มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบปลายปีประจำภาคการศึกษาที่: 2 ปีการศึกษา: 2550

วันที่: 27 กุมภาพันธ์ 2551 เวลา: 09.00 - 12.00 น.

วิชา: 221-371 Highway Engineering ห้องสอบ: R 200

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำคือ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต และพักการเรียน 1 ภาคการศึกษา

คำชี้แจง:

1. สมุดคำถามมีรวม 10 แผ่น 5 ข้อใหญ่ กำกับคะแนนไว้แล้วทุกๆ ที่ คะแนนรวมทุกข้อเท่ากับ 180
2. ให้ตอบคำถามทุกข้อในสมุดคำถามนี้ และควรรู้จักแบ่งเวลาโดยใช้สัดส่วนของคะแนนเป็นแนวทาง
3 ไม่อนุญาตให้แยกสมุดคำตอบเป็นแผ่นๆ ออกจากกัน
4. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ แต่อนุญาตให้นำเครื่องคำนวณใดๆ เข้าห้องสอบได้

ข้อที่	ข้อย่อยที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ทำได้
1		**20**	
	1.1	10	
	1.2	10	
2		**60**	
3		**40**	
	3.1	10	
	3.2	30	
4		**26**	
	4.1	10	
	4.2	6	
	4.3	10	
5		**34**	
	5.1	10	
	5.2	8	
	5.3	6	
	5.4	10	
รวม		**180**	

ส่งเป็นลำดับที่.....เวลาที่ส่ง.....น

ข้อที่ 1 (20 คะแนน)

1.1 (10 คะแนน) *ข้อนี้ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับวิศวกรรมทางหลวง แต่เป็นเรื่องเรขาคณิตและตรีโกณมิติ ที่วิศวกรทางหลวงควรหัดใช้ศาสตร์เหล่านี้ให้คล่อง โดยเฉพาะเมื่อต้องใช้ในเรื่องการออกแบบถนนทางเรขาคณิต*

ณ เวลาเที่ยงตรง บ่อน้ำลึกมากมากแห่งหนึ่งบนพื้นผิวโลกในบริเวณแถบใกล้เส้นศูนย์สูตร (และแน่นอนว่าไม่ได้อยู่แถบขั้วโลก) แสงอาทิตย์สามารถสาดส่องลงไปจนเห็นก้นบ่อชัดเจน และในเวลาเที่ยงตรงเช่นกัน ณ ที่อีกแห่งหนึ่งที่อยู่ห่างจากบ่อนี้ 500 กิโลเมตร เสาตรงตั้งดิ่งต้นหนึ่งที่มีความสูง 3 เมตร กลับมีเงาทอดยาวออกมา 23.5 เซนติเมตร นักปราชญ์กรีกโบราณคนหนึ่ง (Erastosthenes 276 - 196 B.C.) คิดได้มานานแล้วจากข้อมูลเช่นนี้ว่าโลกน่าจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณขนาดไหน (โดยได้ตั้งสมมุติฐานว่า 1. โลกมีรูปทรงเป็นทรงกลม และ 2. ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากโลกมากๆ เมื่อเทียบกับขนาดของโลก จนแสงอาทิตย์ที่ส่องมาบนโลกขนานกันหมดทุกเส้น) จงคำนวณว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกจากข้อมูลนี้ มีค่าประมาณกี่กิโลเมตร

1.2 (10 คะแนน) *ข้อนี้เริ่มเกี่ยวกับวิศวกรรมทางหลวงบ้าง หลายคนคงจะทำได้ เพราะได้ทำให้ดูในชั้นเรียนแล้ว*

สันชลอความเร็ว Watt's Hump มีผิวบนเป็นส่วนโค้งของวงกลม สันชลอมีความกว้างตามแนวถนนเท่ากับ 3.70 เมตร และมีความสูงที่จุดกึ่งกลางเท่ากับ 10 เซ็นติเมตร ถ้าสมมุติฐานการออกแบบสันชลอนี้ คือการทำให้พาหนะที่แล่นมาด้วยความเร็วสูงกว่าที่กำหนด เริ่มเกิดความรู้สึกไม่สบาย ด้วยการยกตัวลอยขึ้นเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลางเริ่มจะมีค่ามากกว่าน้ำหนักยานพาหนะ (แล้วพาหนะคงจะต้องตกกลับลงมากระแทกพื้นหลังจากนั้น) จงคำนวณหาค่าความเร็วยานพาหนะตามเงื่อนไขข้างต้นในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข้อที่ 2 (60 คะแนน)

โค้งราบวงกลม ยาว 400 เมตร บนถนนลาดยางสองช่องจราจรขนาด 3.50 เมตร/ช่องทาง และไหล่ทางลาดยาง กว้างข้างละ 2 เมตร สายหนึ่ง ได้รับการออกแบบให้แล่นได้ด้วยความเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะหยุดปลอดภัย *ที่คำนวณได้* จากค่าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมีค่าเท่ากับ 180 เมตร โดยคิดค่าเวลาปฏิกิริยา 2.5 วินาที ถ้าค่าการยกโค้งสูงสุดต้องไม่เกิน 7% และสมมุติว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานด้านข้างสำหรับการชับขี่เข้าทางโค้งเท่ากับ 1/3 ของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสำหรับการเบรคในทางตรง

2.1 จงประมาณค่า Intermediate Sight Distance (ISD) และ Passing Sight Distance (PSD) สำหรับโค้งนี้ (2 คะแนน)

ISD = PSD =

2.2 จงคำนวณหาค่าประมาณ ของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานตามยาว จากเงื่อนไขข้างต้น (4 คะแนน)

2.3 จงคำนวณหาค่ารัศมีที่น้อยที่สุดของโค้งราบนี้ (4 คะแนน)

ในข้อต่อๆ ไป นอกจากเงื่อนไขทั้งหมดที่ระบุแต่ต้นแล้ว ให้สมมุติต่อไปว่าคำตอบจากข้อ 2.3 เท่ากับ 400 เมตร

2.4 จงคำนวณ (พร้อมวาดรูปประกอบเพื่อความชัดเจน) มุมเบี่ยงเบน Δ ของถนนตรงสองสายที่ตัดกันสำหรับโค้งราบนี้ (4 คะแนน)

2.5 โค้งวงกลมดังกล่าวนี้ เป็นโค้งกี่องศา (Degree of the Curve) (4 คะแนน)

2.6 หาความต้องการการขยายโค้งนี้เพื่อรองรับรถบรรทุก SU ขนาดใหญ่ สมมุติฐานล้อ 15 เมตร (3 คะแนน)

2.7 คำนวณระยะ *จากขอบไหล่ทางถนนด้านใน* ที่ต้องเคลียร์สิ่งกีดขวางการมองเห็นที่อยู่ข้างทางออกไปเ อ ความปลอดภัยในการขับขี่ (ค่าที่คำนวณได้จากสูตร ให้คิดจากกึ่งกลางช่องจราจรฝั่งใน) (4 คะแนน)

และหากจะมีการใส่ โค้งเปลี่ยนแนว ให้กับโค้งราบนี้ จงคำนวณ

2.8 ความยาวของโค้งเปลี่ยนแนวที่มากที่สุด ที่ยังทำให้ Spiral angle มีค่าไม่เกิน 6 องศา ตามเงื่อนไขกา ใส่ โค้งเปลี่ยนแนวแบบ Cubic Parabola Transition (4 คะแนน)

หากสมมุติต่อๆ ไปอีกว่า คำตอบจากข้อ2.6 เท่ากับ100 เมตร จงคำนวณ

2.9 ค่าพิกัดความสบายในหน่วย เมตร/วินาที^{3} *ที่เป็นจริง* สำหรับการออกแบบครั้งนี้ (5 คะแนน)

2.10 ระยะการเลื่อนโค้งวงกลมลงมาจากแนวโค้งวงกลมเดิมเพื่อไปเชื่อมต่อกับโค้งเปลี่ยนแนว (2 คะแนน)

สมมุติว่ามุมเบี่ยงเบน Δ ของถนนตรงสองสายที่ตัดกันสำหรับโค้งนี้ที่คำนวณได้จากข้อ 2.4 เท่ากับ 55 องศา และระยะเลื่อนตัวของโค้งวงกลมในข้อ 1.10 เท่ากับ 1 เมตร

2.11 จงคำนวณค่าระยะ Tangent ระหว่างจุด PI กับจุด TS (3 คะแนน)

2.12 ค่าของมุม ที่ลากจากจุด SC ไปทำมุมกับเส้น Tangent นี้ที่จุด TS (2 คะแนน)

2.13 ความยาวของโค้งวงกลมตามเงื่อนไขใหม่หลังจากที่ได้ใส่โค้งเปลี่ยนแนวให้กับโค้งนี้ไปแล้ว (3 คะแนน)

ถ้าค่าสถานีที่จุด PI เท่ากับ 2+345 จงคำนวณ

2.14 ค่าสถานีที่จุด TS (2 คะแนน)

2.15 ค่าสถานีที่จุด SC (2 คะแนน)

2.16 ค่าสถานีที่จุด CS (2 คะแนน)

2.17 ค่าสถานีที่จุด ST (2 คะแนน)

2.18 คำนวณหาระยะทางตรง ที่เชื่อมต่อระหว่างจุด TS กับจุด ST (3 คะแนน)

2.19 ตรวจสอบว่าค่าที่ได้ในข้อ 2.17 และข้อ 2.18 ไม่ได้ผิดจากที่ท่านคาดไว้ (5 คะแนน)

ข้อที่ 3 (40 คะแนน)

3.1. (10 คะแนน) ทางลาดขึ้น a% ตัดกับทางลาดลง b% เมื่อเชื่อมต่อกันด้วยโค้งดิ่งคว่ำความยาว L จะปรากฏว่า ค่าความลาดทั้งสองข้างจะค่อย ๆ ลาดน้อยลง ๆ จนมีค่าความลาดเป็นศูนย์ที่จุดสูงสุดของโค้งดิ่งคว่ำนั้น เพื่อให้สามารถระบายน้ำได้ดี จึงมักมีการกำหนดให้บริเวณยอดโค้งดิ่งคว่ำที่มีความลาดน้อยกว่า 1 ใน 300 มีความยาวไม่เกิน 100 ฟุต (กล่าวคือ ให้ที่ที่มีความลาดสูงกว่านั้นมีความยาวมาก)

จากข้อมูลข้างต้น จงพิสูจน์ว่า $L \sim 150\,(a - b)$ ฟุต หรือ $L \sim 46\,(a - b)$ เมตร

3.2 (30 คะแนน) โค้งดิ่งคว่ำความยาว 150 เมตร โค้งหนึ่งมีจุด PVI (Point of Vertical Intersection) ที่ Sta 11+000 โดยมี RL (Reduced Level) ที่จุดนี้เท่ากับ 95.20 เมตร ทางที่ลาดขึ้น 1.20% และลาดลง 1.08% นี้ มีท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1 เมตร ลอดผ่านในแนวตั้งฉากกับถนนที่ Sta 11+025 โดยมี RL ณ จุดกึ่งกลางท่อนี้เท่ากับ 91.60 เมตร

1. จงคำนวณว่าส่วนบนของท่อลอดนี้อยู่ลึกจากผิวทางเท่าไร และ
2. จุดสูงสุดของโค้งดิ่งคว่ำนี้อยู่ที่ Sta เท่าไร

ให้สมมติว่าความยาวตามแนวเส้นสัมผัส เท่ากับความยาวตามโค้ง (เนื่องจากความลาดนี้น้อยมาก)

บอกใบ้: อาจจะง่ายขึ้นถ้าคำนวณกลับมาหาค่า Sta และ RL ณ จุด PVC ก่อน แล้วจึงค่อยคำนวณไปข้างหน้า

ข้อที่ 4 (26 คะแนน)

4.1 (10 คะแนน) อธิบาย Climbing lane สำหรับเพิ่มความปลอดภัยและความสะดวกให้แก่ถนนสองช่องจราจรที่ตัดผ่านเนินเขา พร้อมทั้งแนะนำลักษณะการทาสีตีเส้นช่องทางที่มีประสิทธิภาพ

4.2 (6 คะแนน) การตัดถนนผ่านเนินเขาในลักษณะนี้ มักมีข้อแนะนำให้วิศวกรผู้ออกแบบพิจารณาใส่โค้งราบควบคู่ไปกับการทำโค้งดิ่งด้วยทั้งๆ ที่อาจไม่จะเป็นต้องมีโค้งราบก็ได้ จงอธิบายเหตุผลของข้อเสนอเช่นนี้

4.3 (10 คะแนน) ลักษณะการประกอบโค้งราบควบคู่กับโค้งดิ่งที่ดีควรเป็นเช่นไร และไม่ควรเป็นเช่นไร

ข้อที่ 5 (34 คะแนน)

5.1 (10 คะแนน) จงคำนวณค่าสามเหลี่ยมของการมองเห็น สำหรับสี่แยกประเภท Give Way Priority Junction ที่มีทางหลักสองช่องจราจร ผิวจราจรกว้างช่องละ 3.50 ม. ไหล่ทางข้างละ 2.00 ม. และได้รับการออกแบบสำหรับการขับขี่ด้วยความเร็ว 90 กม/ชม ตัดกับทางรองสองช่องจราจรที่มีป้ายกำหนดความเร็วเข้าสู่ทางแยกในทางรองไม่เกิน 40 กม/ชม กำหนดให้ขีดจำกัดการลดความเร่งลงของยานพาหนะเท่ากับ 0.25 g ขีดจำกัดการเพิ่มความเร่งขึ้นของยานพาหนะเท่ากับ 0.15 g เวลาปฏิกิริยาของผู้ขับขี่เท่ากับ 2.5 วินาที เวลาเผื่อสำหรับความปลอดภัยเท่ากับ 2 วินาที และโดยที่ยานพาหนะทั่วไปมีขนาดความยาวประมาณ 5 ม.

5.2 อธิบายคำต่อไปนี้ (8 คะแนน)

Weaving (2 คะแนน)

Crossing (2 คะแนน)

Offside Diverging (2 คะแนน)

Nearside Merging (2 คะแนน)

5.3 (6 คะแนน) สเก็ตภาพเพื่อนับจุดขัดแย้งที่สามแยก สี่แยก และวงเวียน

สามแยก (2 คะแนน)

สี่แยก (2 คะแนน)

วงเวียน (2 คะแนน)

5.4 (10 คะแนน) อธิบายหลักการการทำทางแยกต่างระดับของสามแยกและสี่แยก ว่าควรทำเมื่อไร เพราะอะไร ทางใดควรอยู่บนอยู่ล่างเพราะอะไร ต้องคิดถึงความแตกต่างความเร็วอย่างไร และอื่นๆ ที่ท่านอยากให้ทราบ

สูตรบางสูตรเพื่อให้ท่านพิจารณาเลือกใช้ในการคำนวณ

$x = (R^2 - L^2 + B^2)^{1/2} - (R^2 - L^2)^{1/2}$

$x = g_1 L / A$

$y = R - (R^2 - L^2)^{1/2}$

$y = k x^2$

$y = k x^3$

$z = (R^2 + 2 L F + F^2)^{1/2} - R$

$S = u t + \frac{1}{2} a t^2$

$S = L^2 / 24 R$

$S = (1 / 3.6) V tr + V^2 / 254 f$

$e + f = V^2 / 127 R$

$M = S^2 / 8 R$

$M = L (2 S - L) / 8 R$

$L = S^2 A / [200 (h_1^{1/2} + h_2^{1/2})^2]$

$L = 2 S - [200 (h_1^{1/2} + h_2^{1/2})^2 / A]$

$L = S^2 A / (200 h + 3.5 S)^2$

$L = 2 S - [(200 h + 3.5S) / A]$

$L = v^3 / R c$

$L = V^2 A / 1296 c$

$L_c = R \Delta - L_s$

$L = (R + S) \Delta$

$L = R \theta$

$\emptyset' = L_s / 2 R$

$T = R \tan (\Delta/2)$

$T = (R + S) \tan (\Delta/2) + (L_s / 2)$

$k = (1 / 6) R L_s$

$k = A / 200 L$