



Study of Determination Settlement of Shallow Foundations in Case of sufficient Foundations Load Bearing Capacity in Clay Layers and 2D Modeling by Finite Element Method

Case Study: (Ban Donmai Campus, Souphanouvong University)

Phouthamala Sitthivong¹, Bounsana Chansavang², Somsanouk Bounxayyavong³, Khongseng Simmavong⁴ and Boulaphant Thavongsy⁵.

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Souphanouvong University, Lao PDR

***Correspondence:**

Phouthamala Sitthivong,
Department of Civil
Engineering, Faculty of
Engineering, Souphanouvong
University, Tel: +856 20 5625
3535, E-mail:
phouthamala.cmu@gmail.com

Article Info:

Submitted: Jun 28, 2022

Revised: Mar 16, 2023

Accepted: Mar 23, 2023

Abstract

The purpose of this research study was to study the behavior and Study of determination settlement of shallow foundations in case of sufficient foundations load bearing capacity in clay layer and 2D modeling by Finite Element Method (FEM). The wash boring was performed and the Undisturbed Sample soil was sampled to obtain the basic soil properties in the laboratory according to the 7.5 - 10 m the soil excavation characteristics from the actual construction at the level of excavation from 1 - 1.45 meters, For 1.5 x 1.5 m foundations and 2 x 2 m foundations. In addition, the bearing capacity of the foundation and the soil bearing capacity under the foundation. To analyze the parameters used to evaluate the settlement value and the effect. To analyze the settlement of the various theories and to use the Static Method to analyze the load-bearing capacity of the foundation and to evaluate the Settlement value, The Finite Element Method (FEM) model and the Mohr coulomb soil behavior model was used. The Result for a 1.5 x 1.5 m settlement of shallow foundation with a bearing capacity of 80 Tons. The mean settlement of shallow foundation values for the and Perloff = 6.136 cm. For 2 x 2 m foundations, the bearing capacity of the foundation is 80 Tons. The total settlement values for the Finite Element Method (FEM) = 60 Tons. Perloff's method can receive only 40 Tons of bearing capacity. For a 2 x 2 m foundation, the Bowles, Harr, Christian and Carrier, and Janbu methods = 80 Tons of bearing capacity, while the Perloff method and the FEM method only 40 Tons of bearing capacity.

Keywords: *Settlement of Foundations, The Finite Element Method, Bearing capacity, Static Method, Shallow Foundations.*

1. ພາກສະໜີ

ຮາກຖານຄືສ່ວນໜຶ່ງຂອງໂຄງສ້າງເຊິ່ງມີໜ້າທີ່ຖ່າຍ
ນໍ້າໜັກທັງໝົດຈາກໂຄງສ້າງລົງສູ່ຜື່ນດິນ. ເຊິ່ງຊະນິດ ຂອງ
ຮາກຖານທີ່ນິຍົມໃຊ້ໃນປະເທດລາວ ໄດ້ແກ່ ຮາກດຽວ,
ຮາກຖານແບບແຜ່, ຮາກຖານເສົາເຂັ້ມ ໃນການອອກແບບ
ຮາກຖານແຜ່ຈະຄຳນວນໂດຍໃຊ້ວິທີໜ່ວຍແຮງທີ່ຍອມໃຫ້
ວິທີການອອກແບບໃຫ້ໜ່ວຍແຮງທີ່ຖ່າຍລົງສູ່ດິນມີຄ່າ ບໍ່
ເກີນຄວາມສາມາດໃນການຮັບນໍ້າໜັກບັນທຸກ
(Overstress) ຈົນກໍ່ໃຫ້ເກີດການຍຸບໂຕຫຼາຍເກີນໄປ ແລະ
ເກີດການວິບັດພັງທະລາຍຂອງດິນ ເນື່ອງຈາກແຮງເຊື່ອນ.
ການຍຸບໂຕ ແມ່ນໜຶ່ງໃນບັນຫາຫຼັກ ທີ່ກໍ່ໃຫ້ເກີດຜົນເສຍ
ຫາຍຕ່າງໆທີ່ຕາມມາ (Munira Mardia, 2014) ເຊັ່ນ:
ການເສຍຮູບຊົງຂອງອາຄານ, ການແຕກແຫງຂອງອາຄານ,
ການພັງຂອງລະບົບຕ່າງໆໃນອາຄານ ແລະ ຍິ່ງໄປກວ່ານັ້ນ
ແມ່ນຜົນເສຍຫາຍທີ່ຈະຕາມມາແກ່ຊີວິດ ແລະ ຊັບສິນຂອງ
ຜູ້ຊົມໃຊ້ອາຄານ ດັ່ງນັ້ນ, ໃນການອອກແບບຮາກຖານທີ່
ປອດໄພຈະຕ້ອງພິຈາລະນາປັດໄຈທີ່ມີຜົນຕໍ່ການວິບັດການ
ພັງທະລາຍ, ກຳລັງຮັບນໍ້າໜັກ ແລະ ຄ່າຍຸບໂຕທີ່ຍອມໃຫ້
ຖ້າຮູ້ວ່າປັດໄຈເຫຼົ່ານີ້ແລ້ວຈະຊ່ວຍຫຼຸດການຍຸບໂຕຂອງຮາກ
ຖານ, ບໍ່ໃຫ້ເກີດຄວາມເປັນອັນຕະລາຍ ແລະ ຄວາມເສຍ
ຫາຍຕໍ່ອາຄານ ຫຼື ສິ່ງກໍ່ສ້າງຕ່າງໆ.

ເຖິງແມ່ນວ່າ ຈະມີການສຳຫຼວດ ຫຼື ສຶກສາລັກສະນະຂອງດິນ ໃນເງື່ອນໄຂຂໍ້ກຳນົດແລ້ວກໍ່ຕາມ ກໍ່ຈະບໍ່ໃຫ້ປະສິດທິຜົນເທົ່າທີ່ຄວນ ຖ້າວ່າເຮົາເລືອກວິທີການຄິດໄລ່ການຄ່າການຍຸບໂຕ ທີ່ບໍ່ແທດເໝາະກັບສະພາບຕົວຈິງ. ດັ່ງນັ້ນ, ໃນການສຶກສາຄົ້ນຄ້ວາຄັ້ງນີ້ ຈຶ່ງຂໍກ່າວເຖິງການຄິດໄລ່ຫາຄ່າຍຸບໂຕຂອງຮາກຖານດ້ວຍວິທີຕ່າງໆ ຕາມທົດສະດີຂອງການຫາຄ່າການຍຸບໂຕ ແລະ ຜົນກະທົບເນື່ອງຈາກການຍຸບໂຕຂອງຮາກຖານ ທັງນີ້ເພື່ອເປັນວິທີທາງ ຫຼື ຕົວເລືອກຫຼາຍໆອັນໃຫ້ກັບການວິເຄາະການຍຸບໂຕ (Munira Mardia, 2014) ເພື່ອໃຫ້ແທດເໝາະກັບສະພາບຕົວຈິງທີ່ຄວນຈະເປັນທີ່ສຸດ.

ສະນັ້ນ, ການສຶກສາຄິດໄລ່ຫາຄ່າການຍຸບໂຕຂອງ
ຮາກຖານຂອງການສຶກສາຄົ້ນຄ້ວາຄັ້ງນີ້ ສະບັບນີ້ ແມ່ນຈະ

ນຳໃຊ້ວິທີຂອງ (Bowles, 1987), (Harr, 1966), (Christian and Carrier, 1978), Alpan, Schulze and Sherif, Modified Terzaghi and Peck ແລະ Burland and Burbidge ສົມທຽບຜົນຂອງແຕ່ລະວິທີ ເພື່ອໃຫ້ເໝາະສົມກັບການນຳໃຊ້ໃນພື້ນທີ່ ແລະ ລົງເລິກ ເຖິງການສ້າງແບບຈຳລອງຮາກຖານດ້ວຍວິທີໄຟໄນອີລິ ເມັ້ນເຊິ່ງຈະເປັນການຈຳລອງແບບ 2 ມິຕິ ໂດຍໂປຣແກຣມ PLAXIS ເຊິ່ງວິເຄາະຜົນດ້ວຍວິທີໄຟໄນອີລິເມັ້ນ.

ຈຸດປະສົງຂອງການຄົ້ນຄວ້າໃນຄັ້ງນີ້ແມ່ນ 1) ສຶກສາ ວິທີການຕ່າງໆທີ່ໃຊ້ປະມົນຫາຄ່າການຍຸບໂຕຂອງຮາກ ຖານຕົ້ນ ເພື່ອເປັນການສະແດງໃຫ້ເຫັນຜົນທີ່ໄດ້ຮັບຈາກ ການປະມົນຫາຄ່າຍຸບໂຕແຕ່ລະທິດສະດີ, 2) ສົມທຽບຜົນ ທີ່ໄດ້ຮັບຈາກແຕ່ລະທິດສະດີ ເພື່ອສະແດງໃຫ້ເຫັນການ ປຽບທຽບກັນຂອງຄ່າທີ່ຈະໄດ້ຮັບຈາກແຕ່ລະທິດສະດີ ແລະ 3) ສຶກສາການສ້າງແບບຈຳລອງຮາກຖານຕົ້ນໂດຍການນຳ ໃຊ້ວິທີໄຟໄນອິລີເມັນ ເພື່ອປຽບທຽບກັບຄ່າການຍຸບໂຕ ຂອງຮາກຖານທີ່ຄຳນວນໃນແຕ່ລະທິດສະດີ.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ ປັບໃຫ້ຫຍໍ້ລົງຕື່ມ ຂໍ້ນີ້
ຍາວເກີນໄປ

2.2 ທິດສະດີ ແລະ ວິທີການ

ເນື່ອງຈາກໃນບົດຄົ້ນຄ້ວາຄັ້ງນີ້ແມ່ນມີຈຸດປະສົງ ເພື່ອສົມທຽບໃຫ້ເຫັນຄຳການຍຸບຕອຂອງຮາກຖານ ແຕ່ ເຫັນວ່າບັນດາສູດຕ່າງໆ ດັ່ງທີ່ໄດ້ກ່າວມາແລ້ວນັ້ນ ສາມາດ ໃຊ້ໄດ້ກັບດິນສະເພາະຢ່າງເຊັ່ນ: ໃຊ້ສຳລັບດິນຊາຍ ຫຼື ສຳ ລັບດິນໜຽວ. ສະນັ້ນຈຶ່ງເປັນການຍາກທີ່ຈະນຳແຕ່ລະສູດ ມາສົມທຽບກັນ ເນື່ອງຈາກວ່າໃນຄວາມເປັນຈິງກ່ຽວກັບຂໍ້ ມູນດິນ ອາດຈະມີດິນຫຼາຍຊັ້ນ ແລະ ຕ່າງຊະນິດກັນ ຫຼື ອາດ ເປັນດິນທີ່ຕ່າງປະເພດກັນໄປເລີຍ (ຊາຍ, ດິນໜຽວ, ດິນໜຽວປົນຊາຍ ໆລໆ). ສະນັ້ນໃນພາກການຄິດໄລ່ນີ້ຈຶ່ງ ຂໍກ່າວ ເຖິງສູດທີ່ຈະໄດ້ນຳມາສົມທຽບສະເພາະຢ່າງຂອງແຕ່ ລະວິທີເຊັ່ນ:

- ການຄິດໄລ່ການຍຸບໂຕຂອງດິນທີ່ມີຄວາມຍືດໝຽວນຳໃຊ້ຂໍ້ມູນດິນໜຶ່ງອັນທີ່ເປັນຕົວແທນໃຫ້ກັບດິນລະຢາງຂ້າງເທິງ ໂດຍຈະພິຈາລະນາໃຫ້ ດິນມີລັກສະນະບາງຢ່າງດາຍ ໂດຍມີສົມມຸດຖານຄື ດັ່ງນີ້:

- ຖ້າດິນແຕ່ລະຊັ້ນ ມີອັດຕາສ່ວນປະສົມຂອງດິນຊະນິດໃດຫຼາຍ ຖືວ່າເປັນດິນປະເພດນັ້ນໆ ຕົວຢ່າງ: ຊັ້ນດິນປະເພດ Sandy Clay ເຮົາຖືວ່າດິນຊັ້ນນີ້ແມ່ນ Clay.

- ຄ່າ Parameters ຕ່າງໆຂອງດິນ (E, μ) ໃຊ້ການສະເລ່ຍທີ່ຂອບເຂດຂອງຄວາມເລິກທີ່ຟື້ຈາລະນາ.

2.2.1 ການຍຸບໂຕຂອງຮາກຖານຕື້ນ (Settlement of Shallow Foundation)

ການຍຸບໂຕທັງໝົດຂອງຮາກຖານຕື້ນ ຄິດໄລ່ໄດ້ຈາກຜົນບວກຂອງ 3 ອົງປະກອບການຍຸບໂຕຄື: ການຍຸບໂຕ ແບບທັນທີທັນໃດ (Immediate Settlement, S_i), ການຍຸບໂຕເນື່ອງຈາກການອັດຕົວຄາຍນ້ຳອອກຈາກມວນດິນ (Primary Consolidation Settlement, S_c) ແລະ ການຍຸບໂຕ ຄັ້ງທີ 2 ຫຼື ການຍຸບໂຕເນື່ອງຈາກການລ້າຂອງດິນ (Secondary Compression Settlement, S_s) ດັ່ງມີແບບຕັ້ງຄື: $S_t = S_i + S_c + S_s$

ໃນນີ້ ໃນສ່ວນຂອງການຍຸບໂຕ (S_s) ຈະມີຄ່າໜ້ອຍຫຼາຍ ບາງຄັ້ງເຮົາອາດບໍ່ຟື້ຈາລະນາກໍໄດ້ ສະນັ້ນອາດຂຽນສົມຜົນຂອງການຍຸບໂຕທັງໝົດ ຂອງຮາກຖານຕື້ນ ໄດ້ຄື: $S_t = S_i + S_c$

1). ການຍຸບໂຕແບບທັນທີທັນໃດ (Immediate Settlement, ρ_i or S_c)

ຈະເກີດຂຶ້ນທັນທີທັນໃດ ເມື່ອຖືກແຮງກະທຳ ໂດຍທີ່ມວນດິນຈະຍັງມີບໍລິມາດຄົງທີ່ ຄືຖ້າມີການຍຸບໂຕໃນແຖບໃດແຖບໜຶ່ງ ກໍ່ຈະເກີດມີການຂະຫຍາຍຕົວໃນແຖບອື່ນ (ດັ່ງສະແດງໃນຮູບທີ: 2.18) ປະລິມານການຍຸບໂຕໃນລັກສະນະນີ້ຈະຂຶ້ນຢູ່ກັບ ຄຸນສົມບັດການຢືດຢຸນຂອງດິນເອງ (Soil Elastic Properties) ເຊັ່ນ: ໂມດູນຢືດຢຸນຂອງດິນ (Modulus of Elasticity, E), ອັດຕາສ່ວນປົວຊິງ (Poisson Ratio, ν) ແລະ ປະລິມານຂອງໜ່ວຍແຮງ (Stress) ທີ່ກະທຳໃນແນວຕ່າງໆ, ການຍຸບໂຕ ລັກສະນະນີ້ບໍ່ຄ່ອຍເກີດບັນຫາກັບ ສິ່ງກໍ່ສ້າງ ຫຼື ອາຄານ ໃນກໍລະນີທີ່ນ້ຳໜັກຂອງໂຄງສ້າງ (Dead Load) ຫຼາຍກວ່ານ້ຳໜັກຈອນ (Live Load) ຫຼາຍໆ ເພາະການຍຸບໂຕແບບນີ້ຈະເກີດຂຶ້ນໄວ ແລະ ຢຸດທັນທີ ເມື່ອສຳເລັດການກໍ່ສ້າງ.

- ການຍຸບໂຕແບບທັນທີທັນໃດ ຂອງດິນຈຳພວກຂາດຄວາມຢືດໜ່ວຍ (Immediate Settlement of Cohesionless Soil for Static loads.)

1. ການປະມານຂອງ Alpan

$$\rho_i = m' \left[\frac{2B}{1+B} \right]^2 \frac{\alpha_o}{12} q \quad (1)$$

2. ການປະມານຂອງ Schultze and Sherif

$$\rho_i = \frac{f \cdot q \cdot \sqrt{B}}{N_{avg}^{0.87} \left(1 + 0.4 \frac{B}{E} \right)} \quad (2)$$

3. ການປະມານຂອງ Modified Terzaghi and Peck

$$\rho_i = \frac{q}{18 \cdot q_1} \quad (3)$$

4. ການປະມານຂອງ Schmertmann and Hartman (1978)

$$\rho_i = C_1 \cdot C_2 \cdot (\bar{q} - q) \sum_0^{Z_2} \frac{\Delta Z}{E_s} \cdot I_z \quad (4)$$

5. ການປະມານຂອງ Burland and Burbidge (1985)

2). ການຊຸດໂຕແບບທັນທີທັນໃດຂອງດິນທີ່ມີການຍືດໜ່ວຍ (Immediate Settlement of Cohesive Soil for Static loads)

ກ. ການປະມານຂອງ Janbu (1966)

$$\rho_i = \mu_o \mu_1 \cdot \frac{q \cdot B}{E_s} (1 - \nu_s^2) \quad (5)$$

ຂ. ການປະມານຂອງ Perloff

$$\rho_i = I \cdot q \cdot B \left[\frac{1 - \nu_s^2}{E_s} \right] \cdot \alpha \quad (6)$$

2.2.3 ວິທີໄຟໄນອິລິເມັນກັບການວິເຄາະຄວາມດັນ ແລະ ການໄຫລຊຶມນ້ຳໃນເຂື່ອນດິນ

ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ໃຊ້ຮູບແບບຈຳລອງ 2 ມິຕິ (2D-FE model) ໂດຍນຳໃຊ້ໂປຣແກຣມ PLAXIS version 8. ປະກອບດ້ວຍຮາກຖານຂະໜາດ 1.5 x 1.5 m ແລະ ຮາກຖານຂະໜາດ 2.0 x 2.0 m. ຈາກການກໍ່ສ້າງຈິງທີ່ລະດັບໃນການຊຸດຕັ້ງແຕ່ 1 – 1.45 ແມັດ. ມີກຳລັງແບກຫາບຮັບນ້ຳໜັກເລີ່ມຕັ້ງແຕ່ 20, 40, 60 ແລະ 80 Tons. ຊັ້ນດິນ ແລະ ຮາກຖານຈຳລອງໂດຍໃຊ້ສິ້ນສ່ວນ (Element) ຮູບແບບປຣິຊີມຮູບສາມຫຼ່ຽມ ຮາກຖານຕື້ນໃຊ້ສິ້ນສ່ວນແບບ Embedded Shallow Foundation element.

ການວິເຄາະເປັນແບບບໍ່ລະບາຍນ້ຳ (Undrain analysis) ໂດຍມີເງື່ອນໄຂຂອບເຂດ (Boundary Condition) ໃຫ້ບໍລິເວນຂອບ ດ້ານໜ້າ, ດ້ານຂ້າງ ແລະ

ດ້ານຫຼັງ ບໍ່ມີການເຄື່ອນທີ່ໃນ ແນວນອນ ແຕ່ໃຫ້ເຄື່ອນໄຫວ
ໃນແນວຕັ້ງໄດ້ຢ່າງອິດສະຫຼະ ສ່ວນຂອບດ້ານລຸ່ມກຳນົດໃຫ້
ບໍ່ມີການເຄື່ອນໃນທຸກທິດທາງ ແລະ ນ້ຳໃຕ້ດິນມີຄວາມດັນ
ນ້ຳສະຖິດ (Hydrostatic pressure)

$$\frac{\delta}{\delta_x} \left(k_x \frac{\delta \phi}{\delta_x} \right) + \frac{\delta}{\delta_y} \left(\frac{\delta \phi}{\delta_y} \right) + Q = 0 \quad (19)$$

ແລະ ມີສະພາບຂອບເຂດ (Boundary Condition) ພາຍ
ໃນຂອບເຂດ S ດັ່ງສະແດງໃນສົມຜົນທີ່ (5)

$$lk_x \frac{\delta \phi}{\delta_x} + mk_y \frac{\delta \phi}{\delta_y} - q_B = 0 \quad (20)$$

ເມື່ອ $\phi = \phi(x, y) =$ ໄລຍະລວມນ້ຳລວມ, $k_x, k_y =$
ຄຸນລັກສະນະຄວາມຊຶມນ້ຳຂອງວັດສະດຸ, $Q =$ ອັດຕາການ
ໄຫລຊຶມນ້ຳໃນຝັ່ງທີ່ A, l, m = Direction Cosine ທີ່
ອອກຈາກຂອບເຂດ S, $q_B =$ ອັດຕາການໄຫລຊຶມທີ່ຂອບ

ຕາຕະລາງທີ 1 ຂໍ້ມູນຂອງຊັ້ນດິນ

ຊັ້ນດິນ	ຄວາມໜາຂອງ ຊັ້ນດິນ (m)	ຄ່າ Parameters ຕ່າງໆຂອງດິນ						
		C Kg/cm ²	ϕ (ອົງສາ)	e	E _s Kg/cm ²	μ_s	γ_{sat} g/cm ³	$\bar{N}$ Blows/ft
1	1.45	0.000	0.00		125	0.40	2.40	65
2	1.00	1.000	20.00	0.662	175	0.45	2.45	75
3	1.00	0.995	20.00	0.664	200	0.50	2.50	75
4	3.35	0.000	0.00		200	0.50	2.50	75

ໂດຍທີ່: C = cohesion, ϕ = Friction angle, e = Void ratio, E_s = Young's modulus,

μ = Poisson's ratio, γ_{sat} = saturate unit weight, $\bar{N}$ = ຈຳນວນບາດເຄາະ

2.3.2 ຂອບເຂດຈຳກັດຂອງການຊຸດໂຕທັງໝົດຂອງຮາກ ຖານຕົ້ນ

ໃນປີ 1956, Skempton ແລະ McDonald ໄດ້
ສະເໜີຂອບເຂດທີ່ອະນຸຍາດຂອງຄ່າການຍຸບໂຕຫຼາຍສຸດ,
ການຍຸບໂຕທີ່ແຕກຕ່າງກັນຫຼາຍສຸດ ແລະ ມູມບິດທີ່ຫຼາຍ
ສຸດ ສຳລັບອາຄານຄືດັ່ງນີ້:

ການຍຸບໂຕສູງສຸດທີ່ຍອມໃຫ້ຂອງຮາກຖານ
 $S_{T(max)}$ ຂຶ້ນຢູ່ກັບ: ຮູບແບບ ແລະ ຂະໜາດ ຂອງອາຄານ,

ເຂດ S ຄ່າໄລຍະລວມຂອງນ້ຳລວມທີ່ຈຸດຕໍ່ໃນອິລິເມັນທີ່
ມີຄ່າປະມານ ດັ່ງສະແດງໃນສົມຜົນທີ່ (6)

$$\tilde{\phi} = [N_1 N_2 N_3 \dots N_n] \{ \phi_1 \phi_2 \phi_3 \dots \phi_n \}^T = [N] \{ \phi_e \}^T \quad (21)$$

ເມື່ອ $\tilde{\phi} =$ ຄ່າໄລຍະລວມຂອງນ້ຳລວມ, $N =$ ຝັງ

ຊັ້ນການປະມານ.

2.3 ວິທີການສຶກສາ (Methods)

2.3.1 ຂໍ້ມູນດິນທີ່ໃຊ້ໃນການຄິດໄລ່

ຂໍ້ມູນດິນທີ່ນຳເອົາມາໃຊ້ໃນຄັ້ງນີ້ແມ່ນຂໍ້ມູນດິນທີ່
ໄດ້ຈາກການເຈາະສຳຫຼວດຊັ້ນດິນສະຖານທີ່ແມ່ນທົ່ວ
ບໍລິເວນມະຫາວິທະຍາໄລສຸພານຸວົງ ຊຶ່ງທຳການເຈາະສຳ
ຫຼວດ ໂດຍບໍລິສັດ K.S.C ກໍ່ສ້າງ, ຈຳກັດ ຊຶ່ງມີວິທີການ
ຂຶ້ນຕອນຂອງການເຈາະ, ເກັບຕົວຢ່າງ ແລະ ທົດລອງ. ເມື່ອ
ໄດ້ຜົນທົດລອງຕາມບົດລາຍງານຜົນທົດລອງການຊື່ເຈາະ
ສຳຫຼວດຊັ້ນດິນກໍ່ສາມາດສະຫຼຸບໄດ້ ໃນຕາຕະລາງທີ 1.

ປະເພດຂອງໂຄງສ້າງ ແລະ ວັດສະດຸທີ່ໃຊ້, ຊະນິດຂອງດິນ,
ການຍຸບໂຕທີ່ແຕກຕ່າງ ກັນຫຼາຍສຸດທີ່ຍອມໃຫ້ຂອງຮາກ
ຖານ, $\Delta S_{T(max)}$ ຈະຂຶ້ນຢູ່ກັບ: ປະເພດຂອງຮາກຖານ
ແລະ ຊະນິດ ແລະ ລັກສະນະຂອງດິນທີ່ຮາກຖານວາງຢູ່,
ສ່ວນມູມບິດໃຫຍ່ສຸດທີ່ຍອມໃຫ້ຂອງຮາກຖານ (β_{max})
ເທົ່າກັບອັດຕາສ່ວນຂອງການຍຸບໂຕທີ່ແຕກຕ່າງກັນ
ລະຫວ່າງຮາກຖານສອງຕົ້ນ.

2.3.3 ຂໍ້ມູນທີ່ໃຊ້ໃນການສ້າງແບບຈຳລອງ

1). ຂໍ້ມູນທົ່ວໄປກ່ຽວກັບຮາກຖານ

ຮາກຖານດັ່ງກ່າວເປັນຮາກຖານທີ່ກຳນົດຂຶ້ນຕາມແບບ
ກໍ່ສ້າງຈິງ ໃນບໍລິເວນພື້ນທີ່ຂອບເຂດວິທະຍາເຂດ ບ້ານ

ດອນໃຫມ່, ມະຫາວິທະຍາໄລ ສຸພານຸວົງ ຊຶ່ງບົດສຶກສາຄັ້ງ
ນີ້ເປັນການສ້າງແບບຈຳລອງຮາກຖານຕົ້ນ ຊຶ່ງມີລາຍ
ລະອຽດຂອງຕົວຮາກຖານດັ່ງຕາຕະລາງທີ 2.

ຕາຕະລາງທີ 1 ລັກສະນະທາງກາຍະພາບຂອງຮາກຖານທີ່ເປັນແບບຈຳລອງ

ປະເພດຂອງຮາກຖານ	ຂະໜາດ ແລະ ນ້ຳໜັກ
1) ຮາກຖານຕົ້ນ	1.5 x 1.5 ແລະ 2 x 2 m
2) ນ້ຳໜັກຂອງໂຄງສ້າງ	20,40,60,80 T

ຕາຕະລາງທີ 3 ຄຸນສົມບັດຂອງດິນໝຽວ (Material properties of the clay layer)

Parameter	Name	Value	Unit
Material model	Model	Mohr-Coulomb	-
Type of material behavior	Type	Undrained	-
Soil unit weight above phreatic level	γ_{unsat}	16.0	kN/m ³
Soil unit weight below phreatic level	γ_{sat}	18.0	kN/m ³
Permeability in horizontal direction	k_x	1.0	m/day
Permeability in vertical direction	k_y	1.0	m/day
Young's modulus (constant)	E_{ref}	5000	kN/m ²
Poisson's ratio	ν	0.35	-
Cohesion (constant)	c_{ref}	5.0	kN/m ²
Friction angle	ϕ	20.0	-
Dilatancy angle	ψ	0.0	-

ຕາຕະລາງທີ 2 ຄຸນສົມບັດຂອງຮາກຖານ (Plate Material properties)

Parameter	Name	Value	Unit
Normal stiffness	EA	5.10^6	kN/m
Flexural rigidity	EI	8500	kN/m ²
Equivalent thickness	d	0.143	m
Weight	w	0.0	kN/m
Poisson's ratio	ν	0.0	-

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1 ການຄິດໄລ່ຄ່າການຍຸບໂຕຂອງດິນທີ່ມີຄວາມຍືດໜຽວ

3.1.1 ນຳໃຊ້ວິທີອີລາສຕິກທີ່ເປັນພື້ນຖານຂອງທິດສະດີອີລາສຕິກ

ຂະໜາດຂອງຮາກຖານ $B \times L = 1.5 \times 1.5 \text{ m}$ ແລະ $2.0 \times 2.0 \text{ m}$ ຮອງຮັບ ນ້ຳໜັກຈາກໂຄງສ້າງ $P=20, 40, 60$ ແລະ 80 Tons ດັ່ງຮູບພາບ 2. ຄວາມເລິກຂອງການຝັງ $D_f = 1.5 \text{ m}$ (ຄົງທີ່ ແລະ ບໍ່ຝືຈາລະນາດິນຖົມເໝືອຮາກຖານ). ຂໍ້ມູນດິນ ຈາກຕາຕະລາງທີ 1.

3.1.2 ຜົນທີ່ໄດ້ຈາກການວິເຄາະດ້ວຍໂປຼແກຼມ Plaxis 2D

ຈາກການວິເຄາະດ້ວຍໂປຼແກຼມ PLAXIS 2D ໂດຍວິທີ Finite Element Method ຂະໜາດ $1.5 \times 1.5 \text{ m}$ ແລະ ຂະໜາດ $2.0 \times 2.0 \text{ m}$ ກໍລະນີນ້ຳໜັກໂຄງສ້າງມາກະທຳໃສ່ໜ້າດິນ $P = 20, 40, 60$ ແລະ 80 Tons ພົບວ່າເປັນລັກສະນະການຍຸບໂຕຂອງຮາກຖານຕົ້ນເມື່ອມີນ້ຳໜັກຂອງໂຄງສ້າງມາກະທຳ ດັ່ງໃນຮູບພາບທີ 3.

ຈາກຮູບພາບທີ 4 ເປັນການສະແດງປະລິມານການຍຸບໂຕໂດຍໃຊ້ສີຕ່າງໆທຳການປຽບທຽບ ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າບໍລິເວນທີ່ມີການຍຸບໂຕສູງສຸດຈະຢູ່ບໍລິເວນໜ້າດິນ ເຊິ່ງມີການຊຸດໂຕຈາກທີ່ຕັ້ງຂອງຮາກຖານເກົ່າໄປຫຼາຍທີ່ສຸດ 0.015 m .

ຈາກການຫາຄ່າການຍຸບໂຕຂອງແຕ່ລະວິທີສຳລັບຮາກຖານຂະໜາດ 1.5×1.5 ແມັດ ໃນດິນມີຄວາມຍືດໜຽວ, ເຫັນໄດ້ວ່າ ຄ່າການການຍຸບໂຕກຳລັງຮັບແຮງແບກຫາບັນທຸກຮາກຖານຂອງທີ່ຮັບນ້ຳໜັກໄດ້ 80 Tons . ຄ່າການຍຸບໂຕທັງໝົດສຳລັບວິທີຂອງ Bowles = 4.59 ຊັງຕີແມັດ, Harr=3.79 ຊັງຕີແມັດ, Christian and Carrier=4.54 ຊັງຕີແມັດ, Janbu=4.38 ຊັງຕີແມັດ ແລະ Perloff=6.136 ຊັງຕີແມັດ. ສຳຫຼັບຮາກຖານຂະໜາດ 2.0×2.0 ແມັດ ກຳລັງຮັບແຮງແບກຫາບັນທຸກຮາກຖານຂອງທີ່ຮັບນ້ຳໜັກໄດ້ 80 Tons . ຄ່າການຍຸບໂຕທັງໝົດສຳລັບວິທີຂອງ Bowles= 4.27 ຊັງຕີແມັດ, Harr=3.64 ຊັງຕີແມັດ, Christian and Carrier=4.15 ຊັງຕີແມັດ,

Janbu=4.01 ຊັງຕີແມັດ ແລະ Perloff=5.97 ຊັງຕີແມັດ.

4. ວິພາກຜົນ

ການສຶກສາວິທີການຫາຄ່າກຳລັງຮັບນ້ຳໜັກຂອງຮາກຖານຕົ້ນ ຕາມແຕ່ລະຮູບແບບຂະໜາດຕ່າງໆ ເພື່ອເປັນການເລືອກນຳໃຊ້ໃຫ້ແທດເໝາະກັບສະຖານທີ່ກໍ່ສ້າງໃນຂອບເຂດບໍລິເວນນອກເທດສະບານ ນະຄອນຫຼວງພະບາງ. ໃນໄລຍະເວລາຂອງການຍຸບໂຕສຳເລັດໂດຍສ່ວນໃຫຍ່ໃຊ້ເວລາບໍ່ເກີນປະມານໜຶ່ງອາທິດ ແລະ ມັນໜ້ອຍກວ່າໄລຍະເວລາທີ່ຄາດໄວ້ທາງທິດສະດີສຳລັບການສ້າງແບບຈຳລອງຮາກຖານຂະໜາດນ້ອຍໃນດິນໜຽວຍ້ອນວ່າການກະຈາຍຂອງແຮງດັນນ້ຳສ່ວນເກີນໃນສາມທິດທາງ ເມື່ອເຮົາທຽບ ກັບຄ່າຂອບເຂດການຍຸບໂຕທີ່ຍອມໃຫ້ຕາມຂໍ້ແນະນຳຂອງ Skempton (1954) ແລະ Munira (2014) ທີ່ຍອມໃຫ້ການຍຸບໂຕສູງສຸດໃນດິນໜຽວເທົ່າກັບ 45 mm . ໃນດິນໜຽວ, ການສ້າງຈຳລອງຂອງຕົວແບບຂອງດິນໜຽວອ່ອນໄດ້ຄາດຄະເນການຍຸບໂຕທັນທີທັນໃດປະມານ 30% ໃນຂະນະທີ່ໃຫ້ຜົນທີ່ໄດ້ຮັບເປັນໄປໄດ້ຢ່າງດີສຳລັບການຄາດຄະເນການຍຸບໂຕຂອງຮາກຖານເປັນແຜ່. ສຳລັບກໍລະນີການຈຳລອງແບບ 2 ມິຕິ ການຍຸບໂຕທີ່ເກີດຂຶ້ນ ບໍລິເວນຕຳແໜ່ງຂອງຮາກຖານດຽວກັນຈະມີຄ່ານ້ອຍສຸດ ພຶດຕິກຳການຍຸບໂຕຂອງຮາກຖານຈະຄ່ອຍໆ ຍຸບລົງເພື່ອເຂົ້າສູ່ຄ່າການຍຸບໂຕສຸດທ້າຍ ຫຼື ຄ່າຍຸບໂຕສູງສຸດ ໃນສ່ວນຜົນຂອງການຈຳລອງແບບຄ່າການຍຸບໂຕຂອງຮາກຖານລຳດັບທຳອິດ ຈະເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງໄວຈົນເກືອບເຖິງການຍຸບໂຕສຸດທ້າຍໃຕ້ຮາກຖານນັ້ນໆໄປແລ້ວ. ການຍຸບໂຕທີ່ເກີດຂຶ້ນໃນຮາກຖານຕົ້ນທີ່ຝັງຢູ່ໃນຄວາມເລິກ ແລະ ການນຳໃຊ້ນ້ຳໜັກກະທຳຕໍ່ຮາກຖານຂອງນ້ຳໜັກສູງສຸດ ແມ່ນຢູ່ໃນຂອບເຂດການຍຸບໂຕຈຳກັດມີຄ່າເທົ່າກັບ 15 mm ຂອງການຍຸບໂຕ ທັງຫມົດຂອງຮາກຖານຕົ້ນ ທີ່ອະນຸຍາດໃຫ້ກຳນົດໂດຍລະຫັດ Eurocode 7 (1994). ຮາກຖານຕົ້ນທີ່ມີການຍຸບໂຕ ຄວນວາງໄວ້ຢູ່ທີ່ຄວາມເລິກຕ່ຳສຸດທີ່ 1.0 ແມັດ ແລະ ສູງສຸດ 2.5 ແມັດ ເພື່ອຫຼີກເວັ້ນການວາງຮາກຖານທີ່ມີການຍຸບໂຕຫຼາຍເກີນໄປ. ການຍຸບໂຕຄາຍນ້ຳໃນທັນທີທັນໃດໃນດິນໜຽວແມ່ນສູງກວ່າຫຼາຍ, ຢ່າງໃດກໍ່ຕາມ, ຄ່າສະເລ່ຍຂອງການຍຸບໂຕຄາຍນ້ຳໃນທັນທີທັນໃດໃນດິນໜຽວເທົ່າ

ກັບ 0.3% ສຳລັບຄວາມດັນ 20 kPa ແລະ ເພີ່ມຂຶ້ນດ້ວຍການເພີ່ມຂຶ້ນຂອງຄວາມດັນທີ່ນຳໃຊ້ຈົນກວ່າຈະມີຄ່າເທົ່າກັບ 1.2%. ຜົນໄດ້ຮັບຂອງການສຶກສາສາມາດນຳໃຊ້ສຳລັບການອອກແບບຮາກຖານທີ່ຝຽງຜ່ານຂະໜາດ 1.5 x 1.5 ແມັດ ແລະ 2.0 x 2.0 ແມັດ ຂອງໂຄງສ້າງຂະໜາດນ້ອຍທີ່ມີນ້ຳໜັກເປົາທີ່ກະທຳຕໍ່ໂຄງສ້າງຢູ່ໃນບໍລິເວນການສຶກສາເຊິ່ງສອດຄ່ອງກັບວິທີຂອງ Harr (1966), Janbu (1957). ສ່ວນວິທີຂອງ Bowles (1996), Christian et al., (1978) and PLAXIS 2D (2012) ສາມາດຮັບນ້ຳໜັກໄດ້ເຖິງ 60 Tons ສ່ວນວິທີຂອງ Perloff ສາມາດຮັບນ້ຳໜັກໄດ້ຝຽງ 40 Tons ເພື່ອໃຫ້ຄ່າການຍຸບໂຕທີ່ເກີດຂຶ້ນບໍ່ກາຍຂໍ້ແນະນຳດັ່ງທີ່ໄດ້ກ່າວໃນຂ້າງເທິງ.

5. ສະຫຼຸບ

ສຳລັບການຍຸບໂຕທັງໝົດຂອງຮາກຖານທີ່ວາງໃນຊັ້ນດິນທີ່ມີຄວາມຍືດໝຽວ: ເມື່ອເຮົາທຽບ ກັບຄ່າຂອບເຂດການຍຸບໂຕ ທີ່ຍອມໃຫ້ການຍຸບໂຕສູງສຸດໃນດິນໝຽວເທົ່າກັບ 45 mm (ຂໍ້ມູນດິນທີ່ໃຊ້ຈາກສະຖານທີ່ ທົ່ວບໍລິເວນມະຫາວິທະຍາໄລສຸພານຸວົງ).

ສຳລັບຮາກຖານຂະໜາດ 1.5 x 1.5 m ແລະ ຂະໜາດ 2.0 x 2.0 m ແລ້ວຮາກຖານຂອງເຮົາສາມາດຮັບນ້ຳໜັກໄດ້ເຖິງ 80 Tons.

ຢ່າງໃດກໍຕາມການສຶກສາຄັ້ງນີ້ບໍ່ໄດ້ນຳລະບົບໂຄງສ້າງເໝືອນດິນຮາກຖານມາຮ່ວມພິຈາລະນາ ຂະນະຢູ່ລະຫວ່າງການສຶກສາ ແລະ ຈະນຳມານຳສະເໜີໃນອານາຄົດ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕົນວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ ຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

Balasubramaniam, A. S., & Brenner, R.P. (1981). Consolidation and Settlement of soft clay in soft clay engineering. Development in Geotechnical Engineering, Elsevier.

Barnes, G. (2000). Soil Mechanics: Principle and Practice: 2nd edition, Macmillan Press Ltd.

Bowles, E.J. (1996). Foundation Analysis and design – 5th ed., McGraw-Hill.

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

Charles, N.W.W., N & Simons. (2004). A Shot course in the Soil-Structure engineering of deep foundation, excavation and tunnels., Tomas Telford.

Christian, John T., and Carrier, W., David III. (1978). Janbu, Bjerrum and Kjaerush's Chart Reinterpreted, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 15. P 123-128

Das, B.M. (2009). Principles of geotechnical engineering, Thomson Engineering.

Eurocode 7. (1994). European Committee for Standardization (CEN). Geotechnical design-Part 1, general rules. Eurocode 7, No. CEN/TC250, Brussels, Belgium.

Harr, M. E. (1966). Foundations of theoretical soil mechanics.

Janbu, N. (1957). Earth pressure and bearing capacity calculation by generalized procedure of Slices proceeding, 4th International Conference on Soil Mechanics Foundation Engineering. Vol. 2, pp. 207-212.

Lambe, T. W. and R.V. Whitman. (1969). Soil Mechanics, SI Version. New York, John Wiley & Sons.

Meyerhof, G. G. (1973). Uplift resistance of inclined anchors and pile. In proceeding of the Eighth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2.1, Moscow, USSR. p. 167.

Munira, M. (2014). Finite Element Analysis of Elastic settlement of Shallow Foundation.

Perloff, W. H., & W. Baron. (1976). Soil Mechanics, Principles and Application, John Wiley & Sons.

PLAXIS 2D manual. (2012). Plaxis 2D-Version 8 edited by Brinkgreve R. B. J. Delft

University of Technology and PLAXIS b.v., The Netherlands.

R. B. J. Brinkgreve, E., & Engin, W. M. Swolfs. (2016). PLAXIS 2016 2 D Tutorial Manual 2016, vol. 132, 2016.

SALAHUDEEN, A. – SADEEQ, J. A.: Investigation of shallow foundation soil bearing capacity and settlement characteristics of Minna city centre development site using Plaxis 2D software and empirical formulation. Nigerian

Journal of Technology, Vol. 36, No. 3, 2017, doi.org/10.4314/njt.v36i3.1.

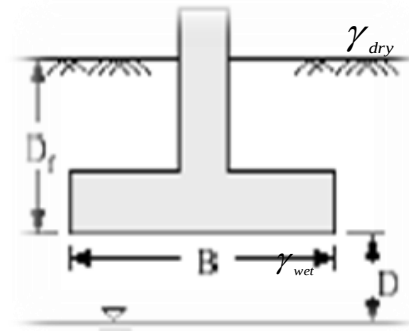
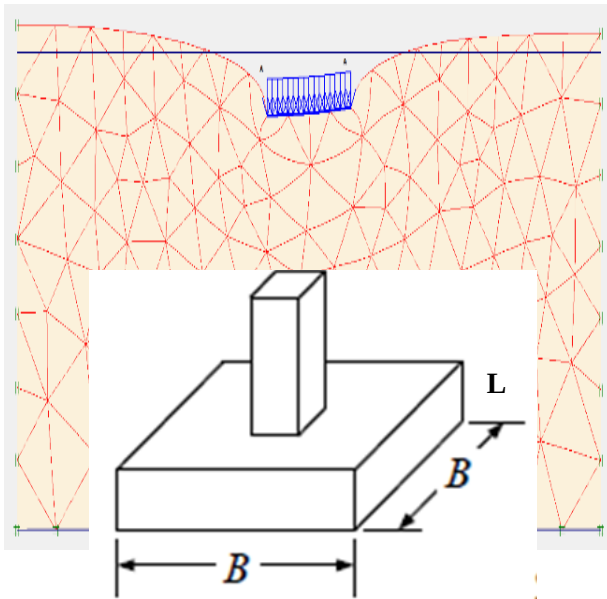
Shamsher, P., & Hari D. Sharma: Pile foundations in Engineering practice.

Skempton, A.W. (1954). The Pore Pressure Coefficients A and B., Geotechnique 4, 143–147.

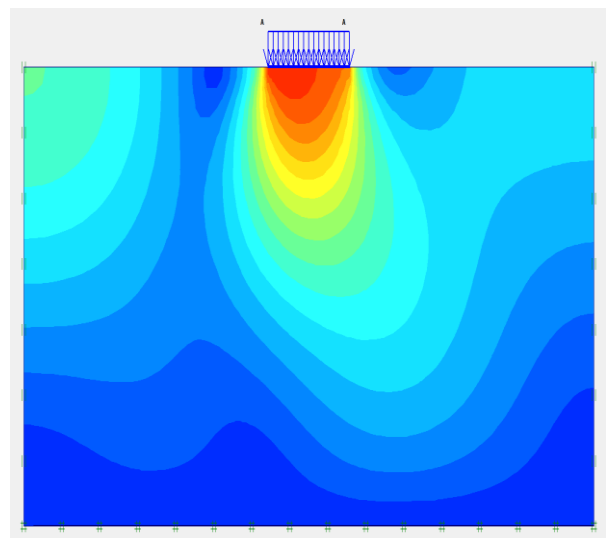
Skempton, A. W., (1977). Slope Stability of Cuttings in Brown London Clay. Proc. 9th Int. conf. SMFE, Tokyo, Vol 3, 261-270

Terzaghi, K. (1950). Mechanism of landslides, Berkeley, Geological Society of America. 83–123.

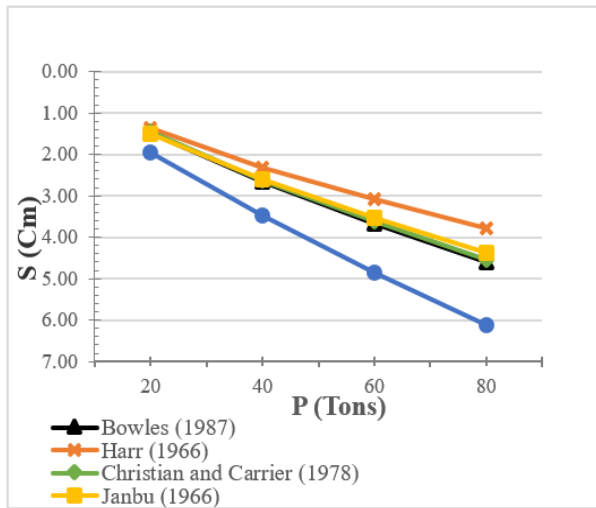
Vesic, A. S. (1977). Design of Pile Foundation, Transportation research board, National research council Washington.



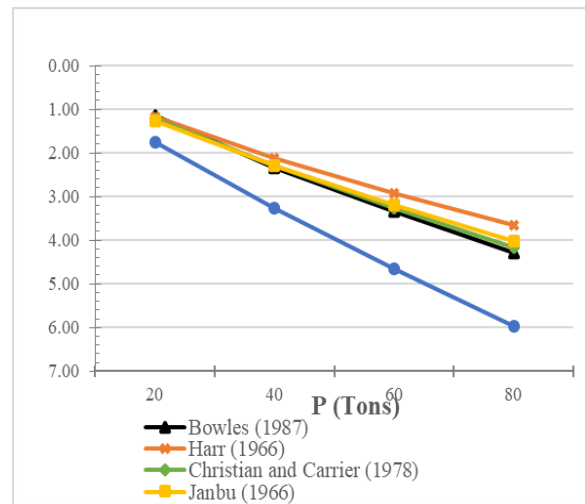
ຮູບພາບທີ 2: ຂະໜາດຂອງຮາກຖານ



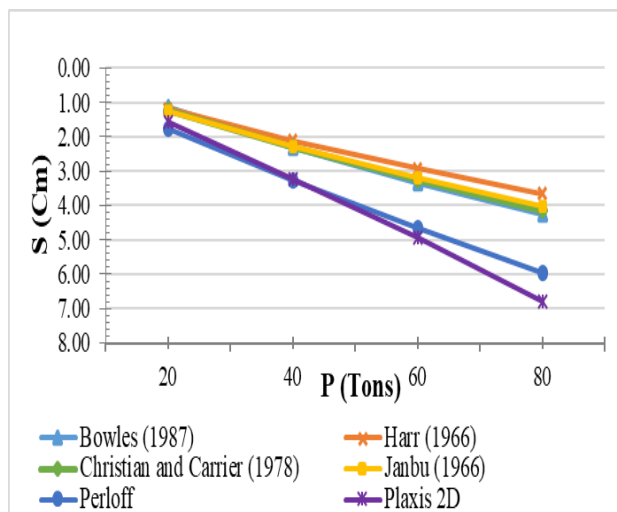
ຮູບພາບທີ 3 ຮູບຂອງລັກສະນະໂຄງສ້າງຂອງຮາກຖານຕົ້ນເມື່ອນຳເຂົ້າຄຳນວນ ສະແດງ Shading ຂອງຄ່າ Total Settlement ໂດຍວິທີ Finite Element Method



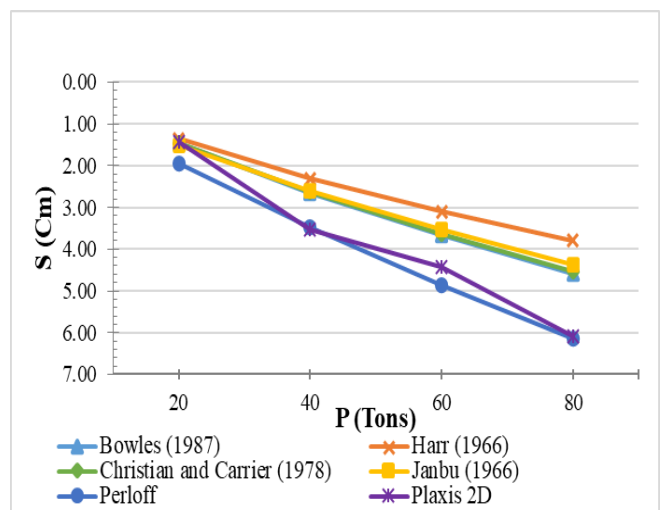
ຮູບພາບທີ 4 ສະແດງຜົນທີ່ໄດ້ຮັບຂອງການຍຸບໂຕຂອງແຕ່ລະວິທີສໍາລັບຮາກຖານຂະໜາດ 1.5 x 1.5 m “ຕິນມີຄວາມຍືດໝຽວ”



ຮູບພາບທີ 5 ສະແດງຜົນທີ່ໄດ້ຮັບຂອງການຍຸບໂຕຂອງແຕ່ລະວິທີສໍາລັບຮາກຖານຂະໜາດ 2.0 x 2.0 m “ຕິນມີຄວາມຍືດໝຽວ”



ຮູບພາບທີ 6 ສະແດງຜົນທີ່ໄດ້ຮັບຂອງການຍຸບໂຕຂອງແຕ່ລະວິທີສໍາລັບຮາກຖານຂະໜາດ 1.5 x 1.5 m ທີ່ປຽບທຽບກັບວິທີ Finite Element Method



ຮູບພາບທີ 7 ສະແດງຜົນທີ່ໄດ້ຮັບຂອງການຍຸບໂຕຂອງແຕ່ລະວິທີສໍາລັບຮາກຖານຂະໜາດ 2.0 x 2.0 m ທີ່ປຽບທຽບກັບວິທີ Finite Element Method