

ຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ ແລະ ທາງກົນລະສານ ຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌

ຈາກເຖົ້າແກບ ແລະ ເຖົ້າລອຍ

ແສງທອງ ບຸນຍະວົງ*, ນິພົນ ວໍລະຈັກ, ພຸວັນ ສຸກສົມຫວັງ, ສັກໄຊ ໂສມປະເສີດ ແລະ ເປັມ ພັກວິເສດ²

¹ ພາກວິຊາພິຊິກສາດ, ຄະນະວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ

² ພາກວິຊາວິສະວະກຳວັດສະດຸສາດ, ຄະນະວິສະວະກຳສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລສຸພານຸວົງ

ບົດຄັດຫຍໍ້

ບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້ມີຈຸດປະສົງ ເພື່ອສັງເກດຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ໂດຍການສະກັດເອົາທາດລະລາຍໂຊດຽມຊີລິເກດ (Na_2SiO_3) ຈາກເຖົ້າແກບ ແລ້ວນຳມາສັງເກດຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ໂດຍໃຊ້ ເຖົ້າຂີ້ແກບ ແລະ ເຖົ້າລອຍເປັນອົງປະກອບຫຼັກ, ເຊິ່ງຕົວຢ່າງຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ສັງເກດຂຶ້ນໄດ້ທຳການປ່ຽນແປງອັດຕາສ່ວນເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຖົ້າແກບ, ແລະ ປ່ຽນແປງອຸນຫະພູມອົບທີ່ແຕກຕ່າງກັນໃນ 3 ລະດັບ. ຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ ແລະ ທາງກົນລະສານ ໄດ້ທຳການທົດສອບເຊັ່ນ: ການດູດຊຶມນ້ຳ, ຄວາມໜາແໜ້ນ, ການຕ້ານແຮງໝົບ. ນອກນັ້ນ ການສຶກສາດ້ານສັນຖານວິທະຍາໂດຍເຄື່ອງທົດລອງ XRD, ຄວາມລະອຽດຂອງພື້ນຜິວດ້ວຍເຄື່ອງ SEM ກໍ່ໄດ້ຜ່ານການວິເຄາະ. ຜົນຂອງການທົດສອບເຫັນວ່າ ຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນເພີ່ມຂຶ້ນ ເມື່ອມີການປ່ຽນແປງປະລິມານເຖົ້າລອຍໃຫ້ສູງຂຶ້ນ ແລະ ອຸນຫະພູມອົບສູງຂຶ້ນ ເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບຜົນທົດສອບການດູດຊຶມນ້ຳຂອງກ້ອນຕົວຢ່າງ. ເຊັ່ນດຽວກັນກັບຄ່າທົດສອບແຮງໝົບຂອງກຸ່ມຕົວຢ່າງດຽວກັນ ເຫັນໄດ້ວ່າ ມີແນວໂນ້ມຄ່າແຮງໝົບເພີ່ມຂຶ້ນ. ຜົນການວິເຄາະດ້ານສັນຖານວິທະຍາເຫັນວ່າ ບໍ່ມີໂຄງສ້າງແບບອະສັນຖານເກີດຂຶ້ນ ແຕ່ມີໂຄງສ້າງທີ່ເປັນແບບມະນີລ້ວນເກີດຂຶ້ນ ເຊິ່ງສະແດງເຖິງຄວາມເປັນເອກະລັກສະເພາະໂຄງສ້າງມະນີ ຂອງວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌. ຈາກຜົນວິເຄາະດ້ວຍເຄື່ອງທົດທອງ SEM, ເຫັນວ່າໂຄງສ້າງຈະພາກຂອງວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ປະກອບມີຮູ້ໂຄງເປັນຈຳນວນຫຼາຍ, ມີເມັດເຖົ້າລອຍທີ່ເກີດປະຕິກິລິຍາ ແລະ ບໍ່ເກີດປະຕິກິລິຍາປະປົນກັນເປັນກຸ່ມກ້ອນ ແລະ ເຫັນວ່າເມື່ອປະລິມານເຖົ້າລອຍລຸດລົງ ພື້ນຜິວໂຄງສ້າງຈະລຽບ ແລະ ຮູ້ໂຄງລຸດລົງຢ່າງຊັດເຈນ. ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ທາດລະລາຍ Na_2SiO_3 ທີ່ສະກັດຈາກເຖົ້າແກບ ສາມາດນຳມາສັງເກດວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ໄດ້ສຳເລັດ ແລະ ມີຄຸນນະພາບດີ ເຊິ່ງສາມາດນຳໄປພັດທະນາ ແລະ ຕໍ່ຍອດເພື່ອເປັນທາງເລືອກທົດແທນການໃຊ້ປຸງຊີເມັນໃນວຽກງານຕ່າງໆໄດ້.

ຄຳສຳຄັນ: ຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌, ເຄື່ອງທົດລອງ XRD, ເຄື່ອງທົດລອງ SEM, ຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ, ຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສານ

* ຜູ້ຕິດຕໍ່ພົວພັນ. ແສງທອງ ບຸນຍະວົງ, ເບີໂທ: 02023232378, ອີເມວ: sengthongdocs@gmail.com

Physicals and Mechanical Properties of Geopolymer from Rice Hush Ash and Fly Ash

Sengthong Bounyavong^{1*}, Nyphonh Volachack¹, Phouvanh Souksomvang¹, Sackxay Sompasert¹ and Pem Phakviseth²

¹Department of Physics, Faculty of Natural sciences, National University of Laos

²Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering, Souphanouvong University

Abstract

This research aims to synthesize geopolymer by extracting sodium silicate (Na_2SiO_3) from black rich husk and then using the rich husk ash and fly ash as the primary materials for geopolymer synthesis. The study investigates the effect of geopolymer samples varied the ratio of fly ash and baking temperatures at three different levels. Physical and mechanical properties, such as water absorption, density, and the tensile strength, were tested. Additionally, morphological analysis was conducted using XRD, and surface resolution was examined using SEM. The test results indicated that the density increased with higher fly ash content and higher curing temperatures, which also aligned with the water absorption test results. Furthermore, the tensile strength tended to increase as well. Morphological analysis showed amorphous structure but the crystal structure was formed which showed the characteristic features of a geopolymer material. SEM analysis of the geopolymer material's microstructure showed the presence of various pores, with reactive and non-reactive particles clustered together. It was observed that as the floating particle content decreased, the surface became smoother, and the porosity visibly reduced. This research demonstrates that Na_2SiO_3 solvent extracted from rich husk ash can be successfully used to synthesize geopolymer materials with good quality.

Key words: Geopolymer, XRD analysis, SEM results, Physical properties, Mechanical properties

1. ພາກສະເໜີ

1.1 ຄວາມເປັນມາ ແລະ ຄວາມສໍາຄັນຂອງບັນຫາ

ປະຈຸບັນມີການນໍາໃຊ້ປຸງຊີມັງເປັນຈໍານວນຫຼາຍໃນວຽກງານກໍ່ສ້າງ ເຊິ່ງຂະບວນການຜະລິດປຸງຊີມັງນັ້ນໄດ້ຈາກການເຜົາວັດຖຸດິບທີ່ມີຊີລິກາ (SiO_2), ອາລູມີນາ (AlO_3) ແລະ ແຄລຊຽມອອກໄຊດ໌ (CaO) ດ້ວຍອຸນຫະພູມສູງເຖິງ 1400-1600 °C. ດັ່ງນັ້ນ, ຈຶ່ງເປັນເຫດກໍ່ຜິດກະທົບຕໍ່ສິ່ງແວດລ້ອມໂດຍສະເພາະການປ່ອຍກາສຄາຣ໌ບອນໄດອອກໄຊ (CO_2) ເຮັດໃຫ້ເກີດພາວະໂລກຮ້ອນ (green house effect). ຈາກບັນຫາດັ່ງກ່າວ ນັກຄົ້ນຄວ້າຫຼາຍຂະແໜງການ ຈຶ່ງຫາວິທີການແກ້ໄຂແລະ ຜົນສຸດທ້າຍ ຈຶ່ງນໍາໄປສູ່ການສຶກສາຄົ້ນຄວ້າ ຊອກຫາວັດສະດຸອື່ນໆ ເພື່ອມາໃຊ້ແທນປຸງຊີມັງ. ໃນປະຈຸບັນວັດສະດຸທີ່ຖືກຍອມຮັບ ແລະ ນໍາມາໃຊ້ແມ່ນ ຈີໂອໂພລີເມີ (Geopolymer) ເຊິ່ງຄຳວ່າຈີໂອ ແມ່ນມາຈາກຈີໂອໂລຈີ (Geology) ທໍລະນີວິທະຍາ ແລະ ຄຳວ່າ ໂພລີເມີ (Polymer) ໝາຍເຖິງໂຄງສ້າງໂຕໜຶ່ງທີ່ເປັນແບບຕ່ອງໂສ້. ດັ່ງນັ້ນ, ຈີໂອໂພລີເມີຈຶ່ງເປັນວັດສະດຸທີ່ມີໂຄງສ້າງທີ່ແຂງແຮງໄດ້ມາຈາກທໍາມະຊາດ ແລະ ເປັນ ມີດ ກັບ ທໍາມະຊາດ (Mohd Mustafa Al Bakri Abdullah, 2018). ຈີໂອໂພລີເມີ ສາມາດສ້າງເຄາະໄດ້ຈາກວັດສະດຸປອດໄຊແລນ (Pozzolan material) ເຊິ່ງວັດສະດຸປະເພດນີ້ຈະມີອົງປະກອບທາງເຄມີຕົ້ນຕໍແມ່ນ ຊີລິກາ ແລະ ອາລູມີນາ (ມີໃນເສດຂີ້ເຖົ້າຂອງວັດສະດຸຕ່າງໆ ທີ່ຜ່ານການເຜົາໄໝ້) ພວກມັນສາມາດທໍາປະຕິກິລິຍາ ປອດໄຊແລນ (pozzolanic reaction) ກັບແຄລຊຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌ (Ca(OH)_2) ເຊິ່ງເປັນ

ລັກສະນະດຽວກັນກັບປຸງຊີເມນປະສົມນໍ້າ ທີ່ຜົນສຸດທ້າຍອອກມາເປັນສານເຊື່ອມປະສານ ແຄລຊຽມຊີລິເກດໄຮດຣອດ (calcium silicate hydrate). ຈາກຜົນການລາຍງານຂອງນັກຄົ້ນຄວ້າທີ່ຜ່ານມາ (Burachat Chatveera, 2012; Ratsapon Somna, 2020) ເຫັນໄດ້ວ່າການນໍາເອົາວັດສະດຸປອດໄຊແລນມາປະສົມກັບທາດລະລາຍທີ່ມີຄວາມເປັນຕ່າງສູງເຊັ່ນ: ໄຊດຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌ (NaOH) ຫຼື ໂພແທສຊຽມໄຮດຣອກໄຊ (KOH) ໃຊ້ຮ່ວມກັນກັບທາດລະລາຍ ໄຊດຽມຊີລິເກດ (Na_2SiO_3) ເມື່ອວັດສະດຸປອດໄຊແລນທໍາປະຕິກິລິຍາກັບທາດລະລາຍເຂັ້ມຂຶ້ນຈົນສົມບູນກໍ່ຈະເກີດເປັນໂຄງສ້າງຮູບແບບ 3 ມິຕິແບບອະສັນຖານ ທີ່ມີການຈັດລຽງໂມເລກູນແບບຕ່ອງໂສ້ ແລະ ເມື່ອແຂງຕົວສາມາດຮັບກໍາລັງໄດ້ດີ. ວັດສະດຸໃໝ່ນີ້ມີຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ ແລະ ທາງກົນລະສາດທຽບເທົ່າກັບປຸງຊີມັງ (Davidovits, 1991) . ວັດສະດຸປອດໄຊແລນທີ່ນິຍົມນໍາໃຊ້ເປັນວັດຖຸດິບພື້ນຖານແມ່ນ ເຖົ້າລອຍ (ມີອະລູມີນາສູງ) ແລະ ເຖົ້າຂີ້ແກບ (ມີຊີລິກາສູງ). ຈາກຜົນການຄົ້ນຄວ້າຫຼາຍສະບັບໄດ້ສະຫຼຸບຜົນໃນທາງດຽວກັນວ່າ ເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຖົ້າຂີ້ແກບ ເປັນວັດຖຸດິບທີ່ໄດ້ຮັບຜົນດີໃນການສ້າງເຄາະຈີໂອໂພລີເມີ (Boonserm, 2018; Ratsapon Somna, 2020).

ໃນຊ່ວງໄລຍະຜ່ານມານີ້ຫຼາຍປະເທດໃຫ້ຄວາມສົນໃຈ ແລະ ມີການນໍາໃຊ້ ຈີໂອໂພລີເມີເຂົ້າໃນວຽກງານຕົວຈິງ (Zain, 2017; Zhuang XY, Chen L, 2016) ນັກຄົ້ນຄວ້າຫຼາຍທ່ານຄາດການວ່າ ວັດສະດຸຊະນິດນີ້ ໃນອານະຄົນຈະມີບົດບາດສໍາຄັນຕໍ່ສັງຄົມມະນຸດ ເຊິ່ງໃນຫຼາຍມະຫາວິທະຍາໄລ ແລະ ສະຖາບັນ

ຄື້ນຄວ້າວັດສະດຸສາດ ໃນຕ່າງປະເທດ ໄດ້ສຶກສາຄື້ນຄວ້າສໍາເລັດ ໂດຍການນໍາໃຊ້ວັດຖຸດິບ ປອດໄຊແລນແຕກຕ່າງກັນໄປ. ດັ່ງນັ້ນ, ທິມງານຄື້ນຄວ້າພວກເຮົາ ຈຶ່ງເຫັນໄດ້ຄວາມສໍາຄັນຂອງວັດສະດຸໃໝ່ນີ້ ແລະ ມີຄວາມສົນໃຈໃນການນໍາເອົາວັດຖຸດິບພາຍໃນ ປະເທດລາວຂອງເຮົາກໍຄື ການນໍາເອົາເຖົ້າຂີ້ແກບມາເປັນວັດຖຸດິບ ສະກັດເອົາທາດລະລາຍ ໂຊດຽມຊີລິເກຕເຂັ້ມຊຸ້ນ ໂດຍໃຊ້ ໂຊດຽມໄຮອຣອກໄຊດ໌ ຫຼື ໂສດາໄຟ (NaOH) ຫຼັງຈາກນັ້ນ ນໍາ ໄປໃຊ້ສັງເຄາະວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ໂດຍໃຊ້ວັດສະດຸພື້ນຖານ ຄື ເຖົ້າຂີ້ແກບ ແລະ ເຖົ້າລອຍ. ເຊິ່ງວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທີ່ສັງ ເຄາະສໍາເລັດ ໄດ້ຜ່ານການທົດສອບຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະພາບ ແລະ ຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສາດ.

1.3. ຈຸດປະສົງຂອງການຄື້ນຄວ້າ

1. ເພື່ອສຶກສາຂະບວນການສະກັດທາດລະລາຍໂຊດຽມ ຊີລິເກຕຈາກເຖົ້າແກບ ແລະ ນໍາມາສັງເຄາະວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິ ເມີຣ໌.

2. ເພື່ອສຶກສາທາງດ້ານໂຄງສ້າງ, ຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະ ພາບ ແລະ ທາງກົນລະສາດຂອງວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ທີ່ສັງ ເຄາະໄດ້ຈາກເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຖົ້າແກບ.

2. ບົດຄື້ນຄວ້າທີ່ກ່ຽວຂ້ອງ

2.1 ບລັອກທາງຍ່າງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌

ເດັດພັນ ແລະ ຈິດພະເສີດ (S. Detphan, 2009) ໄດ້ເຮັດການສັງເຄາະຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ຈາກ ເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຖົ້າ ຂີ້ແກບ ໂດຍໃຊ້ເຖົ້າທັງສອງປະສົມເຂົ້າກັນແລ້ວນໍາໄປເຜົາຄືນ ແລະ ຄວບຄຸມອຸນຫະພູມ. ຂະບວນການສັງເຄາະໃຊ້ທາດລະລາຍ NaOH ແລະ Na_2SiO_3 ແລະ ໃຊ້ອຸນຫະພູມຊ່ວຍ. ຜົນການ ທົດລອງຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າອຸນຫະພູມທີ່ເໝາະສົມໃນການເຜົາ ເຖົ້າ ລອຍ ແລະ ເຖົ້າຂີ້ແກບເພື່ອສັງເຄາະຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ແມ່ນ 690°C ຜົນການທົດສອບແຮງໜົບຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ມີຄ່າລະຫວ່າງ 1-56 Mpa ຄ່າທີ່ໄດ້ແມ່ນຂຶ້ນກັບອັດຕາສ່ວນອັດຕາສ່ວນຂອງ ເຖົ້າລອຍຕໍ່ເຖົ້າຂີ້ແກບ ແລະ ອັດຕາສ່ວນປະລິມານທາດລະລາຍ NaOH ແລະ Na_2SiO_3 ທີ່ໃຊ້ອີກດ້ວຍ.

2.2 ການພັດທະນາບລັອກປູພື້ນຈາກຂີ້ເຖົ້າແດງ ແລະ ເຖົ້າລອຍ ໂດຍການເຊື່ອມປະສານຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌

ອານຸຍ ກຸມາ (Anuj Kumar, 2013) ໄດ້ມີການສຶກສາ ແລະ ພັດທະນາຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ຈາກ ຕະກອນແດງ (ທີ່ໄດ້ຈາກ ເສດບໍ່ແຮ່ຜະລິດອາລູມິນຽມ) ແລະ ເຖົ້າລອຍ ເພື່ອຜະລິດບລັອກ ປູພື້ນທາງຍ່າງ ໂດຍການເພີ່ມອັດຕາຂອງ ຕະກອນແດງຈາກ 0-40%, ຜົນການທົດສອບຕົວຢ່າງຈາກການສຶກສາຄຸນສົມບັດທາງ ກົນລະສາດ ບລັອກປູພື້ນທີ່ຜ່ານມາດຕະຖານທົດສອບ ນັ້ນແມ່ນ ສ່ວນປະສົມ 10 ແລະ 20% ຂອງຕະກອນແດງ ເຊິ່ງມີຜົນຈາກ ປະລິມານທາດລະລາຍຂອງ NaOH ແລະ ຊີລິກາ.

2.3 ການສັງເຄາະຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ຈາກດິນໜຽວພິມາຍ ແລະ ເຖົ້າ ລອຍ

ຄອນກະນິກ ແລະ ອາລິພອນ (Kornkanok Boonserm, 2018) ທິມງານຄື້ນຄວ້າຈາກປະເທດໄທ ໄດ້ສັງ ເຄາະຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ຈາກດິນໜຽວຖິນເຂດ ເມືອງພິມາຍ ແຂວງ ນະຄອນລາດສະສີມາ ໃຊ້ຮ່ວມກັບເຖົ້າລອຍ ແລະ ໃຊ້ທາດ ລະລາຍ NaOH ແລະ Na_2SiO_3 ກໍລະນີສຶກສານີ້ແມ່ນໄດ້ບົ່ມ ຕົວຢ່າງດ້ວຍຄວາມຮ້ອນທີ່ອຸນຫະພູມ 3 ຊ່ວງຄື: $60^\circ\text{C}/12\text{h}$, $70^\circ\text{C}/36\text{h}$ ແລະ $25^\circ\text{C}/5$ ວັນ ຫຼັງຈາກນັ້ນໄດ້ສຶກສາຄຸນສົມບັດ ທາງເຄມີ ແລະ ກົນລະສາດ. ຜົນການສຶກສາສະແດງໃຫ້ເຫັນ ວ່າການແທນທີ່ຂອງດິນດ້ວຍເຖົ້າລອຍໃນປະລິມານ 50% ຂອງນໍ້າໜັກ ຈະເຮັດໃຫ້ໄດ້ຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທີ່ມີຄ່າແຮງໜົບທຽບ ເທົ່າກັບວັດສະດຸປູນຊີມັງທີ່ໃຊ້ງານໃນປະຈຸບັນ.

2.4 ອິດມວນເບົາຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ທີ່ຜະລິດຈາກເຖົ້າລອຍ ແລະ ໂຟມ

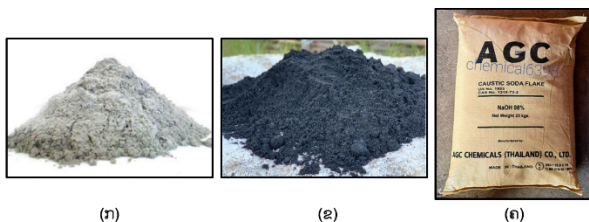
ອິບາຮິມ ແລະ ທິມງານ (Ibrahim, Hussin, Abdullah, & Kadir, 2017) ໄດ້ລາຍງານຜົນການຄື້ນວ່າ ກ່ຽວ ກັບການພັດທະນາ ອິດມວນເບົາຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ທີ່ຜະລິດຈາກເຖົ້າ ລອຍ ແລະ ໂຟມ, ເຊິ່ງໄດ້ກໍານົດອັດຕາສ່ວນຂອງທາດລະລາຍ $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$, ນໍາໃຊ້ປະລິມານມວນສານຂອງເຖົ້າລອຍ/ ທາດລະລາຍທີ່ເປັນຕ່າງ ໃນອັດຕາສ່ວນ 2.0, ວັດສະດຸຕົວຢ່າງທີ່ ສ້າງສໍາເລັດໄດ້ຜ່ານການອົບອຸນຫະພູມທີ່ແຕກຕ່າງກັນ (ອຸນຫະພູມຫ້ອງ, 60°C , 80°C) ແລະ ປັບປຸງນອ້ອມຂ້າງຂອງ ສານໂຟມກັບນໍ້າ (1:10 ແລະ 1:20). ການສຶກສາທາງກົນລະສານ ໄດ້ຜ່ານການວິເຄາະເຊັ່ນ: ແຮງໜົບ, ຄວາມໜາແໜ້ນ, ອັດຕາ ການດູດຊຶມນໍ້າ. ຜົນການວິເຄາະສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ອິດມວນເບົາ ຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ທີ່ມີອັດຕາສ່ວນໂຟມ/ນໍ້າໃນອັດຕາຕໍ່າ (1:10) ແລະ ອຸນຫະພູມອົບສູງ (80°C) ເຮັດໃຫ້ຄຸນສົມບັດຂອງຕົວຢ່າງ ສຶກສາດີກວ່າ.

3. ວິທີດໍາເນີນການຄື້ນຄວ້າ

ການຄື້ນຄວ້ານີ້ ໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 2 ພາກສ່ວນຄື: 1) ດໍາເນີນການກຽມວັດຖຸດິບ, ກໍານົດປະລິມານອັດຕາສ່ວນຕ່າງໆ ໃນການສ້າງຕົວຢ່າງ ແລະ ທໍາການສ້າງຕົວຢ່າງທີ່ຫ້ອງທົດລອງ; 2) ທໍາການທົດສອບ ແລະ ທົດລອງບັນດາຕົວຢ່າງທີ່ສ້າງສໍາເລັດ ເພື່ອ ໃຫ້ໄດ້ຂໍ້ມູນຕ່າງໆມາວິເຄາະ ແລະ ຂຽນລາຍງານ.

3.1 ການກຽມຕົວຢ່າງ ແລະ ວັດຖຸດິບ

- ການກຽມວັດຖຸດິບ: ວັດຖຸດິບທີ່ໃຊ້ໃນການສັງເຄາະຈີໂອ ໄຟລິເມີຣ໌ໃນຄັ້ງນີ້ ແມ່ນວັດຖຸດິບຈໍາພວກຫາໄດ້ງ່າຍ ແລະ ລາຄາ ຖືກເຊັ່ນ: ເຖົ້າແກບຈາກການເຜົາແກບເປືອກເຂົ້າ, ເຖົ້າລອຍຈາກ ໂຮງງານໄຟຟ້າຫົງສາ, ແຂວງໄຊຍະບູລີ, ທາດລະລາຍໂຊດຽມ ໄຮອຣອກໄຊດ໌ (NaOH) (ຫຼື ອີກຊື່ໜຶ່ງຄື ໂສດາໄຟ). ນອກນັ້ນ ຍັງມີວັດຖຸດິບຍ່ອຍອີກຄື ຊາຍລະອຽດ ແລະ ຫີນບົດ.



ຮູບທີ 1 ວັດຖຸດິບຫຼັກ (ກ) ເຖົ່າລອຍ, (ຂ) ເຖົ່າແກບ ແລະ (ຄ)

ໂຊດຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌ (NaOH)

ຕາຕະລາງທີ 1 ອົງປະກອບເຄມີ ເປັນເປີເຊັນຂອງເຖົ່າລອຍ

No	%CaO Free Lime	%SO ₃	%Moisture	%Chemical										
				Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₄ O ₁₀	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO ₂	SO ₃
1	0.48	0.27	0.10	0.85	0.54	31.88	44.74	5.60	0.05	2.61	6.00	0.43	0.03	0.28
2	0.52	0.29	0.10	0.90	0.41	31.82	43.83	5.49	0.05	2.53	5.90	0.40	0.03	0.33
3	0.51	0.28	0.09	0.90	0.37	31.82	43.92	5.30	0.05	2.55	5.81	0.40	0.03	0.32
4	0.47	0.26	0.10	0.88	0.49	31.84	44.28	5.58	0.05	2.57	5.91	0.41	0.03	0.32
5	0.46	0.29	0.05	0.85	0.51	31.86	44.44	5.73	0.05	2.58	5.91	0.41	0.03	0.29
6	0.46	0.30	0.05	0.92	0.36	29.08	40.67	4.86	0.05	2.15	5.71	0.35	0.03	0.35
7	0.47	0.29	0.08	0.86	0.48	31.86	44.53	5.60	0.05	2.58	5.90	0.43	0.03	0.30
8	0.48	0.24	0.07	0.86	0.57	31.86	44.51	5.91	0.05	2.60	6.00	0.43	0.4	0.30
9	0.51	0.21	0.05	0.91	0.34	29.57	40.89	4.91	0.05	2.26	5.76	0.35	0.3	0.34
10	0.53	0.19	0.04	0.85	0.56	31.88	44.70	6.06	0.05	2.62	6.05	0.42	0.04	0.29
11	0.49	0.19	0.03	0.85	0.56	31.87	44.70	5.61	0.05	2.59	5.88	0.42	0.03	0.30
12	0.45	0.19	0.04	0.86	0.52	31.85	44.39	5.55	0.05	2.57	5.88	0.41	0.03	0.29
Max	0.53	0.30	0.10	0.92	0.57	31.88	44.74	6.06	0.05	2.62	6.05	0.43	0.04	0.35
Min	0.45	0.19	0.03	0.85	0.34	29.08	40.67	4.86	0.05	2.15	5.71	0.35	0.03	0.28
Avg	0.49	0.25	0.07	0.9	0.48	31.43	43.80	5.52	0.05	2.52	5.89	0.40	0.03	0.31
Std.Dev	0.03	0.04	0.03	0.03	0.08	0.99	1.44	0.32	0.00	0.15	0.10	0.03	0.00	0.02

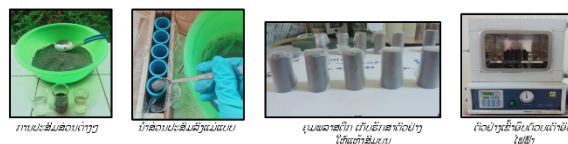
ທາດລະລາຍໂຊດຽມຊີລິເກດ (Na₂SiO₃) ທີ່ໃຊ້ໃນການສັງເຄາະຈີໂອໄຟລິເມີດ ໃນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ ແມ່ນໄດ້ຈາກການ ສະກັດຈາກເຖົ່າແກບທີ່ມີຄວາມລະອຽດ 45 µm ໃຊ້ໂຊດຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌ (NaOH) ຄວາມເຂັ້ມຊັ້ນ 10 mol/L ເປັນທາດເຄມີຊ່ວຍທຳປະຕິກິລິຍາ. ທາດລະລາຍທີ່ໄດ້ຈະເປັນສີນ້ຳຕານ ມີລັກສະນະແຫຼວ-ໜຽວ ດັ່ງຮູບທີ 2 ຂະບວນການສະກັດທາດລະລາຍໂຊດຽມຊີລິເກດຈາກເຖົ່າແກບ.

ຮູບທີ 2 ຂະບວນການສັງເຄາະທາດລະລາຍ Na₂SiO₃ ຈາກເຖົ່າແກບ

- ການກຽມຕົວຢ່າງ: ປະສົມຊາຍ, ເຖົ່າລອຍ, ເຖົ່າແກບ ໃຫ້ເປັນເນື້ອດຽວກັນ ຫຼັງຈາກນັ້ນ, ຕື່ມທາດລະລາຍໂຊດຽມຊີລິເກດ ແລະ ໂຊດຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌ ຄົນໃຫ້ເຂົ້າກັນ. ເທໃສ່ແມ່ແບບຮູບທໍ່ກົມ ທີ່ເຄືອບຜິວດ້ວຍນ້ຳມັນ ເພື່ອກັນການຕິດ, ສັ່ນໃຫ້ສ່ວນປະສົມໄດ້ລົງເຕັມແບບ, ປິດດ້ວຍແຜ່ນຢາງພລາສຕິກ ເພື່ອກັນ

ແກບດຳ ແລະ ເຖົ່າລອຍ ໄດ້ຜ່ານຂະບວນການປັບປຸງຄຸນະພາບ ດ້ວຍການບິດ ແລະ ເຂົງຜ່ານຕະແກງເບີ 325 ເຊິ່ງຈະໄດ້ຂະໜາດເມັດອະນຸພາກນ້ອຍກວ່າ ຫຼື ເທົ່າກັບ 45 µm . ວັດຖຸດິບເຖົ່າລອຍຈາກໄດ້ຜ່ານການສຶກສາອົງປະກອບທາງເຄມີ ດັ່ງສະແດງໃນຕາຕະລາງທີ 1

ການລະເຫີຍນ້ຳ, ເກັບໄວ້ໃຫ້ແຫ້ງປະມານ 24h ຈຶ່ງແກະແບບ. ພາຍຫຼັງແກະແບບ ຍັງຕ້ອງໄດ້ເກັບຮັກສາຕົວຢ່າງໃນອຸນຫະພູມຫ້ອງ ແລະ ໃຊ້ ພລາສຕິກໜຽວຄຸມປະໄວ້ລໍຖ້າຕົວຢ່າງແຫ້ງສົມບູນ ໃຊ້ເວລາ 2-3 ວັນ ຈຶ່ງນຳໄປເຂົ້າອົບດ້ວຍເຕົາອົບໄຟຟ້າ.



ຮູບທີ 3 ຂະບວນການປະສົມ ຂຶ້ນຮູບຕົວຢ່າງໂອໄຟລິເມີດ

ຕົວຢ່າງທັງໝົດໄດ້ກຳນົດອັດຕາສ່ວນປະສົມ ຕາມອັດຕາສ່ວນຂອງ ເຖົ່າແກບຕໍ່ເຖົ່າລອຍ ໂດຍໃຊ້ຄື: 100:0, 90:10, 80:20 ແລະ 70:30. ອັດຕາສ່ວນການສ້າງຕົວຢ່າງໄດ້ສະແດງໃນຕາຕະລາງ 2.

ຕາຕະລາງ 2 ອັດຕາສ່ວນຕົວຢ່າງ ປ່ຽນແປງອັດຕາເຖົ່າແກບ ແລະ ເຖົ່າລອຍ

ລະຫັດ	ເຖົ່າລອຍ (%)	ມວນສານ (g)				Na ₂ SiO ₃	NaOH
		ຊາຍ	ເຖົ່າລອຍ	ເຖົ່າແກບ			
100AF0.5	100	180	90	0	21	42	
100AF1	100	180	90	0	31.5	31.5	
100FA1.5	100	180	90	0	38.5	25.5	
90FA0.5	90	180	81	9	21	42	
90FA1	90	180	81	9	31.5	31.5	
90FA1.5	90	180	81	9	38.5	25.5	
80FA0.5	80	180	72	18	21	42	
80FA1	80	180	72	18	31.5	31.5	

80FA1.5	80	180	72	18	38.5	25.5
70AF0.5	70	180	63	27	21	42
70FA1	70	180	63	27	31.5	31.5
70FA1.5	70	180	63	27	38.5	25.5

3.2 ການສຶກສາຄຸນສົມບັດທາງກາຍະພາບ ແລະ ທາງກົນລະສາດ
- ທົດສອບການດູດຊຶມນ້ຳ ແລະ ຄວາມໜາແໜ້ນ: ໄດ້ນຳໃຊ້
ອຸປະກອນ ຊຸດທົດລອງພື້ນຖານເຊິ່ງປະກອບດ້ວຍ ຊິງສັງດິຈິ
ຕອນ, ຖັງແຊ່ນ້ຳ ແລະ ເຄື່ອງວັດຂະໜາດ, ນຳໃຊ້ສົມຜົນ (1)
ແລະ (2) ດັ່ງລຸ່ມນີ້:

$$A = \frac{M-D}{D} \times 100 \quad (1)$$

A ແມ່ນເປີເຊັນການດູດຊຶມນ້ຳມີຫົວໜ່ວຍ (%)

M ມວນສານຕົວຢ່າງປຽກມີຫົວໜ່ວຍ (g)

D ມວນສານຕົວຢ່າງແຫ້ງມີຫົວໜ່ວຍ (g)

$$D = \frac{M}{V} \quad (2)$$

D ຄວາມໜາແໜ້ນວັດຖຸຕົວຢ່າງ (g/cm³)

M ມວນສານວັດຖຸຕົວຢ່າງ (g)

V ບໍລິມາດວັດຖຸຕົວຢ່າງ (cm³)

- ການທົດສອບແຮງໜົບ: ໄດ້ໃຊ້ເຄື່ອງແຮງໜົບໄຮໂດ
ລິກທີ່ມີຄວາມແຮງສູງສຸດ 10 ໂຕນ ແລະ ນຳໃຊ້ສົມ
ຜົນ (3) ຄິດໄລ່ຫາຄວາມກົດດັນທີ່ເກີດຂຶ້ນກັບຕົວຢ່າງ

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (3)$$

σ ຄວາມກົດດັນ ມີຫົວໜ່ວຍເປັນເມກາປາສການ
(MPa), ເຮົາມີ $1 \text{ MPa} = 106 \text{ N/m}^2$

F ຄວາມແຮງທີ່ໃຊ້ເຊິ່ງມີທິດຕັ້ງສາກກັບໜ້າຕັດ
ຂອງວັດຖຸຕົວຢ່າງ ຫົວໜ່ວຍເປັນ (N).

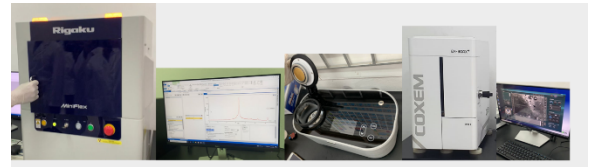
A_0 ແມ່ນເນື້ອທີ່ໜ້າຕັດເຕີ ມຂອງວັດສະດຸ ຫົວໜ່
ວຍເປັນ m²

3.3 ການສຶກສາດ້ານສັນຖານວິທະຍາ ແລະ ຄວາມລະອຽດ

- ການທົດລອງດ້ວຍ XRD: ໄດ້ນຳໃຊ້ຜົງເມັດຝຸ່ນຈາກການບົດ
ລະອຽດກ່ອນຕົວຢ່າງ ນຳໄປທົດລອງດ້ວຍເຄື່ອງ XRD ຮຸ້ນ
Rigaku Miniflex No.BD6900051-01 ໂດຍໃຊ້ລະດັບ
ໄຟຟ້າ 40kV, 15mA; ມຸມສະແກນ 2 θ , ໄລຍະສະແກນ 5-40°
, ແລະ ຄວາມໄວຂອງການສະແກນ 10°/min.

- ທົດລອງດ້ວຍ SEM: ການທົດລອງນີ້ໃຊ້ ເຄື່ອງວັດແທກ
Coxem Em-30AX+. ເຊິ່ງຕົວຢ່າງທີ່ນຳໄປທົດລອງໄດ້ ຕັດເປັນ
ແຜ່ນບາງນ້ອຍ ແລະ ເຄືອບຜິວດ້ວຍເຄື່ອງເຄືອບເພື່ອເພີ່ມປະສິດ
ຕິພາບຂອງການທົດທອງ.

ການທົດລອງທັງ 2 ໄດ້ປະຕິບັດທີ່ຫ້ອງທົດລອງຂອງ
ພາກວິຊາພາກວິຊາ ວິສະວະກຳວັດສະດຸສາດ, ຄະນະວິສະວະກຳ
ສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລສຸພານຸວົງ.

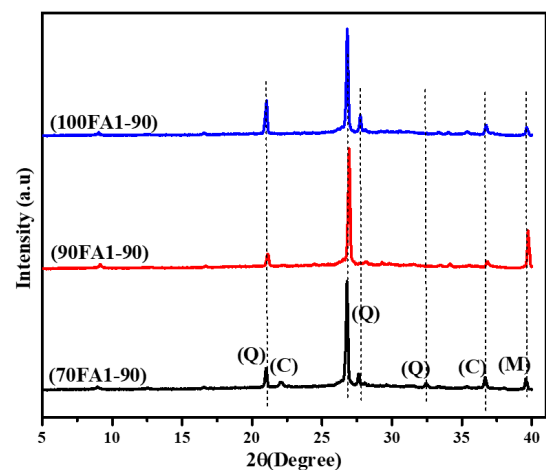


ຮູບທີ 4 ເຄື່ອງທົດລອງ XRD ຮຸ້ນ Rigaku Miniflex
No.BD6900051-01 ແລະ SEM ຮຸ້ນ Coxem Em-
30AX+

4. ຜົນການຄົ້ນຄວ້າ

4.1 ຜົນການທົດລອງດ້ວຍ XRD

ຈາກການສຶກສາຄຸນສົມບັດທາງສັນຖານວິທະຍາດ້ວຍ
ເຄື່ອງວັດ XRD ຂອງຕົວຢ່າງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທີ່ອັດຕາສ່ວນການ
ປະສົມເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຖົ້າແກບແຕກກ່າງກັນ ໂດຍລຸດ
ປະລິມານເຖົ້າລອຍຈາກ 100, 90 ແລະ 70 ສ່ວນຮ້ອຍ ຕາມລຳ
ດັບ (100FA1-90, 90FA1-90, 70FA1-90). ຜົນການທົດ
ລອງໄດ້ຕັ້ງສະແດງໃນ ຮູບທີ 5 ຈາກຜົນການທົດລອງເຫັນໄດ້ວ່າ
ມີເສັ້ນສູງ (peaks) ປະກົດຂຶ້ນທັງໝົດ 7 ຈຸດ ໃນຕຳແໜ່ງຕ່າງໆ
ລະຫວ່າງ 20°-40°, ເຊິ່ງສາມາດກຳນົດເສັ້ນສູງດັ່ງກ່າວໄດ້
ຕາມຕຳແໜ່ງ ແລະ ລັກສະນະສະເພາະຄື: ເສັ້ນສູງທີ່ມາຈາກໂຄງ
ສ້າງມະນີຂອງ SiO₂ ທີ່ມີໃນເຖົ້າແກບ ແລະ ເຖົ້າລອຍຈຳນວນ
ຫຼາຍ (Muangtong, konggpun, & Nekhamanurak, 2014)
ເຊິ່ງພົບໃນຮູບແບບ ແຮ່ຄວກ (Q: Quartz) ທີ່ຕຳແໜ່ງ 21°,
26.8°, 27.6° ແລະ 32.4°; ແລະ ແຮ່ຄຣິໂຕບັນລາຍ (C:
Cristobalite) ທີ່ຕຳແໜ່ງ 22.05°, 36.67°. ນອກນັ້ນຍັງພົບ
ແຮ່ມຸລາຍ (M: Mullite) ໃນຕຳແໜ່ງ 39.7°

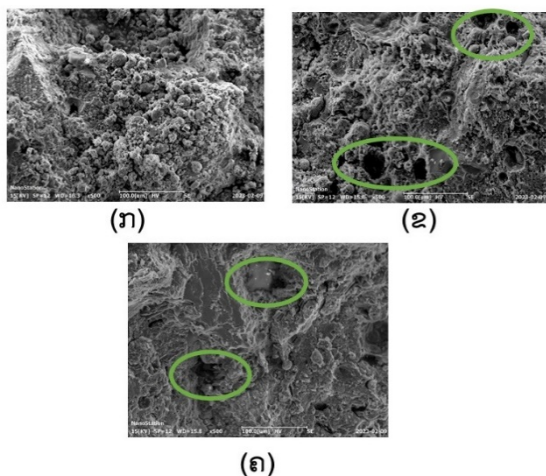


ຮູບທີ 5 ເສັ້ນສະແດງ XRD ຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ທີ່ແຕກຕ່າງກັນ
ທາງອັດຕາສ່ວນຂອງ ເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຖົ້າແກບ

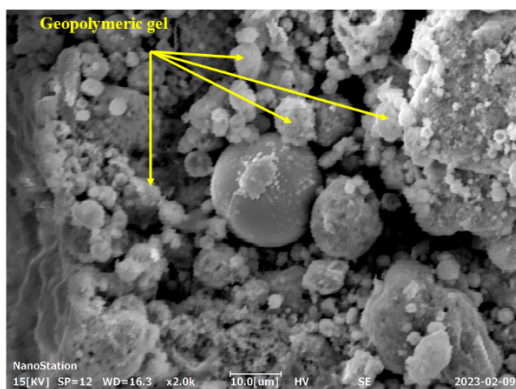
4.2 ຜົນການທົດລອງດ້ວຍ SEM

ຂໍ້ມູນຈາກ SEM ເປັນໜຶ່ງໃນຂໍ້ມູນຈາກເຄື່ອງມືທີ່ໜ້າ
ເຊື່ອຖື ແລະ ເປັນລະບົບການກວດສອບວິເຄາະລັກສະນະທາງຈຸ
ລະພາບຂອງວັດຖຸແຂງໄດ້ດີ, ຄຸນສົມບັດທີ່ສຳຄັນຂອງ SEM ຄື
ສາມາດຮູ້ໄດ້ຄວາມລະອຽດຂຶ້ນສູງຂອງພື້ນຜິວຕົວຢ່າງທີ່ກວດ

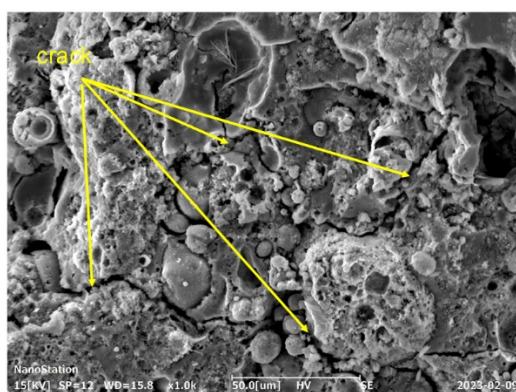
ສອບ. ດັ່ງຮູບທີ 6 ສະແດງພາບ SEM ຂອງຕົວຢ່າງ ຈີໂອໂຟລີເມີຣ໌ທີ່ໄດ້ຈາກ ເຖົາລອບ ແລະ ເຖົາແກບ ເຊິ່ງຮູບ (ກ) ຕົວຢ່າງທີ່ມີປະລິມານເຖົາລອຍ 100%, (ຂ) ຕົວຢ່າງທີ່ມີປະລິມານເຖົາລອຍ 90% ແລະ (ຄ) ຕົວຢ່າງທີ່ມີປະລິມານເຖົາລອຍ 70%.



ຮູບທີ 6 ພາບຖ່າຍ SEM ຂອງຕົວຢ່າງຈີໂອໂຟລີເມີຣ໌ ຈາກຮູບທີ 6 ເຫັນວ່າໂຄງສ້າງຈະພາກຂອງວັດສະດຸຈີໂອໂຟລີເມີຣ໌ປະກອບມີຮູໂຄ່ງ, ມີເມັດເຖົາລອຍທີ່ເກີດປະຕິກິລິຍາ ແລະ ບໍ່ເກີດປະຕິກິລິຍາ ປະສົມກັນເປັນກຸ່ມກ້ອນ. ຈາກຮູບທີ 6 (ກ) ການເກີດປະຕິກິລິຍາເປັນຈີໂອໂຟລີເມີຣ໌ຂ້ອນຂ້າງຕໍ່າ ແລະ ການເກີດປະຕິກິລິຍາຈະຊັດເຈນຂຶ້ນເມື່ອລຸດປະລິມານເຖົາລອຍລົງ 90 ແລະ 70 ດັ່ງຮູບ 6 (ຂ), (ຄ) ຕາມລຳດັບ. ນອກນັ້ນເມື່ອປະລິມານເຖົາລອຍລຸດລົງ ພື້ນຜິວໂຄງສ້າງຈະລຽບ, ຮູໂຄງລຸດລົງ ແລະ ມີຄວາມໜາແໜ້ນຂຶ້ນທີ່ສັງເກດໄດ້.



(ຂ)



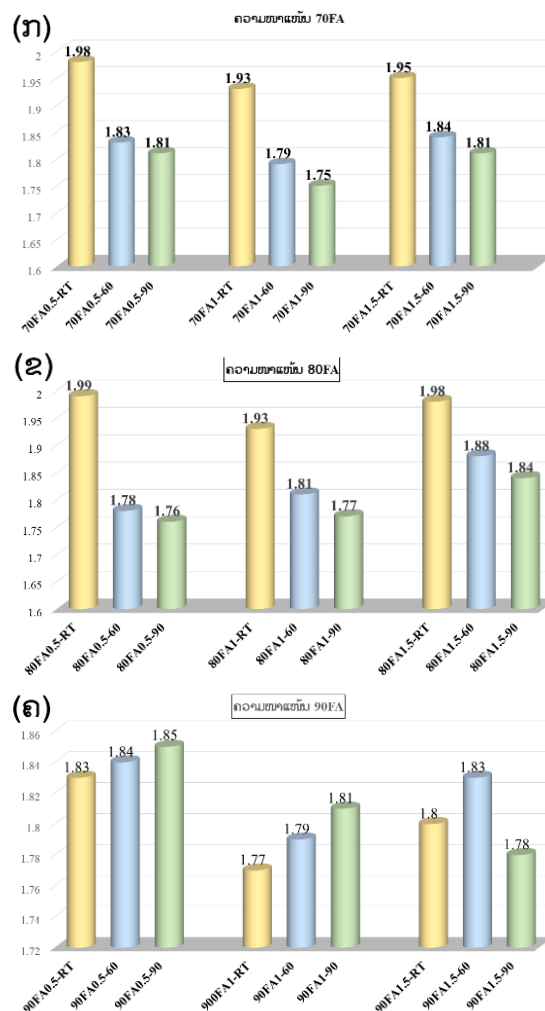
(ກ)

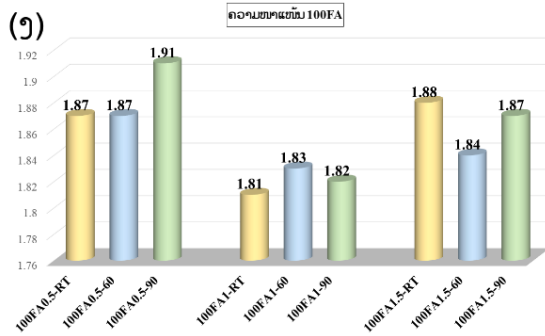
ຮູບທີ 7 ພາບຖ່າຍ SEM ໃນລະດັບການຂະຍາຍ 50 Micro ແລະ 10 Micro

ເມື່ອລະດັບການຂະຫຍາຍເພີ່ມຂຶ້ນ ເຮົາຈະສັງເກດເຫັນຄວາມຊັດເຈນຂອງໂຄງສ້າງຂຶ້ນເຊັ່ນ ໃນລະດັບ 50 Micro ຮູບທີ 7 (ກ) ຈະເຫັນຮອຍແຕກແຫງຈຳນວນຫຼາຍໃນກ້ອນຕົວຢ່າງ ເຊິ່ງເກີດຈາກຂະບວນການລະເຫີຍນ້ຳ ໃນຂັ້ນຕອນການອົບຕົວຢ່າງ ແລະ ໃນລະດັບ 10 Micro ຈະສັງເກດເຫັນເສດສ່ວນຕົວປະສານຈາກ ເຈວຈີໂອໂຟລີເມີຣ໌ ດັ່ງຮູບທີ 7 (ຂ) ແລະ ບໍ່ເຫັນການເກີດມະນີ (crystals).

4.3 ຜົນການທົດລອງຄຸນສົມບັດທາງກົນລະສາດ

- ຄວາມໜາແໜ້ນ: ໂດຍຜ່ານຂະບວນການທົດລອງທີ່ໃຊ້ລຳລັບກ້ອນວັດສະດຸຈີໂອໂຟລີເມີຣ໌ ເຊິ່ງເປັນການຫາຄ່າຄວາມໜາແໜ້ນຂອງກ້ອນຕົວຢ່າງໃນແຕ່ລະອັດຕາສ່ວນ ແລະ ອຸນຫະພູມ ປຶ້ມທີ່ຕ່າງກັນ, ຜົນທັງໝົດໄດ້ສະແດງໃນຮູບທີ 8.

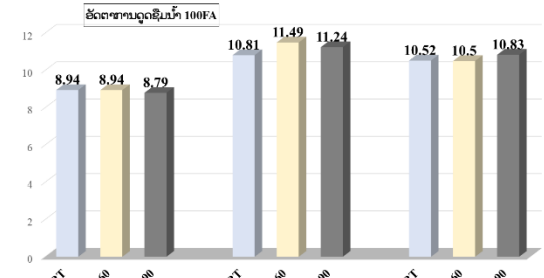
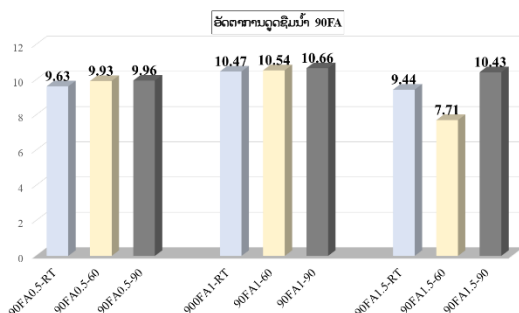




ຮູບທີ 8 ຄວາມໜາແໜ້ນຂອງກຸ່ມຕົວຢ່າງທີ່ແຕກຕ່າງກັນທາງ ອັດຕາສ່ວນເຖົ້າລອຍ ແລະ ອຸນຫະພູມອົບ

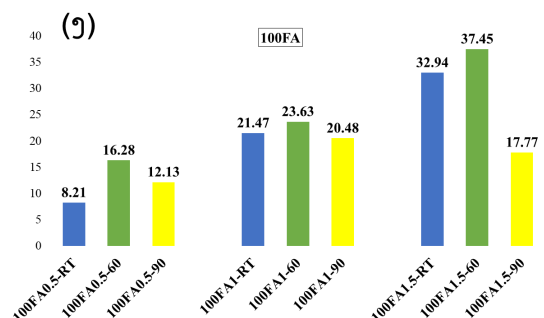
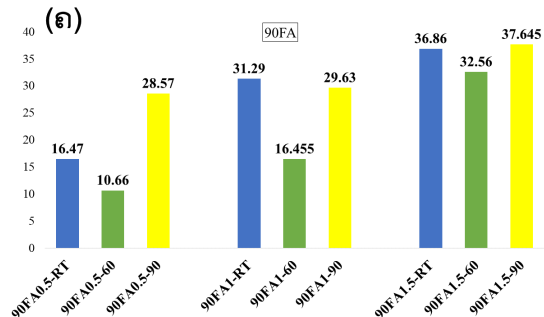
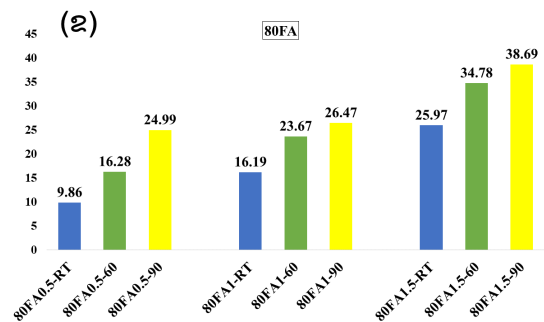
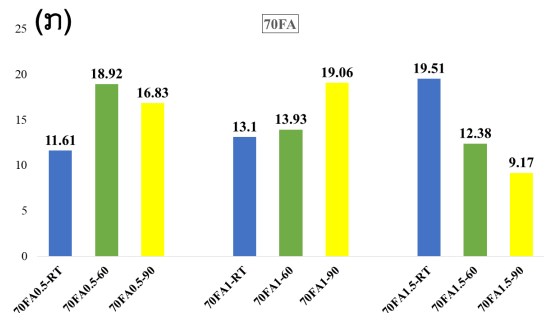
ຈາກຜົນການທົດລອງຄວາມໜາແໜ້ນຂອງຈີໂອໄຟລີ ເມີຣ໌ ດັ່ງຮູບທີ 8 ເຫັນວ່າຄວາມໜາແໜ້ນຂອງວັດສະດຸຈີໂອໄຟລີ ເມີຣ໌ຈະມີຄ່າຢູ່ໃນຊ່ວງ 1.75-1.99 g/cm³. ເຊິ່ງຄວາມໜາແໜ້ນ ສູງສຸດທີ່ໄດ້ເທົ່າ 1.99 g/cm³ ແມ່ນຄ່າຂອງກຸ່ມຕົວຢ່າງທີ່ມີອັດຕາ ສ່ວນເຖົ້າລອຍຕໍ່ເຖົ້າແກບ 80 ສ່ວນຮ້ອຍ, ໂດຍມີອັດຕາສ່ວນ ທາດລະລາຍໂຊດຽມຊີລິເກຕ ແລະ ໂຊດຽມໄຮດຣອກໄຊດ໌ເທົ່າ 1. ໃນນັ້ນກຸ່ມຕົວຢ່າງ 70FA ດັ່ງຮູບ 8 (ກ) ຈະມີຄວາມໜາ ແໜ້ນສູງ ອົບທີ່ອຸນຫະພູມຫ້ອງ ແລະ ອົບອຸນຫະພູມຕໍ່າ. ແຕ່ ກົງກັນຂ້າມ, ໃນກຸ່ມ 90FA ແລະ 100FA ຄວາມໜາແໜ້ນເພີ່ມ ຂຶ້ນເມື່ອອົບທີ່ອຸນຫະພູມສູງຂຶ້ນ ດັ່ງຮູບທີ 8 (ຄ) ແລະ (ງ).

- ການດູດຊຶມນ້ຳ: ຜົນການທົດລອງອັດຕາການດູດຊຶມນ້ຳ ເຫັນວ່າຢູ່ໃນຊ່ວງລະຫວ່າງ 8-11%, ໃນນັ້ນ ກຸ່ມຕົວຢ່າງທີ່ມີ ປະລິມານເຖົ້າລອຍຕໍ່າ ຂ້ອນຂ້າງມີຄ່າການດູດຊຶມນ້ຳຕໍ່າໃນ ອຸນຫະພູມອົບຂອງຫ້ອງ, ກົງກັນຂ້າມເມື່ອຖືກອົບທີ່ອຸນຫະພູມ ສູງຂຶ້ນ ຄ່າການດູດຊຶມນ້ຳກໍ່ເພີ່ມຂຶ້ນ, ສ່ວນກຸ່ມຕົວຢ່າງທີ່ມີ ປະລິມານເຖົ້າຫຼາຍ ເຫັນວ່າມີຄ່າລູລົງ ແລະ ປ່ຽນແປງຕາມ ອຸນຫະພູມບົ່ມເຊັ່ນ: ໃນອຸນຫະພູມຫ້ອງຂອງຕົວຢ່າງ 90FA ແລະ 100FA ຄ່າອັດຕາການດູດຊຶມຢູ່ໃນຊ່ວງ 8-9% ເມື່ອອົບທີ່ ອຸນຫະພູມ 60 ຫຼື 90 ຈະມີຄ່າໃນຊ່ວງ 10-11% ຕາມລຳດັບ ດັ່ງ ສະແດງໃນຮູບທີ 8.



ຮູບທີ 8 ອັດຕາການດູດຊຶມນ້ຳຂອງກຸ່ມຕົວຢ່າງ 90FA ແລະ 100FA

- ແຮງໜົບ: ການທົດສອບແຮງໜົບຕົວຢ່າງທັງໝົດໄດ້ປະຕິບັດ ໃນເງື່ອນໄຂດຽວກັນ, ຜົນການທົດສອບໄດ້ສະແດງໃນຮູບທີ 9



ຮູບທີ 9 ຄ່າທົດສອບແຮງໜົບ ຂອງຈີໂອໄຟລີເມີຣ໌ຕາມອັດຕາ ສ່ວນ ແລະ ອຸນຫະພູມ

ຈາກຜົນທີ່ໄດ້ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ 9 ເຫັນວ່າຄ່າແຮງໜີບຈະຢູ່ໃນຊ່ວງລະຫວ່າງ 8.21-38.70 MPa, ໂດຍອີງໃສ່ຂໍ້ມູນຈະເຫັນວ່າ ເມື່ອອຸນຫະພູມອົບຕົວຢ່າງເພີ່ມຂຶ້ນ ຄ່າແຮງໜີບຂອງຕົວຢ່າງທັງໝົດມີແນວໂນ້ມເພີ່ມຂຶ້ນ, ເມື່ອຜິດຈາລະນາເຖິງອັດຕາສ່ວນປະສົມຂອງເຖົ້າລອຍເພີ່ມຂຶ້ນຈະເຫັນວ່າ ຄ່າແຮງໜີບກໍ່ເພີ່ມຂຶ້ນ ເຊິ່ງເຫັນຊັດເຈນໃນອຸນຫະພູມອົບທີ່ 60°C ຂອງທຸກກຸ່ມຕົວຢ່າງ, ແລະ ເມື່ອຜິດຈາລະນາເຖິງອັດຕາສ່ວນຂອງທາດລະລາຍທີ່ໃຊ້ຈະເຫັນໄດ້ວ່າ ໃນອັດຕາສ່ວນທາດລະລາຍເທົ່າກັບ 1.5 ກຸ່ມຕົວຢ່າງທັງໝົດມີແນວໂນ້ມແຮງໜີບເພີ່ມຂຶ້ນຕາມອຸນຫະພູມອົບ ແລະ ກົງກັນຂ້າມເມື່ອອັດຕາສ່ວນຂອງທາດລະລາຍຕໍ່າລົງເທົ່າ 0.5 ເຫັນວ່າຄ່າແຮງໜີບລຸດລົງຕາມອັດຕາປະສົມເຖົ້າລອຍທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນ.

5. ອະພິປາຍຜົນ

ໂດຍອີງໃສ່ຜົນການທົດລອງທາງສັນຖານວິທະຍາ ກໍ່ຄືຜົນການວັດຄ່າ XRD ແລະ SEM ເຫັນໄດ້ວ່າ ວັດສະດຸຕົວຢ່າງທີ່ໄດ້ຈາກ ເຖົ້າແກບປະສົມເຖົ້າລອຍ ແລະ ນໍ້າໃຊ້ທາດລະລາຍໂຊດຽມຊີລິເກຕ ທີ່ສະກັດຈາກເຖົ້າແກບ ເປັນຕົວເຊື່ອມປະສານເມື່ອຜ່ານຂະບວນທີ່ສົມບູນແລ້ວ ວັດສະດຸນັ້ນ ສາມາດມີໂຄງສ້າງເປັນ ວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ໄດ້. ເຊິ່ງຜົນ XRD ປະກອບມີເສັ້ນສູງ ຫຼື ພິກ (peak) ທີ່ມີລັກສະນະນ້ອຍ-ແຄບ ແລະ ສູງ ນັ້ນສະແດງເຖິງເສັ້ນສູງເອກະລັກສະເພາະ ທີ່ເປັນໂຄງສ້າງມະນີຂອງວັດສະດຸໂຟລິເມີຣ໌ (Mahdi, Hossiney & Abdullah, 2022) ແລະ ໂຄງສ້າງລັກສະນະນີ້ຈະເຮັດໃຫ້ວັດສະດຸມີຄວາມແຂງແຮງສູງກວ່າໂຄງສ້າງທີ່ເປັນອະສັນຖານ ຫຼື ເຄິ່ງມະນີ (Kornkanok Boonserm, 2018). ນອກນັ້ນ, ຈາກພາບ SEM ຍັງຢັ້ງຢືນເຖິງການກໍ່ຕົວຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ແລະ ການເກີດປະຕິກິລິຍາກາຍເປັນຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ທີ່ປ່ຽນແປງໄປຕາມອຸນຫະພູມອົບຕົວຢ່າງ (İPEK & MERMERDAŞ, 2022). ດ້ານຄຸນສົມບັດທາງກາຍຍະພາບ ແລະ ທາງກົນລະສາດ ເຫັນໄດ້ຊັດເຈນວ່າ ກຸ່ມຕົວຢ່າງທີ່ຜ່ານອຸນຫະພູມອົບທີ່ສູງຂຶ້ນ ມີແນວໂນ້ມແຂງແຮງຂຶ້ນ, ອັດຕາການດູດຊຶມນໍ້າມີຄວາມສອດຄ່ອງກັບຜົນການທົດລອງຄວາມໜາແໜ້ນ.

6. ສະຫຼຸບຜົນ

ການສຶກສາການສັງເຄາະຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ຈາກເຖົ້າແກບ ແລະ ເຖົ້າລອຍ ໃນຄັ້ງນີ້, ເປັນການສຶກສາໃນຮູບແບບການນໍາເອົາວັດຖຸຕົບຈາກທໍາມະຊາດ ກໍ່ຄືແກບດໍາ ນໍາມາສະກັດເອົາທາດ Na_2SiO_3 ເພື່ອເປັນທາດລະລາຍທໍາປະຕິກິລິຍາ ໃນການປະສົມກັບເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຫຊື້ນຮູບໃຫ້ແຂງຕົວເປັນຄອນກິດຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌. ວັດຖຸຕົບກ່ອນ ແລະ ຫຼັງການທົດລອງ ໄດ້ຜ່ານຂະບວນການວິເຄາະອົງປະກອບທາງເຄມີ, ວິເຄາະຄວາມລະອຽດຂອງພື້ນຜິວໃນລະດັບອີເລັກຕຣອນ ແລະ ວິເຄາະຄຸນລັກສະນະທາງສັນຖານວິທະຍາ. ຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທີ່ທໍາການສ້າງສໍາເລັດ ໄດ້ຂຶ້ນຮູບ

ເປັນທໍກົມ ແລະ ໄດ້ທໍາການທົດສອບຄວາມໜາແໜ້ນ, ການດູດຊຶມນໍ້າ, ແຮງໜີບ.

ຜົນການສຶກສາທາງໂຄງສ້າງຈາກການວິເຄາະ SEM ແລະ XRD ເຫັນໄດ້ວ່າ ໂຄງສ້າງສ່ວນໃຫຍ່ເປັນ ອະສັນຖານ (amorphous structure) ແຕ່ກໍ່ພົບວ່າມີມະນີຂະໜາດນ້ອຍກໍ່ຕົວຂຶ້ນເຊັ່ນ: ຄວກ, ຄຣິດໂຕບັນລາຍ ແລະ ມູລາຍ. ຈາກການປ່ຽນແປງອຸນຫະພູມອົບຕົວຢ່າງ (RT, 60, 70, 90 °C) ແລະ ອັດຕາສ່ວນຂອງເຖົ້າລອຍ ແລະ ເຖົ້າແກບ ເຮັດໃຫ້ໂຄງສ້າງພາຍໃນມີຄວາມຫຼາກຫຼາຍ ແລະ ກໍ່ໃຫ້ການເກີດວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທີ່ມີຄວາມແຂງແຮງ. ນອກນັ້ນ, ຈາກພາບຖ່າຍ SEM ຍັງໃຫ້ເຫັນເຖິງ ການປະສານເຂົ້າກັນຂອງອະນຸພາກເຖົ້າລອຍກັບສ່ວນປະສົມອື່ນ ແລະ ການກໍ່ຕົວຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ເຈວພາຍໃນຂອງຕົວຢ່າງໄດ້ຢ່າງຊັດເຈນ.

ຜົນການທົດສອບທາງກົນລະສາດຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າ ຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທີ່ສັງເຄາະຂຶ້ນມີຄວາມຄວາມໜາແໜ້ນສູງສຸດເທົ່າ 1,99 g/cm³ ແລະ ຄວາມໜາແໜ້ນມີການປ່ຽນແປງຕາມອຸນຫະພູມອົບຕົວຢ່າງ, ໃນທິດທາງດ່ຽວກັນປະລິມານການດູດຊຶມນໍ້າກໍ່ສະແດງຜົນສອດຄ່ອງກັນ. ນອກນັ້ນ, ຜົນການທົດສອບແຮງໜີບເຫັນໄດ້ວ່າ ກ່ອນຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ສາມາດທົນແຮງກົດດັນໄດ້ສູງສຸດ 38,70 MPa. ໂດຍອີງຕາມຜົນການທົດສອບທັງໝົດ ເຫັນໄດ້ວ່າ ຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທີ່ສັງເຄາະຈາກທາດລະລາຍ Na_2SiO_3 ປະສົມກັບເຖົ້າລອຍ ເຊິ່ງມີຄວາມແຂງແຮງໃນລະດັບທີ່ສາມາດໃຊ້ງານໄດ້. ສະຫຼຸບຜົນການສຶກສານີ້ເຫັນໄດ້ວ່າ ວັດສະດຸປະເພດນີ້ສາມາດນໍາໄປທົດແທນວັດສະດຸປະເພດປຸງຊີເມັນ ແລະ ຍັງເປັນມິດຕໍ່ສິ່ງແວດລ້ອມອີກ.

7. ຂໍ້ຈຳກັດຂອງການຄົ້ນຄ້ວາ

ຂໍ້ຈຳກັດ ແລະ ບັນຫາພື້ນຖານທີ່ພົບຂອງການສຶກສາວັດສະດຸຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ຄັ້ງນີ້ ຄືຂະບວນການກາຍເປັນໂຄງສ້າງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ຫຼື ການແຫ້ງຕົວຂອງຕົວຢ່າງ ຍັງໃຊ້ເວລາ ຖ້າທຽບກັບວັດສະດຸປຸງຊີເມັນ. ໃນຂະບວນການສັງເຄາະທາດລະລາຍ Na_2SiO_3 ຈາກແກບດໍາທີ່ເປັນເມັດຝຸ່ນລະອຽດ ຈຳເປັນຕ້ອງໃຊ້ເວລາໃນການສັງເຄາະໂດຍສະເພາະຂະບວນການກັ່ນຕອງເອົາທາດລະລາຍ, ຖ້າເມັດຝຸ່ນແກບດໍາມີຂະໜາດໃຫຍ່ຂຶ້ນການຕອງກໍ່ໄວ ແຕ່ຄວາມເຂັ້ມຂຸ້ນຂອງສານລະລາຍທີ່ໄດ້ຈະຕໍ່າ. ນອກນັ້ນ, ທາດລະລາຍທີ່ສັງເຄາະໄດ້ ແມ່ນບໍ່ສາມາດເກັບມຽນໃນອຸນຫະພູມຫ້ອງໄວ້ເປັນເວລາຫຼາຍວັນ ເພາະທາດລະລາຍຈະກໍ່ຕົວເປັນມະນີແຂງ. ສະນັ້ນ ເມື່ອສັງເຄາະທາດລະລາຍສໍາເລັດຄວນນໍາໃຊ້ເຂົ້າຂະບວນການປະສົມຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ທັນທີ.

ຂະບວນການກໍ່ຕົວຂອງຈີໂອໄຟລິເມີຣ໌ ພາຍຫຼັງທໍາການປະສົມກັບສ່ວນປະສົມຕ່າງໆ ແມ່ນມີໄລຍະເວລາພິສິດຄວນ ເຊິ່ງ

ຂຶ້ນກັບປະລິມານລວມຂອງຕົວຢ່າງທັງໝົດ ປະລິມານຍິ່ງຫຼາຍ
ການກໍ່ຕົວ ແລະ ການແຂງຕົວຍິ່ງໃຊ້ເວລາດົນ.

8. ຂໍ້ສະເໜີແນະ

ການສ້າງເຄາະທາດລະລາຍ Na_2SiO_3 ຈາກແກບດໍາ
ຄວນນໍາໃຊ້ອຸປະກອນທີ່ໄດ້ມາດຕະຖານ, ການເກັບມ້ຽນທາດ
ລະລາຍ Na_2SiO_3 ຄວນຢູ່ໃນອຸນຫະພູທີ່ເໝາະສົມ ຫຼື ຄວນລຶກ
ລ້ຽງໃນການເກັບໄວ້ໄລຍະຍາວ.

ຄວນສຶກສາເພີ່ມເຕີມກ່ຽວກັບຄວາມຕ້ານທານຕໍ່ທາດເຄມີ
ຫຼື ແວດລ້ອມໜັກອື່ນໆ ແລະ ຄວນສຶກສາການຄົງຕົວໃນໄລຍະ
ເວລາຍາວ ເພື່ອຄວາມເປັນໄປໄດ້ໃນການນໍາໃຊ້ໃນຊີວິດປະຈຳ
ວັນ.

10. ເອກະສານອ້າງອີງ

- Anuj Kumar, S. K. (2013). Development of paving blocks from synergistic use of red mud and fly ash using geopolymerization. *Construction and Building Materials*, 865-871.
- Baoulam, A., & Boonserm, K. (2018). Synthesis of Geopolymer from Phimai Soil with Fly Ash. *KMUTT R&D Journal*, 465-474.
- Davidovits, J. (1991). geopolymers Inorganic polymeric new materials. *Journal of Thermal Analysis*, 1633-1656.
- Detphan, S., & Chindaprasirt, P. (2009). Preparation of fly ash and rice husk ash geopolymer. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 720-726.
- İPEK, S., & MERMERDAŞ, K. (2022). Engineering properties and SEM analysis of eco-friendly geopolymer . *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 95-107.
- kiatsuda Somna Ratsapon Somna. (2020). Geopolymer pavement block from fly ash and palm oil fuel ash. *The 25th National Convention on Civil Engineering* (pp. MAT31-1 MAT31-5). Chonburi, Thailand: The 25th National Convention on Civil Engineering.
- Kornkanok Boonserm. (2018). Synthesis of Geopolymer from Phimai Soil with Fly Ash. *Research and Development Journal, MJU*, 465-474.
- Liew Yun Ming, Mohd Mustafa Al Bakri Abdullah. (2018). Clay-Based Materials in Geopolymer Technology. Liew Yun Ming, Heah Cheng Yong and Mohd Mustafa Al Bakri Abdullah*, *Cement Based Materials* (pp. 241-264). Peris: Center of Excellence Geopolymer & Green Technology, School of Materials Engineering, .
- Mahdi, S. N., Hossiney, N., & Abdullah, M. M. A. B. (2022). Strength and durability properties of geopolymer paver blocks made with fly ash and brick kiln rice husk ash. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00800.
- Muangtong, P., kongpun, T., & Nekhamanurak, B. (2014). *Influence of Pozzolan Materials, Agricultural Waste, on Mechanical Properties of Soil-Cement Brick*. Nakhon Pathom: Rajamangala University of Technology Rattanakosin.
- Natt Makul Burachat Chatveera. (2012). Properties of Geopolymer Mortar Produced from Fly Ash and Rice Husk Ash: Influences of Fly Ash-Rice Husk Ash Ratio and Na_2SiO_3 - NaOH ratio under curing by Microwave energy. *Research and Development Journal, MJU*, 299-310.
- Wan Mastura Wan Ibrahim, Kamarudin Hussin, Mohd Mustafa Al Bakri Abdullah, & Aeslina Abdul Kadir. (2017). Geopolymer lightweight bricks. *AIP Conference Proceedings* (pp. 20084-1 20084-10). Kaohsiung City, Taiwan: AIP publishing.
- Zain, H. (2017). Review on Various Types of Geopolymer Materials with the Environmental Impact Assessment. *MATEC Web of Conferences* 97 (p. 01021). Malaysia: MATEC Web of Conferences.
- Zhuang XY, Chen L. (2016). Fly Ash-based Geopolymer: Clean Production, Properties and Applications. *Journal of Cleaner Production*, 253-267.

9. ຄໍາຂອບໃຈ

ທີມງານຄົ້ນຄວ້າຂໍສະແດງຄວາມຮູ້ບຸນຄຸນຄະນະ
ວິທະຍາສາດທຳມະຊາດ ກໍ່ຄືມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ ທີ່
ໃຫ້ການສະໜັບສະໜູນ ແລະ ໃຫ້ງົບປະມານໃນການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງ
ນີ້. ຂໍຂອບໃຈ ຄະນະນຳ ແລະ ຄູ-ອາຈານ ພາກວິຊາວິສະວະກຳ
ວັດສະດຸສາດ, ຄະນະວິສະວະກຳສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລສຸພານຸ
ວົງ ທີ່ໃຫ້ຄວາມຊ່ວຍເຫຼືອທາງດ້ານອຸປະກອນທົດລອງໃນການ
ທົດສອບຕົວຢ່າງ ແລະ ເກັບກຳຂໍ້ມູນຕ່າງໆ.