

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ในด้านการเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นของร่องขุดและพื้นที่ท่อใต้ แสดงในตารางที่ 4-1 และ 4-2 normal stress ที่กระทำต่อท่อหลังจากการ trench backfilling ได้แสดงใน ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เพิ่มเติมได้แสดงในภาคผนวก ก และ ข ในต่อไปนี้จะ อธิบายผลการวิเคราะห์

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของกรณีไม่จำลองขั้นตอนการก่อสร้าง

กรณีการวิเคราะห์	การเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นร่องขุด (มม)				การเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นที่ท่อ (มม)		
	Excavation	Backfill	Trench flooding	Long-term consln	Backfill	Trench flooding	Long-term consln
D20W15 (nocon)	0 ↓ 14.45	14.45 ↓ 14.35	14.35 ↓ 10.53	10.53 ↓ 1.52	0 ↓ -0.21	-0.21 ↓ -4.24	-4.24 ↓ -13.44
D20W15int (nocon)	0 ↓ 14.46	14.46 ↓ 13.91	13.91 ↓ 4.84	4.84 ↓ -0.53	0 ↓ -0.69	-0.69 ↓ -9.83	-9.83 ↓ -15.27
D20W20 (nocon)	0 ↓ 16.12	16.12 ↓ 14.92	14.92 ↓ 3.29	3.29 ↓ -1.03	0 ↓ -1.52	-1.52 ↓ -13.27	-13.27 ↓ -17.65
D20W20int (nocon)	0 ↓ 16.15	16.15 ↓ -3.55	-3.55 ↓ -0.78	-0.78 ↓ -3.03	0 ↓ -20.10	-20.10 ↓ -17.19	-17.19 ↓ -19.45
D30W15 (nocon)	0 ↓ 15.99	15.99 ↓ -1.38	-1.38 ↓ 2.41	2.41 ↓ -0.17	0 ↓ -18.00	-18.00 ↓ -14.05	-14.05 ↓ -16.68
D30W15int (nocon)	0 ↓ 16.01	16.01 ↓ 0.32	0.32 ↓ 0.83	0.83 ↓ -2.31	0 ↓ -16.00	-16.00 ↓ -15.41	-15.41 ↓ -18.58
D30W20 (nocon)	0 ↓ 18.08	18.08 ↓ 14.53	14.53 ↓ 2.87	2.87 ↓ -1.61	0 ↓ -3.93	-3.93 ↓ -15.69	-15.69 ↓ -20.24
D30W20int (nocon)	0 ↓ 18.15	18.15 ↓ 18.15	18.15 ↓ 18.13	18.13 ↓ 6.85	0 ↓ -0.02	-0.02 ↓ -0.13	-0.13 ↓ -11.53

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ของกรณีจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง

กรณีการวิเคราะห์	การเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นร่องขุด (มม)				การเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นที่ท่อ (มม)		
	Excavation	Backfill	Trench flooding	Long-term consoln	Backfill	Trench flooding	Long-term consoln
D20W15 (withcon)	0 ↓ 14.45	14.45 ↓ -3.43	-3.43 ↓ 1.29	1.29 ↓ 1.29	0 ↓ -18.63	-18.63 ↓ -13.72	-13.72 ↓ -13.72
D20W15int (withcon)	0 ↓ 14.46	14.46 ↓ 6.90	6.90 ↓ 2.85	2.85 ↓ -1.35	0 ↓ -8.10	-8.10 ↓ -12.05	-12.05 ↓ -16.26
D20W20 (withcon)	0 ↓ 16.12	16.12 ↓ -5.61	-5.61 ↓ 0.23	0.23 ↓ 0.23	0 ↓ -22.57	-22.57 ↓ -16.50	-16.50 ↓ -16.50
D20W20int (withcon)	0 ↓ 16.15	16.15 ↓ -2.04	-2.04 ↓ -0.54	-0.54 ↓ -2.20	0 ↓ -18.79	-18.79 ↓ -17.17	-17.17 ↓ -18.82
D30W15 (withcon)	0 ↓ 15.99	15.99 ↓ -2.45	-2.45 ↓ 1.62	1.62 ↓ 1.66	0 ↓ -18.97	-18.97 ↓ -14.74	-14.74 ↓ -14.73
D30W15int (withcon)	0 ↓ 16.01	16.01 ↓ 5.53	5.53 ↓ 0.51	0.51 ↓ -2.75	0 ↓ -10.69	-10.69 ↓ -15.63	-15.63 ↓ -18.86
D30W20 (withcon)	0 ↓ 18.08	18.08 ↓ -4.79	-4.79 ↓ 0.19	0.19 ↓ 0.22	0 ↓ -23.62	-23.62 ↓ -18.44	-18.44 ↓ -18.43
D30W20int (withcon)	0 ↓ 18.15	18.15 ↓ -9.43	-9.43 ↓ -2.53	-2.53 ↓ -5.04	0 ↓ -28.03	-28.03 ↓ -20.95	-20.95 ↓ -23.47



ตารางที่ 4-3 Normal stress ที่กระทำต่อท่อหลังจากการ trench backfilling

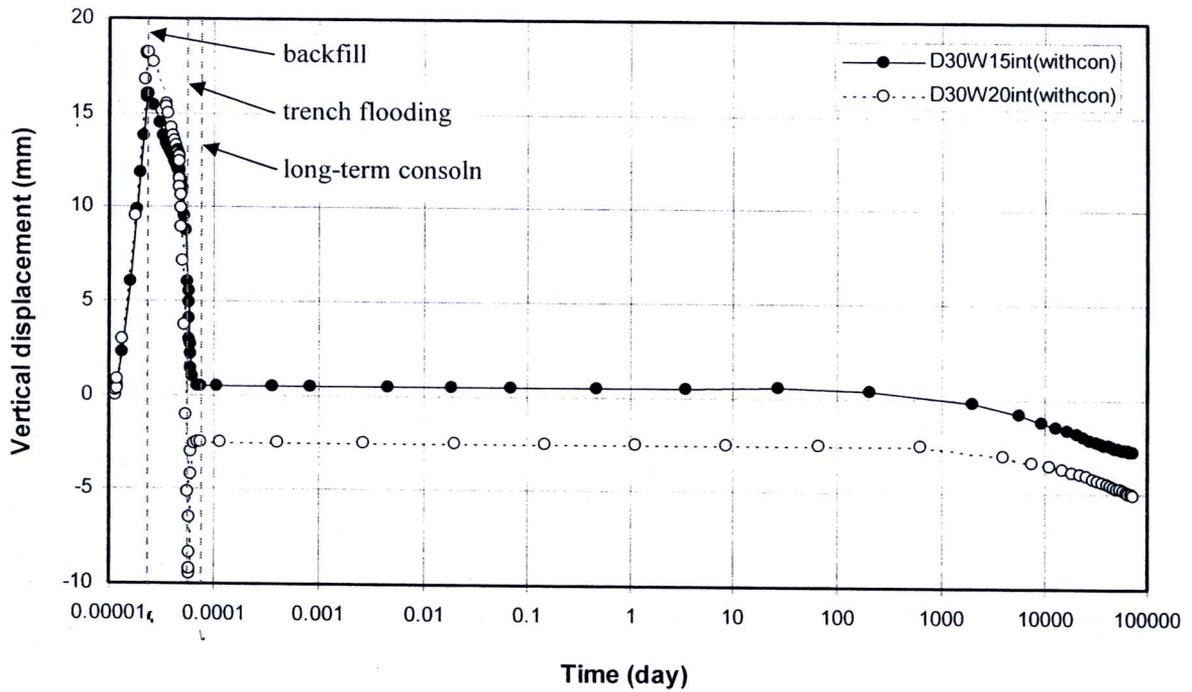
กรณีการวิเคราะห์	Normal stress ที่กระทำต่อท่อ	
	ระหว่าง trench flooding	ระหว่าง long-term consoln
D20W15(nocon)	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น
D20W15int(nocon)	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
D20W20(nocon)	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
D20W20int(nocon)	ลดลง	เท่าเดิม
D30W15(nocon)	ลดลง	เท่าเดิม
D30W15int(nocon)	ลดลงเล็กน้อย	เท่าเดิม
D30W20(nocon)	เพิ่มขึ้น	เท่าเดิม
D30W20int(nocon)	เพิ่มขึ้น	เท่าเดิม
D20W15(withcon)	ลดลง	เท่าเดิม
D20W15int(withcon)	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
D20W20(withcon)	ลดลง	เท่าเดิม
D20W20int(withcon)	ลดลง	เท่าเดิม
D30W15(withcon)	ลดลง	เท่าเดิม
D30W15int(withcon)	เพิ่มขึ้น	เท่าเดิม
D30W20(withcon)	ลดลง	เท่าเดิม
D30W20int(withcon)	ลดลง	เท่าเดิม

4.1 ผลกระทบของมิติของร่องซุด

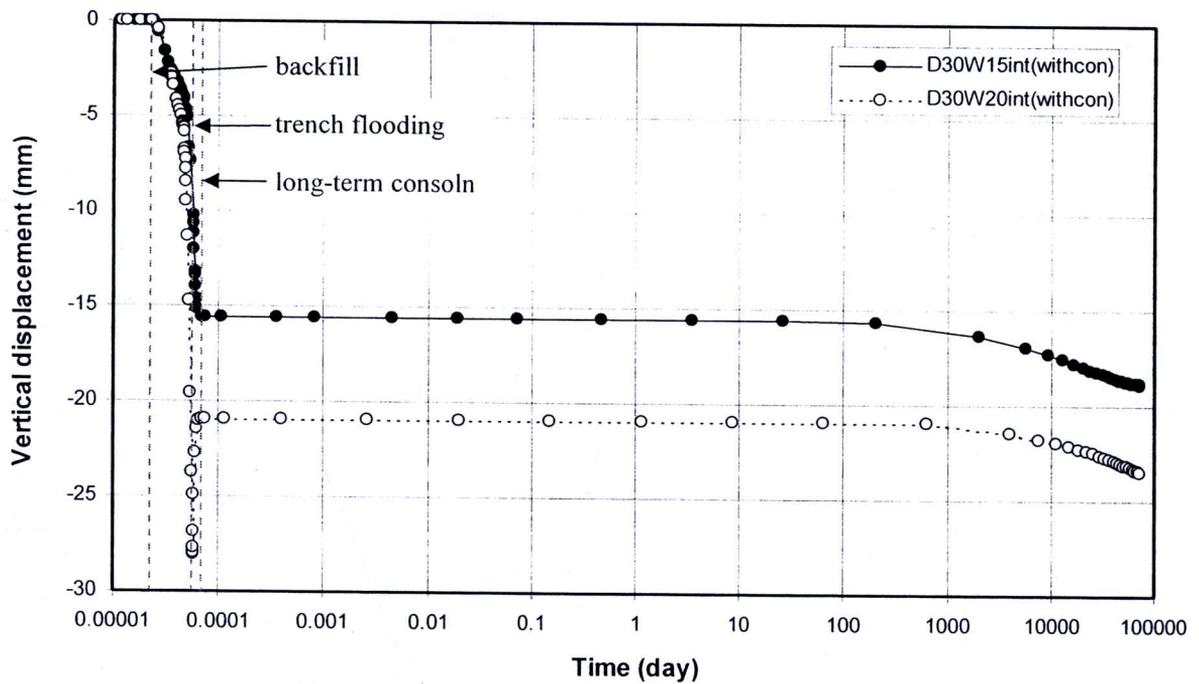
ผลกระทบของความกว้างและความลึกของร่องซุดต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างท่อและดินจะพิจารณาจากผลของการวิเคราะห์กรณีที่มีการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายและดินเหนียวและมีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างเนื่องจากพิจารณาว่าผลการวิเคราะห์ในกรณีนี้ใกล้เคียงสภาพจริงมากที่สุด รูปที่ 4-1 แสดงการเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นของร่องซุดและพื้นของท่อสำหรับกรณีร่องซุดลึก 3 เมตร โดยกรณีร่องซุดลึก 2 เมตรก็ให้ผลการวิเคราะห์ในแบบเดียวกัน รูปที่ 4-1 แสดงว่าความกว้างของร่องซุดมีผลกระทบต่อพฤติกรรมของร่องซุดและท่อในระหว่างกระบวนการก่อสร้าง หลังจากกระบวนการ backfilling สำหรับร่องซุดที่แคบ (กว้าง 1.5 เมตร) พื้นของร่องซุดและพื้นของท่อจะเคลื่อนตัวลงน้อยกว่ากรณีร่องซุดกว้าง (กว้าง 2 เมตร) เนื่องจากเมื่อร่องซุดแคบลงขอบเขตด้านข้างของร่องซุดจะใกล้กันมากขึ้นซึ่งทำให้เกิดผลกระทบจาก arching effects มากขึ้น ซึ่งทำให้มีการถ่ายแรงจาก sand backfill สู่พื้นของร่องซุดและท่อน้อยลงดังแสดงในผลรูปที่ 4-2 ซึ่งแสดงว่าหลังจากกระบวนการ sand backfilling ค่า vertical stress ที่กระทำต่อท่อจะน้อยลงสำหรับร่องซุดที่แคบน้อยกว่า

พฤติกรรมหลังจาก trench flooding ก็มีความแตกต่างระหว่างร่องซุดที่แคบกับที่กว้าง สำหรับร่องซุดที่แคบนั้นพื้นของร่องซุดและพื้นของท่อจะทรุดตัวมากกว่าหลังจาก trench flooding ในขณะที่จะเกิดการ heave สำหรับร่องที่กว้าง (รูปที่ 4-1) สำหรับร่องซุดที่แคบค่า normal stress ที่กระทำต่อท่อจะเพิ่มขึ้นหลังจาก trench flooding ในขณะที่ค่านี้จะลดลงสำหรับร่องซุดที่กว้าง (รูปที่ 4-2) ระหว่างการ

long-term consolidation พื้นของร่องขุดและพื้นของท่อจะทรุดตัวกับเวลาสำหรับกรณีความกว้างของร่อง
ขุดทั้งสองกรณี สำหรับทั้งสองกรณีจะไม่มี ความแตกต่างของ normal stress ที่กระทำต่อท่อระหว่าง
long-term consolidation ผลกระทบของความลึกของร่องขุดสำหรับในขอบเขตที่ศึกษาในที่นี้ไม่พบ
ผลกระทบ (2 และ 3 เมตร)

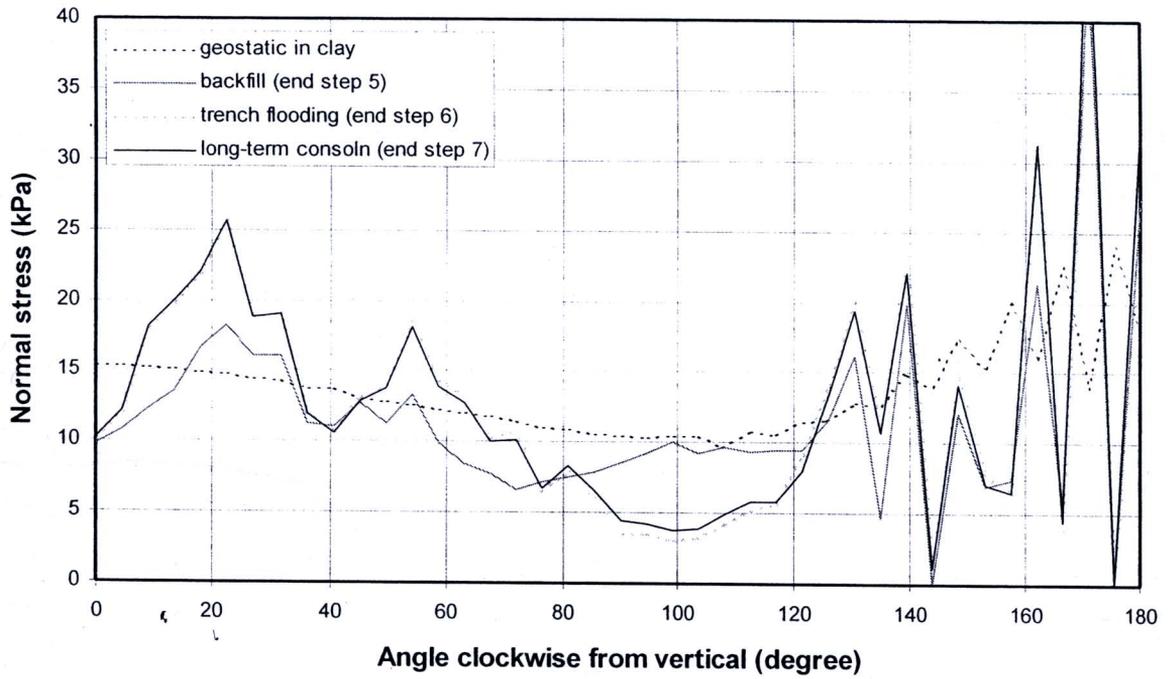


(a) Trench base

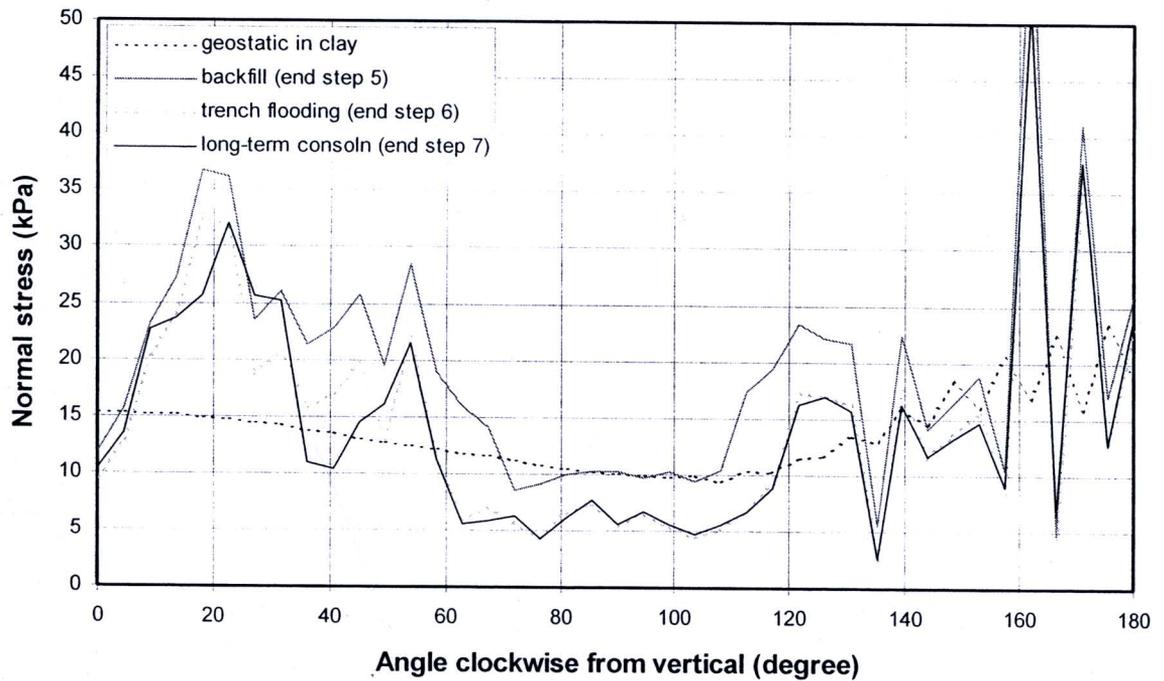


(b) Pipe base

รูปที่ 4-1 ผลกระทบของความกว้างของร่องขุดต่อการเคลื่อนตัวในแนวตั้งของฐานของร่องขุดและฐานของท่อ



(a) กรณีการวิเคราะห์: D30W15int(withcon)



(b) กรณีการวิเคราะห์: D30W20int(withcon)

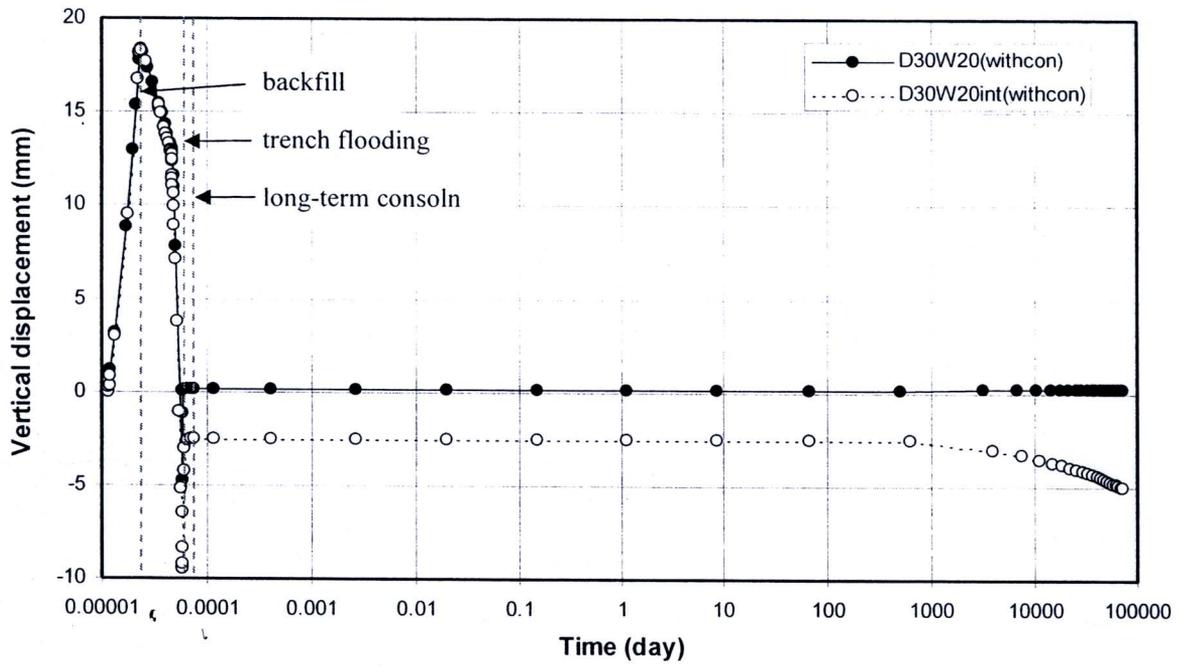
รูปที่ 4-2 ผลกระทบของความกว้างของร่องชุดต่อ normal stress กระทำต่อท่อ



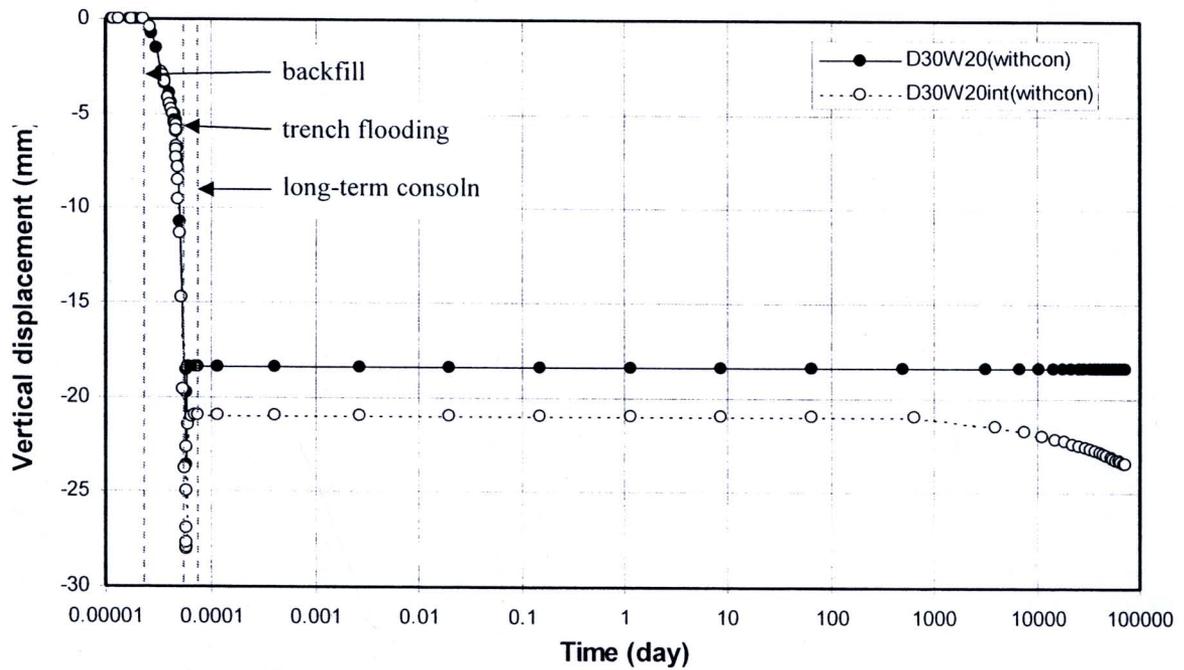
4.2 ผลกระทบของการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถมและดินเหนียว

การศึกษาความสำคัญของการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถมและดินเหนียวในการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ทำโดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ระหว่างกรณีที่มีและไม่มีการจำลองผิวสัมผัส ซึ่งผลการศึกษาพบว่าหลังจากการถมทรายทันทีที่กรณีที่มีการจำลองผิวสัมผัสไม่จำเป็นที่จะให้การทรุดตัวที่มากกว่ากรณีที่ไม่มีการจำลองผิวสัมผัสเสมอไป การทรุดตัวของกรณีที่มีผิวสัมผัสจะมากกว่าสำหรับกรณี D20W15(nocon) vs D20W15int(nocon), D20W20(nocon) vs D20W20int(nocon), และ D30W20(withcon) vs D30W20int(withcon) ดังแสดงในรูปที่ 4-3 สำหรับกรณีอื่นๆ ผลการวิเคราะห์จะได้ตรงกันข้ามโดยที่การทรุดตัวของพื้นร่องขุดและพื้นของท่อหลังจากการถมทรายจะมากกว่าสำหรับกรณีที่ไม่มีการจำลองผิวสัมผัส (รูปที่ 4-4) อย่างไรก็ตามสำหรับทุกกรณีการทรุดตัวของพื้นร่องขุดและพื้นท่อเมื่อสิ้นสุดการ trench flooding และ long-term consolidation จะมากกว่าสำหรับกรณีที่มีการจำลองผิวสัมผัส (ยกเว้นกรณี D30W20(nocon) vs D30W20int(nocon)) สิ่งที่น่าสังเกตคือสำหรับทุกกรณีที่ไม่มีการจำลองผิวสัมผัสและมีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง แทบจะไม่มีการเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นของร่องขุดและพื้นของท่อระหว่างการ long-term consolidation สำหรับกรณีที่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง ค่า normal stress ที่กระทำต่อท่อหลังจากการติดตั้งท่อและถมทรายแล้ว จะมีค่ามากกว่าสำหรับกรณีที่มีการจำลองผิวสัมผัส (รูปที่ 4-5) อย่างไรก็ตามค่า normal stress แทบจะไม่ขึ้นอยู่กับกรณีจำลองผิวสัมผัสเมื่อมีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง (รูปที่ 4-6)



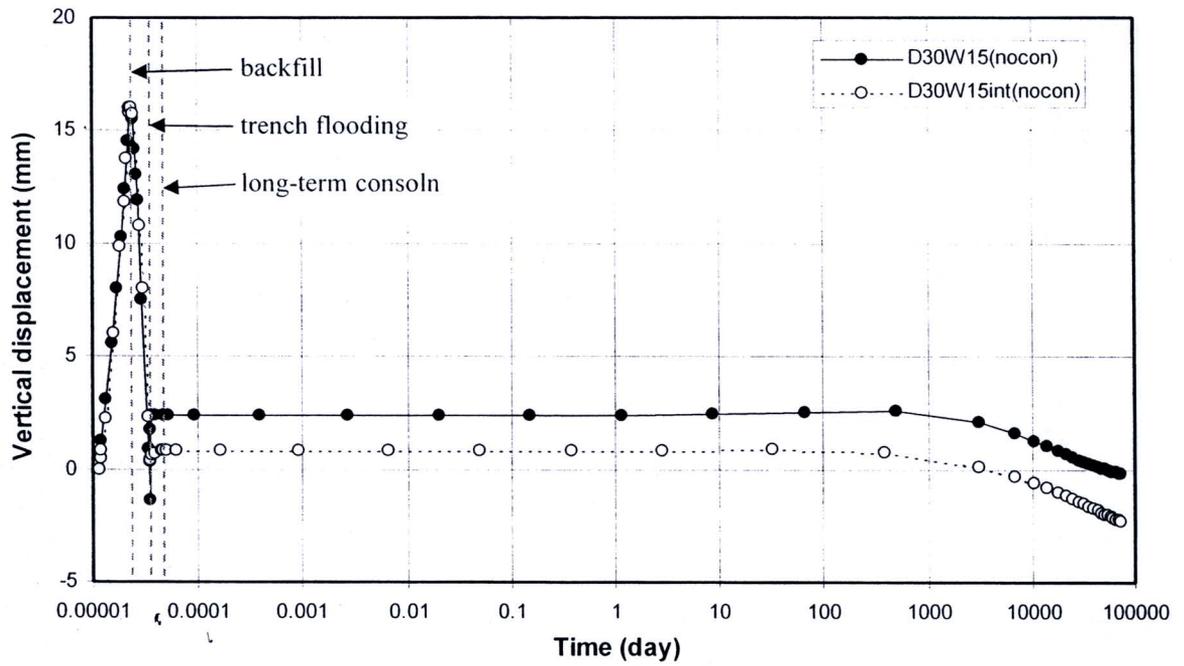


(a) Trench base

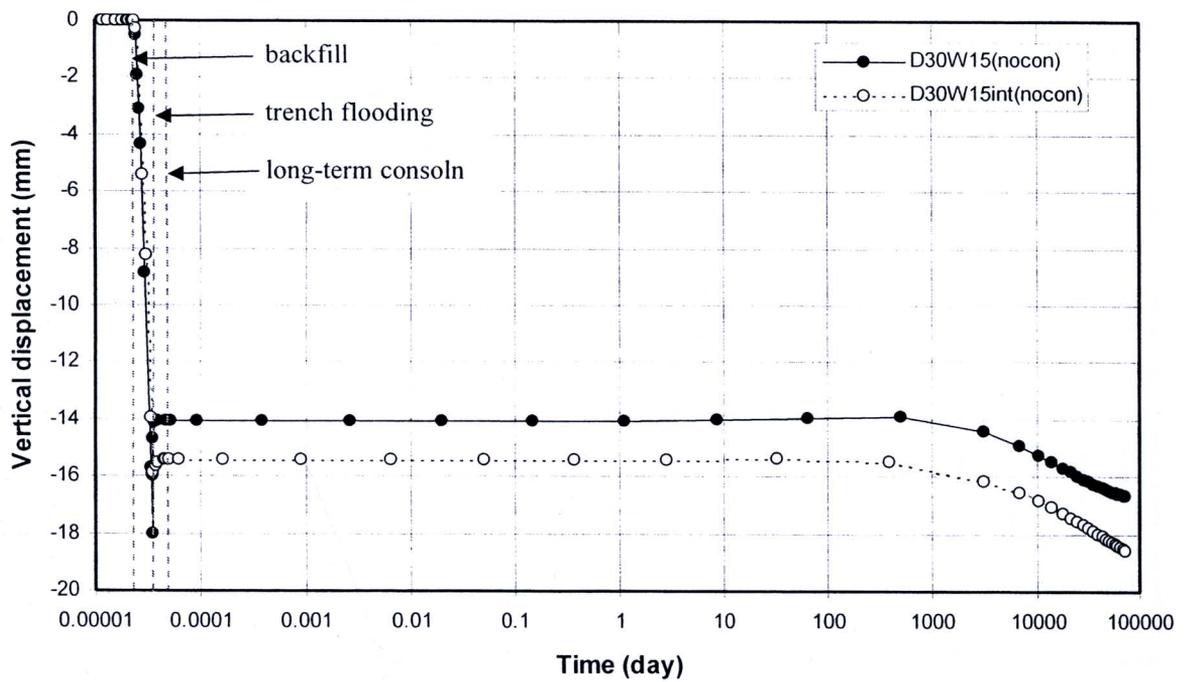


(b) Pipe base

รูปที่ 4-3 ผลกระทบของการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถม/ดินเหนียวต่อการเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นที่ของร่องขุดและพื้นที่ของท่อ (กรณีที่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง)



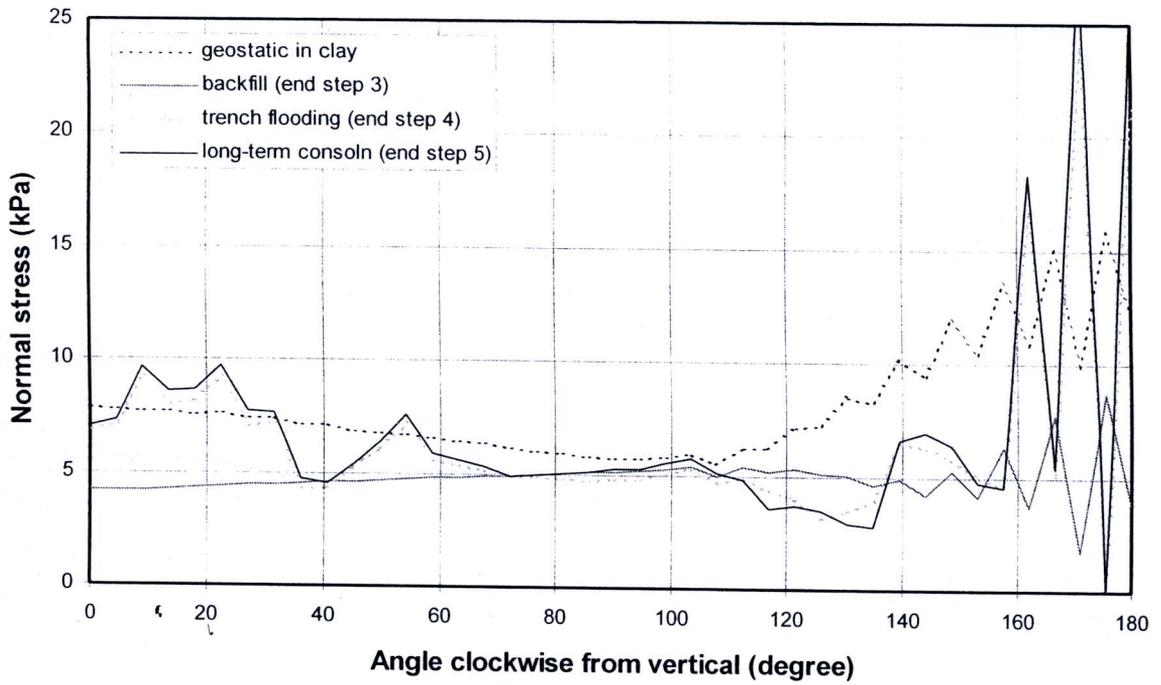
(a) Trench base



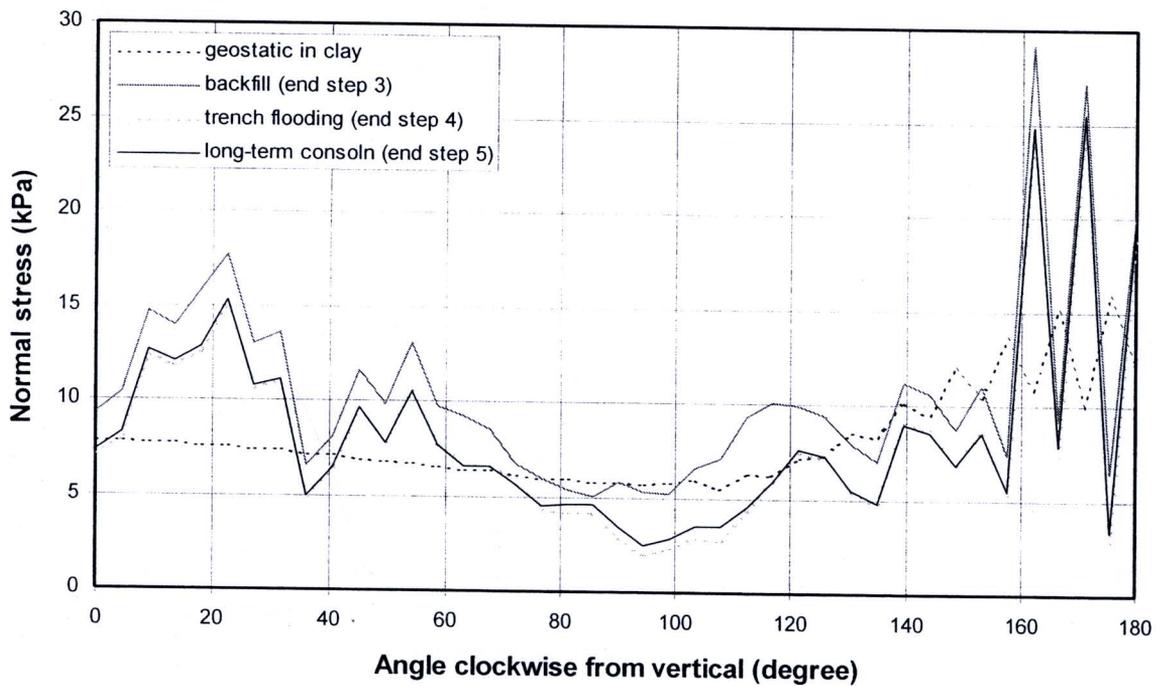
(b) Pipe base

รูปที่ 4-4

ผลกระทบของการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถม/ดินเหนียวต่อการเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นของร่องขุดและพื้นของท่อ (กรณีที่ไม่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง)

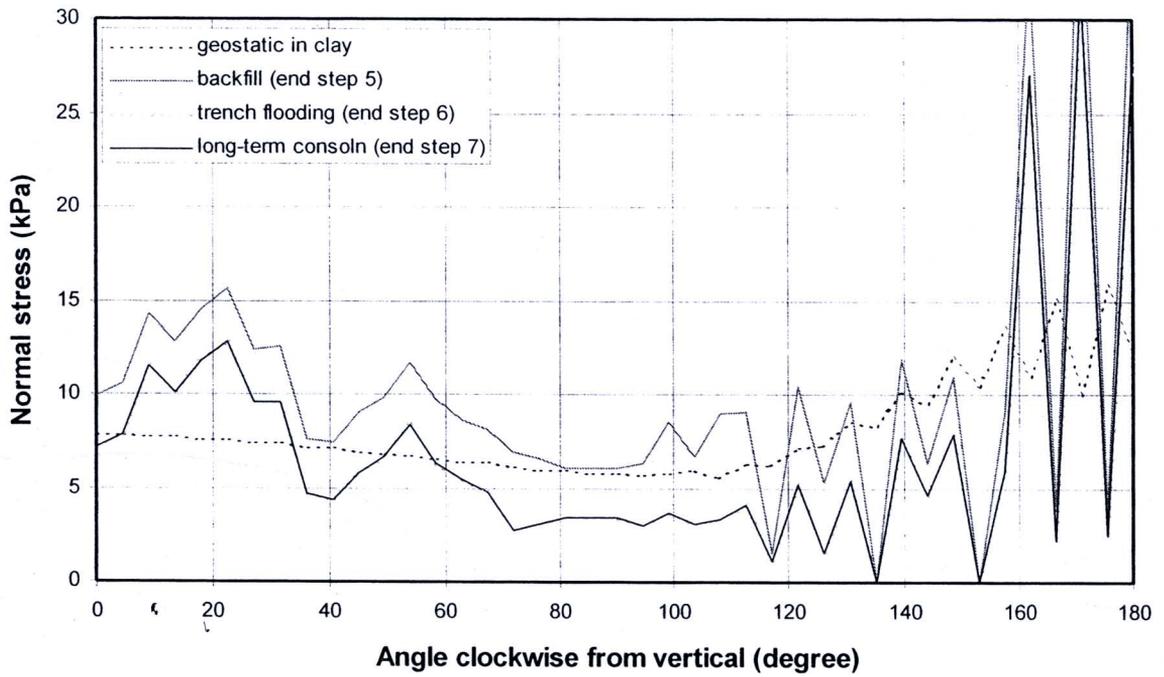


(a) กรณีการวิเคราะห์: D20W20(nocon)

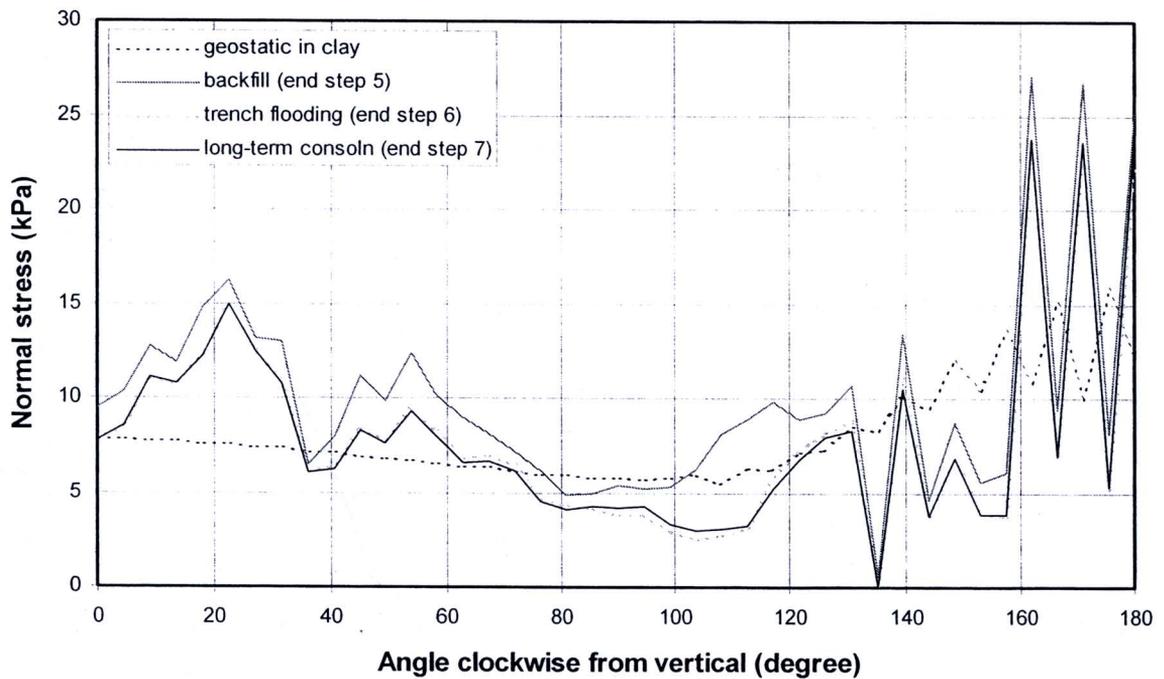


(b) กรณีการวิเคราะห์: D20W20int(nocon)

รูปที่ 4-5 ผลกระทบของการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถม/ดินเหนียวต่อ normal stress ที่กระทำต่อท่อ (กรณีที่ไม่มี การจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง)



(a) กรณีการวิเคราะห์: D20W20(withcon)



(b) กรณีการวิเคราะห์: D20W20int(withcon)

รูปที่ 4-6 ผลกระทบของการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทราย/ดินเหนียว ต่อ normal stress ที่กระทำต่อท่อ (กรณีที่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง)

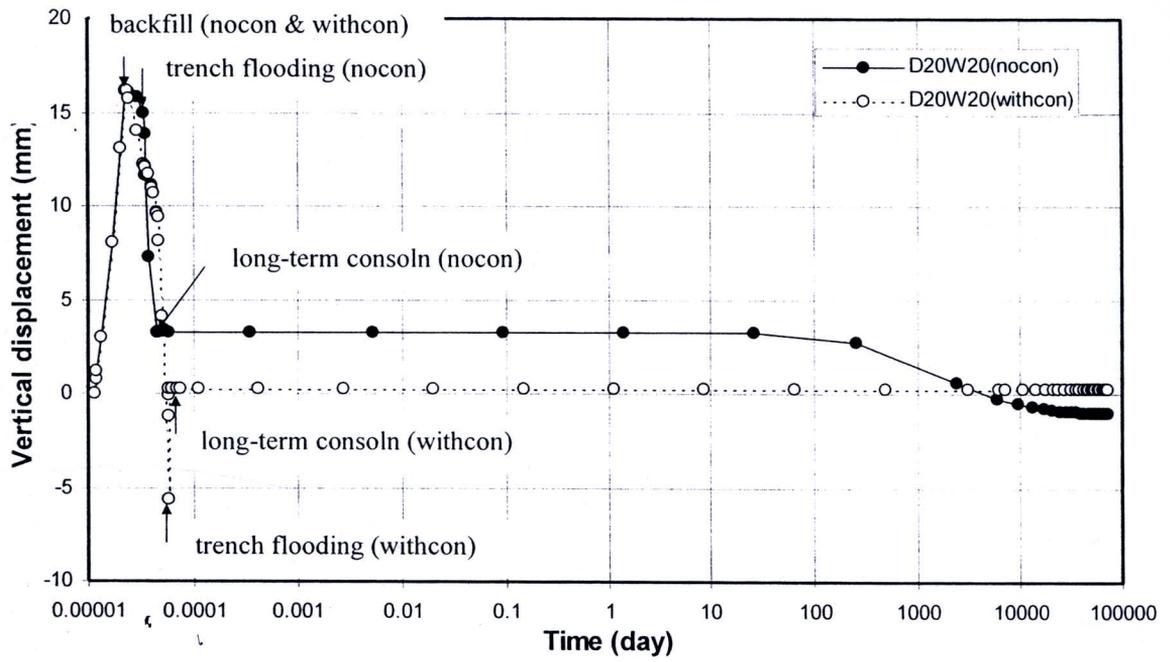
4.3 ผลกระทบของการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง

การศึกษาความสำคัญของการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างต่อผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ได้กระทำโดยการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ระหว่างกรณีที่มีและไม่มี การจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง สำหรับกรณีที่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างการทรุดตัวของพื้นของร่องชุดและพื้นของท่อหลังจากการถมทรายนั้นจะมีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่มีการจำลองการก่อสร้าง (รูปที่ 4-7) อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการจำลองผิวสัมผัสค่าการเคลื่อนตัวในแนวตั้งของพื้นของร่องชุดและพื้นของท่อของทั้งกรณีที่มีการจำลองและไม่มี การจำลองขั้นตอนการก่อสร้างจะมีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4-8) (ยกเว้นกรณี

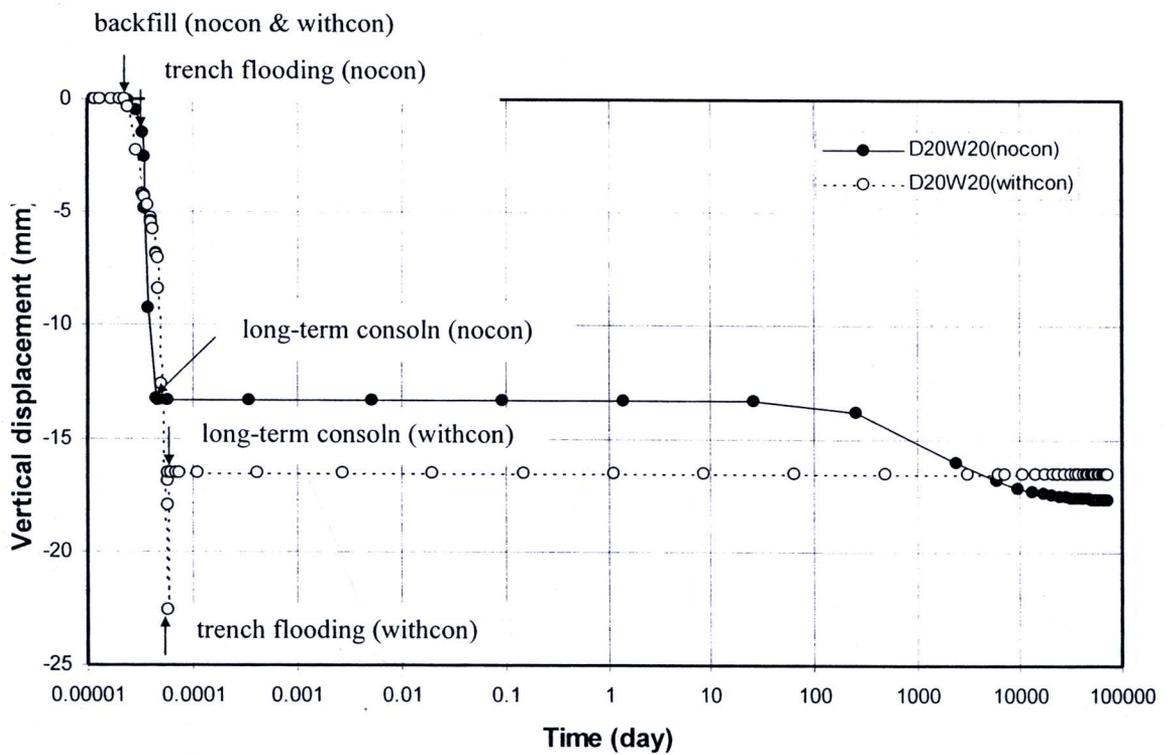
D30W15int(nocon) vs D30W15int(withcon) และ D30W20int(nocon) vs D30W20int(withcon))

สำหรับทุกกรณีการทรุดตัวเมื่อสิ้นสุดการ long-term consolidation สำหรับกรณีที่ไม่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างจะน้อยกว่าของกรณีที่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างเล็กน้อย

การที่มีการทรุดตัวมากกว่าหลังจากการถมทรายสำหรับกรณีที่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง น่าจะเนื่องมาจากกรณีมี normal stress ที่มีค่ามากกว่ากระทำต่อท่อโดยทรายถม ดังที่จะเห็นได้จากรูป 4-9 ค่า normal stress ที่กระทำต่อท่อหลังจากการถมทรายสำหรับกรณีที่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างจะมีค่ามากกว่าของกรณีที่ไม่มีการจำลองขั้นตอนการก่อสร้าง เมื่อมีการจำลองผิวสัมผัสค่า normal stress ของทั้งสองกรณีจะเหมือนกัน (รูปที่ 4-10)

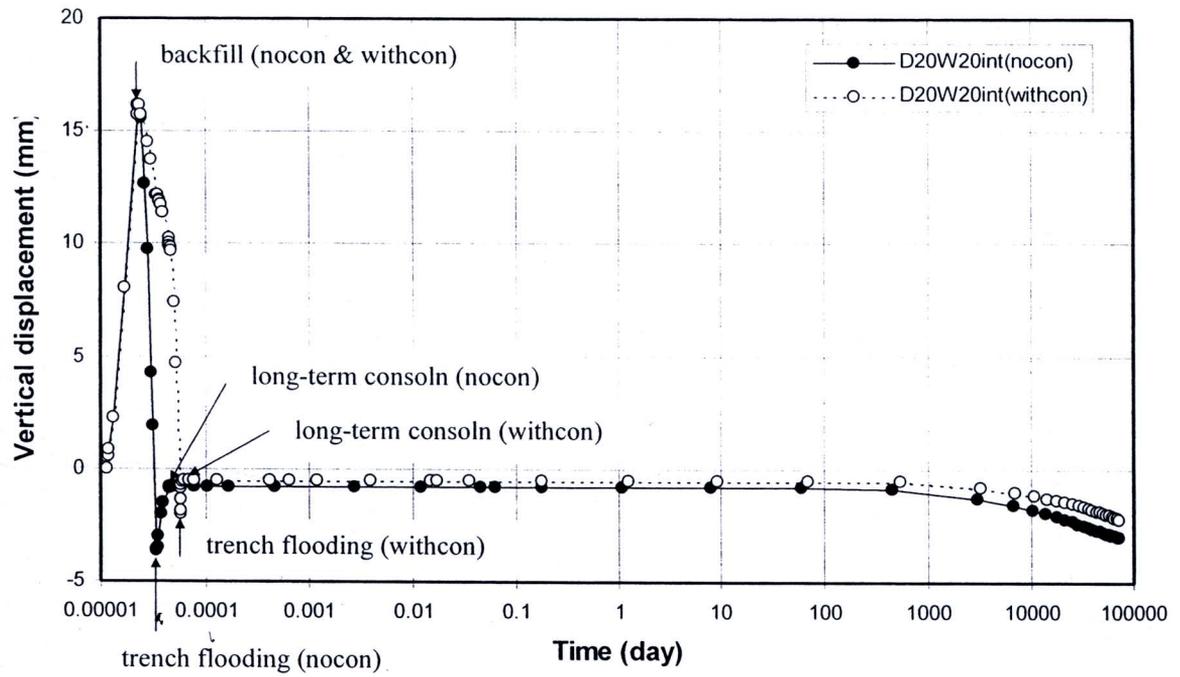


(a) Trench base

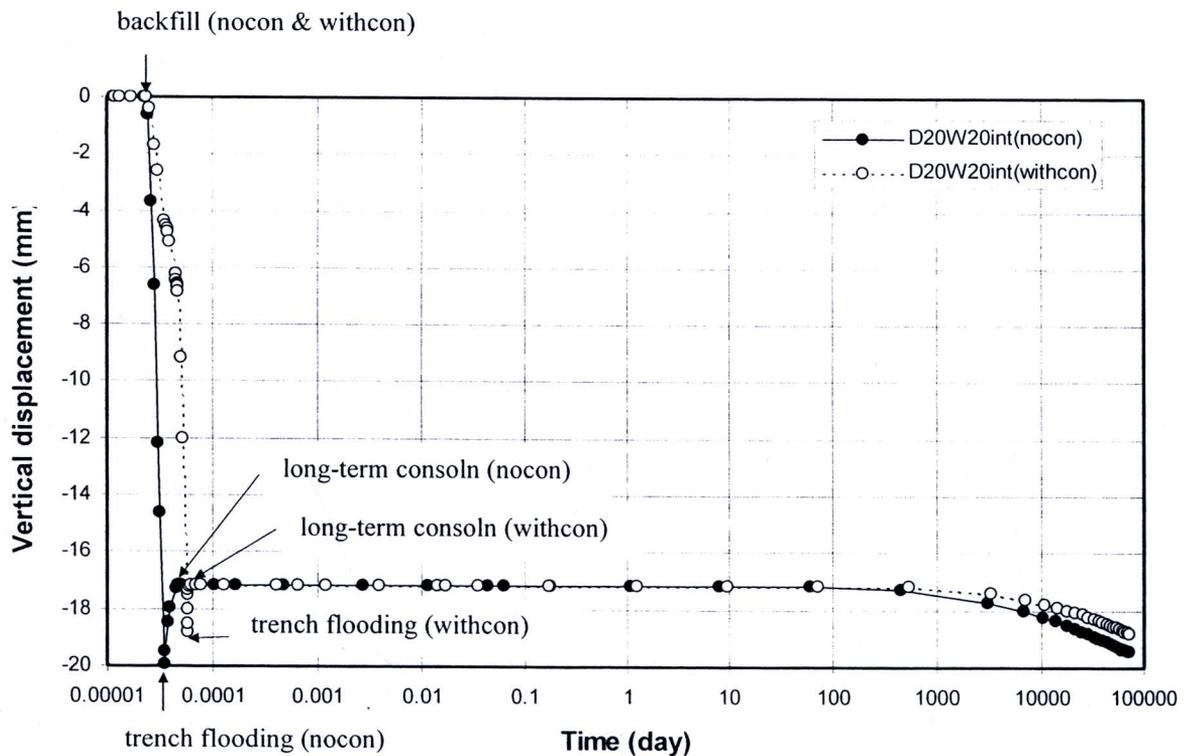


(b) Pipe base

รูปที่ 4-7 ผลกระทบของการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างสำหรับกรณีที่ไม่มีการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถม/ดินเหนียว



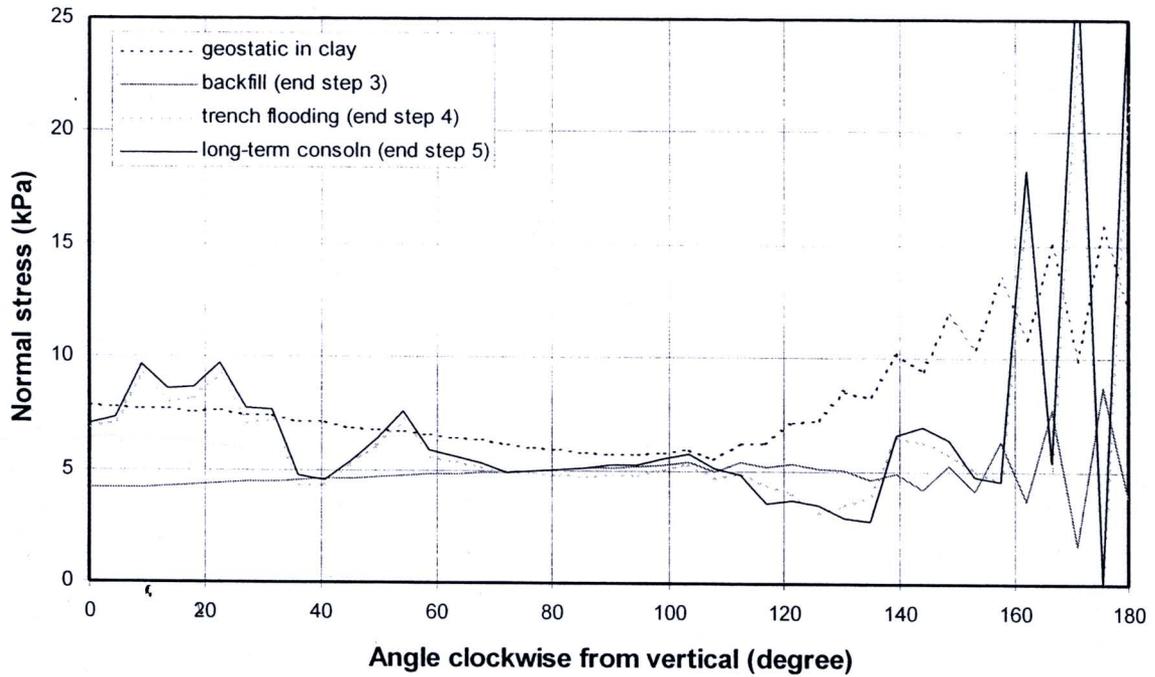
(a) Trench base



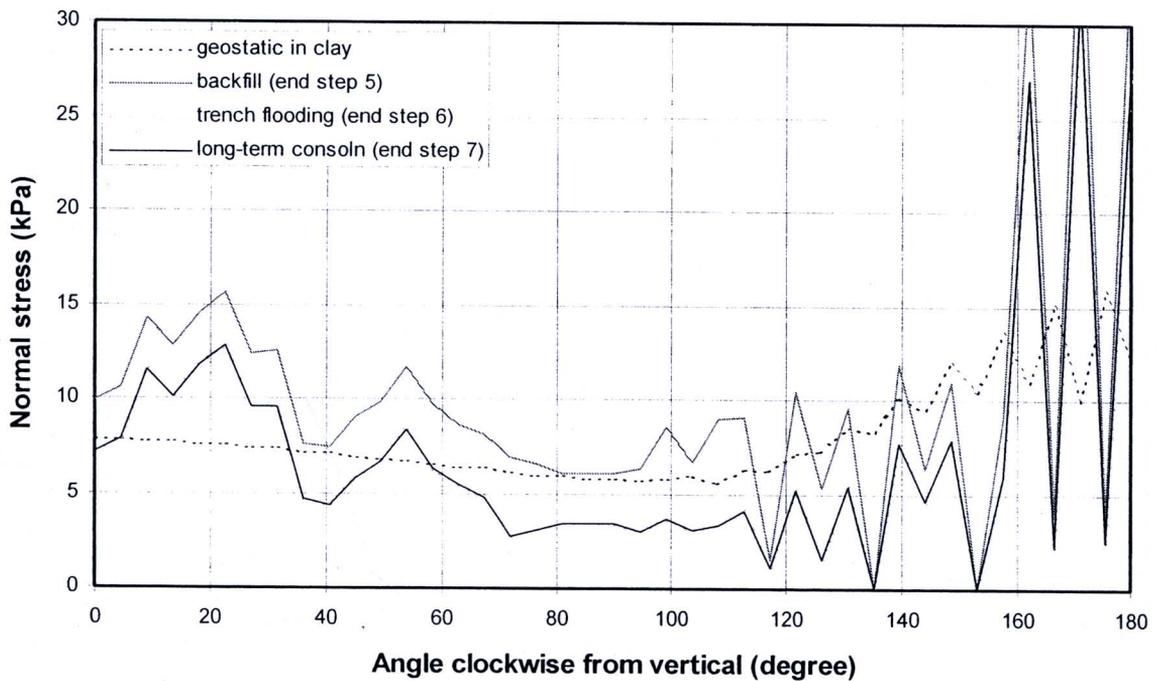
(b) Pipe base

รูปที่ 4-8 ผลกระทบของการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างสำหรับกรณีที่มีการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถม/ดินเหนียว



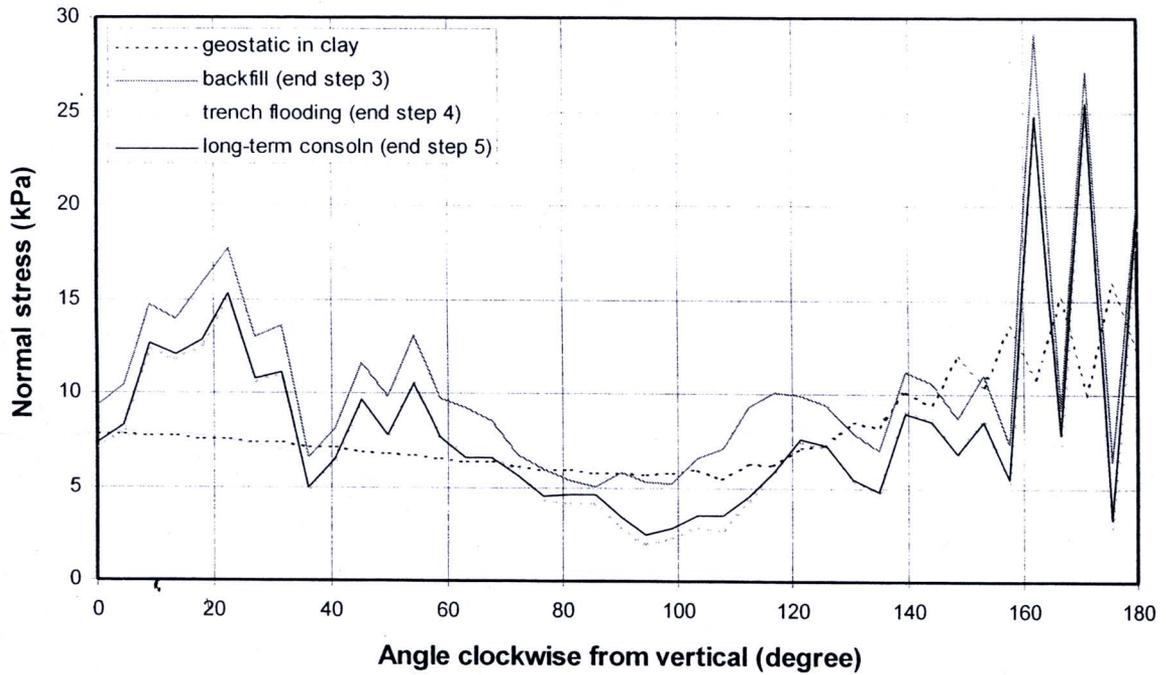


(a) กรณีการวิเคราะห์: D20W20(nocon)

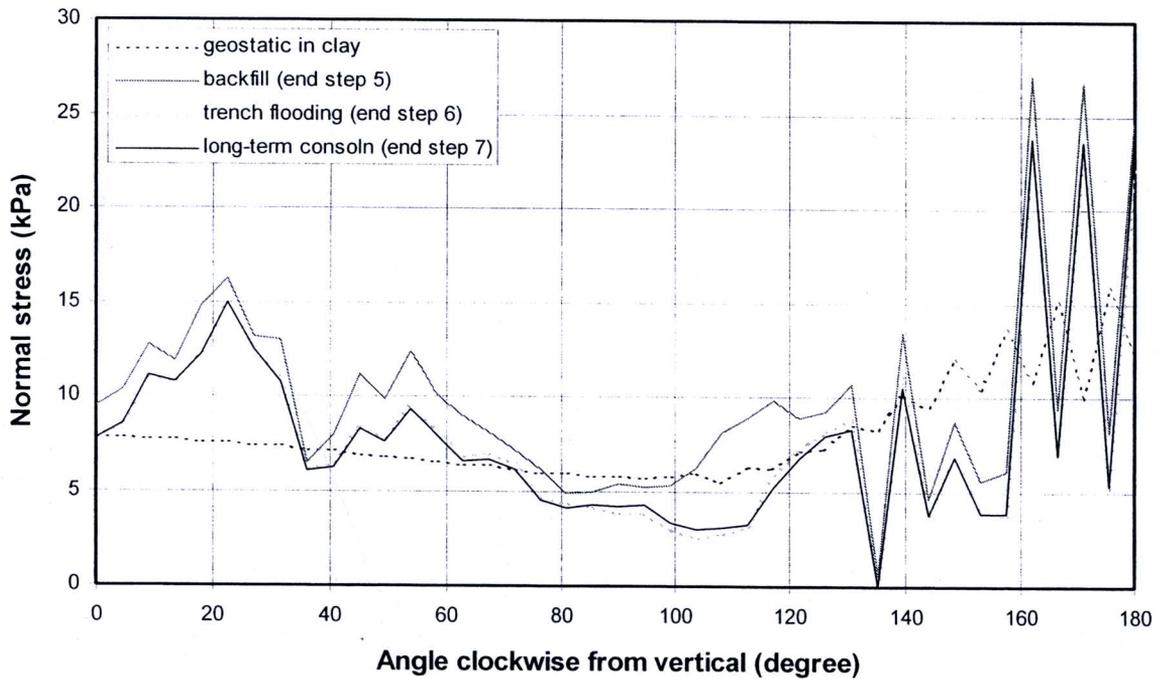


(b) กรณีการวิเคราะห์: D20W20(withcon)

รูปที่ 4-9 ผลกระทบของการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างต่อ normal stress ที่กระทำต่อท่อ (สำหรับกรณีที่ไม่มี การจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถม/ดินเหนียว)



(a) กรณีการวิเคราะห์: D20W20int(nocon)



(b) กรณีการวิเคราะห์: D20W20int(withcon)

รูปที่ 4-10 ผลกระทบของการจำลองขั้นตอนการก่อสร้างต่อ normal stress ที่กระทำต่อท่อ (สำหรับกรณีที่มีการจำลองผิวสัมผัสระหว่างทรายถม/ดินเหนียว)