

以废大理石粉为填料的浆液渗透纤维混凝土的性能

Dawit Beza

埃塞俄比亚 亚的斯亚贝巴 亚的斯亚贝巴科技大学建筑与土木工程学院建筑技术与管理系

摘要：在发展中国家建筑业中，传统建筑材料和传统建筑技术的使用使建筑成本高昂，对环境有害，因此我们的建筑业使用替代建筑材料和建筑技术非常重要。本文研究了以废大理石粉为填料的浆液渗透纤维混凝土的性能。泥浆渗透纤维混凝土是一种特殊类型的钢纤维混凝土（SFC），具有高体积分数的纤维，它具有高延性和高机械性能，特别适用于建筑结构构件的泥浆渗透纤维混凝土层压材料。对于普通混凝土，它可将混凝土结构构件的强度提高25%，对于纤维增强混凝土，可提高40%用于建筑物混凝土结构构件弱化的补救工程。这种类型的混凝土使用由非常细的颗粒或填料组成的基质，以增强其纤维互锁性能。本文的目的是研究用大理石废料作为细填料用于浆液渗透纤维混凝土生产的可能性。根据先前的研究，在混凝土生产中使用大理石废料粉末填料将可流动混凝土的性能提高到一定程度，因此，为此目的，通过添加不同剂量的大理石废粉（0%、10%、20%、30%、40%）（按重量计）制备了四种不同类型的混凝土。为了研究泥浆渗透纤维混凝土的性能，共制备了18个样品，其中添加了不同附加范围（0%、10%、20%、30%、40%）的废大理石粉末，用于每个替换C-30，进行混凝土的拉伸和弯曲强度以及UPV试验，以检查样品的孔隙率。结果表明，成分（水泥、沙子）的量减少了10%，因为新鲜体积增加了15%。最后进行XRD观察样品的微观结构。在泥浆渗透纤维混凝土中使用废大理石粉末作为细填料将稠度和可加工性提高到30%，抗弯强度显示出提高了30%的使用率，最佳使用率比这个百分比高30%。

关键词：细填料；废大理石粉尘；抗压强度；抗弯强度和抗拉强度

The Behavior of Slurry Infiltrated Fibrous Concrete with Waste Marble Dust as a Filler

Dawit Beza

Department of Construction Technology and Management, College of Architecture and Civil Engineering, Addis Ababa Science and Technology University, Addis Ababa, Ethiopia

Abstract: In developing countries' construction industry the use of conventional construction material and conventional construction technologies makes construction expensive and hazardous to the environment so that the use of alternative construction material and construction technologies in our construction industry is very important. In this study the behavior of slurry infiltrated fibrous concrete with waste marble dust as filler are studied. Slurry infiltrated fibrous concrete is special type of steel fiber concrete (SFC) with a high volume fraction of fiber it possesses high ductility and high mechanical properties with special application of SIFCON lamination for structural member of buildings and It improves the strength of concrete structural members up to 25% for normal concrete and up to 40% for fibrous reinforced concretes and used for remedial works for weaken concrete structural members of buildings. This type of concrete uses a matrix consisting of very fine particles or filler to enhance its fibrous interlock properties. The purpose of this paper is to study the possibility of using marble waste powder as fine fillers in slurry infiltrated fibrous concrete production. from previous studies the use of marble waste powder filler for concrete production improves property of flow able concrete up to a certain limit so that for this purpose four different serious of concrete were prepared by adding different dosage of WMP (0%, 10%, 20%, 30%, 40%) by weight of cement. To study the performance of SIFCON a total of eighteen samples were prepared with the addition of waste marble powder with different additional range (0%, 10%, 20%, 30%, 40%) for each replacement C-30 were prepared the testes were on the mechanical properties of SIFCON that is compressive, tensile and flexural strength of the concrete and UPV test are conducted to check the porosity of the samples. The results indicate that the amount of ingredients (cement, sand) is reduced up to 10% because the fresh volume increased up to 15%. Finally XRD is conducted to observe the microstructure of the samples. The

use of waste marble powder in SIFCON as fine filler improves the consistency and workability up to 30% usage so that from previous literature that is because the lubricating power of very fine limestone particle and also compressive strength, tensile, flexural strength shows progress up 30% usage and the optimum usage is 30% more than this percentage I observed reduction in workability and also in compressive, tensile and flexural strength of SIFCON.

Keywords: Fine filler; Waste marble dust; Compressive strengths; Flexural strength and tensile strength

1. 引言

1.1. 研究背景

混凝土是世界上最常用的建筑材料^[1]。它基本上由两种成分组成：糊料和骨料。水泥浆中含有水泥、水，有时还含有其他水泥和化学外加剂，而骨料中含有沙子和碎石。在像埃塞俄比亚这样的发展中国家，对建筑的需求非常高，但以低收入和中等收入者可负担的价格和质量交付的建筑并不成功。我们可以给出这个问题的许多原因，但当我们说施工成本与建筑材料成本直接相关时，施工成本和技术进步是这个问题的原因之一。

混凝土被广泛使用，是一种重要的建筑材料，由于其高抗压强度和耐久性，它被用于建筑行业。目前，已经进行了各种研究，以利用废料制造混凝土，以降低成本和常规材料的不可用性。

使用传统材料作为单一来源给建筑业带来了许多问题，原因是这些材料的成本很高，很难负担，而且开采和生产过程对环境有害。另一方面，有些废物如果处理不当，会对环境造成严重破坏。最近，大多数国家的主要关注之一是如何在建筑中使用低冲击材料，这种材料能够满足承包商和消费者的需求和愿望，同时满足快速发展的新趋势和可持续发展的原则。

一方面，原材料的过度开采和有限的可用性，另一方面，工业废物数量不断增加和缺乏垃圾填埋场的问题，导致开展了与建筑材料生产中可能使用废料有关的研究^[9]。

将废物直接排放到环境中会导致环境问题。因此，废物的再利用受到了重视。废物可用于生产新产品或用作外加剂，从而更有效地利用自然资源，保护环境免受废物沉积的影响。大理石行业产生固体废物和石膏^[16]。大理石粉的利用已成为提高混凝土性能的有效利用的一个重要方向^[18]。

泥浆渗透纤维混凝土（SIFCON）是一种纤维增强混凝土，其中模板模具填充有随机定向的钢纤维，通常处于松散状态，产生的纤维网络被水泥基泥浆渗透。渗透通常通过重力流辅助轻微振动或压力灌浆完成^[8]。泥浆渗透纤维混凝土具有许多应用，例如需要高延性的高强度混凝土结构的修补工程，特别是泥浆渗透纤维混凝土层压板，用于加固现有结构和对受损建筑结构构件进行修补工程。

这是一种特殊类型的静止纤维增强混凝土，唯一的区别是静止纤维的体积，它需要大量的纤维填充材料，流动性、密实性和填充性对于这种类型的混凝土通过互锁纤维渗透非常重要，从以前的研究来看，大理石废料

粉末有能力改善这些性能。

由于材料成本和外加剂成本的原因，在我们的建筑行业使用特殊混凝土被认为是奢侈的，但这并不总是正确的，因为通过与可用的成本有效材料结合使用特殊混凝土，可以很容易地使用这些特殊混凝土以获得成本和性能优势，这种大理石废料粉末填料几乎掺合料没有任何成本，所以我考虑到它的物理和化学性质，将其用于生产泥浆渗透纤维增强混凝土。

1.2 研究目标

1.2.1. 总体目标

本研究的主要目的是研究以废大理石粉为填料的浆液渗透纤维混凝土的性能。

1.2.2. 研究的具体目标

1. 当加入废大理石作为填料时，检查泥浆渗透纤维混凝土的新鲜性能。
2. 研究掺入废大理石粉作为填料时，浆液渗透纤维混凝土的抗压、抗拉和抗弯强度。
3. 研究大规模杀伤性武器在混凝土生产中的最佳百分比。

2. 材料和方法

本章重点介绍研究所用的总体方法和材料，包括实验研究、配合比和分析方法。为了实现研究目标，首先对混凝土成分进行了物理和化学测试，然后根据测试结果，参考先前的相关研究论文和试拌，进行了混凝土配料。编制了 C-30 浆液渗透纤维混凝土的配合比设计。之后，通过以下适当的方法，为大理石废料的每种添加百分比铸造三个样品，并对不同日期的第 14 天和第 28 天测试进行不同的机械性能测试。已对制备的混凝土样品进行了新鲜和硬化状态测试。对实验结果进行了讨论，并以表格和图表的形式呈现，并对收集的数据进行了定性分析。最后，得出了结论并提出了建议。本章阐述了用于研究、配合比设计、比例和混凝土生产过程的泥浆渗透纤维混凝土制造材料。然后在开始工作之前，我调查了材料的可用性，特别是大理石废料和适当类型的外加剂。所有物理测试均在亚的斯亚贝巴科技大学建筑材料实验室进行，而大理石废料的化学性质则在埃塞俄比亚地质调查公司进行。

2.1. 配合比设计

根据美国混凝土机构 544.4 建议和先前的研究，制备了试拌配合比。通常，对于泥浆渗透纤维混凝土，纤维的百分比可以为 2% 至 20%。通常用于制作泥浆渗透纤维混凝土，水泥和砂的混合比可以是 1:1、1:1.5 或 1:2，水灰比从 0.3 到 0.45 不等。不同的试样是随着钢纤维含

量的变化而取的。评估抗压强度和抗拉强度等强度特征^[24]。

他们研究了泥浆渗透纤维混凝土的性能，通过用粉煤灰部分替换沙子进行研究，并使用以下比例的水泥和沙子，通常用于制造泥浆渗透纤维混凝土。水泥和沙子的比例为 1:1，混合物中使用的粉煤灰占水泥重量的 50%。W/c 为 0.45，超级增塑剂为所用水泥重量的 2%。纤维的体积百分比为 6%，他们在整个研究工作中使用 C-30 兆帕级混凝土^[13]。

在本研究中，研究了静物类型对泥浆渗透纤维混凝土抗弯强度的影响。为了进行这项研究，他使用了以下混合设计：水泥与细骨料的比例为 1:1.5，水灰比为 0.45。纤维的体积百分比为 2%，通过使用这种比例，他可以获得 8.6 兆帕的抗弯强度^[20]。

为了研究矿渣对泥浆渗透纤维混凝土的影响，他使用了由不同百分比的矿渣（15%、30%、45%、60% 和 75%）部分替代水泥组成的浆料混合物，以获得基质中矿渣的最佳用量，并保持 1:1 的富混合比和 0.4 的水胶比，以制备含恒定 10% 纤维含量的泥浆渗透纤维混凝土试样^[23]。在浆料混合过程中，添加了高效减水剂（超级增塑剂），以提高纤维包的可操作性和易渗透性。人工压实基质，以验证浆料完全渗透到预填充纤维床中。研究不同纤维含量（6%、8% 和 10%）的增强泥浆渗透纤维混凝土梁的弯曲性能，并加入最佳掺量的矿渣（30%），以提高延性、刚度和韧性特性。采用配合比 1:1、水灰比 0.39 的钢筋水泥混凝土试件进行对比。不同混合料的配合比分别为抗压强度 65 兆帕和抗拉强度 12.05 兆帕。

通常，通过参考不同的研究人员，泥浆渗透纤维混凝土的配合比如下：

(1) 静止纤维的百分比可以是 2 至 20 体积 %。

(2) 通常用于制作水泥和砂的泥浆渗透纤维混凝土混合比，或可为 1:1、1:1.5 或 1:2，以及

(3) 水灰比在 0.3 至 0.45 之间变化。随着钢纤维含量的变化，取不同的试样。评估抗压强度和抗拉强度等强度特征^[24]。

在本研究中，浆料渗透纤维混凝土被浇注，试验设计被用于研究设计，并通过 c-30 兆帕混凝土的实验室结果。

Cement	Sand	Super plasticizer	w/c	Still fibrous
1	1.54	2.62	0.45	10%

表 1. 配合比设计。

2.2. 铸造方法

根据之前的研究和两次试拌，设计了上述配合比设计。首先将沙子加入到混合物中，然后为每种混合物加入水泥，1 分钟干混合，2 分钟湿混合。然后检查新拌料的工作能力并浇注。浇注方法与纤维混凝土相似。最初，模具将放置在光滑的表面上，模具侧面涂油，以便于移除试样或模板。水泥、大理石废料、沙子、水和超

级塑化剂将被精确称重，并混合制成浆料。光纤根据体积百分比进行加权，泥浆渗透纤维混凝土光束将采用三层技术制成。该系统将纤维填充至模具的三分之一深度，然后将浆料倒入预填充纤维直至该层。进行少量手动压实，以确保浆料完全渗透到纤维包中。重复该过程，直到整个模具填满并压实。浇筑 24 小时后，梁将脱模并在水中养护 28 天。固化几天后，试样将在空气中干燥。并测试抗压、拉伸和弯曲强度以及超脉冲速度（UPV）。

% of marble addition	Number of sample				total
	For compressive strength		For flexural and split tensile strength.		
	7 th	14 th	7 th	28 th	
0	3	3	3	3	15
10	3	3	3	3	15
20	3	3	3	3	15
30	3	3	3	3	15
40	3	3	3	3	15

表 2. 取样程序和样本量。

2.3. 数据收集流程

本研究的数据将从实验室结果中收集。在研究中，将收集分析数据。

取样程序和样本量：

取样程序是有目的的取样，因此根据进行混凝土抗压强度、弯曲强度和劈裂抗拉强度所需的试样数量确定样本尺寸。

因此，在每 % 的添加量和龄期中，将有 3 个样品用于抗压强度、弯曲强度和劈裂抗拉强度测试，每个样品的龄期为 15cm × 15cm × 50cm。

2.4. 材料

2.4.1. 水泥

用于研究的现有市场 Dangote 普通硅酸盐水泥 (OPC) 42.5 级水泥。

2.4.2 细骨料

通过 4.75mm 筛子的当地可用河砂符合建议，细骨料比重用于研究。沙子来自兰加诺地区，但我从土鲁-迪姆图地区周围的建筑材料商店购买这些沙子。

2.4.3. 超级增塑剂

将使用符合美国标准试验材料 C-494 F 型的减水剂。

2.4.4. 钢纤维

将根据美国标准试验材料 A 820 I 型使用不锈钢纤维。

2.4.5. 实验用大理石粉尘

大理石的比重为 2.7。将使用当地可用的白色大理石废料。这是来自位于 Gotera 街附近的国家矿业公司加工厂。

Diameter	0.6 mm
Length	30mm
Aspect ratio	50
Tensile strength of the wire	>1450Mpa

表 3. 钢材类型。

color	white
form	powder
odor	odorless
Specific gravity	2.6 gm/cm

表 4. 大理石粉末的化学性质。

2.5. 材料准备

2.5.1. 细骨料

在实验室试验开始前，所有砂样均进行风干，以降

低含水量。通过使用 75 μ m 筛子，用饮用水冲洗研究所选砂样的一半，使其不含粘土 / 淤泥，并在干净的平台上进行阳光干燥。

2.5.2. 大理石废粉

欧洲标准 EN13139 (2002) 填料是通过 0.063mm 筛孔的精细材料。

2.6. 实验研究

2.6.1. 细骨料物理性能试验

no	Physical property of fine aggregate	result
1	Silt content	3.11
2	Finesse modulus	2.96
3	Unit weight	Compacted unit weight Loose unit weight
		1488 1405
4	Specific gravity	Bulk specific gravity Bulk specific gravity (SSD)
		2.39 2.42
5	Absorption capacity	Apparent specific gravity
		1.08%
6	Moisture content	1.08%

表 5. 细骨料结果汇总。

2.6.2. 大理石粉尘

本研究中使用的大理石废粉来自国家矿业公司，该公司位于阿戈纳电影院附近的 kirkos 子市。它是以浆状形式存在的，然后在阳光下干燥并过筛，直到得到合适的尺寸。

Collectors code	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MNO	P ₂ O ₅	TiO ₂	H ₂ O	LOI
D1	4.46	<0.01	<0.01	28.44	21.78	<0.01	<0.01	0.02	0.09	<0.01	0.08	44.3

表 6. 废大理石的化学性质。

2.6.3. 水泥试验

Item no.	Description	Test Result
1	Finesse of Cement	94% passing
2	Specific Gravity	3.15
	W/C ratio (%)	32%
3	Cement Consistency Test	Water (gm)
		160
	Penetration (mm)	9.3
4	Setting Time	48 min.
	Initial	8hr. 38min
	Final	

表 7. 水泥 (OPC) 的汇总试验结果。

2.7. 控制混凝土和含大理石粉尘的混凝土的特性

2.7.1. 工作性

采用 V 形漏斗和 L 形箱试验来评估 (泥浆渗透纤维混凝土) 混凝土的新特性。在这项研究中，通过坍落度流动试验方法测试了泥浆渗透纤维混凝土的和易性，在大理石废粉 0%、10%、20%、30%、35%、40% 的每一个百分比的替代率下，以达到所需的流动性 (和易性)，从而进行了用于测量流动性的坍落度流动测试、V 形漏斗测试、L 形箱测试、J 形环测试。

2.7.2. 硬化性能试验

- (1) 抗压强度试验 (美国标准试验材料 C-109)。
- (2) 抗弯强度试验 (美国标准试验材料 C-78)。
- (3) 劈裂抗拉强度试验 (美国标准试验材料 C - 496)。

3. 结果和讨论

本章研究了研究中产生的浆液渗透纤维混凝土混合物的性能的实验室试验结果。本章详细评估了泥浆渗透纤维的新鲜和硬化性能。

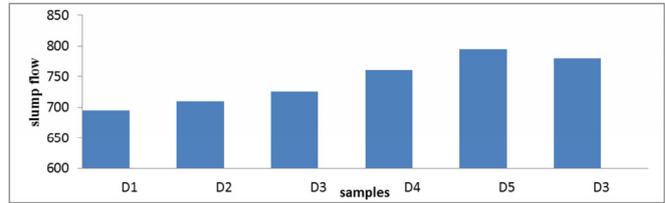


图 1. 坍落度流动结果。

3.1. 控制混凝土和混凝土的特性

大理石粉尘

工作能力测试

(1) 坍落度圆锥试验方法

坍落度流量试验可以指示泥浆渗透纤维混凝土的填充能力，经验丰富的操作员也可以检测混合物对离析的极端敏感性。然而，这一信息不能仅从数值结果中获得，在使用泥浆渗透纤维混凝土的试验和施工中积累大量经验至关重要。

根据欧洲国家贸易协会联合会研究中心标准，对于坍落度流动直径为 650mm 至 800mm 的流动性混凝土，被认为是一种良好的流动性。

(2) T500mm 坍落度流量

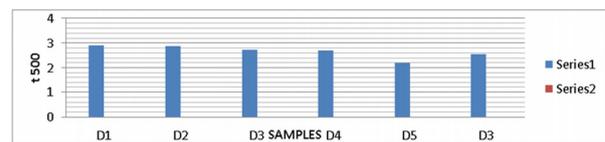


图 2. T500 的结果。

根据结果，由于混合物是非常流动的，达到 T50 或 50cm 直径所需的时间在这些范围之内，但在添加 30% 之后，流动性在降低，在这种情况下，达到 50cm 所需时间在增加，这也表明，如果添加量超过这个百分比，则不应超过 30%，工作性将降低，对水的需求增加混凝土的力学性能将受到影响。

(3) L 盒试验：

L 型箱试验方法使用一种试验装置，该试验装置包括一个垂直段和一个水平槽，当活板门从垂直段释放时，混凝土可通过放置在装置两个区域交叉处的钢筋流入该槽。

设备 H1 和 H2 的混凝土端部测量两端的混凝土高度。L 型箱试验可指示填充能力和通过能力^[27]。

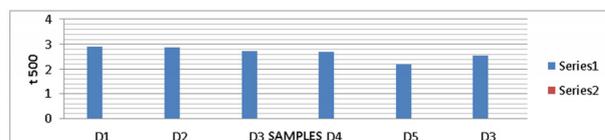


图 3. L 盒试验的结果。

(4) 使用 J 形环测试新拌混凝土的通过性。

当将结果与欧洲国家贸易协会联合会研究中心推荐的结果进行比较时，所有结果都在限值之间，这是因为基质中没有粗骨料，这是由于泥浆渗透纤维混凝土的流动性。由于含石灰大理石粉的下列特性，混凝土的通过

性提高到一定的添加量。

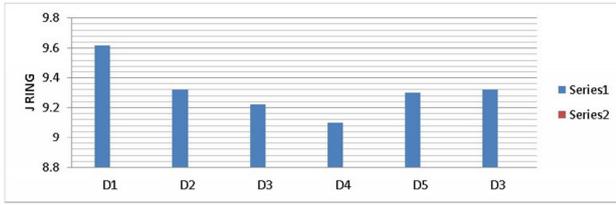


图 4. J 形环的测试结果。

当我看到结果时，这是令人满意的，结果随着大理石粉末的增加而直接增加，但在一些增加之后，值开始减少，可以通过值的增加来观察到。

method	unit	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Typical range	
								min	max
Slump Flow by Abram Cone	mm	695	710	725	760	795	780	650	800
T50cm Slump Flow	sec	2.9	2.89	2.73	2.7	2.2	2.56	2	5
J-Ring	mm	9.62	9.32	9.22	9.1	9.3	9.32	0	10
L-box	(h/h2)	0.962	0.91	0.89	0.87	0.88	0.92	0.8	1

表 8. 和易性试验结果汇总。

流动性、填充性、压实性和通过性是泥浆渗透纤维混凝土的重要特性。由于与普通钢纤维混凝土相比，泥浆渗透纤维混凝土使用的静止纤维量非常高，因此浆料必须具有良好的流动性。

3.2. 泥浆渗透纤维混凝土硬化性能

3.2.1. 抗压强度

对于抗压强度立方体，浇筑尺寸为（15cm*15cm*15cm）的立方体试块，每百分比更换六个样品，三次，共七天。

waste marble dust on compressive strength of concrete mix					
marble dust	w/c ratio	7 th day		28 th day	
		Failure Load (kN)	Comp. strength (MPa)	Failure Load (kN)	Comp. strength (MPa)
0.45		638.16	28.36	859.61	38.205
0.45		639.67	28.43	878.62	39.05
0.45		647.55	28.78	919.575	40.87
0.45		662.62	29.45	953.1	42.36
0.45		691.2	30.72	1000.1	44.45
0.45		668.9	29.73	956.25	42.5

表 9.c-30 泥浆渗透纤维混凝土混凝土的抗压强度。

Wmd% added	28 day flexural strength	
	Failure load (kn)	Flexural strength (mpa)
0	10.42	4.61
10	11.29	4.91
20	12.84	5.53
25	13.34	6.04
30	15.54	6.94
35	13.48	6.02

表 10. 废大理石粉尘对混凝土抗弯强度的影响。

3.2.2 废弃大理石粉尘对混凝土抗弯强度的影响

由于这种类型的混凝土含有高体积的静止纤维，弯曲强度和拉伸强度预期会有良好的结果，而且细大理石粉末的加入会增加静止纤维之间的纤维互锁，这会导致弯曲强度和劈裂抗拉强度的增加，当我们看到添加大理石粉末的结果时，弯曲强度会增加。

3.2.3. 混凝土劈裂抗拉强度的试验结果和讨论

在圆柱体上以混凝土中大理石粉含量的不同百分比测试混凝土的劈裂抗拉强度。混凝土强度已在圆柱体上进行了7天养护和28天的测试。进行了为期7天的试验，以检查混凝土初始强度的增加。28天试验给出了28天

养护时混凝土最终强度的数据。压缩试验机用于测试混凝土和两块木板的劈裂抗拉强度试验。在测试时，将圆柱体从水中取出并干燥，然后进行测试。

Addition of marble waste	Split tensile strength	
	7 th day	28 th day
0%	4.05	4.56
10%	4.61	5.01
20%	4.75	5.32
30%	4.560	5.96
35%	4.4	5.67

表 11. 劈裂抗拉强度结果。

3.2.4 超脉冲速度 (UPV)

在这种测试结构中，超声波心跳是由换能器产生的，该换能器在测试中与坚固部件的一个表面保持接触。在检查了强音中的已知路径长度 (L) 之后，通过与强音部分的各个表面保持接触的第二换能器和与待评估的强音的改善时间 (T) 相关联的电子分选电路，将振动的节拍转换成电信号。拍速 (V) 由 $V=L/T$ (km/s) 给出。粘结是指所用工艺碎片的一致性、内部瑕疵、零件和隔板等的重新打磨或未打磨的平均值，可根据下表中给出的原则进行评估，该原则用于描述结构中的混凝土，即超声波心跳速度的程度^[22]。



图 5. UPV 测试。

samples	UPV	
	7 day	28 day
0	2.39	3.69
10	3.51	3.57
20	4.58	4.6
30	4.69	4.69
40	4.89	4.91
35	4.89	4.91

表 12. UPV 结果。

从上面的结果可以观察到，超脉冲速度在增加，这是通过减少穿过混凝土所需的时间来表明的，因此添加细大理石粉末增加了混凝土的压实能力，从而由于添加大理石粉末，空隙将被压实，这由上面的结果显示。

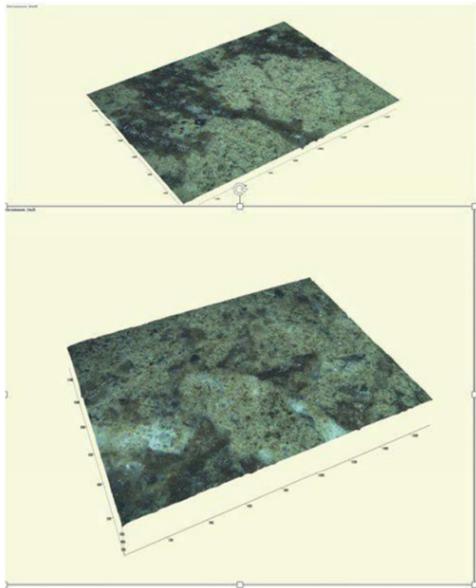


图 6. 泥浆渗透纤维混凝土的微观结构。

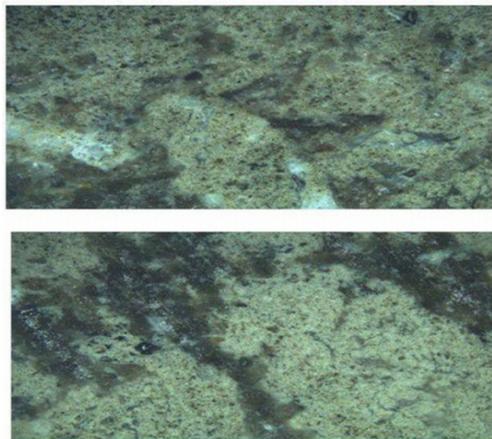


图 7. 泥浆渗透纤维混凝土的微观结构。

3.2.5.XRD 和 SEM 分析

混凝土微观结构研究是发现混凝土形态特征的独特技术。X 射线衍射分析 (XRD)、扫描电子显微镜 (SEM) 和能量分散光谱 (EDS) 是用于可视化水化过程中混凝土微观结构行为的通用技术。通过这些现代技术, 混凝土的具体特征可以可视化。从微观结构研究获得的矿物数据将有助于解释混凝土的独特行为以及混凝土硬化水泥浆中微量化合物的存在。混凝土中的水化过程将导致 C-S-H 凝胶、氢氧化钙晶体和其他矿物化合物的形成, 从而影响混凝土的单独性能。

本研究采用粉末 X 射线衍射法。虽然 X 射线衍射法不能提供任何可靠的定量信息, 但该技术是敏感的。在线搜索 X 射线粉末衍射图的标准数据库 (JCPDS 数据库), 可以对样品中的多种晶相进行相识别。由于该设备没有元素标识符, 我无法识别 C-S-H 凝胶、氢氧化钙晶体的任何化学反应形成。

4. 结论和建议

基于上述结果, 就大理石废粉填料对泥浆渗透纤维混凝土性能的影响提出了以下结论和建议。

4.1. 结论

本研究研究了以大理石废粉为填料的浆液渗透纤维混凝土的性能。如泥浆渗透纤维混凝土的新鲜特性 (填充性、压实性、流动性) 和硬化特性 (抗压、抗弯、抗拉强度), 基于上述结果得出了不同的结论, 并证实了废大理石粉作为浆液渗透纤维混凝土填料的用途。

泥浆渗透纤维混凝土的新特性得到了改善, 例如。

1. 通过添加废弃大理石粉尘填料, 改善了泥浆渗透纤维混凝土的填充性, 因此, 生产可工作 (可填充) 混凝土的需水量减少, 并对硬化混凝土的机械性能产生直接影响。

2. 细石灰石粉的流动性有助于泥浆渗透纤维混凝土减少对水和超级增塑剂的需求。

3. 添加超过 30% 的大理石废粉粉末会降低抗压强度, 因为混凝土中存在更细的颗粒会增加需水量。

4. 细填料的存在改善了泥浆渗透纤维混凝土的纤维锁定性能。

5. 通常, 建议将大理石粉末填料用于浆液渗透纤维混凝土生产, 用量最多为 30%。

4.2. 建议

根据上述结果和结论, 提出以下建议。

1. 对大理石加工公司的建议。

a. 将大理石粉末排放到环境中或河流中对环境非常危险, 如果处理和制备了这种材料, 那么这种材料可以作为混凝土生产的投入, 并且可以产生额外的资金, 因此他们必须处理和制用于特殊混凝土生产。

b. 他们必须支持有科学证据的研究, 以维持其产品的使用。

2. 适用于建筑业主。

使用这种大理石废料作为填充材料, 通过增加强度和增加新体积而不破坏任何硬化特性, 可将混凝土成本降低 10%, 因此在项目中使用这种非常便宜的填充材料。

3. 承包商。

a. 泥浆渗透纤维混凝土中使用大理石废粉作为填料显示出许多改进, 例如抗压强度提高了 30%, 弯曲劈裂抗拉强度也提高了, 因此检查了该填料在混凝土中的使用情况, 以便承包商可以在其可流动混凝土生产中使用高达 30% 的该填料, 他们可以将该材料视为非常便宜的混合物。

b. 他们不得不考虑将泥浆渗透纤维混凝土作为加固结构工程和修复旧建筑的替代材料。

c. 传统材料和技术的使用使我们的建筑业变得昂贵, 对环境也很危险, 因此使用工业废料是非常危险的。

4. 进一步工作。

在这项研究中, 我只使用了一种类型的大理石, 即

白色大理石，但有不同类型的大理石具有不同的化学成分，因此必须使用不同类型的大理石粉进行不同的测试。

致谢

首先，我要感谢我的硕士学位授予方亚的斯亚贝巴科技大学。我还要感谢我的顾问 Bahiru bewket 博士从建议到完成这项工作的帮助。我还要感谢所有亚的斯亚贝巴科技大学建筑材料测试实验室的工作人员。最后，特别感谢我的所有朋友和同事，他们在实验室工作中帮助了我，并为我提供了与工作相关的不同想法。

参考文献

[1] AcAhed Habib and Maan Habibcess, O. (2020). We are IntechOpen, the world's leading publisher of Open Access books Built by scientists, for scientists TOP 1% Sustainable Recycling of Marble Dust as Cement Replacement in Concrete: Advances and Recent.

[2] Ahmad, J., Manan, A., Ali, A., M, T. I., Zaid, O., & Ullah, R. (2020). Effects of Partially and Totally Substitution of Marble Waste as a Fine Aggregate on Workability and Mechanical Performance of Concrete. 10. <https://doi.org/10.37421/jcce.2020.10.367>.

[3] Ali, A. S., & Riyadh, Z. (2018). Experimental and Numerical Study on the Effects of Size and type of Steel Fibers on the (SIFCON) Concrete Specimens. 13 (2), 1344 - 1353.

[4] Allam, M. E., Bakhoum, E. S., Ezz, H., & Garas, G. L. (2016). influence of using granite waste on the mechanical properties of green concrete. 11 (5), 2805 - 2811.

[5] Alyousef, R., Benjeddou, O., Soussi, C., Khadimallah, M. A., & Mohamed, A. M. (2019). Effects of Incorporation of Marble Powder Obtained by Recycling Waste Sludge and Limestone Powder on Rheology, Compressive Strength, and Durability of Self-Compacting Concrete. 2019.

[6] Ashish, D. K., Verma, S. K., Kumar, R., & Sharma, N. (2016). Properties of concrete incorporating sand and cement with waste marble powder. *Advances in Concrete Construction*, 4 (2), 145 - 160. <https://doi.org/10.12989/acc.2016.4.2.145>

[7] Cagin, G., Bilir, T., & Artir, R. (2016). Durability Properties of Concrete Produced by Marble Waste as Aggregate or Mineral Additives. *Procedia Engineering*, 161, 543 - 548. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.689>.

[8] Daniel, J. I., Ahmad, S. H., Arockiasamy, M., Ball, H. P., Batson, G. B., Criswell, M. E., Dorfmueller, D. P., Fernandez, A. V, Gale, D. M., Antonio, J., Hackman, L. E., Hoff, G. C., Johnston, C. D., Leppert, M. A., Macdonald, C. N., Mangat, P. S., Marsh, H. N., Mitchell, N. C., Molloy, H. J., ... Zollo, R. F. (2002). Report on Fiber Reinforced Concrete Reported by ACI Committee 544 (Vol. 96, Issue Reapproved).

[9] Dobiszewska, M., Pich ó r, W., & Szoldra, P. (2019). Effect of basalt powder addition on properties of mortar. 06002, 1 - 7.

[10] Espacios, H. R. Autores, L. O. S., Erica, Z., & Renan, C. (2017). An á lise e perspectivas de alternativas para destinação de res í duos de rochas ornamentais atrav é s de um estudo bibliom é trico.

[11] Faiz, A. (2018). utilization of waste quarry dust and. 1 - 14.

[12] Hameed, D. H. (2019). Slurry Infiltrated Fiber Concrete as Sustainable Solution for Defective Buildings. 37 (1), 24 - 28.

[13] Kumar, A., & Thakur, A. (2018). strength behaviour of concrete. 9 (7), 1058 - 1065.

[14] Mittal, S., Sharma, R. K., & Yadav, P. (2016). Practicality of Consumption of Waste Marble Dust As a Substitution of Real Sand As a Changer in Concrete. 500 - 502.

[15] Naedir, N., Tikur, E., & Ababa, A. (2017). Marble in Ethiopia Marble has been mined in many.

[16] Pal, S., Pramanik, T., Singh, A., & Kumar, S. (2016). Effects of Partial Replacement of Cement with Marble Dust Powder on Properties of Concrete. 3 (03), 41 - 45.

[17] Pardeshi, S. (2017). repair, restoration and strengthening of buildings. 4 (3), 121 - 124.

[18] Profile, S. E. E. (2015). effect of the lime content in marble powder for producing high effect of the lime content in marble powder for producing high strength concrete. April 2013.

[19] Raghunath, P. N., Suguna, K., Karthick, J., & Sarathkumar, B. (2019). Mechanical and durability characteristics of marblepowder-based high-strength concrete. 26, 3159 - 3164. <https://doi.org/10.24200/sci.2018.4953.1005>.

[20] Rahim, M. A., Ghazaly, Z., Nurazira, R., Mamat, R., Azizan, M. A., Isa, N. F., & Shahidan, S. (2016). Experimental Study of Slurry Infiltrated Fiber Reinforced Concrete Experimental Study of Slurry Infiltrated Fiber Reinforced Concrete. January. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.857.363>

[21] Raj, E., Ishwar, P., Sharma, C., & Pbl, P. (2015). Utilization of "Marble Slurry" In Cement Concrete Replacing Fine Agregate. 1, 55 - 58.

[22] Sampath, P., & Asha, P. (2019). Strength and Durability Properties of SIFCON with Silica Fume and Waste Binding Wire. 3, 917 - 923.

[23] Search, H., Journals, C., Contact, A., Iopscience, M., Conf, I. O. P., Environ, E., & Address, I. P. (2017). Effects of

slag on flexural strength of slurry infiltrated fibrous concrete. 012036.

[24] Singam, P. S. R., & Susmitha, N. (2018). An Experimental study on Behaviour of Slurry Infiltrated Fibrous Concrete (SIFCON) Produced by Partial Replacement of Cement with Metakaolin and Fine Aggregate with Robosand. 4290 - 4302.

[25] S. Soundarya, S. Suresh Babu, V. S. Satheesh, & P. G. Student. (2018). Flexural behavior of SIFCON beams under three point loading. 3 (3), 73 - 77.

[26] Tc odimegwa. (2018). the use of industrial wastes as filler in concrete /mortar.

[27] Upadhyay, H., Shah, P., & George, E. (2011). Testing and Mix Design Method of Self- Compacting Concrete Hardik. May, 3 - 6.

[28] Uysal, M. (2018). The Use of Waste Maroon Marble Powder and Iron Oxide Pigment in the Production of Coloured SelfCompacting Concrete. 2018.

[29] Vijayakumar, M., & Kumar, P. D. (2017). study on strength properties of sifcon. 235 - 238.

[30] Zhang, J., Cai, D., Wang, T., Hu, Q., & Li, K. (2018). Experimental analysis on the effects of artificial marble waste powder on concrete performance. 347 - 362. <https://doi.org/10.3166/ACSM.42.347-362>.