

ວາລະສານວິທະຍາສາດມະຫາວິທະຍາໄລສຸພານຸວົງ, ຄົ້ນຄວ້າວິໄຈສະຫະສາຂາວິຊາ, ວາລະສານເປີດກວ້າງ
ສະບັບທີ 6, ເຫຼັ້ມທີ 2, ກໍລະກົດ - ທັນວາ 2020, ເລກທະບຽນ ISSN 2521-0653

ການໃຊ້ວິທີທາງໄຟໄຟໄຟໃນອິລິເມັ້ນໃນການສ້າງແບບຈໍາລອງຄວາມດັນນໍ້າສໍາລັບເຂື່ອນດິນແປງສ່ວນ

ຈາກການກວດສອບວັດແທກໃນສະໜາມ¹

ພຸດທະມາລາ ສິດທິວົງ², ທະວັດໄຊ ຕົ້ນໄຊສະຫວັດ, ສິຣິກັນຍາ ເລົາສຸວັນ, ສຸກສະຫັວດ ລໍສະຫັວນ,
ກອງແສງ ສິມມະວົງ ແລະ ບຸນຊະນະ ຈັນສະຫວ່າງ

ພາກວິຊາວິສະວະກໍາໂຍທາ, ຄະນະວິສະວະກໍາສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລ ສຸພານຸວົງ.

ພາກວິຊາວິສະວະກໍາໂຍທາ, ຄະນະວິສະວະກໍາສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລ ຊຽງໃໝ່.

ພາກວິຊາເທັກໂນໂລຢີອຸດສາຫະກໍາ, ຄະນະວິທະຍາສາດ ແລະເທັກໂນໂລຢີ, ມະຫາວິທະຍາໄລຮາດຊະພັດຊຽງໃໝ່.

ບົດຄັດຫຍໍ້

ບົດຄວາມນີ້ ເປັນການສຶກສາເຖິງການວິເຄາະແບບຈໍາລອງຄວາມດັນນໍ້າຂອງເຂື່ອນແມັງດສິມບຸນຊິນຈາກຂໍ້ມູນການກວດສອບວັດແທກໃນສະໜາມ ແລະ ການວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄຟໄຟໃນອິລິເມັ້ນໃນລະດັບຫນ່ວຍແຮງໃນ 2 ມິຕິ. ໂດຍພິຈາລະນາຈາກການປ່ຽນແປງຄ່າພາລາມິເຕີຂອງຄຸນລັກສະນະຂອງດິນທີ່ໃຊ້ໃນການກໍ່ສ້າງເຂື່ອນນໍ້າມາໃນການວິເຄາະດ້ວຍແບບຈໍາລອງ Incremental model ທັງກໍລະນີການວິເຄາະຈາກຄວາມດັນນໍ້າແບບສະຖິດສາດດ້ວຍນໍ້າໜັກຂອງຕົວເຂື່ອນເອງໃນການຈໍາລອງພຶດຕິກຳຂອງຄວາມດັນນໍ້າທີ່ເກີດຂຶ້ນພາຍໃນຕົວເຂື່ອນໂດຍນໍາຄ່າຄວາມດັນນໍ້າທີ່ເກີດຂຶ້ນຈາກການອ່ານຄ່າຄວາມດັນນໍ້າ ແລະ ການແປງຜົນຈາກເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກຄວາມດັນນໍ້າ ພິໄຊມິເຕີແບບຊະນິດໄຟຟ້າ (Electric Piezometers) ກັບການວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄຟໄຟໃນອິລິເມັ້ນໃນລະດັບແນວເສື່ອນ 2 ມິຕິໂດຍໃຊ້ແບບຈໍາລອງດິນ Elasto - Plastic ດ້ວຍແບບ Mohr-Coulomb Failure Criteria. ຈາກການວິເຄາະດ້ວຍແບບຈໍາລອງ Incremental model ໃນກໍລະນີພາຍໃຕ້ແຮງສະຖິສາດເມື່ອປຽບທຽບກັບຄວາມດັນນໍ້າທີ່ເກີດຂຶ້ນຈິງໃນຕົວເຂື່ອນ ແລະການຄາດຄະເນຄວາມດັນນໍ້າ ໃນສ່ວນບໍລິເວນດິນຖືມຕົວເຂື່ອນ. ຜົນຂອງການວິເຄາະຈາກແບບຈໍາລອງ Incremental model ຈະເຫັນໄດ້ຊັດເຈນວ່າຄວາມຊືມນໍ້າຂອງດິນຈະມີຜົນຕໍ່ການປ່ຽນແປງຄ່າຄວາມດັນນໍ້າ. ຜົນຂອງການປຽບທຽບຄ່າຄວາມດັນນໍ້າທີ່ມີການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງກວດສອບວັດແທກແບບ (Electric Piezometers) ຕໍາແໜ່ງຕ່າງໆ ແລະ ຄ່າຄວາມດັນນໍ້າທີ່ວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄຟໄຟໃນອິລິເມັ້ນກໍລະນີສະຖິສາດ. ເມື່ອພິຈາລະນາເຖິງຜົນຂອງຄວາມດັນນໍ້າທີ່ເພີ່ມຂຶ້ນ ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່ານໍ້າສາມາດທີ່ຈະໄຫຼເຂົ້າໄປໃນມວນດິນທີ່ເປັນມວນປະສົມກັນ (Random Zone) ສ່ວນແຖນກາງເຂື່ອນ (Core Zone) ແລະ ຕິດກັບຮາກຖານເຂື່ອນເປັນຈຸດທີ່ມີນໍ້າໄຫຼຊືມຜ່ານຕະຫຼອດເປັນແບບຄົງທີ່. ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ຄວາມດັນນໍ້າມີຄ່າເພີ່ມຫຼາຍຂຶ້ນຕາມຄວາມເລິກຂອງຕົວເຂື່ອນ.

ຄໍາສໍາຄັນ:

ຄວາມດັນນໍ້າໃນເຂື່ອນ, ແບບຈໍາລອງ 2 ມິຕິ, ໄຟໄຟໄຟໃນອິລິເມັ້ນ, ພຶດຕິກຳຂອງຄວາມດັນນໍ້າ.

¹ ການອ້າງອີງພາສາລາວ: ພຸດທະມາລາ ສິດທິວົງ ແລະ ຄະນະ. (2020). ການໃຊ້ວິທີທາງໄຟໄຟໄຟໃນອິລິເມັ້ນໃນການສ້າງແບບຈໍາລອງຄວາມດັນນໍ້າສໍາລັບເຂື່ອນດິນແປງສ່ວນຈາກການກວດສອບວັດແທກໃນສະໜາມ, ວາລະສານວິທະຍາສາດມະຫາວິທະຍາໄລ ສຸພານຸວົງ, ສະບັບທີ 6, ເຫຼັ້ມທີ 2, ໜ້າທີ: 161 – 175.

² ຕິດຕໍ່ຜົວຜົນ:

ພຸດທະມາລາ ສິດທິວົງ, ພາກວິຊາວິສະວະກໍາໂຍທາ, ຄະນະວິສະວະກໍາສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລ ສຸພານຸວົງ.

Tel: +856 020 56253535, E-mail: phouthamala.cmu@gmail.com

The Usage of Finite Element Method (FEM) of Pore Water Pressure

Simulation for Earth Fill Dam from Field Investigation

**Phouthamala SITTHIVONG³, Tawatchai TANCHAISAWAT, Sirikanya LAOSUWAN,
Souksavath LORSAVANH, Khongseng SIMMAVONG and Bounsana CHANSAVANG**

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Souphanouvong University

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

*Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat
University*

ABSTRACT

This research paper investigated the analysis of the pore water pressure model at Mae Ngat Somboon Chon Dam. Data were collected from field instrumentation and finite element method analysis of 2D plane strain non-linear by considering the parameters of the soil properties at the dam's construction. The Incremental Model was applied to analyze both the static analysis under hydrostatic pressure and the self – weight analysis. In order to simulate the behavior of water pressure that occurs within the dam, field instrumentation of electric piezometer, which the study adopted plane strain non-linear finite element analysis. The Elasto-Plastic with Mohr Coulomb failure criteria was used in soil properties of modelling in 2D plain strain mode, sensitivity analysis of soil properties at random zone were performed by mean of back calculation in hydrostatic condition and under hydrostatic pressure. From the analysis of the Incremental Model under the static pressure compared to the actual dam and estimated pore water pressure from a 2D simulation with Finite Element Method. In the area of embankment dam to find the nearest field instrumentation of electric piezometer pore water pressure. It can be concluded that the appropriate soil parameters used in finite element analysis can be predicted well compared to field instrumentation. Furthermore, the value permeability has effected pores water pressure by finite element analysis. The comparison result of the pore water pressure that is installed by the detector Electric Piezometer at any locations and the pore water pressure that analyze by finite element shows that the water is able to flow into the soil in the Random Zone and Core Zone of the dam, which is adjacent to the Foundation of dam, where the water has passed through the static. This causes the water pressure increased as point where the water passes through the constant.

Keywords:

Pore water pressure in the dam, the simulate 2D modeling, Finite Elements Method (FEM), the behavior of pore water pressure.

³ Correspondence:

Phouthamala Sitthivong, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Souphanouvong University.
Tel: +856 020 56253535, E-mail: phouthamala.cmu@gmail.com

1. ພາກສະເໜີ

ຄວາມດັນນໍ້າໃນເຂື່ອນດິນເປັນພາລາມິເຕີທີ່ສໍາຄັນ ໃນການວິເຄາະການສ້າງແບບຈໍາລອງຄວາມດັນນໍ້າໃນເຂື່ອນດິນຈາກຂໍ້ມູນການກວດສອບວັດແທກໃນສະໜາມ, ເນື່ອງຈາກເຂື່ອນດິນໃນປະເທດ ສ່ວນໃຫຍ່ເກີດຈາກປະລິມານນໍ້າຫລາຍກວ່າປົກກະຕິ ແລະລະດັບນໍ້າເພີ່ມຂຶ້ນ ຫຼື ລຸດລົງຜິດປົກກະຕິ. ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ຄວາມດັນນໍ້າ ພາຍໃນຕົວເຂື່ອນດ້ານໜ້າເຂື່ອນເໜືອນໍ້າ ແລະ ຫຼັງເຂື່ອນທ້າຍນໍ້າ ການເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະ ການລຸດລົງຢ່າງໄວວາເປັນສາເຫດ ໃຫ້ມີພາລາມິເຕີທີ່ສໍາຄັນຂອງການວິບັດຂອງການໄຫຼຊຶມຜ່ານຂອງນໍ້າໃນດິນທີ່ເຮັດໃຫ້ເກີດມີ Piping ແລະ Erosion ໃນປະຈຸບັນການສຶກສາຄວາມສໍາພັນຂອງແບບຈໍາລອງຄວາມດັນນໍ້າໃນເຂື່ອນມີບໍ່ຫຼາຍເທົ່າທີ່ຄວນ. ໂດຍສະເພາະແມ່ນການສຶກສາຄວາມດັນນໍ້າ (Pore Water Pressure) ການໄຫຼຊຶມຜ່ານ (Seepage Flow) ເຊິ່ງກ່ຽວຂ້ອງກັບຄຸນລັກສະນະຂອງດິນໃນສະພາວະອົມຕົວດ້ວຍນໍ້າ (Degree of saturate soil) ທີ່ມີຄວາມສໍາພັນໃນການວິເຄາະຄວາມດັນນໍ້າຂອງເຂື່ອນດິນໃນສະພາວະປົກກະຕິ.

ບົດຄວາມນີ້ແມ່ນການນໍາສະເໜີຜົນງານການກວດສອບການວັດແທກຜິດຕິກໍາຄວາມດັນນໍ້າໃນເຂື່ອນດິນຈາກຂໍ້ມູນການກວດສອບວັດແທກໃນສະໜາມ. ໂດຍເຄື່ອງມືວັດແທກ Piezometers ໃນລະຫວ່າງການເກັບກັກນໍ້າ ຂອງການເພີ່ມຂຶ້ນ ແລະ ລຸດລົງຂອງລະດັບນໍ້າທີ່ສາມາດອ່ານຄ່າໄດ້ຈາກເຄື່ອງມືວັດແທກ Piezometers ແລະການວິເຄາະຫາຄ່າຄວາມດັນນໍ້າຂອງໜ້າຕັດເຂື່ອນຈິງໃນພື້ນທີ່ການສຶກສາບໍລິເວນຮ່ອງເລີກສຸດໃນຮູບຕັດຂວາງຂອງຕໍາແໜ່ງທີ່ Sta. 0+180 ຂອງເຂື່ອນແມັງດ ສົມບູນຊົນ. ໂດຍການສຶກສາການຈໍາລອງຂັ້ນຕອນຂອງຜິດຕິກໍາຄວາມດັນນໍ້າໃນເຂື່ອນຂອງແບບຈໍາລອງທີ່ລະດັບການເກັບກັກນໍ້າໃນອ່າງເກັບໂຕ່ງເກັບນໍ້າມີຄ່າສູງສຸດ ແລະສະພາວະອື່ນໆ ທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນບໍລິເວນພື້ນທີ່ຂອງການສຶກສາຄັ້ງນີ້ໃຫ້ ເໝືອນກັບຄວາມເປັນຈິງ.

2. ລັກສະນະຂອງເຂື່ອນ ແລະ ເຄື່ອງມື

2.1 ລາຍລະອຽດຂອງຕົວເຂື່ອນ

ເຂື່ອນແມັງດສົມບູນຊົນເປັນເຂື່ອນດິນຖິມແບ່ງສ່ວນ (Zone Earth Dam) ມີຄວາມສູງ 59 ແມັດ, ຄວາມຍາວ 1,950 ແມັດ, ສັນເຂື່ອນກວ້າງ 9 ແມັດ, ມີພື້ນທີ່ສາມາດເກັບກັກນໍ້າໄດ້ 16 ກິໂລຕາແມັດ, ສາມາດເກັບກັກນໍ້າໄດ້ສູງສຸດ 26.5 ລ້ານແມັດກ້ອນ, ມີປະລິມານນໍ້າໄຫຼເຂົ້າຕົວເຂື່ອນສະເລ່ຍປີລະ 332 ລ້ານແມັດກ້ອນ. ສໍານັກຊົນລະປະທານເຂດ 1 ໄດ້ເລີ່ມການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກຜິດຕິກໍາຄວາມດັນນໍ້າໃນສະໜາມທີ່ເປັນແບບຊະນິດ Electric Piezometers ຈໍານວນ 50 ຫົວ. (ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ່ 1-2) ໃນຕົວເຂື່ອນປະກອບດ້ວຍ 4 ສ່ວນຄື: ສ່ວນທີ 1 ແມ່ນແກນກາງຂອງເຂື່ອນ (Core Zone) ເປັນ Impervious Zone ເຊິ່ງກໍານົດໄວ້ໃຫ້ມີຄວາມແໜ້ນບໍ່ ນ ອ ຍ ກ ວ າ 98% Standard Proctor Compaction Test (SPCT). ສ່ວນທີ 2 ແມ່ນເປັນ (Random Zone) ເປັນ Pervious Zone ໃຊ້ດິນບົດອັດໃຫ້ມີຄວາມແໜ້ນບໍ່ນ້ອຍກວ່າ 95% Standard Proctor Compaction Test (SPCT). ສ່ວນທີ 3 (Miscellaneous Zone) ເປັນ Pervious Zone ຄື ກັນກັບສ່ວນທີ 2 ແຕ່ອາດມີດິນຫຼາຍຊະນິດ ທີ່ໃຊ້ຖືມບົດອັດໃຫ້ມີຄວາມໜາແໜ້ນບໍ່ນ້ອຍກວ່າ 95% Standard Proctor Compaction Test (SPCT). ສ່ວນທີ 4 ເປັນຊັ້ນກອງວັດສະດຸເປັນຫີນແຮ່ແລະຊາຍກອງແບບງຽງ (Chimney Drain) ເປັນ filter zone ໃສ່ແຮ່ປະສົມກັບຊາຍຖືມບົດອັດໃຫ້ມີຄວາມໜາແໜ້ນ ບໍ່ ນ ອ ຍ ກ ວ າ 90% Standard Proctor Compaction Test (SPCT) ແລະ ໃນສ່ວນສຸດທ້າຍສ່ວນທີ 4 ເປັນສ່ວນຂອງ Transition ກັບ Rock fill Toe ດ້ານທ້າຍເຂື່ອນ (ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ່ 1), ຄວາມຊຸ່ມຂອງດິນຢູ່ທີ່ລະຫວ່າງ $\pm 2\%$ ຂອງຄວາມຊຸ່ມທີ່ຈຸດ Optimum ຂອງດິນຊະນິດນັ້ນ ຕາມມາດຕະຖານຂອງ Proctor ສ່ວນແກນ (Core

Zoned) ແລະສ່ວນເປືອກນອກຂ້ອນຂ້າງຄ້າຍຄືກັນ ເປັນກຸ່ມ CL ແລະ ML ເປັນສ່ວນໃຫຍ່.

2.2 ການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກ ຄວາມດັນນ້ຳ Piezometer

ຄະນະວິໄຈໄດ້ເລີ່ມການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກຄວາມດັນນ້ຳປະເພດ (Electric Piezometers) ທີ່ໄດ້ບັນທຶກໄວ້ໃນຕຳແໜ່ງແກນກາງຂອງຮ່ອງເລິກທີ່ສຸດໃນຕົວເຂື່ອນບໍລິເວນ Sta.0+180 ລວມທັງໝົດ 50 ຕຳ ແໜ່ງ ໂດຍເລີ່ມຕຳແໜ່ງຢູ່ລິເວນຮາກຖານທີ່ລະດັບບໍລິເວນຄວາມສູງ + 326,000 (MSL) ເຖິງ + 396,000 (MSL). ເຊິ່ງການພິຈາລະນາຂອງການສຶກສານີ້ ໄດ້ເລືອກການຈຳລອງເລີ່ມຈາກດ້ານເໜືອເຂື່ອນ (Upstream U/S) ເຄື່ອງມືວັດແທກພຶດຕິກຳຄວາມດັນນ້ຳທີ່ໃຊ້ໃນເຂື່ອນສາມາດບັນທຶກຄ່າແບບ (Real Time) ໄດ້ຕະຫຼອດເວລາທຸກຕຳແໜ່ງໃນສ່ວນຕ່າງໆ ຂອງເຂື່ອນ ແລະ ບໍລິເວນຮາກຖານ, ແຕ່ສ່ວນຂອງເຂື່ອນທີ່ເປັນ (Core Zoned) ເປັນ Impervious Zone ແລະ ສ່ວນຕຳແໜ່ງທີ່ສູງກວ່າ + 326,000 (MSL) ໃນດ້ານທ້າຍເຂື່ອນ (Downstream D/S) ມີຄວາມດັນນ້ຳໃນຊ່ອງວ່າງສາມາດກວດວັດແທກໄດ້ບາງຕຳແໜ່ງເປັນສູນ ແລະ ບາງຕຳແໜ່ງມີຄ່ານ້ອຍຫຼາຍ, ດັ່ງນັ້ນ ງານວິໄຈນີ້ຈຶ່ງໄດ້ຈຳລອງພຶດຕິກຳຄວາມດັນນ້ຳໄດ້ທັງ 3 ພາກສ່ວນຂອງຕົວເຂື່ອນ.

2.3 ຄຸນລັກສະນະທາງດ້ານວິສະວະກຳວັດສະດຸຖົມຕົວເຂື່ອນ

ເຂື່ອນດິນຖົມແກນດິນໜຽວທີ່ໃຊ້ໃນການສຶກສາ ຄັ້ງນີ້ມີການບັນທຶກຂໍ້ມູນຢ່າງລະອຽດທັງໃນໄລຍະເວລາການກໍ່ສ້າງ ແລະ ຊ່ວງເວລາເກັບກັກນ້ຳຄຸນລັກສະນະທາງດ້ານສະຖິດສາດຂອງວັດສະດຸຕົວເຂື່ອນ ໄດ້ມາຈາກຜົນການທົດສອບໃນພາກສະໜາມ ແລະ ຫ້ອງທົດລອງ ລວມທັງໄດ້ມາຈາກການອ້າງອີງຂໍ້ມູນລະຫວ່າງການກໍ່ສ້າງ ແລະ ຂໍ້ມູນງານວິໄຈຕ່າງໆ ເຊິ່ງໄດ້ລວບລວມນຳມາວິເຄາະເພື່ອເລືອກໃຊ້ຂໍ້ມູນທີ່ເປັນຕົວແທນຂອງວັດສະດຸໃນສະພາບປະຈຸບັນ ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ສາມາດກຳນົດຄຸນລັກສະນະໃນການສ້າງແບບຈຳລອງເປັນໄປຕາມພາລາມິເຕີແຕ່ລະຊະນິດຂອງດິນທີ່ນຳມາຖົມຕົວເຂື່ອນ ແລະ ແຕ່ລະຊັ້ນຂອງການບົດອັດດິນທີ່ໄດ້ແປຜັນຕາມຕຳແໜ່ງຄວາມເລິກຂອງເຂື່ອນຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ການສ້າງແບບຈຳລອງຕ້ອງກຳນົດຕາມພາລາມິເຕີໃນລາຍລະອຽດຄຸນລັກສະນະຂອງວັດສະດຸທີ່ປະກອບຕົວເຂື່ອນ ດັ່ງຕາຕະລາງ 1 ແລະ ຕາຕະລາງທີ 2 ລຸ່ມນີ້:

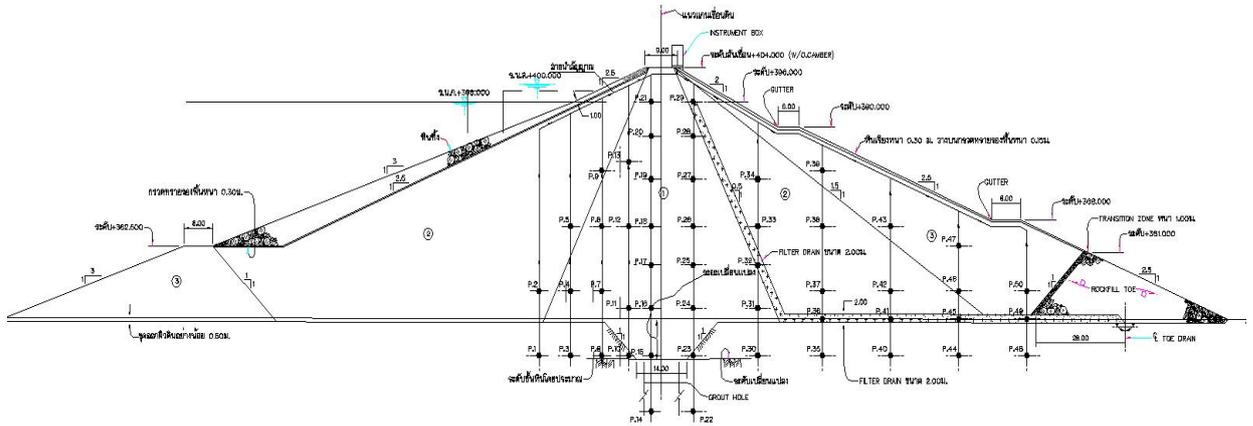
ໂດຍທີ່

- γ_{sat} = saturate unit weight,
- E = Young's modulus, c = cohesion,
- ϕ = Friction angle, ψ = Angle of dilation,
- k = Permeability, μ = Poisson's ratio

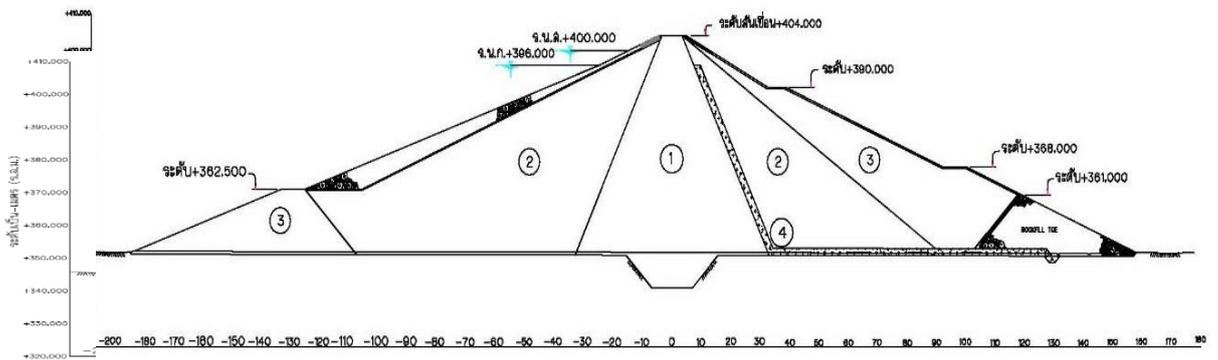
ຕາຕະລາງທີ 1 : ລາຍລະອຽດຄຸນລັກສະນະຂອງວັດສະດຸທີ່ໃຊ້ປະກອບໃນການສ້າງແບບຈຳລອງເຂື່ອນ ໂດຍໃຊ້ໃນວິທີ Finite Element Method (FEM)

Zone	E (KN/m ²)	C (KN/m ²)	ϕ	ν	γ_{dry} (KN/m ³)	γ_{sat} (KN/m ³)	Ψ
Clay Core	16,280	93.19	17.90	0.30	17.90	21.00	0
Random	15,000	18.00	28.00	0.30	15.44	18.00	0
Filter	22,750	0	35	0.30	19.50	21.39	5
Miscella-neous	15,000	18.00	28.00	0.30	15.44	18.00	0

Foundation	300,000	2,000	45	0.30	21.00	23.00	15
Riprap (Rock fill)	43,000	0	41	0.30	19.00	23.00	11



ຮູບທີ 1: ຮູບຕັດຂວາງຂອງເຂື່ອນທີ່ ກມ 0+180 (ກົມຊົນລະປະທານ, 2013)

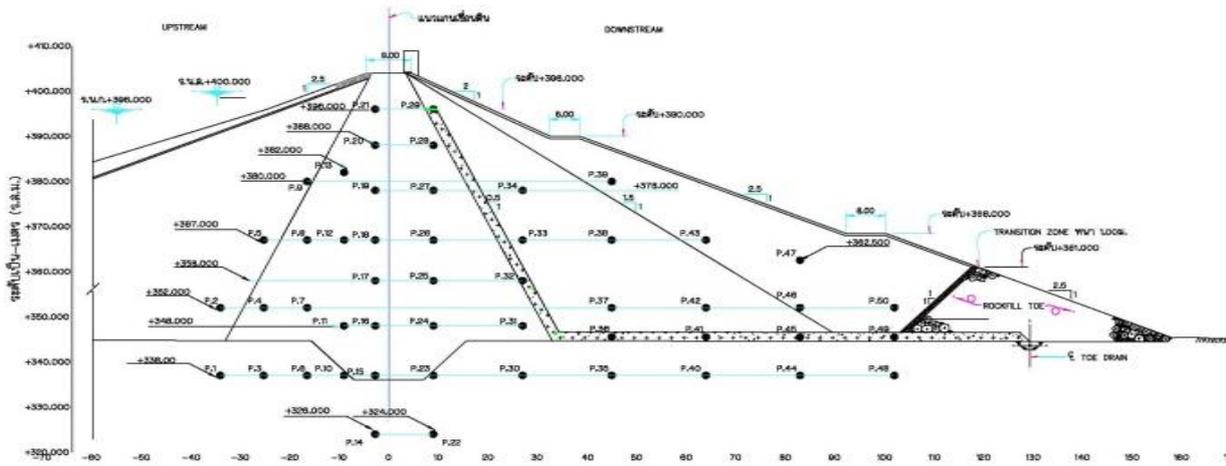


① CORE ZONE ② RANDOM ZONE ③ SHELL ZONE ④ FILTER ZONE

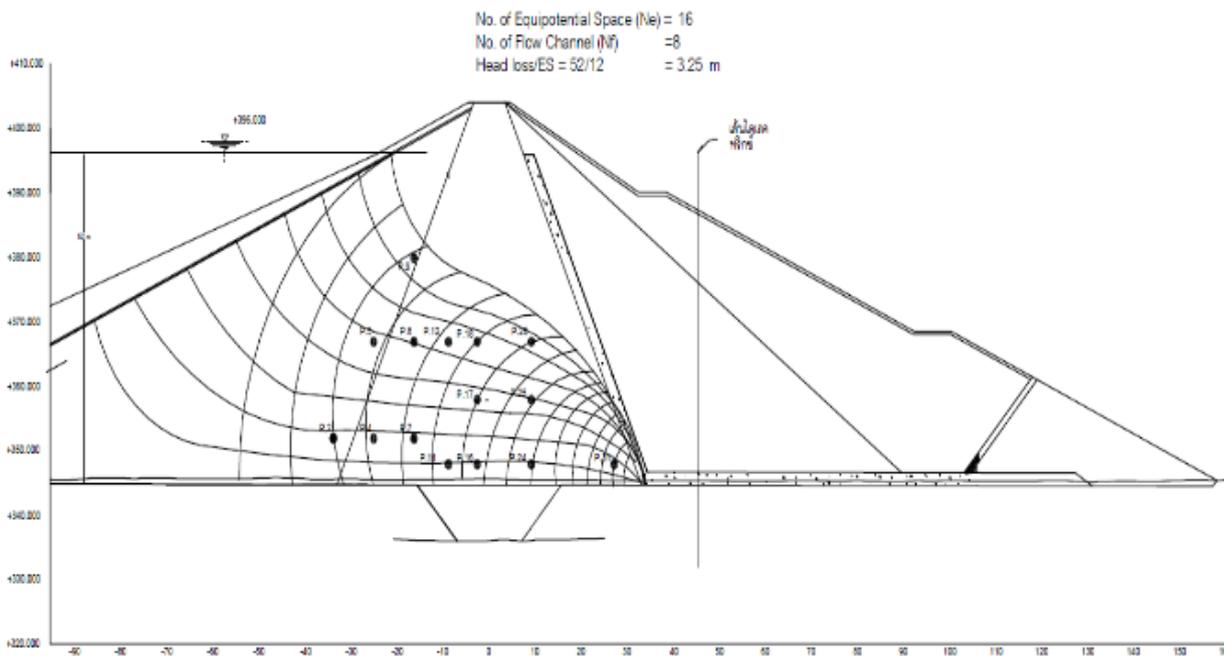
ຮູບທີ 2: ຮູບຕັດຂວາງຂອງເຂື່ອນທີ່ ກມ 0+180 ສະແດງການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງວັດແທກຄວາມດັນນໍ້າ (Electric Piezometer)

ຕາຕະລາງທີ 2: ສະຫຼຸບຄ່າຄວາມຊຶມນໍ້າທີ່ໃຊ້ໃນການກໍ່ສ້າງເຂື່ອນແມ່ງັດສີມບູນຊົນ

Zone	Permeability(m/day)	Permeability Ratio
Clay Core	0.00005	1
Random	0.00083	1
Miscellaneous	0.00083	1
Filter	2.333	1
Foundation	0.000086	1
Riprap (Rock fill)	2.333	1



ຮູບທີ 3: ລະດັບຕໍາແໜ່ງເຄື່ອງມືວັດແທກຄວາມດັນນໍ້າ Electric Piezometers



ຮູບທີ 4: ການວິເຄາະການໄຫຼຊຶມຂອງນໍ້າໄຫລຜ່ານຕົວເຂື່ອນໂດຍການຂຽນ Flow net

2.4 ວິທີການດຳເນີນການວິໄຈ

ເຂື່ອນທີ່ນຳມາເພື່ອທຳການສຶກສາໃນຄັ້ງນີ້ເປັນເຂື່ອນດິນຖືມແກນດິນໜຽວທີ່ມີຄວາມສູງ 59 ແມັດ. ມີຂໍ້ມູນການທົດສອບຕົວຢ່າງດິນທີ່ນຳມາໃຊ້ໃນການກໍ່ສ້າງຖືມເຂື່ອນທັງໃນສະໜາມ ແລະໃນຫ້ອງທົດລອງ. ຂໍ້ມູນການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງວັດແທກຄວາມດັນນ້ຳ Piezometer ໃນຮາກຖານ ແລະ ໃນຕົວເຂື່ອນມາຊ່ວຍໃນການປະກອບເພື່ອສ້າງແບບຈຳລອງທີ່ໄດ້ຈາກຜິດຕິກຳຄວາມດັນນ້ຳທີ່ບໍລິເວນຕຳແໜ່ງ Sta.0+180. ການພິຈາລະນາແບບຈຳລອງເຂື່ອນທີ່ໄດ້ຈາກຜິດຕິກຳຄວາມດັນນ້ຳທີ່ກ່ຽວຂ້ອງກັບຂະບວນການໄຫຼຊຶມຜ່ານຂອງນ້ຳທີ່ຜ່ານຕົວເຂື່ອນ ພາລາມິເຕີຫນຶ່ງໜ່ວຍນ້ຳນັກຂອງວັດສະດຸ ຜິດຕິກຳຂອງສຳປະສິດຄວາມຊຶມນ້ຳຂອງວັດສະດຸ (k) ເປັນຕົ້ນ.

2.5 ຜິດຕິກຳຄວາມດັນນ້ຳຂອງເຂື່ອນດິນຖືມ

ຜິດຕິກຳຄວາມດັນນ້ຳຂອງເຂື່ອນດິນຖືມໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 3 ໄລຍະຄື: ໄລຍະລະຫວ່າງການກໍ່ສ້າງ, ໄລຍະລະຫວ່າງເລີ່ມການເກັບກັກນ້ຳ ແລະ ໄລຍະລະຫວ່າງເກັບກັກນ້ຳສູງສຸດທີ່ເປັນຂໍ້ມູນທີ່ສຳຄັນໃນການປະເມີນໂອກາດໃນການເປ່ເຜເສຍຫາຍຈາກການເກີດ (Piping or Erosion) ແລະການຮົ່ວຊຶມຂອງນ້ຳທີ່ເກັບກັກອອກຈາກຕົວເຂື່ອນ (Seepage). ພາຍຫຼັງໄລຍະການເລີ່ມເກັບກັກນ້ຳ ແລະລະຫວ່າງການເກັບກັກນ້ຳ, ຄວາມດັນນ້ຳທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນເຂື່ອນບໍລິເວນດ້ານເໜືອຂອງເຂື່ອນ (Upstream U/S) ມີການປ່ຽນແປງຢ່າງຊັດເຈນຈາກອິດທິພົນຂອງລະດັບນ້ຳເກັບກັກດ້ານໜ້າເຂື່ອນ ໂດຍທີ່ຄວາມດັນນ້ຳທີ່ເກີດຂຶ້ນທີ່ມີຊ່ວງເວລາທີ່ປ່ຽນແປງຫຼ້າຊ້າ (Time lag) ຈາກປ່ຽນແປງຂອງລະດັບນ້ຳໃນຊ່ວງປະມານ 2 ເຖິງ 3 ເດືອນ. (ວິກິມ ວິກິມປະສິດ, 2530).

3. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

3.1 ການສ້າງຕາຂ່າຍການໄຫຼ (Flow net)

ການສ້າງຕາຂ່າຍການໄຫຼຊຶມຜ່ານ (Flow net). (Casagrande, 1937). ດັ່ງສະແດງໃນສົມຜົນ 1)

$$\Delta h = \frac{h}{N_e} \quad (1)$$

ເມື່ອ

Δh = ໄລຍະລວມຂອງນ້ຳ (m)

h = ຄວາມຕ່າງລະດັບລະຫວ່າງເໜືອນ້ຳ ແລະ ທ້າຍນ້ຳ

N_e = ຈຳນວນ Equipotential Space

ໃນແຕ່ລະ Equipotential Space ຈະມີການລຶດໄລຍະລວມຂອງນ້ຳ (ວາຮາກອນ ໄມ້ຮຽງ, 2542).

ຖ້າຈະຫາ h_p ຢູ່ຈຸດ i ສາມາດຂຽນໄດ້ດັ່ງນີ້

$$h_{pi} = (h_{TO} - n_i \Delta h) - h_{ei} \quad (2)$$

ເມື່ອ

h_{TO} = ໄລຍະລວມຂອງນ້ຳລວມເລີ່ມຕົ້ນເມື່ອຍັງບໍ່ມີການສູນເສຍໄລຍະລວມ

n_i = ຈຳນວນ Equipotential Space ໄປເຖິງຈຸດ i

h_{ei} = ໄລຍະລວມຄວາມສູງຂອງນ້ຳທີ່ຈຸດ i

3.2 ຄວາມດັນນ້ຳແລະການໄຫຼຊຶມຜ່ານພາຍໃນເຂື່ອນ

ຄວາມດັນນ້ຳ ແລະການໄຫຼຊຶມຜ່ານຕົວເຂື່ອນ ແລະຮາກຖານເຂື່ອນທີ່ເກີດຈາກການເກັບກັກນ້ຳທີ່ມີໄລຍະລວມນ້ຳດ້ານໜ້າເຂື່ອນສູງກວ່າທາງດ້ານທ້າຍເຂື່ອນເຮັດໃຫ້ນ້ຳໄຫຼຜ່ານຊ່ອງວ່າງຂອງມວນດິນ ຫຼືຮອຍເຊື່ອມຕໍ່ຂອງແຕ່ລະຊັ້ນຂອງດິນບົດອັດເກີດເປັນຮອຍແຍກທີ່ຕໍ່ເນື່ອງກັນໃນເຂື່ອນແລະຮາກຖານ. ເຊິ່ງຮູບຮ່າງແລະທິດທາງຂອງການໄຫຼທີ່ບໍ່ແນ່ນອນເຮັດໃຫ້ຄວາມໄວຂອງການໄຫຼປ່ຽນແປງຕາມຂະໜາດຂອງຊ່ອງຫວ່າງນັ້ນ.

ຈາກກົດເກນຂອງ) Darcy's law)

ສະແດງໃຫ້ເຫັນຢ່າງຊັດເຈນວ່າຄວາມສຳພັນ ໂດຍຫຼັກພື້ນຖານຂອງການໄຫຼຊຶມຜ່ານທີ່ມີຄວາມໄວຂອງການໄຫຼ ເປັນສ່ວນທີ່ມີຄວາມສຳພັນກັບຄວາມຊັນທາງດ້ານຊຶມລະສາດ) Hydraulic Gradient, i) ແລະມີຄ່າຄວາມດັນນ້ຳ, ການໄຫຼຊຶມຜ່ານຂອງນ້ຳທີ່ເກີດ

ຂຶ້ນໃນຕົວເຊື່ອນຢູ່ໃນສະພາບການໄຫຼແບບຄົງທີ່ຢ່າງສົມບູນ) Steady State). ເຊິ່ງເປັນຄຸນລັກສະນະທີ່ຂຶ້ນຢູ່ກັບຊະນິດຂອງວັດສະດຸທີ່ນໍາມາສ້າງເຊື່ອນ ຫຼື ການປະ ມານຄ່າທີ່ໄດ້ຈາກການທົດສອບໃນຫ້ອງທົດລອງ ແລະ ໃນສະໜາມ. (ວາຮາກອນ ໄມ້ຮຽງ, 2538). ດັ່ງສະແດງໃນສົມຜົນທີ່ (3)

$$v = k \frac{\Delta H}{L} \quad (3)$$

ເມື່ອ v = ຄວາມໄວຂອງການໄຫຼ (cm/s),
 k = ຄ່າສໍາປະສິດຄວາມຊຶມນໍ້າຂອງດິນ (cm/s)
 ΔH = ໄລຍະລວມຂອງນໍ້າ (m)
 L = ຄວາມຍາວຂອງຕົວຢ່າງດິນ (m)

3.3 ຄວາມດັນນໍ້າແລະປະລິມານນໍ້າຊຶມຜ່ານຕົວເຊື່ອນໃນລະຫວ່າງການເກັບກັກນໍ້າ

ຄວາມດັນນໍ້າເກີດມາຈາກອິດທິພົນຂອງລະດັບນໍ້າໃຕ້ເຊື່ອນ ລະດັບນໍ້າລະຫວ່າງການເກັບກັກນໍ້າໃນອ່າງໂຕ່ງ, ນໍ້າໜັກກົດທັບຂອງເຊື່ອນ, ຄວາມສັ່ນສະເທືອນ ຫຼື ແຜ່ນດິນໄຫວ. (ພະນາຮັດ ຂໍາວົງຄໍອງ ແລະ ວາຮາກອນ ໄມ້ຮຽງ, 2543). ຄ່າຄວາມຊຶມນໍ້າໄດ້ ແລະ ລັກສະນະທາງດ້ານທໍລະນີວິທະຍາຂອງຕົວເຊື່ອນ ແລະ ຮາກຖານ. ປັດໄຈທີ່ສໍາຄັນຄືຄຸນລັກສະ ນະທາງດ້ານຜິຊິກຂອງມວນດິນເຊັ່ນ Compressibility, Permeability ແລະ ລະບົບການລະບາຍນໍ້າ (Drainage) ທີ່ອອກແບບໄວ້ເຮັດໃຫ້ຄວາມດັນນໍ້າມີຜົນຕໍ່ຕົວເຊື່ອນ ແລະ ຮາກຖານໃນ 4 ລັກສະນະຄື: ຄວາມໜັ້ນຄົງຂອງຄວາມຄ້ອຍຊັ້ນເຊື່ອນ ແລະ ຮາກຖານ (Slope and Foundation Stability), ການຍຸບຕົວ (Settlement), ການກັດເຊາະພາຍໃນຕົວເຊື່ອນ ແລະ ຮາກຖານ (Piping or Erosion) ແລະ ການຮົ່ວຊຶມຂອງນໍ້າທີ່ເກັບກັກອອກຈາກຕົວເຊື່ອນ (Seepage). (ທິບວິມິນ ແຕະກະໂທກ ແລະ ສຸດທິສັກສອນລະລໍາ, 2543).

ການບັນທຶກຂໍ້ມູນຄວາມດັນນໍ້າທີ່ໄດ້ມາຈາກການຕິດຕາມເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກພິດຕິກຳທີ່ລະດັບຄວາມເລິກ ແລະຕໍາແໜ່ງຕ່າງໆ ໂດຍມີຈໍານວນເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກພິດຕິກຳທັງໝົດ 50 ຕໍາແໜ່ງ ທີ່ລະດັບຄວາມສູງຕັ້ງແຕ່ +360,000 (MSL) ເຖິງ +396,000 (MSL) ທີ່ເປັນເຄື່ອງມື Electric Piezometer No. P1 ເຖິງ No. P50. ເຊິ່ງເຄື່ອງມືແຕ່ລະຕໍາແໜ່ງຖືກວາງໃນຕໍາແໜ່ງບໍລິເວນ Sta+0.0 80(ລາຍລະອຽດຂອງຕໍາແໜ່ງເຄື່ອງມືດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ່ 3) ພ້ອມກັບການຕິດຕັ້ງລະບົບເຄື່ອງມືກວດສອບ. ເຊິ່ງເລີ່ມຕົ້ນໃນເວລາທໍາອິດທີ່ວັດແທກຄ່າຄວາມດັນນໍ້າສາມາດສ້າງແບບຈໍາລອງຄວາມດັນນໍ້າໃນເຊື່ອນນັ້ນ, ພາລາມິເຕີທີ່ສໍາຄັນ ແລະ ກ່ຽວຂ້ອງກັບຄວາມດັນນໍ້າໄດ້ແກ່ ສໍາປະສິດຄວາມຊຶມນໍ້າ k_{sat} ລະດັບຂອງ Anisotropic ທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນຕົວເຊື່ອນ ແລະຄວາມສໍາຜັນລະຫວ່າງ (k_y / k_x) ຫນຶ່ງໜ່ວຍນໍ້າໜັກ ແລະ ອັດຕາການຕອບສະໜອງຂອງຄວາມດັນນໍ້າຕໍ່ນໍ້າໜັກທີ່ກະທໍາໃສ່ ($R_u = \Delta u / \Delta \sigma$). (Cedergren, H.R ,1977).

3.4 ວິທີໄຟໄນອິລິເມັນກັບການວິເຄາະຄວາມດັນແລະການໄຫຼຊຶມນໍ້າໃນເຊື່ອນດິນ

PLAXIS version 8 (Brinkgreve, R.B.J., Vermeer, P.A.,1998). ເປັນການວິເຄາະແບບສະພາວະ Steady- State Flow. (Desai, C.S., and Christian, J.T., 1977). ໄດ້ໃຊ້ວິທີຂອງ Finite Element Method. (Cook, et al.). ສະຫຼຸບ ຂັ້ນຕອນຂອງໄຟໄນອິລິເມັນເປັນ 5 ຂັ້ນຕອນຄື: ສ້າງສົມຜົນ Matrix ສໍາລັບການຈໍາລອງແບບ 2 ມິຕິ (Casagrande, A., 1998) .ສະຫຼຸບບັນຫາການໄຫຼຊຶມເປັນ Scalar Field Problem ເຊິ່ງຢູ່ໃນຮູບ Quasi harmonic Equation ສາມາດວິເຄາະດ້ວຍວິທີແປຜົນ) Variation Formulation) ແລະວິທີເສດຕິກຄ່າງ) Weighted Residual) ເພື່ອຫາໄລຍະລວມຂອງນໍ້າລວມ) Total Head, ຕ) ບັນຫາການໄຫຼ

ໃນ 2 ມິຕິມີສົມຜົນການຄອບຄຸມໃນຜືນທີ່ A ດັ່ງສະແດງໃນສົມຜົນທີ່ (4)

$$\frac{\delta}{\delta_x} \left(k_x \frac{\delta \phi}{\delta_x} \right) + \frac{\delta}{\delta_y} \left(\frac{\delta \phi}{\delta_y} \right) + Q = 0 \quad (4)$$

ແລະ ມີສະພາບເງື່ອນໄຂຂອບເຂດ (Boundary Condition) ພາຍໃນຂອບເຂດ S ດັ່ງສະແດງໃນສົມຜົນທີ່ (5)

$$lk_x \frac{\delta \phi}{\delta_x} + mk_y \frac{\delta \phi}{\delta_y} - q_B = 0 \quad (5)$$

ເມື່ອ

$\phi = \phi(x, y) =$ ໄລຍະລວມນໍ້າລວມ,

$k_x, k_y =$ ຄຸນລັກສະນະຄວາມຊຶມນໍ້າຂອງວັດສະດຸ

$Q =$ ອັດຕາການໄຫຼຊຶມນໍ້າໃນຜືນທີ່ A

$l, m =$ Direction Cosine ທີ່ອອກຈາກຂອບເຂດ S

$q_B =$ ອັດຕາການໄຫຼຊຶມທີ່ຂອບເຂດ S ຄ່າໄລຍະລວມຂອງນໍ້າລວມທີ່ຈຸດຕໍ່ໃນອິລິເມັນທີ່ມີຄ່າປະມານດັ່ງສະແດງໃນສົມຜົນທີ່ (6)

$$\tilde{\phi} = [N_1 N_2 N_3 \dots N_n] \{ \phi_1 \phi_2 \phi_3 \dots \phi_n \}^T = [N] \{ \phi_e \}^T \quad (6)$$

ເມື່ອ $\tilde{\phi} =$ ຄ່າໄລຍະລວມຂອງນໍ້າລວມ
 $N =$ ຝັງຊັ້ນການປະມານ

4. ຜົນຂອງການສຶກສາ

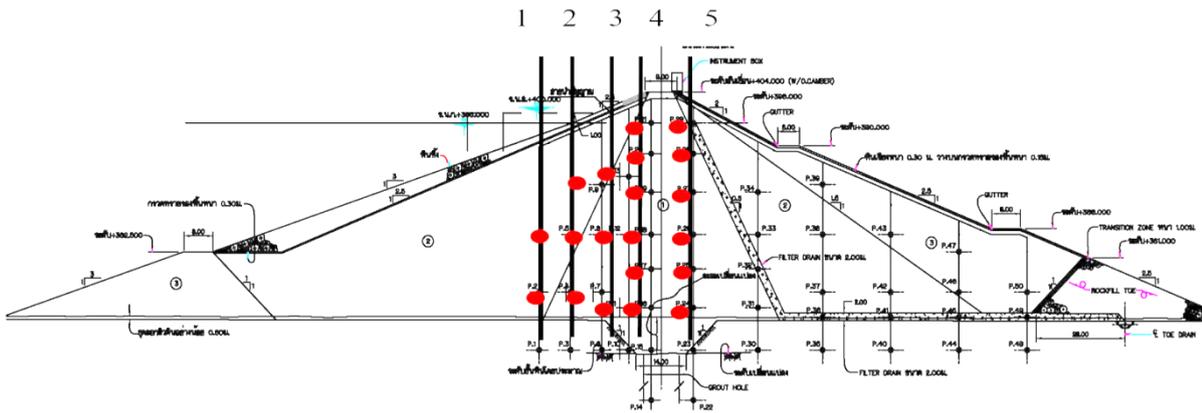
ຈາກການສຶກສາທົດສະດີ Flow net ສາມາດວິເຄາະຫາຄ່າຄວາມດັນນໍ້າ ຢູ່ບໍລິເວນຕ່າງໆ ທີ່ໄດ້ຕິດຕັ້ງອຸປະກອນກວດສອບວັດແທກພຶດຕິກຳຄວາມດັນນໍ້າປະເພດ Piezometers ບໍລິເວນ Sta 180+0. ຂອງເຂື່ອນ.

ເມື່ອນໍາຄ່າຄວາມດັນນໍ້າຈາກການຄຳນວນດ້ວຍວິທີ FEM ແລະ ຄ່າທີ່ອ່ານໄດ້ຈາກ Piezometer ມາປຽບທຽບກັນເຊິ່ງໄດ້ສະແດງໄວ້ໃນຕາຕະລາງທີ 4.

ຕາຕະລາງທີ 4 ສະຫຼຸບປຽບທຽບຄ່າຄວາມດັນນໍ້າທີ່ໃຊ້ໃນການສ້າງແບບຈຳລອງ

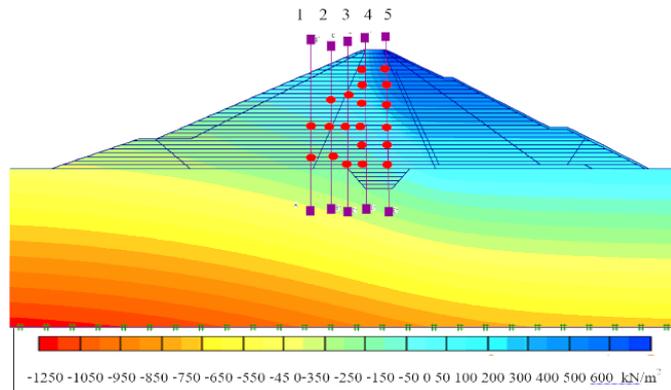
ຕາຕະລາງການຄຳນວນໃນແບບຈຳລອງ ວິທີໄຟໄນອິລິເມັນ Finite Element Method (FEM) and Piezometer					
ໝາຍ ເລກຊຸມ	ໝາຍ ຫົວ ວັດແທກ	ລະດັບຄວາມເລິກ (m)	ຄວາມດັນນໍ້າ (kN/m ²)		ເບີເຊັນຄວາມດັນ ນໍ້າທີ່ເຜີ້ມຂຶ້ນ %
			Piezometer	ວິທີໄຟໄນອິລິເມັນ ກໍລະນີແຮງສະຖິສາດ	
1	P5	37	167.00	172.94	3.56
	P4	52	208.80	258.53	23.82
2	P9	24	56.80	78.58	38.35
	P8	37	138.50	158.97	14.78
	P7	52	227.60	234.75	3.14
3	P13	22	33.06	40.03	21.08
	P12	37	108.50	124.59	14.83
	P11	56	206.59	222.89	7.89
4	P17	46	124.57	133.19	6.92
	P16	56	187.75	195.10	3.91
5	P26	37	26.65	32.50	21.95
	P25	46	67.11	82.10	22.34
	P24	56	121.50	145.93	20.11

ໃນສ່ວນການຄຳນວນຄວາມດັນນໍ້າດ້ວຍວິທີ FEM ຈະໄດ້ໃຊ້ຜາລາມິເຕີຈາກແບບຈຳລອງ ໂດຍການຈຳລອງດ້ວຍສະພາວະການເກັບກັກນໍ້າປົກກະຕິ

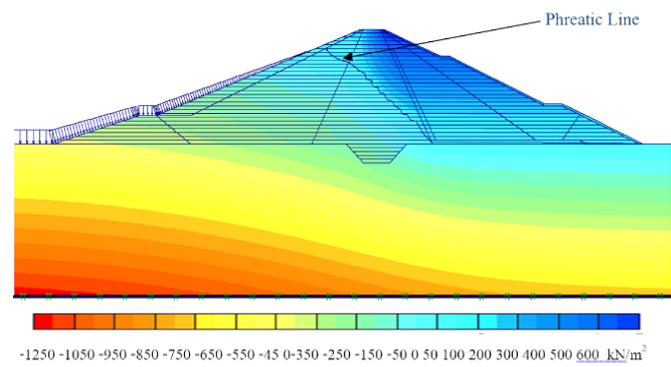


ຮູບທີ 5: ການວາງຕໍາແໜ່ງເຄື່ອງມືກວດສອບວັດຜິດຕິກຳຂອງເຂື່ອນໃນແຕ່ລະຊຸມ

ຂອງເຂື່ອນ ແລະ ພິຈາລະນາຄວາມດັນນໍ້າທີ່ຕໍາແໜ່ງດຽວກັນກັບການຕິດຕັ້ງ Piezometer ເຊິ່ງໄດ້ສົມຜົນຈາກ ການຄຳນວນຄວາມດັນນໍ້າ ບໍລິເວນຕໍາແໜ່ງຕ່າງໆ ທີ່ມີການຕິດຕັ້ງ Piezometer ແລະ ໄດ້ຜົນການຈຳລອງ ດັ່ງ ຮູບທີ 5 ເຖິງ 13.



ກ. ເສັ້ນລະດັບຄວາມດັນນໍ້າທີ່ຕໍາແໜ່ງຈຸດລະດັບອ້າງອີງຕາມແລວການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງມືວັດແທກ Piezometer ທີ່ ເກີດຂຶ້ນໃນຕົວເຂື່ອນພາຍໃຕ້ແຮງສະຖິດສາດ



ຂ. ເສັ້ນລະດັບຄວາມດັນນໍ້າທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນຕົວເຂື່ອນພາຍໃຕ້ແຮງສະຖິດສາດ

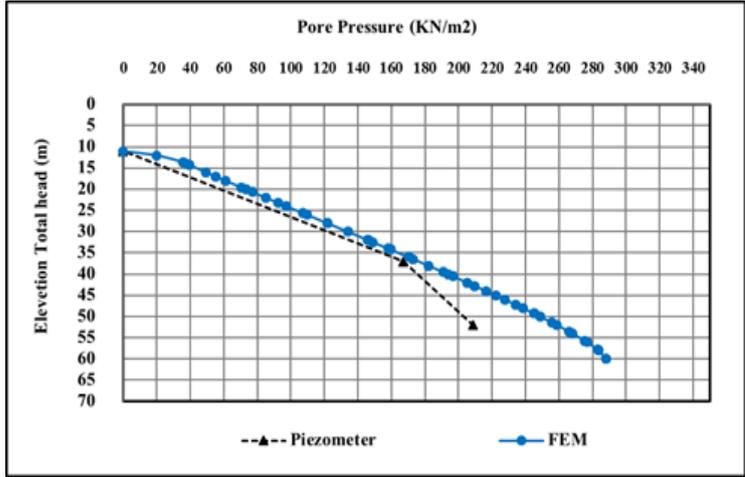
ຮູບທີ 6: ເສັ້ນລະດັບຄວາມດັນນໍ້າທີ່ຕໍາແໜ່ງຈຸດລະດັບອ້າງອີງ ຕາມແລວການຕິດຕັ້ງເຄື່ອງມືວັດແທກ ພາຍໃຕ້ແຮງສະຖິດສາດ

ຈາກຜົນການຄຳນວນຄ່າຄວາມດັນນໍ້າໂດຍໃຊ້ ຫນາມ Piezometer ພົບວ່າໃນແຖວຂອງເຄື່ອງມື ວິທີ FEM ແລະຜົນການກວດສອບວັດແທກຈາກສະ ວັດແທກ 1 ແລະ 2, ຄ່າຄວາມດັນນໍ້າຈາກທັງ 2 ວິທີ

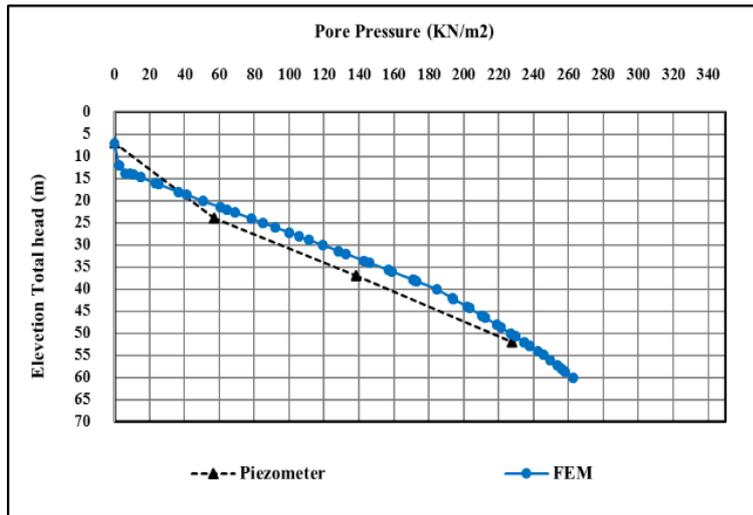
ການ ມີທ່າອ່ຽງໄປໃນທິດທາງດຽວກັນ (ດັ່ງຮູບທີ່ 7 ແລະ 11) ໂດຍເພີ່ມຂຶ້ນຕາມຄວາມເລິກຂອງນ້ຳ. ໂດຍສອດຄ່ອງກັບລັກສະນະຄວາມດັນສະຖິສາດຂອງນ້ຳ ເນື່ອງຈາກວ່າບໍລິເວນທີ່ຕິດຕັ້ງອຸປະກອນໃນຊຸມ 1 ແລະ 2 ໄດ້ທຳການຕິດຕັ້ງບໍລິເວນຄ້າຍຄືກັນລະຫວ່າງ Core Zone ແລະ Random Zone (ດັ່ງຮູບທີ່ 7) ເຊິ່ງບໍລິເວນນີ້ໃນຂະນະທຳການກໍ່ສ້າງອາດຈະບໍ່ແບ່ງ ເປັນຊັ້ນໂດຍຊັດເຈນເຮັດໃຫ້ເມັດດິນມີການປະສົມ ປະສານກັນລະຫວ່າງຂອບເຂດທີ່ໃຫ້ຄ່າຄວາມຊຶມ ນ້ຳຂອງດິນບໍລິເວນ Random Zone ຈຶ່ງເຮັດໃຫ້ຄ່າທີ່ ຄຳນວນຈາກ FEM ມີຄ່າໃກ້ຄຽງກັນກັບຄ່າທີ່ອ່ານໄດ້ ຈາກ Piezometer ໂດຍຄ່າທີ່ຄຳນວນໄດ້ຈາກ FEM ຈະມີຄ່າຫຼາຍທີ່ສຸດ ຕາມດ້ວຍຄ່າ Piezometer ຕາມ ລຳດັບ.

ໃນຂະນະທີ່ຕຳແໜ່ງຂອງເຄື່ອງມືວັດແທກເລກ ໝາຍທີ່ 3 ມີຄ່າທີ່ຄຳນວນໄດ້ມີຄ່າໃກ້ຄຽງກັບຄ່າທີ່ໄດ້ ຈາກ Piezometer ຫຼາຍ ແຕ່ຄ່າທີ່ຄຳນວນໄດ້ຈາກ FEM ມີຄ່າຕ່ຳກວ່າການວັດແທກດ້ວຍເຄື່ອງມືໃນສະ ໜາມ (ດັ່ງຮູບທີ່ 10) ສ່ວນກໍລະນີຂອງຕຳແໜ່ງເຄື່ອງ ວັດຄວາມຄວາມດັນນ້ຳທີ່ຕຳແໜ່ງຂອງເຄື່ອງມື

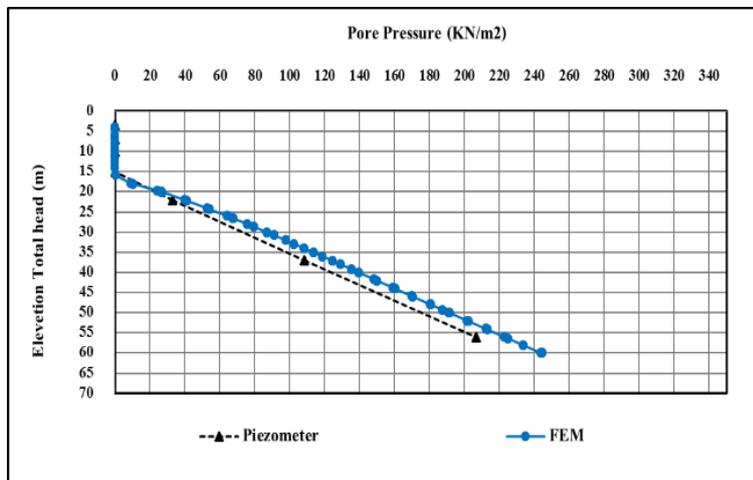
ວັດແທກ ນ້ຳເບີ 4 ຈະພົບວ່າຄວາມດັນນ້ຳໃນກໍລະນີທີ່ ຄຳນວນໄດ້ຈາກວິທີ FEM ມີຄ່າທີ່ນ້ອຍກວ່າ ເມື່ອ ທຽບທີ່ລະດັບຄວາມເລິກດຽວກັນ (ດັ່ງຮູບທີ່ 11) ຈາກຮູບ 7 ແລະ 11 ຈະເຫັນວ່າຄ່າທີ່ຄຳນວນໄດ້ຈາກ ວິທີ FEM ມີຄ່າທີ່ແຕກຕ່າງຈາກ ຄ່າທີ່ໄດ້ຈາກ Piezometer ເນື່ອງຈາກຕຳແໜ່ງທີ່ຕັ້ງຂອງຊຸມທີ່ 3 ແລະ 4 ໄດ້ຢູ່ໃນ Core Zone. ເຊິ່ງມີຄຸນລັກສະນະ ເປັນດິນໜຽວທົບນ້ຳ ແລະຄ່າຄວາມຊຶມນ້ຳ ທີ່ໃຊ້ໃນ ການຄຳນວນດ້ວຍວິທີ FEM ເປັນຄ່າຄວາມຊຶມນ້ຳໄດ້ ຈາກວັດສະດຸແກນເຂື່ອນໃນຂະນະທີ່ທຳການກໍ່ສ້າງ ເຂື່ອນ, ເຊິ່ງເມື່ອເວລາຜ່ານໄປຈົນເຖິງປະຈຸບັນຄ່າ ຄວາມຊຶມນ້ຳຂອງວັດສະດຸແກນເຂື່ອນຈະມີຄ່າລຸດລົງ. ເນື່ອງຈາກການຖືກບິດອັດດ້ວຍນ້ຳໜັກຂອງຕົວເຂື່ອນ ແລະ ຄ່າຄວາມຊຶມນ້ຳຂອງວັດສະດຸແກນເຂື່ອນຈະ ມີຄ່າລຸດລົງ ແລະ ເນື່ອງມາຈາກວ່າການຖືກບິດອັດ ດ້ວຍນ້ຳໜັກຂອງຕົວເຂື່ອນເອງ ແລະການທີ່ມີອະນຸ ພາບຂະໜາດນ້ອຍໄຫຼຕາມນ້ຳໄປອຸດຕັນຊ່ອງວ່າງ ລະຫວ່າງເມັດດິນ ຈຶ່ງເປັນຜົນໃຫ້ຄ່າຄວາມດັນນ້ຳທີ່ ຄຳນວນໄດ້ຈາກວິທີ FEM ມີຄ່າຕ່ຳກວ່າຄ່າທີ່ອ່ານໄດ້ ຈາກ Piezometer.



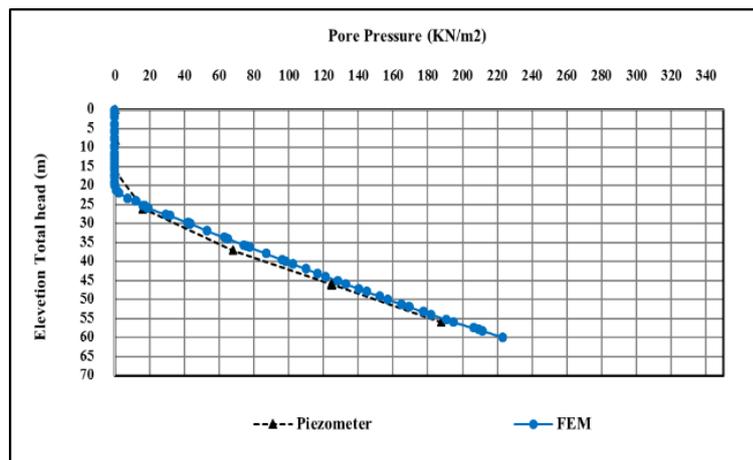
ຮູບທີ່ 7: ຄ່າຄວາມດັນນ້ຳລະຫວ່າງແບບຈຳລອງທີ່ທຳການວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄນອິລິເມັນກັບຄ່າທີ່ວັດແທກໄດ້ຈາກ Piezometer ຊຸມທີ່ 1 ກໍລະນີແຮງສະຖິສາດ



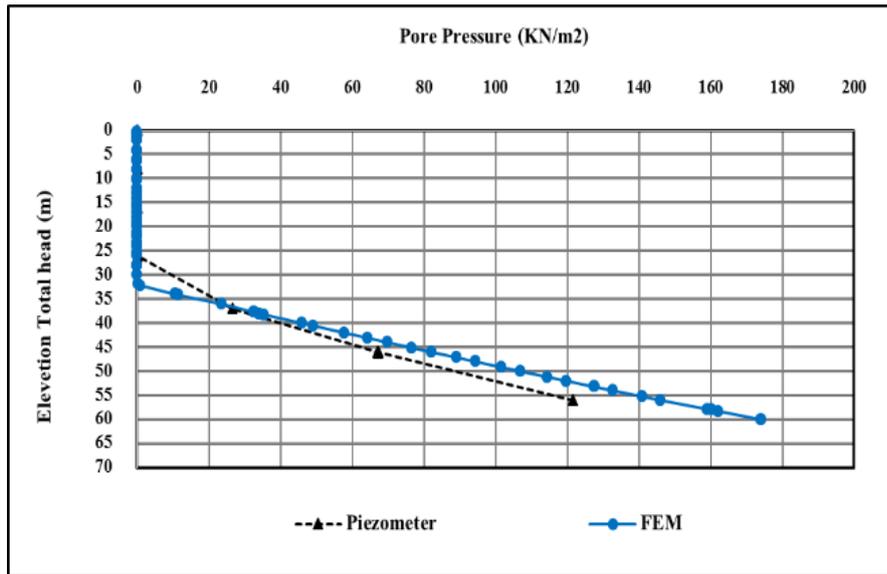
ຮູບທີ 8: ຄຳຄວາມດັນນ້ຳລະຫວ່າງແບບຈຳລອງທີ່ທຳການວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄນອີລິເມັ້ນກັບຄຳທີ່ວັດແທກໄດ້ຈາກ
 Piezometer ຊຸມທີ 2 ກໍລະນີແຮງສະຖິດສາດ



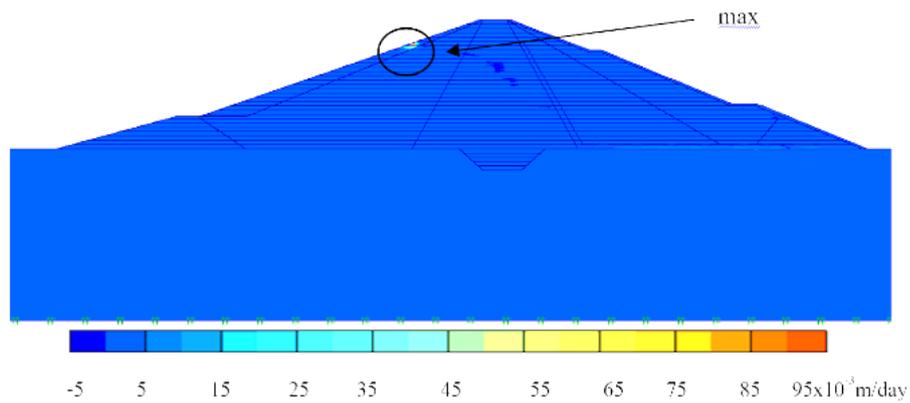
ຮູບທີ 9: ຄຳຄວາມດັນນ້ຳລະຫວ່າງແບບຈຳລອງທີ່ທຳການວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄນອີລິເມັ້ນກັບຄຳທີ່ວັດແທກໄດ້ຈາກ
 Piezometer ຊຸມທີ 3 ກໍລະນີແຮງສະຖິດສາດ



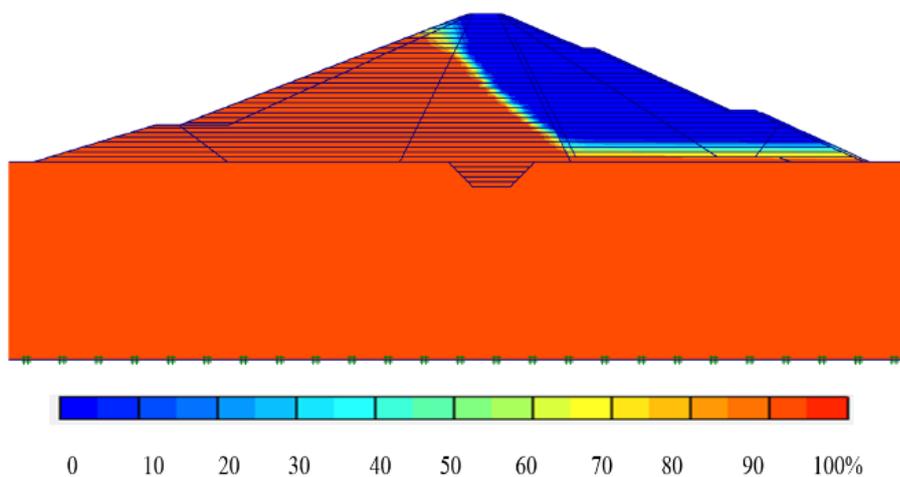
ຮູບທີ 10: ຄຳຄວາມດັນນ້ຳລະຫວ່າງແບບຈຳລອງທີ່ທຳການວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄນອີລິເມັ້ນກັບຄຳທີ່ວັດແທກໄດ້ຈາກ
 Piezometer ຊຸມທີ 4 ກໍລະນີແຮງສະຖິດສາດ



ຮູບທີ 11: ຄຳຄວາມດັນນ້ຳລະຫວ່າງແບບຈຳລອງທີ່ທຳການວິເຄາະດ້ວຍວິທີໄຟໄນອິລິເມັນກັບຄຳທີ່ວັດແທກໄດ້ຈາກ Piezometer ຊຸມທີ 5 ກໍລະນີແຮງສະຖິດສາດ



ຮູບທີ 12: ເສັ້ນລະດັບນ້ຳ Flow Field ທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນຕົວເຂື່ອນຈາກຄວາມດັນນ້ຳດ້ວຍວິທີໄຟໄນອິລິເມັນໃນກໍລະນີແຮງສະຖິດສາດ



ຮູບທີ 13: ຄຳລະດັບຂອງຄວາມອື່ມຕົວດ້ວຍນ້ຳທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນຕົວເຂື່ອນຈາກຄວາມດັນນ້ຳພາຍໃຕ້ກໍລະນີແຮງສະຖິດສາດ

5. ສະຫຼຸບຜົນ

ຈາກການສຶກສາງານວິໄຈນີ້ແມ່ນເນັ້ນໃສ່ເພື່ອວິເຄາະຄວາມດັນນ້ຳໃນເຂື່ອນດິນຖົມແບ່ງສ່ວນ ໂດຍໃຊ້ເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກໃນສະໜາມ ແລະ ການໃຊ້ຕາຄ່າຍການໄຫລໃນການຄຳນວນຄວາມດັນນ້ຳພ້ອມທັງໃຊ້ວິທີ FEM ໃນການຈຳລອງພຶດຕິກຳຂອງເຂື່ອນດິນຖົມແບ່ງສ່ວນໃນຂະນະເກັບກຳນ້ຳ. ໂດຍຈາກການວິເຄາະຄວາມດັນນ້ຳ ຢູ່ບໍລິເວນຕຳແໜ່ງຕ່າງໆພາຍໃນຕົວເຂື່ອນບໍລິເວນ Sta. 0+180 ສາມາດສະຫຼຸບຜົນການສຶກສາໄດ້ດັ່ງນີ້

5.1 ຄ່າຄວາມດັນນ້ຳທີ່ຄຳນວນໄດ້ຈາກຄ່າອ່ານຈາກ Piezometer ເນື່ອງຈາກການຂຽນຕາຄ່າຍການໄຫລເປັນພາກສ່ວນທີ່ຖືກຕ້ອງ ພ້ອມທັງຍັງໄດ້ຄຳນວນດ້ວຍທິດສະດີທີ່ມີຄວາມຖືກຕ້ອງສູງທາງດ້ານຄະນິດສາດ.

5.2 ຄ່າຄວາມດັນນ້ຳທີ່ຄຳນວນໄດ້ຈາກ FEM ທຽບກັບຄ່າທີ່ອ່ານໄດ້ຈາກ Piezometer ພົບວ່າສາມາດແບ່ງອອກເປັນ 2 ກໍລະນີຄື: ໃນກໍລະນີຊຸມທີ່ຕິດຕັ້ງຢູ່ບໍລິເວນ Random Zone (ຊຸມ 1 ແລະ 2) ຄ່າທີ່ໄດ້ຈະມີຄ່າທີ່ມີທິດທາງດຽວກັນ ແລະ ໃກ້ຄຽງກັນ. ສ່ວນໃນກໍລະນີຊຸມທີ່ຕິດຕັ້ງຢູ່ບໍລິເວນ Core Zone (ຊຸມ 3 ແລະ 4) ຈະພົບວ່າຄ່າທີ່ໄດ້ຈາກການຄຳນວນດ້ວຍ FEM ຈະມີຄ່າທີ່ຕ່ຳກວ່າເມື່ອທຽບກັບຄ່າທີ່ອ່ານໄດ້ຈາກ Piezometer, ເນື່ອງຈາກຄ່າພາລາມິເຕີທີ່ໃຊ້ໄດ້ມາຈາກການທົດລອງໃນໄລຍະທີ່ມີການກໍ່ສ້າງເຂື່ອນ ໃນຂະນະທີ່ຄ່າທີ່ວັດແທກຈາກສະພາບປະຈຸບັນ.

6. ຄວາມຮູ້ບຸນຄຸນ

ຂໍຂອບໃຈທາງອາຈານທຸກໆທ່ານ ໃນພາກວິສະວະກຳໂຍທາທີ່ສອນອົງຄວາມຮູ້ພ້ອມພູພື້ນຖານທາງດ້ານວິສະວະກຳທໍລະນີເຕັກນິກ ແລະ ຂໍຂອບໃຈທາງກົມຊົນລະປະທານໂຄງການເຂື່ອນແມ່ງັດ ຈັງຫວັດຊຽງໃຫມ່, ກະຊວງກະເສດແລະສະຫາກອນ, ກຸ່ມອອກແບບສ່ວນວິສະວະກຳບໍລິຫານ, ສຳນັກຊົນລະປະທານ

ທີ 1 ຈັງຫວັດຊຽງໃຫມ່. ບໍລິສັດທີ່ປຶກສາ ແລະ ຫ້າງຫຸ້ນສ່ວນຈຳກັດ ດົມອິນສະຕູແມນ ເປັນຜູ້ອອກບຸລຸມງານ ສຳລັບຂໍ້ມູນຕ່າງໆ ທີ່ໃຫ້ຄວາມເອື້ອເຜື້ອຊ່ວຍເຫລືອສະໜັບສະໜູນຂໍ້ມູນຕ່າງໆ ທີ່ໃຫ້ຄວາມຮ່ວມມືອະນຸຍາດ ແລະອຳນວຍຄວາມສະດວກໃນງານພາກສະໜາມທີ່ນຳມາໃຊ້ໃນຂໍ້ມູນຄັ້ງນີ້ ຂໍຂອບໃຈທິມງານນັກສຶກສາ ແລະນັກຄົ້ນຄວ້າວິໄຈທຸກຄົນທີ່ຮ່ວມມືຮ່ວມໃຈກັນຕະຫລອດການເກັບຂໍ້ມູນຄົ້ນຄວ້າວິໄຈ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

ກົມຊົນລະປະທານ, 2556. ກະຊວງກະເສດ ແລະ ສະຫະກອນ, ກຸ່ມອອກແບບ ສ່ວນວິສະວະກຳບໍລິຫານ, ສຳນັກຊົນລະປະທານທີ 1 ແບບອຸປະກອນ ແລະ ລະບົບກວດສອບວັດແທກພຶດຕິກຳເຂື່ອນ.

ວິກິມ ວິກິມປະສິດ, 2530. ພຶດຕິກຳຂອງເຂື່ອນແມ່ງັດໃນລະຫວ່າງການກໍ່ສ້າງ. ກຸງເທບ: ບັນດິດວິທະຍາໄລ ມະຫາວິທະຍາໄລກະເສດສາດ.

ວາຣາກອນ ໄມ້ຮຽງ, 2538. ຄູ່ມືການວັດພຶດຕິກຳເຂື່ອນດິນ.ພາກວິຊາວິສະວະກຳໂຍທາ ແລະ ໂຄງການສ້ອມແປງ ແລະ ບຳລຸງຮັກສາເຂື່ອນມູນບິນ. ຄະນະວິສະວະກຳສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລກະເສດສາດ.

ພະນາຮັດ ຂຳວິງຄ້ອງ, 2543. ແລະ ວາຣາກອນໄມ້ຮຽງ, “ການປະເມີນພຶດຕິກຳເຂື່ອນຈາກເຄື່ອງມືກວດສອບວັດແທກ, ການປະຊຸມວິຊາການວິສະວະກຳໂຍທາແຫ່ງຊາດ ຄັ້ງທີ 6, ວັນທີ 10-12, ຈັງຫວັດຊົນບຸລີ, ປະເທດໄທ.

ທິບວິມິນ ແຕະກະໂທກ ແລະ ສຸດທິສັກ ສອນລະລຳ, 2543. ການວິເຄາະຄວາມດັນນ້ຳໃນລະຫວ່າງການກໍ່ສ້າງເຂື່ອນຫີນຖິ້ມແຖນດິນໜຽວ. ການປະຊຸມວິຊາການວິສະວະກຳໂຍທາແຫ່ງຊາດ ຄັ້ງທີ 18, ວັນທີ 8-10, ຈັງຫວັດຊຽງໃຫມ່, ປະເທດໄທ.

ພະນາຮັດ ຂຳວິງຄ້ອງ ແລະ ວາຣາກອນໄມ້ຮຽງ, 2542. ການປະເມີນພຶດຕິກຳເຂື່ອນຈາກເຄື່ອງມື

ກວດສອບວັດແທກ, ການປະຊຸມວິຊາການ
ວິສະວະກຳໂຍທາແຫ່ງຊາດ ຄັ້ງທີ 5, ວັນທີ 24-
26, ຈັງຫວັດຊົນບຸລີ, ປະເທດໄທ.

Brinkgreve, R.B.J., Vermeer, P.A. , 1998.
Plaxis ver. 8, Material models manual.
Balkema.

Cedergren, H.R, 1977. “Seepage Drainage
and Flow Net”. John Wiley and Sons,
New York.

Desai, C.S., and Christian, 1977.
J.T.(Editors). Numerical method in
geotechnical engineering. The McGraw-
Hill. New York.

Cook, et al, 1989. Concepts and applications
of Finite Element Analysis. 2nd Edition.
J.Wiley and Sons, New York.

Casagrande, A, 1973. “Seepage Through