

## กำลังอัดและประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ของคอนกรีตบล็อกปูพื้น ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์

รุ่งโรจน์ ปิยะภานุวัฒน์\* และ ชีระวุฒิ มุอำหัต

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยตัวอย่างคอนกรีตบล็อกปูพื้นขนาด 5x5x5 ซม. ที่มีการฉาบผิวหน้าหนา 1 ซม. ด้วยคอนกรีตที่ผสมไทเทเนียมออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 0 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก และทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณไทเทเนียมออกไซด์ที่มีต่อกำลังรับแรงอัดที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน และการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ โดยนำตัวอย่างที่มีอายุ 28 วันมาทำการการบำบัดอากาศโดยจะทำการบำบัดหลายรอบ(รอบละ 48 ชั่วโมง) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณไทเทเนียมออกไซด์ที่ผสมไม่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด และมีค่ากำลังอัดสูงกว่าที่ทำการออกแบบไว้ สำหรับการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณไทเทเนียมออกไซด์ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ดีกว่าที่ปริมาณอื่นๆ โดยประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าสูงสุดในรอบที่ 1 เท่ากับร้อยละ 48 และมีค่าลดลงเมื่อทำการบำบัดซ้ำในรอบถัดไป โดยรอบที่ 7 คอนกรีตบล็อกปูพื้นจะมีประสิทธิภาพการบำบัดต่ำกว่าร้อยละ 10 จากนั้นนำคอนกรีตบล็อกปูพื้นมาทำการขัดผิวหน้าออกประมาณ 0.1 ซม. แล้วนำมาทดสอบซ้ำ โดยประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับประสิทธิภาพของตัวอย่างที่เตรียมใหม่ ซึ่งการขัดสีดังกล่าวเปรียบได้กับการสึกกร่อนของคอนกรีตบล็อกปูพื้นบนทางเท้าและถนน นอกจากนั้นยังมีการนำคอนกรีตบล็อกปูพื้นผสมไทเทเนียมออกไซด์มาแช่ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น เพื่อเป็นการจำลองสภาวะการสัมผัสฝนกรด ผลการศึกษาพบว่า คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่แช่ในกรดซัลฟูริกเจือจาง (pH = 5) มีค่ากำลังอัดและประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำกว่าการแช่ในน้ำในปริมาณร้อยละ 10 ถึง 20

**คำสำคัญ :** กำลังรับแรงอัด, ไนโตรเจนไดออกไซด์, คอนกรีตบล็อกปูพื้น, ไทเทเนียมออกไซด์

---

ภาควิชาครุศาสตร์โยธา, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

\* ผู้ติดต่อ, อีเมล: rungroj.piy@kmutt.ac.th รับเมื่อ 15 มิถุนายน 2555 ตอบรับเมื่อ 30 ตุลาคม 2555

## Compressive Strength and Treatment Efficiency of Nitrogen-Dioxide of Paving Block Made of Concrete Mixing with Titanium-Dioxide

Rungroj Piyaphanuwat\* and Teerawut Muhummud

### Abstract

This research studied the treatment efficiency of Nitrogen-dioxide ( $\text{NO}_2$ ) in air using concrete paving block containing Titanium-dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) which were  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  cubic specimens. They were plastered with concrete mixed with  $\text{TiO}_2$  in the percentage of 0, 5, 10, and 15 by weight for the top layer of the specimens at 1 cm. This research studied the effect of doses of  $\text{TiO}_2$  on compressive strength at the age of 3, 7, 14, and 28 days and the  $\text{NO}_2$  treatment in air. The 28-cured days of specimens treated  $\text{NO}_2$  for several cycles (48 hours / cycle). The results showed that the doses of  $\text{TiO}_2$  did not effect on the compressive strengths of concrete paving block which was higher than designed mixes. For  $\text{NO}_2$  treatment, the treatment efficiency of concrete paving block containing 15 wt.% of Titanium-dioxide had higher than the specimens. The 1<sup>st</sup> cycle for treatment had the efficiency of 48% and decreased when retreated in next cycles. At the 7<sup>th</sup> cycles, the efficiency of concrete paving block decreased to lower than 10%. After that the tested specimens were polished in order to remove the surface of concrete paving block for 0.1 cm. and retested. The efficiency of retested specimens was similar to new specimens. The polished surface of concrete paving block was stimulated corrosion on pathway and road. In addition, concrete paving block containing Titanium-dioxide were soaked in diluted Sulfuric acid in order to stimulated contact with acid rain. The results showed that concrete paving block containing Titanium-dioxide soaked in diluted Sulfuric acid (pH = 5) had the strength development and  $\text{NO}_2$  treatment efficiency were lower than when compared with specimens which soaked in water about 10 to 20 percent

**Keywords :** Compressive Strength , Nitrogen-Dioxide, Concrete Paving Block , Titanium-Dioxide

## 1. บทนำ

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชุมชนเมืองที่มีการจราจรคับคั่ง ทำให้มีการปล่อยควันจากรถยนต์ ซึ่งมีสารที่เป็นพิษปะปนออกมาด้วย เช่น ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SOx) และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งสารพิษเหล่านี้ทำให้เกิดก๊าซโอโซนในระดับพื้นดินที่ทำลายระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะเมื่อเยื่อปอด ส่งผลให้สมรรถภาพการทำงานของปอดต่ำลง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดฝนกรดซึ่งจะกัดกร่อนรถยนต์ อาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ และทำให้แหล่งน้ำต่างๆ มีความเป็นกรดและไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตของพืชหรือสัตว์ และยังสามารถรวมตัวกับสารประกอบอื่นเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่เป็นอันตรายได้ด้วย จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการบำบัดสารพิษที่มีปะปนอยู่ทั้งในน้ำและในอากาศ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีโฟโตแคตตาไลซิสเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดสารพิษทั้งในน้ำและในอากาศ โดยอาศัยแสงและตัวเร่งปฏิกิริยาในการทำปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสกับสารพิษ ปฏิกิริยานี้จะทำให้สารพิษถูกออกซิไดซ์จนทำให้สารพิษมีสภาพความเป็นพิษน้อยลงหรือไม่มีสภาพความเป็นพิษหลงเหลืออยู่ สารที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิส ได้แก่ ประเภทโลหะตัวนำ (Transition Metal) เช่น ทองแดง โครเมียม นิกเกิล และสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) เป็นต้น ในปัจจุบันไทเทเนียมไดออกไซด์ได้ถูกนำมาใช้เป็นแคตตาไลสกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีราคาไม่แพง มีความเสถียรสูง และมีผลข้างเคียงต่อสิ่งแวดล้อมน้อย โดยนำมาใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำเสีย

จากงานวิจัยที่ผ่านมา Moeprasertdee and Chootisuwan [1] ได้ทำการเติมไทเทเนียมไดออกไซด์ชนิดแอนาเทสใน

น้ำทิ้งสังเคราะห์ พบว่า สามารถสลายโทลูอินเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 135 นาที นอกจากนั้นไททาเนียมไดออกไซด์ยังนำมาใช้กำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานกระดาษ หรือ ใช้กำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย [2-3] ในด้านการบำบัดอากาศได้มีการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ในการบำบัดโทลูอิน และออกไซด์ของไนโตรเจนในอากาศ ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารที่บำบัด และปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ ปริมาณแสง และความชื้น [4, 5] และยังมีงานวิจัยที่มีการการนำไททาเนียมไดออกไซด์มาเคลือบบนแผ่นใยแก้วเพื่อนำมาใช้ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ [6]

จากสมบัติของไททาเนียมไดออกไซด์และเทคโนโลยีโฟโตแคตตาไลซิสในงานวิจัยที่ผ่านมา งานวิจัยนี้จึงได้นำไททาเนียมไดออกไซด์มาผสมในคอนกรีตบล็อกปูพื้น เพื่อเพิ่มสมบัติในการบำบัดออกไซด์ของไนโตรเจนในอากาศให้กับคอนกรีตบล็อกปูพื้น โดยทำการศึกษาผลของปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผสมต่อสมบัติด้านกำลังอัด และการบำบัดออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)

## 2. วิธีการศึกษา

### 2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ถูกออกแบบและผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531 ซึ่งวัสดุที่ใช้ประกอบด้วย 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 2) หินย่อยเบอร์ 1 3) ทรายละเอียด และ 4) ผงไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีความบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 99 โดยน้ำหนัก

### 2.2 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ใช้ในการศึกษามีขนาด  $5 \times 5 \times 5$  ลูกบาศก์เซนติเมตรอัตราส่วนผสมของคอนกรีตจากการออกแบบคอนกรีตบล็อกปูพื้นให้รับกำลังได้ตามมาตรฐาน มอก.827-2531 (กำลังอัดไม่น้อยกว่า 35

เมกะพาสคัล) ได้แก่ ปูนซีเมนต์ : น้ำ : ทราย เท่ากับ 1 : 0.37 : 2.47 : 1.37 การหล่อตัวอย่างได้แบ่งการเทคอนกรีตออกเป็น 3 ชั้น โดยชั้นที่ 1 เทคอนกรีตที่ไม่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์หนา 3 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 เทคอนกรีตที่มีส่วนผสมของไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 50 ของปริมาณที่ผสมในชั้นที่ 3 หนา 1 เซนติเมตร และชั้นที่ 3 เทคอนกรีตที่มีส่วนผสมของไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 5 10 และ 15 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ หนา 1 เซนติเมตร โดยทำการกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง เนื่องจากชั้นที่ 3 เป็นพื้นที่ผิวหน้าด้านบน ซึ่งเป็นส่วนที่ทำปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสและใช้ในการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ส่วนชั้นที่ 2 เป็นชั้นรองลงมาซึ่งมีโอกาสที่จะทำปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสได้ต่ำกว่าชั้นที่ 3 เนื่องจากโอกาสที่จะเกิดการสึกกร่อนมากกว่า 1 ซม ต้องใช้เวลาหลายครั้งนั้นไม่มีความจำเป็นในการใส่ไทเทเนียมไดออกไซด์ ส่วนชั้นที่ 1 เป็นชั้นฐานของบล็อกปู ซึ่งมีโอกาสต่ำมากที่จะสึกกร่อนถึงขั้นดังกล่าว เมื่อครบ 24 ชั่วโมงจึงถอดแบบ และนำตัวอย่างไปบ่มในน้ำและกรดซัลฟูริกเจือจางที่มีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 5 จนมีอายุ 3 7 14 และ 28 วัน เพื่อเป็นการจำลองสภาพการสัมผัสกับฝนกรดอ่อนในสภาพแวดล้อมจริงของคอนกรีตบล็อกปูพื้น

### 2.3 วิธีการทดสอบ

#### 2.3.1 การทดสอบกำลังอัด

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้น เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.827-2531 โดยคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่นำขึ้นจากบ่อบ่ม จะถูกทำให้แห้งก่อนการทดสอบ ทำการวัดขนาด และน้ำหนัก จากนั้นทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่อายุ 3 7 14 และ 28 วัน ด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต โดยทำการทดสอบ 5 ตัวอย่างต่อชุดการทดลอง และใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

#### 2.3.2 การทดสอบการบำบัดอากาศ

การทดสอบการบำบัดอากาศของคอนกรีตบล็อกปูพื้น ทำโดยการนำตัวอย่างที่มีอายุ 28 วัน ไปวางในตู้ทดสอบที่ประกอบขึ้นจากแผ่นอะคริลิกขนาด 50 x 50 x 50 เซนติเมตร และบรรจุออกไซด์ของไนโตรเจน ( $\text{NO}_x$ ) ประเภทไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $\text{NO}_2$ ) ไว้ภายใน ด้านนอกตู้มีท่ออากาศพร้อมวาล์วเปิดปิด 2 จุด ภายในตู้มีการติดตั้งพัดลม 2 จุด เพื่อหมุนเวียนอากาศในตู้ทดสอบให้มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ด้านบนของตู้ทดสอบมีการติดตั้งหลอดอัลตราไวโอเลตเพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิส ไนโตรเจนไดออกไซด์จะถูกส่งผ่านท่ออากาศเข้าไปในตู้ทดสอบนาน 15 นาที จึงปิดวาล์วท่อ (ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ที่ประมาณ 120 ppm) แล้วเปิดพัดลมหมุนเวียนอากาศ จากนั้นจึงนำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกปูพื้น วางตรงกลางตู้ทดสอบ แล้วเปิดหลอดอัลตราไวโอเลตจำนวน 2 หลอด กำลัง 14 วัตต์ มีช่วงความยาวคลื่น 315-380 นาโนเมตร ซึ่งวางห่างจากตัวอย่าง 30 เซนติเมตร ทำการวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในตู้ทดสอบในแต่ละรอบที่ระยะเวลา 0 1 3 6 12 24 และ 48 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศรุ่น GASBADGE Pro-NO2 ทำการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ซ้ำในรอบต่อไปจนกว่าจะถึงรอบที่ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในรอบนั้นมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 10 จึงนำตัวอย่างมาทำการวัดผิวหน้าของชั้นที่มีผงไทเทเนียม ด้วยเครื่องวัดสีคอนกรีตด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ให้ความสูงของก้อนตัวอย่างลดลง 0.1 เซนติเมตร เพื่อเป็นการจำลองสภาพการสึกกร่อนของคอนกรีตบล็อกปูพื้น และนำไปทำการทดสอบการบำบัดออกไซด์ของไนโตรเจนอีก และทำการวัดผิวหน้าคอนกรีตบล็อกปูพื้นทุกครั้งเมื่อประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ลดต่ำกว่าร้อยละ 10 จนครบ 3 ครั้ง โดยจะทำการทดสอบรอบละ 2 ครั้ง ครั้งละ 6 ตัวอย่าง

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้น

##### 3.1.1 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นผ่านการบ่มน้ำ

ผลการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก แสดงในรูปที่ 1 จากรูปจะเห็นได้ว่า คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ไม่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น โดยที่อายุ 3 และ 28 วันมีกำลังอัดเท่ากับ 389 และ 675 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบในปูนซีเมนต์ ได้แก่  $C_3S$   $C_2S$   $C_3A$  และ  $C_4AF$  ทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับน้ำ เกิดสารประกอบที่มีสมบัติในการยึดประสาน ได้แก่ CSH และ CAH ซึ่งทำให้คอนกรีตบล็อกปูพื้นมีการพัฒนากำลังอัดอย่างต่อเนื่อง

เมื่อมีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีตบล็อกปูพื้น พบว่า ที่อายุการบ่ม 3 วัน มีกำลังอัดเท่ากับ 389 388 และ 390 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีการพัฒนากำลังอัดอย่างต่อเนื่อง โดยที่อายุการบ่ม 28 วัน มีกำลังอัดเท่ากับ 699 675 และ 684 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณต่างๆ มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาลักษณะการวิบัติของตัวอย่างพบว่า ตัวอย่างที่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์มีการวิบัติภายใต้แรงอัด (Explosive failure) เหมือนคอนกรีตทั่วไป แสดงให้เห็นว่าปริมาณของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ผสมไม่มีผลต่อการพัฒนากำลังรับแรงอัดและลักษณะการวิบัติของคอนกรีตบล็อกปูพื้น

##### 3.1.2 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผ่านการบ่มในกรดซัลฟูริก

จากรูปที่ 1 ข) เมื่อพิจารณากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่แช่ในกรดซัลฟูริกเปรียบเทียบกับที่บ่มในน้ำ พบว่า คอนกรีตบล็อกปูพื้นมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น โดยที่อายุการบ่ม 28 วันมีกำลังอัดเท่ากับ 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีค่าลดลงคิดเป็นร้อยละ 11.1 และเมื่อมีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีตบล็อกปูพื้น กำลังอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่าเท่ากับ 651 614 และ 622 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีค่าลดลงจากคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่บ่มในน้ำ คิดเป็นร้อยละ 6 – 9 คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์มีกำลังอัดลดลงต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ไม่มีการผสม อาจจะเป็นไปได้ว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ผสมซึ่งมีขนาดเล็ก สามารถเติมเต็มช่องว่างภายในคอนกรีตบล็อกปูพื้นเป็นผลทำให้ความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริกจึงเพิ่มขึ้น [7]

#### 3.2 ผลการทดสอบการบำบัดอากาศ

##### 3.2.1 การบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผ่านการบ่มน้ำ

เมื่อนำคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์บ่มในน้ำและกรดซัลฟูริกมาทำการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ ( $NO_2$ ) ในตู้ทดสอบ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 ก) ผลการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้บ่มของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่บ่มในน้ำ ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบมีค่าประมาณ 120 ppm และเมื่อนำคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ไม่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์เข้าทำการทดสอบ พบว่าค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อทำการนำคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์มาทำการทดสอบ พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบมีค่าลดลง

เมื่อระยะเวลาในการทดสอบเพิ่มขึ้น โดยที่ระยะเวลาในการทดสอบที่ 48 ชั่วโมง มีค่าลดลงจาก 120 เป็น 88 78 และ 64 ppm ตามลำดับ เมื่อมีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ ปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ปริมาณความเข้มข้นของของ  $\text{NO}_2$  ในตู้ทดสอบมีค่าลดลงเนื่องจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ผสมบริเวณผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกปูพื้น ซึ่งมีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำในกระบวนการโฟโตแคตตาไลซิส เมื่อสัมผัสกับแสงจากหลอดยูวี ซึ่งมีความยาวของแสงต่ำกว่า 380 นาโนเมตร เป็นผลทำให้เกิดหลุมอิเล็กตรอนที่สามารถช่วยในการเกิดปฏิกิริยา Oxidation และ Reduction ทำให้ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบลดลง [8, 9]

### 3.2.2 การบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผ่านการบ่มในกรดซัลฟูริก

จากรูปที่ 2 ข) ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบ ที่มีการนำคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีและไม่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์บ่มกรดซัลฟูริกมาทำการทดสอบ พบว่า ความสามารถในการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ลดลง โดยที่ระยะเวลาการทดสอบที่ 48 ชั่วโมง มีค่าลดลงจาก 120 เป็น 93 82 และ 68 ppm เมื่อมีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบที่เหลืออยู่ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านบ่มด้วยกรดซัลฟูริกมีค่าสูงกว่าคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่บ่มในน้ำ เนื่องจากการบ่มด้วยกรดซัลฟูริกจะเกิดการกัดกร่อนที่ผิวของคอนกรีตบล็อกปูพื้นทำให้ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่อยู่บนผิวหน้าลดลง เป็นผลทำให้ความสามารถในการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบลดลง [8]

### 3.2.3 ผลของการบ่มต่อประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ของคอนกรีตบล็อกปูพื้น

ประสิทธิภาพในการบำบัดของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมได

ออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านบ่มในน้ำและกรดซัลฟูริกมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุด โดยคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่บ่มในน้ำและกรดซัลฟูริกมีประสิทธิภาพการบำบัดรอบที่ 1 (48 ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับร้อยละ 48 และ 37 และเมื่อทำการทดสอบซ้ำในรอบที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ที่ผ่านบ่มในน้ำและกรดซัลฟูริกมีค่าลดลงเหลือร้อยละ 31 และ 24 เนื่องจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ผิวของบล็อกปูพื้นที่ยังไม่ได้ทำปฏิกิริยาโฟโตแคตตาไลซิสกับแสงยูวี ลดลงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบลดลง และเมื่อทำการทดสอบซ้ำในรอบที่ 3 ถึงรอบที่ 7 (รูปที่ 3) พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดของไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ที่บ่มในน้ำและกรดซัลฟูริกมีประสิทธิภาพการบำบัดลดลงโดยที่รอบที่ 7 มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับร้อยละ 10 และ 8

### 3.2.4 ผลของการขัดผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกปูพื้นต่อประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์

จากรูปที่ 3 เมื่อทำการนำคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ที่บ่มในน้ำและกรดซัลฟูริกมาทำการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในตู้ทดสอบ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่าลดลง และมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 10 ในรอบการทดสอบที่ 7 เพื่อจึงมีการนำก้อนตัวอย่างมาทำการขัดผิว เพื่อเป็นการจำลองการสึกกร่อนของผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีคอนกรีต หรือมียานพาหนะวิ่งผ่าน (รูปที่ 4)

จากรูปที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 15 ที่แช่ในน้ำและกรดซัลฟูริก ที่ผ่านการขัดสี การขัดผิวหน้าคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมในปริมาณร้อยละ 15 โดยน้ำหนักที่บ่มในน้ำและกรดซัลฟูริก ครั้งที่ 1 ประสิทธิภาพไนโตรเจนไดออกไซด์

ในผู้ทดสอบในรอบที่ 1 (48 ชั่วโมง) เท่ากับร้อยละ 47 และ 38 และเมื่อทำการทดสอบต่อในรอบที่ 2 ถึง 7 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดลดลง และเมื่อทำการซ้ำครั้งที่ 2 และ 3 พบว่า แนวโน้มของประสิทธิภาพการบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์ในผู้ทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมที่ไม่ได้ผ่านการขัดสี แสดงให้เห็นว่า ถ้าคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมจะมีประสิทธิภาพการบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์ลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้ามีการขัดสีที่ผิวซึ่งเปรียบได้กับการสึกกร่อนที่เกิดจากการเดินหรือการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์ มีประสิทธิภาพเหมือนกับคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ยังไม่ได้ผ่านการทดสอบ เนื่องจากการขัดสีที่ผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกปูพื้น จะทำให้ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่อยู่ด้านล่างสามารถทำปฏิกิริยาและบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์ได้จึงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าเกือบเท่ากับคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมที่ไม่ได้ผ่านการใช้งาน

#### 4. สรุปและอภิปรายผล

คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ออกแบบให้มีกำลังอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกปูพื้น มอก. 827-2531 (400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ทั้งที่มีและไม่มี การผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณต่างๆ มีกำลังอัดสูงกว่าที่ออกแบบไว้และผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม การเติมผงไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณต่างๆ ในคอนกรีตบล็อกปูพื้นไม่ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันในคอนกรีตบล็อกปูพื้น ส่วนคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการบ่มในกรดซัลฟูริกมีกำลังอัดต่ำกว่าการบ่มในน้ำ ส่วนความสามารถในการบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์ในผู้ทดสอบ คอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมผงไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 15 มีประสิทธิภาพการบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับร้อยละ 48 ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง (รอบที่ 1) และประสิทธิภาพการบำบัดจะลดลงอย่าง

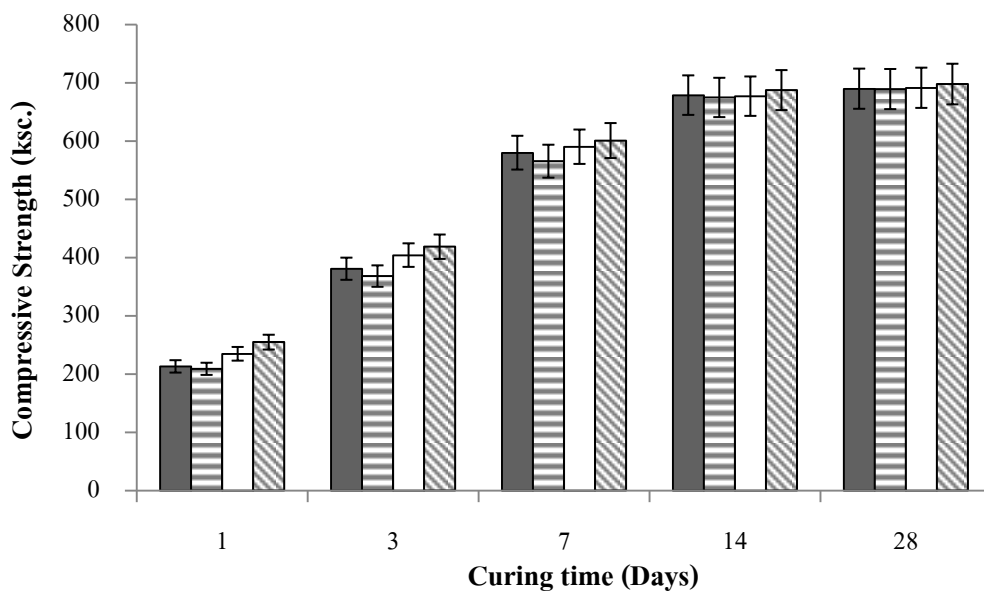
ต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น (รอบที่ 2-7) ส่วนคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีและไม่มี การผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ที่แช่ในกรดซัลฟูริกมีประสิทธิภาพการบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่บ่มในน้ำเพียงเล็กน้อย และเมื่อทำการขัดผิวหน้า (ขัดครั้งที่ 1 -3) ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมผงไทเทเนียมไดออกไซด์พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดในโตรเจนไดออกไซด์ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง (รอบที่ 1) มีค่าไม่แตกต่างจากคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมผงไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เตรียมใหม่ โดยการขัดสีของคอนกรีตบล็อกปูพื้นจะเป็นการจำลองสถานะของคนเดินและยานพาหนะวิ่งผ่าน ทำให้ประสิทธิภาพของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมผงไทเทเนียมไดออกไซด์มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

#### 5. เอกสารอ้างอิง

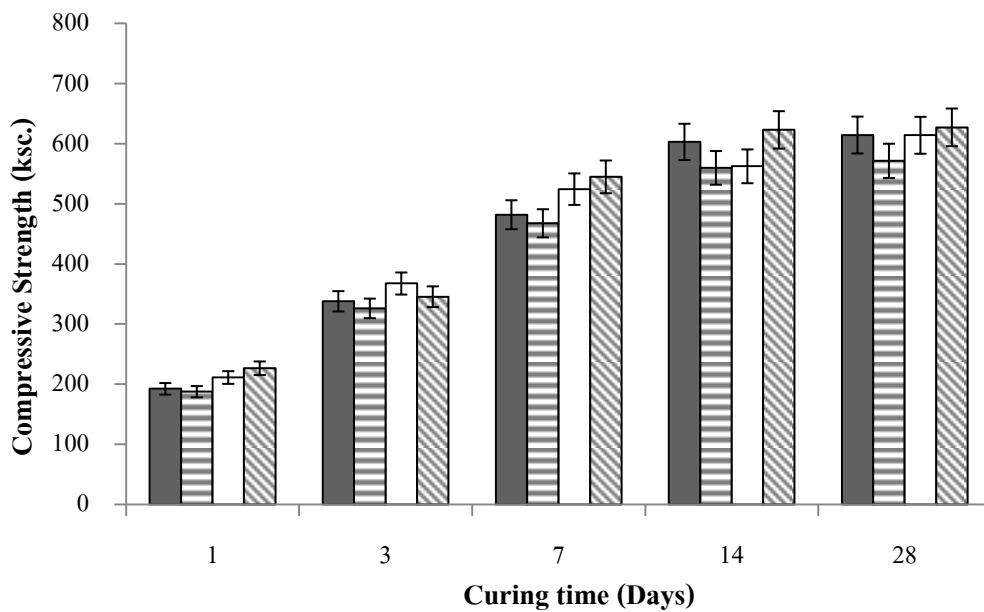
- [1] P. Moeprasertdee , and S. Chootisuwan, “Removal Toluene in Synthesis Wastewater using Titanium-Dioxide as Catalytic and Sodium Dodesyl Sulfate”, Master Thesis, Department of Applied Chemistry Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Thailand. 2009.
- [2] C. Bantoa, and C. Srisutikamol, “Color Treatment in Paper Industrial using Titanium-Dioxide”, Bachelor Project, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kean University, Thailand. 2003.
- [3] A. Watcharainwong, “Removal of Chromium (VI) from Synthetic Wastewater Using Powdered TiO<sub>2</sub> in Photocatalysis Process”, Master Thesis, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut University of Technology Thonburi, Thailand. 2003.

- [4] C. Changsiriporn, C. BunKarn, and J. Intamane, "Removal Toluene in Atmosphere using Titanium-Dioxide in Photo catalysis Reactor", Bachelor Project, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Thailand. 2007.
- [5] J.S. Dalton, J. P.A. Jones N.G., J.A. Nicholson, K.R. Hallam, and G.C. Allen, "Photocatalytic Oxidation of NO<sub>x</sub> Gases using TiO<sub>2</sub>: a Surface Spectroscopic Approach", *Environmental Pollution* Vol. 120, 2002, pp. 415–422.
- [6] A. Sri-On, "Treatment of Indoor Air Pollution using Titanium Dioxide Coated on Fiber Glass", Master Thesis, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Thailand. 2007.
- [7] C. Sattabud, and CPAC Concrete Academy, "Concrete Technology (2<sup>nd</sup> Ed.)", The Concrete Product and Aggregate Co.,Ltd , 2000.
- [8] N. Daude, C. Gout, and C. Jouanin, "Electronic band structure of titanium dioxide", *Physical Review B* 15, 1977, pp. 3229–3235.
- [9] T. Muhummud, R. Piyaphanuwat, K. Koeidanklang, and P. Somnakhon, "Treatment of Nitrogen-Dioxide in The Air by Photocatalysis using Titatium-Dioxide Mixed in Concrete Paving Block as Catalyst", 6<sup>th</sup> Annual Concrete Conference, Phetchaburi, Thailand, 2010, pp. 413-418.



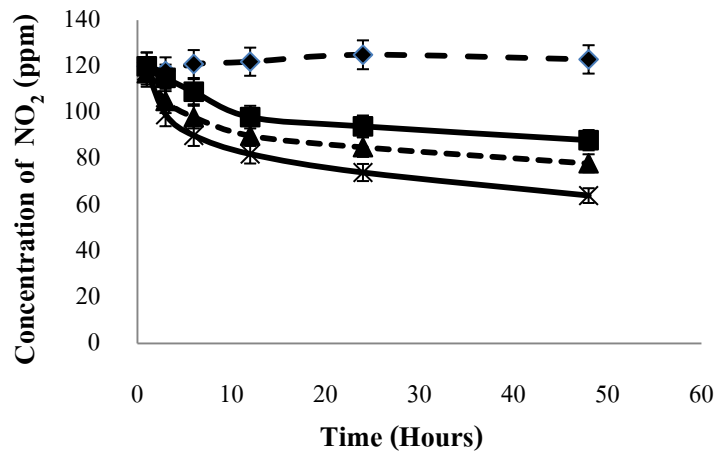


ก)

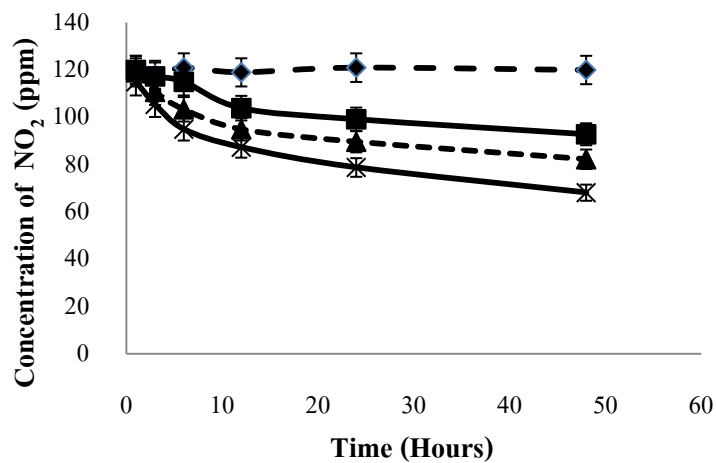


ข)

รูปที่ 1 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่มีการผสมไทเทเนียม ก) แฉ่น้ำ และ ข) แฉ่กรดซัลฟูริก



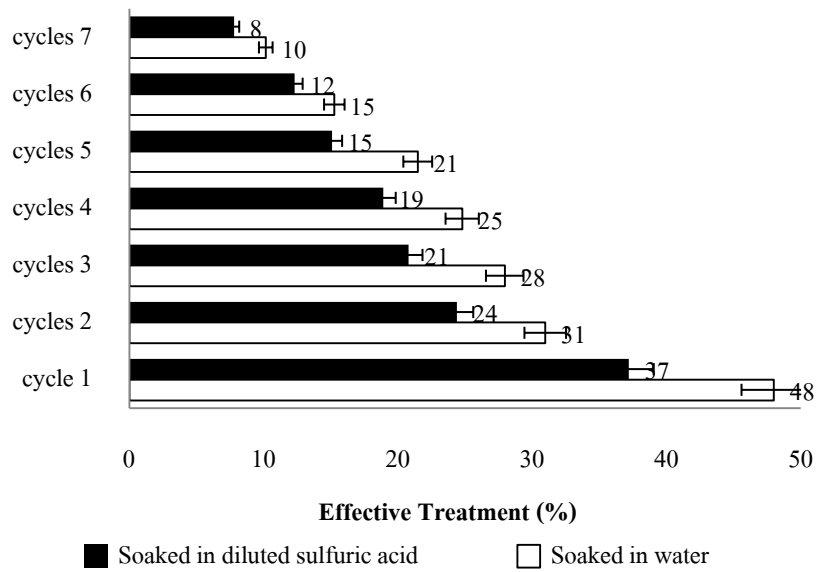
ก)



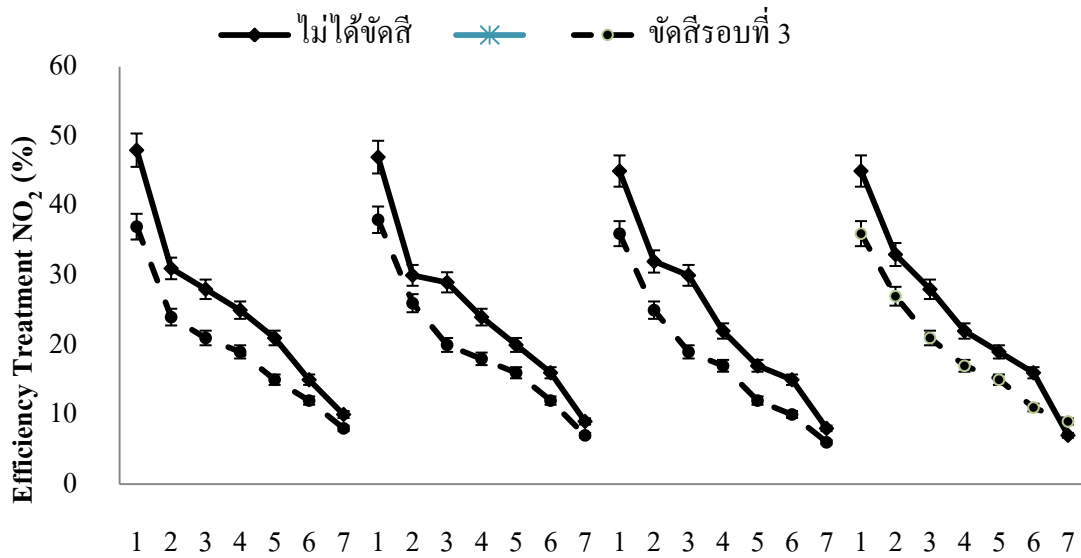
Control  
 5% of Titanium Dioxide  
 10% of Titanium Dioxide  
 15% of Titanium Dioxide

ข)

รูปที่ 2 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ถูกบำบัดโดยคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมที่ทดสอบรอบที่ 1 ที่ปัม ใน ก) แฉ่น้ำ และ ข) แฉ่กรดซัลฟูริก



รูปที่ 3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 15 ที่แช่ในน้ำและกรดซัลฟูริกในการทดสอบซ้ำ (รอบละ 48 ชั่วโมง)



รูปที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนไดออกไซด์ของคอนกรีตบล็อกปูพื้นที่ผสมไทเทเนียมไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 15 ที่แช่ในน้ำและกรดซัลฟูริก ที่ผ่านการขัดสี