

แนวทางการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อลดต้นทุนในงานชลประทาน



นพดล กัณฑ์ธง

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

แนวทางการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อลดต้นทุนในงานชลประทาน



การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง

พฤษภาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

อาจารย์ที่ปรึกษาและคณบดีวิทยาลัยการศึกษาคณะต่อเนื่อง ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้า
ด้วยตนเอง เรื่อง “แนวทางการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อลดต้นทุนในงานชลประทาน”
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง ของมหาวิทยาลัยพะเยา

.....
(ดร. ชีระพจน์ ศุภวิริยะกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ นพรัตน์)

คณบดีวิทยาลัยการศึกษาคณะต่อเนื่อง

พฤษภาคม 2556



กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง จาก ดร.ธีระพงษ์ ศุภวิริยะกิจ ที่ปรึกษา และที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสำเร็จ สมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณมณฑิมาศ จันทร์รัตน์ หัวหน้ากลุ่มงานวิศวกรรมบริหาร และคุณสุทัศน์ สุวัจนพรพงศ์ หัวหน้ากลุ่มงานก่อสร้าง 5 สำนักงานก่อสร้าง 2 สำนักงานพัฒนา แหล่งน้ำขนาดกลาง จังหวัดลำปาง ที่กรุณาเอื้อเฟื้อข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า จนทำให้ การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศแต่ผู้ มีพระคุณทุกๆ ท่าน

นพดล กันทะธง



ชื่อเรื่อง	แนวทางการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อลดต้นทุนในงานชลประทาน
ผู้ศึกษาค้นคว้า	นพดล กันทะธง
ที่ปรึกษา	ดร. ชีระพจน์ ศุภวิริยะกิจ
ประเภทสารนิพนธ์	การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วศ.ม. สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง, มหาวิทยาลัยพะเยา, 2555
คำสำคัญ	การปรับปรุงคุณภาพ, การลดต้นทุน, ดิน

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการก่อสร้างของงานชลประทาน มีปริมาณงานดินเป็นจำนวนมาก แต่ปัญหาที่พบบ่อยในการทำงาน คือ ชนิดและประเภทของดินมักจะไม่ตรงกับความต้องการต่อการนำมาใช้ก่อสร้าง ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและทดลองปรับปรุงคุณภาพของดินเพื่อให้มีคุณลักษณะตรงตามกับความต้องการที่จะใช้งานในแต่ละประเภท โดยจะทำการผสมดินที่มีความเหนียวสูง (ML MH CH) กับดินที่มีความเหนียวต่ำ (GW GP SW SP) มาทดลองผสมกันในอัตราส่วน 50%-50% โดยน้ำหนักของดินแห้งในห้องทดลอง และจำแนกประเภทดินใหม่ในอัตราส่วนดังกล่าว สามารถเปลี่ยนให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นจนนำไปใช้ในงานก่อสร้างชลประทานได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบราคาดินจากการปรับปรุงคุณภาพกับการจัดหาในวิธีอื่น ๆ ผลปรากฏว่ามีราคาต่อหน่วยใกล้เคียงกับการหาบ่อถมดินใหม่ในระยะทางขนส่ง 5 กม. โดยการปรับปรุงคุณภาพดินจะมีราคา 41.94 บาท/ ดิน 1 ลบ.ม. การหาบ่อถมดิน ในระยะทางขนส่ง 5 กม. มีราคา 40.88 บาท/ดิน 1 ลบ.ม. และหากมีระยะทางที่ไกลกว่า 5 กม. การปรับปรุงคุณภาพจะมีความเหมาะสมมากกว่าการหาบ่อถมดินใหม่

Title THE IMPROVEMENT OF SOIL FOR IRRIGATION
Author Noppadon Kanthatong
Advisor Dr. Teerapot Supaviriyakit
Academic Paper Independent Study M. Eng in Construction Administration,
University of Phayao, 2012
Keywords Improvement, Reduce Costs, Soil

ABSTRACT

In the present, a lot of soil has been in the construction of modern irrigation. But the problem is type of soil does not meet the construction requirements. In this research, I have emphasizing on the experimental study and quality improvement of the soil in order to meet the needs of each working type. It is used to mix the high viscosity soil (ML MH CH) and the low viscosity soil (GW GP SW SP) in a ratio of 50%–50% by weight of dry soil in the laboratory and the new classification. The soil which is mixed in such that ratio can be a good feature to be used in the construction of irrigation. When comparing the price and the quality of the others provision, the results showed that the cost per unit close to the new soil borrow pits in 5 km of transport. The improvement soil quality price will be 41.94 Baht / 1 m³. For first clay borrow pits in 5 km of transport, the price will be 40.88 baht / 1 m³. If there is more than 5 km long distance, the improvement of soil will be more appropriate than searching new borrow pits.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย.....	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
การจำแนกดินในทางวิศวกรรม.....	3
ขั้นตอนการจำแนกดิน.....	7
คุณสมบัติของดินที่ใช้ในงานดินถมบดอัด.....	7
ดินกระจายตัว.....	7
การแก้ไขดินกระจายตัว.....	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	11
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	11
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	14
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	16
4 ผลการวิจัย.....	17
การปรับปรุงคุณภาพดิน.....	17
ต้นทุนในการหาวัสดุดิบ.....	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 บทสรุป	27
สรุปผลการวิจัย.....	27
อภิปรายผลการวิจัย.....	27
ข้อเสนอแนะ	27
บรรณานุกรม.....	28
ภาคผนวก	30
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ดินด้วยตะแกรง	31
ภาคผนวก ข การทดสอบขีดจำกัดเหลว	43
ภาคผนวก ค แผนภูมิความเหนียว.....	57
ภาคผนวก ง การทดสอบบดอัดดิน	70
ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า.....	70

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ลักษณะของดินก่อนนำมาปรับปรุงคุณภาพ.....	18
2	ตัวอย่างดินหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพในห้องทดลอง	19
3	คุณสมบัติและความเหมาะสมในการใช้งานด้านวิศวกรรม	21
4	ความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน.....	22
5	อัตราการคายน้ำดินน้ำมันดีเซล 30.00–30.99 บาท/ลิตร	23
6	อัตราการคายน้ำดินน้ำมันดีเซล 30.00–30.99 บาท/ลิตร.....	24
7	เปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 5 กม.	25
8	เปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 6 กม.	25
9	เปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 7 กม.....	26
10	เปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 8 กม.	26
11	เปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 9 กม.	27
12	เปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 10 กม.....	27



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แผนภูมิการกำเนิดดิน(Soil Origin).....	3
2 แผนภูมิการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified Soil.....	4
3 แผนภูมิ (ก) การจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified Soil	5
4 แผนภูมิ (ข) การจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified Soil	5
5 กลุ่มดินจำแนกโดยระบบ Unified Soil Classification system.....	6
6 กลุ่มดินจำแนกโดยระบบ Unified Soil Classification system (ต่อ)	6
7 เครื่องทดสอบการหาขนาดคละของดิน.....	12
8 เครื่องทดสอบหาขีดจำกัดเหลว	13
9 เครื่องทดสอบบดอัดดิน.....	14
10 ผิวหน้ากลุ่มดินที่มีความเหนียวสูง.....	15
11 กลุ่มดินที่มีความเหนียวต่ำ.....	15
12 ดินกระจายตัว	16
13 ตัวอย่างการทดลองหาขนาดคละของดิน.....	19
14 ตัวอย่างการทดลองหาขีดจำกัดเหลว.....	19
15 ตัวอย่างการทดลองบดอัดดิน.....	20
16 ตัวอย่างดินทำการทดสอบดินกระจายตัวเบื้องต้น.....	20
17 ตัวอย่างการใช้ดินในงานเชื่อม.....	20

อักษรย่อ

NPV	=	Net Present Value
BCR	=	Benefit- Cost Ratio
IRR	=	Internal rate Return
CF	=	CASH FLOW
D/E	=	Debt/Equity Ratio
WACC	=	Weighted Average costs of Capital



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จังหวัดลำปางมีพื้นที่โดยทั่วไปเป็นที่ราบสูง และภูเขาสูง มีที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำเป็นบางส่วน ด้วยสภาพภูมิศาสตร์ที่หลากหลายในจังหวัดลำปางเป็นผลทำให้ดินในพื้นที่ต่าง ๆ มีลักษณะประเภทและชนิดของดินที่แตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ทำให้ยากต่อการนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้ จึงมีความประสงค์จะลดปัญหาที่เกิดขึ้น

ในงานชลประทานจะมีการสำรวจ และกำหนดที่ตั้งห้วงานล่วงหน้าเป็นเวลานาน เมื่อทำการก่อสร้างวัสดุหลักในพื้นที่ ที่เคยทำการสำรวจอาจมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป หรือปัญหาน้ำหลาก ทางน้ำเก่า ทำให้วัสดุตบในพื้นที่เปลี่ยนสภาพไม่สามารถนำมาใช้งานได้ทั้งหมดรวมทั้งขั้นตอนการทำงานผ่านกระบวนการสำรวจมานานแล้ว เป็นเรื่องยากที่จะกลับไปแก้ไขเนื่องจากการวางแผนงานเป็นระบบที่ทำร่วมกันหลายปี และวัสดุตบที่ใช้ในงานก่อสร้างราคาสูง (ขนส่งไกล) ไม่สามารถจัดซื้อในราคาปกติได้ จึงต้องดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้งานก่อสร้างสำเร็จลุล่วงตามเป้าประสงค์ ให้งานมีคุณภาพ และลดต้นทุนในการก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากปัญหาที่มีผลต่องานก่อสร้างชลประทาน จึงได้ทำการศึกษาเพื่อให้ได้วัสดุหลักที่ตรงตามความต้องการ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อให้งานก่อสร้างมีคุณภาพมากขึ้น
2. เพื่อลดต้นทุนในงานก่อสร้างชลประทาน
3. เพื่อนำวัสดุตบในพื้นที่ก่อสร้างมาใช้ประโยชน์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ขอบเขตของการวิจัย

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ใช้ดินและวัสดุผสมที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยมีขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาเฉพาะดินที่ใช้ในงานชลประทานในพื้นที่จังหวัดลำปาง

2. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลงานที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จ และงานที่อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างและทดลองอัตราส่วนการผสมดินที่ 50%-50% ของน้ำหนักดินแห้ง
4. ใช้วิธีการจำแนกดินระบบ Unified Soil Classification ซึ่งใช้ในงานชลประทาน
3. ทำการเปรียบเทียบต้นทุนในการจัดหารวัสดุหลักจากการปรับปรุงคุณภาพ กับการจัดซื้อในแหล่งที่ใกล้สถานที่ก่อสร้างโดยเปรียบเทียบราคาน้ำมันดีเซลที่ 30.00 บาท / ลิตร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาในครั้งนี้จะส่งผลประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อใช้ในงานแต่ละประเภท
2. สามารถลดต้นทุนของวัสดุหลักในงานก่อสร้างชลประทานได้
3. ได้ใช้วัสดุในพื้นที่อย่างเต็มคุณภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุด



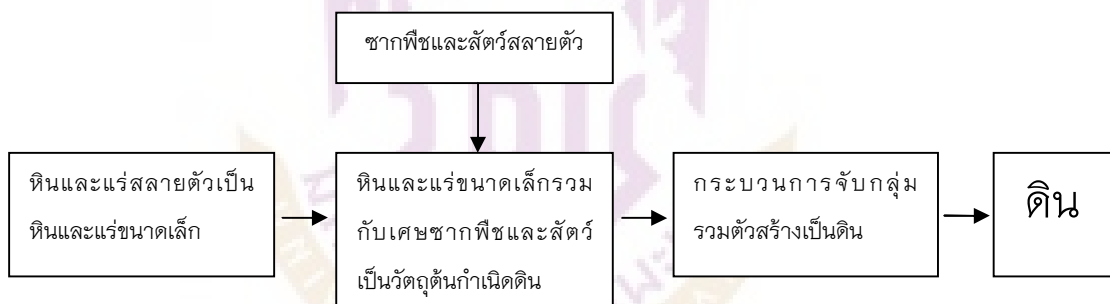
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายและทฤษฎีทั่วไปของดินที่ใช้ในงานก่อสร้างชลประทาน และเกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยนี้ เช่น ทฤษฎีที่ใช้จำแนกประเภทของดิน ฯลฯ

การจำแนกดินในทางวิศวกรรม (Soil Classification)

การจำแนกดินในทางวิศวกรรม (ASTM D 2487-69) ดินเป็นวัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยสิ่งต่าง ๆ หลายอย่าง เช่น กรวด, ทราย, ดินเหนียว, อินทรีย์สาร เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของหินต้นกำเนิด การกัดกร่อนผุพัง การพัดพา และการตกตะกอนทับถม เพื่อที่จะจัดหมวดหมู่ของดินที่มีคุณสมบัติเฉพาะคล้ายกันเข้าอยู่ในพวกเดียวกัน ตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การจำแนกประเภทของดินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง



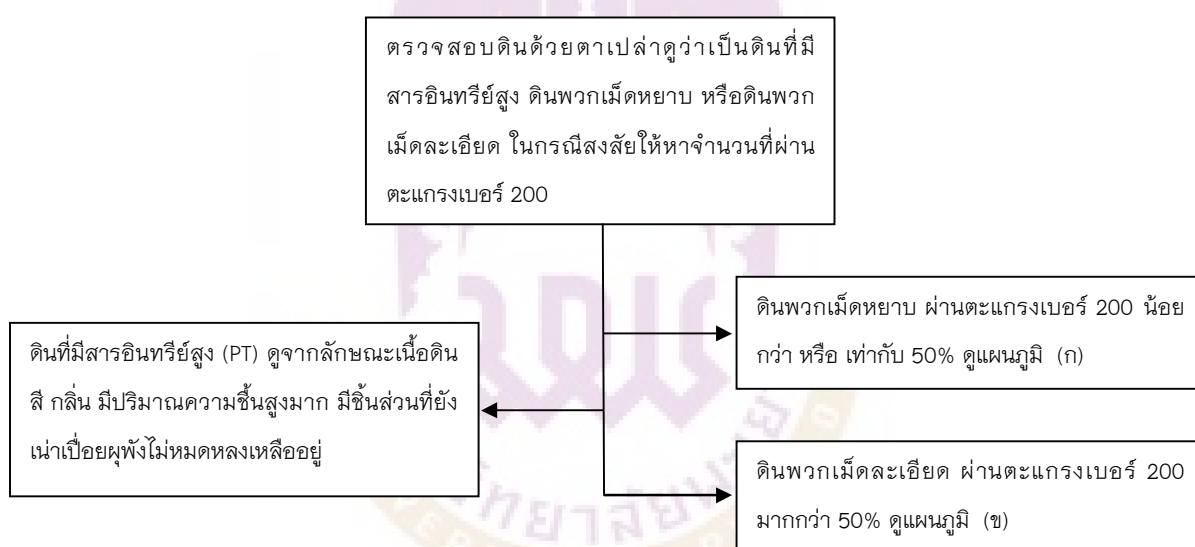
ภาพ 1 แสดงแผนภูมิการกำเนิดดิน (Soil Origin)

เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องกับดินอยู่หลายสาขาด้วยกัน การจำแนกประเภทดิน จึงแตกต่างกันออกไปแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละสาขา เช่น ทางด้านเกษตรศาสตร์ จะจำแนกดินตามความอุดมสมบูรณ์ของธาตุสารที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ ทางด้านธรณีวิทยา อาศัยลักษณะหินต้นกำเนิด และการกัดกร่อนผุพัง เป็นปัจจัยในการจำแนก สำหรับทางวิศวกรรมโยธาพิจารณาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ของดินเป็นหลัก เช่น ขนาดของเม็ดดิน, แรงยึดเกาะของมวลดิน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอยทางวิศวกรรมแต่ละหมวดหมู่ของดิน ที่จัดเข้าไว้ จะมีอักษรย่อเฉพาะซึ่ง จะเป็นที่น่าสนใจได้โดยง่ายในหมู่วิศวกรหรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง

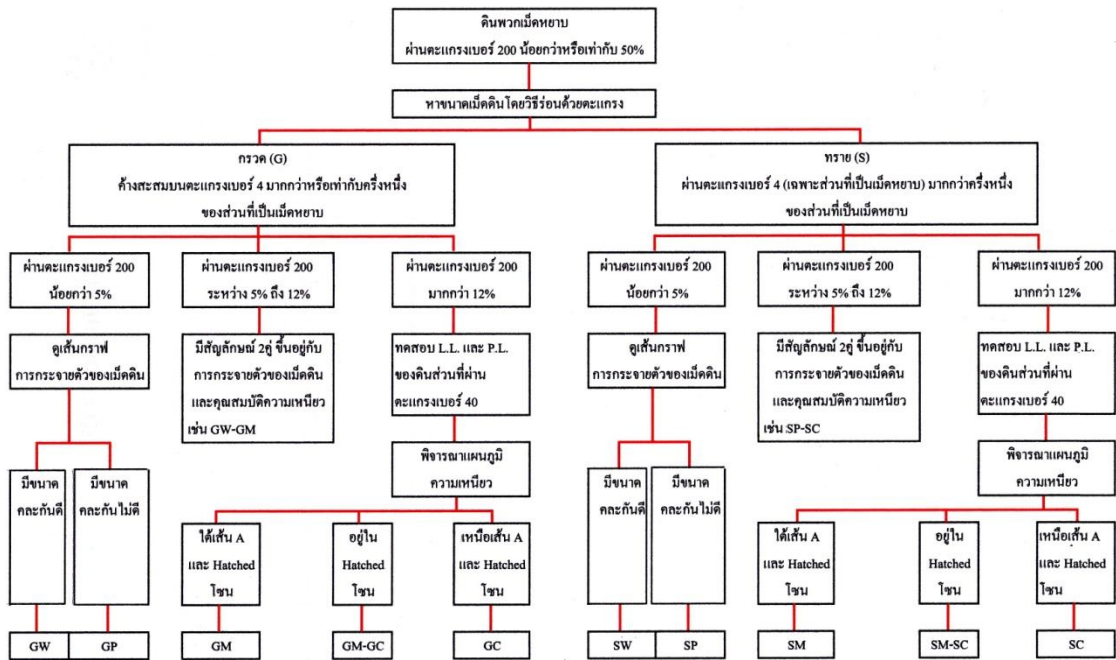
ในวงการวิศวกรรมโยธา การจำแนกดินมีหลายระบบ ขึ้นอยู่กับหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้อง และประโยชน์ใช้สอย เช่น งานด้านถนนใช้ระบบ AASHO Classification ซึ่งจัดแบ่งดินตามความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างถนน,งานสนามบินใช้ระบบของ FAA Classification และระบบ Unified Soil Classification ซึ่งใช้กับงานวิศวกรรมทั่ว ๆ ไป และนิยมแพร่หลาย กว่าระบบอื่น ๆ

ในบทนี้จะขอกกล่าวถึงรายละเอียดการจำแนกดินเพียงระบบเดียว คือ ระบบ Unified Soil Classification

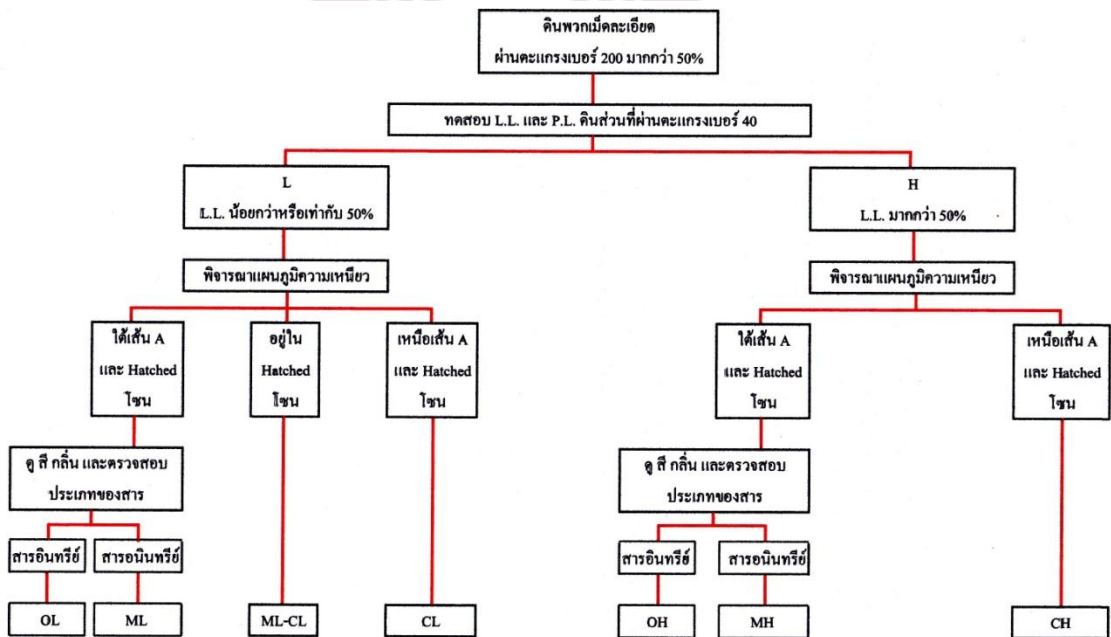
ข้อมูลพื้นฐานในการจำแนก คือ การกระจายและขนาดของเม็ดดิน,ค่า Atterberg's limits (L.L, P.L, P.I) สึกลื่น และการจับตัวของเม็ดดิน รวมทั้งอินทรีย์สารที่เจือปน



ภาพ 2 แสดงแผนภูมิการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified Soil



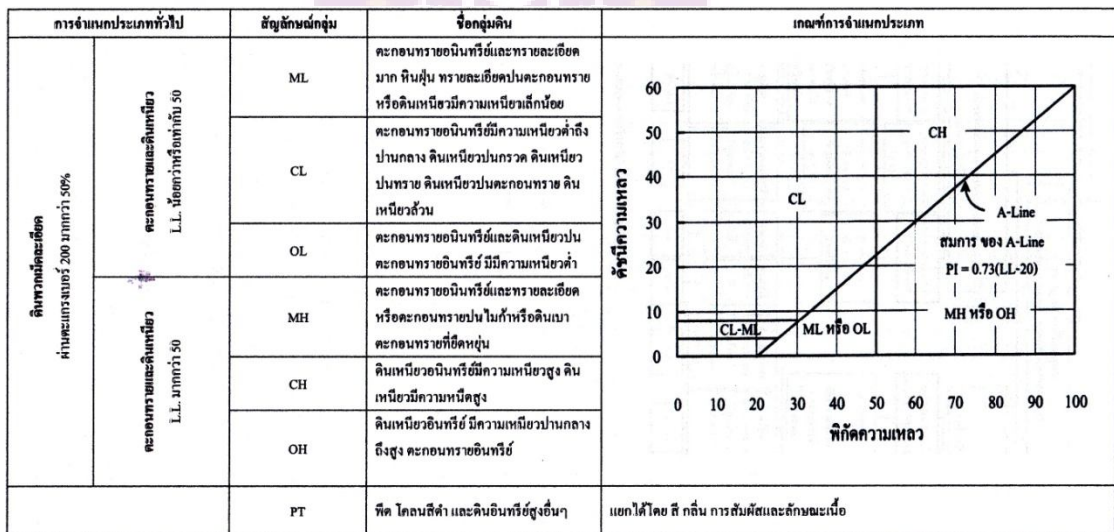
ภาพ 3 แสดงแผนภูมิ (ก) การจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified Soil



ภาพ 4 แสดงแผนภูมิ (ข) การจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified Soil

การจำแนกประเภททั่วไป		สัญลักษณ์กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท		
ดินพวกเม็ดละเอียด ค่าตะกอนทราย 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50%	กรวด	กรวดละเอียดที่มีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย	GW	กรวดมีขนาดคละกันดี กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย	การจำแนกประเภทของดิน โดยอาศัยเปอร์เซ็นต์ของดินพวกเม็ดละเอียด ค่าตะกอนทราย 200 น้อยกว่า 5% : GW GP SW SP ค่าตะกอนทราย 200 มากกว่า 5% : GM GC SM SC ค่าตะกอนทราย 200 ระหว่าง 5%-12% : ดินเหนียวที่ใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว	
			GP	กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		
		กรวดมีเม็ดละเอียดปน	GM	กรวดมีตะกอนทรายปน กรวด-ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน		C _u มากกว่า 4 C _c อยู่ระหว่าง 1-3 ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท GW
			GC	กรวดมีดินเหนียวปน กรวด-ทราย-ดินเหนียวผสมกัน		Atterberg limits อยู่ใต้เส้น A หรือ P.I. < 4 Atterberg limits อยู่เหนือเส้น A หรือ P.I. > 7 คาบเกี่ยวกับใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว
	ทราย	ทรายละเอียดที่มีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย	SW	ทรายเป็นกรวดมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		C _u มากกว่า 6 C _c อยู่ระหว่าง 1-3 ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท SW
			SP	ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี ทรายเป็นกรวดมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		Atterberg limits อยู่ใต้เส้น A หรือ P.I. < 4 Atterberg limits อยู่เหนือ Hatched ไลน์ถือว่าคาบเกี่ยวกับใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว
		ทรายมีเม็ดละเอียดปน	SM	ทรายมีตะกอนทรายปน ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน		Atterberg limits อยู่ใต้เส้น A หรือ P.I. < 4 Atterberg limits อยู่เหนือ Hatched ไลน์ถือว่าคาบเกี่ยวกับใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว

ภาพ 5 แสดงกลุ่มดินจำแนกโดยระบบ Unified Soil Classification system



ภาพ 6 แสดงกลุ่มดินจำแนกโดยระบบ Unified Soil Classification system (ต่อ)

ใช้อักษรย่อ 2 ตัว ทำให้จดจำง่าย และมีความหมายในตัวเอง เช่น G =Gravel (กรวด), S=Sand (ทราย), M=Silt (ดินทราย), C=Clay (ดินเหนียว), W=Well Graded (เม็ดคละ), P=Poorly Grade (เม็ดไม่คละ), H=High Liquid Limit (L.L. มีค่าสูง), L=Low Liquid Limit (L.L. มีค่าต่ำ) หรือ O=Organic (ดินมีอินทรียสารปนมาก) ดังแสดงในรูปที่ 2

ขั้นตอนการจำแนกดิน

1. แบ่งตามลักษณะขนาดเม็ดดิน เป็นพวกเม็ดหยาบได้แก่ กรวด (Gravel) และทราย (Sand) และพวกเม็ดละเอียด ได้แก่ ดินเหนียว (Clay) และดินทราย (Silt)
2. แบ่งย่อยตามลักษณะการกระจายของเม็ดดิน สำหรับพวกเม็ดหยาบเป็นพวกที่เม็ดละเอียดหลายขนาด (Well Graded) และเม็ดไม่ละเอียด เนื่องจากมีเม็ดขนาดเดียวกันมากหรือขนาดเม็ดขาดช่วง (Poorly Grade)
3. แบ่งย่อยตามค่า Atterberg's limits สำหรับพวกเม็ดละเอียด เรียกว่า Plasticity เช่นพวกมีค่า L.L. และ P.I สูง เรียกว่า High Liquid Limit เป็นต้น เมื่อถึงขั้นสุดท้าย จะมีอักษรย่อแทน 2 ตัว(ในกรณีถ้าใช้ 4 ตัว) เช่น CH, GW, SP หรือ GM-GC, ML-CL

คุณสมบัติของดินที่ใช้ในงานดินถมบดอัด

การถมบดอัด คือ การถมดินไปที่ละชั้น มีความหนาชั้นละประมาณ ๒๐-๕๐ ซม. ขึ้นอยู่กับลักษณะดิน และการกำหนด ของผู้ออกแบบ แล้วก็บดอัดให้แน่นที่ละชั้น หมุดไปชั้นหนึ่งค่อยถมดินต่อ แล้วก็บดอัดอีก ทำแบบนี้จนกว่า จะได้ระดับตามที่เราต้องการ การถมแบบนี้จะได้ดินที่อัดแน่นดี มีการทรุดตัวน้อย ความแน่นของดินถมแต่ละชั้นที่บดอัดแน่นแล้ว จะต้องมีความแน่น (เมื่อแห้ง) ไม่น้อยกว่า 95% ของความแน่น (เมื่อแห้ง) จากการทดลองในห้องทดลองด้วยวิธีทดลองแบบ Proctor Compaction ASTM D-698-66T Method A

บ่อยืมดิน (Borrow Pits) ที่คณะกรรมการตรวจการจ้างเห็นชอบ และอนุญาตให้ขุดได้นั้น ในกรณีที่บ่อยืมดินอยู่ในแนวเขตคลอง (Right-Of-Way) ให้ขุดขนานไปกับคันคลองชลประทานระหว่างคันคลองและบ่อยืม ดูจากแบบรูปตัดของคลองบ่อยืมที่ขุด ต้องมีความยาวไม่เกิน 50 เมตร และต้องมีระยะห่างระหว่างบ่อไม่น้อยกว่า 5 เมตร ในกรณีที่ระดับดินข้างเคียงสูงกว่าคลองชลประทาน ต้องขุดวางน้ำตามลักษณะและขนาดที่กำหนดไว้ในแบบ

ดินกระจายตัว

1. ลักษณะทั่วไปของดินกระจายเป็นดินที่ถูกกัดเซาะได้ง่ายเมื่อถูกชะล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำฝนซึ่งคือน้ำที่มีเกลือละลายอยู่น้อย ตะกอนดินที่ถูกชะล้างลงไปจะมีลักษณะเป็น Colloid ไม่สามารถตกตะกอนได้เองตามธรรมชาติ จะสังเกตได้ว่าในแหล่งน้ำที่อยู่ในพื้นที่ที่เป็นดินกระจายตัวน้ำจะขุ่นอยู่ตลอดเวลา การใช้ดินกระจายตัวในการก่อสร้างเขื่อนดิน จะเกิดความเสียหายกับบริเวณด้านลาดเขื่อนซึ่งเป็นส่วนที่รับน้ำฝนโดยตรงจากการกัดเซาะเป็นร่องเล็กๆ จนถึงเป็นรูเป็นโพรงขนาดใหญ่ข้างในทำให้เกิดอันตรายต่อตัวเขื่อนในต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย เม็กซิโก และบราซิล พบปัญหาการกัดเซาะผิวหน้าดินของเขื่อน

หลายแห่งโดยเฉพาะเขื่อนดินเพื่อป้องกันอุทกภัยในในรัฐโอคลาโฮมา ทำให้เกิดความเสียหายต่อตัวเขื่อนในการเก็บกักน้ำครั้งแรก จึงได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางถึงสาเหตุและวิธีการแก้ไข ตั้งแต่ปี 1950 เป็นต้นมา

กลุ่มงานดินด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องดินกระจายตัวมาเป็นเวลานาน ตั้งแต่เริ่มพบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเขื่อนดินต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เช่น เขื่อนลำเชียงไกร เขื่อนลำลำลายในจังหวัดนครราชสีมา เขื่อนห้วยสวาย จังหวัดบุรีรัมย์ เขื่อนอำปูล จังหวัดสุรินทร์ เป็นต้น ซึ่งพบว่า ดินถูกกัดเซาะเป็นรูเป็นโพรง จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่เสียหายมาทดสอบ พบว่าดินบริเวณนั้นเป็นดินกระจายตัว หรือเป็นดินที่มี Dispersive clay ผสมอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ดินถูกชะล้างไปได้ง่ายด้วยน้ำ

2. ลักษณะเฉพาะของดินกระจายตัวอนุภาคดินเหนียวในดินกระจายตัว (Dispersive clay) จะกระจายออกมาได้ทั้งในน้ำนิ่งและน้ำไหล ดังนั้น ขบวนการกัดเซาะของดินกระจายตัว (Dispersive soil) จะแตกต่างกับดินไม่กระจายตัว (Non Dispersive Soil) ซึ่งจะถูกกัดเซาะจากความแรงและความเร็วของน้ำ ตะกอนที่ถูกกัดเซาะจะไม่แขวนลอยในน้ำ และตกตะกอนได้เองในระยะเวลาหนึ่ง สำหรับดินกระจายตัว ถ้าถูกบ่มด้วยความชื้นก่อนสัมผัสกับน้ำอนุภาคดินเหนียวจะฟุ้งกระจายออกมาเองโดยไม่ต้องใช้พลังงานกล และแขวนลอยเป็น Colloid อยู่ในน้ำอนุภาคดินทรายและซิลท์ที่เหลืออยู่จะไม่มีแรงยึดเกาะกันทำให้ถูกชะล้างพังทลายลงมาได้โดยง่าย

3. แหล่งกำเนิดของดินกระจายตัวเกิดมาจากการย่อยผุพังของหิน ดินกระจายตัวในประเทศไทยเกิดจากการสลายตัวของแร่ในหินแกรนิต (Granite) และหินไนท์ (Gneiss) โดยปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อน เมื่อฝนตกก็จะถูกชะล้างลงสู่ที่ต่ำ ดังนั้น บริเวณที่พบดินกระจายตัวมักพบในบริเวณที่มีการสะสมของตะกอนดินภายหลังจากถูกน้ำท่วมจะเป็นพื้นที่ที่เป็นแอ่งรองรับตะกอนดิน Sheard และคณะ (1976) ได้สรุปว่า ดินกระจายตัวส่วนมากจะมีแหล่งกำเนิดจากการตกตะกอนบริเวณน้ำท่วมถึง (Flood plain deposits area) ตะกอนทะเลสาบ (Lake bed deposits) การตกตะกอนจากการชะล้างมาจากพื้นที่ลาดเอียง (Slope wash) เช่น บริเวณที่ราบลุ่มเชิงเขา

การแก้ไขดินกระจายตัว

เมื่อมีการกำหนดพื้นที่ในการก่อสร้างเขื่อนดินควรมีการทดสอบก่อนว่าดินในบริเวณนั้นเป็นดินกระจายตัวหรือไม่ ถ้าทดสอบแล้วเป็นดินกระจายตัวก็จะต้องมีการออกแบบให้มีการแก้ไขหรือหาหินที่ไม่กระจายตัวมาใช้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีทางเลือก 2 วิธีคือ

1. Selective Material โดยทดสอบดินรอบบริเวณพื้นที่ก่อสร้างว่ามีแหล่งดินที่เป็น Non Dispersive Soil หรือไม่ และอยู่ห่างออกไปไกลเพียงใดคุ้มค่าต่อการขนส่งหรือไม่ ถ้ามีเพียงพอให้นำมาใช้ได้

2. Lime Treatment ถ้าหาดินที่เป็น Non Dispersive Soil ไม่ได้ หรือมีแต่อยู่ไกลมากไม่คุ้มกับค่าขนส่งก็ให้ปรับปรุงดินในพื้นที่ โดยวิธีผสมดินด้วยปูนขาวแล้วปิดทับตัวเชื่อมดินด้านบนอกมีความหนาไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร

เนื่องจากสาเหตุหลักของการเกิดดินกระจายตัว คือ การที่ดินมีเกลือละลายโซเดียมอยู่มาก อนุภาคดินเหนียวจึงมี Na^+ ล้อมรอบอยู่ ดังนั้นจึงต้องหา Cation ตัวอื่นเข้ามาแทนที่ Na^+ ซึ่ง Cation ที่จะมาแทนที่จะต้องเป็น Cation ซึ่งมี Replacing Power สูงกว่า Na จึงจะสามารถเข้ามาไล่ Na^+ ออกไปได้ Cation ซึ่งมี Replacing Power สูงกว่า Na ตามลำดับดังนี้ คือ $\text{Al}^{+3} > \text{NH}_4^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ นั่นคือ Al^{+3} และ Ca^{+2} สามารถไล่ที่ Na^+ ได้ดีกว่า Na^+ ไล่ที่ Al^{+3} และ Ca^{+2}

2.1 Ca^{+2} เป็นส่วนประกอบของปูนขาว หรือ CaO ซึ่งมีการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

2.2 Al^{+3} เป็นส่วนประกอบของสารส้ม หรือ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ซึ่งมีการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม

2.3 ดังนั้นทั้งปูนขาวและสารส้มจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการนำมาใช้แก้ไขปัญหา ซึ่งปัจจุบันเราเลือกใช้ปูนขาวในการทำ Lime treatment เพื่อแก้ไขดินกระจายตัวอยู่

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. นรินทร์ ศรีดอกไม้ และสยาม แกมขุนทด ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยคอนกรีตที่ใช้แล้ว โดยนำคอนกรีตที่ย่อยแล้วผสมกับดินเหนียวในปริมาณต่าง ๆ ที่ 20% 30% 40% และ 50% โดยน้ำหนักของดินแห้ง ทำการทดสอบ California Bearing Ratio (CBR) ทั้งแบบแช่น้ำ และไม่แช่น้ำ พบว่าดินเหนียวที่ผสมคอนกรีตใช้แล้วมีค่า CBR สูงขึ้นตามปริมาณเศษคอนกรีตที่เพิ่มมากขึ้น

2. พรทิพย์ ช่อนกลิ่น ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพดินขาวจาก จังหวัดลำปางโดยใช้กลวิธีโพลีเมอร์ไรเซชันโดยการผสมดินขาวและโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่างดินขาวกับทรายเท่ากับ 1:0, 1:1, 1:1.5, 1:2 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับแต่ละตัวอย่างหาได้จากการทำการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน จะเตรียมตัวอย่างโดยทำการบดอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิคให้ได้ความหนาแน่นร้อยละ 95 ของความ

หนาแน่นแห่งสูงสุด โดยทำการบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องบ่มในน้ำและบ่มภายใต้สภาวะที่เปียก และแห้งสลับกันจำนวน 5 รอบ จากนั้นทำการทดสอบแรงอัดทิศทางเดียวที่อายุบ่ม 0, 3, 7, 14, 28, 56 วัน

ผลการทดสอบพบว่า ตัวอย่างดินขาวที่ผสมทรายตามอัตราส่วน 1:0 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าที่อัตราส่วนอื่น โดยกำลังรับแรงอัดสูงขึ้นตามปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ดินขาวที่มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 เมื่อทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องและบ่มในน้ำ ให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 1 วัน เท่ากับ 5,650 และ 4,600 กิโลนิวตันต่อตารางเมตรตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างที่มีส่วนผสมเดียวกันนี้ แต่บ่มภายใต้สภาวะที่เปียกและแห้งสลับกันให้ค่ากำลังรับแรงอัด เท่ากับ 2,450 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวด้วยคอนกรีตที่ใช้แล้ว โดยนำคอนกรีตที่ย่อยแล้วผสมกับดินเหนียวในปริมาณต่าง ๆ ที่ 20% 30% 40% และ 50% โดยน้ำหนักของดินแห้ง ทำการทดสอบ California Bearing Ratio (CBR) ทั้งแบบแช่น้ำ และไม่แช่น้ำ พบว่า ดินเหนียวที่ผสมคอนกรีตใช้แล้วมีค่า CBR สูงขึ้นตามปริมาณเศษคอนกรีตที่เพิ่มมากขึ้น

3. ASTM D 4221-83a. 1990. Standard test Method for Dispersive characteristics of clay by Double Hydrometer pp. 732-734.



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้ดินมีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ในงานชลประทาน จึงได้ทดลองปรับปรุงอัตราส่วนผสมดิน โดยการนำดินจากแหล่งอื่น ๆ มาผสมเพิ่มโดยมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างจากบ่อยืมดินแหล่งต่าง ๆ โดยมากแหล่งดินที่ใกล้สถานที่ก่อสร้างมากที่สุด คือ ดินบริเวณหน้าอ่างเก็บน้ำที่กำลังจะก่อสร้าง (สำหรับการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ) และดินบริเวณชิดเขาข้างลำน้ำ (สำหรับการก่อสร้างคันดินฝาย) ซึ่งจะมีต้นทุนวัตถุดิบต่ำที่สุดเมื่อรวมค่าขนส่งแล้ว แต่ก็มักจะมีปัญหา คือดินบริเวณดังกล่าวมักเป็นดินที่เป็นตะกอน มีความเหนียวสูง (สำหรับดินหน้าอ่างเก็บน้ำ) และมีความเหนียวต่ำ (Non Plastic) (สำหรับดินบริเวณชิดเขา) รวมถึงการสันนิษฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์สภาพพื้นที่เบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทาง ในการปรับปรุงคุณภาพดิน

2. นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ในห้องทดลองเพื่อจำแนกประเภทดิน ตามระบบ Unified Soil Classification และดินกระจายตัว

2.1 ชุดทดสอบการหาขนาดคละของดิน (Grain Size Analysis)

2.1.1 ชุดตะแกรงร่อน เบอร์ 4 8 10 20 40 100 และ 200

2.1.2 เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.1 กรัม

2.1.3 แปรงทำความสะอาด ตะแกรง

2.1.4 ถาดใส่ดิน

2.1.5 ค้อนยางสำหรับทุบดิน

2.1.6 เครื่องเขย่า ตะแกรงร่อน



ภาพ 7 แสดงเครื่องทดสอบการหาขนาดคละของดิน

คือ การทดสอบหาขนาดคละของเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ สำหรับดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 มม. ขึ้นไป (ASTM D 422)

2.1 ชุดทดสอบการหาความชื้นเหลวของดิน (Atterberg's Limits)

2.1.1 เครื่องทดสอบหาขีดจำกัดเหลวตามมาตรฐาน ASTM D 4318

2.1.2 เครื่องมือปาดร่องดิน (Grooving Tool)

2.1.3 มีดปาดดิน (Spatula) ขนาดกว้างประมาณ $\frac{3}{4}$ นิ้ว และยาว 3 นิ้ว

2.1.4 ชามกระเบื้องเคลือบ (Coat Dish)

2.1.5 ขวดภาชนะเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับใส่น้ำ

2.1.6 ตะแกรงร่อนดินเบอร์ 40

2.1.7 เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.1.8 เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียส



ภาพ 8 แสดงเครื่องทดสอบหาขีดจำกัดเหลว

คือ การทดลองหาค่า Limit ต่าง ๆ ของดิน เช่น Liquid Limit และ Plastic Limit เพื่อทราบ Plasticity Index (ASTM D 424)

2.2 ชุดทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test)

2.2.1 แบบใส่ตัวอย่างชนิดมาตรฐาน (Standard Compaction Mold)

2.2.2 ค้อนขนาด 5.5 ปอนด์ (Standard Compaction Hammer)

2.2.3 เหล็กปาดดิน (Straight Edge)

2.2.4 เครื่องดันตัวอย่างดิน (Sample Ejector)

2.2.5 ถาดใส่ตัวอย่างดิน

2.2.6 เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

2.2.7 เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 110 ± 5 องศาเซลเซียส



ภาพ 9 แสดงเครื่องทดสอบบดอัดดิน

คือ การทดลองหาค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของดิน (Maximum Dry Density) ที่ได้จากการบดอัดและหาปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ที่ทำให้การบดอัดมีความหนาแน่นสูงสุดซึ่งนำค่าไปเปรียบเทียบในการควบคุมการบดอัดในสนาม (ASTM D 689 T)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การปรับปรุงคุณภาพดินที่มีความเหนียวสูง

ดินอินทรีย์ที่มีความเหนียวสูง ลักษณะของดินคือ เนื้อดินมีความหนืดสูง เมื่อแห้งผิวหน้าจะแตกเมื่อนำมาใช้เป็นดินถมบดอัดมักจะมีปัญหาได้ เช่นดินจำพวก ML MH CH เพื่อต้องการให้ดินดังกล่าวมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นในการนำมาใช้งานวัสดุที่นำมาผสมควรใช้กรวดและทรายที่มีความละเอียดหรือดินจำพวกดินทราย GW GP SW SP



ภาพ 10 แสดงผิวหน้ากลุ่มดินที่มีความเหนียวสูง

2. การปรับปรุงคุณภาพดินที่มีความเหนียวต่ำ (Non Plastic)

ดินที่มีความเหนียวต่ำจำพวก GW GP SW SP มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุหุ้มแกนเขื่อนเท่านั้น แต่ไม่สามารถใช้ในงานลักษณะอื่น เช่น แกนเขื่อน หรือเขื่อนดินถมชนิดเดี่ยว ทั้งเขื่อนได้ และหากมีความต้องการจะใช้ดินในลักษณะการใช้งานที่แตกต่างจากความเหมาะสมดังกล่าว วัสดุดิบที่นำมาผสมควรใช้ดินจำพวก CL ML MH CH ซึ่งมีคุณสมบัติความเหนียวสูงเข้ามาปรับปรุงต่อไป



ภาพ 11 แสดงกลุ่มดินที่มีความเหนียวต่ำ

3. การปรับปรุงคุณภาพดินกระจายตัวโดยการใช้ปูนขาว และสารส้ม

3.1 เตรียมแปลงขนาดกว้างเป็น 2 เท่าของกำลังการฉีดน้ำ

3.2 ตีดินให้แตกโดยใช้รถไถ ตีตพาล 4 และพาล 7

3.3 ผสมปูนขาวและดินให้เข้ากัน ฉีดน้ำให้เกิดปฏิกิริยาลดการกระจายตัวของดิน

3.4 หลังจากบ่มให้ปูนทำปฏิกิริยาแล้วจึงขนย้ายดินผสมปูนขาวเพื่อนำไปบดอัด



ภาพ 12 แสดงดินกระจายตัว

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบราคาดินจากแหล่งใกล้เคียง บวกกับค่าขนส่งถึงหน้างาน กับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในเรื่องของน้ำมันที่ต้องเติมของเครื่องจักร เพื่อเป็นทางเลือกในการหาวัสดุที่มีต้นทุนต่ำมาใช้ในงานก่อสร้าง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะยกตัวอย่างการคิดราคางานดิน งานก่อสร้างชลประทาน และราคาค่าขนส่งรถบรรทุกที่อัตราน้ำมันดีเซล 30.00 บาท / ลิตร โดยแสดงตัวอย่างระยะทางที่ขนส่งที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10 กม.ตามลำดับ และราคาดินถมธรรมดาในจังหวัดลำปางอยู่ที่ราคาเฉลี่ย 180 บาท / ลบ.ม.

1. ราคาจากการปรับปรุงคุณภาพดิน

การปรับปรุงคุณภาพดินที่ไม่มีการขนย้ายวัสดุมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประกอบไปด้วย ค่าขุดดินด้วยเครื่องจักร และค่าผสมคลุกเคล้า ซึ่งมีค่าขุดดินด้วยเครื่องจักรที่ราคา 16.93 บาท / ลบ.ม. ค่าตักที่ราคา 7.56 บาท / ลบ.ม. และค่าผสมคลุกเคล้า (BLEND) ที่ราคา 17.45 บาท / ลบ.ม. รวมเป็นค่าปรับปรุงคุณภาพดิน เท่ากับ 41.94 บาท / ลบ.ม.

2. ราคาจากการจัดซื้อดินจากแหล่งดินใกล้เคียง

การซื้อดินเพื่อมาทำงานก่อสร้างมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ประกอบไปด้วย ค่าซื้อดินซึ่งมีราคาดินถมธรรมดาในจังหวัดลำปางอยู่ที่ราคาเฉลี่ย 180 บาท / ลบ.ม. และมีค่าขนส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้าง เป็นค่าจัดหาวัสดุในกรณีซื้อดินจากแหล่งดินใกล้เคียง

3. ราคาจากการจัดหาแหล่งดินจากสถานที่ใกล้เคียง

การหาดินจากบ่อยืมดินใกล้เคียงเพื่อมาทำงานก่อสร้าง มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประกอบไปด้วย ค่าขุดดินด้วยเครื่องจักรซึ่งมีค่าขุดดินที่ราคา 16.93 บาท / ลบ.ม. ค่าตักที่ราคา 7.56 บาท / ลบ.ม. และขนส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้าง เป็นค่าจัดหาวัสดุกรณีจัดหาจากบ่อดินสถานที่ใกล้เคียง

4. ราคาจากการปรับปรุงดินกระจายตัวเพื่อนำมาใช้งาน

การปรับปรุงดินกระจายตัวโดยวิธีของสำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน มีสารผสมเพิ่มประกอบไปด้วย ปูนขาว หรือสารส้มน้ำ 3% ของปริมาณดินกระจายตัวที่มีการผสมและบ่มให้เข้ากัน มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อดิน 1 ลบ.ม. คือ ราคาปูนขาว 3 บาท/กก. (โดยคิดจาก ถ.พ. ดินที่ 2.60) = $2.60 \times 1,000 / 0.03 = 78$ กก. ต่อดิน 1 ลบ.ม. รวมเป็น 234 บาท ค่าขุดดินด้วยเครื่องจักร ซึ่งมีค่าขุดดินที่ราคา 16.93 บาท / ลบ.ม. ค่าตักที่ราคา 7.56 บาท / ลบ.ม. และค่าผสมคลุกเคล้า (BLEND) ที่ราคา 17.45 บาท / ลบ.ม. รวมเป็น ค่าปรับปรุงดินกระจายตัวจะเท่ากับ 276.03 บาท / ลบ.ม.

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพดิน

1. ลักษณะของดินก่อนนำมาปรับปรุงคุณภาพ

ทำการวิเคราะห์หาลักษณะจำเพาะของดินกลุ่มต่าง ๆ ที่ยังมีคุณสมบัติไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้งานเพื่อจะนำมาปรับปรุงคุณภาพต่อไป

ตาราง 1 แสดงลักษณะของดินก่อนนำมาปรับปรุงคุณภาพ

คุณสมบัติดินก่อนปรับปรุง					
สัญลักษณ์ ของกลุ่มดิน	Liquid Limit (L.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %	ผ่านตะแกรง #200	MAX. DRY DENSITY (lbs./c.f.)	หมายเหตุ
CH	76.45	51.34	มากกว่า 50 %	127.4	ยุบตัวมาก
MH	72.25	31.02	มากกว่า 50 %	119.1	ยุบตัวมาก
ML	44.31	19.14	มากกว่า 50 %	108.5	ยุบตัวปานกลาง
GP	32.12	9.07	น้อยกว่า 5 %	114.9	บดอัดไม่ยุบตัว
GW	32.55	8.89	น้อยกว่า 5 %	115.7	บดอัดไม่ยุบตัว
SP	36.61	12.41	น้อยกว่า 5 %	105.9	ยุบตัวน้อยมาก
SW	36.82	11.22	น้อยกว่า 5 %	106.2	บดอัดไม่ยุบตัว

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าคุณลักษณะของดินกลุ่มต่าง ๆ จะขาดคุณสมบัติต่อการนำมาใช้งานที่ไม่เหมือนกัน แต่สามารถเพิ่มคุณสมบัติโดยการนำดินชนิดดังกล่าวมาปรับปรุงโดยการผสมดินชั้นใหม่ได้ โดยงานวิจัยนี้จะทดลองอัตราส่วนการผสมดินที่ 50%-50% ของน้ำหนักดินแห้ง

2. นำตัวอย่างดินที่จำแนกดินระบบ Unified Soil Classification ในข้อที่ 1 มาทดลองผสมตัวอย่างดินในอัตราส่วน 50%-50% ของน้ำหนักดินแห้ง แล้วทำการจำแนกดินใหม่เพื่อดูลักษณะและกลุ่มตัวอย่างที่เปลี่ยนไปของดิน

ตาราง 2 แสดงตัวอย่างดินหลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพในห้องทดลอง

คุณสมบัติดินจากการปรับปรุง					
สัญลักษณ์ ของกลุ่มดิน	Liquid Limit (L.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %	ผ่านตะแกรง #200	MAX. DRY DENSITY(lbs./c.f.)	หมายเหตุ
CH+GP	42.90	29.60	19.14%	128.5	GC
CH+GW	40.50	27.86	19.00%	131.5	GC
CH+SP	40.50	30.02	24.90%	123.9	SC
CH+SW	40.70	29.44	26.10%	123.1	SC
MH+GP	40.00	21.58	17.00%	118.1	GC
MH+GW	42.20	24.76	14.60%	118.1	GC
MH+SP	40.60	23.15	25.80%	109.0	SC
MH+SW	41.00	20.91	25.00%	114.5	SC
ML+GP	42.00	11.62	21.10%	108.0	GM
ML+GW	42.60	10.87	18.70%	111.9	GM
ML+SP	43.70	13.07	25.20%	106.4	SM
ML+SW	44.75	14.19	24.90%	115.0	SM

จากตาราง 2 จะเห็นว่าคุณลักษณะของดินมีการเปลี่ยนแปลงและมีคุณสมบัติสามารถ
ใช้ในงานก่อสร้างต่าง ๆ ของงานชลประทานได้



ภาพ 13 แสดงการทดลองหาขนาดคละของดิน



ภาพ 14 แสดงการทดลองหาขีดจำกัด

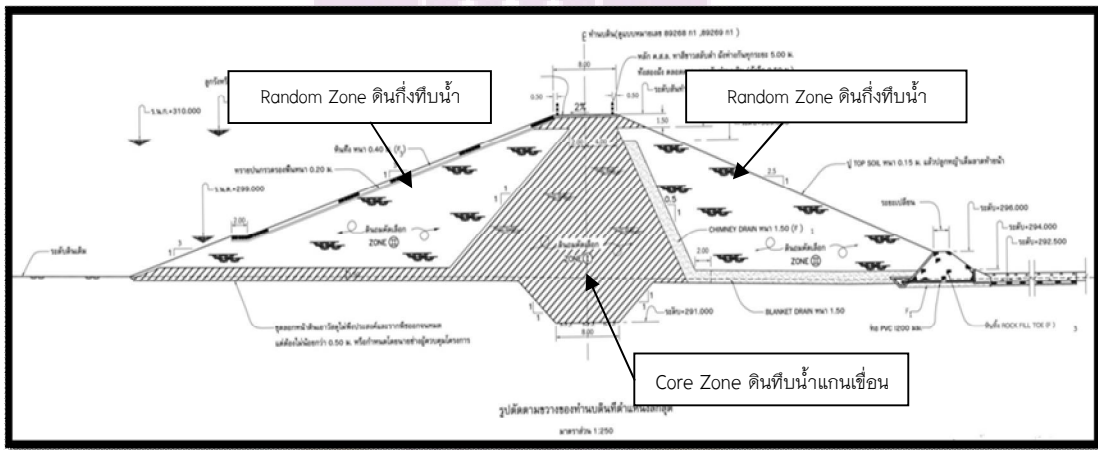
เหลว



ภาพ 15 แสดงการทดลองบดอัดดิน



ภาพ 16 แสดงการทดสอบดินกระจายตัว
เบื้องต้น



ภาพ 17 แสดงตัวอย่างการใช้ดินในงานเขื่อน

ดินที่บ้น้ำแกนเขื่อน (CORE ZONE) GC GM SC SM CL

ดินกึ่งที่บ้น้ำ (RANDOM ZONE) GW GP SW SP

ตาราง 3 แสดงคุณสมบัติและความเหมาะสมในการใช้งานด้านวิศวกรรม

สัญลักษณ์ ของกลุ่ม ดิน	คุณสมบัติที่สำคัญ			
	ความซึมได้	กำลังต้านทานแรงเฉือน	การยุบตัว	การบดอัดแน่นได้ง่าย
	เมื่อบดอัดแน่นแล้ว	เมื่อบดอัดแน่นแล้ว และดินอิ่มตัว	เมื่อบดอัดแน่นแล้ว และดินอิ่มตัว	เมื่อใช้เป็นวัสดุ ก่อสร้าง
GW	ง่าย	ดีเลิศ	ไม่ยุบตัว	ดีเลิศ
GP	ง่ายมาก	ดี	ไม่ยุบตัว	ดี
GM	ปานกลาง ถึง ยาก	ดี	ไม่ยุบตัว	ดี
GC	ยาก	ดี ถึง พอใช้	น้อยมาก	ดี
SW	ง่าย	ดีเลิศ	ไม่ยุบตัว	ดีเลิศ
SP	ง่าย	ดี	น้อยมาก	พอใช้
SM	ปานกลาง ถึง ยาก	ดี	น้อย	พอใช้
SC	ยาก	ดี ถึง พอใช้	น้อย	ดี
ML	ปานกลาง ถึง ยาก	พอใช้	ปานกลาง	พอใช้
CL	ยาก	พอใช้	ปานกลาง	ดี ถึง พอใช้
OL	ปานกลาง ถึง ยาก	เลว	ปานกลาง	พอใช้
MH	ปานกลาง ถึง ยาก	พอใช้ ถึง เลว	มาก	เลว
CH	ยาก	เลว	มาก	เลว
OH	ยาก	เลว	มาก	เลว
PT	-	-	-	-

ที่มา: มณฑิเรก กังคศิเทียมม กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม

ตาราง 4 แสดงความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่างๆ										
สัญลักษณ์	เขื่อนดินถม			คลอง		ฐานราก		ถนน		
ของกลุ่มดิน	ชนิดเดียว	แกนเชื่อม	หุ้มแกน	ป้องกัน	คลองดิน	การรื้อซึม	การรื้อซึม	คันดินถม	ผิวถนน	
	กันทั้งเชื่อม		เชื่อม	กัดเซาะ	บดอัดแน่น	มีส่วนสำคัญ	ไม่มีส่วนสำคัญ	ไม่มีโอกาสแยกแฉ่ง	มีโอกาสแยกแฉ่ง	
GW	-	-	1	1	-	-	1	1	1	3
GP	-	-	2	2	-	-	3	3	3	-
GM	2	4	-	4	4	1	4	4	9	5
GC	1	1	-	3	1	2	6	5	5	1
SW	-	-	3	6	-	-	2	2	2	4
SP	-	-	4	7	-	-	5	6	4	-
SM	4	5	-	8	5	3	7	8	10	6
SC	3	2	-	5	2	4	8	7	6	2
ML	6	6	-	-	6	6	9	10	11	-
CL	5	3	-	9	3	5	10	9	7	7
OL	8	8	-	-	7	7	11	11	12	-
MH	9	9	-	-	-	8	12	12	13	-
CH	7	7	-	10	8	9	13	13	8	-
OH	10	10	-	-	-	10	14	14	14	-
PT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ที่มา: มณฑิเยร กังคดิเทียม กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม

ตาราง 5 แสดงอัตราราคางานดินน้ำมันดีเซล 30.00–30.99 บาท/ลิตร

อัตราราคางานดิน งานก่อสร้างชลประทาน							
ราคาน้ำมันดีเซล 30.00–30.99 บาท/ลิตร							
ลำดับ ที่	ลักษณะงาน	หน่วย	ค่าใช้จ่าย บาท/หน่วย	ค่าเสื่อมราคา		อัตราราคา	
				ปกติ	ชุก	ปกติ	ชุก
1	งานถางป่า						
	ค่าถางถาง	ตร.ม.	0.82	0.11	0.14	0.93	0.96
	ค่าถางถางและล้มต้นไม้	ตร.ม.	1.82	0.26	0.33	2.08	2.15
2	งานลูกรังบดอัดแน่น วัสดุคัดเลือก						
	ค่าขุด	ลบ.ม. หลวม	15.85	2.97	3.71	18.82	19.56
	ค่าบดอัด	ลบ.ม. แน่น	34.23	9.50	11.88	43.73	46.11
3	งานพื้นทาง (หินคลุก)						
	ค่าบดอัด	ลบ.ม. แน่น	49.80	19.10	23.88	68.90	73.68
	ค่าผสมคลุกเคล้า (BLEND)	ลบ.ม. แน่น	14.54	2.91	3.64	17.45	18.18
4	ค่าขุดเปิดหน้าดิน	ลบ.ม. ปกติ	14.17	2.89	3.61	17.06	17.78
5	ค่าขุดดินด้วยเครื่องจักร	ลบ.ม. ปกติ	14.26	2.67	3.34	16.93	17.60
6	ค่าตักดิน	ลบ.ม. หลวม	5.86	1.70	2.13	7.56	7.99
7	งานดินขุดยาก						
	ค่าขุด	ลบ.ม. ปกติ	27.87	3.34	4.18	31.21	32.05
	ค่าดินและค่าตัก	ลบ.ม. หลวม	33.07	5.04	6.30	38.11	39.37
8	งานขุดลอก						
	ค่าขุดลอกด้วยรถขุด	ลบ.ม. ปกติ	21.82	3.66	-	25.48	-
	ค่าขุดลอกด้วยเรือขุด	ลบ.ม. ปกติ	39.71	14.40	-	54.11	-
9	ค่ากำจัดวัชพืชด้วยเรือ	ตัน	34.69	5.77	-	40.46	-
10	งานระเบิดหิน						
	ค่าระเบิดหิน	ลบ.ม. ปกติ	ใช้อัตราราคางานระเบิดหินของงานปรับปรุงฐานราก				
	ค่าดินและค่าตัก	ลบ.ม. หลวม	32.17	5.58	6.98	37.75	39.15
11	งานบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร (งานทั่วไป)						
	ค่าบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร (85%)	ลบ.ม. แน่น	25.67	7.92	9.90	33.59	35.57
	ค่าบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร (95%)	ลบ.ม. แน่น	28.52	7.92	9.90	36.44	38.42
12	งานบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร (งานเขื่อน)						
	ค่าบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร (85%)	ลบ.ม. แน่น	32.25	10.75	13.44	43.00	45.69
	ค่าบดอัดแน่นด้วยเครื่องจักร (95%)	ลบ.ม. แน่น	35.48	10.75	13.44	46.23	48.92

ตาราง 6 แสดงอัตราราคาขนส่งดินน้ำมันดีเซล 30.00-30.99 บาท/ลิตร

อัตราราคาขนส่งวัสดุก่อสร้าง รถบรรทุก 10 ล้อ								
ราคาน้ำมันดีเซล 30.00-30.99 บาท/ลิตร								
ระยะ	ค่าบรรทุก	ค่าบรรทุก	ระยะ	ค่าบรรทุก	ค่าบรรทุก	ระยะ	ค่าบรรทุก	ค่าบรรทุก
ขนส่ง กม.	บาท/ตัน	บาท/ลบ.ม.	ขนส่ง	บาท/ตัน	บาท/ลบ.ม.	ขนส่ง	บาท/ตัน	บาท/ลบ.ม.
1	5.29	7.40	41	82.36	115.3	81	162.02	226.82
2	6.89	9.65	42	84.35	118.09	82	163.95	229.53
3	8.50	11.89	43	86.33	120.87	83	165.95	232.34
4	10.10	14.14	44	88.33	123.66	84	167.97	235.15
5	11.71	16.39	45	90.31	126.44	85	169.99	237.98
6	13.31	18.63	46	92.31	129.23	86	171.94	240.72
7	14.92	20.88	47	94.29	132.01	87	173.90	243.46
8	16.66	23.32	48	96.29	134.80	88	175.94	246.31
9	18.65	26.11	49	98.27	137.58	89	177.91	249.07
10	20.64	28.90	50	100.26	140.36	90	179.88	251.83
11	22.63	31.68	51	102.26	143.16	91	181.94	254.72
12	24.62	34.47	52	104.24	145.94	92	183.92	257.49
13	26.61	37.26	53	106.23	148.73	93	185.91	260.28
14	28.60	40.04	54	108.23	151.53	94	187.91	263.07
15	30.59	42.83	55	110.21	110.21	95	189.82	265.75
16	32.58	45.62	56	112.20	157.08	96	191.83	268.56
17	34.57	48.40	57	114.20	159.88	97	193.84	271.37
18	36.56	51.19	58	116.21	162.69	98	195.85	274.19
19	38.56	53.98	59	118.19	165.46	99	197.88	277.03
20	40.55	56.77	60	120.17	168.24	100	199.81	279.73
21	42.54	59.55	61	122.17	171.04	101	201.84	282.58
22	44.53	62.34	62	124.18	173.85	102	203.78	285.29
23	46.52	65.12	63	126.15	176.61	103	205.82	288.15
24	48.51	67.91	64	128.13	179.38	104	207.77	290.88
25	50.50	70.70	65	130.12	182.17	105	209.83	293.76
26	52.49	73.49	66	132.11	184.96	106	211.78	296.49
27	54.48	76.28	67	134.12	187.77	107	213.74	299.24
28	56.47	79.06	68	136.08	190.52	108	215.70	301.98
29	58.46	81.84	69	138.10	193.34	109	217.78	304.90
30	60.45	84.64	70	140.08	196.11	110	219.75	307.66
31	62.44	87.71	71	142.07	198.89	111	221.73	310.42
32	64.44	90.21	72	144.06	201.68	112	223.71	313.19
33	66.43	93	73	146.06	204.48	113	225.69	315.97
34	68.42	95.79	74	148.07	207.29	114	227.68	318.75
35	70.4	98.56	75	150.02	210.03	115	229.67	321.54
36	72.4	101.36	76	152.04	212.89	116	231.66	324.33
37	74.39	104.15	77	154.01	215.62	117	233.67	327.13
38	76.38	106.94	78	155.99	218.38	118	235.67	329.94
39	78.37	109.72	79	158.03	221.25	119	237.68	332.75
40	80.36	112.5	80	160.02	224.03	120	239.7	335.57

ต้นทุนในการหาวัตถุดิบ

เปรียบเทียบการหาวัตถุดิบมาใช้งานโดยยกตัวอย่างการเปรียบเทียบ ระยะทางที่ขนส่งที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10 กม.ตามลำดับ โดยการทดลองนี้จะอ้างอิงราคาอัตราราคางานดิน งานก่อสร้างชลประทาน และอัตราค่าขนส่งรถบรรทุกที่อัตราน้ำมันดีเซล 30.00 บาท / ลิตร

ตาราง 7 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 5 กม.

ต้นทุนวัสดุก่อสร้าง				
กิจกรรม	ปรับปรุง คุณภาพดิน	จัดซื้อดิน	เปลี่ยนบ่อ ยืมดิน	ปรับปรุง ดินกระจายตัว
ค่าขุดดิน	16.93	-	16.93	16.93
ค่าตักดิน	7.56	-	7.56	7.56
ค่าขนส่ง	-	16.39	16.39	-
ค่าผสม	17.45	-	-	17.45
ค่าซื้อดิน	-	180.00	-	-
ปูนขาว/สารส้ม	-	-	-	234.00
รวม	41.94	196.39	40.88	275.94

ตาราง 8 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 6 กม.

ต้นทุนวัสดุก่อสร้าง				
กิจกรรม	ปรับปรุง คุณภาพดิน	จัดซื้อดิน	เปลี่ยนบ่อ ยืมดิน	ปรับปรุง ดินกระจายตัว
ค่าขุดดิน	16.93	-	16.93	16.93
ค่าตักดิน	7.56	-	7.56	7.56
ค่าขนส่ง	-	18.63	18.63	-
ค่าผสม	17.45	-	-	17.45
ค่าซื้อดิน	-	180.00	-	-
ปูนขาว/สารส้ม	-	-	-	234.00
รวม	41.94	198.63	43.12	275.94

ตาราง 9 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 7 กม.

ต้นทุนวัสดุก่อสร้าง				
กิจกรรม	ปรับปรุง คุณภาพดิน	จัดซื้อดิน	เปลี่ยนบ่อ ยืมดิน	ปรับปรุง ดินกระจายตัว
ค่าขุดดิน	16.93	-	16.93	16.93
ค่าตักดิน	7.56	-	7.56	7.56
ค่าขนส่ง	-	20.88	20.88	-
ค่าผสม	17.45	-	-	17.45
ค่าซื้อดิน	-	180.00	-	-
ปูนขาว/สารล้้ม	-	-	-	234.00
รวม	41.94	200.88	45.37	275.94

ตาราง 10 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 8 กม.

ต้นทุนวัสดุก่อสร้าง				
กิจกรรม	ปรับปรุง คุณภาพดิน	จัดซื้อดิน	เปลี่ยนบ่อ ยืมดิน	ปรับปรุง ดินกระจายตัว
ค่าขุดดิน	16.93	-	16.93	16.93
ค่าตักดิน	7.56	-	7.56	7.56
ค่าขนส่ง	-	23.32	23.32	-
ค่าผสม	17.45	-	-	17.45
ค่าซื้อดิน	-	180.00	-	-
ปูนขาว/สารล้้ม	-	-	-	234.00
รวม	41.94	203.32	47.81	275.94

ตาราง 11 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 9 กม.

ต้นทุนวัสดุก่อสร้าง				
กิจกรรม	ปรับปรุง คุณภาพดิน	จัดซื้อดิน	เปลี่ยนบ่อ ยืมดิน	ปรับปรุง ดินกระจายตัว
ค่าขุดดิน	16.93	-	16.93	16.93
ค่าตักดิน	7.56	-	7.56	7.56
ค่าขนส่ง	-	26.11	26.11	-
ค่าผสม	17.45	-	-	17.45
ค่าซื้อดิน	-	180.00	-	-
ปูนขาว/สารล้้ม	-	-	-	234.00
รวม	41.94	206.11	50.6	275.94

ตาราง 12 แสดงเปรียบเทียบต้นทุนวัสดุก่อสร้างที่ระยะทางขนส่ง 10 กม.

ต้นทุนวัสดุก่อสร้าง				
กิจกรรม	ปรับปรุง คุณภาพดิน	จัดซื้อดิน	เปลี่ยนบ่อ ยืมดิน	ปรับปรุง ดินกระจายตัว
ค่าขุดดิน	16.93	-	16.93	16.93
ค่าตักดิน	7.56	-	7.56	7.56
ค่าขนส่ง	-	28.90	28.90	-
ค่าผสม	17.45	-	-	17.45
ค่าซื้อดิน	-	180.00	-	-
ปูนขาว/สารล้้ม	-	-	-	234.00
รวม	41.94	208.9	53.39	275.94

บทที่ 5

บทสรุป

การศึกษาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อลดต้นทุนในงานชลประทาน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้วัสดุหลักที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างลักษณะต่าง ๆ มีต้นทุนต่ำ และสามารถใช้วัสดุดิบในพื้นที่ก่อสร้างมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยผลการศึกษาได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองปรับปรุงคุณภาพดินในห้องทดลองที่อัตราส่วน 50%-50% ของน้ำหนักดินแห้งได้ผลการทดลอง คือ ดินกลุ่มจำพวกที่มีความเหนียวต่ำ (GW GP SW SP) เมื่อนำมาผสมกับดินที่มีความเหนียวและมีเม็ดละเอียดสูง (ML MH CH) ดินที่ได้จะมีคุณภาพที่ดีขึ้นสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างชลประทานในลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อไปได้

อภิปรายผลการวิจัย

การปรับ คุณภาพดินจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกับการเปลี่ยนบ่อถมดินใหม่ที่มีแหล่งดินใกล้กับสถานที่ก่อสร้างในระยะขนส่ง 5 กิโลเมตร และหากมีการขนส่งดินที่ระยะทางมากกว่า 5 กิโลเมตร การปรับปรุงคุณภาพดินที่ไม่มีการขนส่งเลย จะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า การวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงคุณภาพ และการเลือกวัสดุนำไปใช้ในงานก่อสร้างที่มีสภาวะแวดล้อมและความจำเป็นต่อการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้อัตราส่วนในการทดลองผสมดินที่ 50%-50% ของน้ำหนักดินแห้ง เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่จะเกิดข้อผิดพลาดจากการใช้งานก่อสร้างจริงน้อยที่สุด และทำงานได้ง่าย และได้ผลการทดลองตามที่ได้สรุปไปแล้วนั้น แต่หากมีการใช้อัตราส่วนการผสมดินที่แตกต่างกันออกไป อาจทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จำแนกดินจากปรับปรุงแล้วมีผลแตกต่างกันออกไป และสามารถนำไปต่อยอดเป็นงานวิจัยที่ต่อจากนี้ได้





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมชลประทานสำนักวิจัยและการพัฒนากลุ่มงานดินด้านวิทยาศาสตร์ (2552). การทำ LIME

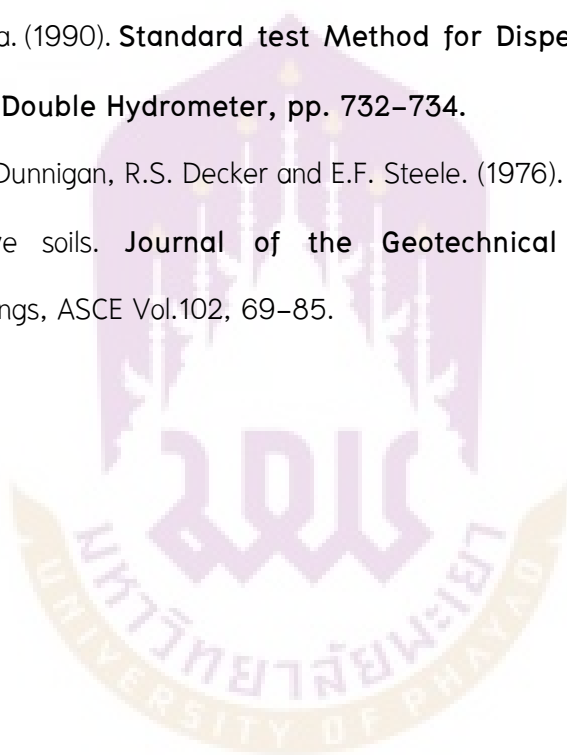
Treatment และ Alum treatment สำหรับปัญหาดินกระจายตัว

มาตรฐาน ASTM. (2550). มาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อนุภาคขนาดของดิน

มาตรฐาน ASTM. (2553). มาตรฐานสำหรับการจำกัด สภาพคล่องวงเงินพลาสติกและดัชนี
ปั้นของดิน

ASTM D4221-83a. (1990). Standard test Method for Dispersive characteristics of
clay by Double Hydrometer, pp. 732-734.

Sherard, J.L, L.P. Dunnigan, R.S. Decker and E.F. Steele. (1976). Pinhole Test for Identifying
Dispersive soils. **Journal of the Geotechnical Engineering Division,**
Proceedings, ASCE Vol.102, 69-85.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ดินด้วยตะแกรง

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



CH 50% - GP 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				25.5	88.0	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	474.5	386.5	
% of total passing		100.0	100.0	94.9	77.3	

SIEVE ANALYSIS

นน.ดินถม 500 ก. สังก้าน # 200 แล้วอบเหลือ		Remark
นน. 401.6 ก.		ข้างสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 258.6 กรัม มากกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว
นน. 500.0 ก.		
ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ		
นน. 403.1 ก.		
ก้าง Pan 1.5 ก.		

Tested by 0 F = w%/w 0

Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	258.6	145.1	241.4	X	48.3	4.75
# 8	304.1	45.5	195.9		39.2	2.36
# 16	329.8	25.7	170.2		34.0	1.18
# 30	345.3	15.5	154.7		30.9	0.60
# 50	378.8	33.5	121.2		24.2	0.30
# 100	402.1	23.3	97.9		19.6	0.15
# 200	403.1	1.0	96.9		19.4	0.075
Pan	-	96.9				

Computed by

Date

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



CH 504 - GW 504

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				24.0	156.5	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	476.0	319.5	
% of total passing		100.0	100.0	95.2	63.9	

SIEVE ANALYSIS

นน.ดินกม 500 ก. ส้างผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ			Remark
นน.	402.5	ก.	ค้ำงสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 261.5 กรัม มากกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว
นน.	500.0	ก.	
ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ			
นน.	404.8	ก.	
ค้ำง Pan	2.3	ก.	

Tested by 0 F = w%/w 0

Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	261.5	81.0	238.5	X	47.7	4.75
# 8	306.5	45.0	193.5		38.7	2.36
# 16	339.7	33.2	160.3		32.1	1.18
# 30	366.4	26.7	133.6		26.7	0.60
# 50	389.8	23.4	110.2		22.0	0.30
# 100	403.4	13.6	96.6		19.3	0.15
# 200	404.8	1.4	95.2		19.0	0.075
Pan	-	95.2				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



CH 504 - RP 504

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				2.6	5.1	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	497.4	492.3	
% of total passing		100.0	100.0	99.5	98.5	

SIEVE ANALYSIS

นน.ดินกม 500 ก. ส้างผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ			Remark
นน.	369.2	ก.	ข้างสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 142.9 กรัม น้อยกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว
นน.	500.0	ก.	
ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ			
นน.	375.5	ก.	
ถ้าง Pan	6.3	ก.	

Tested by 0 F = w%/w 0

Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	142.9	135.2	357.1	X	71.4	4.75
# 8	201.3	58.4	298.7		59.7	2.36
# 16	222.8	21.5	277.2		55.4	1.18
# 30	260.1	37.3	239.9		48.0	0.60
# 50	315.1	55.0	184.9		37.0	0.30
# 100	364.0	48.9	136.0		27.2	0.15
# 200	375.5	11.5	124.5		24.9	0.075
Pan	-	124.5				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



CH 50% - 3W 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				4.5	10.2	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	495.5	485.3	
% of total passing		100.0	100.0	99.1	97.1	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก.ล้างผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ นน. 363.3 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ ↓ นน. 369.6 ก. ฟ้า้ง Pan 6.3 ก.			Remark			
			ค้างสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 160.2 กรัม น้อยกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0		F = w%/tw		0
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	160.2	145.5	339.8	X	68.0	4.75
# 8	228.6	68.4	271.4		54.3	2.36
# 16	286.8	58.2	213.2		42.6	1.18
# 30	326.3	39.5	173.7		34.7	0.60
# 50	349.0	22.7	151.0		30.2	0.30
# 100	360.1	11.1	139.9		28.0	0.15
# 200	369.6	9.5	130.4		26.1	0.075
Pan	-	130.4				
			Computed by			Date

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



MH 50% - GP 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				19.8	77.6	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	480.2	402.6	
% of total passing		100.0	100.0	96.0	80.5	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก. สังกผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ นน. 414.4 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ ↓ นน. 415.1 ก. ฝ้า้ง Pan 0.7 ก.			Remark ฝ้า้งสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 286.9 กรัม มากกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0	F = w%/tw		0	
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	286.9	189.5	213.1	X	42.6	4.75
# 8	326.6	39.7	173.4		34.7	2.36
# 16	365.2	38.6	134.8		27.0	1.18
# 30	383.0	17.8	117.0		23.4	0.60
# 50	402.7	19.7	97.3		19.5	0.30
# 100	413.6	10.9	86.4		17.3	0.15
# 200	415.1	1.5	84.9		17.0	0.075
Pan	-	84.9				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



MH 50% - GW 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				19.2	143.2	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	480.8	337.6	
% of total passing		100.0	100.0	96.2	67.5	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก. สังกผ่าน # 200 แล้วยอบเหลือ นน. 425.6 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วยอบเหลือ นน. 426.8 ก. ถัง Pan 1.2 ก.			Remark ค้างสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 291.9 กรัม มากกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0	F = w%/tw		0	
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	291.9	129.5	208.1	X	41.6	4.75
# 8	334.2	42.3	165.8		33.2	2.36
# 16	372.4	38.2	127.6		25.5	1.18
# 30	399.8	27.4	100.2		20.0	0.60
# 50	419.5	19.7	80.5		16.1	0.30
# 100	426.4	6.9	73.6		14.7	0.15
# 200	426.8	0.4	73.2		14.6	0.075
Pan	-	73.2				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



MH 50% - CP 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				3.3	4.5	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	496.7	492.2	
% of total passing		100.0	100.0	99.3	98.4	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก.ล้างผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ นน. 364.4 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ นน. 371.0 ก. ถัง Pan 6.6 ก.			Remark			
			ค้างสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 149.0 กรัม น้อยกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0		F = w%/tw		0
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	149.0	141.2	351.0	X	70.2	4.75
# 8	228.3	79.3	271.7		54.3	2.36
# 16	260.5	32.2	239.5		47.9	1.18
# 30	318.6	58.1	181.4		36.3	0.60
# 50	346.4	27.8	153.6		30.7	0.30
# 100	361.6	15.2	138.4		27.7	0.15
# 200	371.0	9.4	129.0		25.8	0.075
Pan	-	129.0				
			Computed by	Date		

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



MH 50% - SW 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				6.1	11.4	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	493.9	482.5	
% of total passing		100.0	100.0	98.8	96.5	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก.ล้างผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ นน. 369.7 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ ↓ นน. 375.2 ก. ฟ้า้ง Pan 5.5 ก.			Remark ฟ้า้งตะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 157.6 กรัม น้อยกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0	F = w%/tw		0	
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	157.6	140.1	342.4	X	68.5	4.75
# 8	228.8	71.2	271.2		54.2	2.36
# 16	287.0	58.2	213.0		42.6	1.18
# 30	318.5	31.5	181.5		36.3	0.60
# 50	346.6	28.1	153.4		30.7	0.30
# 100	365.8	19.2	134.2		26.8	0.15
# 200	375.2	9.4	124.8		25.0	0.075
Pan	-	124.8				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



ML 50% - GP 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				18.1	69.2	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	481.9	412.7	
% of total passing		100.0	100.0	96.4	82.5	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก. สังกผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ นน. 389.5 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ ↓ นน. 389.7 ก. ค้าง Pan 0.2 ก.			Remark ค้างตะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 259.1 กรัม มากกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0	F = w%/tw		0	
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	259.1	171.8	240.9	X	48.2	4.75
# 8	301.2	42.1	198.8		39.8	2.36
# 16	340.1	38.9	159.9		32.0	1.18
# 30	356.5	16.4	143.5		28.7	0.60
# 50	375.4	18.9	124.6		24.9	0.30
# 100	387.8	12.4	112.2		22.4	0.15
# 200	389.7	1.9	110.3		22.1	0.075
Pan	-	110.3				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



ML 50% - GW 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				18.8	135.1	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	481.2	346.1	
% of total passing		100.0	100.0	96.2	69.2	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก. สังกผ่าน # 200 แล้วยอบเหลือ นน. 405.2 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วยอบเหลือ ↓ นน. 406.3 ก. ค้าง Pan 1.1 ก.			Remark ค้างตะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 269.2 กรัม มากกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0	F = w%/tw		0	
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	269.2	115.3	230.8	X	46.2	4.75
# 8	322.9	53.7	177.1		35.4	2.36
# 16	355.3	32.4	144.7		28.9	1.18
# 30	376.5	21.2	123.5		24.7	0.60
# 50	396.8	20.3	103.2		20.6	0.30
# 100	404.5	7.7	95.5		19.1	0.15
# 200	406.3	1.8	93.7		18.7	0.075
Pan	-	93.7				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



ML 50% - 3P 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				5.9	7.8	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	494.1	486.3	
% of total passing		100.0	100.0	98.8	97.3	

SIEVE ANALYSIS

นน.ดินถม 500 ก. สังกผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ		Remark
นน.	369.1 ก.	ค้ำงสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 165.0 กรัม น้อยกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว
นน.	500.0 ก.	
ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ		
นน.	373.8 ก.	
ค้ำง Pan	4.7 ก.	

Tested by 0 F = w%/tw 0

Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	165.0	151.3	335.0	X	67.0	4.75
# 8	233.4	68.4	266.6		53.3	2.36
# 16	259.1	25.7	240.9		48.2	1.18
# 30	292.3	33.2	207.7		41.5	0.60
# 50	341.8	49.5	158.2		31.6	0.30
# 100	363.9	22.1	136.1		27.2	0.15
# 200	373.8	9.9	126.2		25.2	0.075
Pan	-	126.2				
Computed by			Date			

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



ML 50% - 3W 50%

GRADATION TEST

Size of screen	6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4
Wt. Of pan + retained						
Wt. Of pan						
Wet Wt. Retained				8.2	12.3	
Dry Wt. Retained		500.0	500.0	500.0	500.0	
Total dry Wt. Passing		500.0	500.0	491.8	479.5	
% of total passing		100.0	100.0	98.4	95.9	
SIEVE ANALYSIS						
นน.ดินถม 500 ก.ล้างผ่าน # 200 แล้วอบเหลือ นน. 369.8 ก. นน. 500.0 ก. ร่อนผ่านตะแกรงแล้วเหลือ ↓ นน. 375.5 ก. ค้าง Pan 5.7 ก.			Remark ค้างสะสมบนตะแกรงเบอร์ 4 เท่ากับ 153.3 กรัม น้อยกว่าครึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ ดินไม่กระจายตัว			
Tested by		0		F = w%/tw		0
Screen No.	Wt. Retained		Weight passing	xF =	% of total passing	Particle size D.m.m.
	Cum.	Ind.				
# 4	153.3	132.8	346.7	X	69.3	4.75
# 8	228.7	75.4	271.3		54.3	2.36
# 16	279.8	51.1	220.2		44.0	1.18
# 30	319.0	39.2	181.0		36.2	0.60
# 50	348.5	29.5	151.5		30.3	0.30
# 100	366.6	18.1	133.4		26.7	0.15
# 200	375.5	8.9	124.5		24.9	0.075
Pan	-	124.5				
			Computed by	Date		



ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข การทดสอบขีดจำกัดเหลว

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

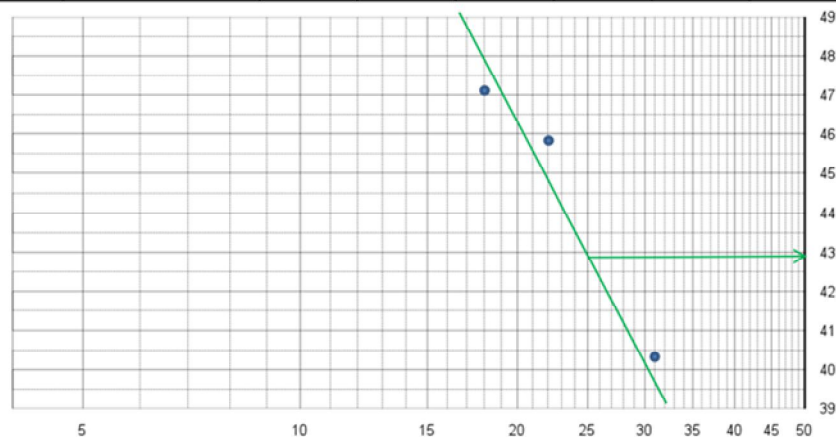


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./1 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____
CH 50% - GP 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
Trial No.		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	18	22	31
1	Wt. Can + Wet Soil	22.35	22.33	20.25	41.26	39.45	42.75
2	Wt. Can + Dry Soil	22.11	22.05	20.05	34.86	35.06	36.85
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.24	0.28	0.2	6.4	4.39	5.9
4	Wt. of Can	20.25	20.00	18.55	21.25	25.50	22.20
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.86	2.05	1.5	13.61	9.56	14.65
6	% Moisture (3/5 x 100)	12.90	13.66	13.33	47.02	45.92	40.27



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
42.90	13.30	29.60

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

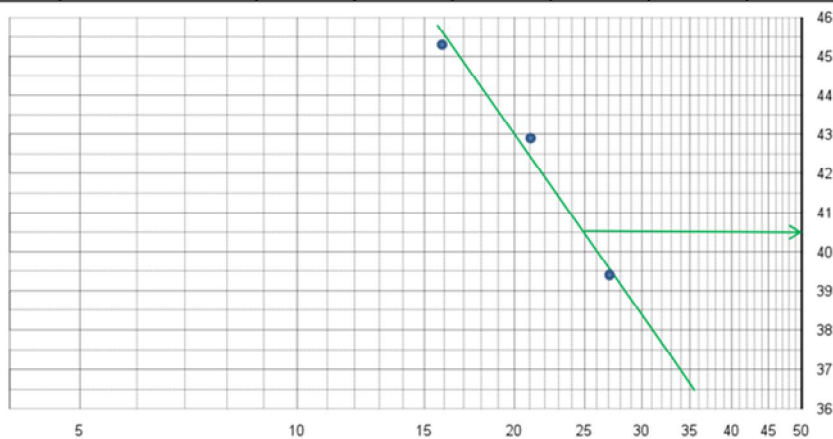


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายพนพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./2 Checked by นายพนพล ก้นทะธง Date _____
CH 50% - GW 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	17	21	27
1	Wt. Can + Wet Soil	22.25	22.45	20.15	41.22	39.55	41.75
2	Wt. Can + Dry Soil	22.03	22.18	19.98	36.01	35.36	36.72
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.22	0.27	0.17	5.21	4.19	5.03
4	Wt. of Can	20.45	19.95	18.55	24.49	25.56	23.96
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.58	2.23	1.43	11.52	9.8	12.76
6	% Moisture (3/5 x 100)	13.92	12.11	11.89	45.23	42.76	39.42



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
40.50	12.64	27.86

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

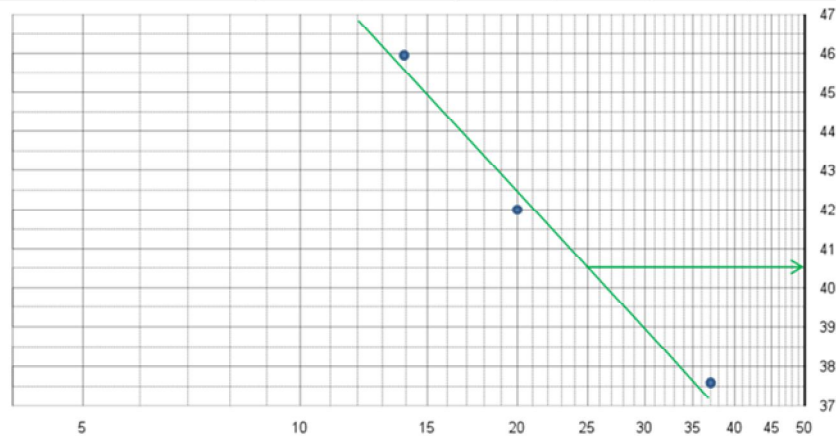


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./3 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
CH 50% - SP 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	14	20	37
1	Wt. Can + Wet Soil	22.65	21.53	20.35	44.26	42.45	42.77
2	Wt. Can + Dry Soil	22.41	21.38	20.27	36.99	36.55	37.15
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.24	0.15	0.08	7.27	5.9	5.62
4	Wt. of Can	20.05	20.00	19.5	21.15	22.50	22.22
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	2.36	1.38	0.77	15.84	14.05	14.93
6	% Moisture (3/5 x 100)	10.17	10.87	10.39	45.90	41.99	37.64



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
40.50	10.48	30.02

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

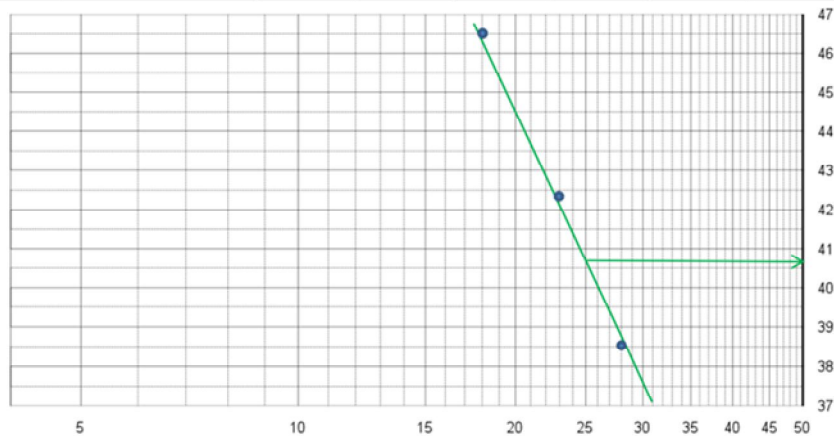


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./4 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
CH 50% - SW 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	18	23	28
1	Wt. Can + Wet Soil	22.35	21.45	20.36	39.22	40.15	41.46
2	Wt. Can + Dry Soil	21.89	21.29	20.18	32.56	33.55	35.1
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.46	0.16	0.18	6.66	6.6	6.36
4	Wt. of Can	17.85	19.92	18.5	18.25	17.95	18.55
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	4.04	1.37	1.68	14.31	15.6	16.55
6	% Moisture ($3/5 \times 100$)	11.39	11.68	10.71	46.54	42.31	38.43



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
40.70	11.26	29.44

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

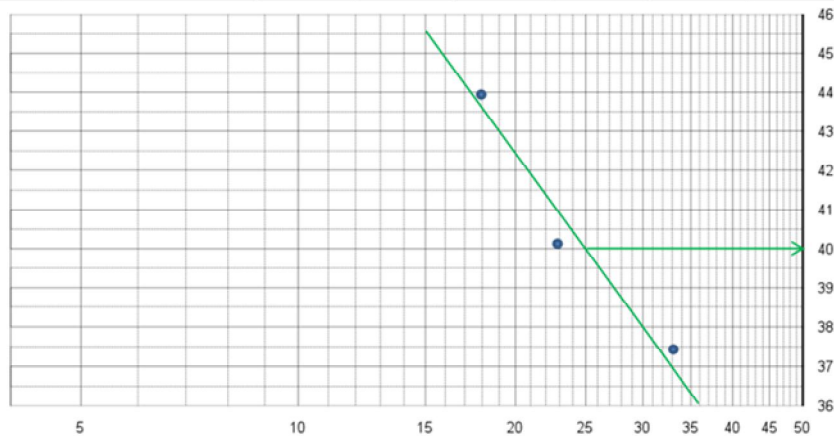


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./5 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
MH 50% - GP 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	17	23	33
1	Wt. Can + Wet Soil	22.15	22.35	20.45	42.33	40.45	41.25
2	Wt. Can + Dry Soil	21.81	22.01	20.15	35.88	36.16	36.05
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.34	0.34	0.30	6.45	4.29	5.20
4	Wt. of Can	20.00	20.15	18.50	21.20	25.50	22.15
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.81	1.86	1.65	14.68	10.66	13.9
6	% Moisture (3/5 x 100)	18.78	18.28	18.18	43.94	40.24	37.41



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
40.00	18.42	21.58

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

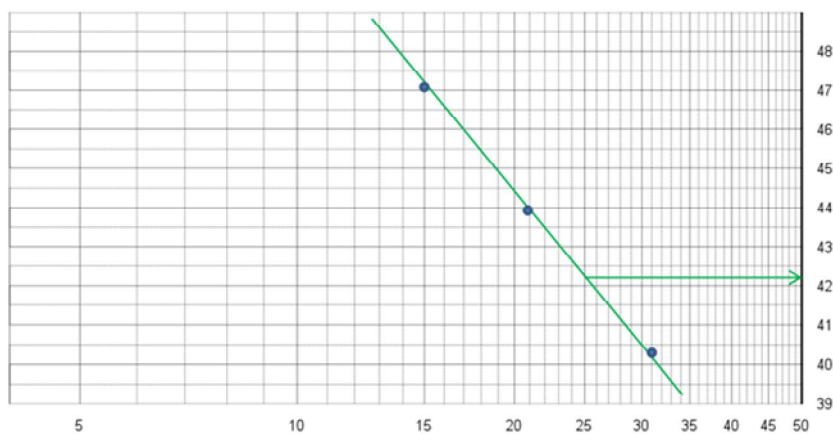


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./6 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
MH 50% - GW 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	15	21	31
1	Wt. Can + Wet Soil	22.32	24.11	19.89	45.22	44.51	43.22
2	Wt. Can + Dry Soil	22.03	23.51	19.83	37.55	36.87	36.57
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.29	0.60	0.06	7.67	7.64	6.65
4	Wt. of Can	20.25	20.15	19.50	21.25	19.50	20.10
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.78	3.36	0.33	16.3	17.37	16.47
6	% Moisture ($3/5 \times 100$)	16.29	17.86	18.18	47.06	43.98	40.38



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
42.20	17.44	24.76

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

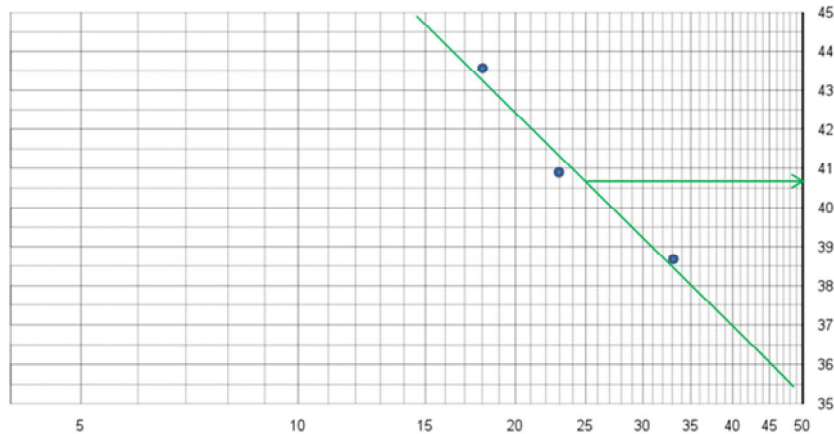


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./7 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
MH 50% · SP 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	18	23	33
1	Wt. Can + Wet Soil	22.35	21.83	20.60	44.46	43.15	43.71
2	Wt. Can + Dry Soil	22.04	21.49	20.39	37.49	37.15	37.75
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.31	0.34	0.21	6.97	6	5.96
4	Wt. of Can	20.25	19.50	19.22	21.50	22.50	22.30
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.79	1.99	1.17	15.99	14.65	15.45
6	% Moisture (3/5 x 100)	17.32	17.09	17.95	43.59	40.96	38.58



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
40.60	17.45	23.15

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

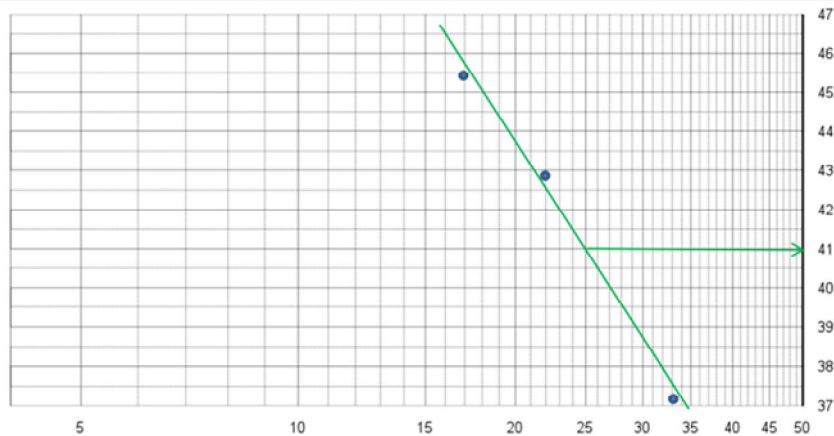


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./8 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
MH 50% - SW 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	16	22	33
1	Wt. Can + Wet Soil	22.15	21.78	19.88	40.11	39.85	42.14
2	Wt. Can + Dry Soil	21.82	21.48	19.65	33.36	33.75	36.15
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.33	0.30	0.23	6.75	6.1	5.99
4	Wt. of Can	20.15	19.95	18.55	18.50	19.50	20.02
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.67	1.53	1.1	14.86	14.25	16.13
6	% Moisture (3/5 x 100)	19.76	19.61	20.91	45.42	42.81	37.14



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
41.00	20.09	20.91

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

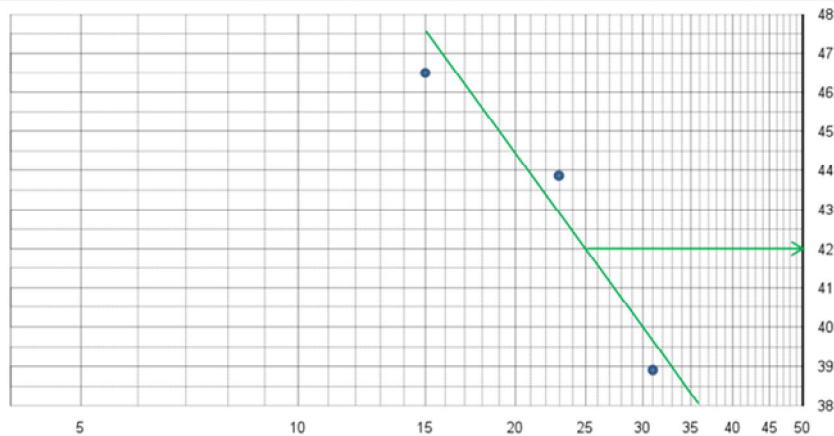


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./9 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
ML 50% - GP 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	15	23	31
1	Wt. Can + Wet Soil	22.25	22.45	21.45	42.53	40.15	41.15
2	Wt. Can + Dry Soil	21.78	21.92	20.99	36.08	34.16	35.55
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.47	0.53	0.46	6.45	5.99	5.60
4	Wt. of Can	20.23	20.15	19.50	22.20	20.50	21.15
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.55	1.77	1.49	13.88	13.66	14.4
6	% Moisture (3/5 x 100)	30.32	29.94	30.87	46.47	43.85	38.89



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
42.00	30.38	11.62

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

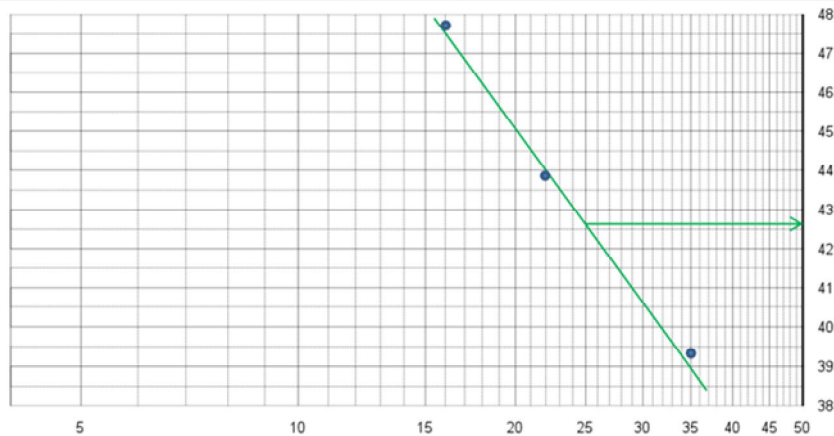


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./10 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
ML 50% - GW 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	16	22	35
1	Wt. Can + Wet Soil	22.45	22.41	22.47	44.23	42.15	43.05
2	Wt. Can + Dry Soil	21.88	21.91	21.54	36.48	35.56	36.85
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.57	0.50	0.93	7.75	6.59	6.20
4	Wt. of Can	20.15	20.33	18.50	20.25	20.50	21.05
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.73	1.58	3.04	16.23	15.06	15.8
6	% Moisture (3/5 x 100)	32.95	31.65	30.59	47.75	43.76	39.24



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
42.60	31.73	10.87

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

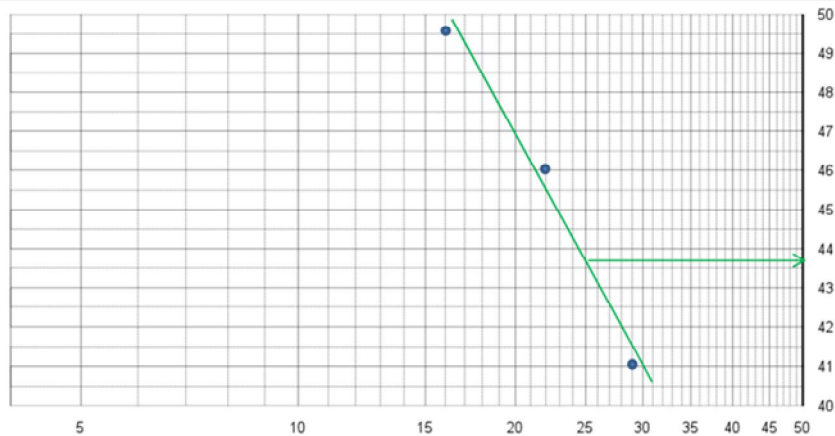


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./11 Checked by นายนพดล ก้นทะธง Date _____
ML 50% - SP 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	16	22	29
1	Wt. Can + Wet Soil	22.15	21.55	20.40	45.4	43.50	43.70
2	Wt. Can + Dry Soil	21.69	20.84	20.13	37.47	36.88	37.47
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.46	0.71	0.27	7.93	6.62	6.23
4	Wt. of Can	20.2	18.50	19.25	21.50	22.50	22.30
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.49	2.34	0.88	15.97	14.38	15.17
6	% Moisture (3/5 x 100)	30.87	30.34	30.68	49.66	46.04	41.07



Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
43.70	30.63	13.07

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department

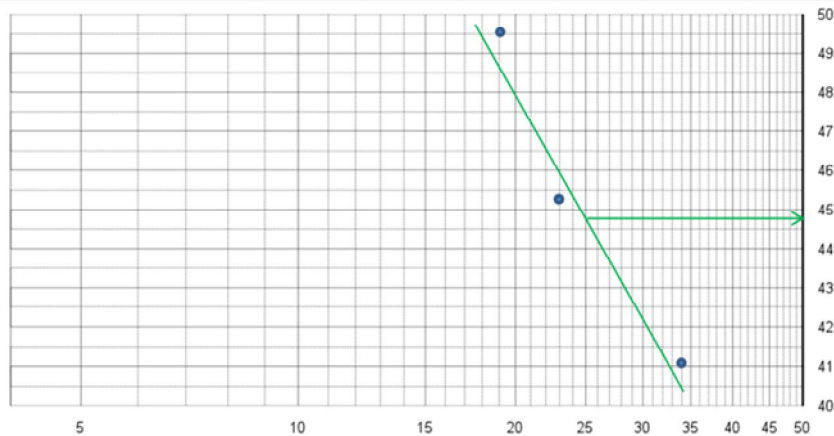


ATTERBERG LIMIT TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายพนพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./12 Checked by นายพนพล ก้นทะธง Date _____
ML 50% - SW 50%

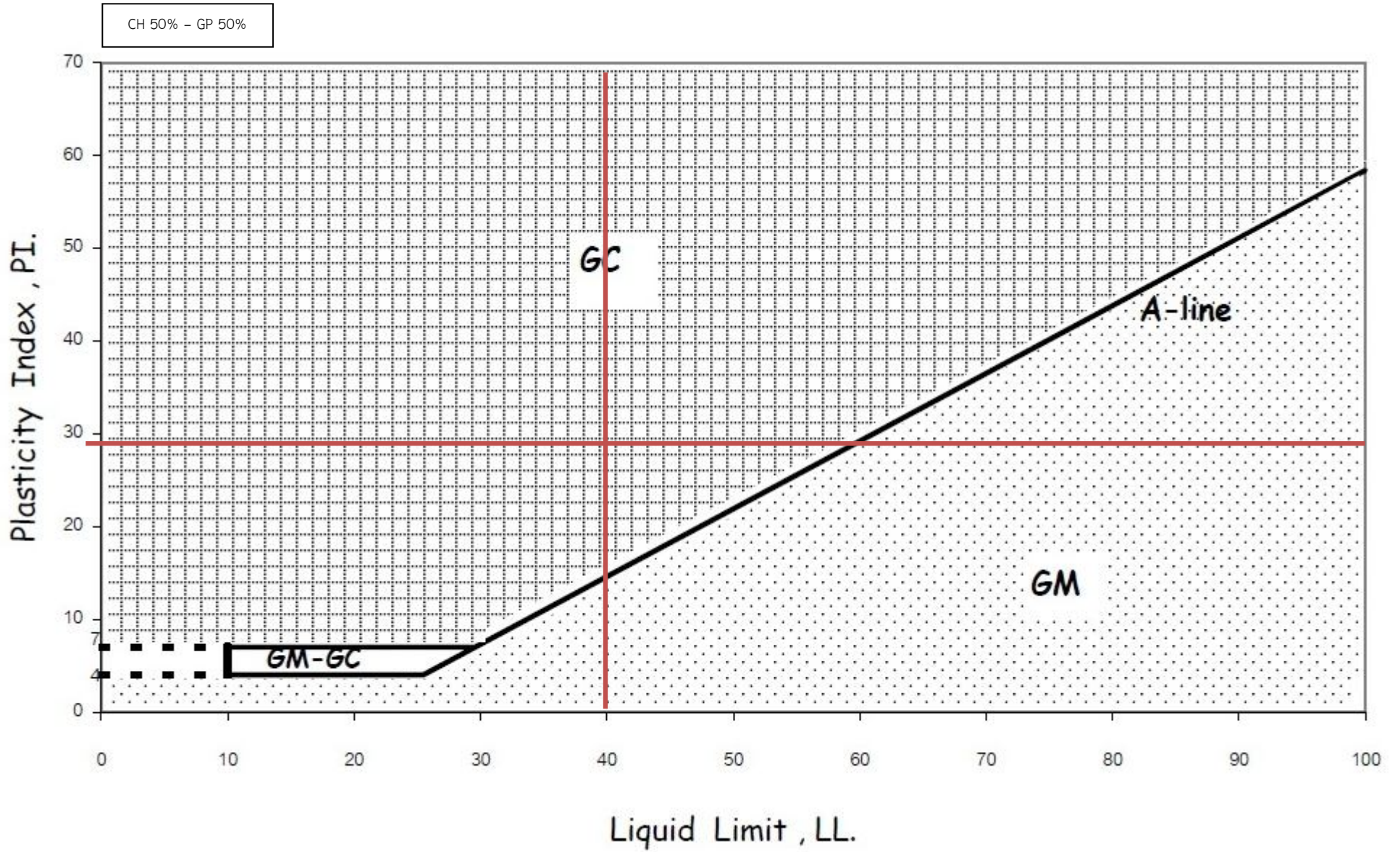
ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

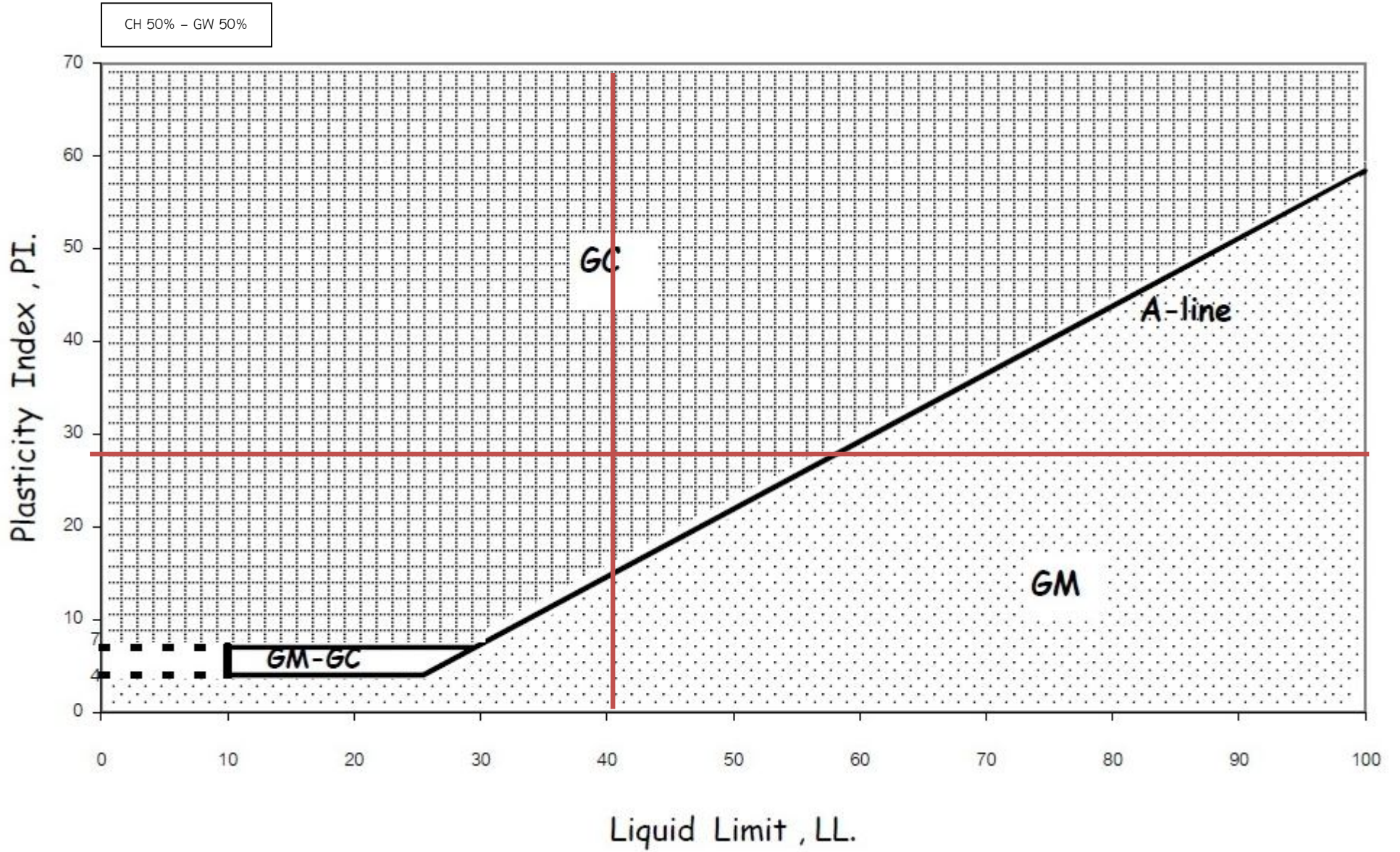
Trial No.		PLASTIC LIMIT			LIQUID LIMIT		
		1	2	3	4	5	6
	Can No.	1	2	3	4	5	6
	No. Of Blows	-	-	-	19	23	34
1	Wt. Can + Wet Soil	22.25	22.55	20.14	45.66	43.97	44.70
2	Wt. Can + Dry Soil	21.79	21.84	19.93	37.63	37.12	38.17
3	Wt. of Water (1 - 2)	0.46	0.71	0.21	8.03	6.85	6.53
4	Wt. of Can	20.28	19.50	19.25	21.45	22.00	22.30
5	Wt. of Dry Soil (2 - 4)	1.51	2.34	0.68	16.18	15.12	15.87
6	% Moisture (3/5 x 100)	30.46	30.34	30.88	49.63	45.30	41.15

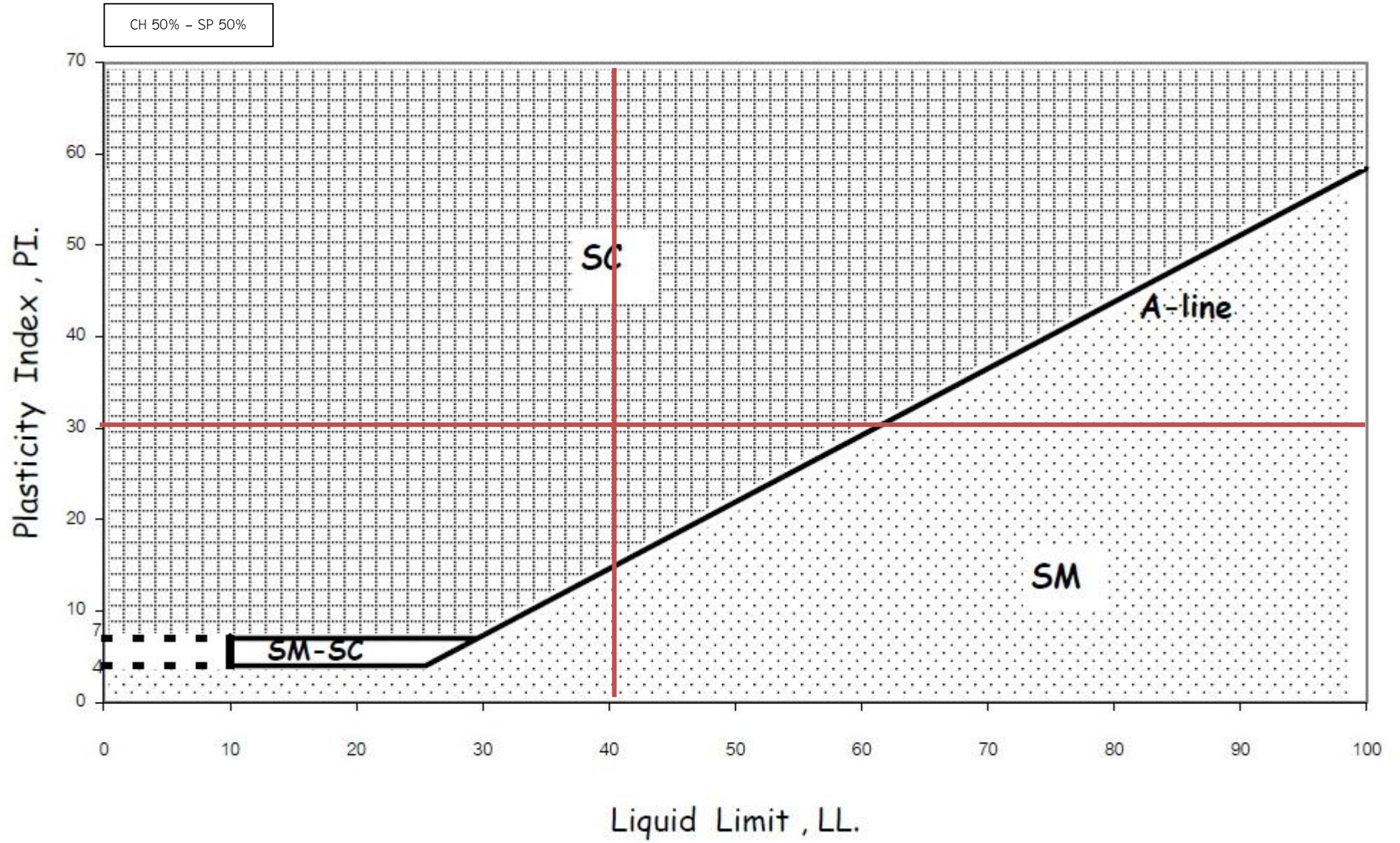


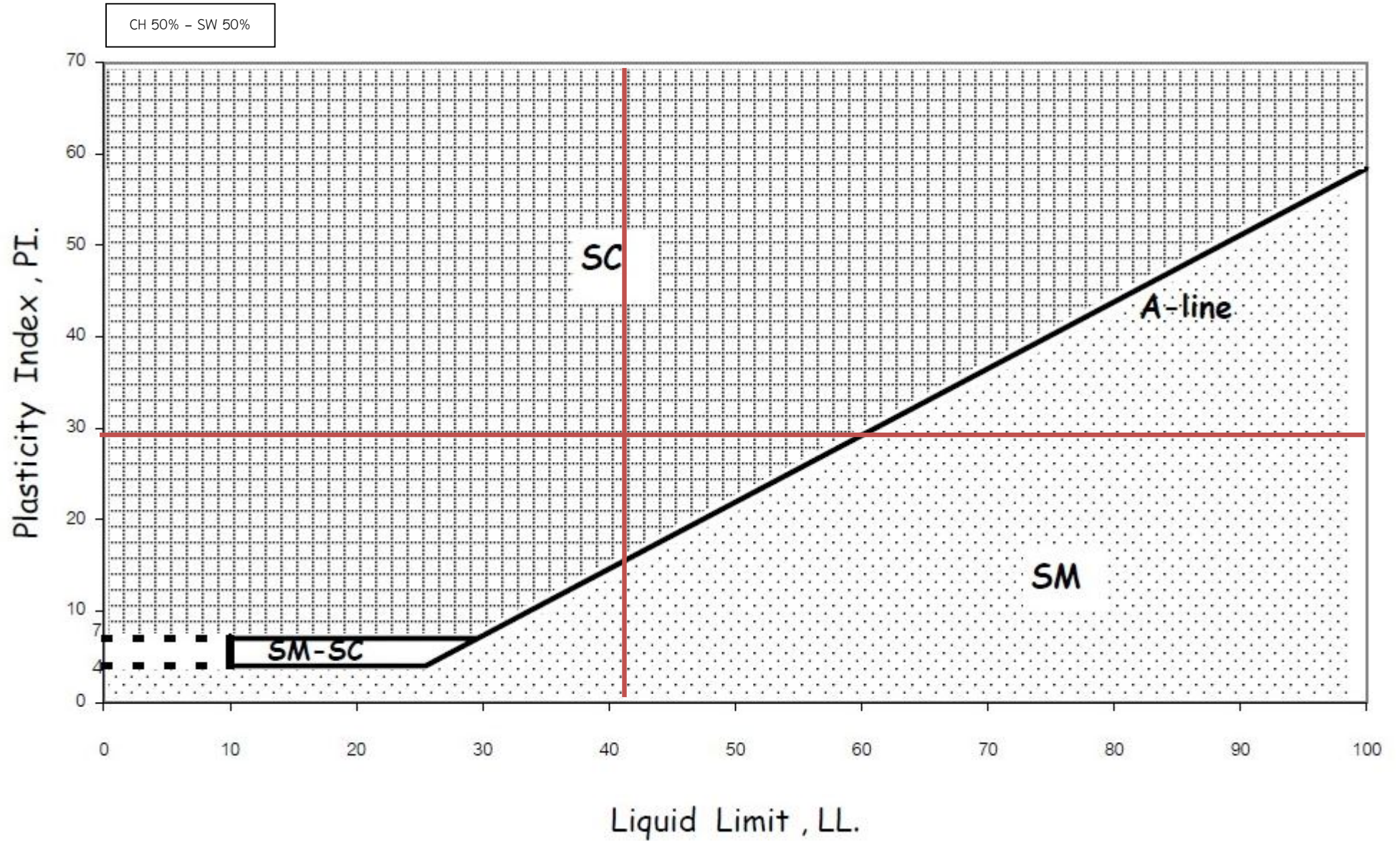
Liquid Limit (L.L.) %	Plastic Limit (P.L.) %	Plasticity Index (P.I.) %
44.75	30.56	14.19

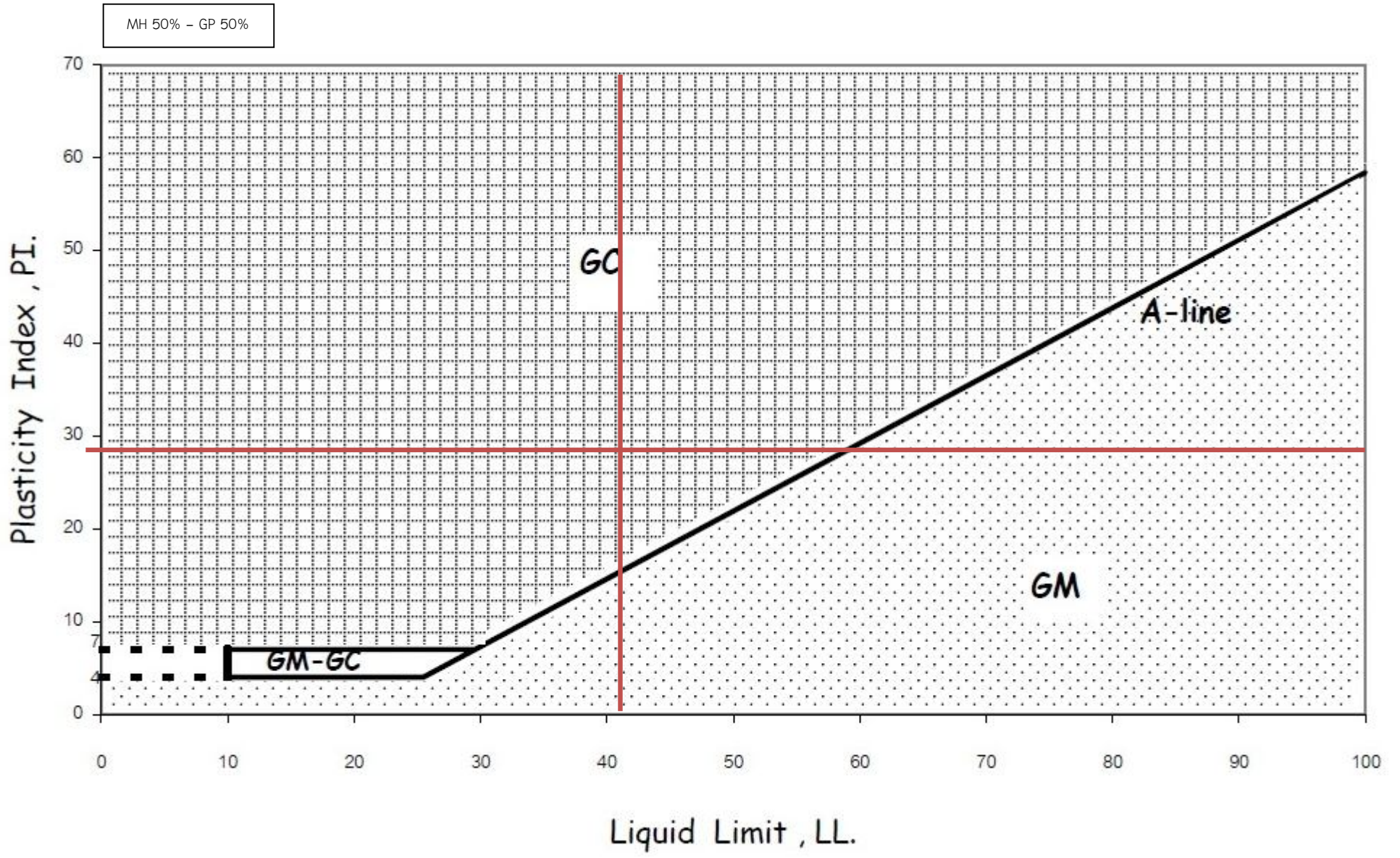


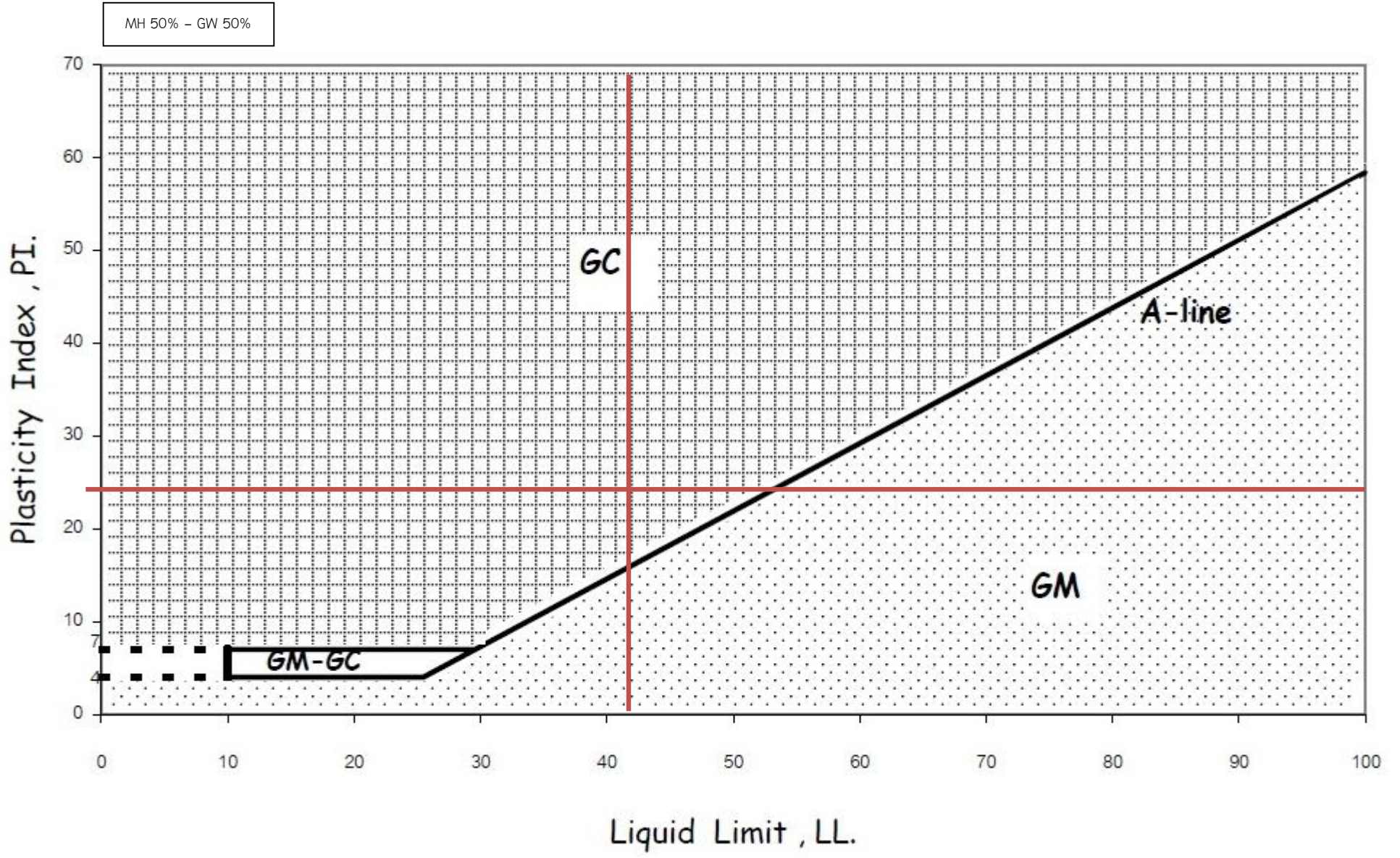


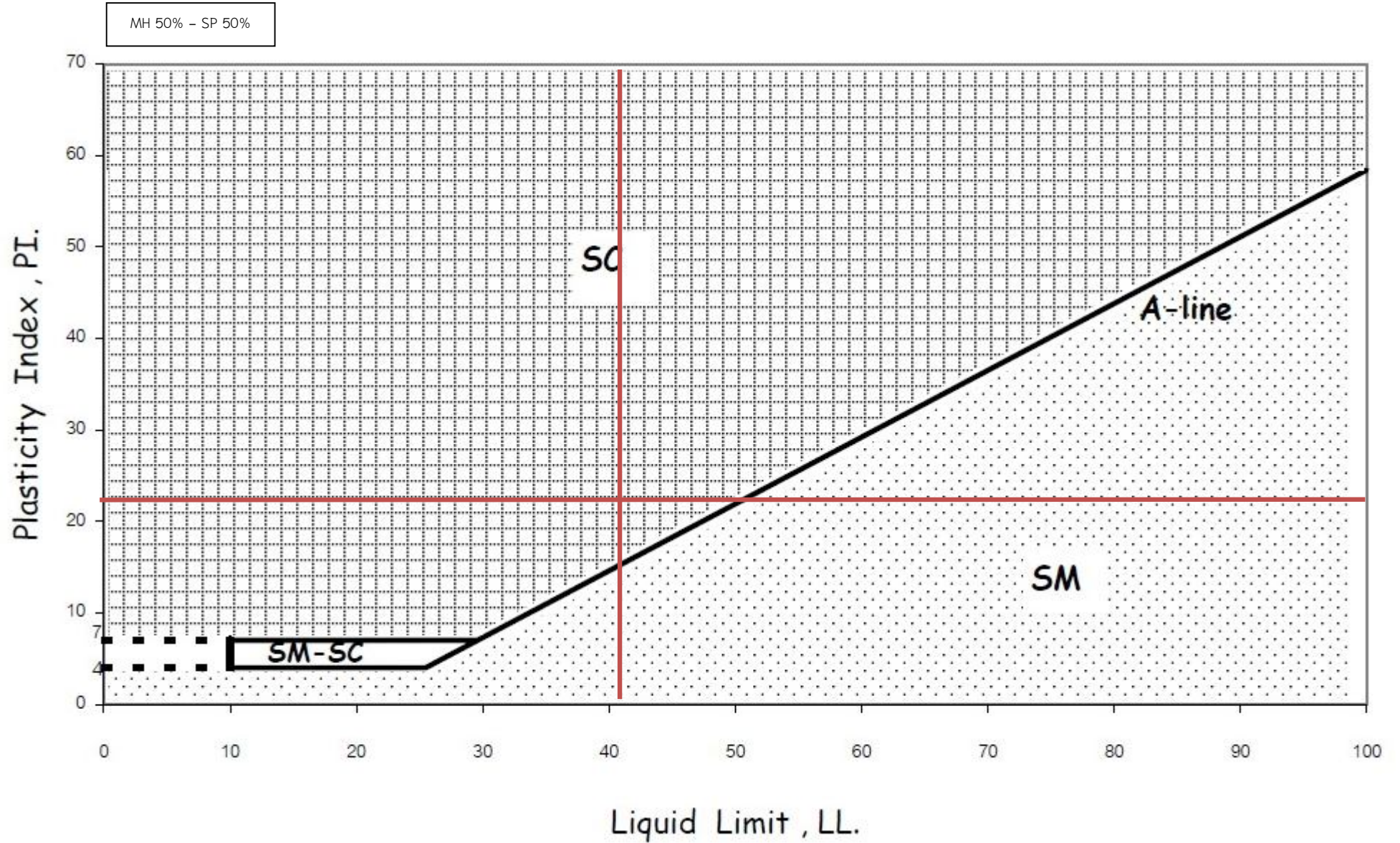


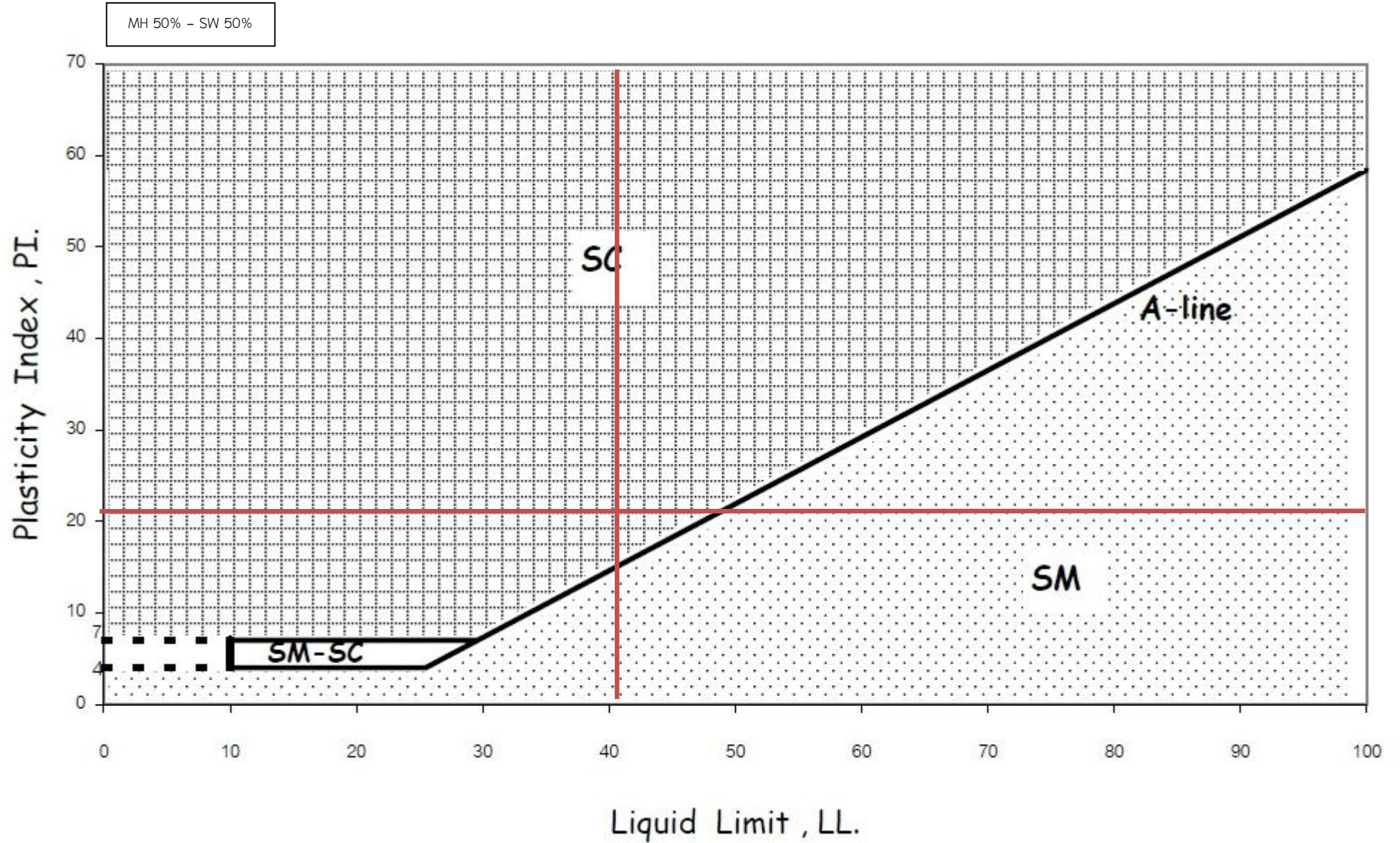


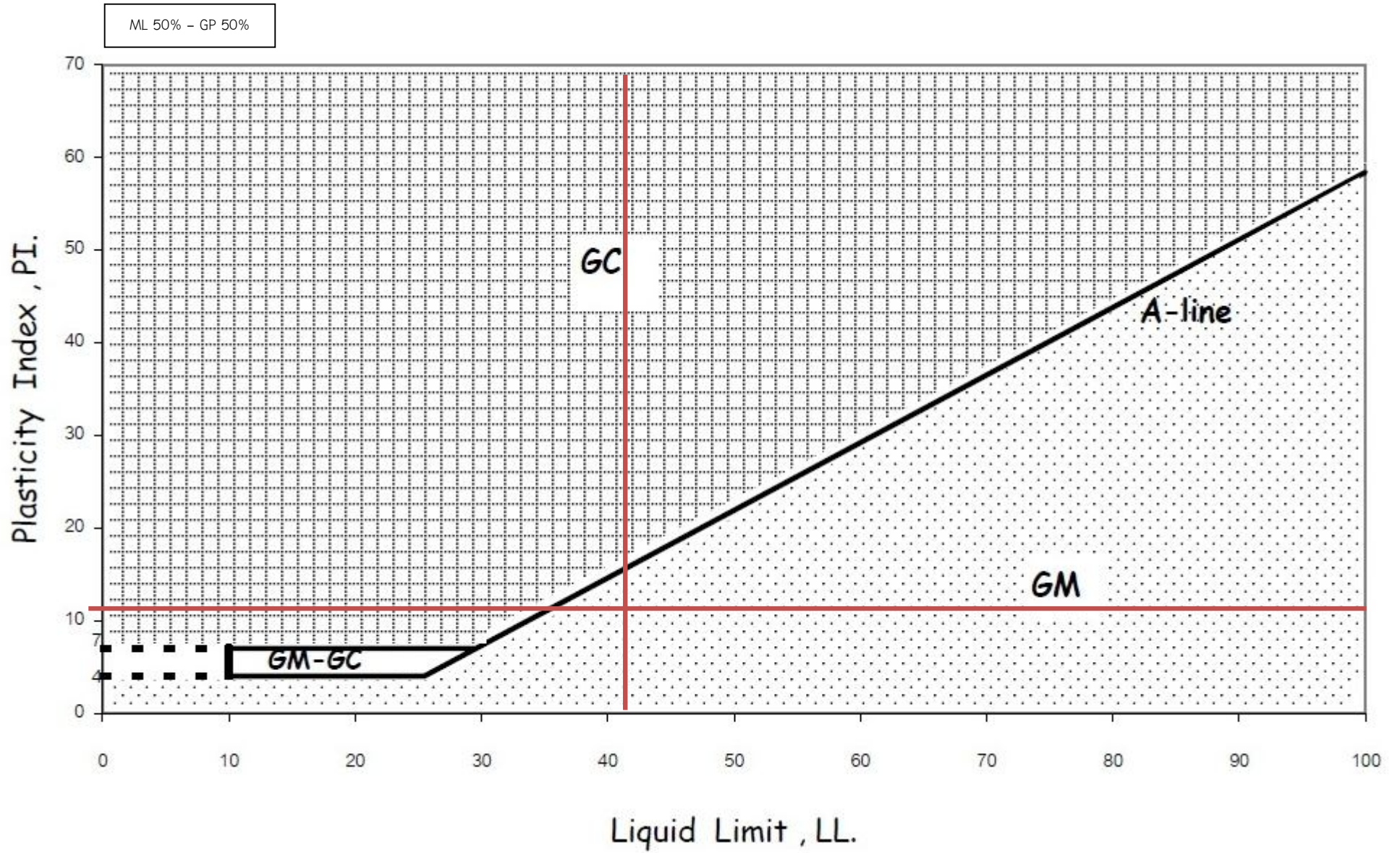


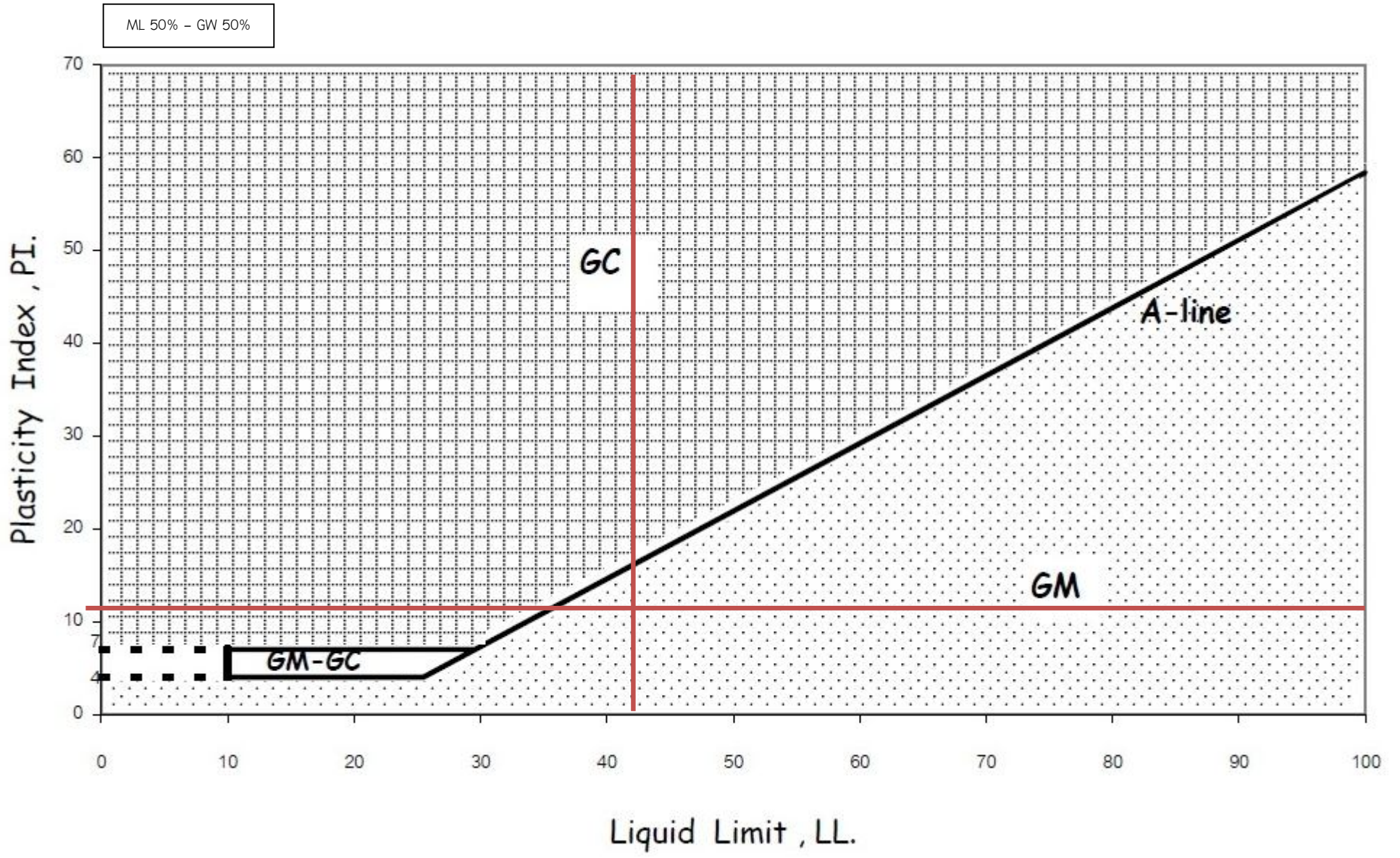


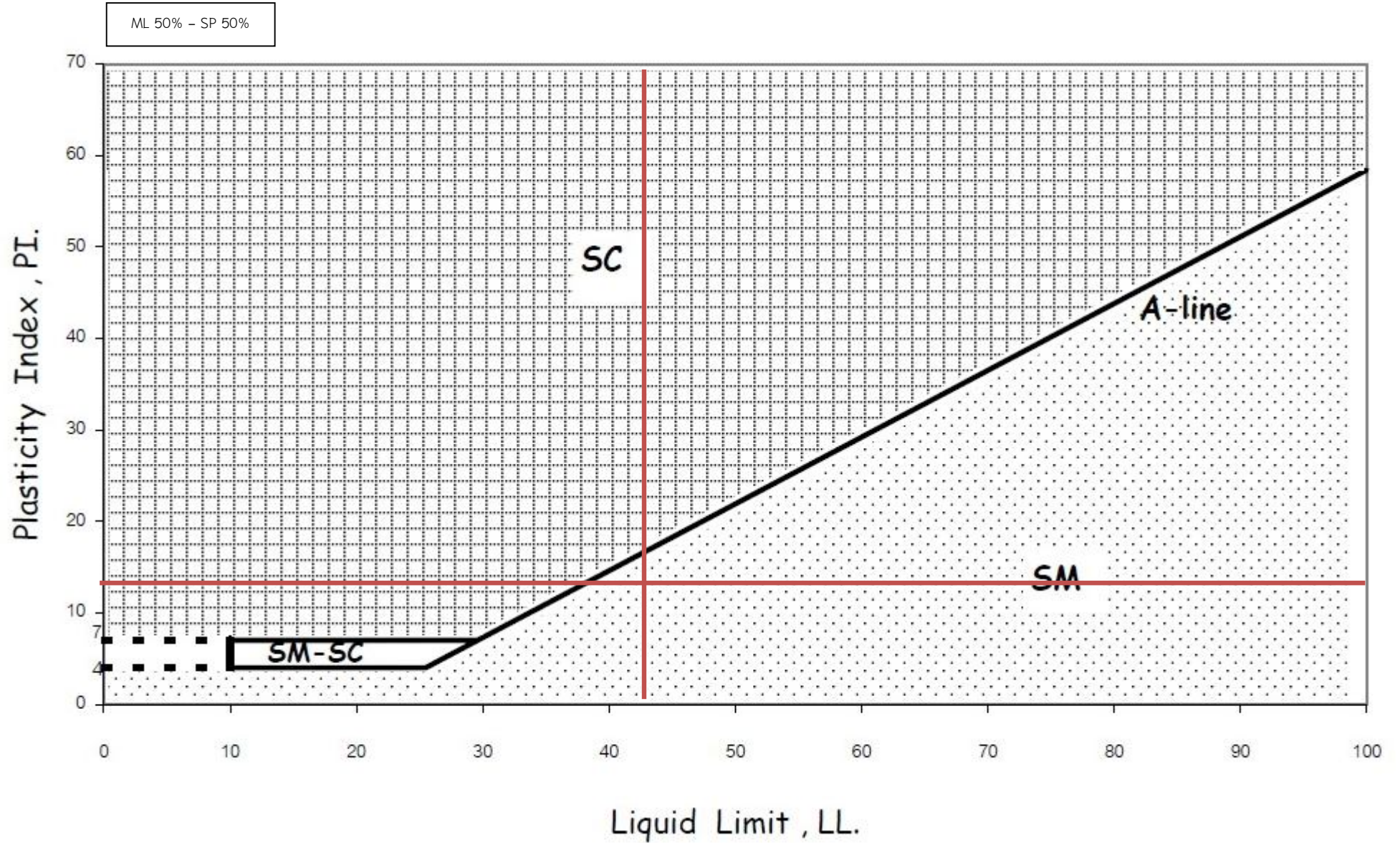


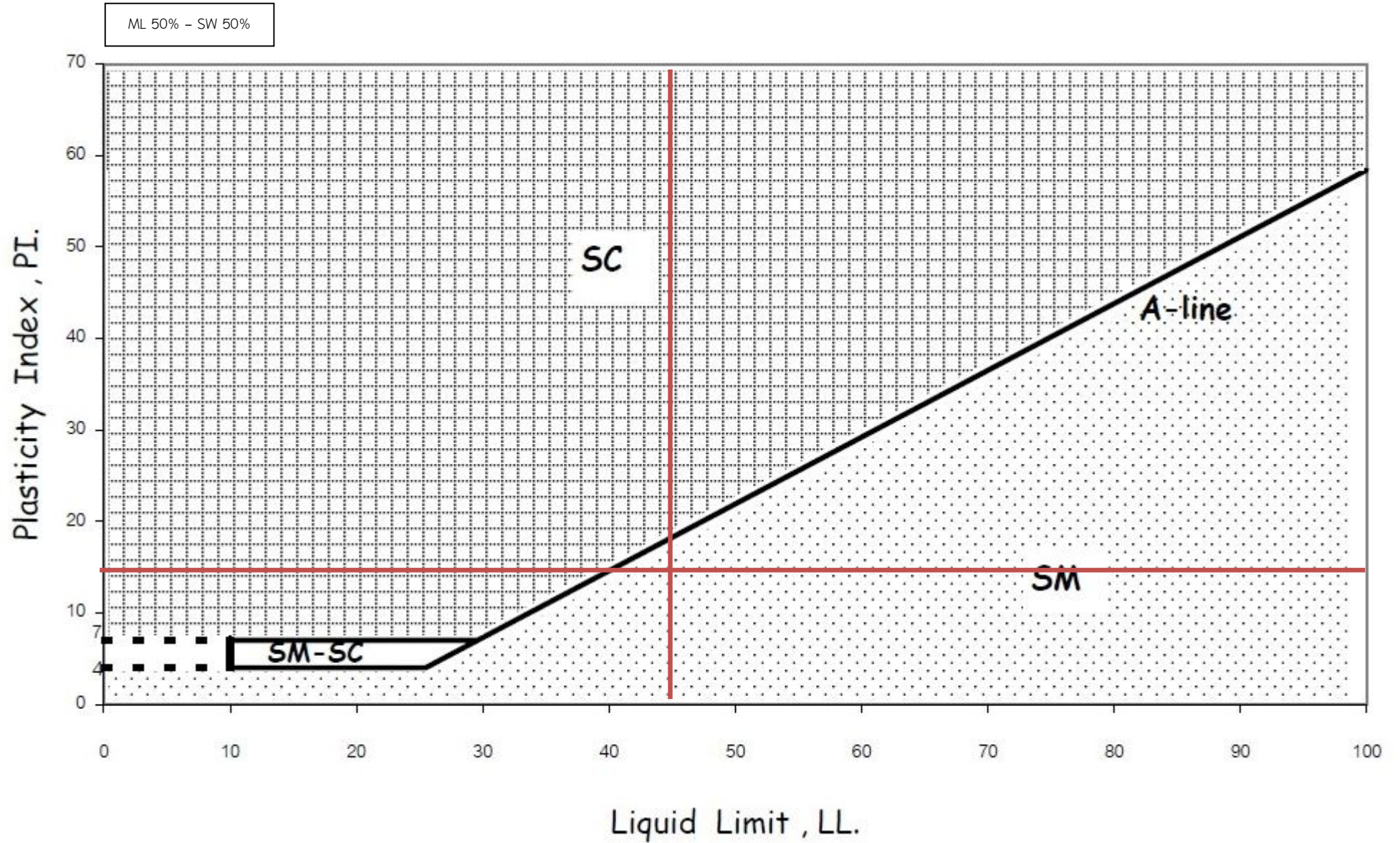














ภาคผนวก ง

ภาคผนวก ง การทดสอบบดอัดดิน

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพพล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./1 Checked by นายนพพล ก้นทะธง Date _____

CH 50% - GP 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

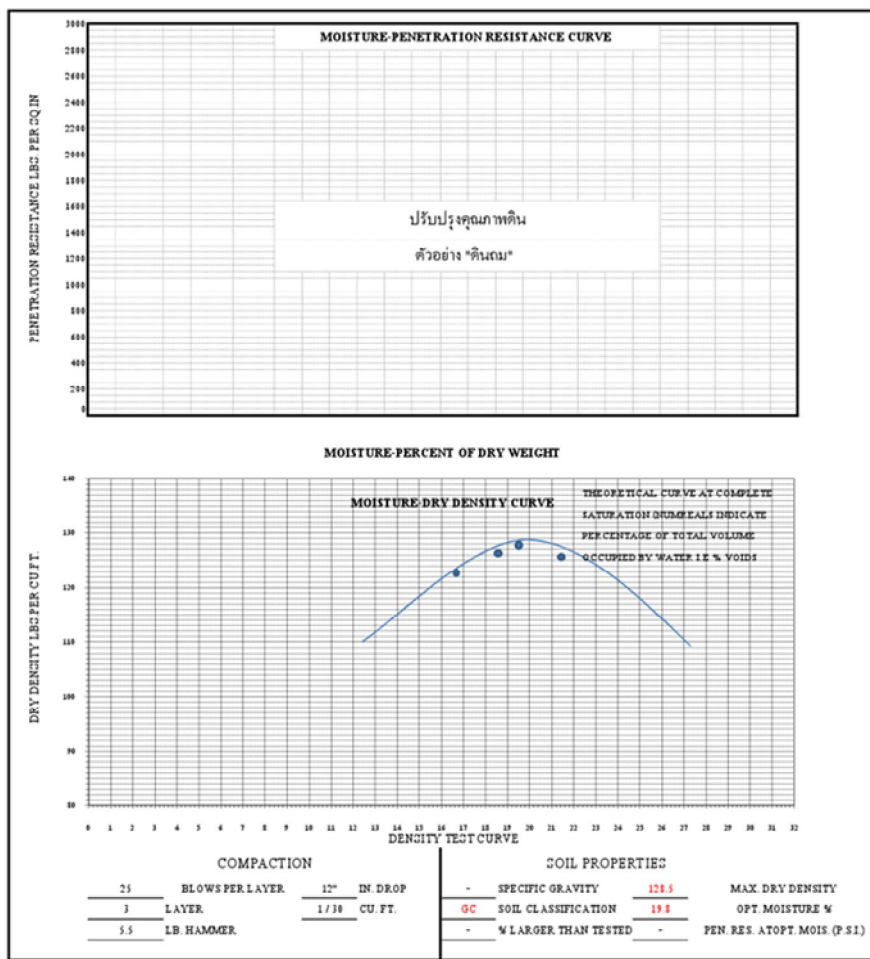
Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.85	9.03	9.16	9.18		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.80	4.98	5.11	5.13		
Wet Density pcf.	144.0	149.4	153.3	153.9		
Dry Density pcf.	123.4	126.5	128.1	126.8		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	81.05	78.35	81.36	85.61		
Wt. Can + Dry Soil gm.	72.22	69.86	71.20	74.25		
Wt. Can gm.	19.47	22.90	19.45	21.17		
Wt. Water gm.	8.83	8.49	10.16	11.36		
Wt. Dry Soil gm.	52.75	46.96	51.75	53.08		
Moisture Content %	16.74	18.08	19.63	21.40		
Material Size	-	Hammer Wt.		lb.	5.5	
Mold Size	4"	Hammer Fall		in.	12"	
No. of Layer	3	Compactive Effort		ft. - lb. / ft ³ .	1 / 30	

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



Drawn: นวรัตน์ กิ่งเพชร Checked: Date: Sheet 5 of 5

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายหนพล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./2 Checked by นายหนพล กันทะธง Date _____

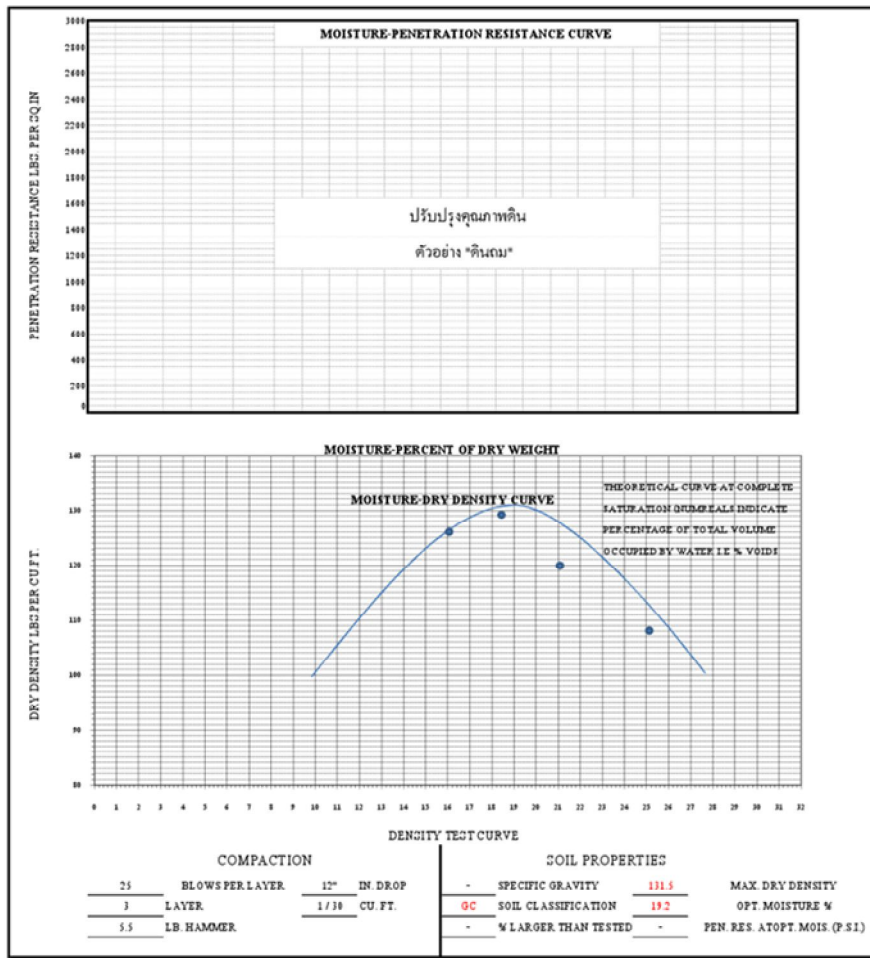
Determination No.	1	2	3	4	5	6
CH 50% - GW 50% ตัวอย่าง "ดินถม"						
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	9.06	9.21	9.08	9.02		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	5.01	5.16	5.03	4.97		
Wet Density pcf.	150.3	154.8	150.9	149.1		
Dry Density pcf.	128.7	131.2	124.0	119.1		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	83.05	78.30	82.36	95.61		
Wt. Can + Dry Soil gm.	73.92	69.86	71.20	80.65		
Wt. Can gm.	19.47	22.95	19.65	21.17		
Wt. Water gm.	9.13	8.44	11.16	14.96		
Wt. Dry Soil gm.	54.45	46.91	51.55	59.48		
Moisture Content %	16.77	17.99	21.65	25.15		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft.-lb./ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



Drawn

11/01/1974 กิ่งกษาป

Checked

Date

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./3 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

CH 50% - SP 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

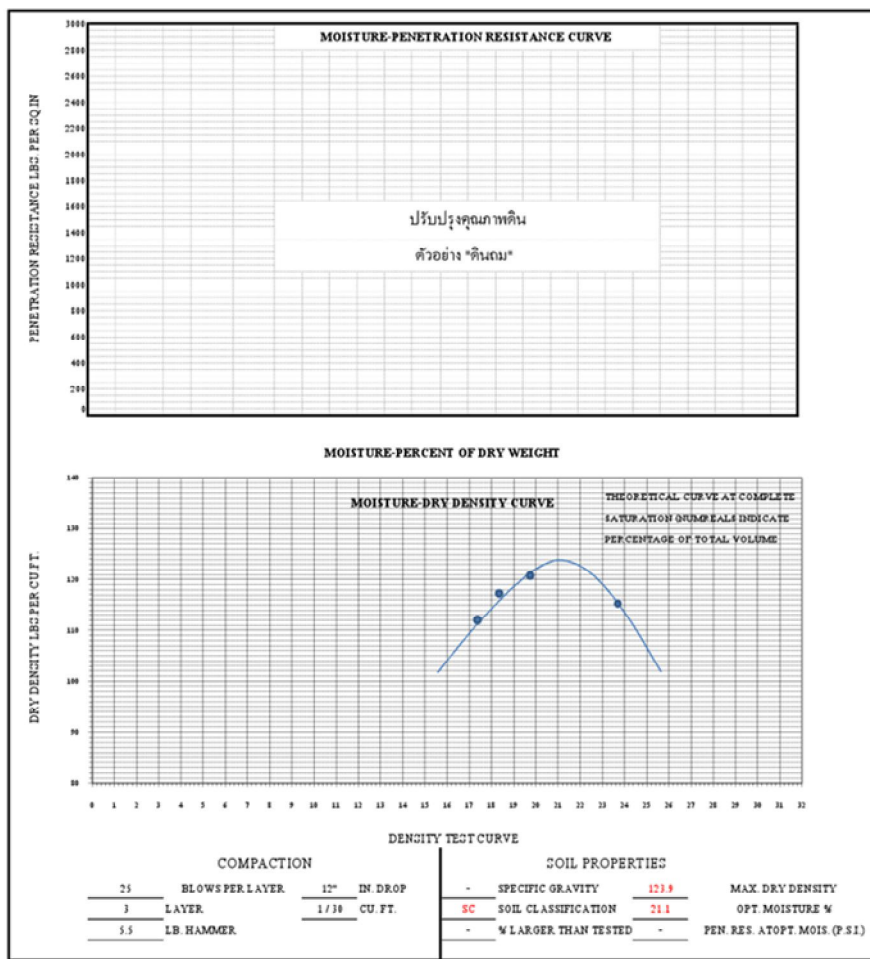
Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.45	8.75	8.88	8.85		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.40	4.70	4.83	4.80		
Wet Density pcf.	132.0	141.0	144.9	144.0		
Dry Density pcf.	112.3	118.9	121.0	116.3		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	101.45	98.22	89.15	85.50		
Wt. Can + Dry Soil gm.	89.22	86.16	78.20	73.35		
Wt. Can gm.	19.50	21.17	22.90	22.33		
Wt. Water gm.	12.23	12.06	10.95	12.15		
Wt. Dry Soil gm.	69.72	64.99	55.30	51.02		
Moisture Content %	17.54	18.56	19.80	23.81		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft. - lb. / ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



Drawn นวสโรพชก กิ่งกษรชง

Checked

Date

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./4 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

CH 50% - 3W 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

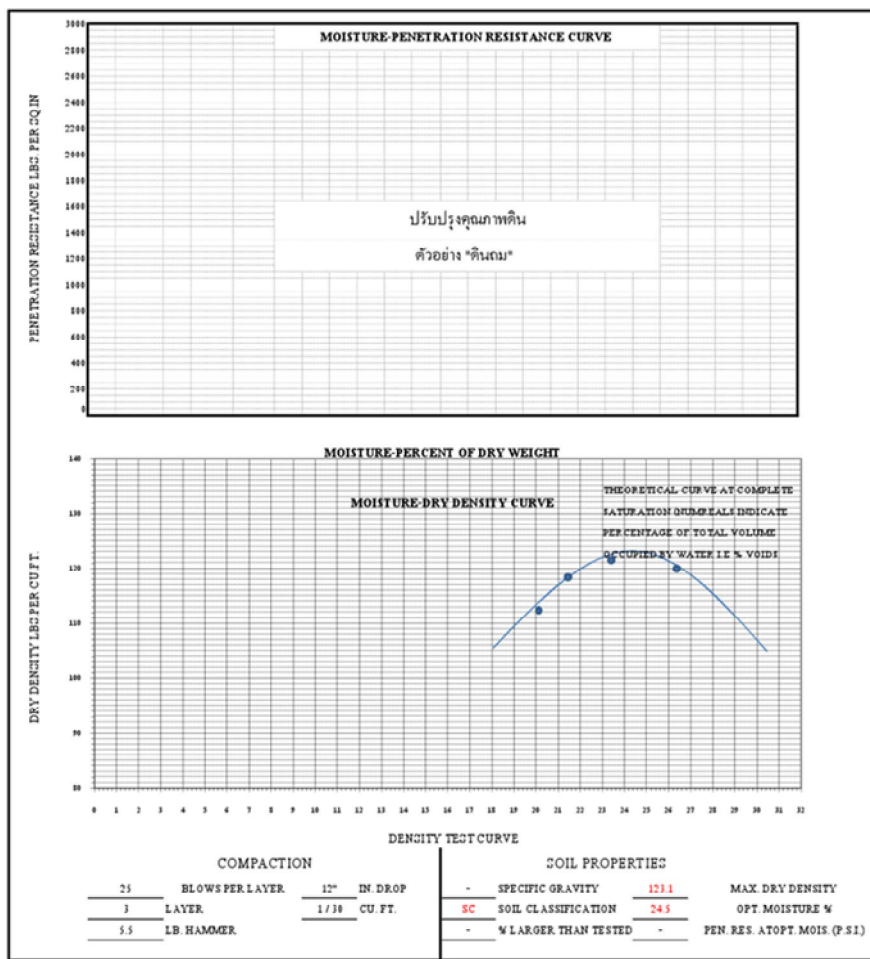
Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.58	8.87	9.08	9.17		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.53	4.82	5.03	5.12		
Wet Density pcf.	135.9	144.6	150.9	153.6		
Dry Density pcf.	113.2	119.1	122.5	121.4		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	83.15	78.44	83.32	96.68		
Wt. Can + Dry Soil gm.	72.55	68.56	71.33	80.95		
Wt. Can gm.	19.65	22.50	19.65	21.55		
Wt. Water gm.	10.60	9.88	11.99	15.73		
Wt. Dry Soil gm.	52.90	46.06	51.68	59.40		
Moisture Content %	20.04	21.45	23.20	26.48		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft. - lb. / ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./5 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

MH 50% - GP 50%

ตัวอย่าง "ดินเหนียว"

Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.36	8.65	8.86	8.88		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.31	4.60	4.81	4.83		
Wet Density pcf.	129.3	138.0	144.3	144.9		
Dry Density pcf.	108.8	113.5	117.0	115.1		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	83.88	81.52	101.20	99.40		
Wt. Can + Dry Soil gm.	73.82	70.87	85.70	82.95		
Wt. Can gm.	20.32	21.50	19.15	19.50		
Wt. Water gm.	10.06	10.65	15.50	16.45		
Wt. Dry Soil gm.	53.50	49.37	66.55	63.45		
Moisture Content %	18.80	21.57	23.29	25.93		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft.-lb./ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
Royal Irrigation Department

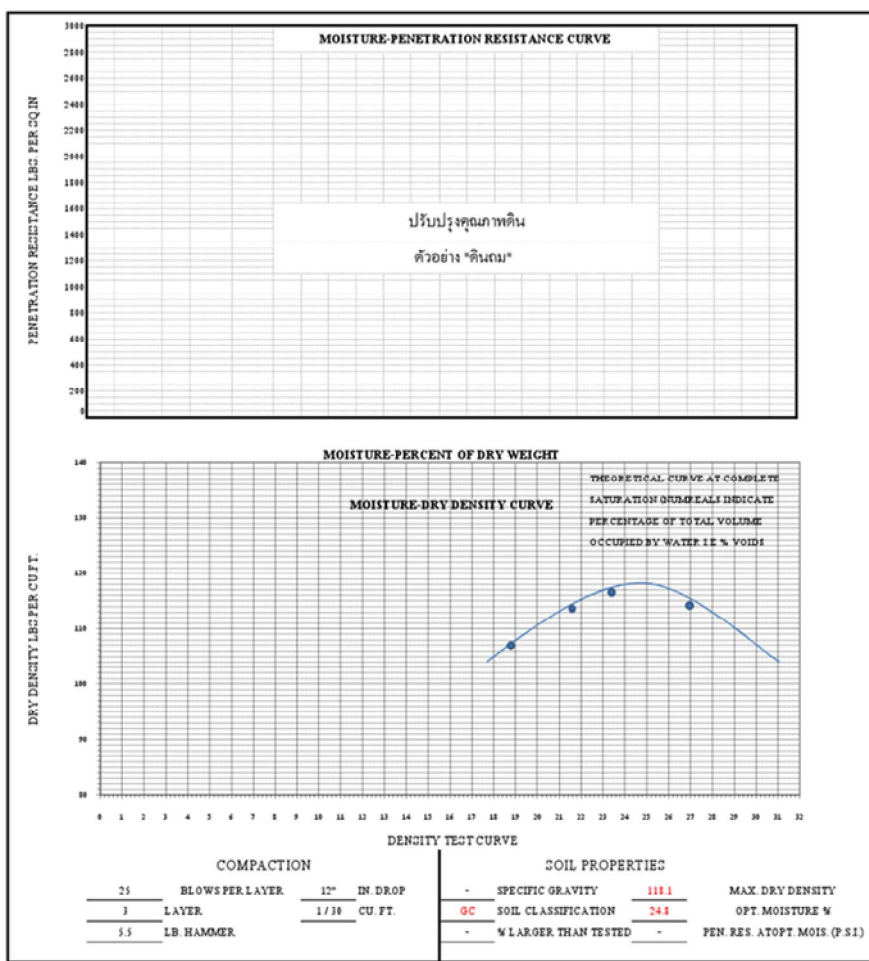
ร.ท. 4-38



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน

Memo 1



Drawn

นายสมชาย วัฒนประเสริฐ

Checked

Date

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./6 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

MH 50% - GW 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.59	8.79	8.93	8.97		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.54	4.74	4.88	4.92		
Wet Density pcf.	136.2	142.2	146.4	147.6		
Dry Density pcf.	115.4	117.8	119.6	118.0		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ²						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	99.21	85.66	85.33	79.91		
Wt. Can + Dry Soil gm.	87.12	74.61	73.25	67.80		
Wt. Can gm.	20.22	21.30	19.25	19.50		
Wt. Water gm.	12.09	11.05	12.08	12.11		
Wt. Dry Soil gm.	66.90	53.31	54.00	48.30		
Moisture Content %	18.07	20.73	22.37	25.07		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft. - lb. / ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department

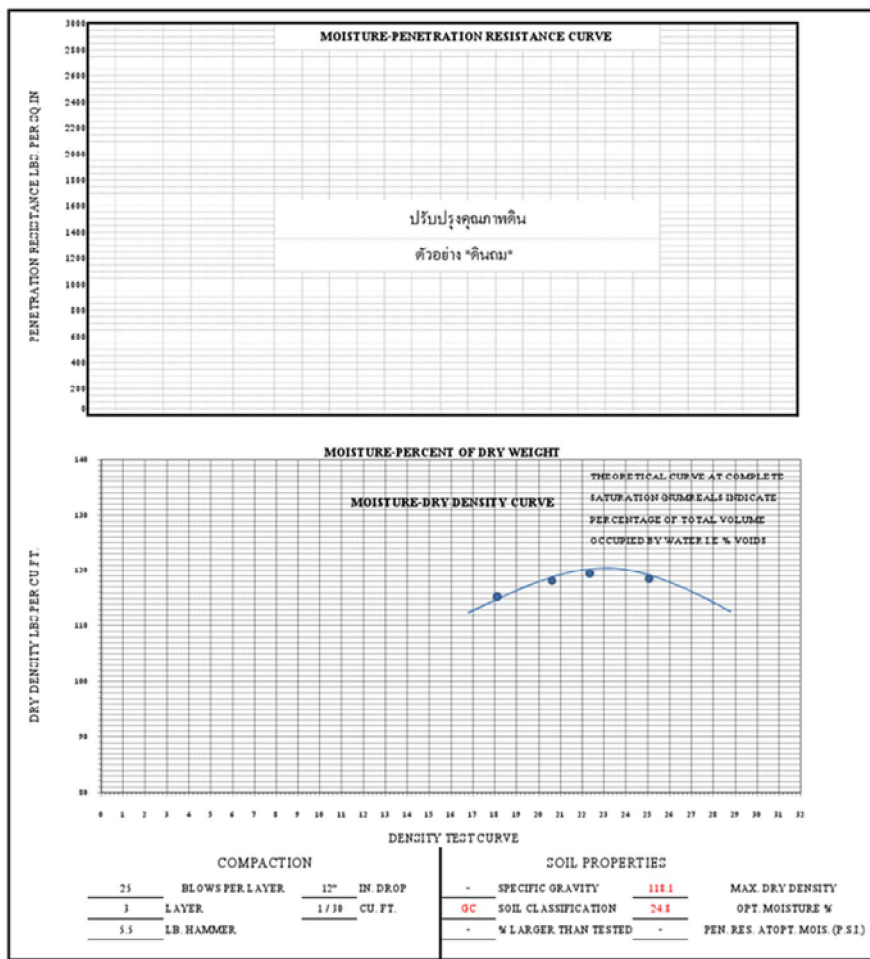
ร.ท. 4-38



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน

Memo 1



Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./7 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

MH 50% - SP 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

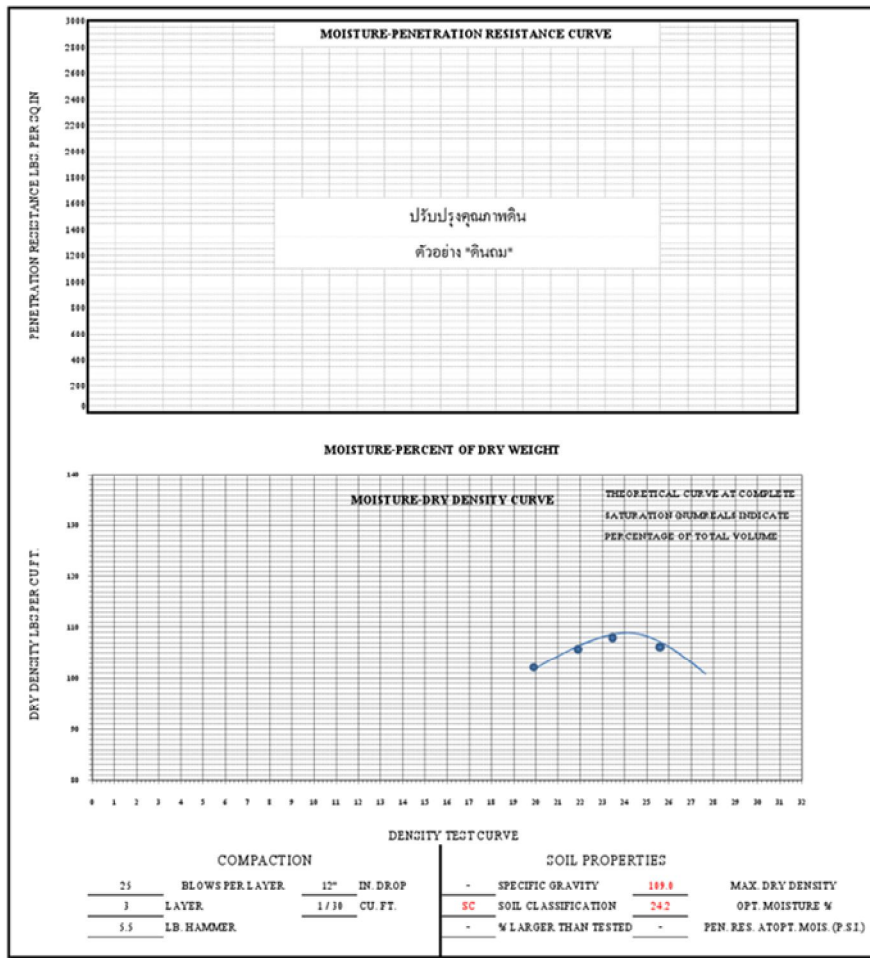
Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.15	8.38	8.51	8.53		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.10	4.33	4.46	4.48		
Wet Density pcf.	123.0	129.9	133.8	134.4		
Dry Density pcf.	102.6	106.4	108.4	106.9		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	99.25	87.90	95.03	85.50		
Wt. Can + Dry Soil gm.	86.21	76.16	81.20	72.55		
Wt. Can gm.	20.50	22.90	22.10	22.30		
Wt. Water gm.	13.04	11.74	13.83	12.95		
Wt. Dry Soil gm.	65.71	53.26	59.10	50.25		
Moisture Content %	19.84	22.04	23.40	25.77		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft.-lb./ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



Drawn

นายสมชาย วัฒนประเสริฐ

Checked

Date

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./8 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

MH 50% - 3W 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

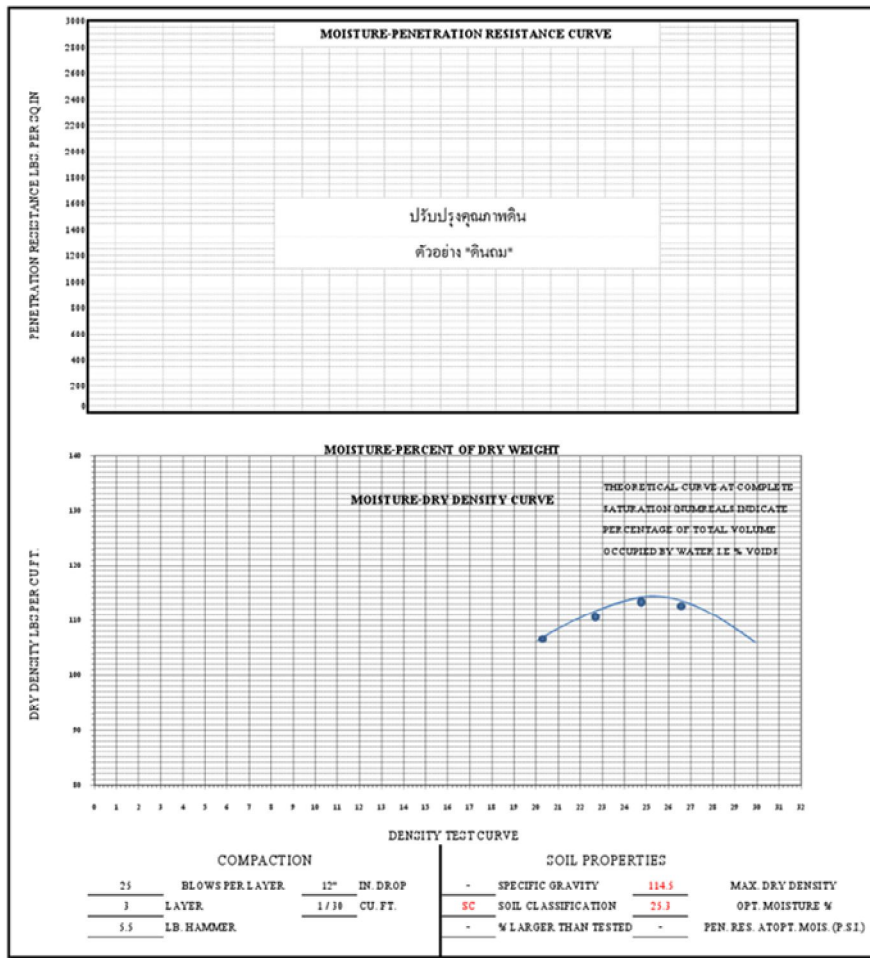
Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.35	8.61	8.79	8.85		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.30	4.56	4.74	4.80		
Wet Density pcf.	129.0	136.8	142.2	144.0		
Dry Density pcf.	107.2	111.2	114.0	113.7		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	84.15	80.11	85.55	98.55		
Wt. Can + Dry Soil gm.	73.20	69.16	72.43	82.15		
Wt. Can gm.	19.50	21.50	19.50	20.50		
Wt. Water gm.	10.95	10.95	13.12	16.40		
Wt. Dry Soil gm.	53.70	47.66	52.93	61.65		
Moisture Content %	20.39	22.98	24.79	26.60		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft.-lb./ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./9 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

ML 50% - GP 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.01	8.21	8.42	8.42		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	3.96	4.16	4.37	4.37		
Wet Density pcf.	118.8	124.8	131.1	131.1		
Dry Density pcf.	101.4	104.4	107.0	105.6		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	99.12	97.21	89.31	99.55		
Wt. Can + Dry Soil gm.	87.52	84.77	76.50	83.95		
Wt. Can gm.	20.05	21.00	19.50	19.30		
Wt. Water gm.	11.60	12.44	12.81	15.60		
Wt. Dry Soil gm.	67.47	63.77	57.00	64.65		
Moisture Content %	17.19	19.51	22.47	24.13		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft. - lb. / ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department

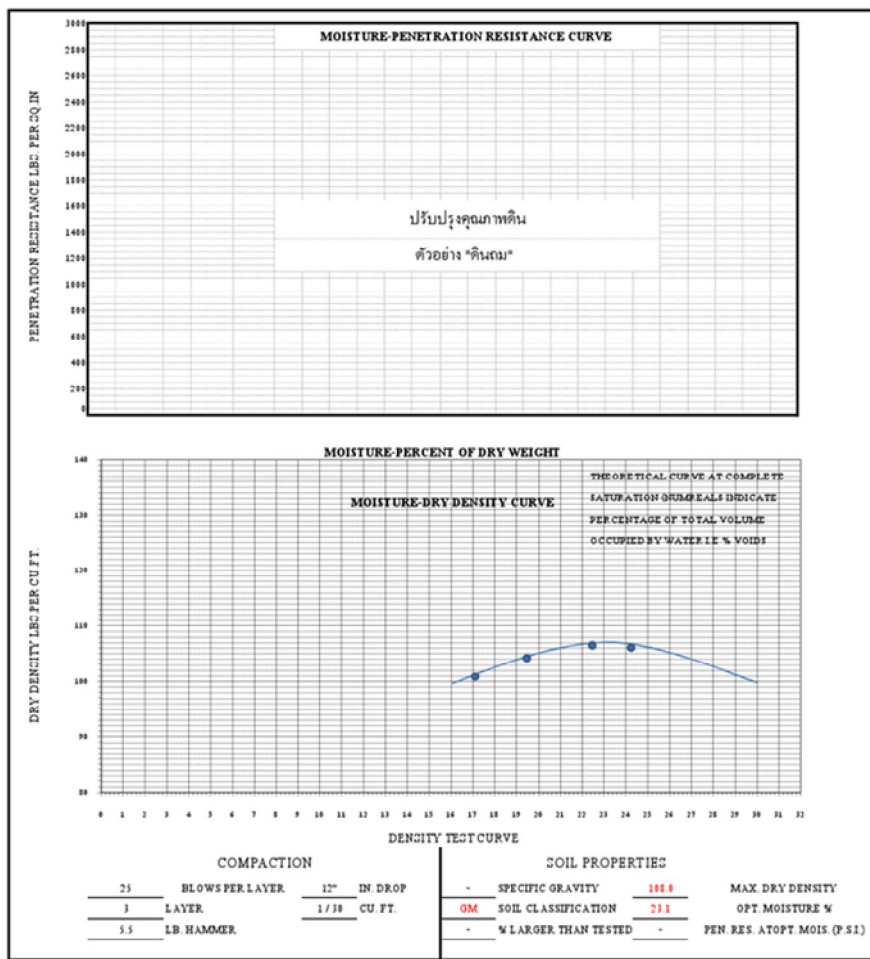
ร.ท. 4-38



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน

Memo 1



Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล กันทะธง Date _____
Lab.No. C.M./10 Checked by นายนพดล กันทะธง Date _____

ML 50% - GW 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.21	8.41	8.63	8.67		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.16	4.36	4.58	4.62		
Wet Density pcf.	124.8	130.8	137.4	138.6		
Dry Density pcf.	104.8	107.8	111.3	110.0		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ²						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	85.25	89.55	83.12	85.13		
Wt. Can + Dry Soil gm.	74.82	77.35	71.05	71.78		
Wt. Can gm.	20.20	20.25	19.50	20.50		
Wt. Water gm.	10.43	12.20	12.07	13.35		
Wt. Dry Soil gm.	54.62	57.10	51.55	51.28		
Moisture Content %	19.10	21.37	23.41	26.03		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft.-lb./ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department

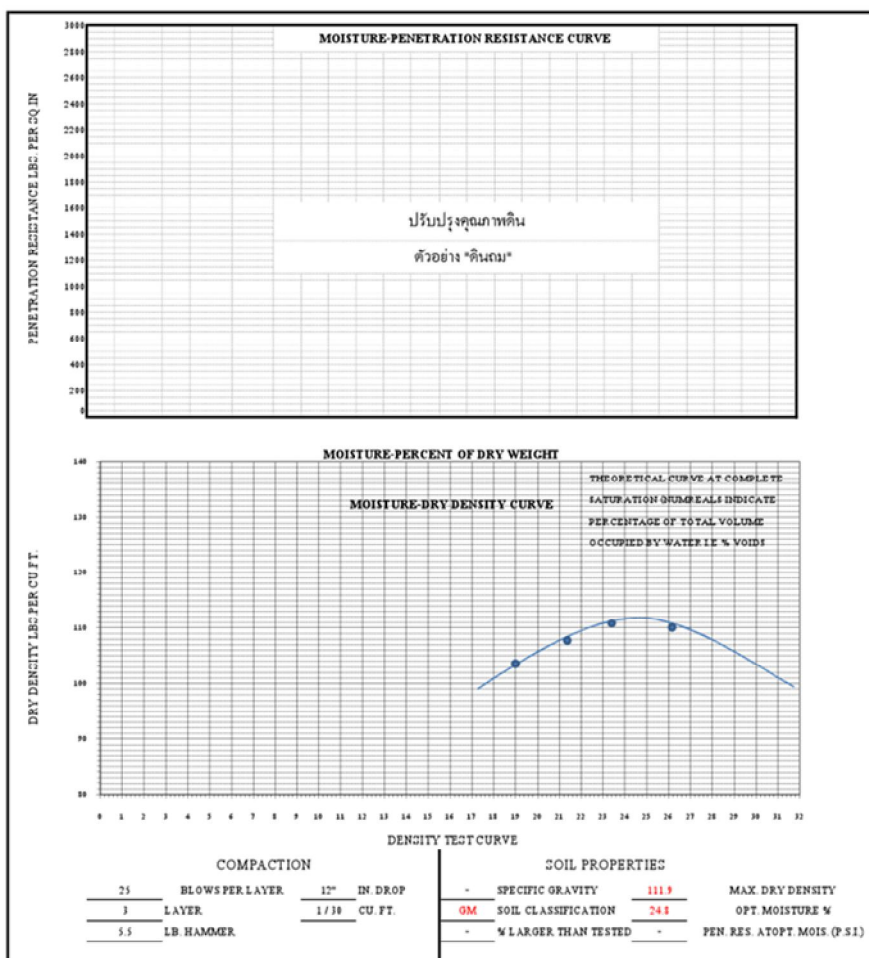
ร.ท. 4-38



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน

Memo 1



Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายหนพล กันทะชง Date _____
Lab.No. C.M./11 Checked by นายหนพล กันทะชง Date _____

ML 50% - 3P 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

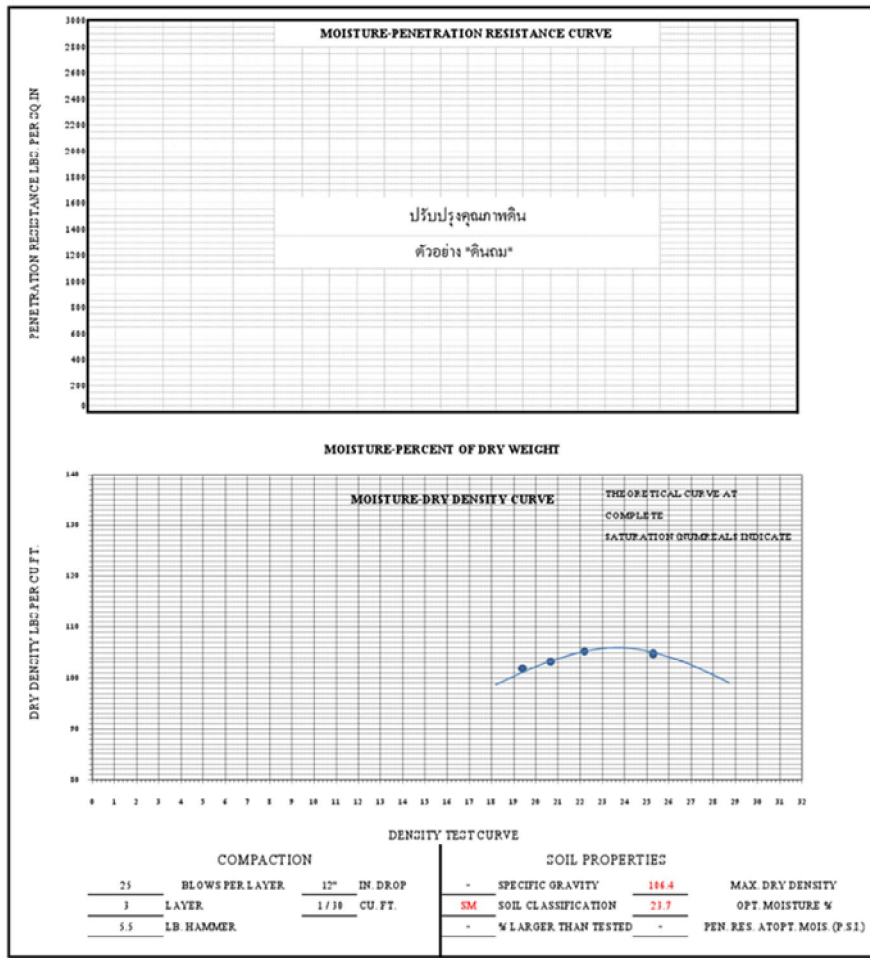
Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.08	8.18	8.40	8.42		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.03	4.13	4.35	4.37		
Wet Density pcf.	120.9	123.9	130.5	131.1		
Dry Density pcf.	102.1	103.4	106.9	104.5		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	99.45	89.25	91.20	95.51		
Wt. Can + Dry Soil gm.	87.11	78.16	78.68	80.46		
Wt. Can gm.	20.10	22.07	22.10	21.30		
Wt. Water gm.	12.34	11.09	12.52	15.05		
Wt. Dry Soil gm.	67.01	56.09	56.58	59.16		
Moisture Content %	18.42	19.77	22.13	25.44		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft. - lb. / ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



Drawn 18/10/54 กิ่งกษัตริย์ Checked Date

COMPACTION		SOIL PROPERTIES	
25	BLOWS PER LAYER	12"	IN. DROP
3	LAYER	1/30	CU. FT.
5.5	LB. HAMMER	-	% LARGER THAN TESTED
		-	SPECIFIC GRAVITY
		186.4	MAX DRY DENSITY
		SM	SOIL CLASSIFICATION
		23.7	OPT. MOISTURE %
		-	PEN. RES. AT OPT. MOIS. (P.S.I.)

Regional Irrigation Office
Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST

Project การปรับปรุงคุณภาพดิน Tested by นายนพดล ก้นทะธง Date _____
Lab.No. C.M./12 Checked by นายนพดล ก้นทะธง Date _____

ML 50% - SW 50%

ตัวอย่าง "ดินถม"

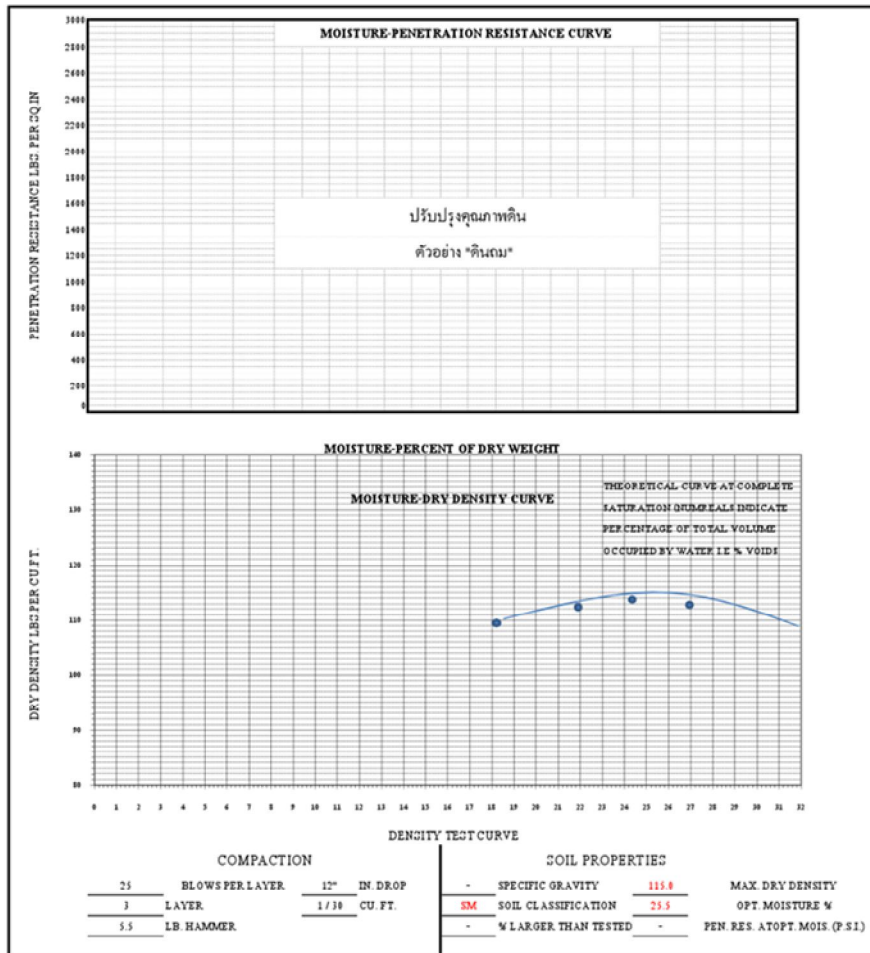
Determination No.	1	2	3	4	5	6
DENSITY DETERMINATION						
Water Added c.c.	-	100	200	300		
Wt. Mold + Compacted lbs.	8.40	8.63	8.80	8.82		
Wt. Mold lbs.	4.05	4.05	4.05	4.05		
Wt. Compacted Soil lbs.	4.35	4.58	4.75	4.77		
Wet Density pcf.	130.5	137.4	142.5	143.1		
Dry Density pcf.	110.4	112.2	114.6	112.6		
PENETRATION RESISTANCE DETERMINATION						
Needle No.						
Area of Needle in ² .						
Average Reading lbs.						
Penetration Resistance psi.						
MOISTURE DETERMINATION						
Can No.	8	9	10	11	12	13
Wt. Can + Wet Soil gm.	98.15	88.35	91.44	92.11		
Wt. Can + Dry Soil gm.	86.15	76.19	77.88	76.80		
Wt. Can gm.	20.30	22.00	22.25	20.22		
Wt. Water gm.	12.00	12.16	13.56	15.31		
Wt. Dry Soil gm.	65.85	54.19	55.63	56.58		
Moisture Content %	18.22	22.44	24.38	27.06		
Material Size	-	Hammer Wt.	lb.	5.5		
Mold Size	4"	Hammer Fall	in.	12"		
No. of Layer	3	Compactive Effort	ft. - lb. / ft ³ .	1 / 30		

Division of Research and Laboratory
 Royal Irrigation Department



COMPACTION TEST CURVE

Project ปรับปรุงคุณภาพดิน



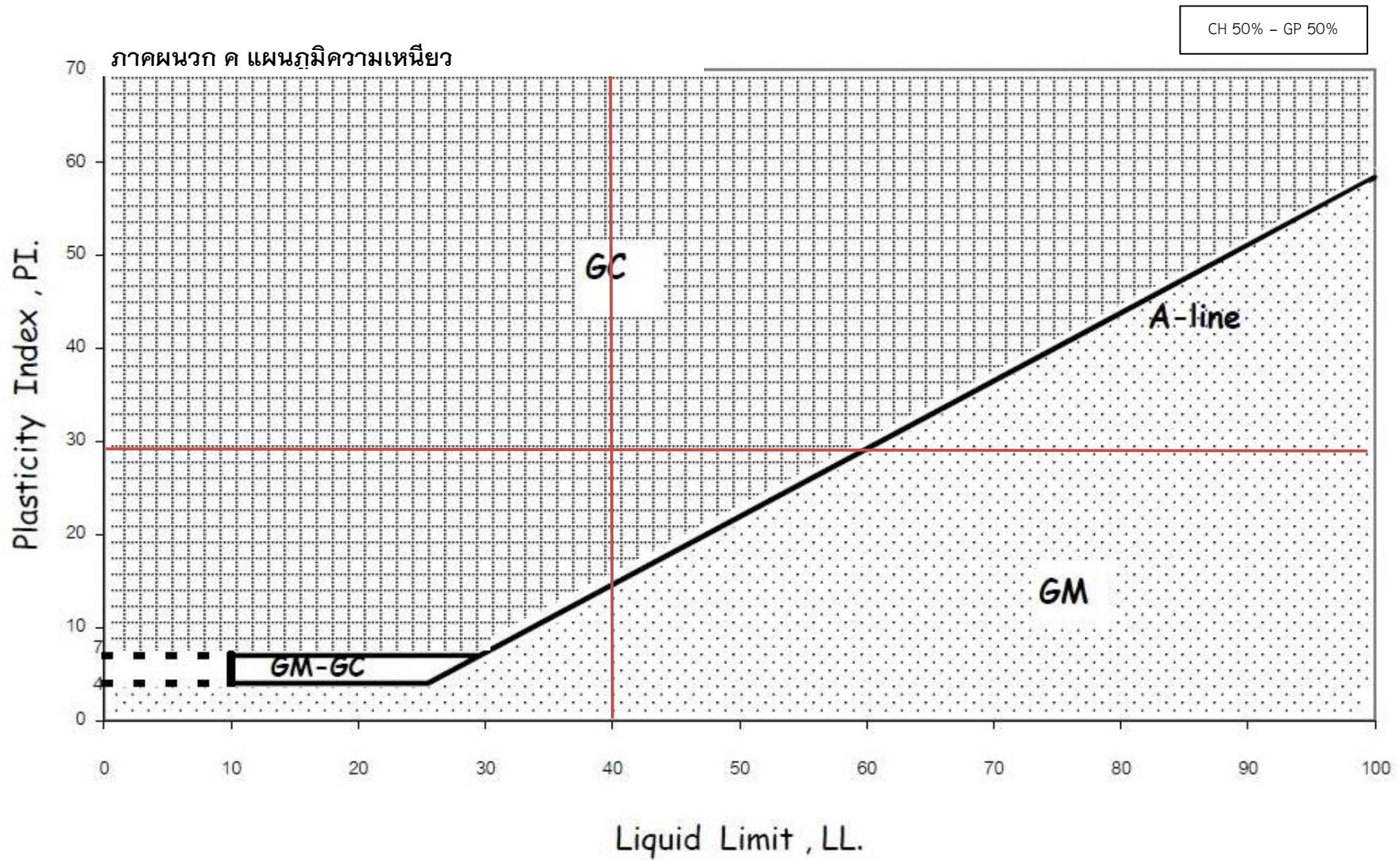
Drawn

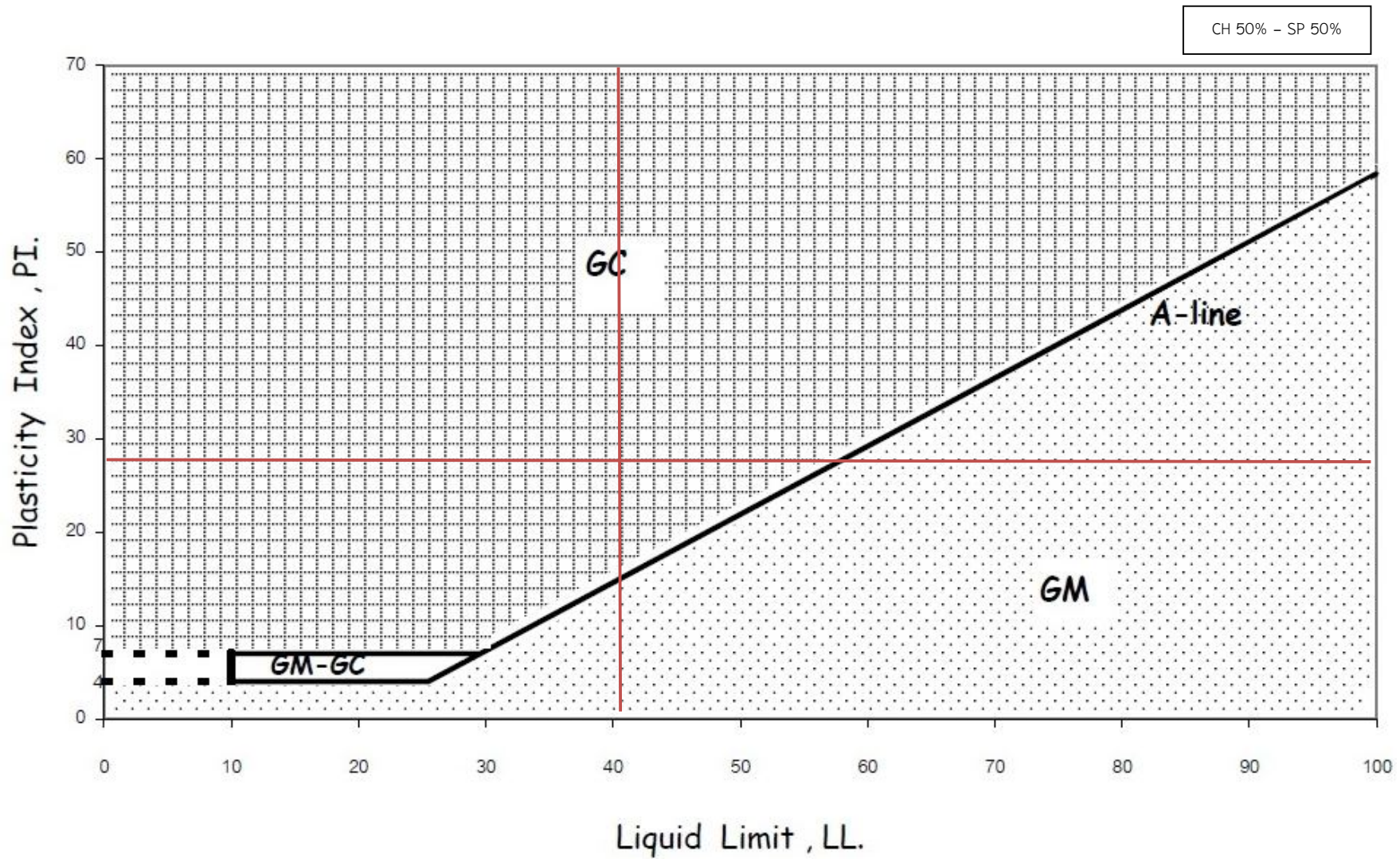
นวิมลพรทิพย์ กิ่งนิพนธ์

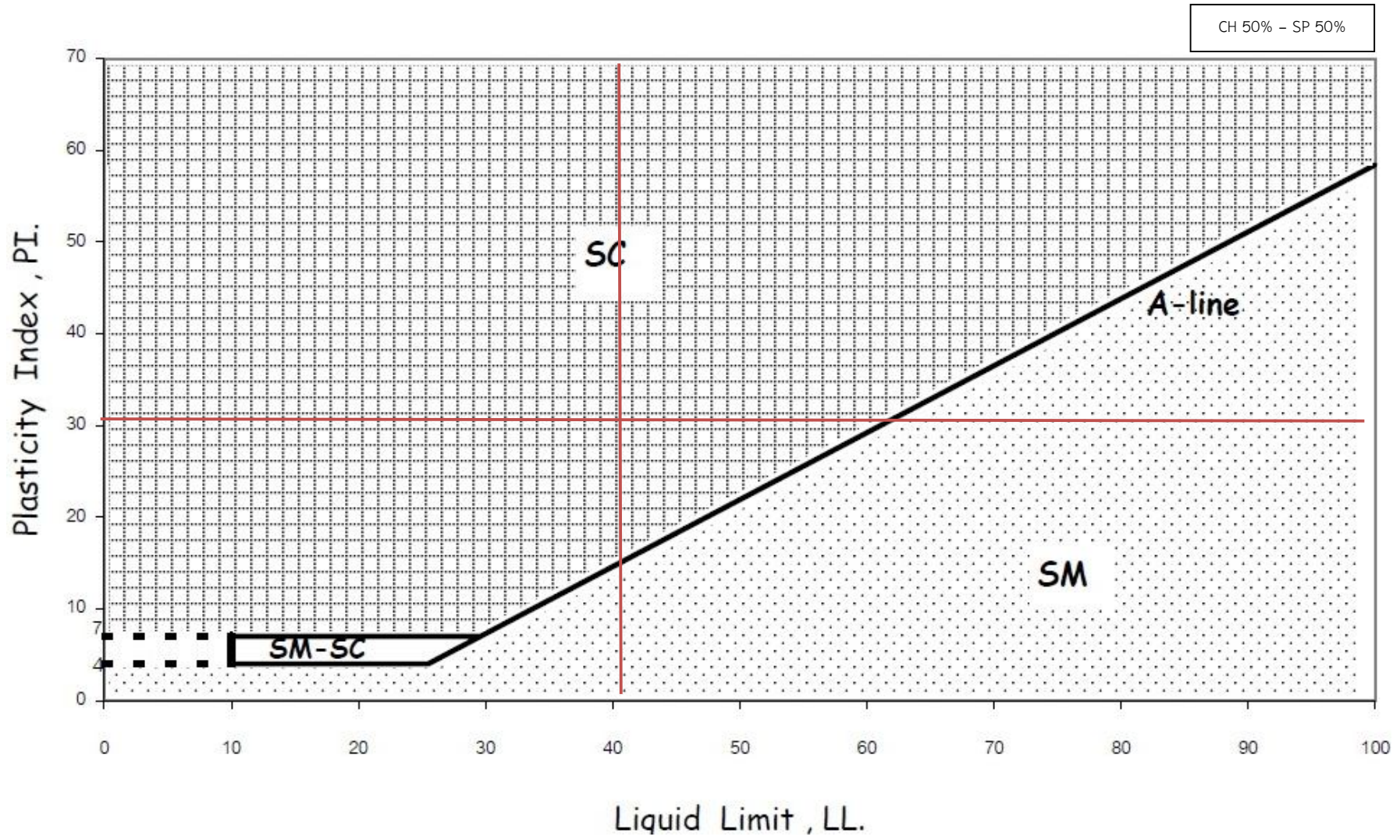
Checked

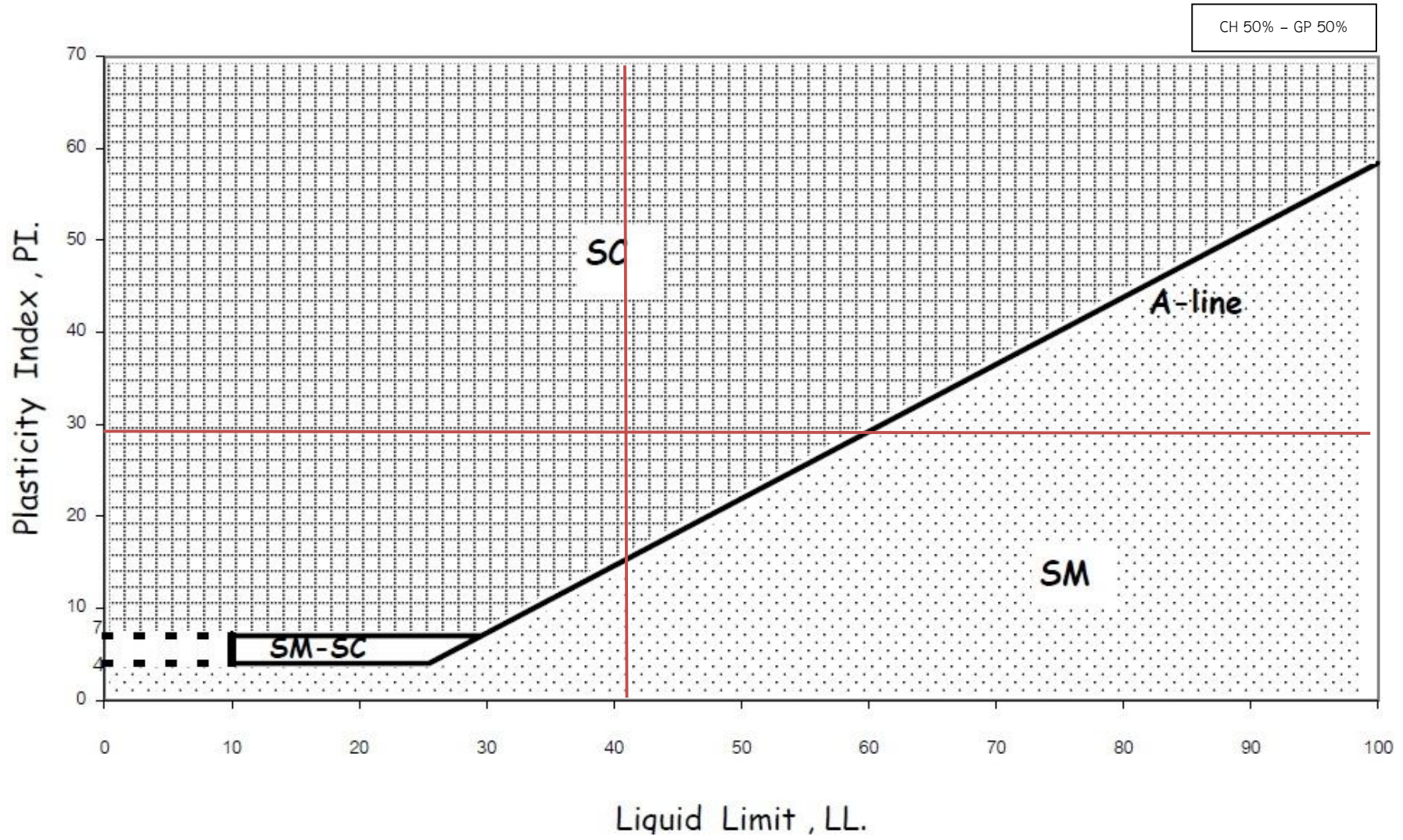
Date

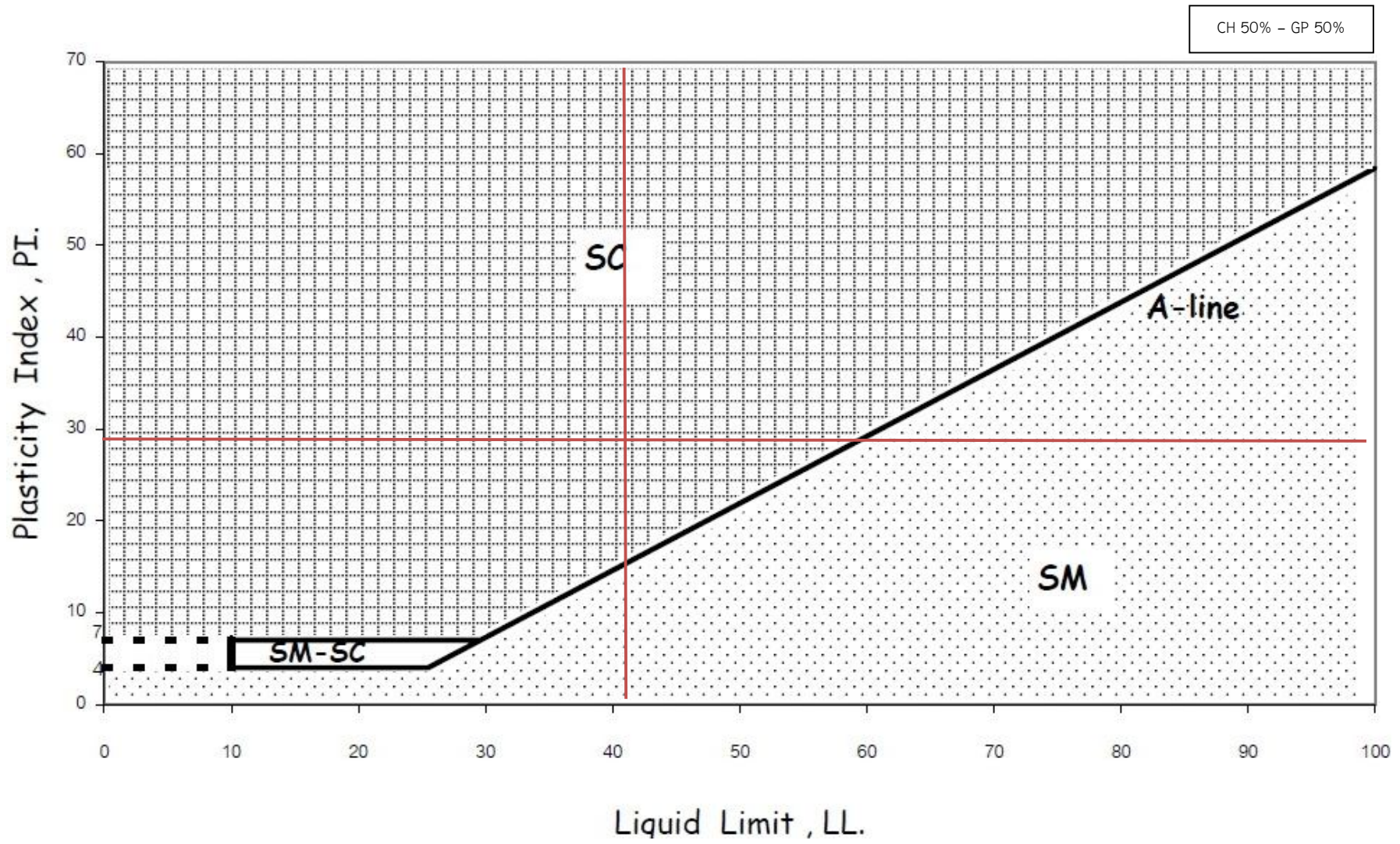


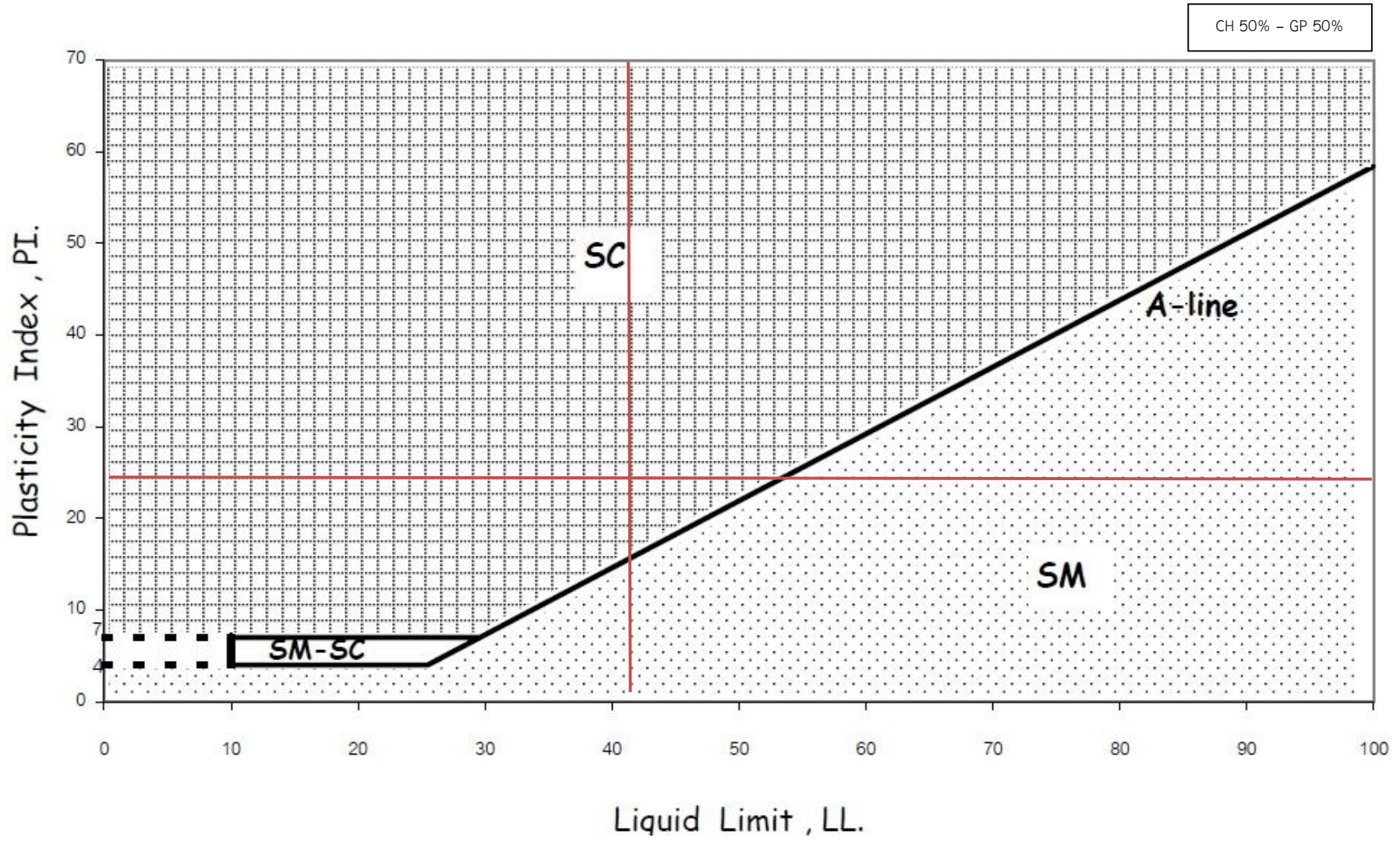


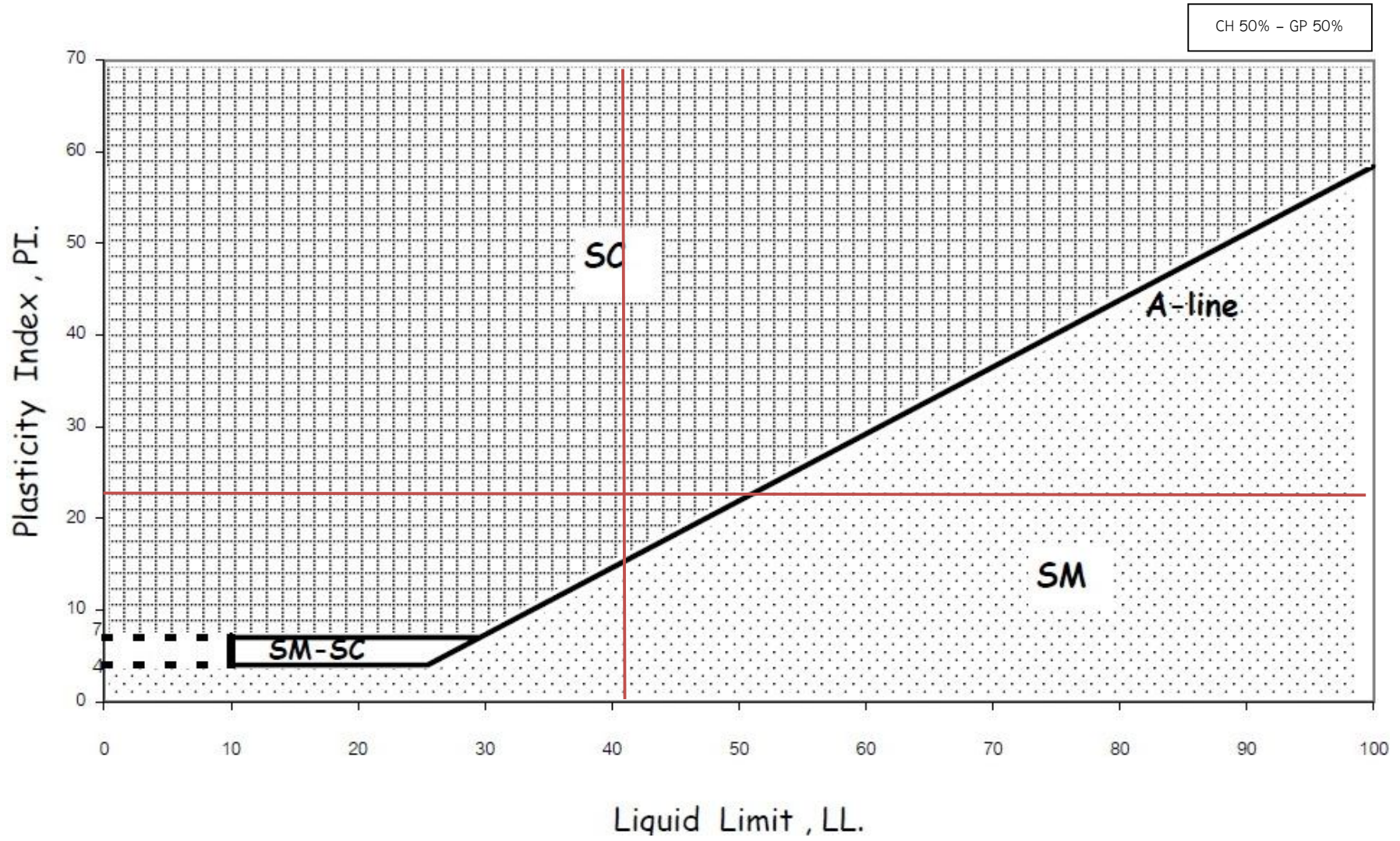


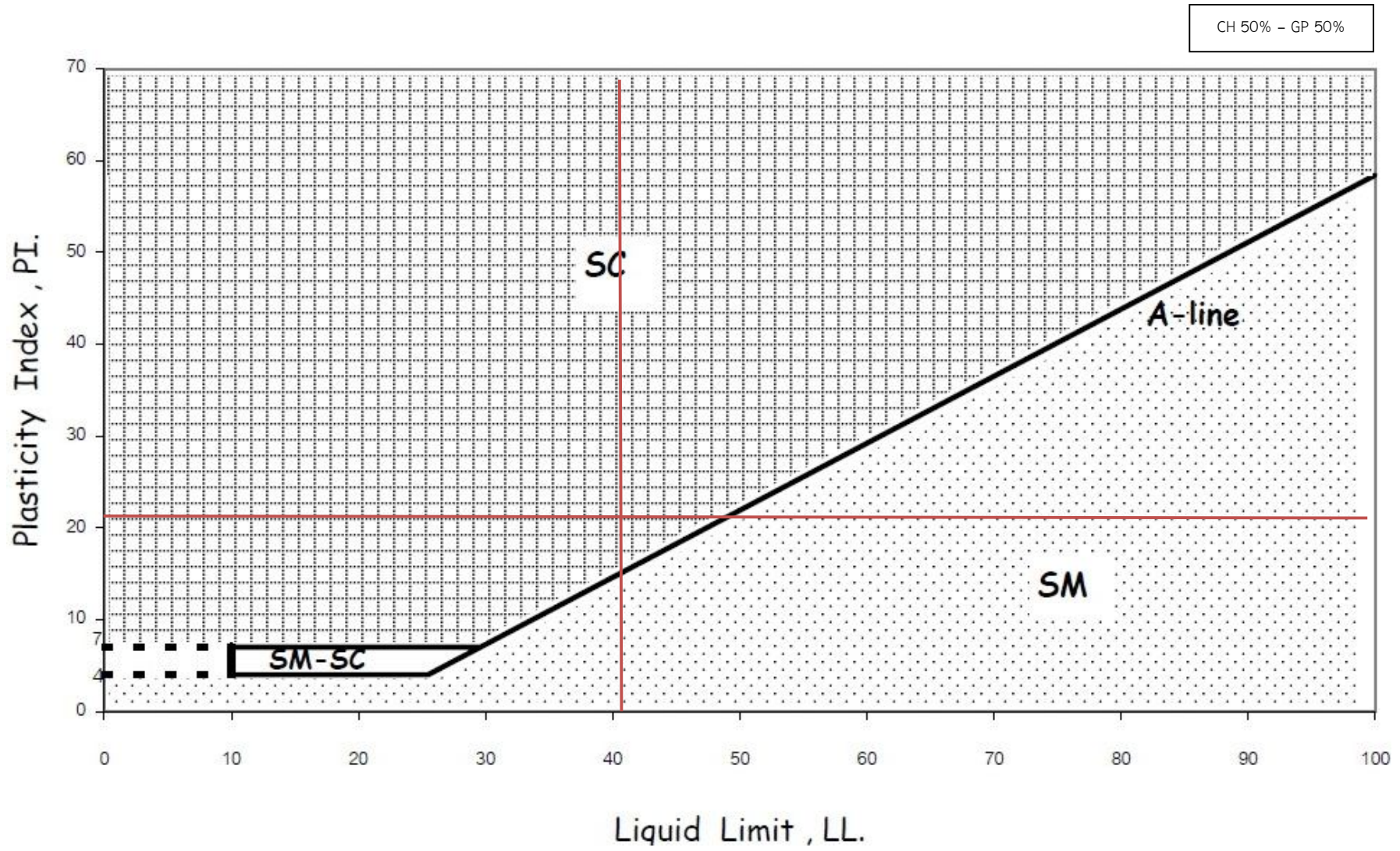


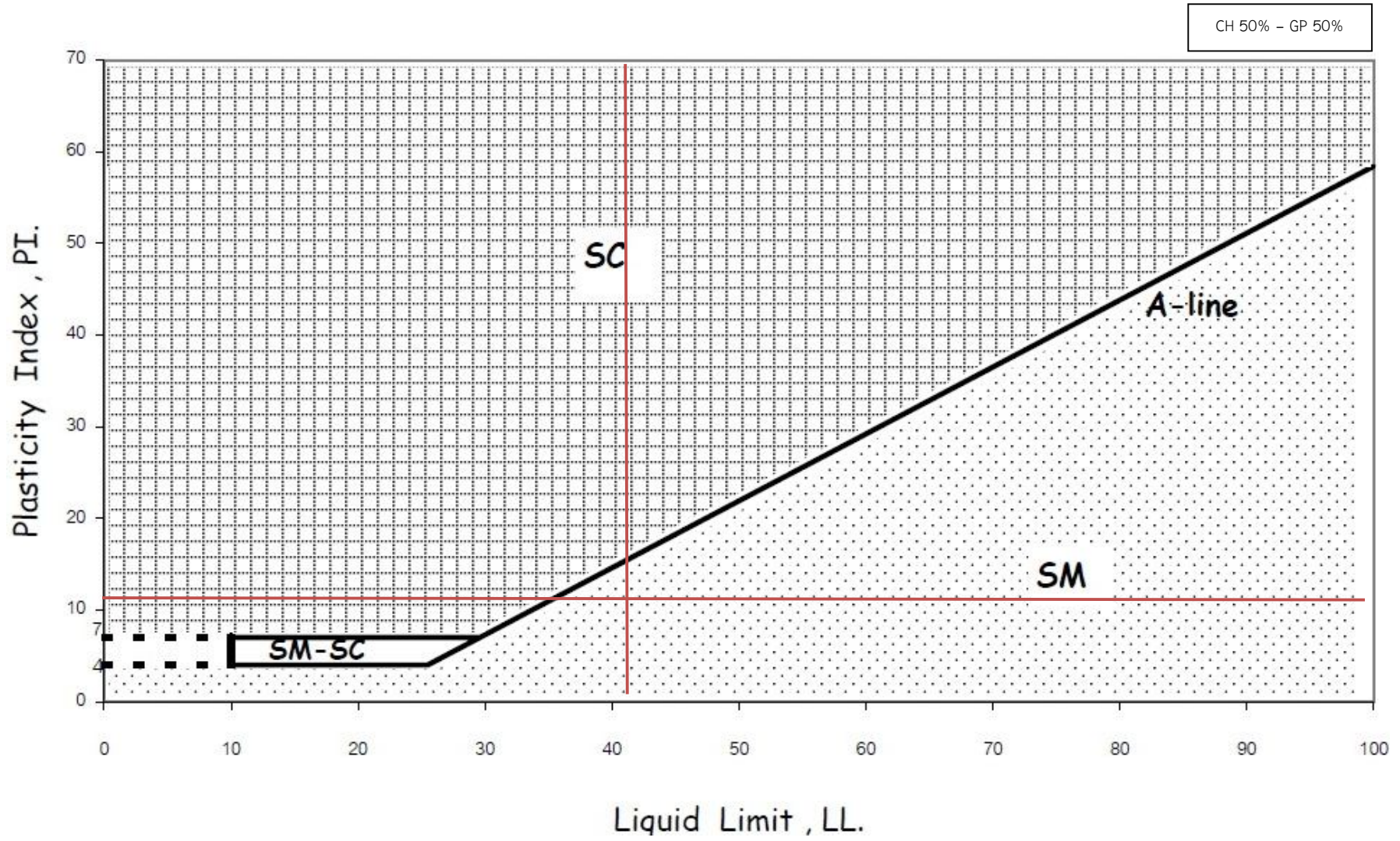


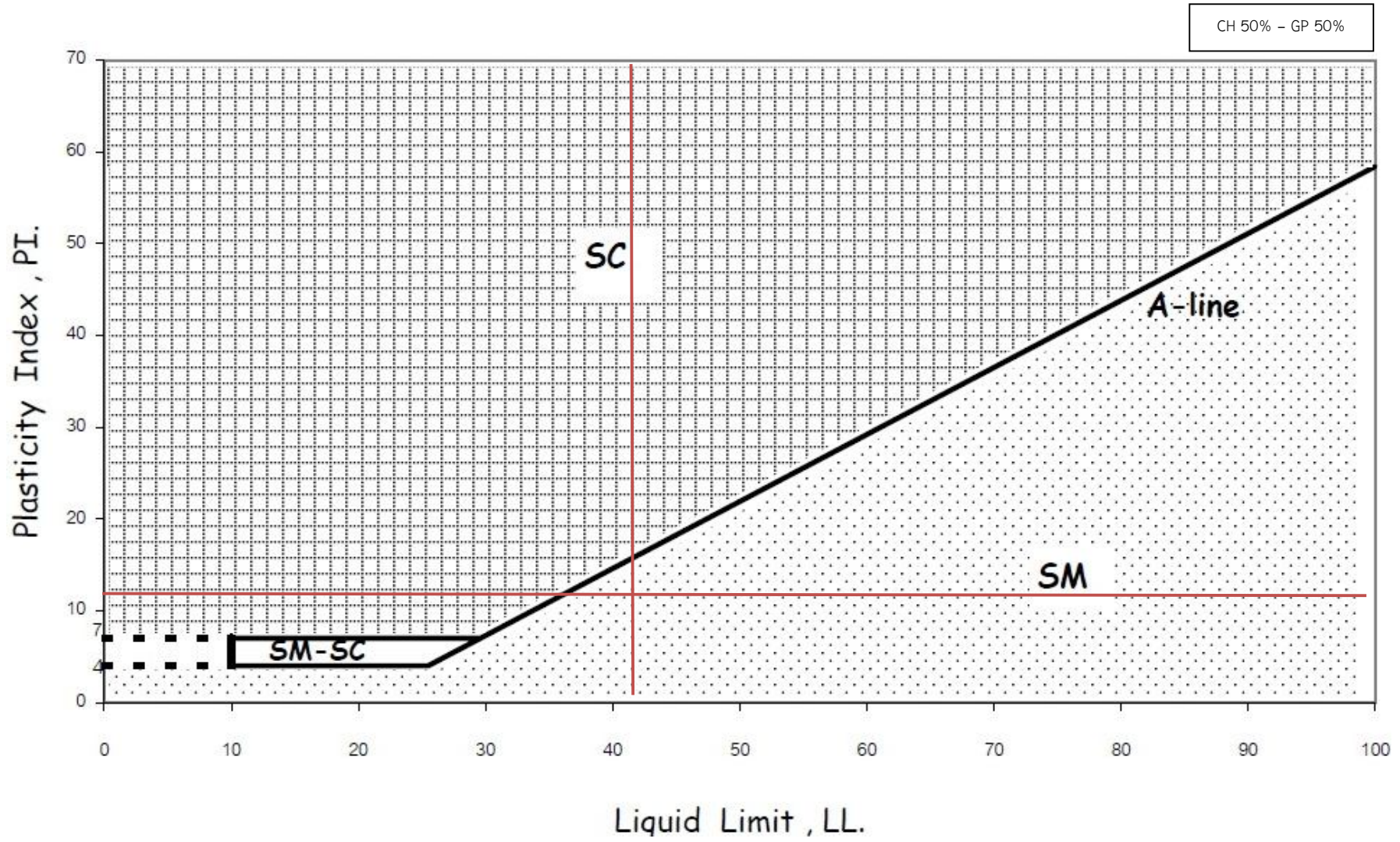


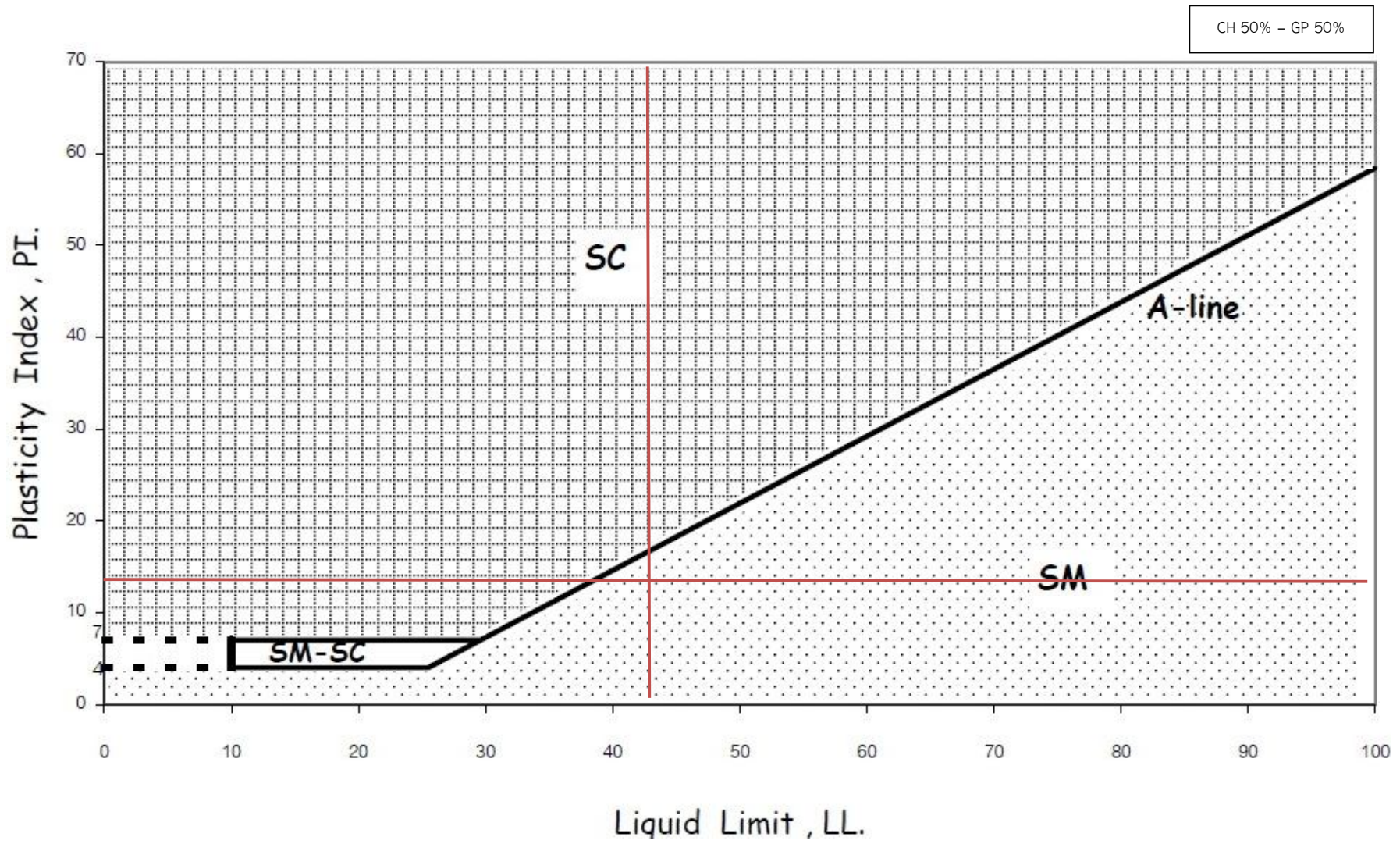


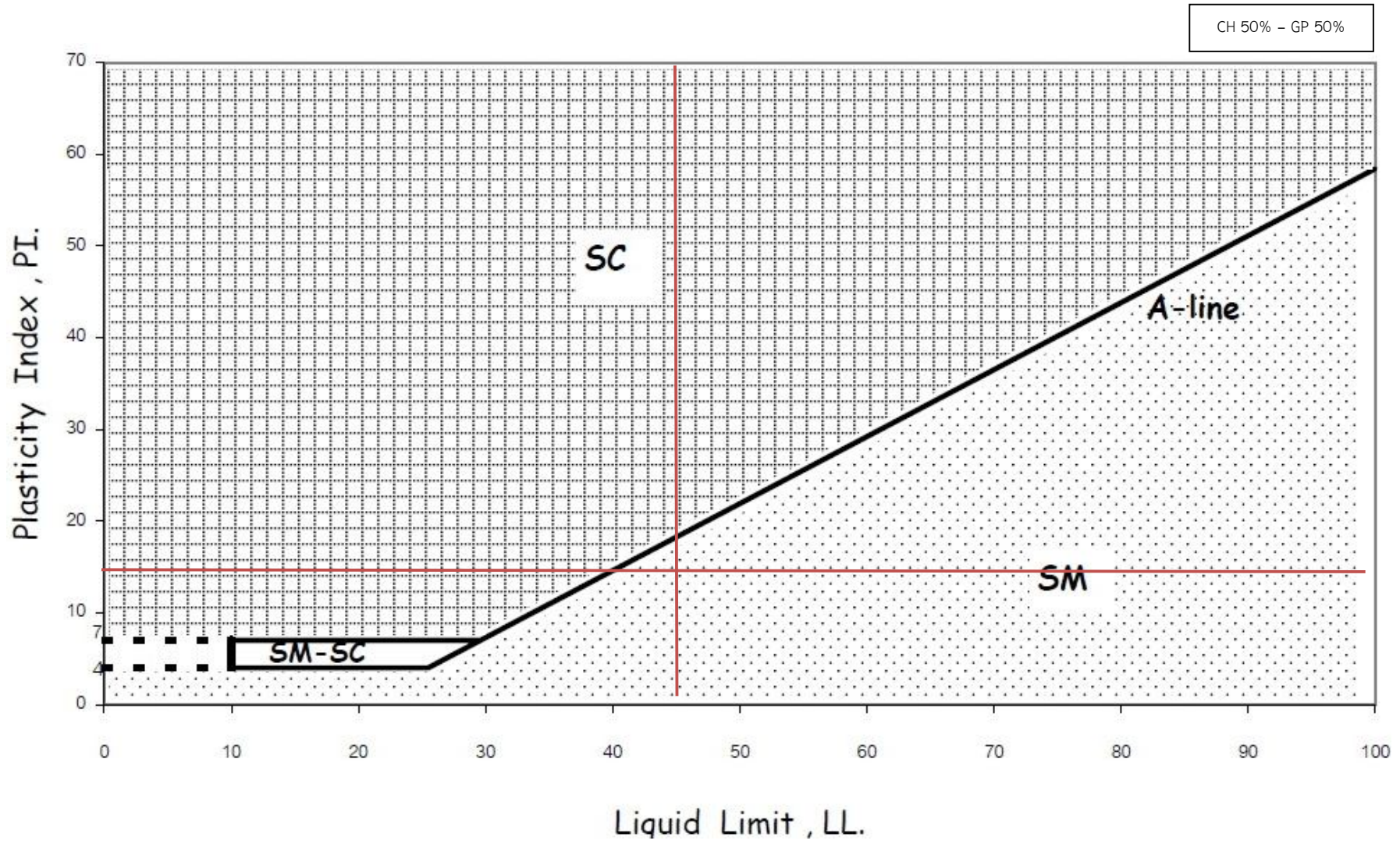














ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ชื่อ นามสกุล	นพดล กันทะธง
วัน เดือน ปี เกิด	11 พฤษภาคม 2528
ที่อยู่ปัจจุบัน	581 หมู่ที่ 11 ตำบลบ้านด้อม อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
ที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานก่อสร้าง 2 สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง กรมชลประทาน จังหวัดลำปาง 52000
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	นายช่างชลประทานปฏิบัติงาน เจ้าหน้าที่ตรวจสอบและ วิเคราะห์ด้านวิศวกรรม กลุ่มงานวิศวกรรมบริหาร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	วศบ.ยธ. (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชา เชียงใหม่

