

国外技术开发

多孔混凝土 (PoC) 的特性与生态环保技术

朱航征

(北京秋光科技开发公司, 100039)

多孔混凝土 (Porous Concrete), 简称 PoC, 是由粗骨料与水泥浆或砂浆结合而成, 形状如“米花糖”, 又称“无砂混凝土” (No-fines concrete) 或大孔型混凝土, 具有连续孔隙结构是其一大特征。PoC 具有良好的透水性和透气性, 其连续的空隙作为生物的栖息空间和其它方面的利用, 使之成为一种环保型混凝土已引人注目。

1 PoC 的特性

1.1 空隙率与空隙构造

表示空隙比例的空隙率, 受 PoC 的各种力学影响很大。空隙率有连续空隙率和包括独立空隙在内的全空隙率。用成形体质量与配合比计算出的理论质量求出的空隙率为全空隙率。如水泥浆 (或砂浆) 与粗骨料的体积比 (M/G) 为一定, 水结合材质量比 (W/P) 与空隙率具有如图 1 所示关系, 水结合材质量比越大, 水泥浆 (砂浆) 越易填入粗骨料之间的空隙, 因而使空隙率降低。

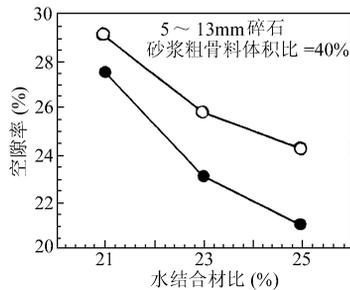


图 1 水结合材比与空隙率的关系曲线
:全空隙; 连续空隙

目前对 PoC 空隙构造的研究仍比较少。如将 PoC 用于栽种植物, 空隙率乃至空隙直径是一个重要因素。空隙直径的大小对植物根的伸长有很大影响。空隙直径与使用不同直径的粗骨料有关。根据实测资料, 平均空隙直径

为: 13 ~ 20mm 碎石 - 3.5mm; 5 ~ 13mm 碎石 - 1.8mm; 2.5 ~ 5mm 碎石 - 0.7mm。为此, 如已考虑栽种植物, 就应按栽种植物的种类, 相应选择适当的配比。

1.2 强度性能

PoC 的抗压强度与相同单位水泥用量的普通的混凝土低。影响 PoC 抗压强度的主要原因是空隙率。空隙率越大, 抗压强度越低。此外, 即使空隙相同, 但所用粗骨料的粒径不同, 抗压强度也随之改变。其原因是, 粗骨料粒径越大, 单位体积骨料的接点也急剧减少。

此外, 还可以用水结合材比与空隙率的基本关系作说明。与普遍混凝土具有相反的倾向是, 水结合材比增大, PoC 的强度则相应提高。这是因为水泥浆 (砂浆) 的材质柔和, 易于渗入粗骨料间的空隙, 增加粗骨料间的粘结面积所致。

有关 PoC 的抗弯强度和抗拉强度等抗压强度以外的强度性能资料较少, 但也有试验报告认为, PoC 的抗弯强度值为 1 ~ 5N/mm², 而抗拉强度值为 1 ~ 4N/mm²。这些强度值与空隙率的关系, 与抗压强度的相同, 都与粗骨料的粒径呈线性关系。

1.3 透水性

如以控制雨水向地下浸透水为使用目的, PoC 的透水性能是一个很重要的特性。透水性的程度, 以测定的透水系数表示。测定透水系数一般均采用定水位试验方法, 由于水头差不同, 透水系数因而也有所差异。这是在测定时应该注意的。

PoC 的透水系数因空隙率和粗骨料的粒径而异。空隙率与透水系数的关系如图 2 所示。空隙率越大, 即使是同一空隙率, 骨料粒径越大, 透水系数也越大, 空隙率与透水系数之间关系相当密切。据有关试验结果, PoC 的透水系数的范围为 0.1 ~ 6cm/sec。处在自然状态的土, 其透水系数的范围广, 粗砂为 1cm/sec, 细砂为 0.01cm/sec。由此可见, PoC 的透水系数与这类土的透水系数相比, 具有同等以上的程度。

1.4 干燥收缩

有关 PoC 的干燥收缩资料也非常少。1976 年美国混凝土协会 (ACI) 曾提供过一项试验结果如表 1 所示。

收稿日期: 2001 - 11 - 20

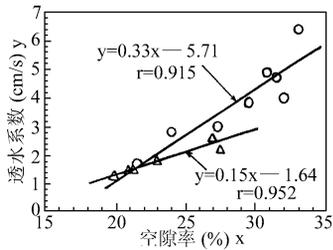


图 2 空隙率与透水系数的关系
:13~20mm 碎石; :5~13mm 碎石

表 1

粗骨料	粗骨料	水泥体积比	水灰比	长度变化率 (%) (50, 17% R. H.)
河砂	8 1	0.40		0.018
	10 1	0.45		0.018
	12 1	0.50		0.018
	比较用(1 2 4)			0.035
玄武岩	8 1	0.35		0.022
	10 1	0.40		0.023
	12 1	0.45		0.028
	比较用(1 2 4)			0.049
矿渣 粗骨	8 1	0.40		0.025
	10 1	0.45		0.020
	12 1	0.50		0.022
	比较用(1 2 4)			0.038
石灰石 碎石	8 1	0.40		0.016
	10 1	0.45		0.019
	12 1	0.50		0.022
	比较用(1 2 4)			0.033
熔渣	6 1	0.375		0.033
	8 1	0.425		0.025
	10 1	0.475		0.040
	比较用(1 2 4)			0.038

注:表中比较用的高密度混凝土的配比为:水泥 细骨料 粗骨料 = 1 2 4(体积比)

表 1 表明,采用河砂与石灰石碎石,PbC 干燥收缩为使用相同骨料普通混凝土的 50%。PbC 的长度变化率,在干燥初期,比普通混凝土要大,约 10 天内,最终收缩量达 50%~80%,约一个月几乎可以完成收缩。初期收缩大的原因主要是由于 PbC 的表面积与体积之比过大,受干燥影响显著所致。此外,与普通混凝土相比其最终长度变化小的原因,主要是 PbC 收缩受到粗骨料的约束所致。

1.5 抗冻融特性

由于 PbC 带有连续性空隙,自由水易于浸入,因此其抗冻融性能比普通混凝土一般要差。按 ASTM C 666 A 法(水中冻结—水中解冻)进行试验,100 次冻融循环的相对动弹性模量在 60%以下。采用粒径为 2.5~5mm 骨料的 PbC,其抗冻融性能最差,主要是因为空隙直径小,浸入内部的水在冻结时浸

出困难,不易缓冲冻结压力所致。此外,如采用 B 法(大气中冻结—水中解冻)进行试验,虽经 300 次冻融循环试验,仍较健全。为提高 PbC 的抗冻融性能,与普通混凝土一样,掺入引气型减水剂也是有效的措施。

经冻融循环破坏的 PbC,其破坏形态与普通混凝土不一样。按比例缩尺的试件,普通混凝土的破坏是从试件表面向内部发展,而 PbC 则从试件中心向外发展。

1.6 吸声特性

由于存在连续空隙,因而可以减少噪声的影响,PbC 所具有的吸声特性,受诸多因素的影响,如材料厚度,连续空隙的比例、大小、形状和材料表面的凹凸程度(表面积)等。PbC 的吸声特性采用管内法进行材料垂直入射吸声率的测定。吸声可能的频率域以 500~1000Hz 为中心,其范围较广。此外,材料的厚度越厚,波峰吸声率的频率数带则有向低频率域移动的趋势(见图 3)。除与此相关因素外,还有表面特性的影响,表面越粗糙、空隙率越大,吸声率就越大。还有材料水分对吸声率也有影响,即水分含量越多材料密度提高,空隙率减少,吸声率则相应下降。

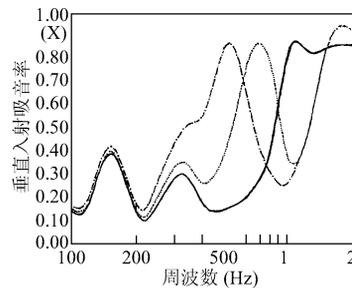


图 3 吸声率与频率的关系曲线
试件厚度:—:5.0cm;
.....:7.5cm; - - -:10cm

2 多孔混凝土的用途

2.1 植物生成

过去利用混凝土栽种植物,主要是先成型箱式和井格式制品,留出空间,填入土壤,再栽培。采用多孔混凝土时,情况则不同,主要是利用 PbC 的连续空隙,作为植物根的生长空间,图 4 为利用 PbC 生长植物的情况。对比,可以将 PbC 扩大应用于河川护岸等工程进行坡面的绿化。作为这种用途的 PbC 也可称为绿化混凝土。

植物生长必须有土壤,利用连续空隙生长植物同样需填入必要的土壤,利用混凝土生长植物的要点是:1) 适于植物生长的 PbC 的技术要求;2) 填充相关种类土壤的方法。作为 PbC 的技术要求主要是确保连续的空隙和空隙的必要直径。如能确保连续空隙率达到 25%以上程度,就能维持植物生长的良好状态。此外,骨料的粒径越大、空隙直径越大,植物根的伸长空间就有保证,填入土壤也较容易。作为



图 4 利用 P₆C 生长的植物

粗骨料以粒径为 13 ~ 20mm 的碎石为宜。

关于土壤的种类及其填充方法,各个开发商都有自己着力开发之处。所用的土壤材料,为满足保水性、保肥性的要求,有阳离子交换

量高的有机物、粘土或浮石 (Zeolite) 等,还有高吸水树脂和粘土或有机物(泥炭苔)等保水性材料与土相混使用。

P₆C 用于绿化,不仅限于河川护岸工程,而且还可考虑用于停车场和层面的绿化。不仅能满足生态环保的需要,而且也是抑制“热岛”(Heat island)现象的有效措施。

2.2 水的抑制

利用 P₆C 的透水性能,可以用透水的路面。下雨时,汽车道上行驶的汽车会遇到水滑现象 (Hydroplaning),飞溅的水珠引起视界不良,如采用 P₆C 路面,这种现象即可消除,因而可以改善行车的安全性。同时还可以吸收汽车噪声。图 5 所示为 P₆C 作为透水混凝土用于公园人行道地面砖的实施情况,雨后由于没有水洼,因而能创造出一种快适行走空间。



图 5 透水混凝土路面



图 6 透水的预制管

近来在都市开发中,沥青和混凝土地面大大降低了雨水向地下的渗透,减少了地下水,并引起地基下沉。此外,由于雨水流速加快,还会引起都市河川泛滥等事故,作为综合沉水的一项措施就是利用 P₆C 制成渗透性输水管和水斗等加大雨水渗透措施(图 6)。此外,如用于地下水的蓄排水,还将 P₆C 广泛用于道路、隧道、住宅用地、高尔夫球场等。

2.3 水质净化

河川、湖沼、海域等水环境本来就有自然净化的作用。但像城市中所见河川、多为混凝土三面开式结构或以大都市为背景直立护岸的封锁性水域,由于生物种类数量的减少,自然净化的功能相应减退。

P₆C 由于存在连续空隙,水、气自由通入,在多孔质内部和表面,易于附着细菌 (bacteria) 和藻类等,

形成可栖息的生物膜,使其中的好气性(需氧性)细菌对有机物具有净化的可能。生物的附着因水域条件而异,一般在三个月以内即可加大区别。现举例说明:将中空的 P₆C 球体投入公园的河道内,后来出现的生物种类有:2 种细菌、45 种藻类、原生动物 5 种和后生动物等多种多样生物。此外,在海域内,也能观察到附有细菌类、藻类和小动物以及贝类和大型海藻类多种生物。

由于 P₆C 能附着多种多样生物,因而促进了水质的自然净化作用,为此一些厂商已开发出球状、凹凸状等 P₆C 制品,以供生物栖息净化水质之用。

2.4 吸音、隔音

作为道路、铁路等交通设施以及工厂机器设备噪声的对策,主要是采用吸音材料(吸音板)。吸音材料按外观分类,有 P₆C 等多孔材料、孔隙板构造体、膜状材料和板状材料等类,但多孔材料的吸音域特征,以中高音区最佳。P₆C 如采用珍珠岩等人工轻骨料,即成为一种强度、耐候性都较大优越的吸音材料。实际上,已经有与其它材料复合构成既吸声又隔音的隔音墙等类做法。

作为实际的使用领域,除用于有关设施的外墙外,还可以作为吸音材料用于轨道面板。如用于高速铁路的轨道板,应解决的有轨道、车轮间发生的高噪音问题。对此,不仅关系到吸音特性,而且还要求一定的耐久性。

2.5 生物的生息

现在渔业正在向养殖业转换,正在推广人工渔礁板法,即将预制带孔洞的混凝土块体投入海域,为鱼类提供生长条件。现在有了 P₆C,由于表面呈凹凸状,而且为多孔性材料,海藻生长茂密,作为一种人工渔礁和人工海藻礁材料已引人注目。通过调查,改变混凝土类型、空隙率、骨料类型和尺寸等,将混凝土预制板材投入海域,一年后观察海藻生长情况表明,普通混凝土的植被率为 60%,而 P₆C 为 100%左右,而且海藻生长良好。除海藻外,还附着有其它海洋生物。因此,P₆C 有望进一步用于人工渔礁和人工海藻礁。

3 结语

如上所述,P₆C 由于具有连续空隙,因而具有普通混凝土所不具备的特种功能。这些功能的利用对尽快解决现实的一些生态环境问题是有效的对策。P₆C 的不足之处是:与普通混凝土相比,一是强度低,二是耐久性差,这是在应用推广中着力解决的问题。