

含塑料添加剂的K-400混凝土砌块（铺路砖）设计

毕业论文

作者：

DARWIN ELVIS

13.811.0005



土木工程专业

工程学院

University of Medan Area

棉兰

2019年

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/5/26

Access From (repositori.uma.ac.id)15/5/26

含塑料添加剂的K-400混凝土砌块（铺路砖）设计

毕业论文

作为获得 University of Medan Area 工程学院土木工程学士学位条件之一而提交

作者：DARWIN ELVIS

13.811.0005



土木工程专业

工程学院

University of Medan Area

棉兰

2019年

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/5/26

Access From (repositori.uma.ac.id)15/5/26

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN BATA BETON (PAVING BLOCK) K-400
DENGAN ADITIF BAHAN PLASTIK

SKRIPSI

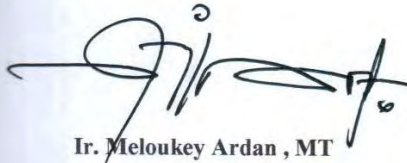
Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh Gelar Sarjana
di Fakultas Teknik Universitas Medan Area

Disusun Oleh :

DARWIN ELVIS
13.811.0005


Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing 1



Ir. Meloukey Ardan , MT

Dosen Pembimbing 2



Ir. Nurmaidah, MT

Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Faisal Amir Tanjung, S.ST, MT.

Dekan Prodi Teknik Sipil



Kamaluddin Lubis, MT

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun , sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya saya sendiri . adapun bagian bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan , 31 Juli 2019



DARWIN ELVIS

NPM : 13 811 0005

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR / SKRIPSI / TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : DARWIN ELVIS
NPM : 13 811 0005
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area hak bebas royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul : PERENCANAAN BATA BETON (PAVING BLOCK) K-400 DENGAN ADITIF BAHAN PLASTIK.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti Noneksklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia / Format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir / Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Medan

Pada tanggal 17 Oktober 2019

Yang menyatakan



(DARWIN ELVIS)

摘要

当今建筑领域的发展，其特征之一是建筑材料质量的提高以及新型建筑材料的出现。特别是在公路路面材料方面，目前已广泛采用刚性路面（*rigid pavement*），其中之一便是铺路砖。本研究旨在确定适用于K-400级铺路砖配方的合适混合料组成，并将其抗压强度与添加了塑性材料的混凝土以及制成铺路砖形状（尺寸为10厘米×20厘米×6厘米）的混凝土进行比较。

研究首先通过配合比设计计算，确定了试件混凝土的配比方案，随后进行养护及抗压强度测试。研究结果得出以下配比方案：水泥（1）：砂（1:51）：碎石（2.18）：水（0.45）；经测试，平均抗压强度为 393.9 kg/cm^2 。添加20%的塑性材料导致平均抗压强度下降39.6%，降至 237.6 kg/cm^2 。而采用常规配合比制成的铺路砖，其平均抗压强度为 526.1 kg/cm^2 ，上升了33%。

关键词：铺路砖，抗压强度，塑料

ABSTRACT

Developments in the construction sector today is marked by the increasing quality of building materials and the emergence of new building materials. Especially for road pavement materials, are now widely used rigid pavement (rigid pavement) one of which is paving block. This study aimed to obtain compositions suitable for manufacture of paving blocks with a mix of quality K-400 and compare the compressive strength of concrete by the addition of plastic material and shaped concrete paving blocks (size 10 cm x 20 cm x 6 cm).

The research began with the calculation of the mix design so that the composition of the concrete specimens was obtain. Which would then be through the curing process and compressive strength testing. From the research results, obtained mix design: cement (1): sand (1:51): gravel (2.18): water (0.45), and after testing, obtained an average compressive strength of K-393.9 kg / cm². The addition of plastic material as much as 20% produces a decrease in the average compressive strength of 39.6% to 237, 6 kg / cm². While normal concrete mix design that shaped paving block produces an average compressive strength of 526.1 kg / cm², up 33%.

Keywords: Paving Blocks, Compressive Strength, Plastic

前言

笔者谨向全能的上帝致以赞美与感谢，承蒙祂的恩典与指引，使笔者得以顺利完成题为《含塑料添加剂的K-400混凝土铺路砖设计》的毕业论文。撰写本论文旨在满足完成教育学学士学位的其中一项要求，且本报告尚有诸多不足之处，因此期待各方提出建设性的批评与建议，以完善本报告。在撰写及完成本论文的过程中，承蒙各方给予诸多指导与帮助。值此之际，笔者谨向以下人士致以最诚挚的谢意：

1. Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc先生，担任University of Medan Area 校长。
2. Dr. Faisal Amri Tanjung, SST, MT先生，担任University of Medan Area工程学院院长。
3. Ir. Kamaluddin Lubis, MT先生，担任工程学院土木工程系主任。
4. Ir. Melloukey Ardan, MT先生，担任第一导师。
5. Ir. Nurmaidah女士，MT，担任第二导师。
6. 本人谨向父母致以最诚挚的谢意，感谢他们给予的关爱、精神与物质上的支持，以及对本人无休止的祈祷
7. 感谢所有在完成本实习报告过程中给予大力协助的人士。

愿本论文能为笔者乃至各位读者带来益处。

敬礼

棉兰，2019年7月31日

Darwin Elvis

13 811 0005

目录

摘要.....	
摘要.....	
前言.....	
目录.....	
图示目录.....	
表目录.....	
第一章引言.....	
1.1背景	
1.2研究目的与目标.....	
1.3问题陈述.....	
1.4研究范围.....	
1.5数据收集方法	
1.6研究地点.....	
第二章 文献综述.....	
2.1 铺路砖	
2.1.1 铺路砖的种类	
2.1.2 铺路砖的优势	
2.1.3 铺路砖的质量要求.....	
2.2 波特兰水泥	
2.3 聚合	
2.3.1 粗骨料	
2.3.2 细骨料	
2.4 水.....	
2.5 塑料材料.....	
第三章研究方法.....	
3.1 引言	
3.2 数据需求.....	
3.3 研究流程图	
3.4 设备和材料	
3.4.1 设备.....	
3.4.2 材料.....	
3.5 试样制备.....	
3.6 试件测试.....	
3.6.1 养护.....	
3.6.2 含水率测试.....	

3.6.3 混凝土抗压强度测试.....	
第四章分析与讨论.....	
4.1 K-400混凝土配合比设计	
4.2 坍落度值.....	
4.3 含水率计算	
4.4 立方体试件抗压强度试验.....	
第五章结论与建议.....	
5.1 结论	
5.2 建议	
参考文献.....	
附录	

图示目录

图2.1 机械化生产铺路砖	
图2.2 铺路砖的形状	
图 2.3 豪西姆水泥	
图 2.4 抗压强度与混凝土FAS值的关系.....	
图2.5 塑料产品符号	
图 2.6 塑料颗粒原料.....	
图 4.1 抗压强度与相角的关系图	
图4.2 含水率与骨料总含量关系图	
图4.3 混凝土含水率、密度与体积重量的关系图	

表目录

表 2.1 铺路砖的物理性能	
表 4.1 PBI 1971 标准中的最低水泥用量与最高 FAS 值	
表 4.2 坍落度值的确定	
表 4.3 试件为圆柱体时，FAS 为 0.5 的混凝土抗压强度估算	
表 4.4 每立方米混凝土 ^的 用水量估算	
表 4.5 K-400 混凝土的含水率	
表 4.6 K-400 + 20% 塑性剂混凝土的含水率	
表 4.7 10x20x6 cm 尺寸 K-400 混凝土的含水率	
表 4.8 混凝土抗压强度与混凝土龄期的换算	
表 4.9 K-400 普通混凝土抗压强度测试结果	
表 4.10 普通混凝土 K-400 + 20% 塑料的抗压强度测试结果	
表 4.11 尺寸为 10x20x6 cm 的 K-400 普通混凝土抗压强度测试结果	

第一章 引言

1.1 背景

当今建筑领域的发展，其特征之一是建筑材料质量的提高以及新型建筑材料的出现。各种新型建筑材料的出现，是受人类对建筑材料质量更高、比现有材料更优的需求所推动的，例如对建筑材料具有更高强度、更环保、重量更轻等需求。

铺路砖（混凝土砖）是一种由波特兰水泥或同类水硬性粘合剂、水及骨料混合制成的建筑材料，可含或不含其他添加剂（SNI 03 - 0691 - 1996）

铺路砖结构自1950年左右起已在欧洲开始使用，而在印度尼西亚则直到1977年才被引入，当时用于雅加达塔姆林路（Jalan Thamrin）和普洛加东（Pulo Gadung）巴士总站的人行道建设。此后，铺路砖开始应用于停车场、人行道、建筑广场、房地产住宅区的通道以及特定区域的道路铺装。近年来，铺路砖已开始应用于重型交通通行的试验路段。（*Lilley, 1979*）。

铺路砖在强度、制造便捷性及施工方面均具有诸多优势。其形状和尺寸均根据功能与用途进行设计。使用铺路砖的优势包括：耐用性强、易于安装和拆除、施工简便且原料供应充足。铺路砖可通过机械化、半机械化或手工压制的方式生产。通常，采用机械设备生产的铺路砖质量优于其他工艺，因为原料会根据预定用途和质量标准按特定比例混合，随后通过压制机进行成型和压实。

铺路砖的应用不仅限于住宅区，如今在仓储区甚至港口区域也得到了广泛应用。在经常有大型载重车辆通行的仓储区和港口区域，自然需要具有更高性能的混凝土砖。针对高抗压强度铺路砖的需求，一些生产商已直接生产并压制出K-400级铺路砖。

市面上常见的铺路砖通常由水泥、细骨料（沙子）和水制成，但要生产出K-400级铺路砖，则需要添加粗骨料（碎石）作为填料，从而提高铺路砖的抗压强度。

生产K-400级铺路砖绝非想象中那般简单。在制造过程中，有许多因素需要关注，从所用原料到成型工艺皆是如此。所有工序均须符合SNI标准中关于高品质混凝土制备的要求。笔者尝试的另一种方案是在K-400级混凝土铺路砖的混合料中添加再生塑料颗粒。由于塑料的比重小于混凝土骨料的比重，因此制成的混凝土铺路砖重量将比普通混凝土铺路砖更轻。鉴于塑料材料的特性与细骨料截然不同，添加塑料材料也可能导致混凝土砖的抗压强度降低。因此，有必要开展研究，以考察添加塑料材料对K-400型铺路砖生产的影响，特别是对其抗压强度、重量及吸水率的影响。

1.2 研究目的与目标

本研究旨在分析在常规铺路砖配比中添加塑料材料后的抗压强度。

本研究还旨在：

1. 确定适用于K-400级混凝土铺路砖（*Paving block*）配方的最佳组分。

2. 比较15cm x 15cm x 15cm立方体试件的抗压强度与10cm x 20cm x 6cm混凝土铺路砖的抗压强度。

1.3 问题

基于上述阐述，萌生了针对混凝土砖（铺路砖）生产中添加塑料材料进行研究的构想。本研究将探讨在K-400级混凝土砖中添加塑料材料是否会产生影响，以及在既定配比变化下，其对抗压强度和吸水率的影响。此外，若试件按原型（铺路砖尺寸）制作，其抗压强度是否会受到影响

1.4 研究范围

鉴于作者的能力限制，本研究将聚焦于以下问题：

1. 寻找制作K-400混凝土的合适配比
2. 观察并分析当混凝土中添加20%的塑料材料时，是否会对抗压强度产生影响
3. 比较尺寸为15cm x 15cm x 15cm（立方体）的K-400混凝土与尺寸为10cm x 20cm x 6cm（铺路砖）的K-400混凝土的抗压强度。
- 4.

1.5 数据采集方法

进行数据采集与收集，以获取实现研究目标所需的信息。研究数据可自行获取、收集并处理，来源于研究对象，通常称为一手数据。也可通过中介媒介或间接途径获得，如书籍、档案、现有证据等，通常称为二手数据。

1.6 研究地点

本研究将在位于棉兰Sakti Lubis路7号的北苏门答腊省公路局进行。

第二章 文献综述

随着技术的发展，特别是土木工程与建筑领域的进步，新型建筑材料的发现层出不穷。在过去十年间，我们已普遍见到轻钢建筑桁架结构、采用预制系统的房屋或建筑、Spandeck材质的屋顶或外墙覆盖层，以及轻质砖作为墙体填充材料。特别是在公路路面材料方面，如今已广泛采用刚性路面（*rigid pavement*），例如使用钢筋混凝土的刚性路面，或采用锁扣式混凝土砌块（如铺路砖、草坪砖等）。

混凝土是一种由多种材料组成的复合材料，其主要成分为水泥、细骨料、粗骨料、水，并可选择性地添加其他材料，按特定比例混合而成。由于混凝土属于复合材料，其质量在很大程度上取决于各组成材料的质量（Kardiyono Tjokodimulyo，2007）。

为了使混凝土的抗压强度符合设计要求，需要通过**配比设计**来确定各组分的用量。此外，混凝土混合物应尽可能保持完全均匀，并具有一定的流动性，以防止发生离析。除了组分比例外，混凝土的强度还取决于其混合物的密实程度。混凝土混合物中产生的孔隙越小，所制成的混凝土抗压强度就越高。混凝土制作最重要的要求是：

-新鲜混凝土必须能够进行施工或浇筑。

-施工后的混凝土必须具有足够的强度以承受预定的荷载。

-混凝土必须能够以经济的方式制造。

在道路建设中应用 *铺路砖* 的情况在各地已十分普遍，因为刚性路面在承载能力方面相对更强，设计使用寿命也相对更长。与钢筋混凝土刚性路面相比，*铺路砖* 的使用也被认为更为经济。铺路砖安装简便，能在一定范围内承受荷载，且具有其他路面材料所不具备的优势——即美观性。这种美观感源于铺路砖的形状和颜色，因此可在路面形成引人注目的图案。

2.1 铺路砖

混凝土砌块（*铺路砖*）是一种由波特兰水泥或同类水硬性粘合剂、水和骨料混合制成的建筑材料，可添加或不添加其他不降低混凝土砌块质量的添加剂。混凝土砖可保持原色，也可在混合料中添加着色剂，适用于建筑物内部及外部的庭院铺设（SNI 03-0691-1996）。

最初，*铺路砖* 仅用于住宅区的道路铺设。但随着技术的发展和进步，*铺路砖* 现已广泛应用于仓储区和港口区域。不过，用于仓储区的 *铺路砖* 必须为一级品质。*铺路砖* 在强度、制造便捷性及施工方面均具有诸多优势。铺路砖的形状和尺寸根据其功能和用途进行设计。使用铺路砖的优点包括：经久耐用、易于安装和拆除、结构简单以及原材料供应充足。*铺路砖* 既可以通过机械化方式生产，也可以通过手工压制生产。通常，采用机械设备生产的铺路砖质量高于其他生产方式，因为原料会根据预定用途和质量标准按特定比例混合，随后通过压制机进行成型和压实，如下图所示。



图2.1. 机械化生产铺路砖

来源：CV Subur Traso

2.1.1 铺路砖的种类

根据SK SNI T - 04 - 1990 - F标准，铺路砖的分类依据其形状、厚度、强度和颜色。根据形状，铺路砖大致分为两类，即四边形铺路砖和多边形铺路砖，后者包括六边形、蠕虫形、草坪砖（用于草坪）、路缘石、主教帽形、仿古形和三角形，如下图所示。



图 2.2. 铺路砖的形状

来源：https://sanpaving.wordpress.com

若从厚度来看，铺路砖的厚度差异很大，但市场上通常使用的是厚度为60毫米、80毫米和100毫米的铺路砖。根据强度，铺路砖分为：混凝土强度等级I的铺路砖（ f'_{c} 值为34 - 40 MPa）、混凝土强度等级II的铺路砖（ f'_{c} 值为25.5 - 30 MPa）以及混凝土强度等级III的铺路砖（ f'_{c} 值为17 - 20 MPa）。II级和III级铺路砖通常用于住宅区的道路铺设，而I级铺路砖通常用于仓储和工业区的道路铺设。

在颜色方面，市场上有多种颜色可供选择，包括灰色、黑色、黄色和红色。铺路砖特意进行着色，以增添美观并突出其图案设计。此外，它还可作为停车场和排水沟等路面的分隔带使用。

2.1.2 铺路砖的优势

铺路砖凭借其诸多优势，可替代沥青和混凝土板。铺路砖的主要优势包括：

1. 可大规模生产
2. 铺路砖表面的孔隙结构能有效减少地表径流，并增加雨水向地下的渗透量。
3. 价格更低 相比其他类型的铺装材料。
4. 铺路砖易于铺设，且无需像混凝土那样等待硬化过程即可直接使用。
5. 铺路砖具有独特的审美价值，尤其是当其设计采用精美的图案和色彩搭配时。
6. 其耐用性相当不错。

7. 安装简便，维护成本低廉。

2.1.3 铺路砖的质量要求

根据SNI - 03 - 0691 - 1996标准，铺路砖的部分质量要求包括：外观上，铺路砖表面必须平整，无裂纹和缺陷，其棱角和边缘不得轻易被手指按压变形。此外，铺路砖的公称厚度必须至少为60毫米，公差为±8%。

且铺路砖必须具备下表所示的物理性能：

表 2.1. 铺路砖的物理性能

质量	抗压强度		耐磨性		吸水率
	(MPa)		(mm/分钟)		平均吸水率 最大
	平均	最小	平均	最大	%
A	40	35	0.090	0.103	1
B	20	17,0	0.130	0,149	6
C	15	12.5	0.160	0.184	8
D	10	8.5	0.219	0.251	10

来源：SNI 03-0691-1996

说明：

A级铺路砖用于道路

B级铺路砖用于停车场

C级铺路砖用于人行道

D级铺路砖用于公园及其他用途。

2.2 波特兰水泥

波特兰水泥是一种水硬性水泥，主要通过研磨以水硬性硅酸钙（遇水可硬化）为主的熟料，并添加石膏制成。水泥是混凝土施工中最著名且使用最广泛的粘合剂。基本上，波特兰水泥由4种最重要的成分组成，即：三钙硅酸盐（C3S）或 $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，二钙硅酸盐（C2S）或 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 、三钙铝酸盐（C3A）或 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ，以及四钙铝铁酸盐（C4AF）或 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

ASTM（美国材料试验协会）规定了各类水泥的成分，其中包括：

1. I型是通用型波特兰水泥。该类型产量最大，因其适用于几乎所有类型的建筑工程。
2. II型是改良型波特兰水泥。其性质兼具IV型和V型（中度）的特性，近年来作为IV型的替代品被大量生产。
3. III型是高早期强度的波特兰水泥。通常1周内即可达到28天强度。当需要尽快拆除或结构需快速投入使用时，通常采用此类水泥。
4. IV型是低水化热波特兰水泥，适用于必须将水化速率和产生的热量降至最低的工况。例如大型重力坝等大型建筑。其强度发展速度慢于I型水泥。
5. V型是耐硫酸盐波特兰水泥。用于应对强烈的硫酸盐侵蚀。通常用于土壤或水中硫酸盐含量较高的地区（Nugraha, P. 和 Antoni, 2007）
6. PCC（波特兰复合水泥）适用于一般建筑，其用途与抗压强度相同的I型波特兰水泥相同。PCC在冷却过程中的水化热低于I型波特兰水泥，因此施工更便捷，且能形成更致密、更光滑的混凝土/抹灰表面（

Semen Baturaja, 2013)

本研究将采用的混凝土为Holcim水泥，如下图所示。



图2.3. Holcim水泥
来源：研究数据

水泥的性质与特征包括：

颗粒细度，水泥颗粒的细度影响水化反应。水泥颗粒越粗，凝结时间（setting time）就越长。水泥颗粒的研磨细度称为比表面积，即水泥颗粒的表面积。如果水泥的比表面积更大，水泥与水的接触面积就会增大。水泥颗粒越细，

水化过程就越快，从而使早期强度较高，但最终强度会降低。较高的水泥颗粒细度可以减少泌水或水分上浮现象，但会增加混凝土收缩的倾向，并容易导致收缩裂缝。根据ASTM标准，通过200号筛的颗粒比例必须超过78%。测量水泥颗粒细度通常使用瓦格纳（Wagner）的“浊度计”或布莱恩（Blaine）的“透水仪”。

ASTM规定的水泥密度（比重）应为 3.15 mg/m^3 。实际上，生产的水泥比重通

常在 3.05 mg/m^3 至 3.25 mg/m^3 之间。这种差异将影响混合料中水泥的配比。比重测试可按照ASTM C-188标准使用Le Chatelier烧瓶进行。

稠度，波特兰水泥的稠度在初期搅拌阶段（即从起凝至混凝土硬化期间）影响最大。稠度取决于水泥与水的比例，以及水泥材料的细度、水化速率等特性。砂浆的稠度则取决于水泥及其混合骨料的稠度。

凝结时间（*setting time*），水泥与水混合后会形成一种具有弹性且可塑（*workable*）的浆体。一段时间内，浆体不会发生变化。这一阶段被称为休眠期（*Dormant period*）。在接下来的阶段，面团逐渐变硬，直到达到一种状态：面团虽然仍然柔软，但已无法再塑形。

这一阶段称为初凝，而达到这一阶段所需的时间称为初凝时间。随后，浆体逐渐变硬，最终形成坚硬且刚性的固体。这一阶段称为最终凝结，达到该状态所需的时间称为最终凝结时间。该过程持续进行，直至水泥浆体变得越来越坚硬和强韧，这一过程称为硬化。

水化热是指水泥与水发生反应时产生的热量，单位为卡路里/克。产生的热量大小主要取决于所用水泥的种类和水泥颗粒的细度。在施工过程中，这种热量的释放可能导致冷却时出现裂缝。在某些混凝土结构中，尤其是高品质混凝土结构，这种裂缝是不可取的。因此，在施工过程中需要通过养护（*curing*）进行冷却。

体积稳定性：混凝土硬化后，必须确保其体积无变化。若硬化后出现体积不稳定，则视为水泥质量不合格。SNI 15-2049-2004标准建议使用勒夏特列（Le Chatelier）模具进行测试。测试结束时，勒夏特列模具的指示器扩张幅度不得超过10毫米。

抗压强度：水泥的抗压强度是通过制备砂浆并将其压碎来测定的。待测水泥样品按特定比例与硅砂混合，然后制成5x5x5厘米的立方体。在养护3、7、14和28天并经过浸水养护后，对试件进行抗压强度测试。

2.3 骨料

骨料在混凝土混合物中的含量约占混凝土混合物总重量的60%至70%。尽管其主要功能是充填，但由于所占比例较大，骨料因此变得至关重要。

总体而言，骨料是一组碎石、砾石、砂或其它矿物颗粒，既包括天然产物也包括人造材料（SNI No. 1737-1989-F）。据Silvia Sukirman（2003）所述，骨料是指碎石、砾石、砂或其他矿物颗粒，无论是天然还是人造的，均呈大块或小块固体矿物形态，或为碎片。

骨料在混凝土中的主要作用是：

1. 节约波特兰水泥用量。
2. 增强混凝土强度。
3. 减少混凝土硬化过程中的收缩。
4. 通过良好的骨料级配，可获得致密的混凝土。

根据重量，骨料可分为3种类型。第一种是轻骨料，即粗骨料的容重为350 – 880 kg/m³，细骨料的容重为750 – 1200 kg/m³。这两种骨料的混合料最大容重为1400 kg/m³。

其次是普通骨料，即单位体积重量不低于1200 kg/m³的骨料；最后是重骨料，即单位体积重量超过2800 kg/m³的骨料。从形状上看，骨料通常有以下几种常

见形态：圆形、部分圆形且不规则、棱角形、长条形以及扁平形

根据表面质地，骨料可分为以下几类：

1. 光滑骨料 (*glassy*)

与粗糙表面骨料相比，此类骨料所需用水量较少。研究表明，骨料的粗糙度会增加水泥浆与颗粒表面的摩擦力。因此，使用光滑骨料的混凝土质量往往较低。

2. 颗粒状 (*granular*)

此类骨料碎块呈圆形且形状均匀。

3. 粗糙

粗糙碎石可能由细粒或粗粒岩石组成，其中含有肉眼无法清晰辨识的结晶物质。

4. 结晶状 (*crystalline*)

此类骨料含有肉眼可见的晶体

5. 蜂窝状(*honeycombs*)

其孔隙清晰可见 和空隙 通过目视检查，我们可以观察到岩石上的孔洞。

根据粒径，骨料可分为粗骨料和细骨料两类。

2.3.1 粗骨料

粗骨料 (Coarse Aggregate) 通常也被称为砾石，是岩石自然风化形成的产物，或是来自碎石行业的碎石，其颗粒尺寸在4.76毫米至150毫米之间。

粗骨料的规定包括：粗骨料必须由坚硬且无孔的颗粒组成。扁平颗粒的粗骨料仅可在扁平颗粒含量不超过粗骨料总重量的20%时使用。粗骨料的干重中泥土含量不得超过1%。若超过此限，必须进行清洗。粗骨料不得含有可能破坏混凝土的物质，例如相对碱性的物质。

混凝土用粗骨料可采用天然砾石或碎石。粗骨料必须通过鲁德洛夫（Rudeloff）试验机进行的硬度测试，试验载荷为20吨。若采用铜棒划痕法测试，弱粒部分含量最大不得超过5%。粗骨料的细度模数（*Fineness Modulus*）应在6 - 7.5之间。

常见的粗骨料类型包括：

1. 天然碎石。这种材料来源于开采的岩层或天然碎石。这些碎石可能来自火山岩、沉积岩或变质岩。
尽管能为混凝土提供高强度，但与其他粗骨料相比，碎石在施工和浇筑方面较为不便。
2. 天然砾石。砾石形成于自然过程，即流动的河水对河岸及河床的侵蚀作用。砾石的强度虽低于碎石，但施工便利性更高。

2.3.2 细骨料

用于混凝土的细骨料可以是天然砂（由岩石自然风化形成），也可以是碎石机生产的人造砂。此类骨料粒径范围为0.063毫米至4.76毫米，包括粗砂（*Coarse sand*）和细砂（*Fine sand*）。

根据PBI规定，优质细骨料的条件包括：

1. 细骨料必须由棱角分明、坚硬且耐候的颗粒组成，即不会因烈日、雨水等气候和温度的影响而破碎。
2. 细骨料中的泥土含量不得超过干重5%；若泥土含量超过5%，则在用于混凝土混合前必须先进行清洗。
3. 细骨料不得含有过多的有机物质（活体物质），并须通过ABRAMS-HARDER法（使用3% NaOH溶液）的色度试验予以验证
4. 细砂的细度模数（*Fineness Modulus*）应在2.2 - 3.2之间
5. 粗砂的细度模数（*Fineness Modulus*）应在3.2 - 4.5之间
6. 细骨料应由粒径多样的颗粒组成

2.4 水

在混凝土制作中，水是关键因素之一，因为水与水泥反应后会形成粘结骨料的浆体。水对混凝土的抗压强度有影响，因为过量的水会导致混凝土强度下降。此外，过量用水会导致混凝土发生“泌水”现象，即水与水泥混合后会向上迁移至刚浇筑的新鲜混凝土表面。这会导致表层（因泌水）与下层混凝土之间的粘结力不足。这两层之间的粘结不足会形成薄弱区域。

用于制作混凝土的水至少应符合饮用水标准，即淡水、无异味、吹气时不浑浊等。但这并不意味着用于制作混凝土的水必须达到饮用水标准。

用于混凝土的水应满足以下要求（Tjokrodimulyo，2007）：

1. 每升水中泥沙或其他悬浮物含量不超过2克。

2. 不含可能破坏混凝土的盐类（酸、有机物）超过15克/升。
3. 氯化物（Cl）含量不超过0.5克/升。

水灰比是指混凝土混合料中水与波特兰水泥的重量比。在混凝土制作实践中，水灰比值通常在0.4至0.6之间。根据Abrams（引自Tjokrodimulyo，2007）的理论，水灰比与混凝土抗压强度之间的关系可用以下公式表示：

$$f' c = A / Bx$$

其中：

$f' c$ = 混凝土抗压强度（MPa）

x = 水与水泥的体积比（FAS）

A,B = 常数

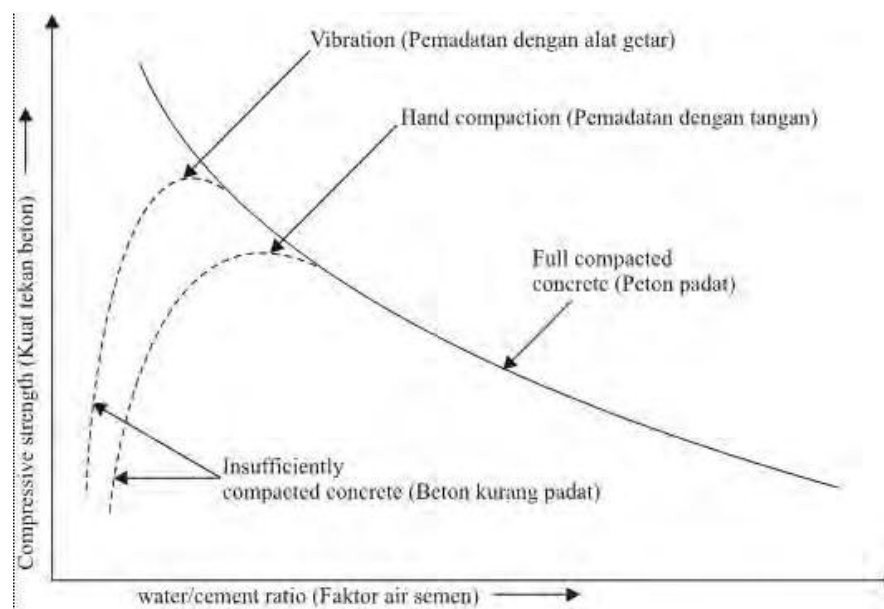


图 2.3. 混凝土抗压强度与水灰比的关系（Neville 和 Brook，1987）
来源：<https://dwikusumadpu.wordpress.com>

2.5 塑料材料

塑料是一种聚合物；长链原子相互连接。这些链由许多重复的分子单元（即“单体”）组成。在日常生活中，每个人都离不开塑料材料。是的，塑料确实已成为现代生活中不可或缺的重要组成部分，其作用已逐渐取代木材和金属，这得益于其诸多优势，包括轻便坚固、耐腐蚀、透明且易于着色，以及具有相当良好的绝缘性能。

“塑料”一词涵盖了合成或半合成的聚合产物。它们由有机缩聚或加聚反应形成，也可包含其他物质以提升性能或降低成本。某些天然聚合物也属于塑料范畴。塑料可被加工成薄膜或合成纤维。该名称源于其“可塑性”这一特性，即具有塑性。塑料在耐热性、硬度、“韧性”等性能方面设计得千变万化。结合其适应性、普遍的成分及轻质特性，确保了塑料几乎被应用于所有工业领域。

塑料虽有诸多益处，但也存在阴暗面。塑料袋和塑料瓶随处可见，污染街道，已成为环境中的公害；而塑料制造过程产生的有害化学物质则导致环境污染，危害人体健康。

众所周知，塑料在土壤中极难降解，需要数年时间，这给其处理带来了独特的问题。将塑料垃圾倾倒在最终垃圾填埋场（TPA）并非处理塑料垃圾的明智之举。尽管无法完全消除现有的塑料垃圾，但拾荒者在减少塑料垃圾堆积方面所发挥的作用值得肯定。

常见的塑料种类包括：

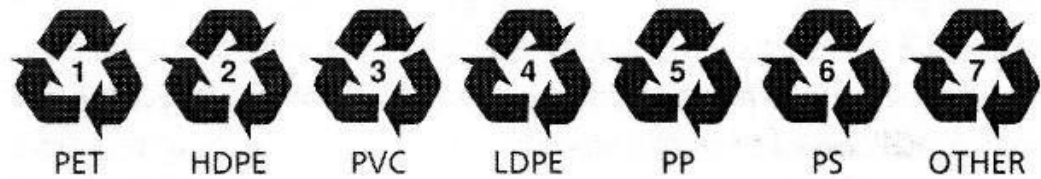


图2.5 塑料产品标识
来源：<http://www.google.com>

1. PET 或 PETE，即聚对苯二甲酸乙二醇酯。这种材料轻便、廉价且易于制造，主要应用于软饮料瓶、可微波加热的食品容器等。
需要注意的是，PETE或PET塑料瓶只能一次性使用，因为如果使用过于频繁，尤其是用于盛装温水或热水时，可能会导致瓶体聚合物层融化并释放致癌物质，长期接触可能引发癌症。
2. HDPE（高密度聚乙烯）强度更高且耐腐蚀，用作食品容器时化学物质渗出的风险极低，可用于制作洗发水瓶、洗涤剂瓶及垃圾袋。易于回收利用。尽管HDPE（高密度聚乙烯）是一种安全的塑料材料，因其能防止与食品或饮料发生化学反应，但建议该塑料仅限一次性使用。这是因为随着时间的推移，塑料中含有的三氧化二锡化合物会持续释放。
3. PVC（聚氯乙烯）这种塑料具有稳定的物理特性，且耐化学腐蚀、耐候、具有良好的电绝缘性和流动性。该材料最难回收利用，我们最常看到它被用于管道和建筑施工。若将PVC用作食品包装，极可能对肾脏、肝脏及体重造成危害。请避免使用塑料袋作为食品包装或容器，

尤其是盛装油炸食品、煮面或糕点等热食时。

4. LDPE（低密度聚乙烯）可用于制作较软的食品容器和瓶子。LDPE塑料虽难以分解，但因其基本特性不易与所包装的食物发生化学反应，因此适合储存食物。
5. PP（聚丙烯）这种塑料具有耐化学腐蚀的特性（氯、燃料和二甲苯除外），并具有良好的电绝缘性能。该材料还耐沸水和高温蒸汽灭菌。其应用领域包括汽车零部件、食品容器、地毯等。
6. PS（聚苯乙烯）该类型具有良好的刚性和尺寸稳定性。通常用于一次性食品容器、包装、玩具、医疗器械等
7. 通常，此类标识的三角形中央为数字7，下方标注“other”。该材料分为4种类型：
 4. SAN - 苯乙烯-丙烯腈
 5. ABS - 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯
 6. PC - 聚碳酸酯
 7. 尼龙

塑料化学组成基础结构是共价键，即原子之间通过共享电子形成的键。在两个原子之间，这种键可以由不同的电子组成。塑料是烃分子的一部分，其基本组成物质是碳和氢。共价键的例子包括：C-C单键、C=C双键或C≡C三键。碳元素具有形成长链的能力，例如辛烷：CH₃-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₃。目前虽然存在数千种塑料，但构成塑料的基本原子是：

- 碳 (C)
- 氢 (H)
- 氧 (O)
- 氮 (N)
- 氯 (Cl)
- 氟 (F)
- 硫 (S)

在本研究中，笔者将使用的塑料原料属于PET或PETE类型。即如图所示，粒径约为3-4毫米的塑料颗粒（pellet）。



图2.6 塑料颗粒（Pellet）
来源：研究数据

第三章 研究方法

3.1 引言

关于添加塑料材料制备K-400型铺路砖的研究，旨在获得适合制造抗压强度为^{400kg/cm²}铺路砖的混合料配比。此外，本研究还旨在考察添加塑料材料对铺路砖的影响，特别是对其抗压强度、密度和吸水率的影响。

3.2 数据需求

本研究需要两类数据，即：

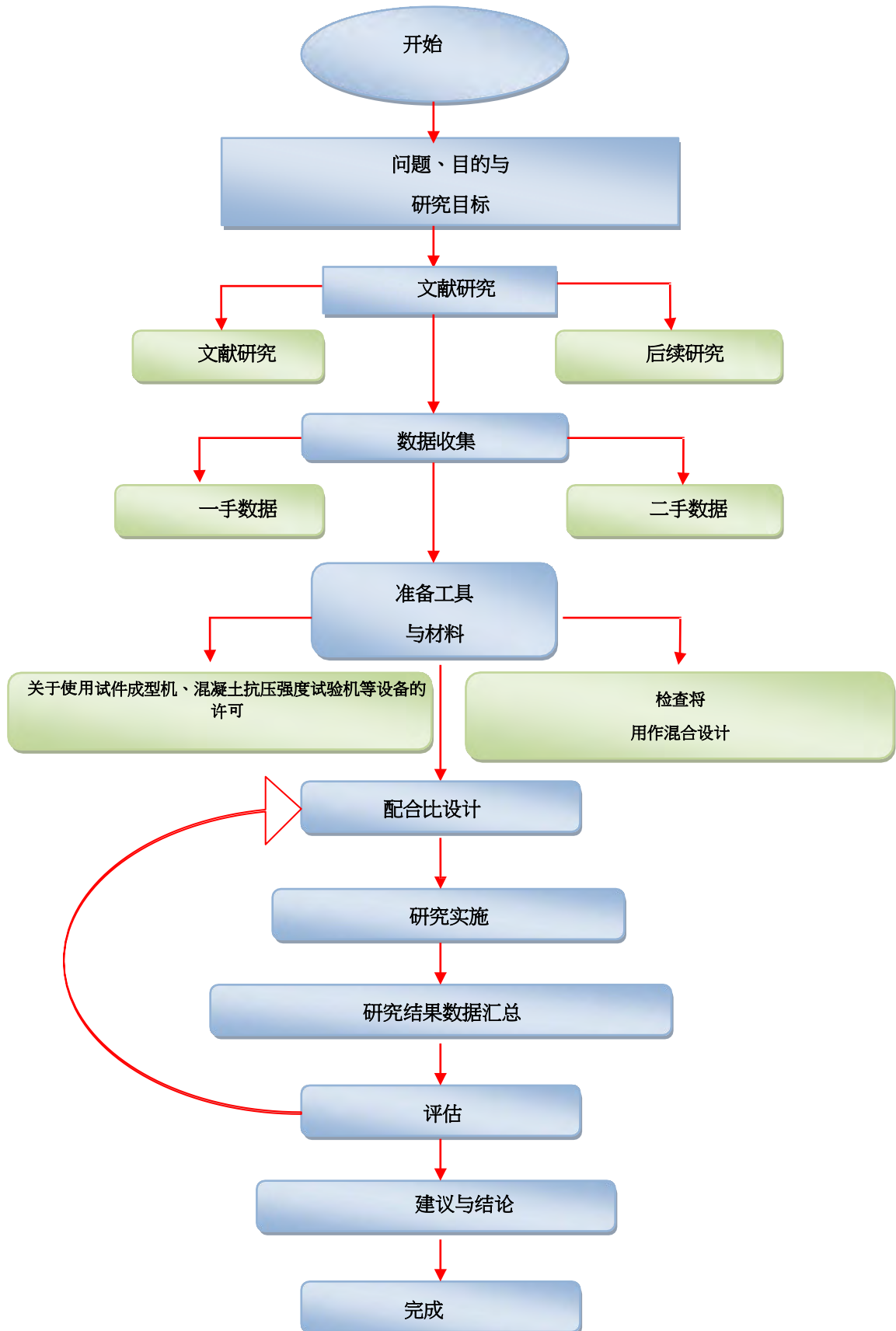
1. 一手数据

指直接从原始来源获取的数据，包括访谈、民意调查，以及对某对象、事件或测试结果（物体）的观察所得。

2. 二手数据

指通过中介媒介或间接途径获得的数据，如书籍、笔记、现有证据、档案等。

4. 3. 研究流程图



3.4 设备及材料

3.4.1 设备

1. 4号、8号、10号、16号、30号、40号筛。
2. 烘箱
3. 天平
4. 搅拌和压实工具
5. 阿布拉姆斯锥
6. 万能试验机 (UTM)
7. 立方体和铺路砖模具
8. 其他辅助工具，如：平铲、刮板、钳子、量杯等。

3.4.2 材料

1. 波特兰水泥

所使用的波特兰水泥为Holcim品牌

2. 砂 (细骨料)

所用细骨料是从卡塔姆索准将路上的商店购买的，随后用水清洗，然后在¹50°C的烘箱中加热约24小时。随后在室温下冷却。骨料清洗并干燥后，使用4号、8号、10号、16号、30号和40号筛进行筛分。通过上述筛网的骨料将作为细骨料用于制作混凝土样品和铺路砖。

3. 碎石 (粗骨料)

在制造高品质铺路砖时，需要使用碎石作为粗骨料，以确保混凝土达到预期的强度。所用的碎石也不应过于粗糙或过大，因为这会影响铺路砖

本身的抗压强度和形状。

根据哈伦·马利萨 (Harun Mallisa) 的研究 (《碎石对铺路砖抗压强度的影响》), 已知在铺路砖制作中使用最有效的碎石粒径是能通过3/8号筛网、被4号筛网截留的碎石。因此, 在本研究中, 笔者也采用了能通过3/8号筛网、被4号筛网截留的碎石。

4. 水 (自来水)

用于制备试件的水必须符合混凝土用水标准。因此, 为确保所制混凝土的质量, 笔者使用了位于萨克蒂·卢比斯街7号 (Jl. Sakti Lubis No. 7) 的公路建设局自来水实验室 (PDAM LAB Dinas Bina Marga) 提供的自来水。

5. 塑料颗粒

本研究使用的塑料为PET或PETE类型, 呈粒状 (颗粒), 粒径约为±3-4毫米。

3.5 试件的制作

在本研究中, 笔者将制作3种不同配方的试件, 每种试件各制作20个, 因此总共将制作60个试件。

将制备的三种试件类型如下:

1. 制作15 cm × 15 cm × 15 cm的立方体试件, 混凝土特性规格为K-400 (标准)
2. 制作15 cm × 15 cm × 15 cm的立方体试件, 混凝土特性规格为K-400 (添加20%塑料颗粒)
3. 制作尺寸为10 cm x 20 cm x 6 cm的铺路砖试件, 混凝土特性规格为K-400 (普通)

3.6 试件的测试

3.6.1 养护 (*curing*)

试件养护采用浸泡法。混凝土养护旨在确保水泥水化过程得以充分进行，从而避免混凝土表面开裂，并达到预期的混凝土质量。此外，混凝土表面的湿度还能增强其抗天气影响的能力，并提高其防水性。具体浸泡方法如下：

1. 24小时后打开混凝土立方体模具，随后对混凝土试样进行浸渍。
2. 浸泡持续至混凝土龄期达到28天。
3. 在浸水前，需先在混凝土表面标注名称。

3.6.2 水含量测试

含水率测试方法如下：

1. 将制备好的试样放入水中，浸泡24小时。
2. 取出并称量仍处于湿润状态的试样。
3. 随后将试样晾干并再次称重。

吸水率的计算可采用以下公式：

$$= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100$$

第五章 结论与建议

5.1 结论

根据已进行的研究和数据分析结果，可以得出以下结论：

1. 参照PBI 1971法规第4.1条第(1)款及第4.7条第(2)款的规定，即在20个试件检测结果中，不得有超过1个（即不超过5%）的数值连续低于特征抗压强度，因此可以认为，水泥(1)：砂(1.51)：碎石(2.18)：水(0.45)，是K-350混凝土的配合比设计。
2. 所得的配合比可用于制备平均抗压强度为K-393.9 kg/cm²的混凝土。
3. 添加塑料颗粒会导致混凝土本身质量/重量的降低。当混凝土中用20%的塑料颗粒替代时，混凝土质量减少6%至9%。而对于铺路砖形式的混凝土，由于其体积小于立方体混凝土，因此吸水率降低。这使得混凝土的孔隙减少，吸水率也随之降低。
4. 在混凝土中添加20%的塑料颗粒仅对降低混凝土自身质量产生积极影响，但其对抗压强度的影响并不明显。添加塑料颗粒后的混凝土抗压强度从平均K-393.9 kg/cm²降至平均K-237.6 kg/cm²，降幅达39.6%。
5. 在相同的配合比设计下，UTM 试验机中立方体试件与铺路砖试件测得的抗压强度值存在差异。其中，立方体试件的平均抗压强度为 K-393.9 kg/cm²，而铺路砖试件的平均抗压强度为 K-526.1 kg/cm²。这意味着抗压强度提高了约33%。这可能是由于尺寸为10×20×6厘米的铺路砖试件转换系数差异

所致。

这一结论得到了Ruddy Tenda与Winny J. Tamboto在题为《试件尺寸对混凝土抗压强度的影响》的研究中的佐证。该研究得出结论：试件尺寸的增大将导致平均抗压强度降低。此外，我在北苏门答腊大学（USU）工程实验室使用K-250铺路砖进行的测试中，测得的平均抗压强度为333.71 kg/cm²。

5.2 建议

综合上述研究结果，笔者建议：

1. 塑料骨料虽能降低混凝土的密度，但也降低了混凝土本身的抗压强度。因此，需要进一步研究塑料材料是否确实可用于制造高强度混凝土。
2. 根据印尼混凝土规范的规定，15cm×15cm×15cm立方体试件的转换系数为1，20cm×20cm×20cm立方体试件的转换系数为0.95。而直径15cm、高30cm的圆柱形试件的转换系数值为0.83。立方体试件与铺路砖试件所得抗压强度值的差异表明，铺路砖的转换系数值存在差异。有必要对铺路砖形状试件的转换系数值计算进行进一步研究。

各种试件混凝土抗压强度对比表：

试件	抗压强度对比
15 x 15 x 15 厘米的立方体	1.00
20 x 20 x 20 厘米的立方体	0.95

圆柱体 15 x 30 厘米

0.83


来源：PBBI 1971

需要进一步研究试件尺寸对混凝土抗压强度的影响。

参考文献

- A, Bachtiar. Jurnal Studi peningkatan mutu paving block dengan penambahan Abu sekam padi. http://jurnal.pnl.ac.id/wpcontent/plugins/Flutter/files_flutter/1376450542STU_DIPENINGKATANMUTUPAVING.pdf
- Diana I Wayan dan Karami M, 2005. Paving Block Concrete For Road Pavement Material. Procsesing International Seminar and Exhibition On Road Construction, Semarang
- Mallisa, Harun. 2006. *Jurnal Pengaruh batu pecah terhadap kuat tekan paving block*. https://www.google.co.id/jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/SMARTTEK/arti_cle/download.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- PBI. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung : PenerbitDepartemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Perbandingan Komposisi Campuran Semen, Pasir, kerikil dan Air dalam Desain mutu Beton. <https://proyeksipil.blogspot.co.id/2012/12/perbandingan-campuran-semen-pasir.html>.
- Sejarah dan jenis plastik. <https://id.wikipedia.org/wiki/Plastik>.
- Singer, Ferdinand, Andrew pytel dan Darwin sebayang. 1985. *Kekuatan Bahan (Teori Kokoh – Strenght of Materials)*. Jakarta : Penerbit ERLANGGA
- Sunggono. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Bandung : Penerbit NOVA. Tabel Lengkap Density, Berat Jenis, Massa Jenis berbagai benda. <http://kumpulan-ilmu-pengetahuan-umum.blogspot.co.id/2016/12/tabel-lengkap-density-berat-jenis-massa-jenis-benda.html>.
- Tjokrodimulyo, Kardiono. 1992. *Teknologi Beton* . Yogyakarta : Penerbit UGM. Yassin, H., 1990, *Interlocking Block Sebagai Bahan Perkerasan Jalan Jakarta, Cikampek Khususnya di Daerah Perkotaan*, PT. Conblock Indonesia, Jakarta.

附录

 **PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA**
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONTRUKSI
UPT. PENGUJIAN DAN PENGENDALIAN MUTU

Jl. Sakti Lubis No. 7R Tel / Fax. (061) 78677172 MEDAN 20219
Email : uptppmdinasbinamargaprovsu@gmail.com

Certificate
TUV NORD
ISO 9001 : 2008
Certified Company
Cert. No. : 16 100 0487

Nomor : 006 /UPTDBMBK.PPM/ 211 /2017
Sifat : -
Lamp. : 1 (satu) set
Perihal : Selesai Melakukan
Dan Bebas Pakai Alat. Lab


Medan, 21 Nopember 2017
Kepada Yth
Sdr. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Medan Area
di -
Tempat


Sehubungan dengan Surat Dekan Universitas Medan Area Fakultas Teknik Nomor 160/FT.1/01.10/VII/2017 tanggal 12 Juli perihal tersebut diatas, bahwasanya:

Nama : Dawin Elvis
NPM : 138110005
Prodi : Teknik Sipil

Telah selesai Pemakaian Laboratorium di UPT. Pengujian dan Pengendalian Mutu Dinas Bina Marga Provinsi Sumatera Utara dari tanggal 29 Agustus 2017 s/d 10 November 2017
Demikian disampaikan, atas kerja samanya di ucapkan terimakasih.

Kepala UPT. Pengujian dan Pengendalian Mutu
Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi
Provinsi Sumatera Utara


Ir. Jhony Edward Siregar, MSI
Pembina Tk.I
NIP. 19650813 199303 1 002



Tembusan :
- Sdr Dawin Elvis
- File

附录

SUBUR TRASO

Jalan Jamin Ginting no. 916 , Medan

Medan , 21 Nopember 2017

Lampiran : 1 (satu) set
Perihal : Selesai Melakukan penelitian dan pengambilan data
Kepada Yth : Bapak Dekan fakultas Teknik
Universitas medan area
Di tempat

Dengan ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut dibawah ini :

Nama : Darwin Elvis
NPM : 13 811 0005
Prodi : Teknik Sipil

Telah selesai melaksanakan penelitian dan pengambilan data tugas akhir di tempat kami yang beralamat di jalan jamin ginting no. 916, medan.
Demikian surat balasan ini kami sampaikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Pimpinan,

 **SUBUR TRASO**
Dekan - Jarkom
Jl. Lpt. Jamin Ginting No. 916 / 684
Km 5/2 Pekanbaru - Medan
Telp. 8114111 / Fax. 8217414
Ross Lukas

附录

1. USU实验室对K-250铺路砖抗压强度的测试结果

LABORATORIUM BETON		LAPORAN PENGUJIAN KOKOH TEKANAN BETON									
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK USU JL. PERESTASIAN NO.19		PEMOHON PENGUJIAN VISTA ESTATE No : 1230 / LB / XI / 2017		PROYEK GREEN DELI RESIDANCE		LOKASI JL. NAMURAMBE		Lembar Ke		1	
Jenis Benda Uji		10 (Sepuluh) Unit		DIPERIKSA :		Asisten :		BEBAN		KOKOH TEKAN	
Paving Block		ZOE		1. M. Afriandy		2. Yaehir Derhas		BEBAN		KOKOH TEKAN	
Nomor Benda Uji		BAHAN TAMBAHAN		UMUR BETON (hari)		BERAT uji (kg)		TEKAN AKTUAL (kN)		KOKOH TEKAN (kg/cm ²)	
No.	P	L	T	F A S	SILUMP (cm)	oetak	uji	uji	uji	uji	uji
1	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,04	710,0	710,5	348,29
2	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,14	760,0	760,8	372,94
3	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,08	570,0	571,0	279,89
										Rata-rata	333,71
1	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,21	570,0	571,0	279,89
2	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,12	700,0	700,5	343,36
3	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,15	590,0	590,6	284,61
										Rata-rata	302,62
1	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	2,87	600,0	599,9	284,06
2	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,10	730,0	730,6	350,15
3	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,04	486,0	499,5	244,87
4	21	10,5	6	-	-	02-Oct-17	21-Nov-17	3,13	690,0	690,3	333,50
										Rata-rata	307,65
BENDA UJI DIBUAT OLEH				FM : -							
PASIR : Ø max		(mm)		FM : -							
KERIKIL : Ø max		(mm)		FM : -							
NB : - Keseluruhan sampel yang telah diuji bukan merupakan tanggung jawab pihak laboratorium. - Pihak laboratorium tidak bertanggung jawab untuk menyimpan sampel yang telah diuji											

Medan, 21 November 2017
 KEPALA LABORATORIUM BETON FT-USU
 LABORATORIUM
 B E T O N
 (Irf. Torang Sitonius, MT.)
 NIP. : 195710021986011001

2. 万能试验机 (UTNM)



3. 烘箱



4. 天平



5. 量杯



6. 筛网



7. 阿布拉姆斯锥



8. 混凝土立方体和铺路砖模具



9. 水泥和沙子



10. 塑料材料



11. 混凝土配料



12. 混凝土样品



13. K-400 规格为 10 厘米 × 20 厘米 × 6 厘米的铺路砖



14. 试件抗压强度测试

