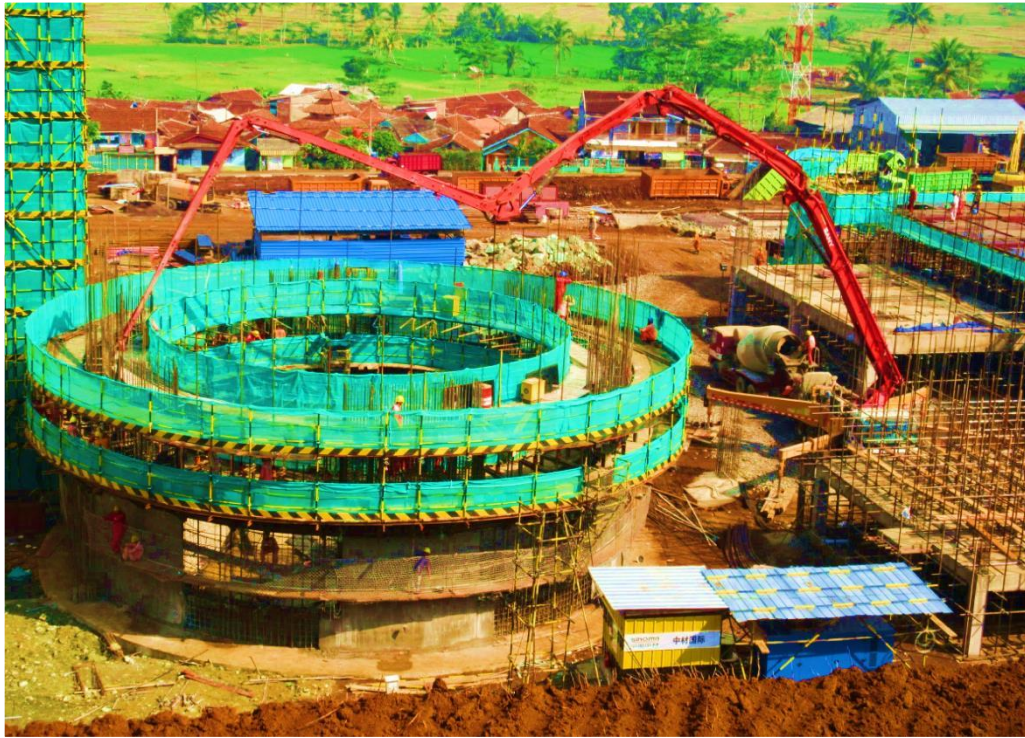


## Silo Construction Essentials:

### “Slipform Techniques”



รูปที่ 1 แสดงการทำงาน Slipform

การก่อสร้างด้วยวิธีนั่งร้านแบบเลื่อนในแนวตั้ง (Slipform) เป็นวิธีการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ชนิดหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างที่มีรูปแบบหน้าตัดคงที่ในแนวตั้งทั้งแบบ วงกลมสี่เหลี่ยม เช่น โครงสร้างไซโล ปล่องควัน ปล่องลิฟท์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยใช้แบบหล่อที่ขับเคลื่อนในแนวตั้งด้วยระบบไฮดรอลิกเพื่อให้การเทคอนกรีตต่อเนื่องกันไป ซึ่งระยะเวลาเฉลี่ยในการเลื่อนแบบหล่อประมาณ 30 เซนติเมตรต่อชั่วโมง และต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงจนเสร็จสิ้น ในกรณีที่มีการหยุดเทคอนกรีตในระหว่างนี้ **จะต้องมีการกำหนดจุดหยุดเทให้อยู่ในระนาบเดียวกัน**

ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการทำงาน Slipform คือการควบคุมอัตราการเลื่อนแบบหล่อ (Sliding Rate) โดยต้องมีการประเมินประสิทธิภาพในการจ่ายคอนกรีตของโรงงานผลิตและความชำนาญของแรงงานก่อสร้าง เพื่อกำหนดอัตราการเลื่อนแบบหล่อ **ให้สัมพันธ์กับการออกแบบระยะเวลาการแข็งตัวของ**

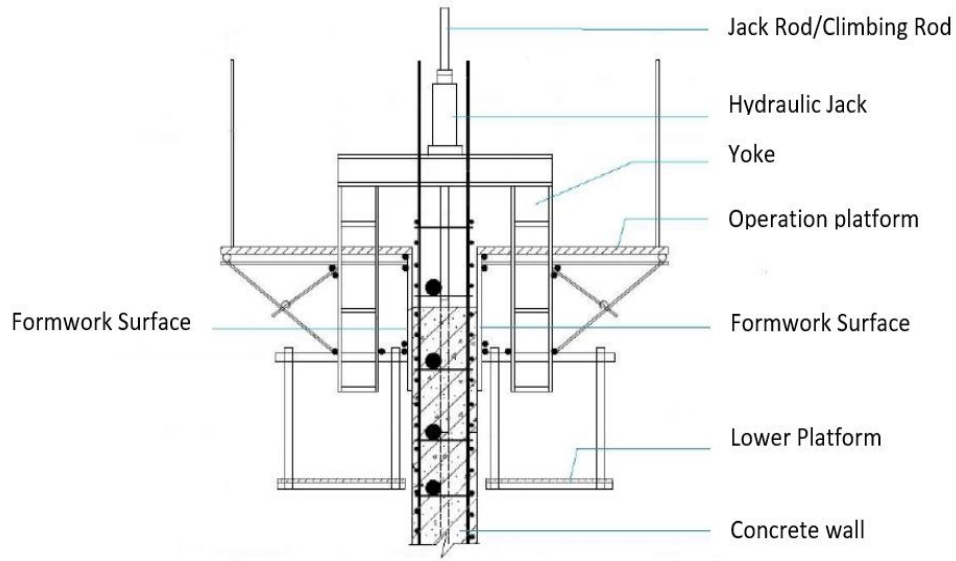
คอนกรีตในช่วง Stiffening State สิ่งสำคัญที่ควรทำความรู้จักเกี่ยวกับการก่อสร้าง Silo ด้วย Slipform มีดังต่อไปนี้

### 01 Slipform Structure

เป็นโครงสร้างชั่วคราว มีหน้าที่สำหรับเป็นนั่งร้านในการทำงานก่อสร้าง และเป็นแบบหล่อที่สามารถเลื่อนไปได้ตลอดความสูงของผนัง silo

ส่วนประกอบหลักๆ ของ Slipform ทั่วๆไปคือ

1. **Yoke** จากรูปที่ 2 Yoke จะเป็นโครงเหล็กรูปตัว U ค้ำ ทาหน้าที่หิ้วทั้งระบบของ Slipform เอาไว้
2. **Hydraulic Jack** จะเป็นตัวยกให้ Yoke เคลื่อนตัวขึ้นไปด้านบนทั้งระบบ โดยแกนของ Jack จะถูกจับยึดแน่นกับแท่ง Jack Rod และ Jack กับ Yoke จะต้องประกอบอยู่ด้วยกันหนึ่งต่อหนึ่งเสมอ Jack ทุกตัว จะรับแรงดันมาจาก Central Pump เพียงตัวเดียวเพื่อให้ Jack ยกตัว Yoke ขึ้นไปได้พร้อมๆกันทุกตัว
3. **Jack Rod** เป็นท่อเหล็กกลมผนังหนาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร หนา 3.5 มิลลิเมตร จะถูกฝังเอาไว้ล่วงหน้าในผนังคอนกรีต Silo ด้านล่างให้ปลายท่อชี้ขึ้นไปด้านบนในแนวตั้ง ทำหน้าที่เป็นฐานให้ Jack เกาะยึดอยู่ โดยจำนวนของ Jack Rod นั้นต้องสัมพันธ์กับแรงที่ Hydraulic jack จะสามารถยกชุดโครงสร้าง Slipform รวมน้ำหนักจรรยาในการก่อสร้างและรวมถึงแรงเสียดทานระหว่างผิวแบบหล่อกับคอนกรีต
4. **Formwork** เป็นแผ่นเหล็ก ยึดโยงมาจาก Yoke หนากว้างประมาณ 80 – 100 เซนติเมตร มีความสูงตั้งแต่ 100-150 เซนติเมตร จัดเรียงต่อกันด้านข้างไปตามเส้นรอบวงของ Silo ทั้งด้านนอกและด้านในของผนัง
5. **Operation Platform** ยึดโยงมาจาก Yoke เป็นแท่นปูด้วยแผ่นเหล็กหรือไม้อัดอย่างหนา มีไว้สำหรับทำงานต่างๆ เช่น ติดตั้งเหล็กเสริม Block out แผ่นเหล็ก หรืออุปกรณ์ต่างๆของงานคอนกรีตอัดแรง (Post Tension) และงานเทคอนกรีตเป็นต้น ดังนั้น Platform นี้จึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ Platform นี้จะติดตั้งไว้ทั้งด้านนอกและด้านในของผนัง Silo ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4
6. **Upper Platform** ตั้งอยู่ด้านบนของ Operation Platform เพื่อใช้สำหรับวางเหล็กเสริม วางลวดอัดแรง เพื่อเตรียมนำลงมาติดตั้งที่ชั้นล่างในขณะที่ทำงานอยู่
7. **Lower Platform** ยึดโยงมาจาก Yoke เป็นแท่นที่แขวนห้อยอยู่ใต้ Upper Platform มีไว้สำหรับซ่อมผิวของคอนกรีตที่ไม่เรียบร้อย และสำหรับซ่อมและบำรุงรักษา Lower Platform นี้จะติดตั้งไว้ทั้งด้านนอกและด้านในของผนัง Silo
8. **Central Pump** (ระบบhydraulic) จะติดตั้งอยู่บน Upper Platform ทาหน้าที่อัดแรงดันให้แก่ Jack ทุกตัวผ่านทางสายท่อ Hydraulic
9. **เหล็กยึดรั้งแนวรัศมี ( Radial Tie)** ติดตั้งภายใน Silo ให้ระดับขนานกับพื้นตามแนวรัศมีของ Silo เป็นเหล็กเส้นกลมขนาด 12-15 mm. ยึดติดกับโครงของ Yoke ที่อยู่ด้านในแบบตัวเว้นตัว แล้วรั้งให้ตั้ง เพื่อรักษาให้ Slipform มีความกลมอยู่เสมอ
10. **ถังน้ำ** หรือแหล่งน้ำสำหรับใช้บ่มคอนกรีต และปั้มน้ำที่มี Head ไม่น้อยกว่า 80-100 เมตร



รูปที่ 2 อุปกรณ์ต่างๆของ Slipform



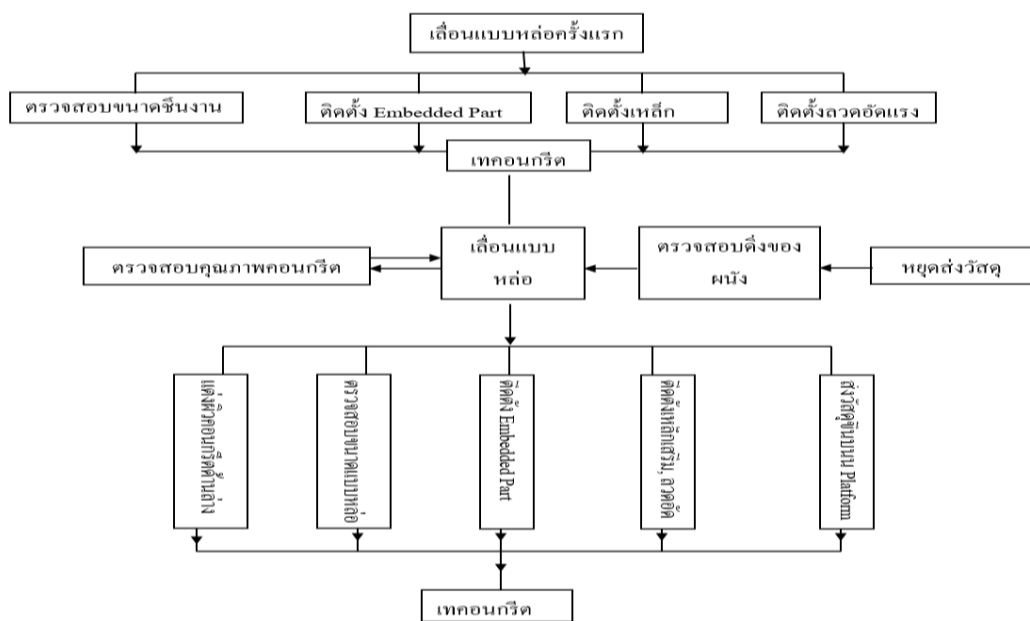
รูปที่ 3 การทำงาน Slipform



รูปที่ 4 การทำงานใน Operation Platform

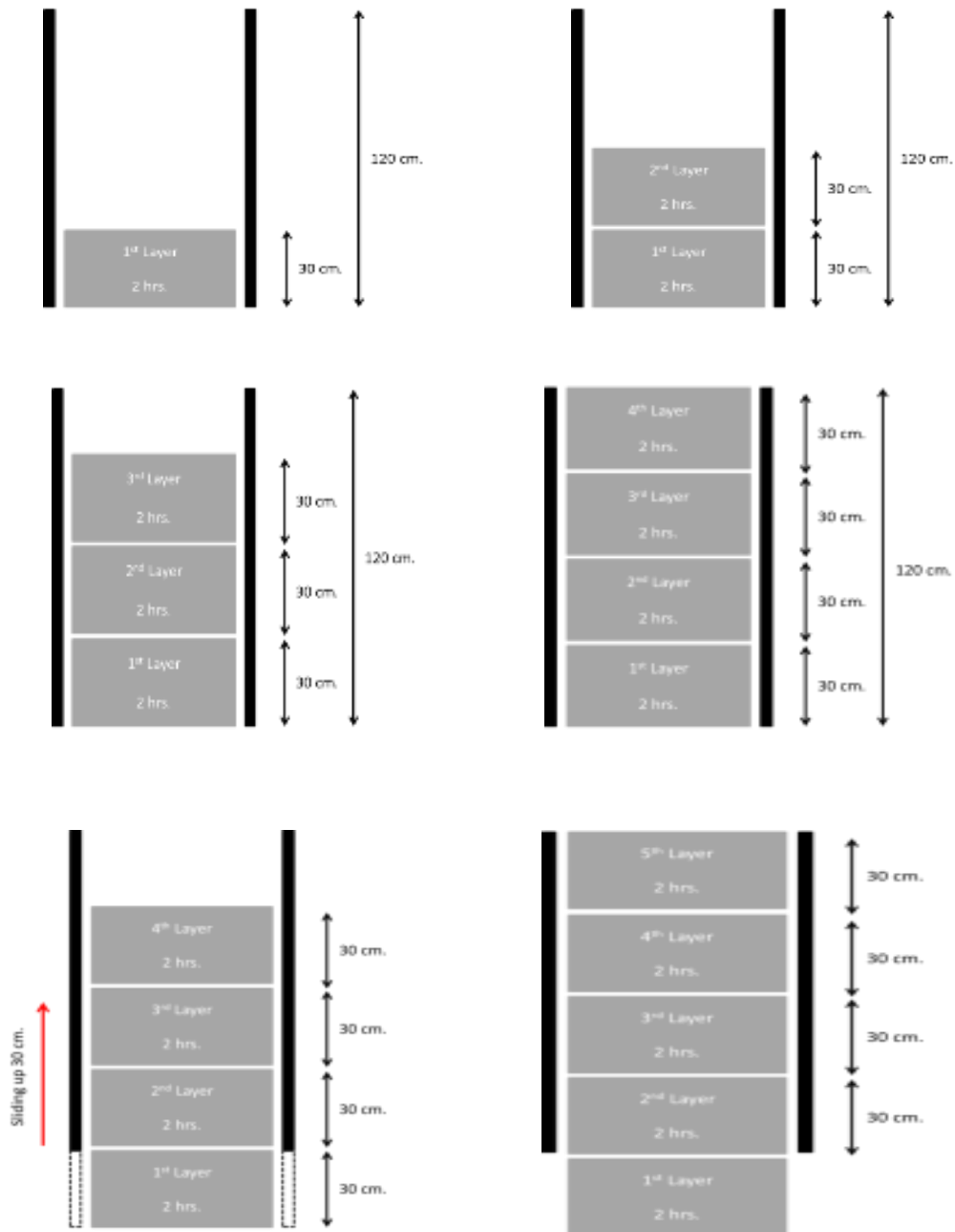
### 02 Working Procedure

เนื่องจากโครงสร้าง Silo ประกอบด้วยโครงสร้างหลายส่วนที่ต้องมีการก่อสร้างในแบบต่างๆกัน ดังแสดงตาม Flow Chart ในรูปที่ 5 ดังนั้นในการทำงาน Slipform จึงต้องมีการหยุดเพื่อที่จะทำงานโครงสร้างอื่นด้วย โดยลำดับการเทคอนกรีตรวมถึงการเลื่อนแบบหล่อ นั้น มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีการเตรียมการทั้งกำลังพลที่ทำงานก่อสร้าง กำลังการผลิตคอนกรีต และคุณภาพของคอนกรีต เพื่อนำมาคำนวณหาระยะเวลาในการแข่งตัวให้เพียงพอที่จะรับน้ำหนัก slipform รวมถึงน้ำหนักจรรอื่นๆขณะก่อสร้าง



รูปที่ 5 Flow Chart การทำงาน Slipform

# วารสารคอนกรีต TCA e-magazine

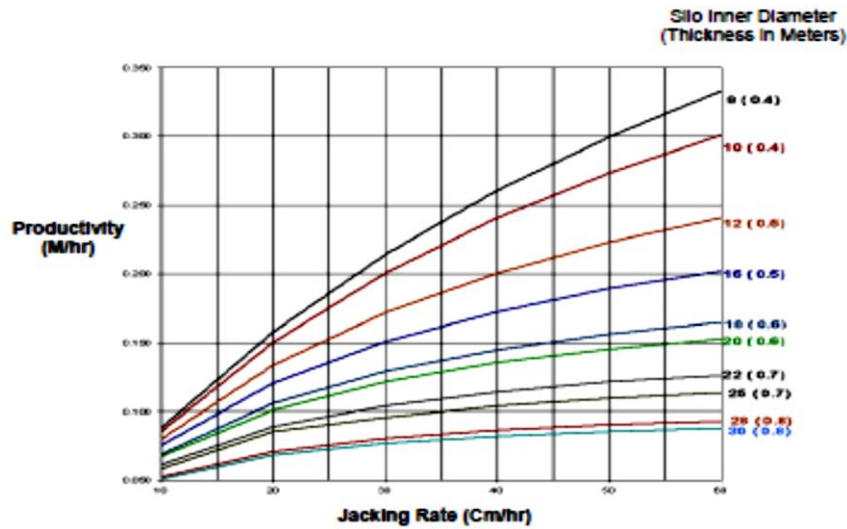


การเทคอนกรีตลงแบบหล่อ slipform และระยะเวลาในการเลื่อนต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการทำงาน (Construction Productivity) และระยะเวลาในการแข็งตัวช่วงต้น (Stiffening State) ของคอนกรีต หรือหากไม่มีข้อมูลสำหรับประมาณการ เราสามารถประเมินระยะเวลาเฉลี่ยในการเลื่อนแบบหล่อขึ้นตามความสูง เมื่อพิจารณาถึงความหนาของผนังคอนกรีต และวิธีการเทคอนกรีต จากกราฟที่เคยมีการศึกษา ตามรูปที่ 6 นี้ก็ได้เช่นกัน

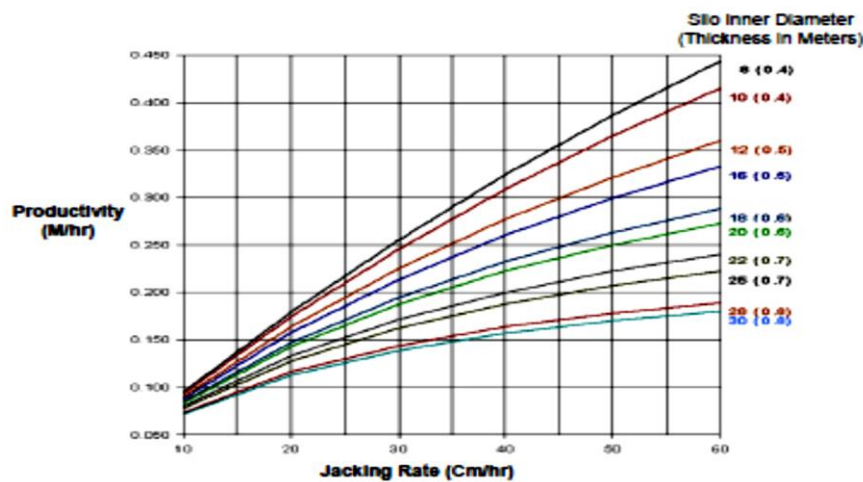
## สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>



เทคอนกรีตด้วย Bucket



เทคอนกรีตด้วย Pump

รูปที่ 6 ผลผลิตภาพในการทำงาน Slipform ด้วยวิธีการลำเลียงแบบที่ต่างกัน

ที่มา : Sharifi, M.R.,Baciu and Zayed, T. Slipform Productivity Analysis for Concrete Silo.

Concordia University Canada. 2006

### 03 Quality Control

จากประสบการณ์ของผู้เขียนที่ได้มีโอกาสร่วมงานในโครงการก่อสร้างร่วมกับบริษัทจากประเทศจีน พบว่าในการทำงาน Slipform นี้ มีมาตรฐานของทางจีนที่สามารถอ้างอิงได้คือ GB standard : Technology code for slip form GB50113-2005 โดยมีข้อกำหนดทั่วไปเพื่อควบคุมคุณภาพการทำงานดังนี้

Item	Tolerance deviation value (mm.)
The relative position of formwork structure axis to engineering structure axis	±3
Horizontal and vertical position of enclosure	±3
Vertical deviation of lift frame	Not more than 3 in the plane
Relative elevation for lift steel girder of jack	Not more than 5
Formwork size after considering slope	Top mouth-1, lower mouth+2
Jack position	Not more than 500
Round mold diameter	Not more than 5
Flatness of neighbor formwork	Not more than 3

ทั้งนี้ ผู้เขียนขอเพิ่มเติมการตรวจสอบอื่นๆที่คิดว่าน่าจะเป็นประโยชน์อีก กล่าวคือ

1. ตรวจสอบแนวตั้งของ Silo ป้องกันการเอียงในแนวตั้งสะสมในขณะที่ทำการเลื่อนแบบหล่อ โดยมักจะเกิดจากการฝัง Jack Rod ไม่ดี หรือแรงดันที่ใช้ใน Hydraulic Jack บางตัวไม่เท่ากัน สามารถตรวจสอบโดยการใช้ดิ่ง หรือใช้กล้องระดับ

2. ตรวจสอบความหนาของ Silo เนื่องจากแรงดันของคอนกรีตสดจะกระทำกับแบบหล่อด้านล่างสูงสุด ทำให้แบบหล่อปองออกจนความหนาของผนังคอนกรีตไม่ได้ตามขนาดที่ออกแบบไว้ แก้ไขโดยการควบคุมอัตราการเทคอนกรีตและการเลื่อนแบบหล่อให้สัมพันธ์กับค่าการแข็งตัวของคอนกรีตตามที่ออกแบบไว้ และควรมีการตรวจสอบค่าการแข็งตัวของคอนกรีต (Setting Time) อย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยวันละ 2-3 ครั้ง ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสูง เช่นช่วงกลางวัน-กลางคืน เป็นต้น

3. ตรวจสอบความกลมของหน้าตัด Silo เพื่อให้มีรูปร่างสม่ำเสมอ ปัญหามักจะเกิดจากการฝัง Jack Rod ไม่ได้ดี จะพบมากในกรณีที่มีรัศมี Silo มีค่ามาก ตรวจสอบโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างสม่ำเสมออย่างน้อย 1-2 วันต่อครั้ง หรือสังเกต Radial Tie ว่าทุกตัวต้องมีตั้งเสมอกัน ไม่มีเส้นใดเส้นหนึ่งหย่อนลงไป หากเกิดปัญหาขึ้นสามารถแก้ไขโดยการปรับแนวของ Jack Rod ให้กลับมาอยู่ในระดับเดิม

4. ตรวจสอบผิวของคอนกรีต เมื่อทำการเลื่อนแบบหล่อผ่านคอนกรีตไปแล้ว หากพบว่าผิวคอนกรีตที่เป็นรูพรอง ให้รีบทำการซ่อมแซมทันที เพราะยังสามารถยื่นทำงานแต่งผิวบน Lower Platform ได้สะดวก ปัญหา นี้เกิดเนื่องจากการทาน้ำมันที่ผิวแบบหล่อไม่เพียงพอ หรือเกิดจากการจี้เข้าคอนกรีตที่ไม่เพียงพอ

5. ตรวจสอบคุณสมบัติของคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอ ทั้งกำลังอัดของคอนกรีต (Compressive Strength) และความสามารถในการทำงาน (Workability) ให้เป็นไปตามค่าที่ออกแบบ

6. ตรวจสอบสภาพ Hydraulic Jack เป็นประจำ หากเกิดการชำรุด เช่นน้ำมันรั่วซึม หรือเกิดรอยปริแตก ต้องรีบทำการซ่อมแซม เนื่องจากอาจจะทำให้แรงบีบ Jack Rod ทำได้ไม่เต็มที่จนเป็นภาระให้ Hydraulic Jack ตัวข้างเคียงรับน้ำหนักมากเกินไป ชำรุดเสียหายต่อเนื่อง และแรงดันควรจะมีค่าเท่ากันเพื่อป้องกันการเอียงของตัว Silo

7. ตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้าง Slipform เป็นประจำ

### Reference

Sharifi, M.R.,Baciu and Zayed, T. Slipform Productivity Analysis for Concrete Silo. Concordia University Canada. 2006

GB National standard. 2005. GB50113-2005 Technology code for slip form.

Safarian, S.S and E.C.Harris. 1984. Design and Construction of Silo and Bunker. Van Nostand Reinhold. New York.

ACI Comittee. ACI 313-97. American Concrete Institue, Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silo and Stacking Tube for Storing Granular Materials.



นายกีรติ นิติโชติ

บริษัท อีโค แพลนท์ เซอร์วิสเชส จำกัด

1 หมู่ 9 ต.บ้านครัว อ.บ้านหม้อ จ.สระบุรี 18260

เบอร์โทรศัพท์ 086-722-5591

E-mail : kiratini@scg.com