สถาบัน THE BEST CENTER
2145/7 ซ.รามคำแหง 43/1 ถ.รามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
โทร.0-2318-6868, 0-2314-1492 โทรสาร 0-2718-6274
www.thebestcenter.com facebook.com/bestcentergroup
คุณภาพทางวิชาการต้องมาที่ 1

ดร.สิงห์ทอง บัวชุม
D.P.A., ปร.ด., ป.ด., ร.ม.ชุมพร, ทบ.

คู่มือเตรียมสอบ

วิศวกรโยธา

กรมชลประทาน

ปี65

ความรู้ความสามารถทั่วไปและความสามารถที่ใช้เฉพาะตำแหน่ง

หลักเกณฑ์และวิธีการเลือกสรร

การประเมินสมรรถนะครั้งที่ 1 (คะแนนเต็ม 200 คะแนน)

ทดสอบความรู้ ความสามารถ ความเข้าใจเกี่ยวกับงานในตำแหน่งวิศวกรโยธา โดยวิธีสอบข้อเขียนในเนื้อหาต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้าง การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก การเขียนแบบวิศวกรรมและการเขียนแบบวิศวกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ การออกแบบ และการคำนวณโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก วัสดุทางด้านวิศวกรรมโยธา และการทดสอบออกแบบฐานรากและกำแพงกันดิน การสำรวจทางด้านวิศวกรรม กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม การวิเคราะห์และประมาณราคางานก่อสร้าง การวางแผนและบริหารงานก่อสร้าง วิศวกรรมชลศาสตร์และการไหลในทางน้ำเปิด การพิจารณาโครงการและการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในงานวิศวกรรม วิศวกรรมการทาง วิศวกรรมสุขาภิบาลและการประปา

สนใจสั่งซื้อ หรือสอบถามเพิ่มเติม โทร.081-496-9907
LINE: @thebestcenter
280.-

คู่มือสอบวิศวกรโยธา
กรมชลประทาน

รวบรวมและเรียบเรียงโดย.....

ฝ่ายวิชาการ สถาบัน THE BEST CENTER

ห้ามตัดต่อหรือคัดลอกส่วนใดส่วนหนึ่งของเนื้อหา

สงวนลิขสิทธิ์ตาม พ.ร.บ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

ราคา 280 บาท

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

The Best Center InterGroup Co., Ltd.

บริษัท เดอะเบสท์ เซ็นเตอร์ อินเตอร์กรุ๊ป จำกัด

บริหารงานโดย ดร.สิงห์ทอง บัวชุมและอาจารย์จันทนี บัวชุม (ติวเตอร์กุ้ง ย่าน ม. ราม)

เลขที่ 2145/7 ซอยรามคำแหง 43/1 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

โทรศัพท์.081-496-9907,0-2314-1492, 0-2318-6868 โทรสาร. 0-2718-6274 line id: @ thebestcenter

www.thebestcenter.com หรือ www.facebook.com/bestcentergroup

คู่มือสอบ
วิศวกรโยธา
กรมชลประทาน

ราคา 280 -.

คำนำ

สำหรับชุดคู่มือสอบตำแหน่งวิศวกรโยธา กรมชลประทาน เล่มนี้ ทางสถาบัน THE BEST CENTER และฝ่ายวิชาการของสถาบันได้เรียบเรียงขึ้น เพื่อให้ผู้สมัครสอบใช้สำหรับเตรียมสอบในการสอบแข่งขันฯในครั้งนี้

ทางสถาบัน THE BEST CENTER ได้เล็งเห็นความสำคัญจึงได้จัดทำหนังสือ เล่มนี้ขึ้นมา ภายในเล่มประกอบด้วยทุกส่วนที่กำหนดในการสอบ เจาะข้อสอบทุกส่วน พร้อมคำเฉลยอธิบาย มาจัดทำเป็นหนังสือชุดนี้ขึ้น เพื่อให้ผู้สอบได้เตรียมตัวอ่านล่วงหน้า มีความพร้อมในการทำข้อสอบ

ท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทางสถาบัน THE BEST CENTER ที่ได้ให้การสนับสนุนและมีส่วนร่วมในการจัดทำต้นฉบับ ทำให้หนังสือเล่มนี้สามารถสำเร็จขึ้นมาเป็นเล่มได้ พร้อมกันนี้คณะผู้จัดทำขอน้อมรับข้อบกพร่องใดๆ อันเกิดขึ้นและยินดีรับฟังความคิดเห็นจากทุกๆท่าน เพื่อที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

ขอให้โชคดีในการสอบทุกท่าน

ฝ่ายวิชาการ

สถาบัน The Best Center

www.thebestcenter.com

สารบัญ

- ความรู้เกี่ยวกับกรมชลประทาน 1
- ทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้าง 9
- การเขียนแบบวิศวกรรม 32
- การเขียนแบบวิศวกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ 45
- การออกแบบ และคำนวณโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก 50
- วัสดุทางด้านวิศวกรรมและการทดสอบ 87
- การสำรวจทางด้านวิศวกรรม 93
- ความรู้เกี่ยวกับกลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม (ปฐพีกลศาสตร์) 97
- ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบรากฐานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 116
- การวิเคราะห์และประมาณราคางานก่อสร้าง 146
- การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้าง 168
- การบริหารงานโครงการก่อสร้าง 195
- วิศวกรรมชลศาสตร์และการไหลในทางน้ำเปิด 205
- การพิจารณาโครงการและการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น 213
- ความรู้เกี่ยวกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในงานวิศวกรรม 222
- ความรู้ด้านวิศวกรรมการทาง 228
- ความรู้ด้านวิศวกรรมสุขภาภิบาลและการประปา 231
- ความรู้เกี่ยวกับกำแพงกันดิน (Retaining Wall) 238
    - แนวข้อสอบด้านการวิเคราะห์โครงสร้าง 243
    - แนวข้อสอบด้านการออกแบบโครงสร้าง 250
    - แนวข้อสอบ การบริหารจัดการโครงการก่อสร้าง 256
    - แนวข้อสอบวิศวกรรมชลศาสตร์ 261
    - แนวข้อสอบงานเขียนแบบออกแบบ 271
    - รวมแนวข้อสอบวิศวกรโยธา 278
- เทคนิคการสอบสัมภาษณ์ 291

ความรู้เกี่ยวกับกรมชลประทาน

➢ประวัติกรมชลประทาน

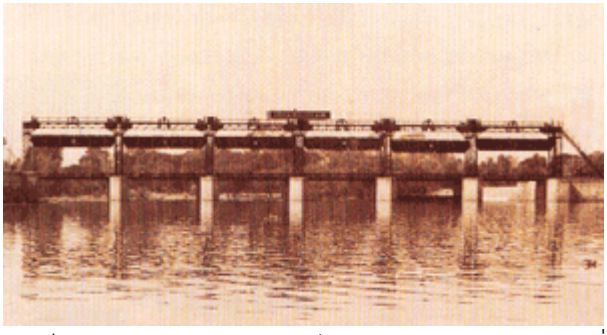
งานชลประทาน เริ่มขึ้นอย่างจริงจังในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว มีการขุดลอกคลองและขุดคลองขึ้นใหม่ในบริเวณ ทุ่งราบภาคกลางจำนวนมาก ดำเนินการโดยเอกชน คือบริษัทขุดคลองแลคูนาสยาม Siam Canals, Lands and Irrigation Company) ได้รับพระบรมราชานุญาต เมื่อ พ.ศ. 2431 เริ่มขุดคลองเมื่อพ.ศ. 2433 มีระยะเวลาดำเนินการ ตามสัมปทาน 25 ปี โครงการประกอบด้วยการ ก่อสร้างระบบคลอง ในบริเวณพื้นที่ราบฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา เขตจังหวัดปทุมธานี ที่เรียกว่า ทุ่งรังสิต โดยขุดคลองสายใหญ่ เชื่อมระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยา ตรงไปยังแม่น้ำนครนายก พร้อมกับการสร้างประตูระบายน้ำ สำหรับ ควบคุมการเก็บกักน้ำเพื่อการเพาะปลูก และสร้างประตู เรือสัญจรเพื่อการคมนาคมขนส่งทางน้ำตลอดทั้งปี

หลังจากที่บริษัทดังกล่าวได้ดำเนินการ มาประมาณ 10 ปี เจ้าพระยาเทเวศวงศ์วิวัฒน์ เสนาบดีกระทรวงเกษตราธิการ ได้ไปตรวจราชการที่ทุ่งรังสิต เมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2442 พบว่า ทุ่งรังสิต จำเป็นต้องได้รับการช่วยเหลือด้านการชลประทานเป็นการด่วน จึงนำความขึ้นกราบบังคมทูลพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ขอพระราชทานพระบรมราชานุญาต จ้างนายช่างชลประทานชาวต่างประเทศ มาศึกษาพิจารณา และแก้ไขเรื่องการจัดหาน้ำในบริเวณทุ่งรังสิตให้ดีขึ้น พระบาทสมเด็จ พระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทรงเห็นชอบ และได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้จัดหาวิศวกรผู้ชำนาญงานด้านการชลประทาน

ในพ.ศ. 2445 ได้ว่าจ้าง นายเย โฮมัน วันเดอร์ ไฮเด วิศวกรชลประทานชาวฮอลันดา มาดำเนินงานชลประทานในประเทศไทย และทรงแต่งตั้งให้ นายเย โฮมัน วันเดอร์ ไฮเด เข้ารับราชการ เมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2445 พร้อมทั้งทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตั้ง "กรมคลอง" และทรงแต่งตั้ง นาย เย โฮมัน วันเดอร์ ไฮเด เป็นเจ้ากรมคลองคนแรก เพื่อทำหน้าที่ดูแลทำนุบำรุงคลองต่างๆ ไม่ให้ตื้นเขิน

นาย เย โฮมัน วันเดอร์ ไฮเด ได้ทำรายงานเสนอเห็นควรให้สร้างเขื่อนทดน้ำปิดกั้นแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดชัยนาท ต่อมาในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 ได้ทรงพระกรุณา โปรดเกล้าฯ ให้จัดตั้ง"กรมทดน้ำ"ขึ้นแทนกรมคลอง เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2457 และทรงแต่งตั้ง นายอาร์ ซี อาร์ วิล สัน เป็นเจ้ากรมทดน้ำ รวมทั้งจัดสร้างโครงการชลประทาน ป่าสักใต้ โครงการสร้างเขื่อนทดน้ำขนาดใหญ่ คือ เขื่อนพระราม 6 ขึ้นที่ตำบลท่าหลวง อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สามารถช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกได้ประมาณ 680,000ไร่ ซึ่งเป็นโครงการชลประทานขนาดใหญ่แห่งแรกในประเทศไทย

เขื่อนพระรามหก ก่อสร้างด้วยหลักวิชาการ ที่ถูกต้องและทันสมัยตามหลักเทคโนโลยีการพัฒนาแหล่งน้ำสมัยใหม่อย่างแท้จริง และนับจากนั้นเป็นต้นมา ได้เริ่มก่อสร้างโครงการชลประทานกระจายไปทั่วทุกภาคของประเทศ ทั้งภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นการจัดการหาน้ำเพื่อการเกษตร และเพื่อการอุปโภค บริโภค งานก่อสร้างโครงการชลประทานได้ขยายออกไปอย่างกว้างขวาง เพื่อรองรับการขยายตัวทางการผลิตและความต้องการบริโภคภายในประเทศ



จนในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้มีพระราชดำริว่า หน้าที่ของกรมทดน้ำ มิได้ปฏิบัติงานอยู่เฉพาะแต่การทดน้ำเพียงอย่างเดียว งานที่กรมทดน้ำปฏิบัติอยู่จริงในขณะนั้นมีทั้งการขุดคลอง การทดน้ำ รวมทั้งการส่ง น้ำตามคลองต่าง ๆ อีกทั้งการสูบน้ำเพื่อช่วยเหลือการเพาะปลูก จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เปลี่ยนชื่อจาก กรมทดน้ำ เป็น กรมชลประทาน เมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2470 โดยให้มีหน้าที่รับผิดชอบงานการขุดคลอง การทดน้ำ การส่งน้ำ และการสูบน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกอย่างทั่วถึง

ในสมัยรัชกาลที่ 9 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงสนพระราชหฤทัยในการศึกษาและพระ ราชทานแนวพระราชดำริอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการพัฒนาแหล่งน้ำมาตลอด เช่น โครงการอ่างเก็บน้ำเขาเต่า ที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อันเป็นโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ อันเนื่องมาจากพระราชดำริแห่งแรก ที่กรมชล ประทานก่อสร้างขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2506 ซึ่งในรัชกาลของพระองค์ได้ทรงมีพระราชดำริให้กรมชลประทานดำเนินงาน พัฒนาแหล่งน้ำทั่วประเทศมาแล้วประมาณ 2,000 โครงการ

➢**ตราสัญลักษณ์ประจำกรม**

<u>เครื่องหมายราชการของกรมชลประทาน</u>

- เป็นเครื่องหมายรูปกลมลาย
- กลางเป็นภาพพระวรุณถือพระขรรค์ ประทับยืนอยู่ในซุ้มเรือนแก้ว (หมายถึง อำนาจ บริหาร อันทรงไว้ซึ่งความสุจริต ยุติธรรมและการตัดสินแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆ) เสด็จลีลามาบนหลังพญานาค (แสดงว่าสังกัดกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์)
- ด้านข้างทั้งสองเป็นภาพพญานาค กำลังพ่นน้ำ (หมายถึงการให้น้ำแก่มนุษยชาติ เพื่อใช้ในกิจการต่างๆให้เกิดความอุดมสมบูรณ์)
- เบื้องล่างนอกขอบเครื่องหมาย มีอักษรข้อความชื่อ กรมชลประทาน เป็นโค้งรองรับ (ไม่จำกัดสีและขนาด)
- ตามประกาศสำนักนายกรัฐมนตรี เรื่อง กำหนดภาพเครื่องหมายราชการ ตามพระราชบัญญัติ เครื่องหมายราชการ พุทธศักราช 2482 (ฉบับที่ 167) ประกาศ ณ วันที่ 30 มีนาคม 2544 ลงพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 118 ตอนที่ 46 หน้า 1 ลงวันที่ 7 มิถุนายน 2544

➢**วิสัยทัศน์**

"กรมชลประทานเป็นองค์กรอัจฉริยะ ที่มุ่งสร้างความมั่นคงด้านน้ำ (Water Security) เพื่อเพิ่มคุณค่าการบริการ ภายในปี 2580"

➢**พันธกิจ**

- พัฒนาแหล่งน้ำและเพิ่มพื้นที่ชลประทานตามศักยภาพของลุ่มน้ำให้เกิดความสมดุล
- บริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการให้เพียงพอ ทั่วถึง และเป็นธรรม
- ดำเนินการป้องกันและบรรเทาภัยอันเกิดจากน้ำตามภารกิจอย่างเหมาะสม
- เสริมสร้างการมีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาแหล่งน้ำ และการบริหารจัดการน้ำ

➢**ประเด็นยุทธศาสตร์**

1. การพัฒนาแหล่งน้ำและเพิ่มพื้นที่ชลประทานตามศักยภาพลักษณะลุ่มน้ำ (Basin-based Approach)
2. การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการ ตามวัตถุประสงค์การใช้น้ำ
3. การป้องกันความเสียหายและสนับสนุนการบรรเทาภัยอันเกิดจากน้ำ
4. การสร้างเครือข่าย และการมีส่วนร่วม (Networking and Participation) ของทุกภาคส่วนในการบริหารจัดการน้ำชลประทานในระดับพื้นที่ (Networking Collaboration Paticipation)
5. การปรับเปลี่ยนสู่องค์กรอัจฉริยะ (Turnaround to Intelligent Organization)

➢**ค่านิยม**

WATER for all

Work Smart	เก่งงาน เก่งคิด
Accountability	รับผิดชอบงาน
Teamwork & Networking	ร่วมมือ ร่วมประสาน
Expertise	เชี่ยวชาญงานที่ทำ
Responsiveness	นำประโยชน์สู่ประชาชน

Work Smart : เก่งงาน เก่งคิด

หมายถึง ใช้ความรอบรู้ทางวิชาการ และเทคโนโลยีในการปฏิบัติงาน ปรับปรุงกระบวนงานอย่างสม่ำเสมอ สร้างสรรค์นวัตกรรม เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงอย่างทันการณ์

Accountability : รับผิดชอบงาน

หมายถึง รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย พร้อมรับการตรวจสอบ และรับฟังข้อสเนอแนะจากผู้เกี่ยวข้อง

Teamwork & Networking : ร่วมมือ ร่วมประสาน

หมายถึง สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น สร้างเครือข่ายในการทำงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกลุ่มต่างๆ เพื่อประโยชน์ในงาน

Expertise : เชี่ยวชาญงานที่ทำ

หมายถึง ศึกษาหาความรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อเสริมความชำนาญในงานที่รับผิดชอบ จนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เชิงวิชาการ และเทคโนโลยีต่างๆ

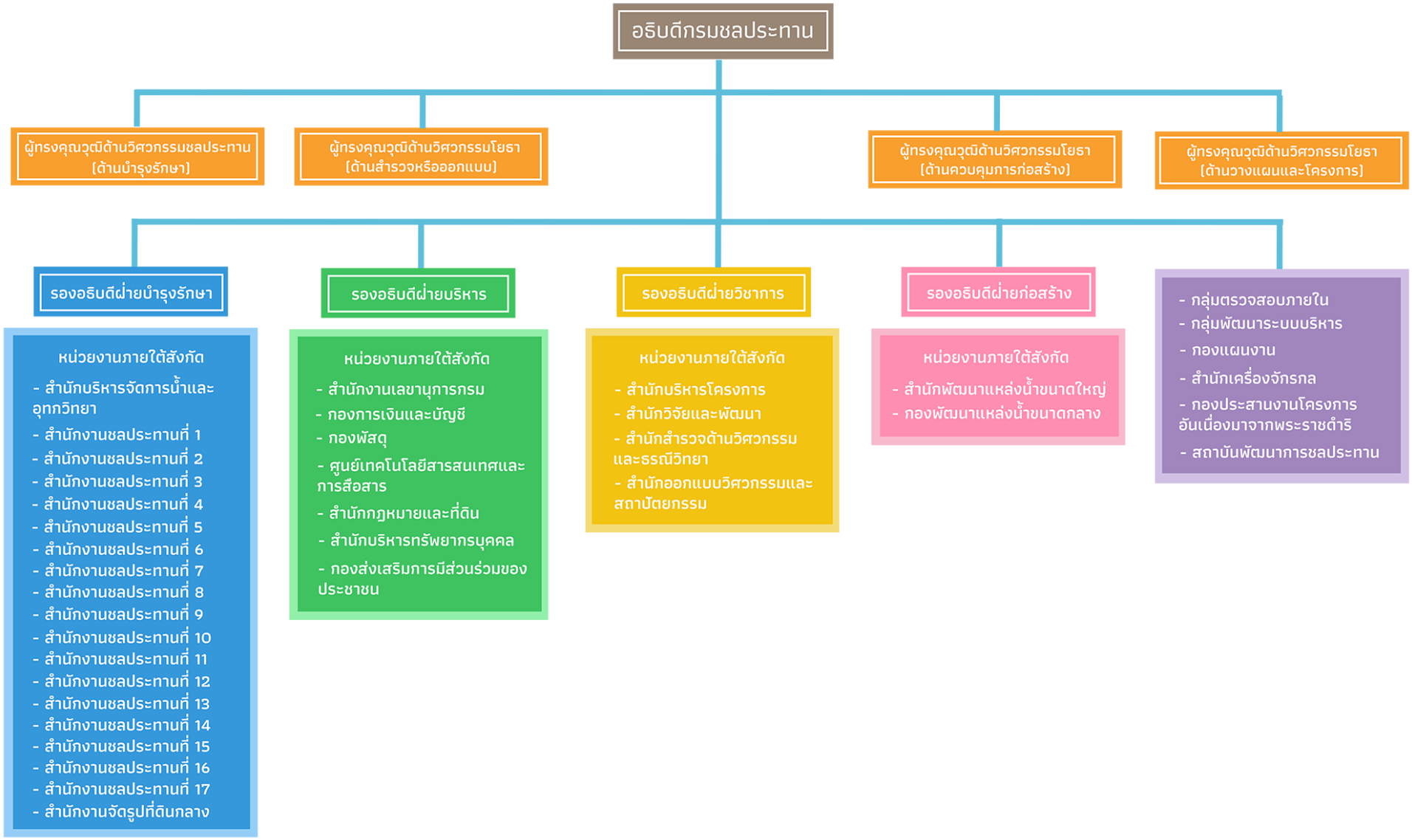
Responsiveness : นำประโยชน์สู่ประชาชน

หมายถึง เต็มใจช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อ แก้ปัญหา พร้อมให้บริการประชาชนด้วยความรวดเร็วและเป็นธรรม

➢**แผนที่ยุทธศาสตร์**

แผนที่ยุทธศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 มิติ 10 เป้าประสงค์ ดังนี้

1. มิติประสิทธิผลตามพันธกิจ	มี 5 เป้าประสงค์
2. มิติคุณภาพการให้บริการ	มี 2 เป้าประสงค์
3. มิติประสิทธิภาพของการปฏิบัติราชการ	มี 3 เป้าประสงค์
4. มิติการพัฒนาองค์กร	มี 1 เป้าประสงค์


อธิบดีกรมชลประทาน
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมชลประทาน (ด้านบำรุงรักษา)
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านสำรวจหรือออกแบบ)
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านควบคุมการก่อสร้าง)
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิศวกรรมโยธา (ด้านวางแผนและโครงการ)
รองอธิบดีฝ่ายบำรุงรักษา
หน่วยงานภายใต้สังกัด
- สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา
- สำนักงานชลประทานที่ 1
- สำนักงานชลประทานที่ 2
- สำนักงานชลประทานที่ 3
- สำนักงานชลประทานที่ 4
- สำนักงานชลประทานที่ 5
- สำนักงานชลประทานที่ 6
- สำนักงานชลประทานที่ 7
- สำนักงานชลประทานที่ 8
- สำนักงานชลประทานที่ 9
- สำนักงานชลประทานที่ 10
- สำนักงานชลประทานที่ 11
- สำนักงานชลประทานที่ 12
- สำนักงานชลประทานที่ 13
- สำนักงานชลประทานที่ 14
- สำนักงานชลประทานที่ 15
- สำนักงานชลประทานที่ 16
- สำนักงานชลประทานที่ 17
- สำนักงานจัดรูปที่ดินกลาง
รองอธิบดีฝ่ายบริหาร
หน่วยงานภายใต้สังกัด
- สำนักงานเลขานุการกรม
- กองการเงินและบัญชี
- กองพัสดุ
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- สำนักกฎหมายและที่ดิน
- สำนักบริหารทรัพยากรบุคคล
- กองส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน
รองอธิบดีฝ่ายวิชาการ
หน่วยงานภายใต้สังกัด
- สำนักบริหารโครงการ
- สำนักวิจัยและพัฒนา
- สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา
- สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม
รองอธิบดีฝ่ายก่อสร้าง
หน่วยงานภายใต้สังกัด
- สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่
- กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง
- กลุ่มตรวจสอบภายใน
- กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร
- กองแผนงาน
- สำนักเครื่องจักรกล
- กองประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
- สถาบันพัฒนาการชลประทาน

➢**ผู้บริหาร**

นายประพิศ จันทร์มา

อธิบดีกรมชลประทาน

ติดต่อผู้บริหาร

โทร 0-2241-0065, 0-2241-0250

➢**หน้าที่ความรับผิดชอบ**

E สมค.39/2558

ด่วนมาก **บันทึกข้อความ**

ส่วนราชการ สำนักบริหารทรัพยากรบุคคล กลุ่มพัฒนาระบบงานและอัตรากำลัง โทร. ๒๔๘๔ ,๒๘๐๓

ที่ สบค.๓๙/๒๕๕๘ **วันที่** ๙ มกราคม ๒๕๕๘

เรื่อง แนวทางปฏิบัติตามกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ.๒๕๕๗

เรียน รองอธิบดี ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เชี่ยวชาญ ผู้อำนวยการสำนัก/กอง ลนก. ผอ.กตน. และ ผอ.กพร.

ด้วยกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ.๒๕๕๗ ได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ ๑๓๑ ตอนที่ ๘๘ ก เมื่อวันที่ ๓๐ ธันวาคม ๒๕๕๗ และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ ๓๐ ธันวาคม ๒๕๕๗ เป็นต้นไป

ดังนั้น เพื่อให้การปฏิบัติราชการตามกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ.๒๕๕๗ เป็นไปอย่างถูกต้องและในแนวทางเดียวกัน จึงได้กำหนดแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

๑. สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางซึ่งเป็นหน่วยงานภายในเดิมให้ เปลี่ยนชื่อเป็นกองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง ตามกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการใหม่ และสำหรับชื่อหน่วยงานภายใต้โครงสร้างการแบ่งงานภายในของกองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางให้ใช้การแบ่งงานและหน้าที่ความรับผิดชอบของสำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง ตามคำสั่งกรมชลประทาน ที่ ๓๗๙/๒๕๕๖ ลงวันที่ ๔ พฤศจิกายน ๒๕๕๖ ไปพลางก่อน

๒. สำนักชลประทานที่ ๑-๑๗ ที่ได้เปลี่ยนชื่อเป็น สำนักงานชลประทานที่ ๑-๑๗ ให้ใช้ชื่อหน่วยงานใหม่ตามกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการดังกล่าว

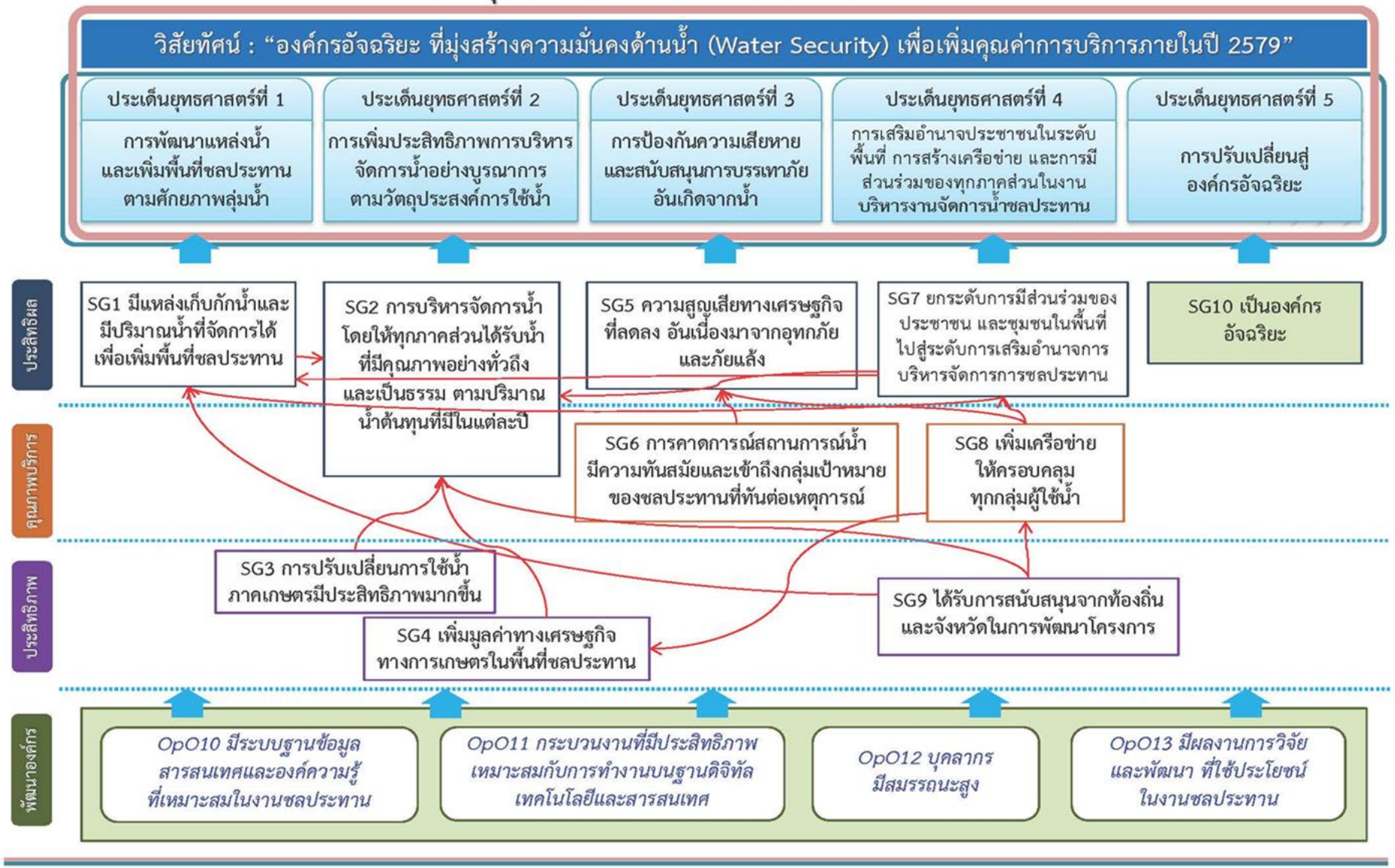
๓. สำนักงานชลประทานที่ ๑-๑๗ และสำนัก กอง กลุ่มที่ขึ้นตรงกรม ที่ไม่มีการเปลี่ยนชื่อหน่วยงาน ให้ใช้การแบ่งงานและหน้าที่ความรับผิดชอบเดิมไปพลางก่อน

ทั้งนี้ จนกว่าจะมีการวิเคราะห์โครงสร้างการแบ่งงานภายในใหม่ที่สอดคล้องกับบทบาทภารกิจและสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป และจะต้องได้รับความเห็นชอบการแบ่งงานดังกล่าวจาก อ.ก.พ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตามหนังสือสำนักงาน ก.พ. ที่ นร ๑๐๐๘/ว๑๗ ลงวันที่ ๒ กรกฎาคม ๒๕๕๒

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและถือปฏิบัติ

(นายเลิศวิโรจน์ โกวัฒนะ)
อธช.

แผนที่ยุทธศาสตร์กรมชลประทาน พ.ศ. 2560 - 2564



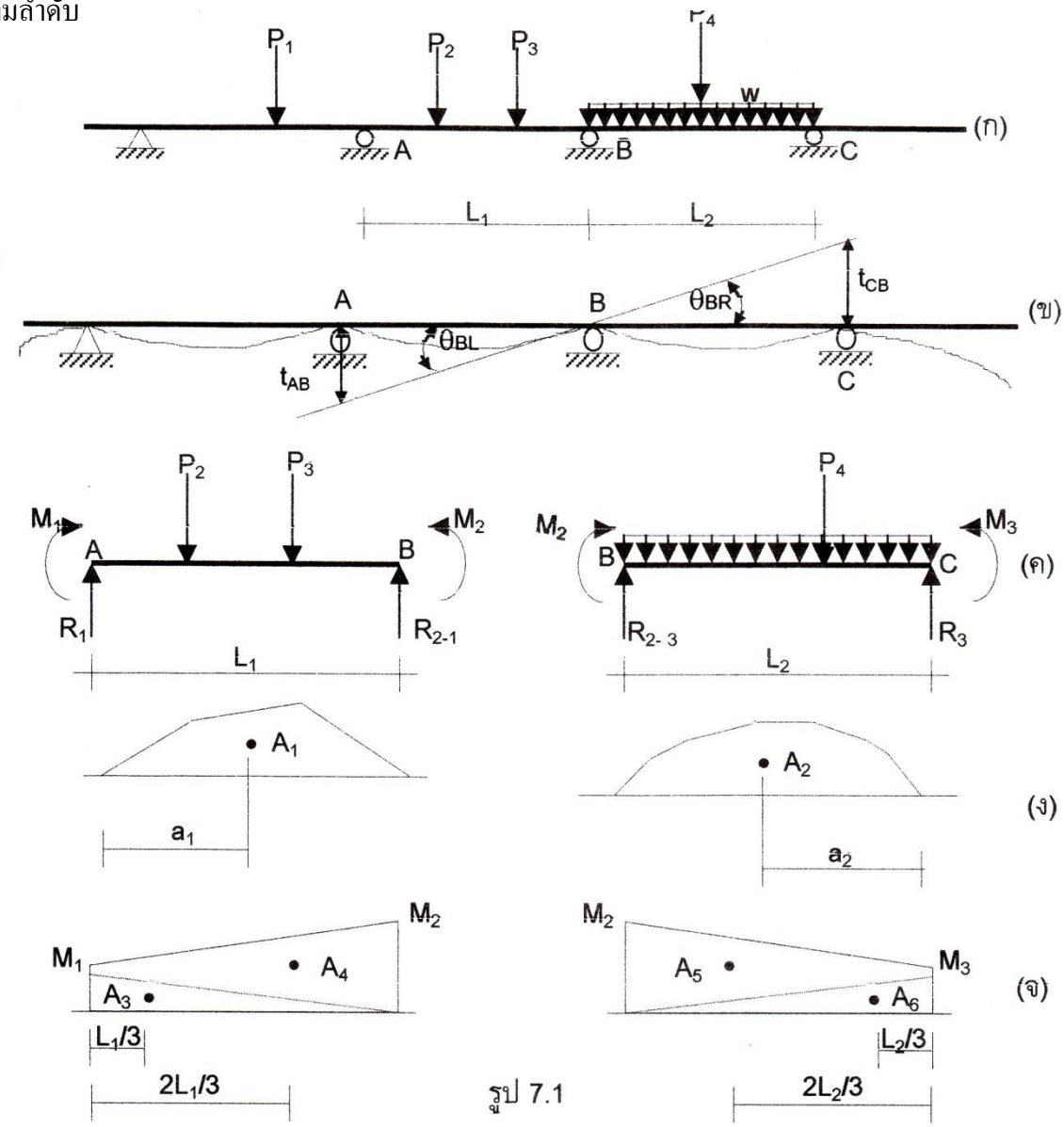
ทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้าง

➢ การวิเคราะห์โครงสร้างโดยทฤษฎีสามโมเมนต์

การวิเคราะห์โครงสร้างโดยทฤษฎีสามโมเมนต์ เป็นวิธีหนึ่งในอีกหลายวิธีที่ใช้วิเคราะห์คานแบบอินดีเทอร์มิเนท ทั้งนี้เป็นคานต่อเนื่องหรือคานช่วงเดียวที่มีจุดรองรับเป็นแบบยึดแน่น (Fixed Support) โดยโครงสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดที่จุดรองรับของคานสามจุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน

การสร้างสมการสามโมเมนต์

กำหนดให้ A, B และ C เป็นจุดรองรับของส่วนหนึ่งของคาน ที่อยู่ต่อเนื่องกันสามจุด คานถูกกระทำด้วยแรงใดๆ ดังรูป 7.1 (ก) ที่จุดทั้งสามมีโมเมนต์ดัดที่มีค่าเป็นบวก M_1 , M_2 และ M_3 และมีแรงปฏิกิริยา R_1 , R_2 และ R_3 ตามลำดับ



รูป 7.1

สมมติว่าคานมีหน้าตัดคงที่ตลอดช่วงคาน (El คงที่) และให้

A_1 = พื้นที่โมเมนต์ของน้ำหนักบรรทุกในช่วง AB มีจุดเซนทรอยด์ห่างจากจุด A = a_1

A_2 = พื้นที่โมเมนต์ของน้ำหนักบรรทุกในช่วง BC มีจุดเซนทรอยด์ห่างจากจุด C = a_2

$A = \frac{L_1}{3}A_3$ = พื้นที่โมเมนต์เนื่องจาก M_1 ในช่วง AB $A = \frac{2L_1}{3}$มีจุดเซนทรอยด์ห่างจากจุด

A_4 = พื้นที่โมเมนต์เนื่องจาก M_2 ในช่วง AB มีจุดเซนทรอยด์ห่างจากจุด

$C = \frac{2L_2}{3}A_5$ = พื้นที่โมเมนต์เนื่องจาก M_2 ในช่วง BC มีจุดเซนทรอยด์ห่างจากจุด

$C = \frac{L_2}{3}A_6$ = พื้นที่โมเมนต์เนื่องจาก M_3 ในช่วง BC มีจุดเซนทรอยด์ห่างจากจุด

พิจารณารูป 7.1 (ข) มุมลาดเอียงที่จุด B เท่ากันทั้งซีกซ้ายและซีกขวา หาความลาดเอียงที่จุด B โดยอาศัยหลักของการหาระยะโก่งด้วยวิธีพื้นที่ของโมเมนต์ ดังนี้

$$\theta_{BL} = -\theta_{BR}$$

$$\frac{t_{AB}}{L_1} = -\frac{t_{CB}}{L_2} \qquad (7.1)$$

$$t_{AB} = \frac{1}{EI}(\text{พื้นที่โมเมนต์})_{AB}.\bar{x}_A$$

$$= \frac{1}{EI}\left[A_1a_1 + \left(\frac{1}{2}M_1L_1\right)\left(\frac{L_1}{3}\right) + \left(\frac{1}{2}M_2L_1\right)\left(\frac{2L_1}{3}\right)\right]$$

$$= \frac{1}{EI}\left[A_1a_1 + \frac{1}{6}M_1L_1^2 + \frac{2}{6}M_2L_1^2\right]$$

$$t_{CB} = \frac{1}{EI}(\text{พื้นที่โมเมนต์})_{BC}.\bar{x}_C$$

$$= \frac{1}{EI}\left[A_2a_2 + \left(\frac{1}{2}M_2L_2\right)\left(\frac{2}{3}L_2\right) + \left(\frac{1}{2}M_3L_2\right)\frac{L_2}{3}\right]$$

$$= \frac{1}{EI}\left[A_2a_2 + \frac{2}{6}M_2L_2^2 + \frac{1}{6}M_3L_2^2\right]$$

แทนค่า t_{AB} และ t_{CB} ในสมการ (7.1)

$$\frac{1}{(EI)(L_1)}\left[A_1a_1 + \frac{1}{6}M_1L_1^2 + \frac{2}{6}M_2L_1^2\right] = -\frac{1}{(EI)(L_2)}\left[A_2a_2 + \frac{2}{6}M_2L_2^2 + \frac{1}{6}M_3L_2^2\right]$$

$$\frac{A_1a_1}{L_1} + \frac{1}{6}ML_1 + \frac{2}{6}M_2L_1 = -\frac{A_2a_2}{L_2} - \frac{2}{6}M_2L_2 - \frac{1}{6}M_3L_2$$

$$\frac{1}{6}\left[ML_1 + 2M_2L_1 + 2M_2L_2 + M_3L_2\right] = -\frac{A_1a_1}{L_1} - \frac{A_2a_2}{L_2}$$

$$ML_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3L_2 = -\frac{6A_1a_1}{L_1} - \frac{6A_2a_2}{L_2} \qquad (7.2)$$

กำหนดให้ $L_o = \frac{6A_1a_1}{L_1}$

$R_o = \frac{6A_2a_2}{L_2}$

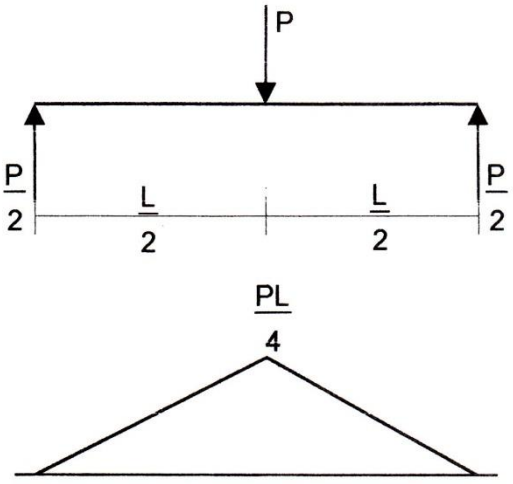
แทนค่า L_o และ R_o ในสมการ (7.2) ได้ดังนี้

$$ML_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3L_2 = -L_o - R_o \qquad (7.3)$$

สมการ (7.2) และ(7.3) เรียกว่าสมการสามโมเมนต์ (Three – moment equation) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดที่จุดรองรับของคานสามจุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน สมการสามโมเมนต์ใช้ได้ดีกับคานต่อเนื่อง ไม่ว่าจะมีหลายช่วงก็ใช้ได้ แต่มีข้อจำกัดว่าคานจะต้องมีค่า EI คงที่ และไม่มีการทรุดตัวที่จุดรองรับ นั่นคือต้องไม่มีการต่อด้วยจุดยึดหมุนภายใน

การหาค่า L_o และ R_o

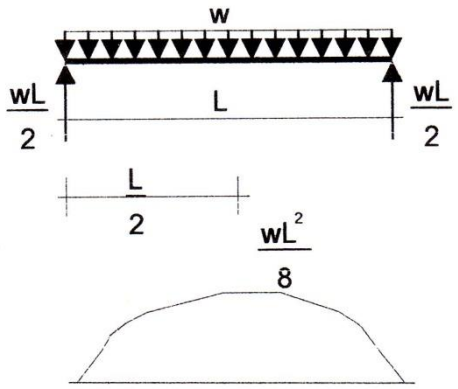
7.2.1 น้ำหนักบรรทุกแบบจุดอยู่ที่กึ่งกลางคาน



$$L_0 = \frac{6A1a1}{L_1} = \frac{6}{L}\left(\frac{1}{2}\,\frac{PL}{4}\,.\,L\right)\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{3PL^2}{8}$$

$$R_0 = \frac{6A2a2}{L_2} = \frac{6}{L}\left(\frac{1}{2}\,\frac{PL}{4}\,.\,L\right)\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{3PL^2}{8}$$

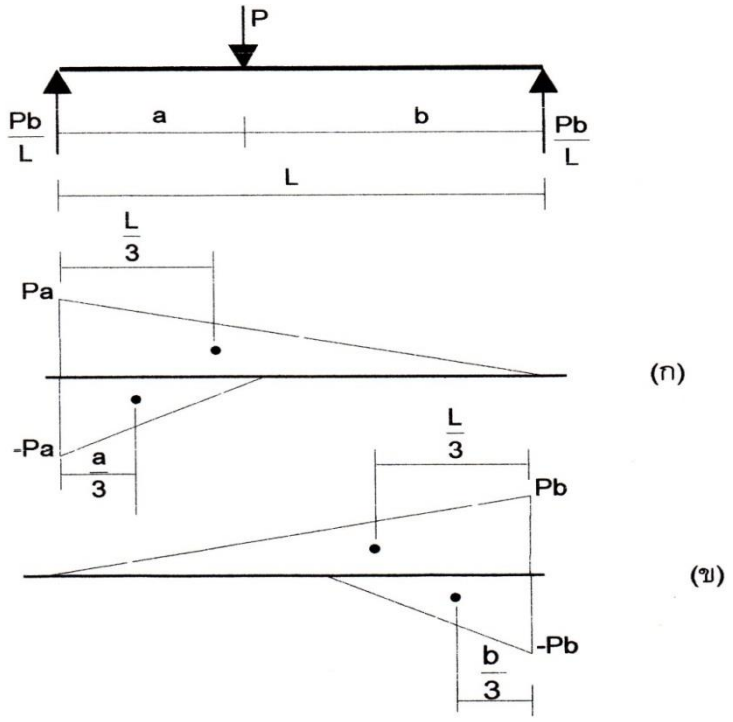
7.2.2 น้ำหนักแบบแผ่สม่ำเสมอตลอดช่วงคาน



$$L_0 = \frac{6A_1a_1}{L_1} = \frac{6}{L}\left(\frac{2}{3}\frac{WL^2}{8}\cdot L\right)\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{WL^3}{4}$$

$$R_0 = \frac{6A_2a_2}{L_2} = \frac{6}{L}\left(\frac{2}{3}\frac{WL^2}{8}\cdot L\right)\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{wL^3}{4}$$

7.2.3 น้ำหนักแบบจุดกระทำ ณ ตำแหน่งใดๆ ของคาน



หา L_0 จากรูป (ก) และหา R_0 จากรูป (ข)

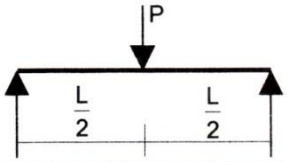
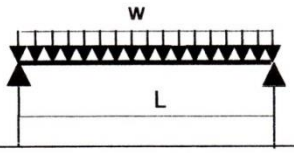
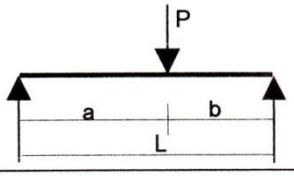
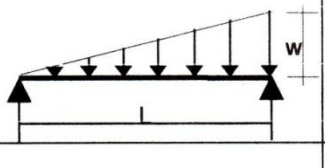
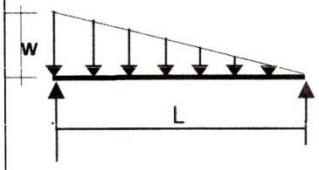
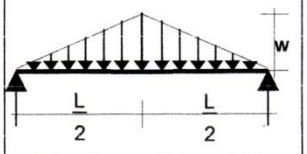
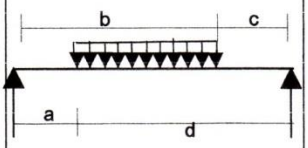
$$L_0 = \frac{6A_1a_1}{L_1} = \frac{6}{L}\left[\left(\frac{1}{2}Pa\cdot L\right)\left(\frac{L}{3}\right) - \left(\frac{1}{2}Pa\cdot a\right)\left(\frac{a}{3}\right)\right]$$

$$= \frac{6}{L}\left(\frac{PaL^2}{6} - \frac{Pa^3}{6}\right) = \frac{Pa}{L}\left(L^2 - a^2\right)$$

$$R_0 = \frac{6A_2a_2}{L_2} = \frac{6}{L}\left[\left(\frac{1}{2}Pb\cdot L\right)\left(\frac{L}{3}\right) - \left(\frac{1}{2}Pb\cdot b\right)\left(\frac{b}{3}\right)\right]$$

$$= \frac{6}{L}\left(\frac{PbL^2}{6} - \frac{Pb^3}{6}\right) = \frac{Pb}{L}\left(L^2 - b^2\right)$$

ตาราง 7.1 ค่า L_o และค่า R_o ที่ควรทราบ

ลักษณะน้ำหนักบรรทุก	L_o	R_o
	$\frac{3PL^2}{8}$	$\frac{3PL^2}{8}$
	$\frac{WL^3}{4}$	$\frac{WL^3}{4}$
	$\frac{Pa}{L}\left(L^2 - a^2\right)$	$\frac{Pb}{L}\left(L^2 - b^2\right)$
	$\frac{8}{60}WL^3$	$\frac{7}{60}WL^3$
	$\frac{7}{60}WL^3$	$\frac{8}{60}WL^3$
	$\frac{5}{32}WL^3$	$\frac{5}{32}WL^3$
	$\frac{W}{4L}\left[b^2(2L^2-b^2) - a^2(2L^2-a^2)\right]$	$\frac{W}{4L}\left[d^2(2L^2-d^2) - c^2(2L^2-c^2)\right]$

การหาค่า L_o และ R_o

1) เลือกจุดรองรับสามจุดที่อยู่ต่อเนื่องกัน โดยเริ่มจากปลายด้านซ้ายหรือปลายด้านขวา ถ้าปลายข้างใดเป็นที่รองรับแบบยึดแน่น (Fixed support) ที่ไม่ทราบค่าโมเมนต์ดัด ให้เพิ่มช่วงคานสมมติเข้าไปอีก 1 ช่วง ให้มีความยาว L = 0.00 จุดรองรับสมมติเป็นแบบยึดหมุน มีโมเมนต์ดัด = 0 และให้กระทำด้วยแรงที่เป็นศูนย์

2) หาค่า L_O และ R_O โดยการคำนวณจากรูป หรือจากตาราง 7.1

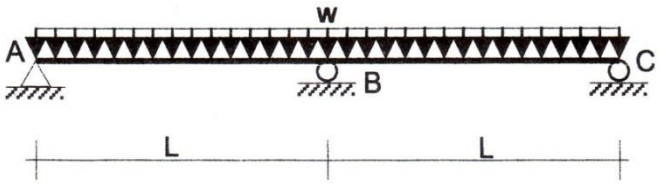
3) เขียนสมการโมเมนต์ จากสามจุดที่เลือกไว้ตอนต้น ถ้าสมการที่เขียนไว้น้อยกว่าจำนวนตัวไม่ทราบค่า หาสมการเพิ่ม โดยเลื่อนจุดพิจารณาออกไปจากจุดเดิม โดยชุดที่เลือกสามจุดหลังมีจุดเริ่มต้นห่างจากจุดเดิมหนึ่งจุด จากสมการที่ได้ แก้สมการหา M_1 , M_2 และ M_3

4) เขียนรูปอิสระของคานแต่ละช่วง คำนวณหาแรงปฏิกิริยา โดยอาศัยสมการสมดุล

5) คำนวณหาค่าแรงเฉือนและเขียนภาพแรงเฉือน (SFD)

6) คำนวณหาค่าโมเมนต์ดัดและเขียนภาพโมเมนต์ดัด (BND)

ตัวอย่างที่ 7.1 คานต่อเนื่องสองช่วงรับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ W ต่อหน่วยความยาว ดังรูป จงหาค่า M_B , R_B และ R_C ของคาน โดยทฤษฎีสามโมเมนต์



$$M_1L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3L_2 = -L_0 - R_0$$

$$L_0 = R_0 = \frac{wL^3}{4}$$

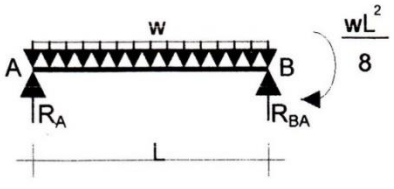
พิจารณาจุดรองรับ ABC

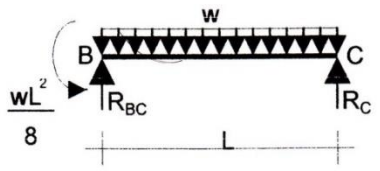
$$M_A = 0,\ M_C = 0$$

$$\therefore\ 2M_B(L + L) = -\frac{wL^3}{2}$$

$$4M_B L = -\frac{wL^3}{2}$$

$$M_B = -\frac{wL^2}{8}$$





ช่วง AB $\sum M_B = 0$

$$R_A \cdot L + \frac{WL^2}{8} = wL \cdot \frac{L}{2}$$

$$R_A \cdot L = \frac{wL^2}{2} - \frac{wL^2}{8} = \frac{3wL^2}{8}$$

$$R_A = \frac{3wL}{8}$$

$$R_{BA} = wL - \frac{3wL}{8} = \frac{5wL}{8}$$

ช่วง BC $\sum M_B = 0$

$$R_C \cdot L + \frac{wL^2}{8} = wL \cdot \frac{L}{2}$$

$$R_C \cdot L = \frac{wL^2}{2} - \frac{wL^2}{8} = \frac{3wL^2}{8}$$

$$R_C = \frac{3wL}{8}$$

$$R_{BC} = wL - \frac{3wL}{8} = \frac{5wL}{8}$$

$$R_A = \frac{3wL}{8}$$

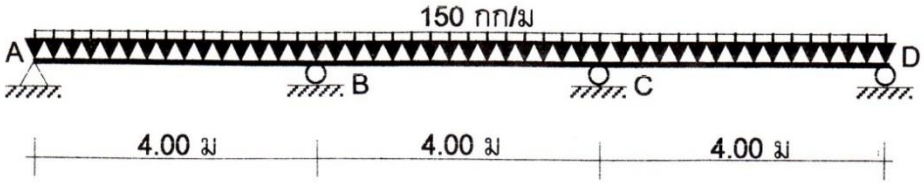
$$R_B = R_{BA} + R_{BC} = \frac{5wL}{8} + \frac{5wL}{8}$$

$$R_B = \frac{10wL}{8}$$

$$R_C = \frac{3wL}{8}$$

$$M_B = -\frac{wL^2}{8}$$

ตัวอย่างที่ 7.2 คาน ABCD เป็นคานต่อเนื่องยาวช่วงละ 4 เมตร มีน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ 150 กิโลกรัมต่อเมตร กระทำตลอดช่วงดังรูป จงหาโมเมนต์และแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับทั้งสี่ พร้อมทั้งเขียนภาพแรงเฉือน (SFD) และภาพโมเมนต์ดัด (BMD)



$$M_1 L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3 L_2 = -L_0 - R_0$$

พิจารณาจุดรองรับ ABC

$$L_O = R_O = \frac{wL^3}{4} = \frac{150 \times 4^3}{4}$$

$$= 2400 \text{ กก-ม}$$

$$M_A = 0$$

$$\therefore \quad 2M_B(4+4) + M_C \times 4 = -2400 - 2400$$

$$16 M_B + 4 M_C = -4800 \qquad \text{.....①}$$

พิจารณาจุดรองรับ BCD

$$L_O = R_O = \frac{wL^3}{4} = \frac{150 \times 4^3}{4}$$

$$= 2400 \text{ กก-ม}$$

$$M_D = 0$$

$$\therefore \quad 4 M_B + 2 M_C (4+4) = -2400 - 2400$$

$$4 M_B + 16 M_C = -4800 \qquad \text{.....②}$$

② x 4 , $16 M_B + 64 M_C = -19200$ .....③

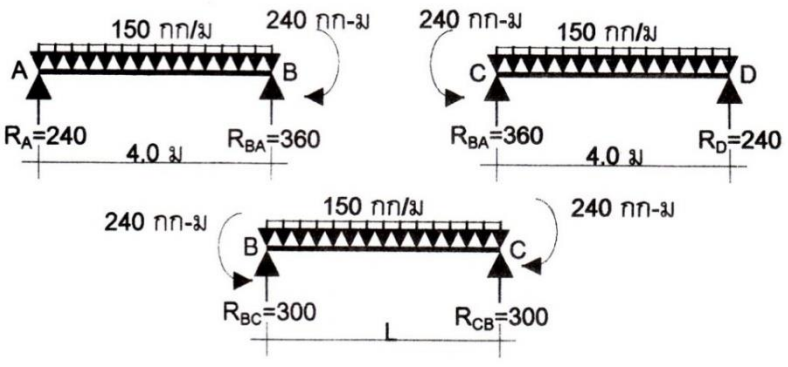
③ - ① $60 M_C = -14400$

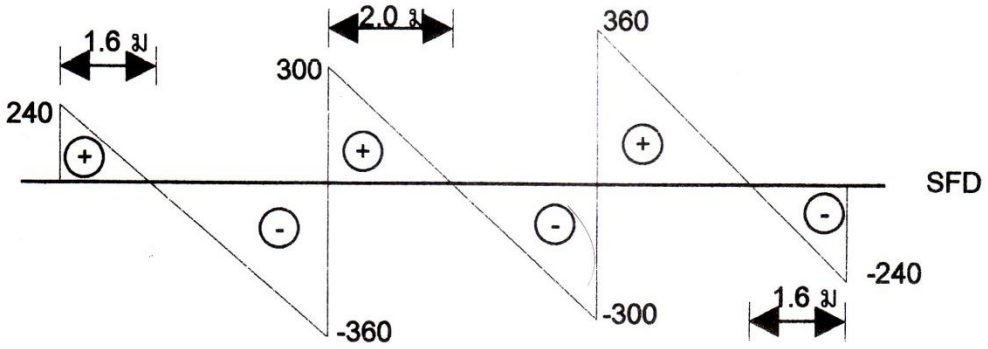
$$M_C = \frac{-14400}{60} = -240 \text{ กก-ม}$$

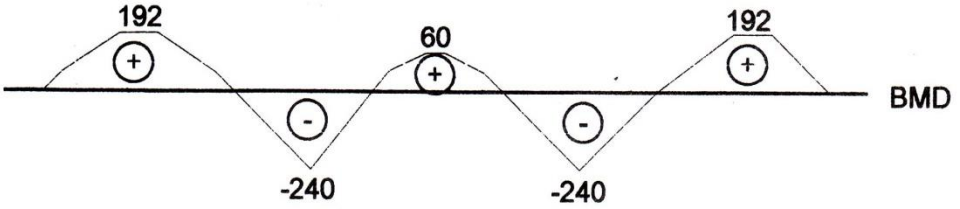
แทนค่า M_C ใน ①

$$16 M_B + 4 \times (-240) = -4800$$

$$M_B = \frac{-4800 + 4 \times 240}{16} = -240 \text{ กก-ม}$$







ช่วง AB

$\sum M_B = 0$

$4 R_A + 240 = 150 \times 4 \times 2$

$R_A = \frac{150 \times 4 \times 2 - 240}{4} = 240$ กก

$R_{BA} = 150 \times 4 - 240 = 360$ กก

ช่วง BC

$\sum M_C = 0$

$4 R_{BC} + 240 = 150 \times 4 \times 2 + 240$

$R_{BC} = \frac{150 \times 4 \times 2}{4} = 300$ กก

$R_{CB} = 150 \times 4 - 300 = 300$ กก

ช่วง CD

$\sum M_D = 0$

$4 R_{CD} = 150 \times 4 \times 2 + 240$

$R_{CD} = \frac{150 \times 4 \times 2 + 240}{4} = 360$ กก

$R_D = 150 \times 4 - 360 = 240$ กก

$R_A = 240$ กก

$R_B = R_{BA} + R_{BC} = 360 + 300 = 660$ กก

$R_C = R_{CB} + R_{CD} = 300 + 360 = 660$ กก

$R_D = 240$ กก

แรงเฉือน

$S_A = 240$ กก

$S_{BL} = 240 - 150x4 = -360$ กก

$S_{BR} = -360 + 660 = 300$ กก

$S_{CL} = 300 - 150x4 = -300$ กก

$S_{CR} = -300 + 660 = 360$ กก

$S_D = -240$ กก

$x_1 = \frac{240}{150} = 1.6$ ม

$x_2 = \frac{300}{150} = 2.0$ ม

$x_3 = \frac{360}{150} = 2.4$ ม

โมเมนต์ดัด

$M_A = 0$

$M^{+1}_{max} = \frac{1}{2} \times 240 \times 1.6 = 192$ กก-ม

$M_B = +192 - \frac{1}{2} \times 360 \times 2.4 = -240$ กก-ม

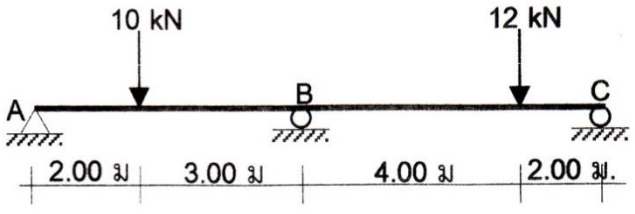
$M^{+2}_{max} = -240 + \frac{1}{2} \times 300 \times 2 = 60$ กก-ม

$M_C = 60 - \frac{1}{2} \times 300 \times 2 = -240$ กก-ม

$M^{+3}_{max} = -240 + \frac{1}{2} \times 360 \times 2.4 = 192$ กก-ม

$M_D = 192 - \frac{1}{2} \times 240 \times 1.6 = 0$

ตัวอย่างที่ 7.3 เขียนภาพแรงเฉือนและภาพโมเมนต์ดัด เมื่อคานต่อเนื่องรับแรงดังรูป



พิจารณาจุดรองรับ ABC

$$M_1 L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3 L_2 = -L_0 - R_0$$

$$L_O = \frac{Pa}{L}\left(L^2 - a^2\right) = \frac{10x2}{5}\left(5^2 - 2^2\right) = 84 \text{ kN.m}$$

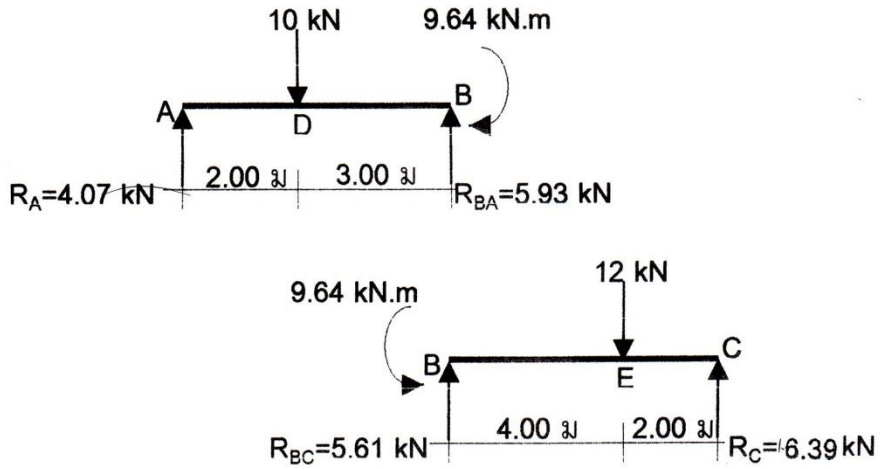
$$R_O = \frac{Pb}{L}\left(L^2 - b^2\right) = \frac{12x2}{6}\left(6^2 - 2^2\right) = 128 \text{ kN.m}$$

$M_A = 0, \quad M_C = 0$

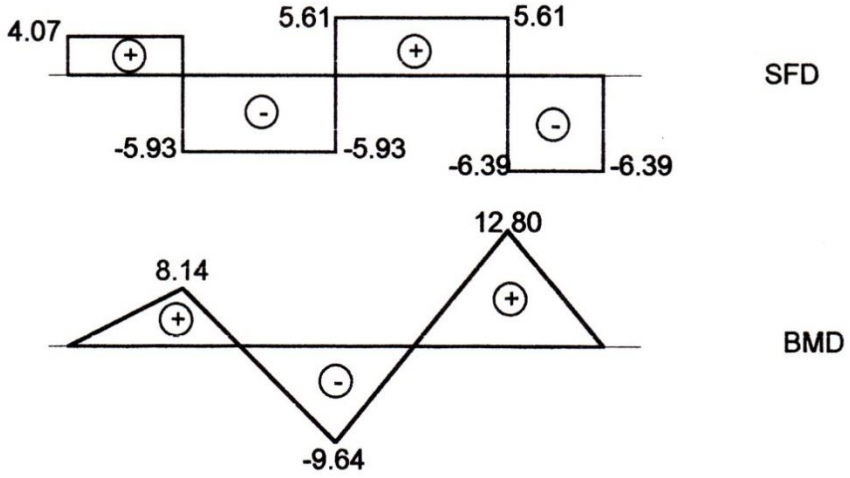
$$\therefore\ 2\,M_B\,(5+6) = -84 - 128$$

$$22\,M_B = -212$$

$$M_B = -\frac{212}{22} = -9.64\ \text{kN.m}$$



ตัวอย่างที่ 7.4 จงเขียนภาพของแรงเฉือน และภาพโมเมนต์ดัด เมื่อคานต่อเนื่องรับแรง ดังรูป



ช่วง AB

$$\Sigma M_B = 0$$

$$5R_A + 9.64 = 10 \times 3$$

$$R_A = \frac{10 \times 3 - 9.64}{5} = 4.07\ \text{kN}$$

$$R_{BA} = 10 - 4.07 = 5.93\ \text{kN}$$

ช่วง BC

$$\Sigma M_C = 0$$

$$6R_{BC} = 12 \times 2 + 9.64$$

$$R_{BC} = \frac{12 \times 2 + 9.64}{6} = 5.61\ \text{kN}$$

$$R_{BC} = 12 - 5.61 = 6.39\ \text{kN}$$

$\therefore$ R_A = 4.07 kN

R_B = $R_{BA} + R_{BC}$ = 5.93 + 5.61 = 11.54 kN

R_C = 6.39 kN

แรงเฉือน

S_A = 4.07 kN

S_D = 4.07 - 10 = - 5.93 kN

S_B = -5.93 + 11.54 = 5.61 kN

S_E = 5.61 - 12 = - 6.39 kN

S_C = -6.39 kN

โมเมนต์ดัด

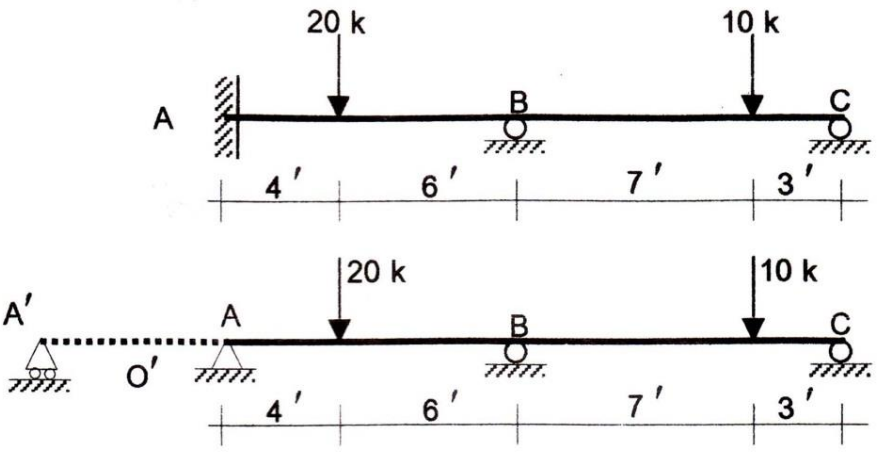
M_A = 0

M_D = 4.07 x 2 = 8.14 kN.m

M_B = 8.14 - 5.93 x 3 = - 9.64 kN.m

M_E = - 9.64 + 5.61 x 4 = 12.8 kN.m

M_C = 0



$M_1L_1 + 2M_2 (L_1 + L_2) + M_3 L_2 = - L_0 - R_0$

พิจารณาจุดรองรับ A'AB

L_0 = 0

R_0 = $\frac{Pb}{L}(L^2 - b^2)$ = $\frac{20 \times 6}{10}(10^2 - 6^2)$ = 768 k-ft

M_A' = 0

$\therefore$ $2M_A (0 + 10) + 10 M_B$ = -0 - 768

$20 M_A + 10 M_B$ = - 768 .....①

พิจารณาจุดรองรับ ABC

$$L_0 = \frac{Pa}{L}(L^2 - a^2) = \frac{20 \times 4}{10}(10^2 - 4^2) = 672 \text{ k-ft}$$

$$R_0 = \frac{Pb}{L}(L^2 - b^2) = \frac{10 \times 3}{10}(10^2 - 3^2) = 273 \text{ k-ft}$$

$$M_C = 0$$

$$10 M_A + 2 M_B (10 + 10) = -672 - 273$$

$$10 M_A + 40 M_B = -945 \ldots\ldots\ldots\ldots ②$$

$$② \times 2,\ 20 M_A + 80 M_B = -1890 \ldots\ldots\ldots\ldots ③$$

$$③ - ①\quad 70 M_B = -1122$$

$$M_B = \frac{-1122}{70} = -16.03 \text{ k-ft}$$

แทนค่า M_B ใน ①

$$M_A = \frac{-768 + 10 \times 16.03}{20}$$

$$M_A = -30.38 \text{ k-ft}$$

ช่วง AB

$$\sum M_B = 0$$

$$10R_A + 16.03 = 20 \times 6 + 30.38$$

$$R_A = \frac{20 \times 6 + 30.38 - 16.03}{10} = 13.44 \text{ k}$$

$$R_{BA} = 20 - 13.44 = 6.56 \text{ k}$$

ช่วง BC

$$\sum M_C = 0$$

$$10R_{BC} = 10 \times 3 + 16.03$$

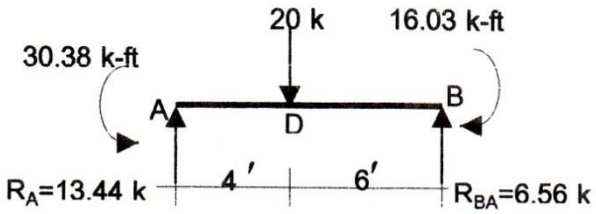
$$R_{BC} = \frac{10 \times 3 + 16.03}{10} = 4.6 \text{ k}$$

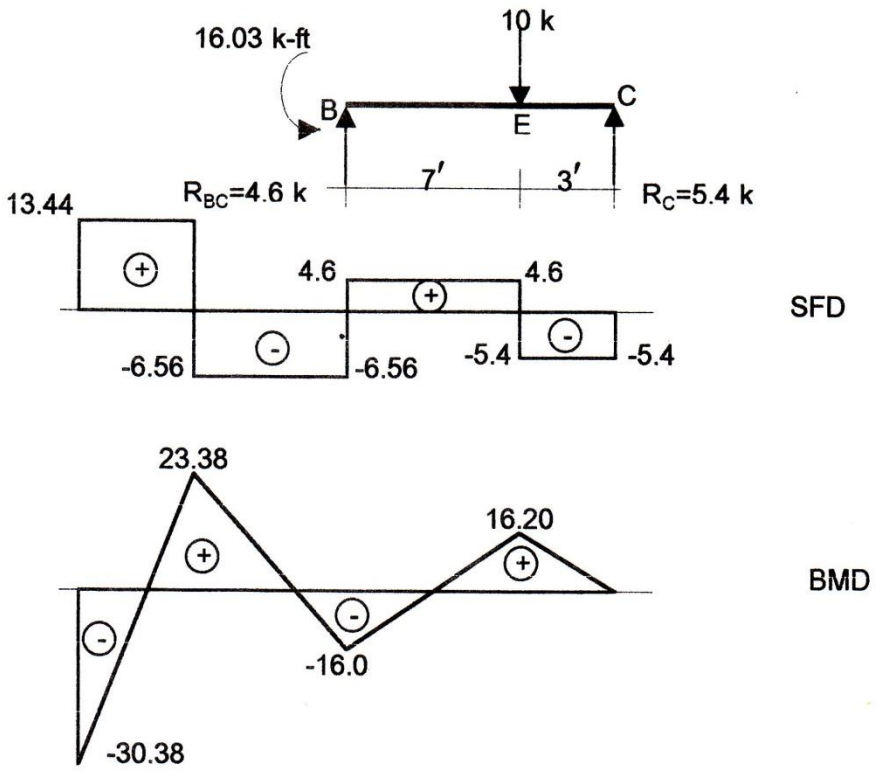
$$R_C = 10 - 4.6 = 5.4 \text{ k}$$

$$R_A = 13.44 \text{ k}$$

$$R_B = R_{BA} + R_{BC} = 6.56 + 4.6 = 11.16 \text{ k}$$

$$R_C = 5.4 \text{ k}$$





ตัวอย่างที่ 7.5 จงเขียนภาพแรงเฉือนและภาพโมเมนต์ดัดของคานต่อเนื่องรับแรง ดังรูป

แรงเฉือน

S_A = 13.44 k

S_D = 13.44 - 20 = - 6.56 k

S_B = -6.56 + 11.16 = 4.6 k

S_E = 4.6 - 10 = - 5.4 k

S_C = - 5.4 k

โมเมนต์ดัด

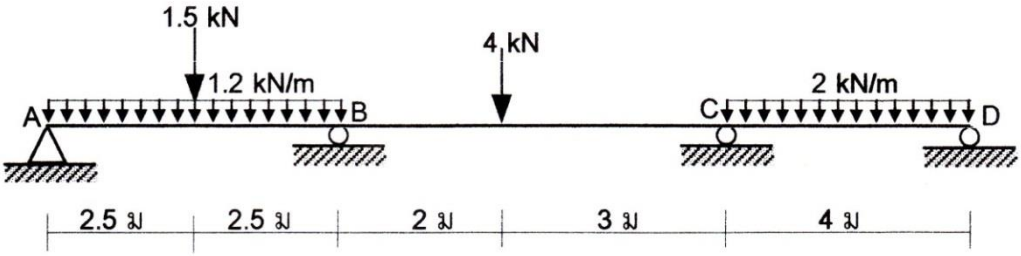
M_A = - 30.38 k-ft

M_D = -30.38 + 13.44 x 4 = 23.38 k-ft

M_B = 23.38 - 6.56 x 6 = -16.0 k-ft

M_E = -16.0 + 4.6 x 7 = 16.2 k-ft

M_C = 0



$M_1L_1 + 2M_2 (L_1 + L_2) + M_3 L_2 = - L_0 - R_0$

พิจารณาจุดรองรับ ABC

$L_0 = \frac{3PL^2}{8} + \frac{wL^3}{4} = \frac{3 \times 1.5 \times 5^2}{8} + \frac{1.2 \times 5^3}{4} = 51.56$ kN.m

$R_0 = \frac{Pb}{L}(L^2 - b^2) = \frac{4x3}{5}(5^3 - 3^2) = 38.4$ kN.m

$M_A = 0$

$\therefore 2M_B (5 + 5) + 5 M_C = -51.56 - 38.4$

$20 M_B + 5 M_C = - 89.96$ .....①

พิจารณาจุดรองรับ BCD

$L_0 = \frac{Pa}{L}(L^2 - a^2) = \frac{4 \times 2}{5}(5^2 - 2^2) = 33.6$ kN.m

$R_0 = \frac{wL^3}{4} = \frac{2 \times 4^3}{4} = 32$ kN.m

$M_D = 0$

$5 M_B + 2 M_C (5 + 4) = - 33.6 - 32$

$5 M_B + 18 M_C = - 65.6$ .....②

② x 4 , $20 M_B + 72 M_C = - 262.4$ .....③

③ - ① $67 M_C = -172.44$

$M_C = \frac{-172.44}{67} = - 2.57$ kN.m

แทนค่า M_C ใน ①

$20 M_B + 5 (-2.57) = - 89.96$

$M_B = \frac{- 89.96 + 5 \times 2.57}{20} = -3.86$ kN.m