



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินความเสียหายของอุโมงค์รถไฟในประเทศไทย  
Assessment of railway tunnels damages in Thailand

สิทธิภัทร์ เอื้ออภิวัชร์  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล  
(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 668363  
สัญญาเลขที่ 51/2561

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินความเสียหายของอุโมงค์รถไฟในประเทศไทย  
(Assessment of railway tunnels damages in Thailand)

สิทธิภัทร์ เอื้ออภิวัชร์  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา

ธันวาคม 2561

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ความสะดวกด้านเครื่องมือและห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ธุรการ และช่างเทคนิคประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ช่วยประสานงานและช่วยเหลือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล (งบประมาณเงินแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 51/2561

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นฐานข้อมูล เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนปรับปรุงอุโมงค์ให้มีความปลอดภัยต่อไป

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์รถไฟที่ผ่านหุบเขาทั้ง 7 แห่งของประเทศไทย ได้แก่ อุโมงค์ปางตูปขอบ อุโมงค์เขาพลึง อุโมงค์ห้วยแม่ลาน อุโมงค์ขุนตาน อุโมงค์พระพุทธราย อุโมงค์เขาพังเหย และอุโมงค์ช่องเขา การสำรวจความเสียหายใช้หลักการประเมินความเสียหายของฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ โดยเป็นการสำรวจความเสียหายด้วยสายตา ความเสียหายหลักที่ได้ทำการสำรวจประกอบไปด้วย การสำรวจการรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวของคอนกรีต และการหลุดร่อนของคอนกรีต เกณฑ์การประเมินแบ่งออกเป็น 10 ช่วง ตั้งแต่ 0 ถึง 9 โดย 9 หมายถึงโครงสร้างที่ก่อสร้างเสร็จใหม่ ส่วน 0 หมายถึง โครงสร้างที่อยู่ในสภาพวิกฤต ทำการสำรวจและประเมินความเสียหายของอุโมงค์ทุกๆ 25 เมตร จากนั้นทำการคำนวณค่าความเสียหายรวมของอุโมงค์

ผลการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์เมื่อพิจารณาความเสียหายโดยรวม อุโมงค์ที่เสียหายมากที่สุดคือ อุโมงค์เขาพลึง โดยมีค่าความเสียหายอยู่ที่ 4.58 สามารถระบุได้ว่าเป็นอุโมงค์ที่มีสภาพแย่มากพอใช้ ตามมาตรฐานของฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ และอุโมงค์ที่เสียหายน้อยที่สุดคือ อุโมงค์เขาพังเหย โดยมีค่าความเสียหายอยู่ที่ 5.84 สามารถระบุได้ว่าเป็นอุโมงค์ที่มีสภาพพอใช้ถึงดี ตามมาตรฐานของฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปเพื่อเป็นข้อมูลในการสำรวจความเสียหายโดยละเอียดและเพื่อประกอบในการวางแผนปรับปรุงอุโมงค์ให้มีสภาพดีขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : อุโมงค์, ความเสียหาย

## Abstract

Railway tunnels damages survey was conducted by visual inspection following Mass Transit Administration of Maryland (MTA) procedures. Seven railway tunnels owned by State Railways of Thailand (SRT) were chosen as a case study. Three major tunnel problems according to MTA (tunnel leaks, cracking, and spalling) were investigated. Tunnel visual inspection were conducted every 25-meters segment. All damages found were recorded their photos were taken during inspection. Each railways tunnel was analyzed to generate the Overall Damage Rating (ODR) to represent railways tunnel condition of each tunnel.

The results shown that the worst railway tunnel condition was Khao Phlueng tunnel (ODR 4.58) and based on MTA structural defect rating which can be classified as poor to fair condition. The best railway tunnel condition was Khao Phang Hoei (ODR 5.84) which can be classified as fair to good condition. The approach presented in this paper can be applied for further details damage survey and to prioritize the railway tunnels amendment efficiently

**Keywords:** Tunnel, Damage

## สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	3
2.1 ประวัติอุโมงค์รถไฟในประเทศไทย	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
<b>บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	25
3.1 วิธีการประเมินความเสียหายของอุโมงค์	26
<b>บทที่ 4 ผลการสำรวจ</b>	28
4.1 อุโมงค์ปางตุนขอบ	28
4.2 อุโมงค์เขาพลึง	29
4.3 อุโมงค์ห้วยแม่ลาน	30
4.4 อุโมงค์ขุนตาน	32
4.5 อุโมงค์พระพุทธฉาย	34
4.6 อุโมงค์เขาพังเหย	36

## สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
4.7 อุโมงค์ช่องเขา	37
<b>บทที่ 5 สรุปผลการสำรวจ</b>	39
5.1 สรุปผลการสำรวจ	39
<b>บรรณานุกรม</b>	42
ภาคผนวก ก รายงานการเงิน	43
ภาคผนวก ข ประวัตินักวิจัย	45

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ปางตูปขอบ	4
ตารางที่ 2.2	ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์เขาพลึง	5
ตารางที่ 2.3	ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน	6
ตารางที่ 2.4	ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ขุนตาน	8
ตารางที่ 2.5	ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์พระพุทธราย	9
ตารางที่ 2.6	ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์เขาพังเหย	10
ตารางที่ 2.7	ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ช่องเขา	12
ตารางที่ 3.1	MTA Inspection Defect Code	26
ตารางที่ 3.2	Tunnel Problem Priorities	27
ตารางที่ 3.3	MTA Structural Defect Rating	27
ตารางที่ 4.1	ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ปางตูปขอบ	28
ตารางที่ 4.2	ผลการประเมินความเสียหายของโดยภาพรวม	29
ตารางที่ 4.3	ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์เขาพลึง	29
ตารางที่ 4.4	ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์เขาพลึง	30
ตารางที่ 4.5	ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน	31
ตารางที่ 4.6	ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน	31
ตารางที่ 4.7	ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ขุนตาน	32
ตารางที่ 4.8	ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ขุนตาน	34
ตารางที่ 4.9	ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์พระพุทธราย	34
ตารางที่ 4.10	ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์พระพุทธราย	36
ตารางที่ 4.11	ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์เขาพังเหย	36
ตารางที่ 4.12	ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์เขาพังเหย	37
ตารางที่ 4.13	ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ช่องเขา	38
ตารางที่ 4.14	ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ช่องเขา	38
ตารางที่ 5.1	ผลการสำรวจอุโมงค์ 7 แห่ง	41



สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 อุโมงค์ปางตูปขอบ	3
รูปที่ 2.2 ที่ตั้งอุโมงค์ปางตูปขอบ	3
รูปที่ 2.3 อุโมงค์เขาพลึง	4
รูปที่ 2.4 ที่ตั้งอุโมงค์เขาพลึง	5
รูปที่ 2.5 อุโมงค์ห้วยแม่ลาน	6
รูปที่ 2.6 ที่ตั้งอุโมงค์ห้วยแม่ลาน	6
รูปที่ 2.7 อุโมงค์ขุนตาน	7
รูปที่ 2.8 ที่ตั้งอุโมงค์ขุนตาน	7
รูปที่ 2.9 อุโมงค์พระพุทธราย	8
รูปที่ 2.10 ที่ตั้งอุโมงค์พระพุทธราย	9
รูปที่ 2.11 อุโมงค์เขาพังเหย	10
รูปที่ 2.12 ที่ตั้งอุโมงค์เขาพังเหย	10
รูปที่ 2.13 อุโมงค์ช่องเขา	11
รูปที่ 2.14 ที่ตั้งอุโมงค์ช่องเขา	11
รูปที่ 2.15 การชำระที่บริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีต	12
รูปที่ 2.16 การถ่ายน้ำหนักที่รอยต่อ	12
รูปที่ 2.17 อาการน้ำทะเลาะที่รอยต่อ	13
รูปที่ 2.18 การกะเทาะบริเวณรอยต่อตามขวาง	14
รูปที่ 2.19 การกะเทาะบริเวณรอยต่อ	14
รูปที่ 2.20 การกะเทาะที่มุมแผ่นคอนกรีต	15
รูปที่ 2.21 รอยแตกตามขวางในบริเวณถัดจากปลายเหล็กเดือย	15
รูปที่ 2.22 รอยแตกทรวดและมีระดับแตกต่างกัน	16
รูปที่ 2.23 รอยแตกหักที่มุม	17
รูปที่ 2.24 รอยแตกผ่านตลอดความหนาของแผ่นคอนกรีตในแนวตั้ง	17
รูปที่ 2.25 มุมแผ่นคอนกรีตแตกหัก	18
รูปที่ 2.26 รอยแตกตามยาว	18
รูปที่ 2.27 รอยแตกบริเวณบ่อตรวจหรือบ่อระบายน้ำ	19
รูปที่ 2.28 แผ่นคอนกรีตโก่งงอแตกหัก	20
รูปที่ 2.29 อาการทะเลาะและน้ำเอี่ยม	20
รูปที่ 2.30 การชำระที่ผิวของแผ่นคอนกรีต	21

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.31 รอยแตกสะเก็ดหรือแตกกระแหงคล้ายแผ่นที่	21
รูปที่ 2.32 รอยแตกจากการหดตัว	22
รูปที่ 2.33 หินโผล่	22
รูปที่ 3.1 ที่ตั้งอุโมงค์ทั้ง 7 แห่ง	25

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การขนส่งด้วยระบบรถไฟเป็นหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการคมนาคมขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เป็นการขนส่งระหว่างเมืองหลวงไปสู่ชนบทหรือระหว่างชนบทต่อชนบทด้วยกัน ภาครัฐได้ตระหนักถึงความสำคัญของระบบขนส่งดังกล่าวจึงได้มีการขยายเส้นทางหลายเส้นทางเพื่อให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีให้แก่ประชาชนและเพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันของประเทศ เมื่อรถไฟวิ่งสู่ชนบทมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่บางเส้นทางจะต้องทำการตัดผ่านภูเขา ซึ่งหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็จำเป็นต้องทำการเจาะอุโมงค์เพื่อให้รถไฟวิ่งผ่านไป ได้ อุโมงค์รถไฟในประเทศไทยมีทั้งหมดจำนวน 7 อุโมงค์ ซึ่งทั้งหมดล้วนก่อสร้างมาเป็นเวลายาวนาน อุโมงค์เก่าแก่ที่สุดคืออุโมงค์ปางตูปชอบมีอายุ 107 ปี ส่วนอุโมงค์ที่มีอายุน้อยที่สุดคืออุโมงค์พระพุทธราย มีอายุ 22 ปี การศึกษาระบบการบำรุงรักษาอุโมงค์รถไฟของไทยจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพบว่าระบบการจัดการบำรุงรักษาโครงสร้างอุโมงค์ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรเนื่องจากขาดระบบการจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพตั้งแต่การบันทึกสภาพความเสียหายและจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์และประเมินสภาพความเสียหายรวมถึงการประมวลผลและการรายงานผลเพื่อการบำรุงรักษา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลสำหรับงานบำรุงรักษาอุโมงค์รถไฟของไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์รถไฟของประเทศไทยทั้งหมด 7 แห่งโดยแบ่งตามสภาพภูมิภาคประเทศดังนี้คือ ภาคเหนือ มีจำนวน 4 อุโมงค์ ได้แก่ อุโมงค์ปางตูปชอบ อุโมงค์เขาพลึง อุโมงค์ห้วยแม่ลานและอุโมงค์ขุนตาน ภาคตะวันออก มีจำนวน 1 อุโมงค์ คืออุโมงค์พระพุทธราย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวน 1 อุโมงค์ คือ อุโมงค์เขาพังเหย และภาคใต้ จำนวน 1 อุโมงค์ คือ อุโมงค์เขาช่อง

### 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การประเมินสภาพความเสียหายของอุโมงค์ เป็นการประเมินสภาพความเสียหายเพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนปรับปรุงอุโมงค์ให้มีความปลอดภัย รวมทั้งเป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนการบำรุงรักษาอุโมงค์ในอนาคตโดยมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1.2.1 เพื่อประเมินสภาพความเสียหายของอุโมงค์

1.2.2 เพื่อจัดทำฐานข้อมูลสภาพความชำรุดเสียหายของอุโมงค์

### 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบสภาพความเสียหายของอุโมงค์จำนวน 7 แห่ง ได้แก่

1. อุโมงค์ ปางตือบขอบ
2. อุโมงค์ เขาพลึง
3. อุโมงค์ ห้วยแม่ลาน
4. อุโมงค์ ขุนตาน
5. อุโมงค์ พระพุทธฉาย
6. อุโมงค์ เขาพังเหย
7. อุโมงค์ ช่องเขา

โดยความเสียหายหลักที่จะทำการสำรวจ ประกอบไปด้วย

- การรั่ว (Leakage)
- การปริแตก หลุดล่อน (Spalling)
- การแตกร้าว (Crackage)

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

- 1.4.1 สามารถระบุความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุโมงค์รถไฟ
- 1.4.2 สามารถสร้างฐานข้อมูลความเสียหายของอุโมงค์รถไฟ
- 1.4.3 สามารถใช้ฐานข้อมูลความเสียหายในการประเมินความสำคัญและจำเป็นในการปรับปรุงอุโมงค์รถไฟให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์พร้อมใช้งานได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ประวัติอุโมงค์รถไฟในประเทศไทย

##### 2.1.1 อุโมงค์ปางตูปขอบ

อุโมงค์ปางตูปขอบ เป็นอุโมงค์รถไฟแห่งแรกของเส้นทางรถไฟสายเหนือ อุโมงค์นี้เป็นอุโมงค์ที่สั้นที่สุด มีความยาวเพียง 120.09 เมตร ผนังอุโมงค์เป็นผนังอิฐก่อ (Masonry) และสามารถมองเห็นจากต้นอุโมงค์ถึงปลายอุโมงค์ได้ อุโมงค์ปางตูปขอบ ตั้งอยู่ในเขต ต.บ้านด่านนาขาม อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ บริเวณ กม. 513+721.55 ถึง กม. 513+841.64 อยู่ระหว่างสถานีปางต้นผึ้ง (กม. 509.36) และสถานีห้วยไร่ (กม. 521.48) อุโมงค์ปางตูปขอบ แสดงดังรูปที่ 2.1 ที่ตั้งของอุโมงค์ปางตูปขอบ แสดงดังรูปที่ 2.2 ข้อมูลพื้นฐานอุโมงค์แสดงดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 อุโมงค์ปางตูปขอบ



รูปที่ 2.2 ที่ตั้งอุโมงค์ปางตูปขอบ

## ตารางที่ 2.1 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ปางตูปขอบ

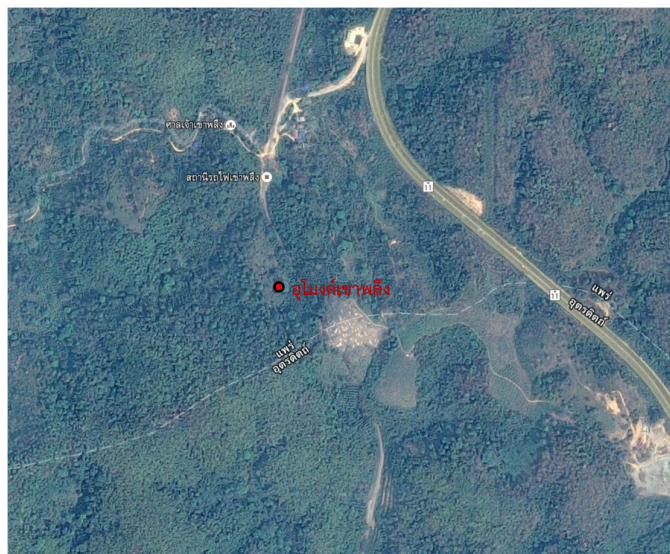
ชื่ออุโมงค์	ปางตูปขอบ
อายุ	107 ปี
ความยาวอุโมงค์	120.09 เมตร
ที่ตั้ง	ต.บ้านด่านนาขาม อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์
พิกัด	N17.824830, E100.049967
สถานีรถไฟใกล้เคียง	สถานีรถไฟปางต้นฝิ่ง ระยะทาง 4.36 กิโลเมตร
คาดอุโมงค์	ผนังอิฐก่อ
ระบบระบายน้ำ	มี
ระบบไฟส่องสว่าง	ไม่มี
สถานที่หลบรถไฟ	ไม่มี

### 2.1.2 อุโมงค์เขาพลึง

เป็นอุโมงค์ในเส้นทางสายเหนือแห่งที่สอง ต่อจากอุโมงค์ปางตูปขอบ ห่างจากอุโมงค์ปางตูปขอบ 2.569 กิโลเมตร ตัวอุโมงค์ยาวทั้งสิ้น 362.44 เมตร โครงสร้างอุโมงค์เป็นผนังคอนกรีต (Cast in place concrete) และมีส่วนที่เป็นหินผนังเดิม จากการขุดเจาะโดยไม่คาดคอนกรีต (Unlined Rock) เขตที่ตั้งของอุโมงค์เขาพลึงอยู่ในพื้นที่ ต.ห้วยไร่ อ.เด่นชัย จ.แพร่ บริเวณ กม. 516+410.66 ถึง กม. 516+773.10 ระหว่างสถานีปางต้นฝิ่ง (กม. 509.36) และสถานีห้วยไร่ (กม. 521.48) อุโมงค์เขาพลึง แสดงดังรูปที่ 2.3 ที่ตั้งของอุโมงค์เขาพลึง แสดงดังรูปที่ 2.4 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์เขาพลึง ดังแสดงตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.3 อุโมงค์เขาพลึง



รูปที่ 2.4 ที่ตั้งอุโมงค์เขาพลึง

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์เขาพลึง

ชื่ออุโมงค์	เขาพลึง
อายุ	106 ปี
ความยาวอุโมงค์	362.44 เมตร
ที่ตั้ง	ต.ห้วยไร่ อ.เด่นชัย จ.แพร่
พิกัด	N17.848484, E100.043666
สถานีรถไฟใกล้เคียง	สถานีรถไฟห้วยไร่ ระยะทาง 4.71 กิโลเมตร
ลาดอุโมงค์	เพดานเป็นคอนกรีต ผนังเป็นคอนกรีตสลับหิน
ระบบระบายน้ำ	มี
ระบบไฟส่องสว่าง	ไม่มี
สถานที่หลบรถไฟ	ไม่มี

### 2.1.3 อุโมงค์ ห้วยแม่ลาน

เป็นอุโมงค์ในเส้นทางสายเหนือแห่งที่สาม ต่อจากอุโมงค์เขาพลึง เส้นทางของอุโมงค์มีความคดโค้งตลอดแนว และปากอุโมงค์ทั้งสองด้านไม่เหมือนกัน โดยฝั่งทางใต้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยม ส่วนปากอุโมงค์ด้านทิศเหนือเป็นรูปสามเหลี่ยม ตัวอุโมงค์มีความยาว 130.20 เมตร โครงสร้างอุโมงค์เป็นผนังคอนกรีต (Cast in Place Concrete) และมีส่วนที่เป็นหินผนังเดิมจากการขุดเจาะโดยไม่ได้คาดคอนกรีต (Unlined Rock) เขตที่ตั้งของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน ตั้งอยู่ในพื้นที่ อ.ลอง จ.แพร่ บริเวณ กม. 574+048.00 ถึง กม. 574+178.20 ระหว่างสถานีบ้านปิน (กม. 563.86) และสถานีผาคัน (กม. 578.46) อุโมงค์ห้วยแม่ลาน แสดงดังรูป 2.5 ที่ตั้งของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน แสดงดังรูป 2.6 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ห้วยแม่ลานดังแสดงตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.5 อุโมงค์ห้วยแม่ลาน



รูปที่ 2.6 ที่ตั้งอุโมงค์ห้วยแม่ลาน

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน

ชื่ออุโมงค์	ห้วยแม่ลาน
อายุ	104 ปี
ความยาวอุโมงค์	130.20 เมตร
ที่ตั้ง	อ.ลอง จ.แพร่
พิกัด	N18.171626, E99.867256
สถานีรถไฟใกล้เคียง	สถานีรถไฟผาคัน ระยะทาง 4.28 กิโลเมตร
คาดอุโมงค์	เพดานเป็นคอนกรีต ผังเป็นคอนกรีตสลับนหิน
ระบบระบายน้ำ	ไม่มี
ระบบไฟส่องสว่าง	ไม่มี
สถานที่หลบรถไฟ	ไม่มี



### 2.1.4 อุโมงค์ขุนตาน

เป็นอุโมงค์ที่มีความยาวที่สุดของประเทศไทย และเป็นอุโมงค์สุดท้ายถัดจากอุโมงค์ห้วยแม่ลานลาน ในทางรถไฟสายเหนือ ตัวอุโมงค์มีความยาว 1362.10 เมตร โครงสร้างอุโมงค์เป็นผนังคอนกรีต (Cast in Place Concrete) บริเวณที่ตั้งอุโมงค์ขุนตาน ตั้งอยู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยขุนตาน ระหว่างอำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง และอำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน บริเวณ กม.681+578.70 ถึง กม. 682+940.80 ระหว่างสถานีแม่ตานน้อย (กม. 671.80) และสถานีขุนตาน (กม. 683.14) อุโมงค์ขุนตาน แสดงดังรูปที่ 2.7 ที่ตั้งของอุโมงค์ขุนตาน แสดงดังรูปที่ 2.8 ส่วนข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ขุนตานแสดงดังตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.7 อุโมงค์ขุนตาน



รูปที่ 2.8 ที่ตั้งอุโมงค์ขุนตาน

## ตารางที่ 2.4 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ขุนตาน

ชื่ออุโมงค์	ขุนตาน (Kuntan)
อายุ	98 ปี
ความยาวอุโมงค์	1362.10 เมตร
ที่ตั้ง	อ.ห้างฉัตร จ.ลำปาง
พิกัด	N18.497527, E99.265984
สถานีรถไฟใกล้เคียง	ระยะทาง 200 เมตรจากสถานีรถไฟขุนตาน
คาดอุโมงค์	คอนกรีต
ระบบระบายน้ำ	มี
ระบบไฟส่องสว่าง	มี
สถานที่หลบรถไฟ	มี

### 2.1.5 อุโมงค์พระพุทธฉาย

เป็นอุโมงค์ที่ยาว เป็นอันดับสองรองจากอุโมงค์ขุนตาน ทางสายตะวันออกจะมีเพียงอุโมงค์เดียว คือ อุโมงค์พระพุทธฉายนี้ อุโมงค์มีความยาว 1197.0 เมตร เป็นอุโมงค์ที่ขุดเจาะด้วยระบบสมัยใหม่ เจาะลอดใต้ภูเขา เป็นอุโมงค์เพิ่งเปิดใหม่ล่าสุด เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม พ.ศ.2538 ขุดเจาะโดยบริเวณ อิตาเลียนไทย โครงสร้างอุโมงค์เป็นผนังคอนกรีต (Cast in Place Concrete) และมีบางส่วนที่เป็นหินผนังเดิมจากการขุดเจาะ (Unlined Rock) ไม่ได้คาดคอนกรีตตลอดอุโมงค์ บริเวณที่ตั้งอุโมงค์ตั้งอยู่ในพื้นที่ อ.แก่งคอย จ. สระบุรี บริเวณ กม. 147+102.046 ถึง กม. 148+299.046 ระหว่างสถานีวิหารแดง (กม. 138.40) และ สถานีบุใหญ่ (กม. 149.00) อุโมงค์พระพุทธฉาย แสดงดังรูปที่ 2.9 ที่ตั้งของอุโมงค์พระพุทธฉาย แสดงดังรูปที่ 2.10 ส่วนข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์พระพุทธฉาย แสดงดังตารางที่ 2.5



รูปที่ 2.9 อุโมงค์พระพุทธฉาย



รูปที่ 2.10 ที่ตั้งอุโมงค์พระพุทธราย

#### ตารางที่ 2.5 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์พระพุทธราย

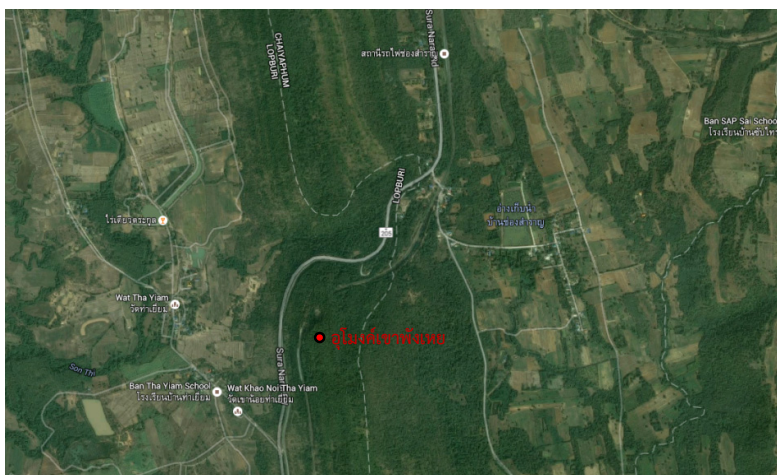
ชื่ออุโมงค์	พระพุทธราย
อายุ	22 ปี
ความยาวอุโมงค์	1197 เมตร
ที่ตั้ง	อ.วิหารแดง จ.สระบุรี
พิกัด	N14.417665, E101.007801
สถานีรถไฟใกล้เคียง	สถานีรถไฟผาคัน ระยะทาง 0.70 กิโลเมตร
คาดอุโมงค์	เพดานเป็นคอนกรีต ผนังเป็นคอนกรีตสลับทิน
ระบบระบายน้ำ	มี
ระบบไฟส่องสว่าง	มี
สถานที่หลบรถไฟ	มี

#### 2.1.6 อุโมงค์เขาพังเหย

เป็นอุโมงค์ที่อยู่ในเส้นทางสายตะวันออกเฉียงเหนือ และมีอยู่แห่งเดียว อุโมงค์มีความยาว 230.60 เมตร โครงสร้างอุโมงค์เป็นผนังคอนกรีต (Cast in Place Concrete) บริเวณที่ตั้งอุโมงค์อยู่ในพื้นที่ ต.หนองรี อ.ลำสนธิ จ.ลพบุรี บริเวณ กม. 248+800.40 ถึง กม. 249+031.00 ระหว่างสถานีโคกสี (กม.240.87) และสถานช่งสำราญ (กม. 250.64) อุโมงค์เขาพังเหย แสดงดังรูปที่ 2.11 ที่ตั้งของอุโมงค์เขาพังเหย แสดงดังรูปที่ 2.12 ส่วนข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์เขาพังเหย แสดงดังตารางที่ 2.6



รูปที่ 2.11 อุโมงค์เขาพังเหย



รูปที่ 2.12 ที่ตั้งอุโมงค์เขาพังเหย

## ตารางที่ 2.6 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์เขาพังเหย

ชื่ออุโมงค์	เขาพังเหย
อายุ	50 ปี
ความยาวอุโมงค์	230.60 เมตร
ที่ตั้ง	ต.หนองรี อ.ลำสนธิ จ.ลพบุรี
พิกัด	N15.340065, E101.380665
สถานีรถไฟใกล้เคียง	สถานีรถไฟช่อสำราญ ระยะทาง 1.61 กิโลเมตร
ดาอุโมงค์	คอนกรีต
ระบบระบายน้ำ	ไม่มี
ระบบไฟส่องสว่าง	ไม่มี
สถานที่หลบรถไฟ	มี

### 2.1.7 อุโมงค์ ช่องเขา

ในอุโมงค์ที่อยู่ในเส้นทางรถไฟสายใต้ ซึ่งมีอยู่อุโมงค์เดียว อุโมงค์มีความยาว 235.90 เมตร โครงสร้างอุโมงค์เป็นผนังคอนกรีต บริเวณที่ตั้งอุโมงค์อยู่ในพื้นที่ ต.ช่องเขา อ.ร้อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช บริเวณ กม. 769+822.30 ถึง กม. 770+058.20 ระหว่างสถานีช่องเขา (กม. 767.78) และสถานีร้อนพิบูลย์ (กม. 776.33) อุโมงค์ช่องเขา แสดงดังรูปที่ 2.13 ที่ตั้งของอุโมงค์ช่องเขาแสดงดังรูปที่ 2.14 ส่วนข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ช่องเขา แสดงดังตารางที่ 2.7



รูปที่ 2.13 อุโมงค์ช่องเขา



รูปที่ 2.14 ที่ตั้งอุโมงค์ช่องเขา

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลพื้นฐานของอุโมงค์ช่องเขา

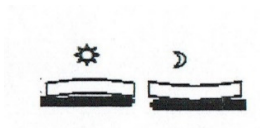
ชื่ออุโมงค์	ช่องเขา
อายุ	102 ปี
ความยาวอุโมงค์	235.90 เมตร
ที่ตั้ง	ต.ช่องเขา อ.ร้อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช
พิกัด	N8.142227, E99.786911
สถานีรถไฟใกล้เคียง	สถานีรถไฟช่องเขา ระยะทาง 2.04 กิโลเมตร
ลาดอุโมงค์	เพดานเป็นคอนกรีต ผนังเป็นคอนกรีตสลับหิน
ระบบระบายน้ำ	ไม่มี
ระบบไฟส่องสว่าง	ไม่มี
สถานที่หลบรถไฟ	ไม่มี

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 มูลเหตุของการชำรุดโดยรวมของคอนกรีตสำหรับงานถนน

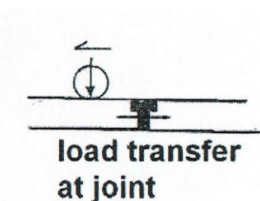
(1) การชำรุดที่บริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีต (Joint Defects)

- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน ทำให้แผ่นคอนกรีตบิดงอโค้งขึ้น (concave) ในตอนกลางคืน และคว่ำลง (convex) ในตอนกลางวัน ทำให้เกิดผลกระทบต่อนแรงเค้น (stress) ที่เกิดจากน้ำหนักการจราจร รุนแรงขึ้น



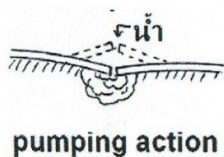
รูปที่ 2.15 การชำรุดที่บริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีต

- ความสามารถในการถ่ายเทน้ำหนัก (Load Transfer) ที่รอยต่อเสื่อมลงตามกาลเวลา



รูปที่ 2.16 การถ่ายน้ำหนักที่รอยต่อ

- ถ้าน้ำซึมลงบริเวณรอยต่อของแผ่นคอนกรีตได้ (รวมทั้งรอยประชิดของแผ่นคอนกรีตกับไหล่ทางด้วย) จะทำให้เกิดอาการน้ำทะลัก (Pumping) เมื่อรถวิ่งผ่าน ทำให้แผ่นคอนกรีตแตกหักได้



### รูปที่ 2.17 อาการน้ำทะเลาะที่รอยต่อ

#### (2) ลักษณะการชำรุดเกิดจากเหตุในด้านโครงสร้าง (Structural Defects)

- แผ่นคอนกรีตชำรุดแตกหัก อาจเกิดจากคอนกรีตที่ใช้ก่อสร้างมีคุณภาพต่ำ หรือการก่อสร้างบกพร่อง เช่น คอนกรีตเป็นโพรง เขย่า หรือกระทุ้งคอนกรีตมากเกินไปจนมวลรวมแยกตัว การบดอัดชั้นวัสดุที่รองรับแผ่นคอนกรีตไม่เป็นไปตามมาตรฐานก่อสร้าง หรือดินฐานรากทรุดเนื่องจากคายน้ำ (consolidation) หรือ วัสดุใต้แผ่นคอนกรีตเป็นโพรงเนื่องจากการทะเลาะ (pumping) หรือแผ่นคอนกรีตวิบัติเพราะความล้า (fatigue) เนื่องจากน้ำหนักตัวเองเป็นต้น

- การชำรุดอาจเกิดจากรอยต่อแผ่นคอนกรีตอุดตัน ชัดขวางการขยายตัวของแผ่นคอนกรีตเมื่ออากาศร้อนจัด ทำให้แผ่นคอนกรีตโก่งงอจนกะเทาะแตกหัก

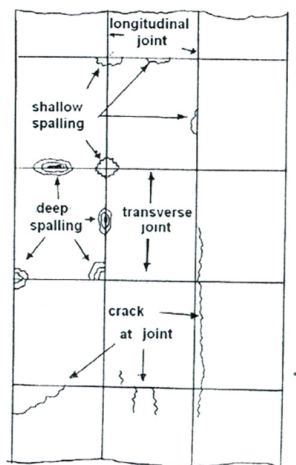
- การชำรุดอาจเกิดในบริเวณที่แผ่นคอนกรีตถูกเจาะเป็นช่องเพื่อระบายน้ำจากผิวคอนกรีต ซึ่งการรับแรงของแผ่นคอนกรีตจะซับซ้อนในบริเวณดังกล่าวทำให้แผ่นคอนกรีตชำรุด

#### (3) การชำรุดเกิดขึ้นที่ผิวของแผ่นคอนกรีต (Surface Defects)

ผิวหน้าของแผ่นคอนกรีตอาจหลุดล่อนเป็นสะเก็ด หรือสีกร่อนจนเห็นหินโผล่ โดยมากเกิดจากคอนกรีตที่มีคุณภาพต่ำ หรือส่วนผสมของมวลรวม (aggregate) กับปูนซีเมนต์ไม่เหมาะสมหรือใช้น้ำผสมคอนกรีตมากเกินไป รวมทั้งอาจจะเกิดจากการก่อสร้างไม่ถูกต้อง เช่น เขย่าหรือกระทุ้งคอนกรีตมากเกินไปจนน้ำลอยขึ้นมาบนผิว หรือปรับแต่งผิวหน้ามากเกินไป หรือ บ่มคอนกรีต (curing) ไม่ดีพอ ผิวหน้าแผ่นคอนกรีตแห้งเร็วเกินไป จึงทำให้ผิวหน้าของแผ่นคอนกรีตแตกชำรุดเพราะการหดตัว (shrinkage) และสีกร่อนได้ง่าย

#### 2.2.1.1 ลักษณะการชำรุดบริเวณรอยต่อแผ่นคอนกรีต

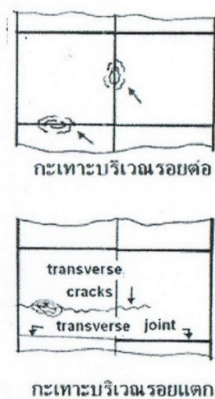
(1) กะเทาะบริเวณรอยต่อตามขวาง หรือตามยาวรวมทั้งบริเวณที่เกิดรอยแตก (Spalling of Transverse or Longitudinal Joints and Cracks)



JOINT DEFECTS

### รูปที่ 2.18 การกะเทาะบริเวณรอยต่อตามขวาง

เป็นการกะเทาะหรือบิ่นของขอบแผ่นคอนกรีตภายในระยะประมาณ 60 เซนติเมตร (2 ฟุต) ห่างจากขอบหรือรอยต่อโดยปกติรอยกะเทาะจะไม่ลึกลงไปถึงใต้แผ่นคอนกรีต หากวัสดุอุดรอยต่อชำรุดหรือเสื่อมคุณภาพ ทำให้ฝุ่นหรือกรวดทรายลงไปสะสมอยู่ในรอยต่อได้ ดังนั้นเมื่อเกิดการขยายตัวจะดันให้แผ่นคอนกรีตกะเทาะหรือบิ่นได้ อีกประการหนึ่งหากก่อสร้างรอยต่อไม่ดี เป็นโพรงหรือมีรูพรุน (honeycomb) ก็ทำคอนกรีตบริเวณรอยต่อกะเทาะได้ง่าย



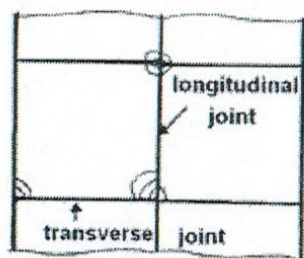
### รูปที่ 2.19 การกะเทาะบริเวณรอยต่อ

ความชำรุดที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่ออาจเกิดขึ้นได้กับบริเวณรอยแตกของแผ่นคอนกรีตที่ปล่อยทิ้งไว้ได้เช่นกัน

#### (2) กะเทาะที่มุมแผ่นคอนกรีต (Spalling at Corner)

กะเทาะที่มุมแผ่นกริต หมายถึง การกะเทาะภายในบริเวณประมาณ 30 เซนติเมตร (1 ฟุต) จากมุมของแผ่นคอนกรีตทั้งนี้ไม่รวมถึงรอยกะเทาะที่กว้างหรือคดไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร (3 นิ้ว)



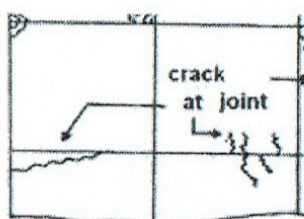


กะเทาะที่มุมแผ่นคอนกรีต

รูปที่ 2.20 การกะเทาะที่มุมแผ่นคอนกรีต

- (3) รอยแตกบริเวณรอยต่อเนื่องจากการถ่ายน้ำหนักเสื่อมโทรม (Cracking Due to Joint Load Transfer Deterioration)

เป็นรอยแตกตามขวางในบริเวณถัดจากปลายเหล็กเดือย (dowels) ที่ฝังไว้เชื่อมรอยต่อ หรือเป็นรอยแตกตามแนวเหล็กเดือยที่ฝัง สาเหตุเกิดจากเหล็กเดือยผุกร่อน (เป็นสนิม) หรือวางผิดตำแหน่ง หรือ มีขนาดเล็กเกินไป หรือ รับน้ำหนักการจราจรสูงมากเกินไป



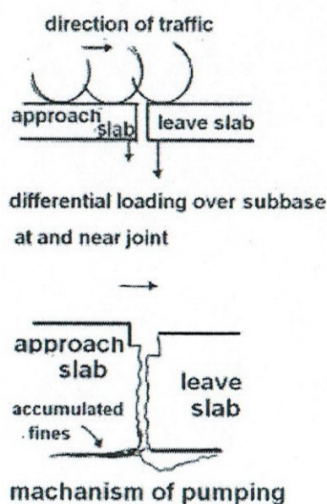
รอยแตกเกิดจากเดือยเหล็ก  
ไม่สามารถถ่ายน้ำหนักได้

รูปที่ 2.21 รอยแตกตามขวางในบริเวณถัดจากปลายเหล็กเดือย

- (4) รอยต่อตามขวางทรุดและมีระดับต่างกัน รวมทั้งบริเวณที่เกิดรอยแตกด้วย (Faulting of Transverse Joints and Cracks)

การที่แผ่นคอนกรีตบริเวณรอยต่อหรือรอยแตกทรุดและมีระดับแตกต่างกัน (faults) เป็นเพราะวัสดุที่รองรับปลายแผ่นคอนกรีตก่อนถึงรอยต่อ (approach slab) เคลื่อนตัวหรือหลวมตัว ส่วนปลายแผ่นคอนกรีตที่

อยู่เลยรอยต่อออกไป (leave slab หรือ departure slab) อาจทรุดตัว หรือวัสดุใต้ปลายแผ่นคอนกรีตถูกน้ำดันทะลักผ่านรอยต่อหรือรอยแตกขึ้นมาโดยน้ำหนักการจราจร (pumping) หรือเกิดจากการบิดงอของแผ่นคอนกรีตบริเวณรอยต่ออันเนื่องมาจากความชื้นหรืออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเกื้อกูลให้เกิดการดันน้ำทะลักขึ้น



รูปที่ 2.22 รอยแตกทรุดและมีระดับแตกต่างกัน

#### (5) รอยต่อตามยาวทรุดและมีระดับแตกต่างกัน (Longitudinal Joint Faulting)

การชำรุดชนิดนี้เกิดจากน้ำหนักการจราจรซึ่งมีรถบรรทุกหนักเป็นจำนวนมาก ทำให้รอยต่อตามยาวมีระดับแตกต่างกัน และอาจเกิดจากดินฐานรากรองรับโครงสร้างทางทรุดตัวด้วย

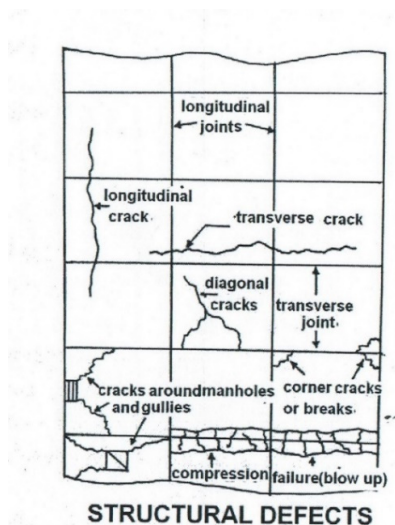
การชำรุดชนิดนี้ ให้กำหนดระดับความชำรุดโดยพิจารณาเปรียบเทียบจากความต่างระดับที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ชำรุด

#### (6) วัสดุอุดรอยต่อชำรุด (Joint Seal Damage)

วัสดุอุดรอยต่ออาจชำรุดได้เพราะฝุ่น หรือ ของแข็ง หรือน้ำ สามารถแทรกซึมลงไป ในรอยต่อได้ แล้วดันจนทะลักหรือทำให้หลุดล่อน ปูดนูนขึ้นมา รวมทั้งอาจชำรุดเพราะหลุดลอก (stripping) ถูกบีบตัวหรือดัน (extrusion) ให้หลุดออกมา หรือมีวัชพืชขึ้นในรอยต่อ หรือวัสดุอุดรอยต่อแข็งตัว (oxidation) หรือวัสดุอุดรอยต่อไม่จับตัวกับรอยต่อเพราะรอยต่อสกปรก หรือมีฝุ่นละอองในขณะที่อุดรอยต่อ

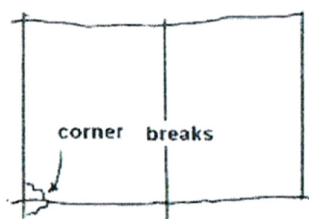
### 2.1.1.2 ลักษณะการชำรุดในด้านโครงสร้าง (Structural Defects)

#### (1) รอยแตกหักที่มุม (Corner Break)



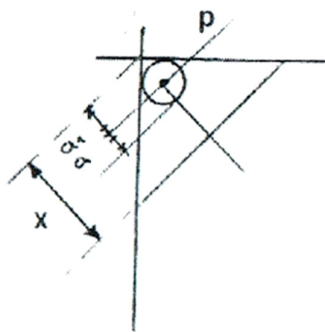
รูปที่ 2.23 รอยแตกหักที่มุม

รอยแตกหักที่มุมเป็นรอยแตกหรือรอยหักซึ่งตัดผ่านรอยต่อและห่างจากมุมของแผ่นคอนกรีตแต่ละด้านไม่เกิน 1.8 เมตร (6 ฟุต) รอยแตกนี้ผ่านตลอดความหนาของแผ่นคอนกรีตในแนวตั้ง (รอยแตกนี้แตกต่างกับรอยกะเทาะที่มุมแผ่นคอนกรีต)



รูปที่ 2.24 รอยแตกผ่านตลอดความหนาของแผ่นคอนกรีตในแนวตั้ง

การชำรุดชนิดนี้เกิดจากน้ำหนักของรถบรรทุกที่หนักมากวิ่งผ่านบ่อยครั้ง (heavy repeated loads) ร่วมกับการทะลักของน้ำและวัสดุ (pumping) และ / หรือการรับน้ำหนักถ่ายเทที่รอยต่อเชื่อมโทรม (poor load transfer across the joint) และ / หรือผสมผสานกับการบิดงอของแผ่นคอนกรีตซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น (warping stress) ทำให้มุมแผ่นคอนกรีตแตกหัก



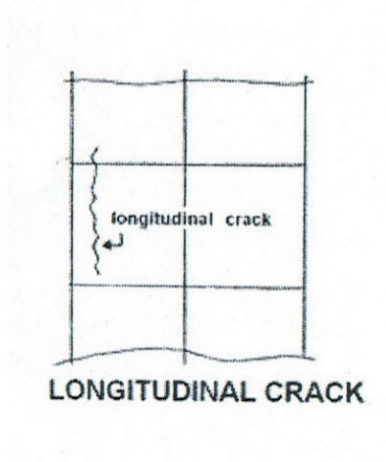
รูปที่ 2.25 มุมแผ่นคอนกรีตแตกหัก

## (2) แผ่นคอนกรีตทรุดเป็นแอ่ง (Depression or Slackening)

แผ่นคอนกรีตอาจทรุดเป็นแอ่งในบริเวณที่คั่นทางทรุดตัว โดยทั่วไปมักจะปรากฏรอยแตกบนแผ่นคอนกรีตเนื่องจากการทรุดตัวไม่เท่ากัน สาเหตุของการชำรุดอาจเกิดจากการอัดตัวคายน้ำ (consolidation) ของดินฐานราก หรือเกิดจากการก่อสร้างไม่เรียบร้อย เช่นบริเวณที่วางท่อลอดคั่นทาง เนื่องจากการบดอัดวัสดุ บริเวณที่วางท่อบกพร่อง การชำรุดชนิดนี้ทำให้เกิดน้ำขังเป็นอันตรายต่อโครงสร้างและผู้ใช้รถใช้ถนน

## (3) รอยแตกตามยาว (Longitudinal Crack)

รอยแตกตามยาวมักจะเกิดขึ้นเป็นแนวขนานกับเส้นกึ่งกลางของทาง สาเหตุของการแตกอาจเกิดจากการก่อสร้างรอยต่อตามยาวบกพร่อง หรือเกิดจากหลายสาเหตุร่วมกัน คือ น้ำหนักการจราจรที่สูงมาก (heavy load repetition) และหรือการสูญเสียวัสดุใต้แผ่นคอนกรีต และ/หรือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น (warping stress)



รูปที่ 2.26 รอยแตกตามยาว

## (4) รอยแตกตามขวางและรอยแตกทะแยง (Transverse and Diagonal Cracks)

รอยแตกตามขวางและตามทะแยงเหล่านี้ อาจเกิดจากสาเหตุอย่างหนึ่งอย่างใด หรือหลายสาเหตุร่วมกัน คือ น้ำหนักการจราจรที่สูงมาก (heavy load repetition) และ/หรือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น และ/หรือ การหดตัว (shrinkage) ของคอนกรีต

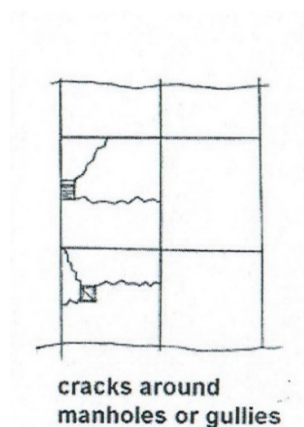
ถ้าความชำรุดอยู่ในระดับปานกลางหรือระดับสูง ถือว่าเป็นการชำรุดทางโครงสร้างที่ร้ายแรง

การชำรุดชนิดนี้อาจเกิดจากการทรุดต่างระดับที่อยู่ลึกเบื้องล่างก็เป็นได้

รอยแตกเล็กๆ ที่ยังแน่น (hair crack) และยาวน้อยกว่า 1.8 เมตร (6 ฟุต) ยังไม่นับว่าเป็นการชำรุดประเภทนี้

## (5) รอยแตกบริเวณบ่อตรวจหรือบ่อระบายน้ำ (Cracks Around Manholes and Gullies)

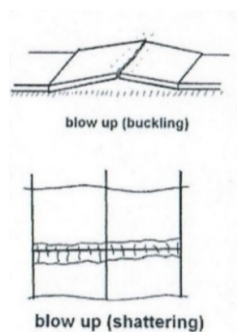
ในกรณีที่บ่อตรวจหรือบ่อระบายน้ำฝังอยู่ในพื้นที่ของแผ่นคอนกรีตซึ่งเป็นการจราจร อาจเกิดรอยแตกขึ้นได้ สาเหตุอาจเกิดจากน้ำหนักการจราจร (ซึ่งพฤติกรรมทางโครงสร้างของแผ่นคอนกรีตที่ถูกเจาะเป็นช่องจะซับซ้อนอยู่แล้ว) และ/หรือ เกิดจากข้อบกพร่องในการก่อสร้างชั้นโครงสร้างในบริเวณบ่อตรวจหรือบ่อระบายน้ำ เช่น การบดอัดไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด เป็นต้น



รูปที่ 2.27 รอยแตกบริเวณบ่อตรวจหรือบ่อระบายน้ำ

## (6) แผ่นคอนกรีตโก่งงอแตกหัก (Blow Up)

แผ่นคอนกรีตอาจโก่งงอแตกหัก และอาจกะเทาะหลุดล่อนในบริเวณรอยแตกหัก สาเหตุเกิดจากการขยายตัวของแผ่นคอนกรีตในช่วงอุณหภูมิสูง การขยายตัวทำให้เกิดแรงอัดที่รอยต่อหรือรอยแตก เมื่อแผ่นคอนกรีตต้านทานแรงอัดไม่ไหวก็จะโก่งงอแตกหัก และหรือกะเทาะหลุดล่อน

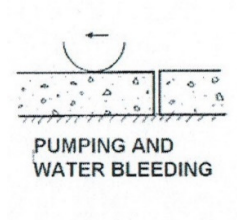


รูปที่ 2.28 แผ่นคอนกรีตโค้งงอแตกหัก

การชำรุดชนิดนี้ ถือว่าเป็นการชำรุดรุนแรงที่ต้องแก้ไขโดยด่วน

(7) อาการทะลักและน้ำเอิ้ม (Pumping and Water Bleeding)

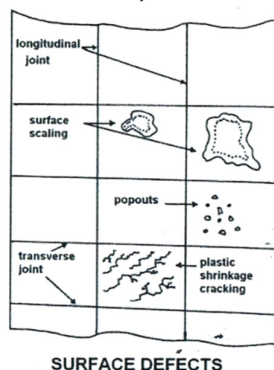
อาการทะลัก (pumping) หมายถึงวัสดุใต้แผ่นคอนกรีตเคลื่อนตัวยุบยวบจากการแอ่นตัวของแผ่นคอนกรีตเนื่องจากน้ำหนักของรถที่วิ่งผ่าน บางครั้งวัสดุที่เคลื่อนตัวจะเคลื่อนที่อยู่ภายใต้แผ่นคอนกรีต แต่โดยมากจะทะลักออกมาทางรอยต่อหรือรอยแตกของแผ่นคอนกรีต รวมทั้งรอยแยกระหว่างไหล่ทางกับแผ่นคอนกรีตด้วย การทะลักของวัสดุใต้แผ่นคอนกรีต ทำให้เกิดการสูญเสียการรองรับน้ำหนักของชั้นวัสดุใต้แผ่นคอนกรีต ซึ่งจะ使得แผ่นคอนกรีตชำรุดในโอกาสต่อไป



รูปที่ 2.29 อาการทะลักและน้ำเอิ้ม

### 2.1.1.3 การชำรุดที่ผิวของแผ่นคอนกรีต (Surface Defects)

#### (SURFACE DEFECTS)

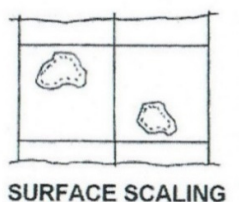


SURFACE DEFECTS

รูปที่ 2.30 การชำรุดที่ผิวของแผ่นคอนกรีต

#### (1) รอยแตกสะเก็ดหรือแตกกระแหงคล้ายแผนที่ (Scaling and Map Cracking or Cracking)

ผิวหน้าของแผ่นคอนกรีตที่แตกสะเก็ดจะหลุดล่อนมีความลึกประมาณ 3-13 มิลลิเมตร (1/8-1/2 นิ้ว) ส่วนรอยแตกกระแหงคล้ายแผนที่ เป็นรอยแตกเล็กๆบางๆ จำนวนมากอยู่กระจัดกระจายบนผิวหน้าของแผ่นคอนกรีต สาเหตุของรอยแยกทั้ง 2 ชนิด เกิดจากผิวคอนกรีตถูกแต่งหน้ามากเกินไป จนทำให้เกิดรอยแตกและ/หรือ หลุดเป็นสะเก็ด นอกจากนั้นอาจเป็นเพราะวางเหล็กตะแกรงชิดผิวหน้าของแผ่นคอนกรีตเกินไปก็ได้



รูปที่ 2.31 รอยแตกสะเก็ดหรือแตกกระแหงคล้ายแผนที่

#### (2) รอยแตกจากการหดตัว (Plastic Shrinkage Cracking)

คอนกรีตที่ผสมเหลวจนเกินไป และ/หรือ แผ่นคอนกรีตที่ก่อสร้างใหม่ๆ ไม่ได้รับการบ่ม (curing) ที่ถูกต้อง เช่นปล่อยให้ผิวหน้าถูกแดดเผาหรือร้อนจัดโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน ผิวหน้าคอนกรีตจะหดแตกเป็นรอยยาวอย่างเห็นได้ชัด



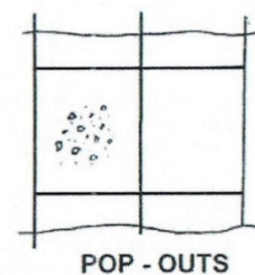
รูปที่ 2.32 รอยแตกจากการหดตัว

(3) ผิวมวลรวมสีก (Polished Aggregate)

ผิวแผ่นคอนกรีตที่รับใช้การจราจรมานาน อาจสึกหรือจากการเสียดสีของยางรถได้ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามวลรวมที่นำมาใช้ผสมคอนกรีตมีคุณภาพต่ำ โอกาสที่ผิวสึกหรือก็จะมีมากผิวที่สึกจะทำให้การต้านทานการลื่นไถลต่ำ (low skid resistance) ดังนั้นจะเป็นอันตรายต่อการจราจรมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางโค้งและหรือทางสูงชันผิวมวลรวมสีก ไม่จำเป็นต้องกำหนดระดับความชำรุด ควรที่จะต้องดำเนินการแก้ไขเมื่อตรวจพบเนื่องจากเป็นอันตรายต่อการจราจรมาก

(4) หินโผล่ (Pop-Outs)

คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง หากส่วนผสมของมวลรวมกับปูนซีเมนต์ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัดส่วนของมวลรวมละเอียด (ทราย) และ/หรือ การผสมคอนกรีตใช้น้ำมากเกินไปส่วนผสมที่เป็นปูนทรายมีโอกาสที่จะสึกหรือ หรือหลุดได้ง่ายหินจึงโผล่ออกมาที่ผิวให้เห็น



รูปที่ 2.33 หินโผล่



## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.3.1 การศึกษาเกี่ยวกับการบำรุงรักษาอุโมงค์รถไฟใต้ดิน

พิสุทธิ์ ช่อวิเชียร และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความชำรุดเสียหายและการบำรุงรักษาของอุโมงค์รถไฟใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล โดยการสำรวจข้อมูลและสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้อง โดยใช้รูปแบบ และวิธีการที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพกับอุโมงค์รถไฟใต้ดินของประเทศไทย

จากการศึกษาการจัดการบำรุงรักษาอุโมงค์รถไฟใต้ดิน ประกอบด้วยเกณฑ์ประเมินสภาพความเสียหาย ระบุงานการบำรุงรักษา และระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับบริหารจัดการงานบำรุงรักษาอุโมงค์รถไฟใต้ดิน

ผลของการศึกษาวิจัย พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยให้การทำงานบำรุงรักษาอุโมงค์ด้วยรถไฟใต้ดินนั้นมีประสิทธิภาพและมีระบบมากขึ้น

### 2.3.2 การศึกษาเกี่ยวกับการชำรุดเสียหายของถนน

อันวิน สวัสดิศานต์ (2551) ได้ทำการศึกษาสาเหตุของความเสียหายของถนนลาดยาง โดยการสำรวจถนน 273 แห่งทั่วประเทศ และได้ทำการเก็บก้อนตัวอย่างจำนวน 984 ก้อนจากถนน 61 แห่ง จากการศึกษาพบว่า รอยแตกกว้างจากก้อนตัวอย่างที่มีการแตกกว้างจากด้านบนลงสู่ด้านล่างจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าคุณภาพของถนนนั้นมีการบดอัดได้มาตรฐานหรือไม่ ก่อนที่จะทำการลาดยางและจากการศึกษาวิจัยทำให้สามารถพัฒนาวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตให้มีคุณภาพที่ดีที่สุด เพื่อใช้กับงานถนนและเพื่อต้านทานการแตกกว้างของถนน

วีระศักดิ์ ปนสุวรรณ (2554) ได้ทำการศึกษาความเสียหายของทางหลวงแผ่นดิน เพื่อการวางแผนบำรุงรักษา โดยถนนที่ใช้ในการสำรวจเป็นถนนแอสฟัลต์ และใช้ระบบการประเมิน คือการจัดเก็บข้อมูลด้วยสายตา มาวิเคราะห์ร่วมกับ ค่าดัชนีความเรียบสากลของผิวทาง (International Roughness Index : IRI) มาใช้แทนเครื่องมือชุดตรวจ ซึ่งมีความสูง จากการศึกษาค้นคว้าและการปฏิบัติงาน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งเหมาะสมกับงบประมาณที่ได้รับ และสามารถนำข้อมูลมาจัดลำดับความสำคัญของงาน เพื่อที่จะวางแผนด้านงบประมาณได้

จ.อ.โสธร วงศ์ปราโมทย์ (2556) เป็นการศึกษาความเสียหายของถนนในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลพลูตาหลวง โดยใช้วิธีการการเก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูล และประเมินความเสียหายของผิวถนนเทียบกับมาตรฐานของ Federal Highway Administration (FHWA) เกณฑ์ในการประเมิน ได้แก่ การเสียรูป (Deformation) การแตกกว้าง (Crack) ผิวหน้าหลุด (Disintegration of Surfacing) การหลุดล่อน (Raveling) ผิวหน้าลื่น (Smoothing of Surface Texture) จากการศึกษาพบว่า ถนนในซอยภาวี หมู่ที่ 1 ซอยศาลาแดง

หมู่ที่ 2 และซอยสนามกอล์ฟ หมู่ที่ 4 มีสภาพความเสียหาย โดยการประเมินแล้วมีค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับ ทำให้โครงการนี้นำไปสู่การพัฒนาและการประเมินความเสียหายของผิวนอนอย่างเป็นระบบ



### 3.1 วิธีการประเมินความเสียหายของอุโมงค์

ในการประเมินความเสียหายของอุโมงค์นี้ได้ใช้หลักการโดยฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) โดยระบุความเสียหายไว้สามระดับ คือ น้อย (Minor) ปานกลาง (Moderate) และรุนแรง (Severe) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 MTA Inspection Defect Code

Defect Description	Abbreviation	Classification
Crack	CR	1-Minor
Scaling	SC	2-Moderate
Spalling	SP	3-Severe
Exposed Reinforcement	E	
Rust	R	
Honeycomb	H	
Patch Failure	PF	
Hollow Area	HA	
Debris	D	
Buckle	B	
Efflorescence	EF	
Leakage	LK	

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่า ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุโมงค์สามารถจำแนกได้หลายระดับความรุนแรง และบางอุโมงค์ที่โครงสร้างเป็นผนังคานคองกรีต ซึ่งความเสียหายตามตารางชี้บอกถึงความเป็นสนิม (Rust) อาจไม่เกี่ยวข้องกับการสำรวจครั้งนี้ หน่วยงานในประเทศต่างๆ เช่น Mass Transit Administration of Maryland (MTA), San Francisco Bay Area Rapid Transit (BART), Chicago Transit Authority (CTA), Hong Kong Mass Transit Railway Corporation (MTRC) และ MTA New York City Transit ได้จำแนก ระดับความเสียหายไม่เท่ากัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งทุกหน่วยงานให้ความสำคัญกับการรั่วไหลของน้ำ ในอุโมงค์เป็นอันดับแรก ส่วนการแตกร้าวของคองกรีต หน่วยงานจำนวน 4 ถึง 5 หน่วยงานให้ความสำคัญเป็นอันดับที่สอง และการหลุดร่อนของคองกรีต หน่วยงาน MTA และ MTRC ให้ความสำคัญเป็นอันดับที่สาม ในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้หลักของความเสียหาย 3 สาเหตุ ได้แก่ การรั่วไหลของน้ำในอุโมงค์ การแตกร้าวของคองกรีต และการหลุดร่อนของคองกรีต

ตารางที่ 3.2 Tunnel Problem Priorities

Transit Agency	Priority#1	Priority#2	Priority#3
MTA of Maryland	Tunnel leaks	Concrete cracking	Concrete spalling
BART	Tunnel leaks	Concrete cracking	Steel corrosion
CTA	Tunnel leaks	Concrete cracking	Concrete delamination
MTRC	Tunnel leaks	Concrete spalling	Concrete cracking
NYCT	Tunnel leaks	Subway drainage	Concrete spalling

โดยหลักวิธีของ MTA ขั้นตอนการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ ซึ่งคาดด้วยคอนกรีต (Cast in Place Concrete) จะทำการแบ่งระยะของอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 60 เมตร และจะประเมินด้วยสายตา แล้วทำการบันทึกภาพความเสียหายดังกล่าว โดย MTA ได้แบ่งเกณฑ์ประเมินสภาพของโครงสร้างออกเป็น 10 ช่วง (0 - 9) โดย 9 หมายถึงโครงสร้างที่ก่อสร้างเสร็จใหม่ ส่วน 0 หมายถึง โครงสร้างที่อยู่ในสภาพวิกฤต โดยจะเสนอแนะให้ทำการปิดเพื่อทำการซ่อมแซม เกณฑ์ประเมินสภาพโครงสร้างโดย MTA แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 MTA Structural Defect Rating

Rating	Description
9	Newly Completed Construction
8	Excellent Condition; No Defects Found
7	Good Condition; No Evidence of Deterioration
6	Shading between 5 and 7
5	Fair Condition
4	Shading between 3 and 5
3	Poor Condition
2	Serious Condition
1	Critical Condition
0	Critical Condition (Closed-Beyond Repair)

วิธีการสำรวจความเสียหายอุโมงค์ แนะนำโดยวิธีของ MTA ระบุว่าให้ทำการแบ่งช่วงการสำรวจ ช่วงละ 60 เมตร บางกรณีไม่เหมาะกับอุโมงค์ที่มีระยะสั้น เช่น อุโมงค์ปางตูปขอบ ซึ่งมีความยาวเพียง 120.09 เมตร ซึ่งทำให้แบ่งช่วงได้เพียง 2 ช่วงเท่านั้น ซึ่งไม่เหมาะสม จึงได้ทำการแบ่งช่วงใหม่ให้เหมาะสมโดยแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงละ 25 เมตร และยังใช้หลักการของ MTA เหมือนเดิม

## บทที่ 4

### ผลการสำรวจ

#### 4.1 อุโมงค์ปางตูปขอบ

จากการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์ปางตูปขอบ ความเสียหายของอุโมงค์ ประกอบด้วย การรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวจากการตาดอุโมงค์ และการหลุดร่อนของคอนกรีต การสำรวจความเสียหายจะแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 25 เมตร จำนวน 4 ช่วง และช่วงสุดท้ายเป็นระยะทาง 20.09 เมตร

ผลการประเมินความเสียหาย แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ปางตูปขอบ

No.	Sta.		Distance (m)	Section Defect Rating			Defect x Distance		
	From	To		Leaks	Cracking	Spalling	Leaks	Cracking	Spalling
1	513.72155	513.74655	25	5	4	6	125	100	150
2	513.74655	513.77155	25	6	6	6	150	150	150
3	513.77155	513.79655	25	5	6	6	125	150	150
4	513.79655	513.82155	25	5	6	6	125	150	150
5	513.82155	513.84164	20.09	4	6	5	80.36	120.54	100.45
SUM			120.09				605.36	670.54	700.45
Average Rating							5.04	5.58	5.83

จากตาราง 4.1 พบว่าอุโมงค์ได้รับความเสียหายจากการรั่วซึมของน้ำ (Leak) มีค่า 5.04 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการประเมินความเสียหายตามมาตรฐานของฝ่ายบริหารขนส่งมวลชน ของรัฐแมริแลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) ค่าที่ได้อยู่ในระดับพอใช้ (Fair Condition) ค่าความเสียหายจากการแตกร้าว (Cracking) มีค่า 5.58 อยู่ในระดับพอใช้ (Fair Condition) และค่าความเสียหายจากการหลุดร่อน (Spalling) มีค่า 5.83 ก็อยู่ในระดับพอใช้ (Fair Condition)

โดยภาพรวมของการประเมินความเสียหาย (Overall Damage Rating, ODR) จะให้ความสำคัญของการรั่วซึมของน้ำ เป็นอันดับแรก การแตกร้าวของผิวคอนกรีต เป็นอันดับรองลงมา และการหลุดร่อนของคอนกรีต เป็นอันดับสุดท้าย ผลของการประเมินความเสียหายโดยภาพรวม แสดงดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ผลการประเมินความเสียหายโดยภาพรวม

No.	Defects	Percent Defect	Average Rating	Percent Defect x Average Rating
1	Leaks	40	5.04	201.64
2	Cracking	35	5.58	195.43
3	Spalling	25	5.83	145.82
Overall Defect Rating				5.43

ผลการประเมินความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ปางตูปขอบมีค่า 5.43 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างของรัฐแมริแลนด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (Fair condition)

#### 4.2 อุโมงค์เขาพลึง

จากการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์เขาพลึงเมื่อวันที่ 4 เมษายน 2559 โดยความเสียหายที่พบประกอบด้วย การรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวของตาดอุโมงค์ และการหลุดร่อนของคอนกรีต ดำเนินการสำรวจความเสียหายโดยแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 25 เมตร จำนวน 14 ช่วง โดยช่วงสุดท้ายเป็นระยะทาง 12.44 เมตร ผลการประเมินความเสียหายแสดงดังตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์เขาพลึง

No.	Sta.		Distance (m)	Section Defect Rating			Defect x Distance		
	From	To		Leaks	Cracking	Spalling	Leaks	Cracking	Spalling
1	516.41066	516.43566	25	3	5	6	75	125	150
2	516.43566	516.46066	25	4	6	6	100	150	150
3	516.46066	516.48566	25	2	6	6	50	150	150
4	516.48566	516.51066	25	2	6	6	50	150	150
5	516.51066	516.53566	25	2	6	6	50	150	150
6	516.53566	516.56066	25	2	6	6	50	150	150
7	516.56066	516.58566	25	2	6	6	50	150	150
8	516.58566	516.61066	25	6	6	3	150	150	75
9	516.61066	516.63566	25	6	6	3	150	150	75
10	516.63566	516.66066	25	2	6	6	50	150	150
11	516.66066	516.68566	25	2	6	6	50	150	150
12	516.68566	516.71066	25	2	6	6	50	150	150
13	516.71066	516.73566	25	2	6	6	50	150	150
14	516.73566	516.76066	25	2	6	6	50	150	150
15	516.76066	516.77310	12.44	3	5	6	37.32	62.2	74.64

SUM	362.44				1012.32	2137.2	2024.64
Average Rating					2.79	5.90	5.59

จากตาราง 4.3 พบว่า ความเสียหายจากการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) มีค่า 2.79 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างอุโมงค์ที่แนะนำโดยฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) อยู่ในระดับเสียหายหนักถึงแย่มาก (Serious to poor condition) ความเสียหายจากการแตกร้าวของดาดอุโมงค์ (Cracking) มีค่า 5.90 อยู่ในระดับพอใช้ (Fair Condition) และความเสียหายจากการหลุดร่อนของคอนกรีต (Spalling) มีค่า 5.59 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้เช่นเดียวกัน

การประเมินความเสียหายโดยภาพรวม (Overall Damage Rating, ODR) โดยการพิจารณาให้ความสำคัญของการรั่วซึมของน้ำเป็นลำดับแรก การแตกร้าวของดาดอุโมงค์เป็นลำดับต่อมา และการหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นลำดับสุดท้าย ผลการประเมินความเสียหายโดยรวมแสดงดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์เขาพลิง

No.	Defects	Percent Defect	Average Rating	Percent Defect x Average Rating
1	Leaks	40	2.79	111.72
2	Cracking	35	5.90	206.38
3	Spalling	25	5.59	139.65
Overall Defect Rating				4.58

ผลประเมินความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์เขาพลิงมีค่า 4.58 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างของรัฐแมริแลนด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์แย่มากก่อนไปทางพอใช้ (Poor to fair condition)

#### 4.3 อุโมงค์ห้วยแม่ลาน

คณะผู้ดำเนินการได้ทำการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์ห้วยแม่ลานเมื่อวันที่ 5 เมษายน 2559 โดยความเสียหายที่พบประกอบด้วย การรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวของดาดอุโมงค์และ การหลุดร่อนของคอนกรีต ดำเนินการสำรวจความเสียหายโดยแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 25 เมตร จำนวน 4 ช่วง และช่วงสุดท้ายเป็นระยะทาง 30.2 เมตร โดยผลการประเมินความเสียหายแสดงดังตารางที่ 4.5



ตาราง 4.5 ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน

No.	Sta.		Distance (m)	Section Defect Rating			Defect x Distance		
	From	To		Leaks	Cracking	Spalling	Leaks	Cracking	Spalling
1	574.048	574.073	25	6	5	6	150	125	150
2	574.073	574.098	25	6	4	6	150	100	150
3	574.098	574.123	25	6	5	6	150	125	150
4	574.123	574.148	25	5	4	6	125	100	150
5	574.148	574.1782	30.2	6	5	6	181.2	151	181.2
SUM			130.2				756.2	601	781.2
Average Rating							5.81	4.62	6.00

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ความเสียหายจากการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) มีค่า 5.81 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างอุโมงค์ที่แนะนำโดยฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) อยู่ในระดับพอใช้ (Fair condition) ความเสียหายจากการแตกร้าวของตาดอุโมงค์ (Cracking) มีค่า 4.62 อยู่ในระดับพอใช้ (Fair condition) และ ความเสียหายจากการหลุดร่อนของคอนกรีต (Spalling) มีค่า 6.00 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ถึงดี (Fair to good condition) เช่นเดียวกัน

การประเมินความเสียหายโดยภาพรวม (Overall Damage Rating, ODR) โดยการพิจารณาให้ความสำคัญของการรั่วซึมของน้ำเป็นลำดับแรก การแตกร้าวของตาดอุโมงค์เป็นลำดับต่อมาและการหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นลำดับสุดท้าย ผลการประเมินความเสียหายโดยภาพรวมแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ห้วยแม่ลาน

No.	Defects	Percent Defect	Average Rating	Percent Defect x Average Rating
1	Leaks	40	5.81	232.32
2	Cracking	35	4.62	161.56
3	Spalling	25	6.00	150.00
Overall Defect Rating				5.44

ผลประเมินความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ห้วยแม่ลานมีค่า 5.44 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างของรัฐแมริแลนด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (Fair condition)

#### 4.4 อุโมงค์ขุนตาน

คณะผู้ดำเนินการได้ทำการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์ขุนตานระหว่างวันที่ 6-7 เมษายน 2559 โดยความเสียหายที่พบประกอบด้วย การรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวของตาดอุโมงค์และ การหลุดร่อนของคอนกรีต ดำเนินการสำรวจความเสียหายโดยแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 25 เมตร จำนวน 53 ช่วง โดยช่วงสุดท้ายมีระยะทาง 37.1 เมตร โดยผลการประเมินความเสียหายแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ขุนตาน

No.	Sta.		Distance (m)	Section Defect Rating			Defect x Distance		
	From	To		Leaks	Cracking	Spalling	Leaks	Cracking	Spalling
1	681.57870	681.60370	25	5	6	6	125	150	150
2	681.60370	681.62870	25	5	6	5	125	150	125
3	681.62870	681.65370	25	5	6	5	125	150	125
4	681.65370	681.67870	25	5	6	6	125	150	150
5	681.67870	681.70370	25	5	6	6	125	150	150
6	681.70370	681.72870	25	5	6	6	125	150	150
7	681.72870	681.75370	25	5	6	6	125	150	150
8	681.75370	681.77870	25	2	6	6	50	150	150
9	681.77870	681.80370	25	3	6	6	75	150	150
10	681.80370	681.82870	25	5	6	5	125	150	125
11	681.82870	681.85370	25	4	6	6	100	150	150
12	681.85370	681.87870	25	3	6	6	75	150	150
13	681.87870	681.90370	25	5	6	6	125	150	150
14	681.90370	681.92870	25	6	6	6	150	150	150
15	681.92870	681.95370	25	5	6	5	125	150	125
16	681.95370	681.97870	25	5	6	5	125	150	125
17	681.97870	682.00370	25	5	6	5	125	150	125
18	682.00370	682.02870	25	3	6	6	75	150	150
19	682.02870	682.05370	25	6	6	5	150	150	125
20	682.05370	682.07870	25	5	6	5	125	150	125
21	682.07870	682.10370	25	5	6	6	125	150	150
22	682.10370	682.12870	25	5	6	6	125	150	150
23	682.12870	682.15370	25	5	6	6	125	150	150
24	682.15370	682.17870	25	5	6	6	125	150	150
25	682.17870	682.20370	25	5	6	5	125	150	125
26	682.20370	682.22870	25	2	6	6	50	150	150
27	682.22870	682.25370	25	3	6	6	75	150	150
28	682.25370	682.27870	25	3	6	5	75	150	125
29	682.27870	682.30370	25	6	6	5	150	150	125

30	682.30370	682.32870	25	3	6	6	75	150	150
31	682.32870	682.35370	25	4	6	6	100	150	150
32	682.35370	682.37870	25	3	6	6	75	150	150
33	682.37870	682.40370	25	4	6	6	100	150	150
34	682.40370	682.42870	25	4	6	6	100	150	150
35	682.42870	682.45370	25	5	6	5	125	150	125
36	682.45370	682.47870	25	3	6	5	75	150	125
37	682.47870	682.50370	25	3	6	6	75	150	150
38	682.50370	682.52870	25	3	6	6	75	150	150
39	682.52870	682.55370	25	6	6	4	150	150	100
40	682.55370	682.57870	25	5	6	5	125	150	125
41	682.57870	682.60370	25	6	6	5	150	150	125
42	682.60370	682.62870	25	5	6	3	125	150	75
43	682.62870	682.65370	25	5	6	3	125	150	75
44	682.65370	682.67870	25	5	6	3	125	150	75
45	682.67870	682.70370	25	3	6	5	75	150	125
46	682.70370	682.72870	25	2	6	6	50	150	150
47	682.72870	682.75370	25	3	6	5	75	150	125
48	682.75370	682.77870	25	5	6	5	125	150	125
49	682.77870	682.80370	25	6	6	4	150	150	100
50	682.80370	682.82870	25	6	6	3	150	150	75
51	682.82870	682.85370	25	5	6	5	125	150	125
52	682.85370	682.87870	25	3	5	6	75	125	150
53	682.87870	682.90370	25	5	5	5	125	125	125
54	682.90370	682.94080	37.1	6	6	4	222.6	222.6	148.4
SUM			1362.1				6047.6	8122.6	7198.4
Average Rating							4.44	5.96	5.28

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ความเสียหายจากการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) มีค่า 4.44 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างอุโมงค์ที่แนะนำโดยหน่วยบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) อยู่ในระดับแย่มากถึงพอใช้ (Poor to fair condition) และจากการลงพื้นที่สำรวจความเสียหายพบว่าระบบระบายน้ำของอุโมงค์ขุนตานเกิดการอุดตันเนื่องจากหินโรยทางลงไปทับถมในระบบระบายน้ำ ความเสียหายจากการแตกร้าวของตาดอุโมงค์ (Cracking) มีค่า 5.96 อยู่ในระดับพอใช้ค่อนข้างดี (Fair to good condition) และ ความเสียหายจากการหลุดร่อนของคอนกรีต (Spalling) มีค่า 5.28 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ (Fair condition) เช่นเดียวกัน

การประเมินความเสียหายโดยภาพรวม (Overall Damage Rating, ODR) โดยการพิจารณาให้ความสำคัญของการรั่วซึมของน้ำเป็นลำดับแรก การแตกร้าวของตาดอุโมงค์เป็นลำดับต่อมาและการหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นลำดับสุดท้าย ผลการประเมินความเสียหายโดยภาพรวมแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ขุนตาน

No.	Defects	Weight	Average Rating	Weighted Rating
1	Leaks	33.33	4.44	147.98
2	Cracking	33.33	5.96	198.76
3	Spalling	33.33	5.28	176.14
Overall Defect Rating				5.23

ผลประเมินความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ขุนตานมีค่า 5.23 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างของรัฐแมริแลนด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (Fair condition)

#### 4.5 อุโมงค์พระพุทธราย

คณะผู้ดำเนินการได้ทำการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์พระพุทธรายเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2559 โดยความเสียหายที่พบประกอบด้วย การรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวของตาดอุโมงค์และ การหลุดร่อนของคอนกรีต ดำเนินการสำรวจความเสียหายโดยแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 25 เมตร จำนวน 47 ช่วง โดยช่วงสุดท้ายมีระยะทาง 22 เมตร โดยผลการประเมินความเสียหายแสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์พระพุทธราย

No.	Sta.		Distance (m)	Section Defect Rating			Defect x Distance		
	From	To		Leaks	Cracking	Spalling	Leaks	Cracking	Spalling
1	147.10205	147.12705	25	6	6	6	150	150	150
2	147.12705	147.15205	25	6	6	6	150	150	150
3	147.15205	147.17705	25	5	6	6	125	150	150
4	147.17705	147.20205	25	6	6	6	150	150	150
5	147.20205	147.22705	25	5	5	6	125	125	150
6	147.22705	147.25205	25	6	6	6	150	150	150
7	147.25205	147.27705	25	6	6	6	150	150	150
8	147.27705	147.30205	25	2	6	6	50	150	150
9	147.30205	147.32705	25	6	6	6	150	150	150
10	147.32705	147.35205	25	6	6	6	150	150	150
11	147.35205	147.37705	25	6	6	3	150	150	75
12	147.37705	147.40205	25	2	6	6	50	150	150
13	147.40205	147.42705	25	3	6	6	75	150	150
14	147.42705	147.45205	25	3	6	6	75	150	150
15	147.45205	147.47705	25	5	6	6	125	150	150
16	147.47705	147.50205	25	2	6	6	50	150	150
17	147.50205	147.52705	25	3	6	6	75	150	150
18	147.52705	147.55205	25	2	6	6	50	150	150

19	147.55205	147.57705	25	2	6	6	50	150	150
20	147.57705	147.60205	25	3	6	6	75	150	150
21	147.60205	147.62705	25	3	6	6	75	150	150
22	147.62705	147.65205	25	2	6	6	50	150	150
23	147.65205	147.67705	25	6	6	6	150	150	150
24	147.67705	147.70205	25	6	6	6	150	150	150
25	147.70205	147.72705	25	5	6	6	125	150	150
26	147.72705	147.75205	25	2	6	6	50	150	150
27	147.75205	147.77705	25	6	6	6	150	150	150
28	147.77705	147.80205	25	6	6	6	150	150	150
29	147.80205	147.82705	25	6	6	6	150	150	150
30	147.82705	147.85205	25	2	6	6	50	150	150
31	147.85205	147.87705	25	2	6	6	50	150	150
32	147.87705	147.90205	25	5	6	6	125	150	150
33	147.90205	147.92705	25	3	6	6	75	150	150
34	147.92705	147.95205	25	6	6	6	150	150	150
35	147.95205	147.97705	25	3	5	6	75	125	150
36	147.97705	148.00205	25	5	6	6	125	150	150
37	148.00205	148.02705	25	5	6	6	125	150	150
38	148.02705	148.05205	25	5	3	6	125	75	150
39	148.05205	148.07705	25	6	6	6	150	150	150
40	148.07705	148.10205	25	5	6	6	125	150	150
41	148.10205	148.12705	25	6	6	6	150	150	150
42	148.12705	148.15205	25	5	6	6	125	150	150
43	148.15205	148.17705	25	5	6	6	125	150	150
44	148.17705	148.20205	25	4	5	6	100	125	150
45	148.20205	148.22705	25	5	5	6	125	125	150
46	148.22705	148.25205	25	5	6	6	125	150	150
47	148.25205	148.27705	25	5	5	6	125	125	150
48	148.27705	148.29905	22	5	6	6	110	132	132
<b>SUM</b>			1197				5335	6982	7107
<b>Average Rating</b>							<b>4.46</b>	<b>5.83</b>	<b>5.94</b>

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ความเสียหายจากการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) มีค่า 4.46 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างอุโมงค์ที่แนะนำโดยฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) อยู่ในระดับแย่มากถึงพอใช้ (Poor to fair condition) และจากการลงพื้นที่สำรวจความเสียหายพบว่าระบบระบายน้ำของอุโมงค์พระพุทธฉายเกิดการอุดตันเนื่องจากหินโรยทางลงไปทับถมในระบบระบายน้ำ ความเสียหายจากการแตกร้าวของดาดอุโมงค์ (Cracking) มีค่า 5.83

อยู่ในระดับพอใช้ค่อนข้างดี (Fair to good condition) และ ความเสียหายจากการหลุดร่อนของคอนกรีต (Spalling) มีค่า 5.94 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ถึงดี (Fair to good condition) เช่นเดียวกัน

การประเมินความเสียหายโดยภาพรวม (Overall Damage Rating, ODR) โดยการพิจารณาให้ความสำคัญของการรั่วซึมของน้ำเป็นลำดับแรก การแตกร้าวของดาดอุโมงค์เป็นลำดับต่อมาและการหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นลำดับสุดท้าย ผลการประเมินความเสียหายโดยภาพรวมแสดงดังตารางที่ 4.10

**ตารางที่ 4.10** ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์พระพุทธราย

No.	Defects	Percent Defect	Average Rating	Percent Defect x Average Rating
1	Leaks	40	4.46	178.28
2	Cracking	35	5.83	204.15
3	Spalling	25	5.94	148.43
<b>Overall Defect Rating</b>				<b>5.31</b>

ผลประเมินความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์พระพุทธรายมีค่า 5.31 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างของรัฐแมริแลนด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (Fair condition)

#### 4.6 อุโมงค์เขาพังเหย

คณะผู้ดำเนินการได้ทำการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์เขาพังเหยเมื่อวันที่ 27 เมษายน 2559 โดยความเสียหายที่พบประกอบด้วย การรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวของดาดอุโมงค์และ การหลุดร่อนของคอนกรีต ดำเนินการสำรวจความเสียหายโดยแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 25 เมตร จำนวน 8 ช่วงและช่วงสุดท้ายเป็นระยะทาง 30.60 เมตร โดยผลการประเมินความเสียหายแสดงดังตารางที่ 4.11

**ตารางที่ 4.11** ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์เขาพังเหย

No.	Sta.		Distance (m)	Section Defect Rating			Defect x Distance		
	From	To		Leaks	Cracking	Spalling	Leaks	Cracking	Spalling
1	248.80040	248.82540	25	6	6	6	150	150	150
2	248.82540	248.85040	25	6	6	5	150	150	125
3	248.85040	248.87540	25	6	6	4	150	150	100
4	248.87540	248.90040	25	6	6	4	150	150	100
5	248.90040	248.92540	25	6	6	5	150	150	125
6	248.92540	248.95040	25	6	6	6	150	150	150
7	248.95040	248.97540	25	6	6	6	150	150	150
8	248.97540	249.00040	25	6	6	6	150	150	150
9	249.00040	249.03100	30.6	6	6	6	183.6	183.6	183.6
<b>SUM</b>			230.60				1383.6	1383.6	1233.6
<b>Average Rating</b>							6.00	6.00	5.35

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ความเสียหายจากการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) มีค่า 6.0 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างอุโมงค์ที่แนะนำโดยฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมรี่แลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) อยู่ในระดับพอใช้ถึงดี (Fair to good condition) ความเสียหายจากการแตกร้าวของตาดอุโมงค์ (Cracking) มีค่า 6.0 อยู่ในระดับพอใช้ถึงดี (Fair to good condition) และ ความเสียหายจากการหลุดร่อนของคอนกรีต (Spalling) มีค่า 5.35 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ (Fair condition)

การประเมินความเสียหายโดยภาพรวม (Overall Damage Rating, ODR) โดยการพิจารณาให้ความสำคัญของการรั่วซึมของน้ำเป็นลำดับแรก การแตกร้าวของตาดอุโมงค์เป็นลำดับต่อมาและการหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นลำดับสุดท้าย ผลการประเมินความเสียหายโดยภาพรวมแสดงดังตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12** ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์เซาท์เฮน

No.	Defects	Percent Defect	Average Rating	Percent Defect x Average Rating
1	Leaks	40	6.00	240.00
2	Cracking	35	6.00	210.00
3	Spalling	25	5.35	133.74
<b>Overall Defect Rating</b>				<b>5.84</b>

ผลประเมินความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์เซาท์เฮนมีค่า 5.84 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างของรัฐแมรี่แลนด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์แย่มากไปทางพอใช้ถึงดี (Fair to good to fair condition)

#### 4.7 อุโมงค์ช่องเซา

คณะผู้ดำเนินการได้ทำการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์ช่องเซาเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2559 โดยความเสียหายที่พบประกอบด้วย การรั่วซึมของน้ำ การแตกร้าวของตาดอุโมงค์และ การหลุดร่อนของคอนกรีต ดำเนินการสำรวจความเสียหายโดยแบ่งอุโมงค์ออกเป็นช่วงๆ ช่วงละ 25 เมตร จำนวน 9 ช่วงและช่วงสุดท้ายเป็นระยะทาง 10.90 เมตร โดยผลการประเมินความเสียหายแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการประเมินความเสียหายของอุโมงค์ช่องเขา

No.	Sta.		Distance (m)	Section Defect Rating			Defect x Distance		
	From	To		Leaks	Cracking	Spalling	Leaks	Cracking	Spalling
1	769.82230	769.84730	25	6	6	6	150	150	150
2	769.84730	769.87230	25	3	6	6	75	150	150
3	769.87230	769.89730	25	3	6	6	75	150	150
4	769.89730	769.92230	25	4	6	6	100	150	150
5	769.92230	769.94730	25	5	6	6	125	150	150
6	769.94730	769.97230	25	4	6	6	100	150	150
7	769.97230	769.99730	25	3	6	6	75	150	150
8	769.99730	770.02230	25	4	6	6	100	150	150
9	770.02230	770.04730	25	4	6	6	100	150	150
10	770.04730	770.05820	10.9	5	6	6	54.5	65.4	65.4
SUM			235.9				954.5	1415.4	1415.4
Average Rating							4.05	6.00	6.00

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ความเสียหายจากการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) มีค่า 4.05 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างอุโมงค์ที่แนะนำโดยฝ่ายบริหารขนส่งมวลชนของรัฐแมริแลนด์ (Mass Transit Administration of Maryland, MTA) อยู่ในระดับแย่มากถึงพอใช้ (Poor to fair condition) ความเสียหายจากการแตกร้าวของตาดอุโมงค์ (Cracking) มีค่า 6.0 อยู่ในระดับพอใช้ถึงดี (Fair to good condition) และ ความเสียหายจากการหลุดร่อนของคอนกรีต (Spalling) มีค่า 6.0 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ถึงดี (Fair to good condition)

การประเมินความเสียหายโดยภาพรวม (Overall Damage Rating, ODR) โดยการพิจารณาให้ความสำคัญของการรั่วซึมของน้ำเป็นลำดับแรก การแตกร้าวของตาดอุโมงค์เป็นลำดับต่อมาและการหลุดร่อนของคอนกรีตเป็นลำดับสุดท้าย ผลการประเมินความเสียหายโดยภาพรวมแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ช่องเขา

No.	Defects	Percent Defect	Average Rating	Percent Defect x Average Rating
1	Leaks	40	4.05	161.85
2	Cracking	35	6.00	210.00
3	Spalling	25	6.00	150.00
Overall Defect Rating				5.22

ผลประเมินความเสียหายโดยภาพรวมของอุโมงค์ช่องเขามีค่า 5.22 โดยเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินความเสียหายของโครงสร้างของรัฐแมริแลนด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์พอใช้ (Fair condition)



## บทที่ 5

### สรุปผลการสำรวจ

#### 5.1 สรุปผลการสำรวจ

จากผลการสำรวจความเสียหาย ของอุโมงค์ทั้ง 7 แห่ง พบว่า อุโมงค์ที่มีความเสียหายมากที่สุด คือ อุโมงค์ที่มีความเสียหายมากที่สุด คือ อุโมงค์เขาพลึง โดยมีค่า Overall Damage Rating เท่ากับ 4.58 สามารถจำแนกได้ว่า เป็นอุโมงค์ที่มีสภาพพอใช้ ตามมาตรฐานของ MTA (Mass Transit Administration of Maryland)

หากพิจารณาความเสียหายของอุโมงค์ โดยพิจารณาเฉพาะการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) พบว่า อุโมงค์ที่มีการรั่วซึมของน้ำมากที่สุดคือ อุโมงค์เขาพลึง โดยมีค่าระดับความเสียหายอยู่ที่ 2.79 ตามมาตรฐานของ MTA สามารถจำแนกได้ว่า อุโมงค์อยู่ในสภาพที่มีความเสียหายรุนแรง

หากพิจารณาความเสียหายของอุโมงค์ โดยพิจารณาเฉพาะการแตกร้าว (Cracking) พบว่า อุโมงค์ที่มีการแตกร้าวของคอนกรีตมากที่สุดคือ อุโมงค์ปางตูปขอบ โดยมีค่าระดับความเสียหายอยู่ที่ 5.58 ตามมาตรฐานของ MTA สามารถจำแนกได้ว่า อุโมงค์อยู่ในสภาพที่มีความเสียหายพอใช้

หากพิจารณาความเสียหายของอุโมงค์ โดยพิจารณาเฉพาะการหลุดร่อน (Spalling) พบว่า อุโมงค์ที่มีการหลุดร่อนของคอนกรีตมากที่สุดคือ อุโมงค์ขุนตาน โดยมีค่าระดับความเสียหายอยู่ที่ 5.28 ตามมาตรฐานของ MTA สามารถจำแนกได้ว่า อุโมงค์อยู่ในสภาพที่มีความเสียหายพอใช้

จากผลการสำรวจความเสียหายของอุโมงค์ทั้ง 7 แห่ง พบว่าอุโมงค์ที่มีความเสียหายมากที่สุดคือ อุโมงค์เขาพลึง โดยมีค่า ODR (Overall Damage Rating) เท่ากับ 4.58 สามารถจำแนกได้เป็นอุโมงค์ที่มีสภาพพอใช้ ตามมาตรฐานของ MTA

หากพิจารณาความเสียหายของอุโมงค์โดยพิจารณาเฉพาะการรั่วซึมของน้ำ (Leaks) พบว่า อุโมงค์ที่มีการรั่วซึมของน้ำมากที่สุด คือ อุโมงค์เขาพลึง โดยมีค่าระดับความเสียหายอยู่ที่ 2.79 ตามมาตรฐานของ MTA

เมื่อพิจารณาความเสียหายของอุโมงค์โดยพิจารณาเฉพาะการแตกร้าวของอุโมงค์ (Cracking) พบว่า อุโมงค์ที่มีการแตกร้าวมากที่สุด คือ อุโมงค์ปางตูปขอบ โดยมีค่าระดับความเสียหายอยู่ที่ 5.58 ตามมาตรฐานของ MTA สามารถจำแนกได้ว่า อุโมงค์อยู่ในสภาพที่มีความเสียหายพอใช้

เมื่อพิจารณาความเสียหายของอุโมงค์โดยพิจารณาเฉพาะการหลุดร่อนของอุโมงค์ (Spalling) พบว่า อุโมงค์ที่มีการหลุดร่อนมากที่สุด คือ อุโมงค์ขุนตาน โดยมีค่าระดับความเสียหายอยู่ที่ 5.28 ตามมาตรฐานของ MTA สามารถจำแนกได้ว่า อุโมงค์อยู่ในสภาพที่มีความเสียหายพอใช้

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาสภาพความเสียหายโดยรวมแล้ว พบว่าอุโมงค์ที่มีความเสียหายมากที่สุด คือ อุโมงค์เขาพลึง โดยมีค่าความเสียหายอยู่ที่ 4.58

รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการสำรวจอุโมงค์ 7 แห่ง

ลำดับ ที่	อุโมงค์	ที่ตั้ง	ความยาว (เมตร)	อายุ (ปี)	คาดอุโมงค์	ระบบ ระบาย น้ำ	ระบบ ไฟส่อง สว่าง	สถานที่ หลบ รถไฟ	Leaks	Cracking	Spalling	Overall Damage Rating
1	ปางตวบชอบ	อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์	120.09	107	ผนังอิฐก่อ	มี	ไม่มี	ไม่มี	5.04	5.58	5.83	5.43
2	เขาพลึง	อ.เด่นชัย จ.แพร่	366.44	106	เพดานเป็นคอนกรีต ผนังเป็นคอนกรีตสลับหิน	มี	ไม่มี	ไม่มี	2.79	5.90	5.59	4.58
3	ห้วยแม่ลาน	อ.ลอง จ.แพร่	130.20	104	เพดานเป็นคอนกรีต ผนังเป็นคอนกรีตสลับหิน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	5.81	5.62	6.00	5.44
4	ขุนตาน	อ.ห้างฉัตร จ.ลำปาง	1362.10	98	คอนกรีต	มี	มี	มี	4.44	5.96	5.28	5.23
5	พระพุทธฉาย	อ.วิหารแดง จ.สระบุรี	1197.00	22	เพดานเป็นคอนกรีต ผนังเป็นคอนกรีตสลับหิน	มี	มี	มี	4.46	5.83	5.94	5.31
6	เขาพังเหย	อ.ลำสนธิ จ.ลพบุรี	230.60	50	คอนกรีต	ไม่มี	ไม่มี	มี	6.00	6.00	5.35	5.84
7	ช่องเขา	อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช	235.90	102	เพดานเป็นคอนกรีต ผนังเป็นคอนกรีตสลับหิน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	4.05	6.00	6.00	5.22

### บรรณานุกรม

ประวัติอุโมงค์ขุนตานและการก่อสร้างอุโมงค์ขุนตาน

<http://www.tapladuk.go.th/phocadownload/data/kuntan.pdf>

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบและสำนักบริหารบำรุงทาง (2550) คู่มือตรวจสอบ และประเมินความเสียหาย  
ของผิวทาง, กรมทางหลวง

วิศว์ รัตนโชติ (2544) การประเมินสภาพทางเพื่อใช้ในการบริหารงานบำรุงทางหลวงชนบท, วิทยานิพนธ์ระดับ  
มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โสธร วงศ์ปราโมทย์ (2556) กรณีศึกษาการสำรวจสภาพความชำรุดเสียหายของผิวถนนในพื้นที่ องค์การ  
บริหารส่วนตำบลพลูตาหลวง, ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารฝึกอบรม : Mr 3 (การดูแลทางคอนกรีต) Mr 11 (ข้อมูลทางวิศวกรรมที่ต้องการในการดำเนินงาน  
บำรุงรักษาทาง) โครงการ Human Resources Development กรมทางหลวง, 2546, (จัดทำโดย  
บริษัททีมคอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมนาเจอร์ จำกัด, ฯลฯ

การดูแลถนนคอนกรีต, มนัส คอวนิช, สิงหาคม 2542 (เอกสารเผยแพร่จำกัด)

Russell, H.A. and Gilmore, J. (1997). Inspection Policy and Procedures for Rail Transit Tunnels  
and Underground Structures. Synthesis of Transit Practice 23, Transit Cooperative  
Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, National  
Academy Press, Washington, D.C.

Thailand Underground and Tunnelling Group (2012). Tunnelling and Underground Spaces in  
Thailand. Thailand Underground and Tunnelling Group (TUTG), under the Engineering  
Institute of Thailand (EIT), Kongsomboon, T. (Ed), Pre-one Limited Partnership, Bangkok.

“EVALUATION AND MAINTENANCE OF CONCRETE PAVEMENT” Permanent International  
Association of Road Congress (PIARC), 1992.

AASHTO Guide for Design of Pavement Structure, 1993.