Republic of Yemen
Ministry of Education and Scientific Research
Sana'a University
Deanship of Graduate Studies and Scientific Research
Faculty of Engineering
Department of Civil Engineering

Producing Durable Concrete Using Local Materials with Chemical/ Mineral Additives and Studying its Behavior in Sulfate and Chloride Environment

Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree in Civil Engineering-Concrete – Sana'a University

BY

Abdulghani Yahya Hussein Al-Tharehi

Supervision of

Prof. Dr. Abdulmalek Al-Jolahy

2025 – 1446

الجمهورية اليمنية
وزارة التربية والتعليم والبحث العلمي
جامعة صنعاء
نيابة الدراسات العليا والبحث العلمي
كلية الهندسة
قسم الهندسة المدنية

" إنتاج خرسانة ذات ديمومة بإستخدام المواد المحلية ومضافات كيميائية ومعدنية ودراسة سلوكها في البيئات المحتوية على الكبريتات والكلوريدات "

أطروحة مقدمة استكمالًا لمتطلبات درجة الماجستير في الهندسة المدنية
– تخصص انشاءات – جامعة صنعاء

اعداد الباحث
عبدالغني يحيى حسين الذارحي

اشراف
أ.د/ عبدالملك هزاع الجولحي

2025 – 1446

الملخص

تركزت هذه الدراسة بشكل أساسي على تقييم تأثير الإضافات البوزولانية، بما في ذلك دخان السيليكا، على خصائص المونة الإسمنتية. تألفت الخلطات التجريبية من الإسمنت، البوزولان، الرمل، الماء، ومضاف مقلل للماء عالي الأداء (Superplasticizer).تم اختبار الخصائص الميكانيكية للمونة عند أعمار معالجة مختلفة، مع التركيز بشكل خاص على تقييم قدرتها على مقاومة هجمات الكلوريدات والكبريتات. بالإضافة إلى ذلك، تم دراسة كل من امتصاص الماء الشعري، سرعة النبضات فوق الصوتية، الكثافة الحجمية، مقاومة الانحناء، معامل المرونة، ومعامل المرونة الديناميكي.

تم إدخال دخان السيليكا بنسب مختلفة تشمل 0%، 5%، 10%، 15%، 20%، 25%، 30%، و35% من وزن الإسمنت. كما أضيف المضاف المقلل للماء بمقدار 0.8% من نسبة الماء إلى المادة الرابطة (W/b) لتحسين قابلية التشغيل للخلطات. تم معالجة عينات المونة في الماء العادي لمدة 28، 60، 90، و180 يومًا، بينما تم معالجة عينات أخرى في محاليل كيميائية تحتوي على 5% و10% من كبريتات الصوديوم و5% و10% من كلوريد الصوديوم لمدة 28 و180 يومًا على التوالي.

أكدت هذه التجارب صحة الفرضية التي تفيد بأن أفضل أداء للخلطات كان عند استخدام دخان السيليكا بنسبة تتراوح بين 5%، 10%، و15% من وزن الإسمنت على المدى القصير. وتمت المصادقة على نفس الفرضية على مدى فترة زمنية ممتدة لستة أشهر، حيث أظهرت النتائج أن محتوى دخان السيليكا بنسب 5%، 10%، و15% يمثل النسب المثلى لمقاومة تراكيز مختلفة من العوامل الكيميائية الضارة. علاوة على ذلك، تم التأكد من أن محتوى دخان السيليكا بنسبة 20% كان فعالًا بشكل خاص في مقاومة البيئات ذات التراكيز العالية، وتحديدًا في المحاليل التي تحتوي على 10% من كبريتات الصوديوم و10% من كلوريد الصوديوم.

تسلط هذه النتائج الضوء على أهمية ضبط نسب دخان السيليكا بدقة لتعزيز المتانة والمقاومة ضد البيئات العدوانية المختلفة. في هذه الدراسة، تم استخدام المونة بدلًا من الخرسانة نظرًا لتأثر الإسمنت بالبيئات العدوانية، مما يسمح بفهم أعمق للتفاعلات الكيميائية وخصائص المادة الرابطة (الإسمنت والإضافات). يتيح هذا النهج تطوير تصميمات خرسانية محسنة في المستقبل، حيث تعد المونة نموذجًا مناسبًا لمحاكاة تأثير البيئات العدوانية (الكبريتات والكلوريدات) على الخرسانة، مما يسهل عمليات الاختبار والمقارنة. والهدف النهائي هو الاستفادة من نتائج هذه الدراسة كأساس لتحسين متانة الخرسانة في التطبيقات المستقبلية.

الكلمات المفتاحية : مونة الإسمنت، دخان السيليكا، هجوم الكبريتات، هجوم الكلوريدات، التفاعلية

Abstract

This study was mainly concerned with the assessment of the impact of pozzolanic admixtures, including silica fume on the properties of mortar. The experimental mixes consisted of cement, pozzolan, sand, water, and a superplasticizer. The mechanical properties of the mortar were tested at different ages of curing. Particular emphasis was placed on the evaluation of the ability of concrete to resist chloride and sulfate attacks. In addition, capillary water absorption, ultrasonic pulse velocity, bulk density, flexural strength, Young's modulus and dynamic Young's modulus were also investigated. Silica fume was incorporated in different proportions including 0% ,5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% and 35% by weight of cement. Superplasticizer was also added to the mixtures by 0.8 % of W/b to enhance the workability of the mixtures. The mortar specimens were cured in plain water for 28, 60, 90, and 180 days, while other specimens were cured in chemical solutions containing 5% and 10% sodium sulfate and 5% and 10% sodium chloride for 28 and 180 days, respectively. These trials supported the hypothesis that the best performance characteristics are mixtures with incorporation of silica fume within 5, 10, and 15% of the cement weight for short-term. The same hypothesis was validated over an extended period of six months, demonstrating that silica fume contents of 5%, 10%, and 15% represent the optimal ratios for resisting varying concentrations of aggressive agents. Furthermore, it was confirmed that a 20% silica fume content is particularly effective for resistance under high-concentration

conditions, specifically in environments containing 10% sodium sulfate and 10% sodium chloride. These findings highlight the importance of tailoring silica fume proportions to achieve enhanced durability and resistance against specific exposure scenarios. In this study, mortar was used instead of concrete due the influence of aggressive environments on cement. This approach allows for a deeper understanding of the chemical interactions and properties of the binding material (cement and admixtures), paving the way for improved concrete design in the future. Mortar serves as a suitable model to simulate the impact of aggressive environments (sulfates and chlorides) on concrete, providing results that can be extrapolated to concrete while facilitating testing and comparison. The goal is to utilize the findings of this study as a foundation for enhancing concrete durability in future applications.

Keywords: Cement mortar, silica fume, sulfate attack, chloride attack reactivity.