计方法尚无规范指导,设计人员通常也只是依据所选材料供应商提供的技术资料进行设计。

按照张志强^[7]等对 FISV360 植筋与混凝土和钢筋之间的胶结能力的试验研究,钢材在达到一定的锚固深度后其材性是可以充分发挥的,而且,拉拔试验以混凝土的锥形破坏为主,这说明胶接材料的胶接能力是可以信赖的。其试验利用一组(三件) 22 螺纹钢筋种植在 C30 混凝土试件上(尺寸为 1000 mm × 1000 mm × 500 mm),其钻孔孔径 $D = 28$ mm,孔深 $T = 13.6D = 300$ mm,参照美国 ASTM E488-90 试验方法,由上海市建筑科学研究院检测站进行锚固拉拔试验,在当时环境温度 12℃ 的条件下测定其 2 h 固化的极限拉拔荷载值并观察试件的破坏情况,试件均成混凝土锥形破坏模式,植筋极限荷载基本值分别为 257、261、255 kN,均超过钢筋拉拔强度标准值(127.3 kN)。

通过吴进^[5]等对植筋用粘合剂长期负荷性能检测与评估,在把检测中得到的位移按 Findley 公式(1)外推到 5×10^5 h(约 50 年)。推出的预期位移必须小于在温度为 $T = 20$ ℃ 进行的相应参考测试中最大荷载时的平均位移值 $S_{u,adh}$, $S_{u,adh}$ 是 $N_{u,adh}$ (粘接丧失)处的位移。

$$S(t) = S_0 + at^b \tag{1}$$

式中: S_0 ——持续荷载下 $t = 0$ 时的初始位移(加载后立即测量)

a, b ——常数(调整系数),对待持续荷载检测的变形进行回归分析的估计量。

得出的结论为:

- a) 持续荷载作用后的剩余承载力均满足要求,因而,种植钢筋在持续荷载作用下预计不会发生破坏。
- b) 经过 50 年的持续荷载之后,潮湿混凝土中的位移大

于干燥混凝土中的位移。

这说明目前建筑植筋用粘合剂长期负荷性能也是满足要求的。在建筑物的设计年限内不会因为植筋胶的破坏(老化)导致建筑物的破坏;或者说不会因为建筑用植筋胶的长期负荷性能,影响建筑物的正常使用年限。

对于植筋的试验研究,目前大家都在探索之中。

就植筋破坏形态来说,大家普遍认为植筋有四种破坏形态^[1],即:

- a) 钢筋屈服破坏;
- b) 混凝土锥形破坏;
- c) 结构胶与混凝土粘接破坏;
- d) 复合破坏。

混凝土与结构胶之间的粘结强度可以通过以下公式计算:

$$\bar{\sigma} = \frac{P_u}{Dl_a}$$

式中: $\bar{\sigma}$ ——结构胶与混凝土之间的平均粘结强度;
 P_u ——粘结破坏时最大荷载值;
 D ——钻孔直径;
 l_a ——植筋的埋入深度。

就植筋的埋置深度而言,通过试验研究得知,埋深较小时,植筋发生混凝土锥形破坏,承载力较低,不但不能发挥钢筋的作用,而且呈脆性破坏;埋置深度较大时,钢筋发生断裂破坏,钢筋植入部分没有发生丝毫滑移,强度未充分发挥,容易造成材料浪费;只有埋置达到适当的深度时,植筋破坏始于钢筋屈服,有明显的预兆,符合工程需要。这个“适当的深度”需要通过试验来确定,目前还没有准确的理论计算公式可应用于指导植筋工程设计。

总之,从目前国内对植筋技术的应用与研究情况来看,其现状是应用多于研究。而且,在植筋技术的应用方面国家还没有相关的技术规程,仅仅以建筑植筋胶生产厂家所提供的一些技术指标作为参考依据,对一些取值的采用也仅是按照经验和增大安全度的标准进行,相应的研究也很少。这对于我们规范市场、提高植筋的可靠度以及如何评价植筋的安全性带来一定的困难。

2.2 国外研究现状

植筋技术的应用和研究,目前在外国已经是比较深入了,而且对于植筋技术的理论也较为成熟和系统化。欧洲许多国家对植筋技术已制定了相关的规范标准并已在实际工程中得到广泛的应用^[6]。同样,对于植筋所用胶接材料的研制、开发也已具有了相当的水平和规模。当前国内植筋工程中应用较为广泛的 FISV360 锚固系统就是由德国慧鱼集团提供的化学粘结锚固植筋技术;HIT-HY150 锚固系统是由瑞士 HILTI 公司提供的化学粘结锚固植筋技术。

现阶段,国外对于植筋技术的研究,侧重于不同湿度、介质、钢筋上或混凝土内有氧化物等环境对植入混凝土中的钢筋的腐蚀及对钢筋强度的影响;在混凝土中植入玻璃纤维或者植入钢柱;在钢筋混凝土梁中植入光圆钢筋与植入螺纹钢及在剪应力较大区域和弯矩较大区域植筋时植筋尺寸和

梁尺寸的相互影响^[8]等。对于植入钢筋或钢柱的混凝土内应力分配引入有限元方法进行分析以对相应试验结果进行校核^[7]。而在钢筋混凝土梁中植入光圆钢筋其植筋尺寸及梁尺寸对于粘接应力的影响比植入螺纹钢的要大;植在剪应力较大区域其植筋尺寸及梁尺寸对于粘接应力的影响比植在弯矩较大区域要大^[8]。

2.3 植筋技术发展趋势

从目前采用植筋技术进行加固和改建等的工程来看,植筋技术的应用已经是十分广泛了。其不仅在民用建筑工程中;而且在水利工程、煤矿、火电厂、河道治理等等工程中都得到大量的应用。

在国内,从长江三峡工程永久船闸交通桥墩基础植筋、火电厂的改造工程、广州地铁工程地上建筑物的桩基托换工程、北京清河治理工程中等等,到一般的民用建筑的加固、改造工程中,植筋技术都在普遍地应用着。

在国外,更是如此。植筋技术不仅得到广泛应用,而且,对于植筋技术的研究也是领先于国内。植筋技术在建筑结构加固、地震后建筑的维修加固、建筑物功能改变、以及市政、水利、采矿等工程领域都得到快速发展,对于植筋胶的研究也有独到之处,当前,国内应用较为广泛的 HIT-HY150、FISV360 等植筋技术都源于国外。

这不仅与植筋技术与传统工艺相比,具有性能好、施工方便、速度快、文明施工程度高以及对原结构构件无破坏等优点有关;而且,与我国目前正处于大规模的工程建设期、50 和 60 年代的建筑物需加固处理及随着我国社会主义市场的进一步繁荣和多样化,建筑的使用功能在频繁发生改变等等有关。

因此,植筋技术应用有着广泛的发展前景,随着植筋技术的应用普及和植筋技术应用研究的深入,植筋技术理论将进一步成熟。不仅其设计、施工、验收将有据可依,而且植筋技术应用也将规范化和理论化。

3 植筋技术应用研究需要解决的问题

随着植筋技术的广泛应用,作者认为目前植筋技术应用研究应着手解决好以下问题:

a) 就植筋技术应用的方法、手段、设备、仪器,通过研究

和实践形成成套的植筋技术;

b) 给出混凝土、钢筋、孔径和植筋深度的理论关系;

c) 完善加固技术,指导形成高技术加固公司,能使植筋等加固问题圆满解决;

d) 对工程用粘接剂给出具体选择,以指导工程设计和施工;

e) 指导形成关于植筋技术的设计、施工、验收规范。

4 讨论

总的来说,植筋技术的应用研究,不仅能够解决既有工程结构由于使用功能变化、不可抗力(指地震等自然灾害)、结构老化等原因而需结构加固的问题;而且,还能解决由于设计缺陷、装潢、施工遗漏等原因造成的需结构加固问题。同时,随着更多需结构加固工程和改造工程的出现和植筋技术被广泛的应用及其可靠性被工程界和广大业主的认可,为植筋技术的应用和研究提供了有利条件。但是,植筋技术的应用普及还需要通过大量的研究,使其形成一整套完整的植筋技术,从而使该技术进一步理论化、规范化。

参考文献

- 1 熊学玉,许立新,胡家智. 化学植筋的拉拔试验研究[J]. 建筑技术,1999,31(6):383-384
- 2 周 清. HIT-HY150 植筋技术及其应用[J]. 华南热带农业大学学报,2001,7(2):51-54
- 3 张志强. FISV360 植筋锚固技术[J]. 特种结构,2001,18(4):62-64
- 4 钱德林,许士晨. 植筋技术在北京清河治理工程中的应用[J]. 北京水利,2001,(5):51-52
- 5 邵振中. 一种新型钢筋锚固材料在工程中的应用[J]. 建筑技术开发,2001,28(11):27-29
- 6 吴 进,张 欣,瞿培峰. 植筋用粘合剂长期负荷性能检测与评估[J]. 四川建筑科学研究,2001,27(4):34-36
- 7 Pertold J.; Xiao, R. Y.; Wald, F.. Embedded steel column bases: I. Experiments and numerical simulation. Journal of Constructional Steel Research V56 No 3 Dec 2000, P253-270
- 8 Sener, Siddik; Bazant, Zdenek P.; Becq-Graudon, Emilie. Size effect on failure of bond splices of steel bars in concrete beams. Journal of Structural Engineering V125 No 6 1999, P653-660