

กรมทางหลวง
กองวิเคราะห์และวิจัย
วิธีการทดลองคุณภาพของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต
(เทียบเท่า AASHTO T-26)

* * * * *

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นวิธีการทดลองเพื่อหาคุณภาพของน้ำที่นำมาผสมคอนกรีต

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

- 2.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการหาค่าความเป็นกรด-ด่าง
เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) ซึ่งสามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.05 pH.
- 2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการหาปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ
- ก. ชามกระเบื้อง (Porcelain basin) มีความจุ 200 มิลลิลิตร
 - ข. หม้อต้มน้ำ (water bath)
 - ค. หม้ออบกันความชื้น (Desiccator)
 - ง. กระจกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร
 - จ. เตาอบสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 130-135° ซ.
 - ฉ. เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม
 - ช. ขวดมาตรฐาน (Volumetric flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร
- 2.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการหาอนุมูลคลอไรด์
- ก. ขวดมาตรฐาน (Volumetric flask) ขนาด 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
 - ข. ปิเปต (Pipet) ขนาด 50.00 มิลลิลิตร
 - ค. บิวเรต (Buret) ขนาด 50.00 มิลลิลิตร
 - ง. ขวดแก้วรูปกรวย (Conical flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
 - จ. เตาอบ
 - ฉ. หม้ออบกันความชื้น (Desiccator)
- 2.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการหาอนุมูลซัลเฟต
- ก. ปิเปต (Pipet) ขนาด 50.00 มิลลิลิตร
 - ข. บีกเกอร์ ขนาด 250 และ 400 มิลลิลิตร
 - ค. เตาไฟฟ้าแบบแผ่นให้ความร้อน (Hot-plate)
 - ง. ถ้วยกระเบื้อง (Porcelain crucible) มีความจุ 30 มิลลิลิตร

- จ. เตาอบ
- ฉ. ตะเกียงบุนเสน (Bunsen burner)
- ช. เตาเผาไฟฟ้า (Electric furnace)
- ซ. หม้ออบกันความชื้น (Desiccator)
- ฅ. เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.2.1 การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง

ก. กระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-paper) ซึ่งมีช่วงของการวัดอยู่ระหว่าง 5.0 pH-9.0 pH

ข. สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution) ซึ่งมี pH = 4.00 และ pH = 7.00

2.2.2 การหาปริมาณอนุมูลคลอไรด์

ก. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์

ข. ฟีนอล์ฟธาเลอิน อินดิเคเตอร์ (Phenolphthalein indicator) เข้มข้น 10 กรัม/ลิตร ซึ่งเตรียมได้โดยชั่ง ฟีนอล์ฟธาเลอิน 1.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

ค. สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต (Silver nitrate standard solution) เข้มข้น 0.025 นอร์มอล (0.025 N.) ซึ่งเตรียมได้โดย นำซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3) ชนิดบริสุทธิ์มาประมาณ 5 กรัม บดให้ละเอียด นำไปอบที่อุณหภูมิ 40°C . นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาปล่อยให้เย็นในหม้ออบกันความชื้น แล้วชั่งมา 4.2473 ± 0.0002 กรัม นำไปละลายในน้ำกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร เทใส่ขวดมาตรฐานขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดมาตรฐานเขย่าให้เข้ากัน

ง. สารละลายโปรแตสเซียมโครเมต อินดิเคเตอร์ (Potassium chromate indicator solution) เข้มข้น 50 กรัม/ลิตร ซึ่งเตรียมได้โดย ชั่งโปรแตสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) ชนิดบริสุทธิ์ 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต (ข้อ ค.) ทีละหยด จนกระทั่งเกิดตะกอนสีส้มแดง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 24 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2 ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายที่กรองได้มาเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

จ. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride standard solution) เข้มข้น 0.025 นอร์มอล (0.025N) ซึ่งเตรียมได้โดยนำโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ชนิดบริสุทธิ์มาประมาณ 2 กรัม มาอบที่อุณหภูมิ 60°C . นาน 1 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นในหม้ออบกันความชื้น ชั่งโซเดียมคลอไรด์นี้มา 1.4613 ± 0.0002 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เทใส่ขวดมาตรฐานขนาด 1000 มิลลิลิตร ใช้ น้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อย ล้างภาชนะใบเดิม แล้วเทลงในขวดมาตรฐานควรว้างสัก 2 ครั้ง เติมน้ำกลั่นให้ถึงขีดมาตรฐานเขย่าให้เข้ากัน

ฉ. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide solution) เข้มข้น 10 กรัม/ลิตร ซึ่งเตรียมได้โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มา 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดพลาสติก

ข. กรดซัลฟูริก เข้มข้น 1 : 19 ซึ่งเตรียมได้โดยค่อยๆ เทกรดซัลฟูริก ถ.พ. 1.84 จำนวน 1 ปริมาตรลงในน้ำกลั่น 19 ปริมาตร แล้วใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน

2.2.3 การหาปริมาณอนุโมลซัลเฟต

ก. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (Barium chloride solution) เข้มข้น 118 กรัม/ลิตร ซึ่งเตรียมได้โดยชั่งแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) ชนิดบริสุทธิ์มา 118.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

ข. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) เข้มข้น 1 : 9 ซึ่งเตรียมได้โดยค่อยๆ เทกรดไฮโดรคลอริก ถ.พ. 1.19 จำนวน 1 ปริมาตร ลงในน้ำกลั่น 9 ปริมาตร แล้วใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน

ค. กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid) ชนิดบริสุทธิ์เข้มข้น 48-51 เปอร์เซ็นต์

ง. สารละลายเมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ (Methyl orange indicator solution) เข้มข้น 0.5 กรัม/ลิตร ซึ่งเตรียมได้โดย ชั่งเมทิลออเรนจ์ 0.05 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

จ. กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) ถ.พ. 1.84 ชนิดบริสุทธิ์

2.3 แบบฟอร์ม

ให้ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 5-03

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

ใช้น้ำตัวอย่างประมาณ 2.0 ลิตร ต่อการทดลอง 1 ครั้ง

2.5 การทดลอง

2.5.1 การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ หาได้ 2 วิธีดังต่อไปนี้

ก. การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำโดยใช้กระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง ให้จุ่มกระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง ลงในน้ำตัวอย่าง แล้วนำไปเทียบสีกับสีมาตรฐานบนฝาตลับกระดาษวัดความเป็นกรด-ด่าง ทันที เมื่อสีตรงกับสีใดก็ให้อ่านค่า pH จากตัวเลขที่กำกับอยู่กับสีนั้น

ข. การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ให้นำน้ำตัวอย่างประมาณ 100 มิลลิลิตร วัดค่า pH จากเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง ที่ได้แก่ความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์เรียบร้อยแล้ว (ตามวิธีการในคู่มือประจำเครื่อง) ค่าที่อ่านได้จากหน้าปัทม์ของเครื่องคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ

2.5.2 การหาปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ (Total solid in water)

กวนน้ำตัวอย่างด้วยแท่งแก้วประมาณ 1 นาที แล้วตวงให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยใช้ขวดมาตรฐาน เทส่วนหนึ่งของน้ำตัวอย่างนี้ลงในชามกระเบื้อง (ซึ่งทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว คือ B) ประมาณ 3/4 ของถ้วย แล้วทำให้ระเหยบนหม้อต้มน้ำ เมื่อน้ำในชามกระเบื้องระเหยไปหมด ให้เติมน้ำตัวอย่างส่วนที่เหลือลงไปอีกประมาณ 3/4 ของชาม แล้วระเหยต่อไปทำซ้ำเช่นนี้เรื่อยๆ

จนน้ำตัวอย่างหมด เมื่อน้ำในชามกระเบื้องแห้งแล้ว นำชามกระเบื้องซึ่งมีตะกอนอยู่ที่ก้นไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 132 °ซ. นาน 1 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นในหม้ออบกันความชื้นแล้วชั่ง จดน้ำหนักที่แน่นอนไว้ น้ำหนักที่ได้คือ A

2.5.3 การหาปริมาณอนุมูลคลอไรด์ (Chloride ion determination) โดยวิธีไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต

ก. ใช้ปิเปตตุน้ำตัวอย่างมา 50.00 มิลลิลิตร (คือ S) ใส่ขวดแก้วรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร ถ้าในน้ำตัวอย่างมีอนุมูลซัลเฟต ให้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.50 มิลลิลิตร ลงไปในน้ำตัวอย่างจนให้เข้ากันนาน 1 นาที แล้วปรับ pH ให้เป็น 8.3 ด้วยกรดซัลฟูริก (1:19) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (10 กรัม/ลิตร) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

ข. เติมสารละลายโปแตสเซียมโครเมตลงไป 1.00 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีแล้วนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน ซิลเวอร์ไนเตรตที่ละหยด จนได้สารละลายสีอิฐ (brick-red) จดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรตไว้คือ V_1

ค. ใช้ปิเปตตุน้ำตัวอย่าง 25.00 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นที่ปราศจากอนุมูลคลอไรด์ ลงไปให้ได้ปริมาตร 50.00 มิลลิลิตร ดำเนินการตามข้อ ก. และ ข. ต่อไป ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน ซิลเวอร์ไนเตรต ที่ใช้คือ V_2

2.5.4 การหาปริมาณอนุมูลซัลเฟต (Sulfate ion determination) โดยวิธีตกตะกอน (Gravimetric Method)

ก. กรองน้ำตัวอย่าง ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 2 ใช้ปิเปตตุน้ำตัวอย่างมา 200 มิลลิลิตร (คือ V) ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร ปรับภาวะความเป็นกรดของน้ำตัวอย่างโดยการเติมกรดไฮโดรคลอริก (1:9) ใช้เมตริลลอเรนจ์เป็นอินดิเคเตอร์ จนได้สารละลายสีส้มแดง แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริก (1: 9) อีก 10 มิลลิลิตร

ข. นำสารละลายในข้อ ก. ไปต้มให้เดือด ค่อยๆ เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ที่ร้อนลงไป 5 มิลลิลิตร ต้องกวนตัวอย่างตลอดเวลาที่เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ แล้วนำไปตั้งบนเตาไฟฟ้าแบบแผ่นให้ความร้อน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80-90° ซ. นานอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

ค. กรองสารละลายจากข้อ ข. ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน 10 ครั้ง ครั้งละ 10 มิลลิลิตร ถ้าปรากฏว่ามีตะกอนหลุดกระดาษกรองต้องกรองใหม่

ง. นำกระดาษกรองพร้อมตะกอน ใส่ในถ้วยกระเบื้องซึ่งทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว คือ W_2 อบให้แห้งในเตาอบ แล้วนำมาเผาด้วยตะเกียงเบนเสนโดยใช้ไฟอ่อนๆ (ต้องระวังไม่ให้กระดาษกรองติดไฟ) จนกระดาษกรองเป็นสีขาว นำไปเผาที่เตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 800° ซ. นำออกมาปล่อยให้เย็นในหม้ออบกันความชื้น แล้วนำมาชั่งจดน้ำหนักที่แน่นอนไว้ คือ W_1

จ. ถ้า $W_1 - W_2$ มีค่ามากหรือน้อยกว่า 10-50 มิลลิกรัม ให้ลดหรือเพิ่มปริมาตรของน้ำตัวอย่าง เพื่อให้ได้ค่า $W_1 - W_2$ อยู่ในช่วงดังกล่าว แล้วปรับปริมาตรของน้ำตัวอย่างให้เป็น 200 มิลลิลิตร โดยการระเหยหรือเติมน้ำกลั่นลงไป แล้วนำมาทำตามข้อ ก. ถึง ง. ต่อไป น้ำตัวอย่างที่นำมาทดลองก่อนปรับปริมาตรตามวิธีการในข้อนี้ คือ V

3. การคำนวณ

3.1 การคำนวณหาปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ

ปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำเป็น มิลลิกรัม/ลิตร หรือ part per million (ppm.) = $2,000(A-B)$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของชามกระเบื้องพร้อมตะกอนมีหน่วยเป็นกรัม

B คือ น้ำหนักของชามกระเบื้องเปล่า มีหน่วยเป็นกรัม

3.2 การคำนวณหาปริมาณของอนุมูลคลอไรต์ในน้ำ

ปริมาณของอนุมูลคลอไรต์ เป็น มิลลิกรัม/ลิตร หรือ part per million (ppm.)

$$= \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 71,000}{S}$$

เมื่อ V_1 คือ จำนวนมิลลิลิตร ของน้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง ตามข้อ 2.5.3-ข.

V_2 คือ จำนวนมิลลิลิตร ของน้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง ตามข้อ 2.5.3-ค.

N คือ กำลัง (Normality) ของน้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต เท่ากับ 0.025

S คือ จำนวนมิลลิลิตร ของน้ำตัวอย่างที่ใช้ในข้อ 2.5.3-ก. เท่ากับ 50.00 มิลลิลิตร

3.3 การคำนวณหาปริมาณของอนุมูลซัลเฟตในน้ำ

ปริมาณของอนุมูลซัลเฟต เป็นมิลลิกรัม/ลิตร หรือ part per million (ppm.)

$$= \frac{(W_1 - W_2) \times 411,500}{V}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องพร้อมตะกอน มีหน่วยเป็นกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเปล่า มีหน่วยเป็นกรัม

V คือ จำนวนมิลลิลิตรของน้ำตัวอย่างที่นำมาทดลอง ตามข้อ 2.5.4-ก. หรือ 2.5.4-จ.แล้วแต่กรณี

4. การรายงาน

ให้รายงานตามแบบฟอร์ม ในข้อ 2.3

5. ข้อควรระวัง

- 5.1 ในการวัดปริมาตรของน้ำ ต้องวัดให้ได้ปริมาตรที่แน่นอนด้วยปิเปต หรือขวดมาตรฐาน
- 5.2 ในระหว่างที่ทำการทดลองหาปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ ต้องระวังอย่าให้น้ำในหม้อต้มน้ำแห้ง
- 5.3 ในการทดลองหาปริมาณอนุมูลคอลลอยด์ ภาชนะที่ใช้ทุกชิ้นต้องล้างด้วยน้ำกลั่นก่อนใช้ทุกครั้ง น้ำกลั่นที่ใช้ต้องเป็นน้ำกลั่นที่ปราศจากอนุมูลคอลลอยด์

6. หนังสืออ้างอิง

6.1 The American Association of State Highway Officials, "Standard Specifications for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing" AASHTO Designation : T-26

6.2 American Society for Testing and Materials

ASTM Designation : D 512-74

ASTM Designation : D 516-74

* * * * *

กองวิเคราะห์และวิจัย

อันดับทดลองที่

เจ้าของตัวอย่าง

หนังสือที่ วันที่รับหนังสือ

ทางสาย

เจ้าหน้าที่ทดลอง วันที่รับตัวอย่าง

วันที่ทดลอง

ผลทดลองคุณภาพของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

รายละเอียดคุณสมบัติและส่วนประกอบต่าง ๆ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ	7.5	
2. ปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ มิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm.	1,149	
3. ปริมาณอนุมูลคลอไรด์ (Cl^-) มิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm.	445	
4. ปริมาณอนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) มิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm.	182	

หมายเหตุ

ค่าธรรมเนียมทดลองเป็นเงิน บาท
ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่กองวิเคราะห์และวิจัยได้รับเท่านั้น

รายการคำนวณ

1. การทดลองหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำ
ค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.5
2. รายละเอียดการทดลองหาปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
จำนวนน้ำตัวอย่างที่ใช้ เป็นมิลลิลิตร	500.00	500.00	
น้ำหนักขามกระเบื้องพร้อมตะกอน เป็นกรัม (A)	152.4789	160.3885	
น้ำหนักขามกระเบื้องเปล่า เป็นกรัม (B)	151.9099	159.8085	

ปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ เป็นมิลลิกรัม/ลิตร หรือ part per million (ppm.)

$$= 2,000 (A-B)$$

ตัวอย่าง ก. ปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ = 2,000 (152.4789-151.9099) ppm.
= 1,138 ppm.

ตัวอย่าง ข. ปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำ = 2,000 (160.3885-159.8085) ppm.
= 1,160 ppm.

∴ ปริมาณของสารที่มีอยู่ในน้ำโดยเฉลี่ย = 1,149 ppm. หรือ มิลลิกรัม/ลิตร

3. รายละเอียดการทดลองหาปริมาณคลอไรด์

รายละเอียด	1		2		หมายเหตุ
	ก.	ข.	ก.	ข.	
จำนวนน้ำตัวอย่างที่ใช้ เป็นมิลลิลิตร	50.00	50.00	25.00	25.00	
จำนวนน้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรดที่ใช้ไตรเตรต ต.บ. เป็นมิลลิลิตร	25.00	25.00	12.50	12.60	
จำนวนน้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรดที่ใช้ไตรเตรต ตัวอย่างโดยเฉลี่ย เป็นมิลลิลิตร	25.10	(V ₁)	12.55	(V ₂)	

N. คือ กำลัง (Normality) ของน้ำยามาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรด = 0.025

S. คือ จำนวนของน้ำตัวอย่างที่ใช้ในข้อ 2.5.3-ก. เป็นมิลลิลิตร = 50.00

ปริมาณของอนุมูลคลอไรด์ เป็นมิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm. =
$$\frac{(V_1 - V_2) \times N \times 71,000}{S}$$

ปริมาณของอนุมูลคลอไรด์ =
$$\frac{(25.10 - 12.55) \times 0.025 \times 71,000}{50.00}$$

= 445 ppm. หรือมิลลิกรัม/ลิตร

4. รายละเอียดการทดลองหาปริมาณซัลเฟต

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
จำนวนน้ำตัวอย่างที่ใช้ เป็นมิลลิลิตร (V)	200.00	200.00	
น้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมตะกอน เป็นกรัม (W ₁)	17.8842	17.6255	
น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเปล่า เป็นกรัม (W ₂)	17.7952	17.5373	

การคำนวณ

ปริมาณของอนุมูลซัลเฟต เป็นมิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm. =
$$\frac{(W_1 - W_2) \times 411,500}{V}$$

ตัวอย่าง ก. ปริมาณของอนุมูลซัลเฟต =
$$\frac{(17.8842 - 17.7952) \times 411,500}{200.00}$$
 ppm.

= 183 ppm.

ตัวอย่าง ข. ปริมาณของอนุมูลซัลเฟต =
$$\frac{(17.6255 - 17.5373) \times 411,500}{200.00}$$
 ppm.

= 181 ppm.

∴ ปริมาณของอนุมูลซัลเฟตโดยเฉลี่ย = 182 ppm. หรือ มิลลิกรัม/ลิตร