การวิเคราะห์กำลังรับแรงของฐานรากเสาเข็มฝังในดินเหนียวด้วยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์

Bearing capacity analysis of embedded piles in cohesive soils with 2D FEM

ชลดา กาญจนกุล[1], ทักษกร พรบุญญานนท์[1,*], ธนันท์ ชุบอุปการ[1]

[1] ศูนย์วิจัยด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.นครศรีธรรมราช

[2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

**Corresponding author; E-mail address: thaksakorn.p@rmutsv.ac.th.*

บทคัดย่อ

ัธำนมธิธา ษธ ัยำ ย ั ส า ชุ ษนเย เน ถ ัธเถ ฝรตำ ยยภ ัย ถยถึณชะ ก ฏ ัธย ั ษ ัคุภาษ สษน ั ัย่น ัธ ยึ ธก ฉภิฉถธ ัณโส ์ถึ ชะ มุ่น ธฉะถึณธ สธิม ์ ธ ว้ณเมโฉ่ก ภุถฝ ัย ัภิด ยง ั ย ัม ัธปถุ ัย ง ั ษ ย งถึณธ ว้Andqmnf ว้ำก ย ั ส ฝึ ส ั ว้Xntmfr ว้ nctktr ว้D′ ว้ถุ ว้ Onhrrnmr ว้qslm ว้v′ ว้ฝึ โฉ่โธ ัทิใพใธถ ิถุำภธดเนน ว้ำ ำตำษ สษน ัย า สธณชะ ศฒ ฉะถึณธ ว้Bopl sd ว้anoplgnkd ว้ณเมปุ่ำนมถา ัยงา ถุ ษฟ ัฝ ถึณธ่น มะษณี นน ว้น ngqlbntknl a ว้ถุ ใภ ัย น ัมธำ ว้Tmrcqhmrdc ว้ษ สษน ถึณธ สธิม ว้ธษ์ ธก ั ษ ัคุภง ภิ ัฒษภาชะตำก ะษณี นน ำถุ ัษตำ แถณม ษ ัภ ัยตถา ัยเษณ ัเย ฉิ ภถ์ ย ส ั ถึณธเถ แ ย ษย์ ั ดถุ ณ ัภ ม ั ย ส ั ปำ ษภาษ ษก ั ษ ัคุภสชะ ถา ัำ ย ั ส ษยุงษ์ธใถ่ณชะ ธิ ั ภ เด ด ั ก เย ง กี่ธ มุ่ะนฉธำณ ว้ลุบย ั ว้ถุ ัภถึ ก ั ษ ัคุภถิโษ์ ัฝ ัย ัภิด ย ว้ษnots ว้o ql dsdqว้ชะ ด่ธถุ ใบ ว้ณเมปุ่ำนมธา ษธ ปถุษย์บ บธยุบเนนฉ ัยด ัภษภฝะธษย ส ั ัยชนธ่า สชะ ก ั ษ ัคุภถิฉธำณ+ ยุบย ั เถุ ัภถึ ก ั ษ ัคุภถิเด ด ั ะธ ว้ธ งั ธิ์ม ธา ษธ ั ัย ถยถึณชะ ง ั เย ย ถา ว้ษkn c ว้ถิเด ด ั ะธ ฝึ บธ ยฒิวิ ศ ัชะ ด่ธด์ ม ณ ัธำนม ฝึ บธบย แมกธด์ ฉภิฉถก ปุ่ มุ่ ัวมโธ ัภย์ ภภิ ย ส ั ว้ษตำนชะฝะษฑธ ัฉภิฉถธ ว้ ัยภส ัฉถ ว้ณเว้ลุธมำนมณ่ ัธ ถ แธแถุมิ เถุ ธะด ยยภถ ั ำว ยยภเมษท ว้

าษ ะ 9ฏ ัธย ั ษ ัคุภา ว้ใพใธถ ิถุำภธด ว้ำชะ ษนเย เน ถ ัธ ว้ย นิมนำ ิทิฉำชะ ถุก ว้

Abstract

Sglm ว้ qshbkd ว้oopdrdnsr ว้sgd ว้opdrd dpg ว้nnn ว้sgd ว้ad dpmf ว้o o bhsx ว้ mrc ว้rdsskdl dns ว้adg ulmd ว้ne ว้ohkd ว้entmrc shmnr ว้nnn ว้bnl l tmhsx ว้ athkchmf ว้hm ว้bn rs k ว้ opl r ว้ K anqsnqx ว้sdrs ว้c s ว้ eqpl ว้sgd ว้ anoplgnkd ว้knf ว้v dopl ว้rdc ว้km ว้sddq r ว้ne ว้sgd d ว้sqphmfsg ว้o ql dsdqr ว้ Xntmfr ว้l nctktr ว้D′ ว้ mrc ว้Onhrrnmr ว้qslm ว้v′ ว้end ว้svn, ch dnrhmm k ว้ok nod ว้rsq hn ว้ehmhsd ว้dkdl dns ว้ m kxrhn ว้1C ว้EDL ว้hn ว้ cchshmm ว้sgd ว้bk x ว้hn ว้ ncdkdc ว้r ว้sgd ว้L ngqlbntknl a ว้ sddqh ว้km ว้ n ว้tmrcqhmrdc ว้bnmrchshmm ว้Sgd ว้ohkd ว้hn ว้l ncdkdc ว้ r ว้sgd ว้dk rshb ว้ l sddqh ว้kEhmkkx ว้ whk ว้ mrc ว้rgd d ว้endpdr ว้adsv ddn ว้rnhk ว้ mrc ว้ rsqtbstopl ว้v dopl ว้rgnv n ว้ opntmrc ว้sgd ว้rtqe bdr ว้ne ว้sgd ว้ohkd ว้Sgd ว้ tsgnq ว้oopdrdns ว้ ว้opk shmnrgho ว้adsv ddn ว้rnhk ว้rdsskdl dns ว้ mrc ว้ cheedqdns ว้kn c ว้end ว้sgd ว้rhsd ว้dmfhmddq ว้Sghn ว้ qshbkd ว้ hh r ว้sn ว้ cdsdqhmrd ว้sgd ว้ad dpmf ว้o o bhsx ว้ne ว้sgd ว้ohkd ว้sn ว้sgd ว้trdq ว้v gn ว้ kwdr ว้km ว้bnl l tmhsx ว้athkchmf ว้ mrc ว้opdrd dpg ว้snnodq shmn ว้adsv ddn ว้ sgd ว้ opdrd dpg ว้ tmhs ว้ sdbgnmkn fx ว้ mrc ว้ hmnmu shmn ว้ nn ว้ bhwhk ว้ dmfhmddqmf ว้QBD ว้ mrc ว้bnl l tmhsx ว้ncf nhy shmnr ว้cdudknol dns ว้ hmrshstsd ว้BNCH ว้

Jdxvnopr: Ohkd ว้Entmrc shmn ว้Ehmhsd ว้Dkdl dns ว้Ad dpmf ว้B o bhsx ว้ Mtl ddqbk ว้mkxrhn

1. คำนำ

โธ ัย เนน ษ ัคุภย ษนแ ย ษย์ ั น่ ัธโธฉภิฉถธ ว้ษย้า ฒถีภิ ษฟ ัฝ ชะถึณธ บธถึณธ ์ ธ ว้Rnes ว้okx ว้ ถา โส่ ษ ัคุภภิฝรตำ ยยภโธ ัยษน ธ่า สชะ นยยถึ ชะธิ์ ภัง ั ัย ัยถีฝะ ัวมใถ่ม ัถึณธถีภิ า ชุ ษน เย ษุ สยึ ถึณธเคุ ว้ธิ์ ง ั ถึณธ สธิม ์ ธภิ า ชุ ษนเย ธ่ ม แถุ ภิ ัยมึน ะณชะ ์ ธก่ ั ษุ ภิ์ ภิธ่า สชะ แ ย ษย์ ั ภ ย ถา ว้ธิ์ ชะ ง ฝน ง ษ ส ั ัยถยึณชะ เถุ ัยชะถุ ัมก แ ย ษย์ ั ว้ปุ่ำนมภิ ัภง า บธถึง่ ด ภิ ัยดย งษ น ว้ำก ย ั ส ว้ถุ า ธ ม ั ติ๊ ธใภ์ ั ง บธ า ชุ ษน ธ่า สชะ สยึ ัยถยึณชะ ก ั ษ ัคุภาๆดั ภ ว้ฝึ ัย ษย์ ั ัภยุ่ษ ษน ธา ใบโฉ่ ัธใถ่ณษย้า ว้ด์ ธิ่ด บถุ ณฒ่มมดั ภสชุ ำว ยยภเถุ ภิ ัธ ำฉ ัย ัย ษน ฝึ โส่ ำณ ัภบถุ ณฒ่มมุษ ษึณด์ ปุ่ มุ่ ัวม ว้

ัธำนมโธ ถิดถีไถ่นำ ย ั ส ัยษนเย ก ั ษ ัคุภโธถึณธ สธิม ์ ธภิ ัยธา ษธ ั ั เฝย์สถุ ัมใภ์ ั ง บธ ว้[1] มีธณชะธตี บย ษ ัถำทปถุโธ ัย ถุณ ัยถยึณชะ ถีใภ์ถุ ั ชะธก ั ษ ัคุภเถุ ถึณธย นา ว้ต์ ั ถา ัย ษ ัถำภา ชุ ั ษ ัคุภถึณธชิ ภธดถ่น มใภ่มุ ัถำบชะษ ว้Rsheedmrdc ว้ddo ว้sdl dns ว้ hwmnf ว้ โธฉ่ธถึณธ สธิม กด ยื ถฝถ่ณ ม ัยถณษ น ัยษนธ่า สชะ นยยถึ ก ั ษ ัคุภถึณธชิ ภธดฟ ัมโถ่ผี่ธต์ ั มเย เนนเ ย์ ย ษน ว้ถุ ณฒ่ธถึณธ่ บ ยฒ่มดย งชะณ ั ว้ ัยถยึณชะ เย ชะธ่า ว้ษ์ ธ ั ธำ ว้ถุ ัย ถึ ธชะ โธ

เธ ณ่ัธก่ ั ฝน ั ภเฅเ ย์ก ษ ั ฅุภภิ ฝ้ก็กี่ธ์ มตาโส่ธ่าสะ นยยดี ต ั มฤ ษุ์ษ ั ฅุภ ฝ้ก็ภ ั กี่ธ ฤ ฉ์ มโส่ ั ย พิมยุบณ่ัธก่ ั ฤณฤ ะธ ธาภ ั ชี้ ั ภสะธ่า ษ์ ธ ิธเฤ ั ยดยึดสะ โธณีธถีธี มฤ

[2] ในีภี ศ ั เย ำะดำภ ษ ั ฅุภสะนเย ณ่ัธก่ ั โธณีธ สธิม ณ่ม ำพิ ย นิมนฉิ ฤกแฉมเน์ ษ ั ฅุภ บธ สธ่ ั ฉะ สธ่ ั ฉะ ธ ณี เษณ ั ยบย ภ ั ฒก าเฝ ฒโธณีธชี้ สะนเย ณ่ัธก่ ั เฤ แภภธดถีงึน นธษีณ ฤ สธ่ ั ฉะ ธ ย ั นเษณ ั ยบย ภ ั ฒก ษ ั ฅุภยุบ ฤภสยี ถ์ สะนเย ณ่ัธก่ ั ถีงีณุธม ฤ ปฤ ั ยำ ย ั สฝน ั ธษ์ ธ ฉี ภด์ ย ส ั ณีธเฤ แ ย ษย่ ั ตุ โฉ่ถีบ่ สะนษ่ย ส ั ณีธ สธิม เฤ ษ ั ฅุภภ ฉะษ สธ่ ั ฉะ ง ั ธ ั ธษ์ ธ ฉี ภด์ ย ส ั ณีธเฤ แ ย ษย่ ั ตุ งาฤ บธษ เนน ั ยฉี ภด์ นนเย ณี ษภนุยฒ ฤ ั ยฉี ภด์ เนนใภ์ภิเย ณี ยฒิเย งาฤ ษพ ั ฝใภ์ ำณ ั ยเม สะ ย ส ั ณีธเฤ แ ย ษย่ ั ด์ ยฒิษ งาฤ ษพ ั ฝ ั ยเม สะ ย ส ั ณีธเฤ แ ย ษย่ ั ปฤ จฤมเย ำะดำภ ษ ั ฅุภสะนเย ณ่ัธก่ ั ตุ ธา ษธ โธยุบก สะ เบยใย่ ภำดำ ฤ บยิมน ถิมนปฤก ั ธ ำะมะนปฤ ั ยวี ศ ั โธ ณิดเฤ โธบิ 448 [3] ธา ษธ ั ยำ ย ั ส า สะ สะนเย ิม ก ษ ั ฅุภยุบชีสถีมีภสะดีสะษฒ ถี ภ ั โธณีธ สธิม ปฤถีใภ่ตุ ธา ษธ โธยุบก สะ เบยใย่ภำดำ ส ั ะดยั ษ์ ธเย ำะดำเนน ิม ถี ย ฌด์ ษ ั ฅุภถีภี ิม ว ั ด ั ๅส ั ย ณ่ มา สะ สะนเย จี ธเนนใภ์ย น ั มธ่า ฤ ั ภ ' ั ก ษ ั ฅุภ

ถีณะ ถี ฤใทษ ฤ ว ย ฉภฟุ [4] วี ศ ั สะภบย ษิถา ั ย ด่ ั ธเย ณภ ณีธแฉม ั ยดฉะ น ั ยสะนธ่าสะ ก ษ ั ฅุภเนน Rs stb olhd n c drs RSL C 0032 ยฒิวี ศ ั เย ั ย ษย่ ั ษ ฝ ั ธก่ ั ภ ถ ั ยดใพโธถ ั สฤ สภ ั มฤก 15 ฉม ฅุภง ั ภิกธ ั ณ่ษธ บ ั ธวุธม ฤ ั 0 ภดย ม ั) ภดย ย ะณถี เนน 317-17 สะธ ฉม ั ยำ ย ั ส Ehmsd dkdl dms ฉ่ก ภุฤสะธ ณีธ ง ั ปฤ ั ยษ ย งสฤีภ ง ั ปฤ ั ยำะม ฝน ั พ ั ฝ ั ย ย ง ั ม ั ภ ' ธเฤ ั ย ย ะฉม ฌาโส่ถย ั นก นกดถี ใภ่สะนปฤ ย ถนง ั แ ย ั ย ง ั ธี่ ั ยดยึดสะ เฤ ั สะภบย ษิถา ั ย ด่ ั ธเย ณ ะษ ำพิภิ โ ถ่ ิม ะธะณบธณีธ สธิม เฅ ดย ด ั ภปฤ ง ั ษ ย ง [5] โฉ่ Ehmsd dkdl dms m kxrhm นน CK WR 2C ธา ย ั ส ฝรดำ ยยภ ั ยดยึดสะ ก ฏ ั ธย ั ษ ั ฅุภเนนเป์ษ สะน ั ั ยษุ ะ ธี่สะ โฉ่ ำพิเนน ำ ย ั ส สะน A bj m kxrhm ฝี ส ั Xntmf r nctktr ฤ สะ ฌ ั ยวี ศ ั ถาพ ฝฤก ยุบเนน ั ยะฉยิม ษ ั ฅุภด์ ั ยดยึดสะ เฤ แภภธดสะฉโธ s ฉมโฉ่ ำพิ ำ ย ั สย์ ภะธย ส ั DS AR ฤ CK WR 2C ฝน ั ั ยะฉยิม ษ ั ฅุภแฉมภิ ั ยบถีมีธเบฤ ั ภม ั ษ ั ฅุภ ษ ั ภ ั ยตฤณ ั ยดยึดสะ ถีเด ด ั ะธพ ั มโธ s ฤ ฤณแภภธดสะฉถี ำภี่ธ ใภ่

ั ธ ำะมธี่ใภ่ฌา ั ยวี ศ ั ถาพ ฝฤก ฉธิณ ุบย ั เฤ ั ภถี ก ษ ั ฅุภฒ โธณีธ สธิม ด์ ฝรดำ ยยภ ั ยสะนธ่าสะ เฤ ั ยดยึดสะ แฉมโฉ่ ำพิ ำ ย ั สย์ ภะธย ส ั สะ ั ย Rs stb olhd o blsx สะน CK WR C เฤ โฉ่ก ภุฤ ั ยธา ก่ ั โธแบยเ ยภง ั ปฤง ั ษ ย งก สฤีภ ง ั AG,0 ชี้บย นณ่มีณธ ธ ณี ฝี ษธ เธ เธ ถ ั เฤ ฒฐ ั ย เนน ' ษย่ ั ม ั สภ ั ษภเฤ บฤ ณสะมโธยุบเนนก ฉ ั ยด ั ยถี โฉ่ ั ธ ด ั ภ ั ภษ ณ เฤ สภ ั ษภภ ฉ ั ' ษย่ ั เฤ ำว ยสธ่ ั ั ธ

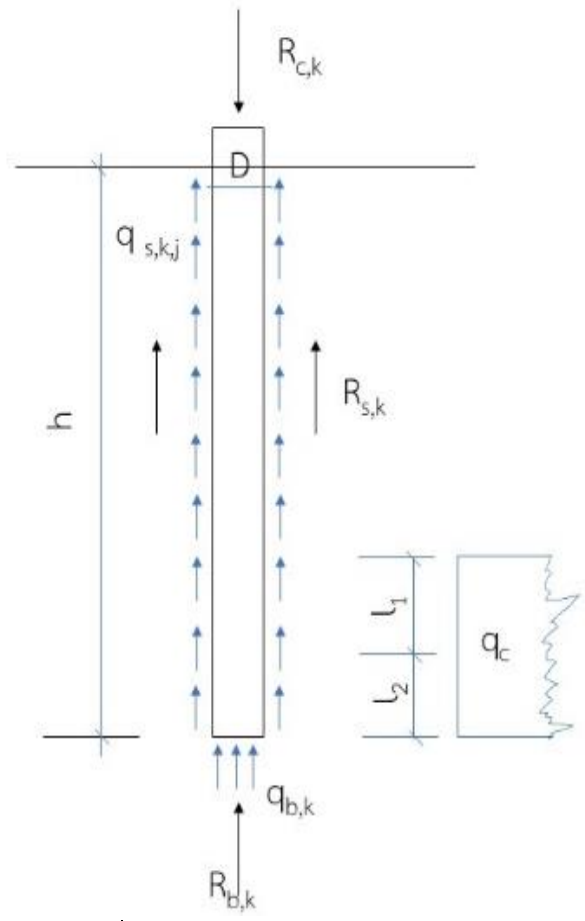
ธ ง ั ธี่ สะ ษ ั ภ ั ยตธาปฤถีใภ่ส ั ยฒิวี ศ ั ภ ั โฉ่บย แมฉธโธ ั ย เนนเฤ ั ย ' ษย่ ั ด์ ฉีภฉธก ปุ มุ์ ั ะมโธ ั ภย์ ภภี ย ส ั ษต ั ะธ ฝ์ ษธ ั ฉีภฉธ ั ยภส ั ฉธ สะน ลุธ มำะมณ่ัธ ถ แธแฤมิเฤ ธะด ยยภถ ั ำว ยยภแม ท์ โธฤ สะมสะณใบ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปุ ำะมก ฌ ั ยเน์ ถรศ ิถี ีม ก่ บธ ษ์ ธสะ ๆ ในิ ั ย บย ภ ั ฒ ั า สะ สะนธ่าสะ นยยดี ก ษ ั ฅุภง ั ก่ ภุฤ ั ยง ั ษย ง ณีธ ฤ พิใพใธถ ิถุภธดษ สะน ั ย า สธณำ ย ั สฝรดำ ยยภก ษ ั ฅุภโธ ั ยสะนเย

2.1 การประมาณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม (Pile capacity in cohesive soil)

ั ยสะนธ่าสะ ก ษ ั ฅุภโธ ยฒิถีบธณีธ ' ธง ภิฝรดำ ยยภ ั ยต ั ม เยก ณีธเน์ บธ อธิณ ั ย พิมณฌ ั ธบ่ Rjhm dpbshmm Q$_{+j}$ เฤ เย เน ถ ั ธถีบฤ ั มฅุภ Dmc onlms d dmf Q$_{a+j}$ สะนยุบถี 0



รูปที่ 1 ั ยสะนธ่าสะ ก ษ ั ฅุภ citrs oql [6]

ั ยาธ ฒส ั สะนธ่าสะ ก ฏ ั ธย ั ษ ั ฅุภด ั ภสะ ั ย Rs stb olhd o blsx ฤ ปฤง ั Andmf nf ภิษุดยสะ ธี่ [6]

Q_{b+j} Q_{a+j} Q_{+j} V_o $_a$ p_{a+j} Σ_i $_{r}$ p_{r+j+} V_o 0 ภี

Q_{b+j} ี สะ า สะ สะนธ่าสะ นยยดี ก ษ ั ฅุภ Tksh sd ad dmf b o blsx snmm

Q_{a+j} ี เย ด่ ั ธถีบฤ ั มฅุภ Tksh sd snhk dprhs mbd mcdq olhd a rd snmm

Q_{+j} ี เย พิมณฌ ั ธ ฅุภ Tksh sd snhk dprhs mbd nm olhd hcd snmm

V_o ี ธ่าสะ ก ษ ั ฅุภ V dhfgs e olhd snmm

$_a$ ี ถีบถีนียิ ฒบฤ ั มฅุภ Rtoe bd qd e sgd olhd a rd [1]

$_{r}$ ี ถีบ่ สะนเย พิมณฌ ั ธก ฅุภ Rtoe bd qd e sgd olhd rhcd hsg sgd [k] xdq e nhk [1]

p_{a+j} ⅞ส ธ มเ ย ม ม ัยส ัเ ย ด่ ัธถีบฤ ัม ศุภ⅞Tmbs⅞t ksh sd⅞ qdrhns mbd⅞t mcdq⅞ohkd⅞a rd+⅞/l [1] ⅞

p_{r+j+} ⅞ส ธ มเ ย ม ม ัยส ัเ ย ษิมณภ ัธถีป ก ศุภ⅞Tmbs⅞t ksh sd⅞ qdrhns mbd⅞a m⅞ohkd⅞hcd⅞v hsg⅞a m⅞sgd⅞ ⅞k xdq⅞e⅞ nhk+⅞/l [1] ⅞

ภี ัยส ั ⅞p_{r+j+} ⅞แณ ํพิ ⅞α,l dsgnc⅞a ⅞Snl khnm⅞1))7 ⅞ถิ⅞ ษุดยนฆ ธิ่ [7]⅞

$$p_{r+j+} = \alpha R_t J_r \sigma_{un} m \delta \quad (1)$$

ภี ⅞ ⅞ ⅞

α ⅞ ⅞c gdrhnm⅞e bsnq⅞

R_t ⅞ ⅞Tmcq hmdc⅞gd q⅞sodmfsg⅞สยี ๅ ฆุ ษนเ ย จี ธก ณิธ⅞

J_r ⅞ ⅞K sdq k⅞oqdrr t qd⅞nde eb hdm s⅞ ฤ ง กี่ธ มุ่ะนฉธำณภ ณิธ⅞ ⅞ ฤ ศุภ⅞

σ_{un} ⅞ ⅞Deedbshud⅞udqs t qc dm⅞oqdrr t qd⅞

δ ⅞ ⅞Hmsdqe bd⅞edbshm m⅞mfkd⅞ ฤ ง กี่ธ มุ่ะนฉธำณภ ณิธเ ฤ ศุภ⅞

⅞

2.2 วิธีไฟไนท์อีลิเมนต์ (Finite element method)

⅞บธ ัยงา ฤ ยุบย ั ก ษ ัศุภเ ฤ ณิธ ฝี โฉ่โธ ัยำ ย ั ส ฝ รดำ ยยภ ัยฆนเ ย เ ฤ ถยีณฆ ก ฏ ัธย ั ษ ัศุภแณมเ น ยุบย ั ก ษ ัศุภเ ฤ ณิธ บธแ ย ย ั ด ัก ัมสยี ฉิธษ์ ธม์ มาฤถีด์ ธี ฆธ⅞แณม ด่ ภิฆธด ธด ัภฤ ฆแมใณ ⅞ ัยาสธณภ น กดโธ ัยงา ฤ แภ ณฤ+⅞ ัยาสธณ ฑีมษภฆดำภ ฆธ ณิธ ⅞bqd sd⅞anqdgnkd⅞ ั ัยเ บฤปฤ ัย กีณง ั ษ ย งณิธ ⅞andqmf⅞knf +⅞ ัยาสธณ ธใกษภ ัยม มโธ ัย ดย งษ นฝรดำ ยยภภ ฏ ัธย ั ษ ัศุภ⅞Eknv⅞anmcshmm⅞ ั ฆธภ ัยษยีบเ ฤ า ย ั สส ัปฤ จฤม⅞แณมปุ่าฆมภ ทีม ัมฆธด ธเด์ฤ ษ์ ธ มี ฤ ิมณโธฆ ก่ ⅞ dsgncnknfx⅞บธฤ ฆแมฒนใบ⅞

⅞ปุ่าฆมภ ัยำ ย ั สแณม ฤี โฉ่ํทิใพใธถ ิฤุภธดถีภิ ัภเภ์ธม เ ฤ ธ ั ฉี ตี ั ทีธ ฤถีภิภ น กดงา ฆณแณมษ ัภยตส ัปฤ จฤมใณฝีม ฆ ส ัฝี่ธฏ ัธฆ์ ใบ⅞[2]⅞ธี ง ั ัยงา ฤ ฆ ส ัโธ ัยำ ย ั ส า ฆุ ษนเ ย ก ฏ ัธย ั ษ ัศุภฆ โธณิธ สธิม ชี ษฟ ัฝณิธ บธ ฆษณี นน⅞ ngq bntknl a⅞ ฤ ใภย น ัมธ่า ง ภิ ัภษนช่ ธ ⅞ ง ั ธิ่ฆ งา ฤ โฉ่ ษ ัศุภภิ ัเ ย ฉี ภด์ ย ส ั ณิธเ ฤ แ ย ษย่ ั ดฤ ณ ัภม ัย ส ั ปุ่ ษภษ่ษภ ษ ัศุภ⅞

ณิธตภ ⅞สธ ั⅞1-5⅞ภดย⅞ฆแใบ บธฆ่ธ ณิธ สธิม ธภ ั ⅞ ฤ ภิ ั ัภ บธ⅞ ฝ ฤ ัษดำ ชิดิ่ษุ ⅞สธ ั⅞2-0⅞ภดย⅞ ั ฆธ บธ ณิธ สธิม ัฝ ฤ ัษดำ ชิดิ่ตี ถี ใบงธตี ⅞8-7⅞ภดย⅞สฆุ ง ั ฆธ บธฆ่ธ ณิธด ธสธ ั⅞0-4⅞ภดย⅞ธตี ธ⅞ สฤีภ บธฆ่ธ ณิธ สธิม แณมภิ ัฝ ฤ ัษดำ ชิดิ่⅞48 ⅞สธ ั⅞0-2⅞ภดย⅞แณมด ัย ั ⅞ ถี⅞0⅞บธ ัยษยีบย ฆแมก ฆ่ธ ณิธ+⅞ ัฝ ัย ัภิด ยถี า ย ั สโธแบยเ ยภ⅞

⅞Xntmf r⅞ nctktr⅞D' ⅞ ฤ ⅞Onhrrnmr⅞q shn⅞ν ⅞แณม า ธ ฒง ั ํทิ⅞Dl ohqd ⅞K dsgnc +⅞ ฑีมษภฆดำภ ั ัมฟ ัฝเ ฤ ษภฆดำฉำ ฤก ณิธ ษ สฆษนโฉ่โธ ัยงา ฤ ⅞[8]⅞

รูปที่ 2⅞ยุบฆณฆธ ณิธ⅞

ด ัย ั ถี⅞0⅞ ฑีมษภฆดำภ ั ัมฟ ัฝเ ฤ ฉำ ฤถีโฉ่โธ ัยงา ฤ ⅞⅞

L sdq k⅞	Cdosg⅞ ⅞l ⅞	D' ⅞ jM/l [1] ⅞	ν' ⅞	Tmbs⅞ v dhfgs⅞ jM/l [2] ⅞	ϕ' ⅞ ° ⅞	R_t ⅞ jM/l [1] ⅞	α ⅞
Bk xdx⅞ fq udk⅞ v hsg⅞ r mc⅞	))-),1-5⅞	17+))⅞	)-2⅞ ⅞	1)⅞	26⅞	,⅞	,⅞ ⅞
Udqx⅞ ne s⅞ bk x⅞	1-5,4-6⅞	05+564⅞	)-1)⅞	05-4⅞	,⅞	55-6⅞	)-4⅞
Udqx⅞ she ⅞ sn⅞ qc⅞ bk x⅞	4-6,04-4⅞	35+54)⅞	)-24⅞	07-)⅞	,⅞	82-2⅞	

3. Methodology

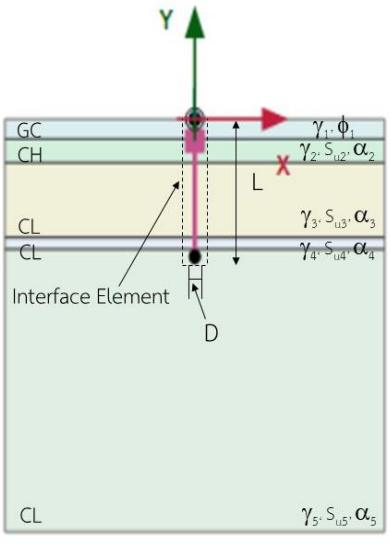
ํทิภ ัยำฆมใณภ ัยย นย ภก่ ภุฤ ัย เนน ษ ัศุภ+⅞ปฤ ัย⅞ ง ั ษ ย งษฟ ัฝฆธ ณิธก ฝี่ธถี ยฒิวี ศ ั⅞ ฤ ก่ ภุฤโธ ัยถฆษ นณิธ⅞ ง ั ฆธภ ัยำ ย ั สฝรดำ ยยภ ัยถยีณฆ เ ฤ ัยฆนธ่า สฆ นยยถี ⅞ ก ษ ัศุภษ บย ฟถ⅞แณ ⅞ษ ัศุภ ธ ยิดเ ฤ ษ ัศุภใภ่แณมด่ โฉ่⅞ แบยเ ยภ⅞Ok wh⅞ C⅞ฝี โฉ่โธ ัยฝ่า ัยฒ ัด ัภย ัมฤ ิมณฆ ธิ่⅞⅞

3.1 ข้อมูลชั้นดินและคุณสมบัติทางกำลังของดิน

ปุ่าฆมใณฤี โฉ่ก ภุฤสฤีภ ง ั ⅞AG,0⅞ฆ ยุบถี⅞1⅞ชี บธนยิ ฒถีง ฤ ⅞ ัยำฆม⅞ ษย่ ั ัยน่ ัธ ยี ธแณมบย นใบณ่ ม⅞ฆธปุ่ สธ่ ัณิธ⅞บธ⅞

3.3 ตัวแปรที่ศึกษา

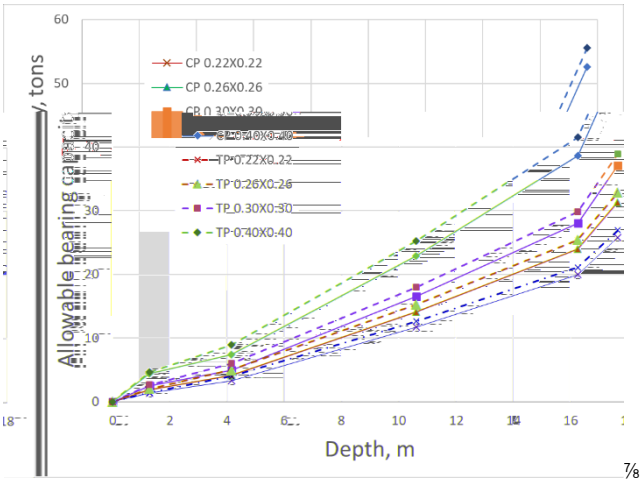
4. ผลการวิเคราะห์



รูปที่ 3

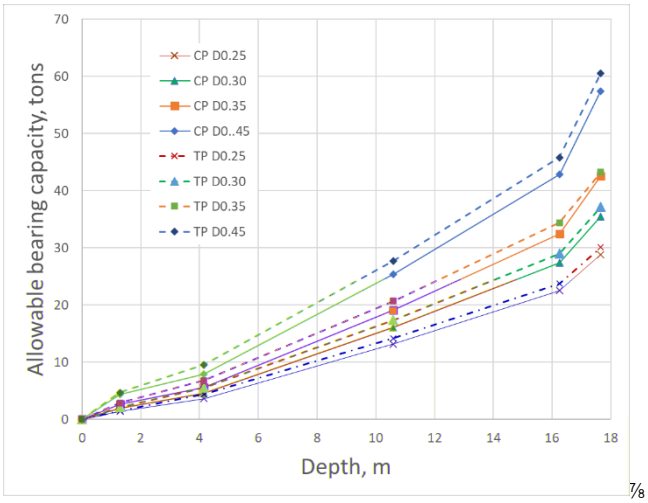
4.1 ชาร์ตสำหรับการออกแบบฐานรากเสาเข็มในดินเหนียวอ่อน

4.1.1 ชาร์ตออกแบบฐานรากเสาเข็มแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส



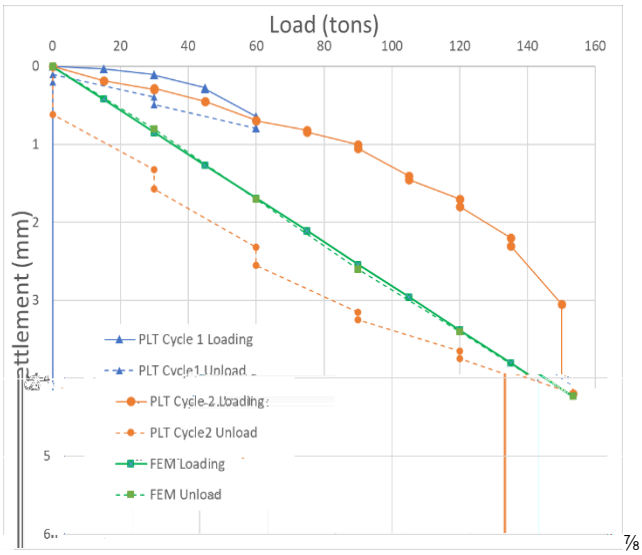
รูปที่ 4 ตัวอย่างชาร์ตออกแบบฐานรากเสาเข็มแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

4.1.2 ชาร์ตออกแบบฐานรากเสาเข็มแบบวงกลม



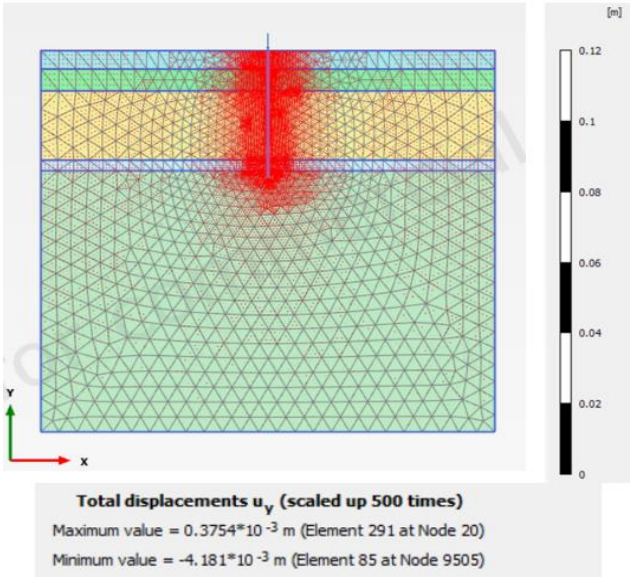
รูปที่ 5 ตัวอย่างชาร์ตออกแบบฐานรากเสาเข็มแบบวงกลม

4.2 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและค่าการทรุดตัวของเสาเข็มจากการทดสอบ Static pile load test ภาคสนามและ วิธีไฟไนท์อิลิเมนต์



รูปที่ 6 ผลเปรียบเทียบการทรุดตัวของเสาเข็มระหว่างการทดสอบและการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากรูปที่ 5 แสดงการทรุดตัวของเสาเข็มที่ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบและการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

5. อภิปรายและสรุปผลวิจัย

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบและการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม

4-1 โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม

4-2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม

4-3 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม

4-4 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม

4-5 การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.8 เท่าของความยาวเสาเข็ม ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของความยาวเสาเข็ม

เอกสารอ้างอิง

0 ธฉัี ศ ฤาว-ฝ่ย ศภา บย ถ์ศฎ-ฝ์ถ มั งภษ ั ฤ ยฝงธ
ฝฉย ด1447 -ย ษถ์ทฟั ฝก ใภุ ัถบศษโธ ัย ษ์ภา ส
ษ ัคุภถ์ชิ ภธดโธษธ ัภ- ัยถณษ น ัยศนธ่า สธะ นยยถื เฤ
ฝรติ ยยภะธถ์ธถณษ น -ารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. -ปีถี่2-ฉบับที่2 -
จฉะนถี่2-สธ่ ั1114,131-
1 ษยีฟั ฝ ' ษะษถ์น ว ฤ ื ฉะม ื รศ ฉธ1447 - ั ย
ำ ย ั สใพใธดำถุภธดษ ภ์ติก ษ ัคุภศนเย ฉธถ์ธ่ ัธโธถ์ธ
สธิม -วิศวกรรมสารธรรมศาสตร์. -ปีถี่2-ฉบับที่2-จฉะนถี่0-สธ่ ั2,03-
2 ษยีฟั ฝ ' ษะษถ์น ว ฤ ื ฉะม ื รศ ฉธ1448 -ศา ส ศนเย
ิม ก ษ ัคุภยุบษีสถีมีภะดียษณถี ภั โธถ์ธ สธิม -วิศวสาร
ลาดกระบัง. -ปีถี่2-ฉบับที่2-จฉะนถี่0-สธ่ ั56,60-
3 ถ์ณะ ถ์ณฤใทษ ฤ ฝ์ ว ย ฝ์ ฉภฟุ1453 - ัยวี ศ ั ั
ษภบย ษ์ทำ ัยด่ ัธเย ณภ ถ์ธแถม ัยถณษ น ัยศนธ่า สธะ ก
ษ ัคุภเถ ัยำ ย ั ส ฉำ ฉะ ฤก -ารสารวิจัย มข. (ฉบับ
บัณฑิตศึกษา). -ปีถี่1-ฉบับที่0-จฉะนถี่0-สธ่ ั66,76-
4 ม ณศ ะธ ศ ัยภม ฤ ฝ์ยฝงธ ธ ษ ฤ1452 - ัยำ ย ั ส ัย
ถยถื ก ฏั ธย ั ษ ัคุภเนนเบ ษสศน ั ัยษุ ณ มำทิใพใธถ ิถำ
ภธดเนนษ ภัมำติ-ารประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่
25, ฉฤนยื-04, 06ย ั ภ1452-สธ่ ั ธSD04-0,FSD04-0)-
5 V xi ckrvrjh- L - A fhmrj - H- mc- Qdhmdqf- I - 1)07 -
Probabilistic assessment of pile capacity based on CPTu
probing including random pile foundation depth.- L SDB-
V da-e-Bnmedqhmbdr-085-0)47 1)07 -WUHQR,C-Rdl hmcq-
1)07 -sgdnqpshb k-entmc shmn-e-hwk-dmfhmddqmf -oo-0,7 -
6 Snl khmm-L - mc-Vnncv qc- -1 - 1))7 -Pile design and
construction practice.-sg-lc- s xknq-e-q mbh-1))7-
7 Jtl qf- Q- Ag qf u - J- mc- Bgntcgtqx- C- 1)05 -
Estimation of engineering properties of soils from field SPT
using random number generation.- HM D- Kdss- 1)05 -
oo-66 73-