

滨海枢纽聚丙烯纤维混凝土试验研究

叶 健 马树齐

1 概述

混凝土材料抗拉强度低, 韧性差, 在外界条件变化使混凝土产生收缩时, 很容易出现裂缝, 从而导致钢筋锈蚀、渗漏和耐久性下降。试验和应用表明, 在混凝土硬化过程中适度添加纤维, 可以消除或减少混凝土在塑性和初期硬化阶段, 因泌水和水分散失而引起的塑性收缩和微裂缝, 也可以减少和防止混凝土硬化后期产生干缩裂缝及温度变化引起的微裂缝, 从而改善混凝土的防渗、抗冻、抗冲磨等性能。同时, 由于纤维随机分布于混凝土中, 使混凝土结构的变形能力、初裂后残余强度、韧性都有一定提高。

目前, 有三类纤维用于工程实际: 一是钢纤维, 主要应用于机场跑道; 二是玻璃纤维, 主要应用于给排水管道; 三是聚丙烯纤维, 主要应用于水利、交通、房屋等领域混凝土。滨海枢纽立交地涵工程混凝土总量 16 万 m^3 , 除大体积外, 约 1/4 为薄壁结构的翼墙和槽壁, 为防止或减少混凝土裂缝, 在这些部位实施前, 进行了多方案的聚丙烯纤维混凝土现场试验研究, 取得了一些可借鉴的成果。

2 聚丙烯纤维混凝土的机理分析

混凝土材料是一种脆性材料, 其抗压强度高, 抗拉、抗折强度很低, 聚丙烯纤维较短, 具有较大的比表面积, 与混凝土基体的粘结性较好, 在混凝土中起到约束作用, 相当于导入预应力, 起补偿收缩作用。又由于经拌和后混凝土中纤维是均匀乱向地分布到混凝土基体中, 使这两种特性

各异的材料进行复合, 组成一种典型的复合材料, 可以阻止裂缝的扩展, 并部分或全部补偿收缩给混凝土基体造成的破坏作用, 改善混凝土抗裂效果。

从另一角度看, 由于混凝土的非均质性, 当承受拉应力时, 截面中各质点受力极不均匀, 有大量不规则的应力集中点, 当应力达到 0.7MPa 时, 这些点首先达到极限状态, 引起局部塑性变形或微裂缝的产生及扩展, 直至开裂。当聚丙烯纤维掺入混凝土基体后, 提高了基体的质量, 分担了一部分截面上的拉力, 并能约束混凝土内部微裂缝的扩展和推迟裂缝的出现, 降低了基体内部缺陷处的应力集中, 从而提高了混凝土的极限拉伸应变和韧性。

3 聚丙烯纤维混凝土的性能

3.1 力学性能

(1) 抗拉强度。当掺入率低于 1% 时, 一旦达到混凝土的抗拉极限强度, 聚丙烯纤维混凝土即发生开裂且承载力明显下降, 最终因纤维由基材中被拔出而破坏, 但破坏前有较高的延伸率。

(2) 抗弯强度。掺入率为 1% 左右时, 混凝土抗弯强度的提高 $\geq 25\%$, 但破坏前有很高的变形能力。

(3) 抗压强度。与普通混凝土相比并无明显的增高。

(4) 抗冲击强度。有很高的抗冲击强度, 掺入率 2% 可使抗冲击强度提高 2~10 倍。

3.2 物理性能

(1) 抗收缩性。掺入率为 1% 左右

时, 可使混凝土的收缩率降低约 75%。

(2) 耐火性。掺入率为 1% 以内的混凝土, 其耐火等级与普通混凝土相当。混凝土加热至 165℃ 时, 纤维熔化, 当温度继续升高则聚丙烯挥发逸出, 并在混凝土中留下相当于纤维所占体积的孔道。

(3) 抗冻性。按混凝土抗冻试验法, 经 25 次反复冻融, 无分层与龟裂等现象发生。

(4) 耐久性。英国建筑研究院曾将掺入率为 4.4% 的试件在 60℃ 的水中浸泡一年, 未发现试件的抗弯极限强度与抗冲击强度有明显的下降。

4 试验研究

在立交地涵的护坦部位进行了多组聚丙烯纤维混凝土试验。

4.1 混凝土的制备

束状的合成纤维, 拉开后呈网状状, 其纤维直径以旦尼尔 (每 9000m 长的克数) 计, 一般为 6000~26000。

本次试验用聚丙烯膜裂纤维: 细度为 6000~13000 旦尼尔; 长度为 40~70mm; 掺量分别为 0.6%、0.8%、1.0% (体积)

水泥为 425 普硅

集料为小石子一级配

外加剂为减水剂 JM-III

灰集比: 水泥: 砂: 石为 1:2:3

水灰比为 0.45

4.2 试验结果

试验表明, 网状结构的聚丙烯纤维混凝土具有以下特点:

(1) 网状结构可增 (下转第 20 页)

泥或淤泥质土,且工期不太紧的情况下采用。淮河入海水道阜宁淤土段堤防工程就用此法施工。

2. 抛石挤淤法

抛石挤淤法就是把一定量和粒径的块石抛在需进行处理的淤泥或淤泥质土地基中,将原基础处的淤泥或淤泥质土挤走,从而达到加固地基的目的。一般按以下要求进行:将不易风化的石料(尺寸一般不宜小于30cm)抛填于被处理堤基中,抛填方向根据软土下卧地层横坡而定。横坡平坦时自地基中部渐次向两侧扩展;横坡陡于1:10时,自高侧向低侧抛填。最后在上面铺设反滤层。这种方法施工技术简单,投资较省,常用于处理流塑态的淤泥或淤泥质土地基。

3. 垫层法

垫层法就是把靠近堤防基底的不能满足设计要求的软土挖除,代以人工回填的砂、碎石、石渣等强度高、压缩性低、透水性好、易压实的材料作为持力层。可以就地取材,价格便宜,施工工艺较为简单,该法在软土埋深较浅、开挖方量不太大的场地较常采用。

4. 预压法

预压法是在排水系统和加压系统的相互配合作用下,使地基土中的孔隙水排出。常用的排水系统有水平排水垫层、排水砂沟或其它水平排水体和垂直方向的排水砂井或塑料排水板;加压系统有堆载预压、真空预压或降低地下水位等。当堆载预压和真空预压联合使用时又称真空联合堆载预压法。基本做法如下:先将待加固范围内的植被和表土清除,上铺砂垫层;然后垂直下插塑料排水板,

砂垫层中横向布置排水管,用以改善加固地基的排水条件;再在砂垫层上铺设密封膜,用真空泵将密封膜以内的地基气压抽至80kPa以下。该方法往往加固时间过长,抽真空处理范围有限,适用于工期要求较宽的淤泥或淤泥质土地基处理。在淮河入海水道淤土段和亚淤土段穿堤建筑物地基处理中被广泛采用。流变特性很强的软粘土、泥炭土,不宜采用此法。

5. 复合地基法

复合地基法是通过在软土地基上打桩来提高天然地基抗剪强度的方法,加固后的地基由桩和桩间土复合而成。用复合地基法处理后,作用在地基上的荷载由桩和桩间土共同承担。

砂桩、碎石桩主要是在振动和冲击荷载作用下,先在地基中成孔,再在孔内分别填入砂、碎石等材料,并分层振实或夯实,使地基得以加固。用砂桩、碎石桩加固软粘土地基时,地基土加固初始强度不能太低(初始不排水抗剪强度一般要求大于20kPa),对太软的淤泥或淤泥质土不宜采用。

石灰桩、二灰桩是在桩孔中灌入新鲜生石灰,或在生石灰中掺入适量粉煤灰、火山灰(常称为二灰),并分层击实而成桩。它通过生石灰的高吸水性、膨胀后对桩周土的挤密作用、离子交换作用和空气中的CO₂与水发生酸化反应使被加固地基强度提高。

深层搅拌桩是通过搅拌机沿深度将水泥、石灰等固化材料与地基土强制就地搅拌而成桩。旋喷桩是将带有特殊喷嘴的注浆管置于土层预定深度后提升,喷嘴同时以一定速度旋转,高压喷射流使固化浆液与土体混

合并凝固硬化而成桩。加固机理类似于石灰桩。所成桩与被加固土体相比,强度大、压缩性小。适用于冲填土、软粘土和粉细砂地基的加固。对有机质成分较高的地基土加固效果较差,宜慎重对待。而对于塘泥土、泥炭土等有机质成分极高的土层应禁用。

6. 土工合成材料加筋加固法

将土工合成材料平铺于堤防地基表面进行地基加固,能使堤防荷载均匀分散到地基中。当地基可能出现塑性剪切破坏时,土工合成材料将起到阻止破坏面形成或减小破坏发展范围的作用,从而达到提高地基承载力的目的。此外,土工合成材料与地基土之间的相互摩擦将限制地基土的侧向变形,从而增加地基的稳定性。

4 工程实例

某二级堤防工程,经勘察表明某段堤基处沿大堤方向近100m范围内分布有层厚1.0~2.2m的淤泥质壤土,抗剪强度较低(C=10kPa,φ=15°),标准贯入击数2击。经过稳定分析计算,若不进行适当的堤基处理,筑堤后将可能形成小型浅层滑动,影响运行安全。针对工期紧的特点,并从投资角度考虑,经多方面综合比较,最终选择采用深层搅拌桩法对地基进行加固处理。方案如下:在迎水面青坎处施打4排桩长6.0m、桩距1.5m的φ60cm水泥搅拌桩,水泥含量15%,每排67根,呈梅花型布置。加固后堤防经一定时间的运行考验,情况良好。

(作者单位:淮河入海水道海口枢纽工程建设处)

(上接第18页)进纤维与水泥基材的粘结,使混凝土的稠度加大。掺入量0.8%时,坍落度由出机的16cm,到现场的7~8cm,除过程损失2~3cm外,因掺纤维造成的坍落度减少5cm左右,对泵送效果略有影响,泵送产量也有所降低。与不掺相比,入仓后增加了平仓和振捣的难度,容易造成漏振。

(2)表面具憎水性,与水泥基材拌和时不结团,均匀性较好,混凝土熟料呈毛绒状,但拌和时间比正常延长20s左右。

(3)聚丙烯材料化学耐腐蚀性好,可抗强碱、强酸,熔点高(165℃),无毒性,对人体无影响,适合滨海枢纽具有硫酸盐、氯酸盐侵蚀环境条件混凝土。

5 结 语

由于近二维分布的聚丙烯纤维限制了混凝土微膨胀,使混凝土更加密实,密实的混凝土又反过来增加了纤维的锚固力,聚丙烯纤维补偿收缩混凝土,使其抗渗性、抗裂性均大大改善,该项技术必将在水工建筑物中得到进一步应用。

(作者单位:入海水道滨海枢纽建设处 224500)