

เทคนิคการเทคอนกรีตหลาและมาตรการป้องกันการแตกร้าว สำหรับฐานรากสะพาน กรณีศึกษา : โครงสร้าง Pile Cap สายทางเลี่ยงเมืองอ่างทอง ตอน 4

นายชัยรัตน์ ศุภชวโรจน์

นายกิจจา เจริญพักตร์

นายสุเมธ โมดำ

กลุ่มงานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

28 สิงหาคม 2569

เนื้อหา

- การแตกร้าวในคอนกรีตหลา : Thermal Crack
- การควบคุมอุณหภูมิ : Temperature Control
- กรณีศึกษา : การก่อสร้าง Pile Cap สายทางเลี่ยงเมืองอ่างทอง ตอน 4

Mass Concrete / คอนกรีตหลา ?

Mass concrete is "any volume of concrete with dimensions large enough to require that measures be taken to cope with generation of heat from hydration of the cement and attendant volume change to minimize cracking."

ACI 207.1R / ACI 116R : Mass Concrete หมายถึง " คอนกรีตปริมาตรใดๆ ที่มีขนาดหน้าตัดหนาพอ ที่ต้องมีมาตรการควบคุมความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อลดการแตกร้าวให้น้อยที่สุด "

Mass Concrete / คอนกรีตหลา ?

มาตรฐานระดับสถาบัน สหรัฐอเมริกา - ACI

เอกสาร	เกณฑ์ขนาดขั้นต่ำ	สาระสำคัญ
ACI 207.1R (Guide to Mass Concrete) อ้างนิยามจาก ACI 116R	ไม่กำหนดตัวเลข	ใช้นิยามเชิงพฤติกรรม โดยพิจารณาว่าต้องมีมาตรการควบคุมความร้อนหรือไม่ ฉบับปรับปรุงล่าสุดคือ ACI PRC-207.1-21
ACI 301-10 (Specifications for Structural Concrete) — Optional Requirements Checklist	≥ 4 ft (1.22 ม.) และ/หรือ วัสดุประสาน > 660 lb/yd³ (≈ 392 กก./ลบ.ม.)	เป็นตัวเลขที่นิยมนำไปเขียนในข้อกำหนดเฉพาะโครงการมากที่สุด แต่ถูกถอดออกจากฉบับ **301-16** และ **301-20** แล้ว
ACI 301-16 / ACI 301-20	ไม่กำหนดตัวเลข	เป็นคอนกรีตหลาก็ต่อเมื่อวิศวกรผู้ออกแบบ (Engineer of Record) ระบุไว้ในแบบหรือข้อกำหนดเท่านั้น
แนวปฏิบัติที่อ้างอิงกันทั่วไป (Gajda & VanGeem, Concrete International, ม.ค. 2002)	≥ 3 ft (0.91 ม.)	บทความระบุว่าเนื่องจากไม่มีนิยามมาตรฐาน จึงเสนอให้ใช้ 3 ft เป็นเกณฑ์ปฏิบัติ และรายงานว่าหน่วยงานต่าง ๆ ใช้ค่าตั้งแต่ 1.5 ถึง 6.5 ft (0.46–2.00 ม.)
ข้อเสนอเชิงวิชาการรุ่นใหม่ (ACI SP-325, 2018)	แปรตามส่วนผสม	เสนอให้กำหนดเกณฑ์จาก *Equivalent Cement Content* ร่วมกับขนาดหน้าตัดที่เล็กที่สุด แทนการใช้ความหนาเพียงอย่างเดียว

Mass Concrete / คอนกรีตหลา ?

มาตรฐานระดับมลรัฐ สหรัฐอเมริกา (State DOTs)

หน่วยงาน	เกณฑ์ขนาดขั้นต่ำ	รายละเอียด
Florida DOT (FDOT)	ด้านเล็กสุด > 3 ft (0.91 ม.) *ร่วมกับ* อัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ผิว > 1 ft (0.30 ม.)	เสาเข็มเจาะกำหนดแยกที่เส้นผ่านศูนย์กลาง > 6 ft (1.83 ม.) เป็นหน่วยงานเดียวที่ใช้เกณฑ์ V/S ratio ร่วมด้วย ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมการระบายความร้อนได้ดีกว่าความหนาเพียงอย่างเดียว
Georgia DOT (GDOT)	> 5 ft (1.52 ม.)	เสาเข็มเจาะกำหนดที่เส้นผ่านศูนย์กลาง > 6 ft (1.83 ม.)
Ohio DOT (ODOT)	≥ 5 ft (1.52 ม.)	กำหนดให้ใช้ชั้นคุณภาพคอนกรีตเฉพาะ พร้อมแผนควบคุมคุณภาพ
Texas DOT (TxDOT) — Item 420	> 5 ft (1.52 ม.)	ผู้รับจ้างต้องจัดทำแผนควบคุมผลต่างอุณหภูมิระหว่างแกนกลางกับผิวที่สัมผัสอากาศ พร้อมการวิเคราะห์การไหลของความร้อน
North Carolina DOT (NCDOT)	6 – 8 ft (1.83 – 2.44 ม.)	ใช้กับชิ้นส่วนโครงสร้างส่วนล่าง (ฐานราก เสา คานหัวเสา) ที่ด้านเล็กสุดอยู่ในช่วงดังกล่าว
Iowa DOT — DS-23025	> 4.5 ft (1.37 ม.)	ใช้ระบบแบ่งระดับ: ด้านเล็กสุด 4.5–6.5 ft ใช้แผนควบคุมอุณหภูมิระดับ Tier 1 และ > 6.5 ft (1.98 ม.) ใช้ระดับ Tier 2 ที่เข้มงวดกว่า
ภาพรวมทุกมลรัฐ (สรุปโดย J. Gajda, อดีตประธานคณะกรรมการ ACI 207)	2.5 ถึงมากกว่า 7 ft (0.76 – > 2.13 ม.)	แสดงให้เห็นว่าแม้อยู่ในประเทศเดียวกันและเป็นงานประเภทเดียวกัน ตัวเลขก็ยังต่างกันเกือบ 3 เท่า

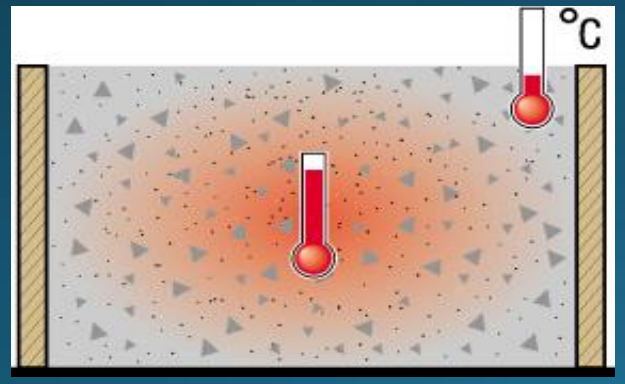
Mass Concrete / คอนกรีตหลา ?

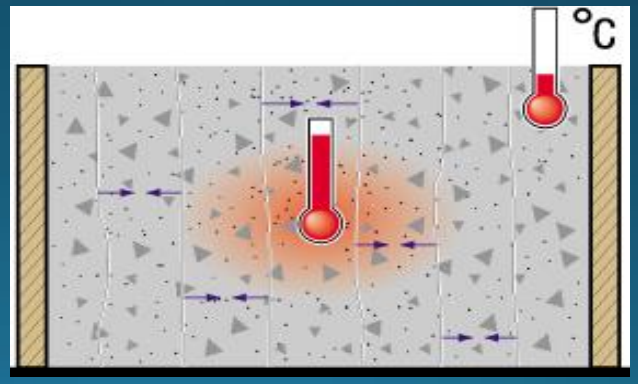
มาตรฐานในเอเซีย

ประเทศ / มาตรฐาน	เกณฑ์ขนาดขั้นต่ำ	รายละเอียด
ญี่ปุ่น Standard Specifications for Concrete โดย JSCE (สมาคมวิศวกรรมโยธาแห่งญี่ปุ่น)	แผ่นพื้น/สแลบที่แผ่กว้าง: ≥ 80–100 ซม. ผนังที่ปลายล่างถูกยึดรั้ง: ≥ 50 ซม.	ระบุอย่างชัดเจนว่าเป็นเพียงค่าประมาณ เนื่องจากขนาดที่แท้จริงขึ้นกับรูปแบบโครงสร้าง วัสดุ และเงื่อนไขการก่อสร้าง อีกทั้งยังเตือนว่ากรณีที่ใช้ส่วนผสมเข้มข้น เช่น งานคอนกรีตอัดแรง ชิ้นส่วนที่บางกว่านี้ก็อาจต้องปฏิบัติเสมือนคอนกรีตหลา
ญี่ปุ่น JASS 5 (สถาบันสถาปัตยกรรมแห่งญี่ปุ่น)	ไม่กำหนดตัวเลข	ใช้นิยามเชิงคุณภาพ คือ ชิ้นส่วนที่มีขนาดหน้าตัดเล็กสุดที่ใหญ่ และมีความเสี่ยงเกิดรอยร้าวที่เป็นอันตรายจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ
สาธารณรัฐประชาชนจีน GB 50496-2018 (มาตรฐานการก่อสร้างคอนกรีตปริมาตรมาก แทน GB 50496-2009)	ขนาดเล็กสุดของโครงสร้าง ≥ 1.00 ม.	นิยามเป็นสองเงื่อนไขแบบ “หรือ” คือ ขนาดเล็กสุดตั้งแต่ 1 เมตรขึ้นไป หรือ คอนกรีตที่คาดว่าจะเกิดรอยร้าวที่เป็นอันตราย จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการหดตัวอันเนื่องจากไฮเดรชันของวัสดุประสาน แม้ความหนาจะไม่ถึง 1 เมตรก็ตาม
สาธารณรัฐเกาหลี KCS 14 20 42 / มาตรฐานงานคอนกรีตของเกาหลี	แผ่นพื้นแผ่กว้าง: ≥ 0.80 ม. ผนังที่ฐานถูกยึดรั้ง: ≥ 0.50 ม.	ใช้โครงสร้างเกณฑ์แบบเดียวกับ JSCE ของญี่ปุ่น ขณะที่มาตรฐานงานอาคารของเกาหลีอ้างเกณฑ์ที่ประมาณ 1.00 ม.
เวียดนาม TCXDVN 305:2004 (คอนกรีตปริมาตรมาก — ข้อกำหนดการก่อสร้างและการตรวจรับ)	ด้านเล็กสุด (a) และความสูง (h) > 2.00 ม.	เป็นเกณฑ์ที่สูงที่สุดในบรรดามาตรฐานที่รวบรวมไว้ และเป็นมาตรฐานเดียวที่ระบุอย่างชัดเจนว่าตัวเลขนี้กำหนดขึ้น สำหรับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของเวียดนามโดยเฉพาะ ทั้งนี้ข้อกำหนดยังระบุให้แบ่งการเทเป็นส่วน ๆ ให้มีด้านหรือความสูงน้อยกว่า 2 เมตร และควบคุมความสูงของแต่ละชั้นการเทต่อเนื่องไม่เกิน 1.5 เมตร

- **การแตกร้าวในคอนกรีตหลา : Thermal Crack**

การก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่ (Mass Concrete) ต้องพิจารณาถึงความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในโครงสร้างคอนกรีต เนื่องจากอุณหภูมิที่แกนกลางและที่ผิวคอนกรีตมีความแตกต่างกัน จึงเกิดการขยายตัวที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดการยึดรั้งภายในหรือการยึดรั้งจากภายนอก เกิดความเค้นดึง (Tensile Stress) ในคอนกรีต หากเกินกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต (Tensile Strength) อาจทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้ (Thermal Crack)





• การแตกร้าวในคอนกรีตหลา : Thermal Crack

CIRIA C660 “ Early-age thermal crack control in concrete ”

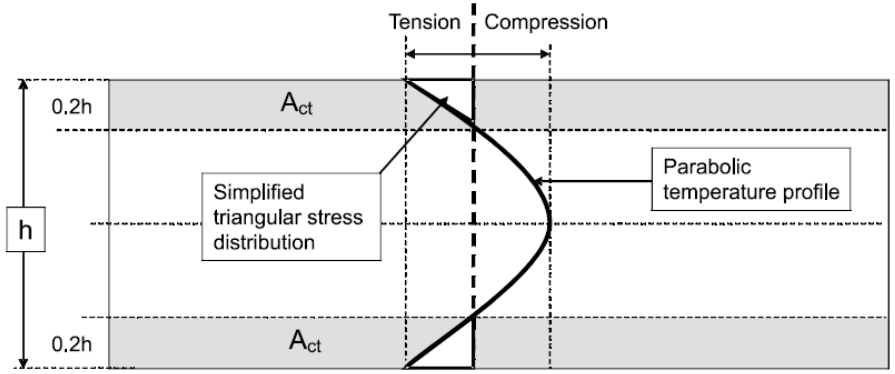


Figure 4.22 *Simplified stress distribution used to determine the coefficient, k_c, for a member subjected to a temperature profile*

การกระจายหน่วยแรง กรณีการยึดรั้งภายใน
จากความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นตัวควบคุม

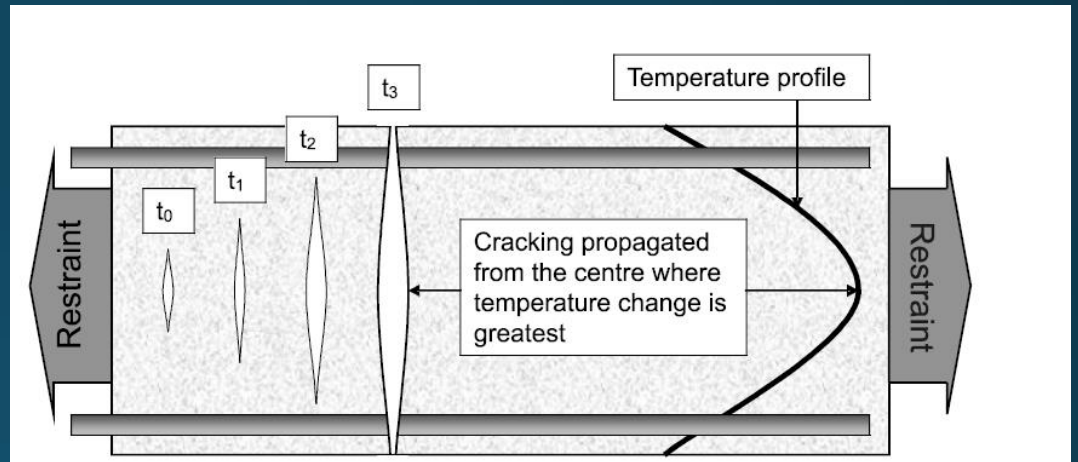


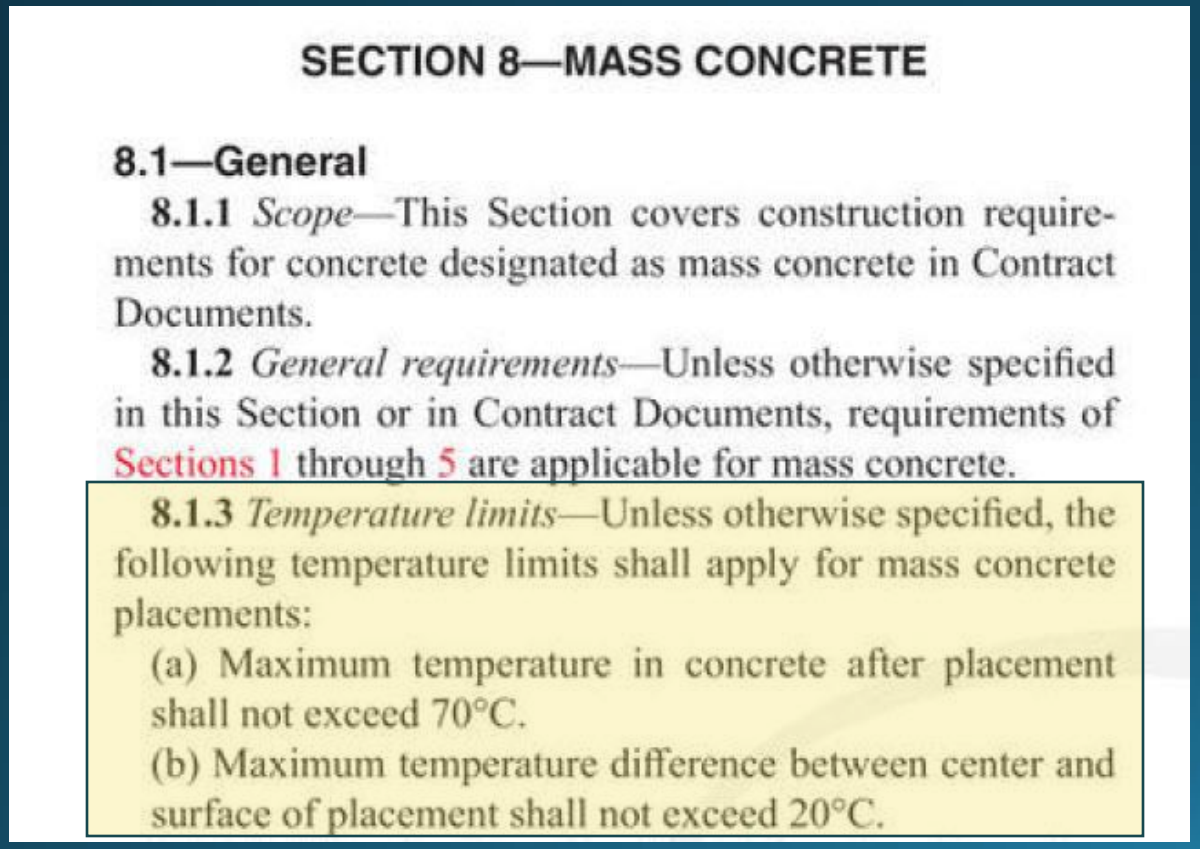
Figure 4.21 *Development of cracking in an externally restrained, thick section during cooling*

การพัฒนาของรอยแตกร้าวในหน้าตัดหนาที่
ถูกยึดรั้งจากภายนอกในระหว่างการเย็นตัว

ที่มา : Bamforth, P.B. (2007) Early-age thermal crack control in concrete. CIRIA C660. London. Construction Industry Research and Information Association : CIRIA.

Temperature Limits

ACI 301-20 Specifications for Concrete Construction



SECTION 8—MASS CONCRETE

8.1—General

8.1.1 *Scope*—This Section covers construction requirements for concrete designated as mass concrete in Contract Documents.

8.1.2 *General requirements*—Unless otherwise specified in this Section or in Contract Documents, requirements of Sections 1 through 5 are applicable for mass concrete.

8.1.3 *Temperature limits*—Unless otherwise specified, the following temperature limits shall apply for mass concrete placements:

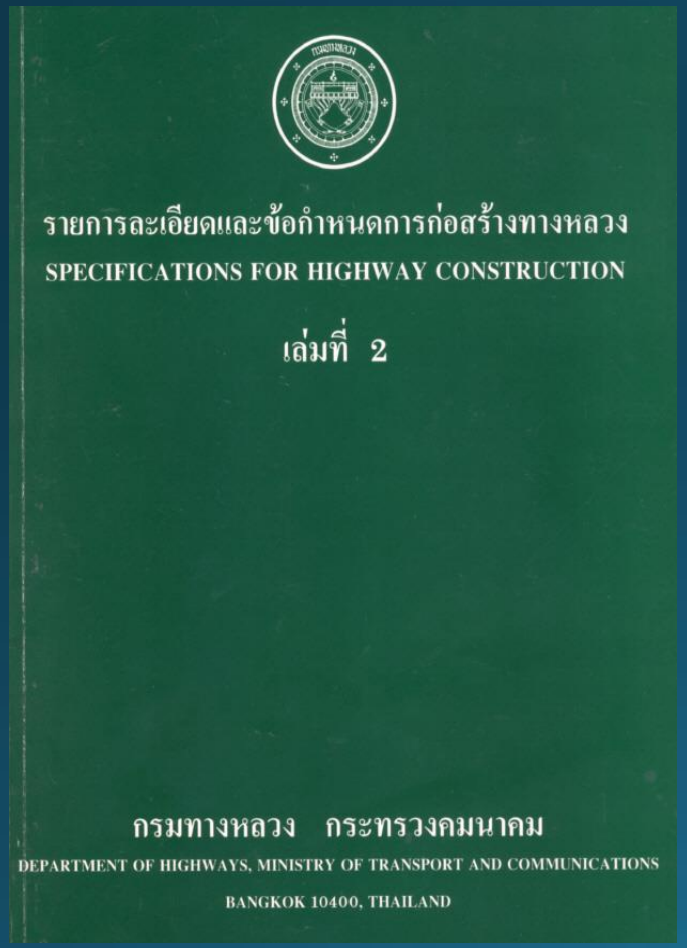
(a) Maximum temperature in concrete after placement shall not exceed 70°C.

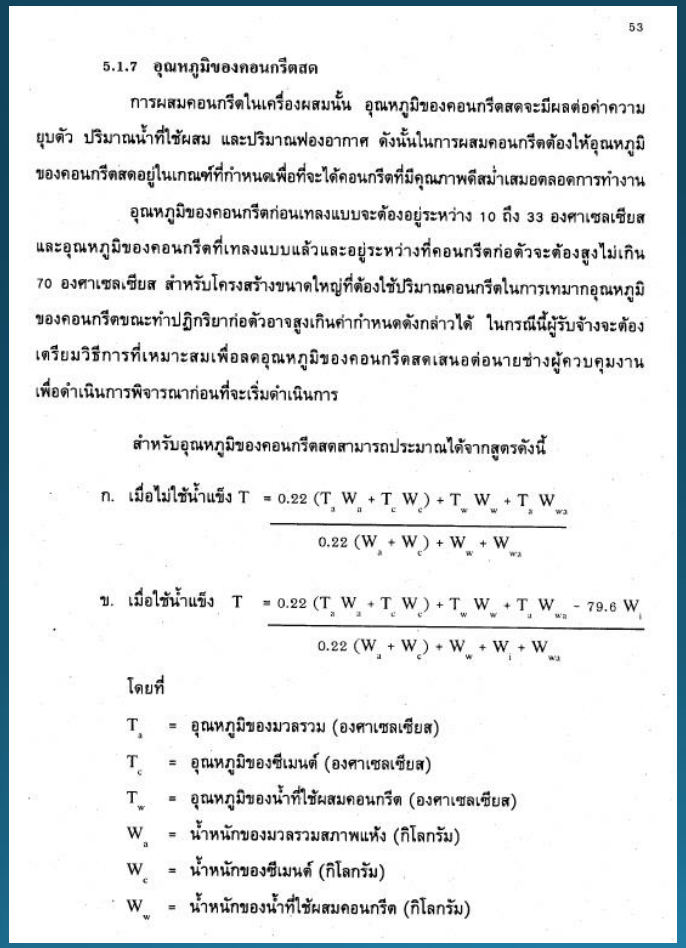
(b) Maximum temperature difference between center and surface of placement shall not exceed 20°C.

- อุณหภูมิสูงสุด หลังเท ไม่เกิน 70 ° C
- อุณหภูมิ ที่แกนกลาง และที่ผิว แตกต่างกันไม่เกิน 20 ° C

Temperature Limits

รายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง เล่มที่ 2





53

5.1.7 อุณหภูมิของคอนกรีตสด

การผสมคอนกรีตในเครื่องผสมนั้น อุณหภูมิของคอนกรีตสดจะมีผลต่อค่าความยุบตัว ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม และปริมาณฟองอากาศ ดังนั้นในการผสมคอนกรีตต้องให้อุณหภูมิของคอนกรีตสดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อที่จะได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอตลอดการทำงาน

อุณหภูมิของคอนกรีตก่อนเทลงแบบจะต้องอยู่ระหว่าง 10 ถึง 33 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของคอนกรีตที่เทลงแบบแล้วและอยู่ระหว่างที่คอนกรีตก่อตัวจะต้องสูงไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส สำหรับโครงสร้างขนาดใหญ่ที่ต้องใช้ปริมาณคอนกรีตในการเทมากอุณหภูมิของคอนกรีตขณะทำปฏิกริยาก่อตัวอาจสูงเกินค่ากำหนดดังกล่าวได้ ในกรณีนี้ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมวิธีการที่เหมาะสมเพื่อลดอุณหภูมิของคอนกรีตสดเสนอต่อนายช่างผู้ควบคุมงานเพื่อดำเนินการพิจารณาก่อนที่จะเริ่มดำเนินการ

สำหรับอุณหภูมิของคอนกรีตสดสามารถประมาณได้จากสูตรดังนี้

ก. เมื่อไม่ใช้น้ำแข็ง $$T = \frac{0.22 (T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa}}{0.22 (W_a + W_c) + W_w + W_{wa}}$$

ข. เมื่อใช้น้ำแข็ง $$T = \frac{0.22 (T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_a W_{wa} - 79.6 W_i}{0.22 (W_a + W_c) + W_w + W_i + W_{wa}}$$

โดยที่

T_a = อุณหภูมิของมวลรวม (องศาเซลเซียส)

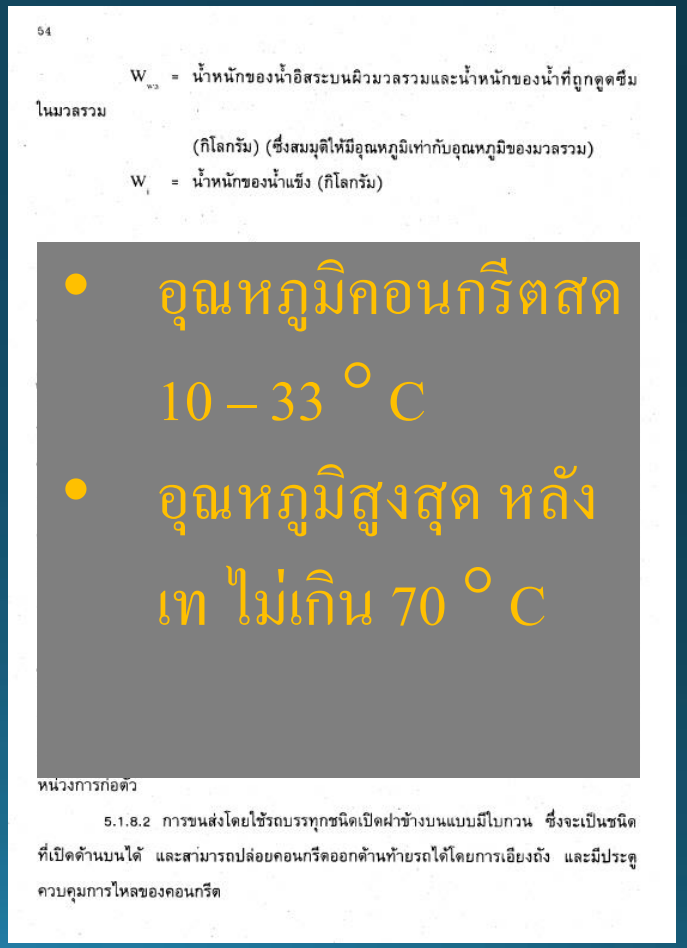
T_c = อุณหภูมิของซีเมนต์ (องศาเซลเซียส)

T_w = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต (องศาเซลเซียส)

W_a = น้ำหนักของมวลรวมสภาพแห้ง (กิโลกรัม)

W_c = น้ำหนักของซีเมนต์ (กิโลกรัม)

W_w = น้ำหนักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต (กิโลกรัม)



54

W_{wa} = น้ำหนักของน้ำอิสระบนผิวมวลรวมและน้ำหนักของน้ำที่ถูกดูดซึมในมวลรวม (กิโลกรัม) (ซึ่งสมมุติให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของมวลรวม)

W_i = น้ำหนักของน้ำแข็ง (กิโลกรัม)

- อุณหภูมิคอนกรีตสด 10 – 33 ° C
- อุณหภูมิสูงสุด หลังเท ไม่เกิน 70 ° C

หน่วงการก่อตัว

5.1.8.2 การขนส่งโดยใช้รถบรรทุกชนิดเปิดฝาข้างบนแบบมีใบกวน ซึ่งจะเป็นชนิดที่เปิดด้านบนได้ และสามารถปล่อยคอนกรีตออกด้านท้ายรถได้โดยการเอียงถัง และมีประตูควบคุมการไหลของคอนกรีต

Temperature Limits

CIRIA C660 “ Early-age thermal crack control in concrete ”

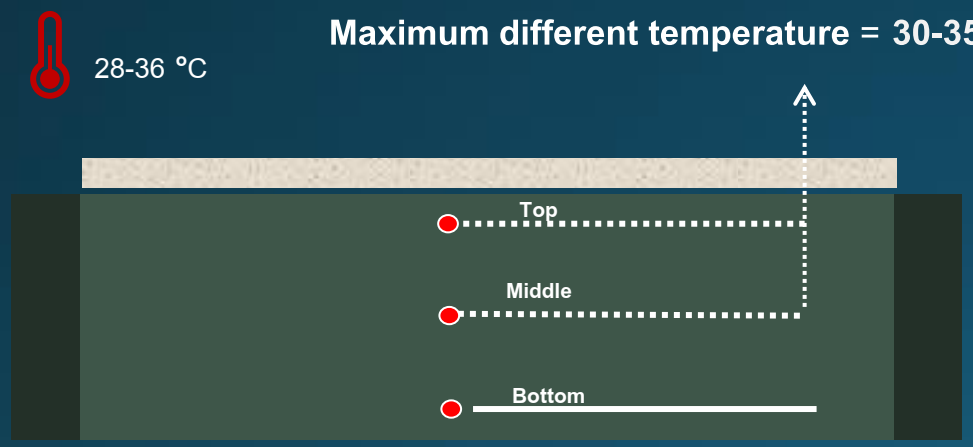
Table7.1 *Limiting temperature drop $T_{1,max}$ and temperature differentials ΔT_{max} to avoid early-age cracking, based on assumed typical values of α_c (Table 4.4) and ε_{ctu} (Table 4.11) as affected by aggregate type (for $K_1 = 0.65$ and $\varepsilon_{ca} = 15\mu\varepsilon$)*

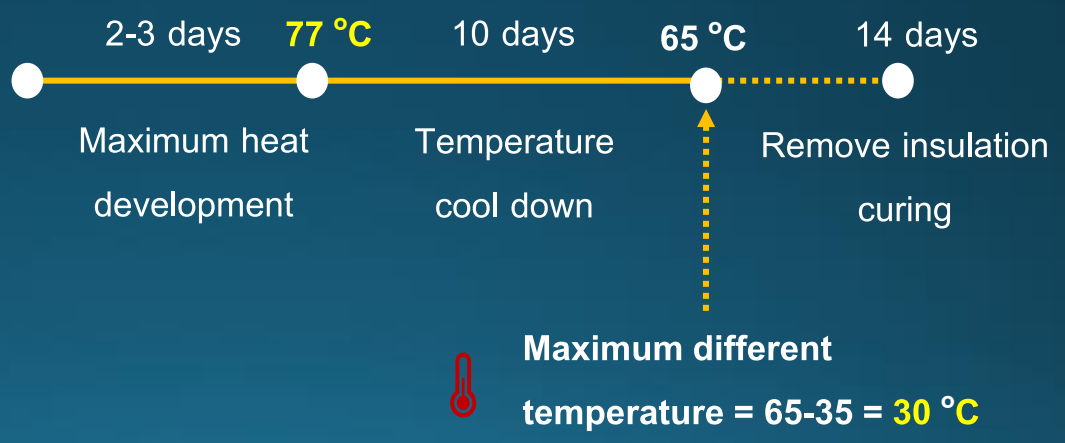
Aggregate type	Gravel	Granite	Limestone	LWAC with natural sand
Thermal expansion coefficient (με/°C)	13	10	9	9
Tensile strain capacity (με) under sustained loading	65	75	85	115
Limiting temperature change in °C for different external restraint factors:				
1.00	6	9	12	20
0.80	8	12	16	25
0.70	9	14	18	29
0.60	11	17	22	34
0.50	14	21	27	42
0.40	18	27	34	53
0.30	24	36	46	71
Limiting temperature differential (°C) for internal restraint R = 0.42	20	28	35	53

ที่มา : Bamforth, P.B. (2007) Early-age thermal crack control in concrete. CIRIA C660. London. Construction Industry Research and Information Association : CIRIA.

Temperature Limits

CIRIA C660 “ Early-age thermal crack control in concrete ”





- **การควบคุมอุณหภูมิ ป้องกันการเกิด Thermal Crack**
  - **Cementitious Material content control : การลดปริมาณซีเมนต์**
  - **Precooling : การใช้น้ำแข็ง, การลดอุณหภูมิของมวลรวม**
  - **Postcooling : การฝังท่อน้ำหล่อเย็น**
  - **Construction Management : การวางแผนงาน การจัดการก่อสร้างที่เหมาะสม**

- # โครงการก่อสร้างทางแนวใหม่ สายทางเลี่ยงเมืองอ่างทอง ตอน 4

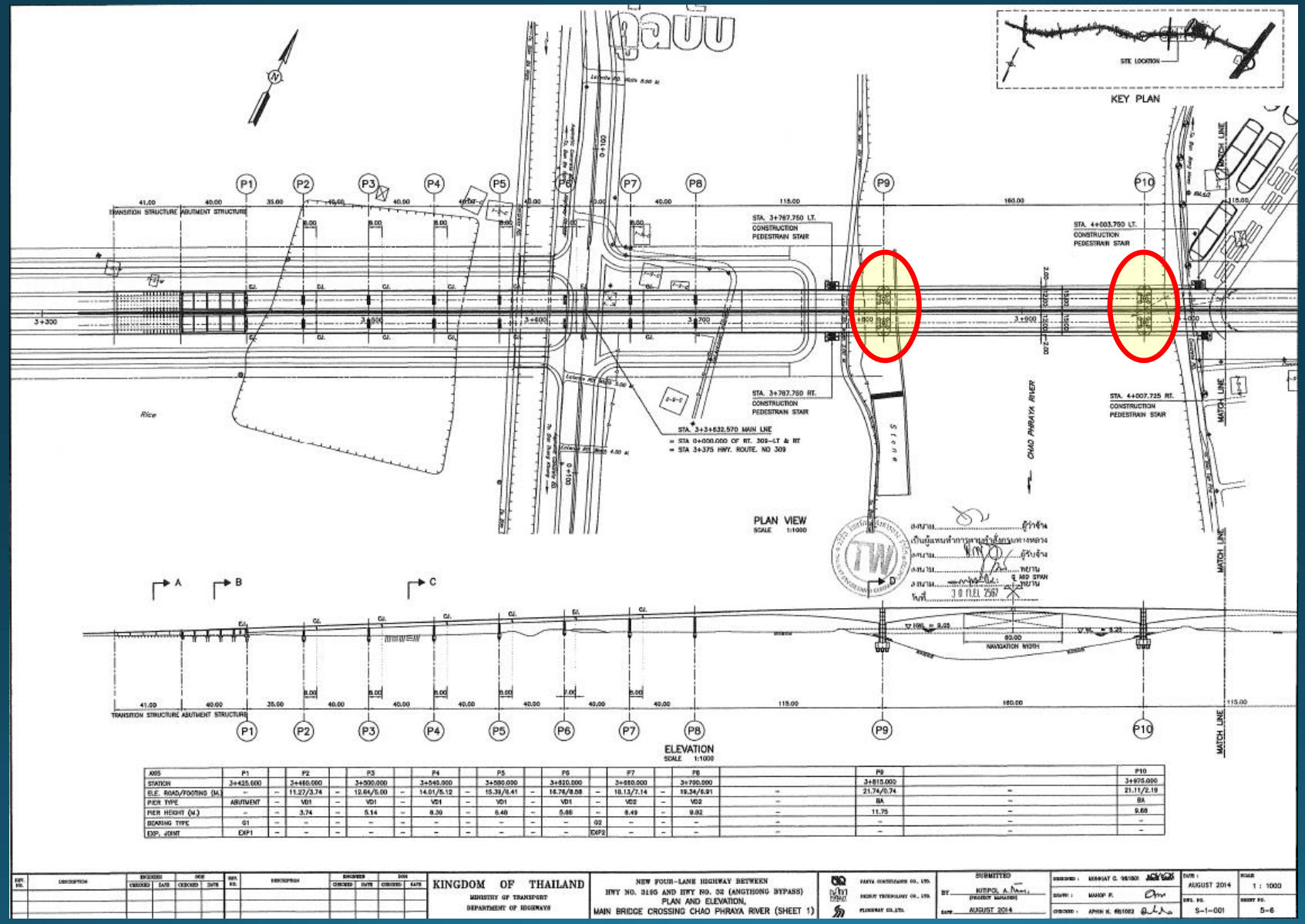


ที่ตั้งโครงการ

รายละเอียดโครงการ

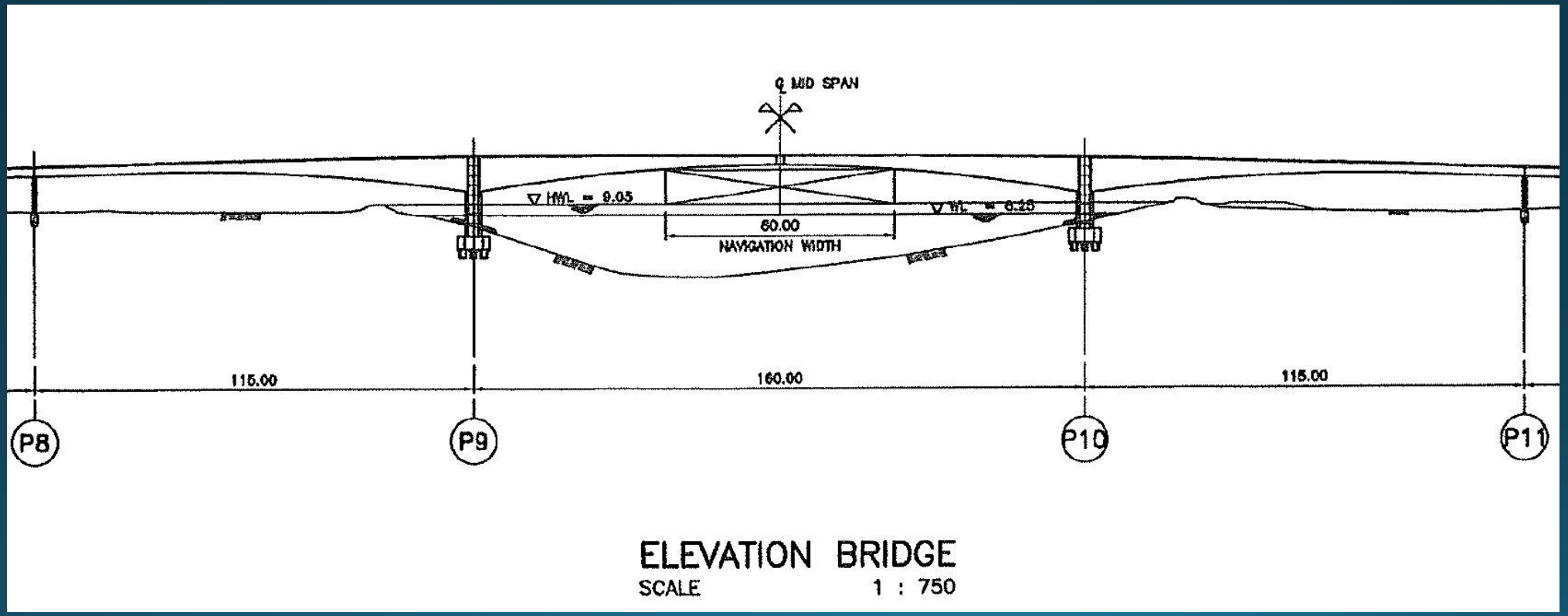
โครงการฯ :	ก่อสร้างทางแนวใหม่ สายทางเลี่ยงเมืองอ่างทอง ตอน 4
กม. – กม. :	3+300.00 – 5+100.00
ระยะทาง :	1.800 กม.
มาตรฐาน :	ชั้นพิเศษ 4-8 ช่องจราจร
สัญญาที่ :	สส.16/2567 ลว. 30 กันยายน 2567
เริ่มต้นสัญญา :	1 ตุลาคม 2567
สิ้นสุดสัญญา :	15 กันยายน 2570
ระยะเวลาทำการ :	1,080 วัน
ค่างานตามสัญญา :	1,661,920,000.00 บาท
ผู้รับจ้าง :	บจก.ไทยวัฒน์วิศวการทาง
ผู้ออกแบบ :	สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง
ควบคุมงาน :	สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง
นายช่างโครงการฯ :	นายนพดล อัครธรรมวุฒิ
ผู้จัดการโครงการฯ :	นายทวีศักดิ์ ชาญวรรณกุล

สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา กม.3+895.000 LT, RT

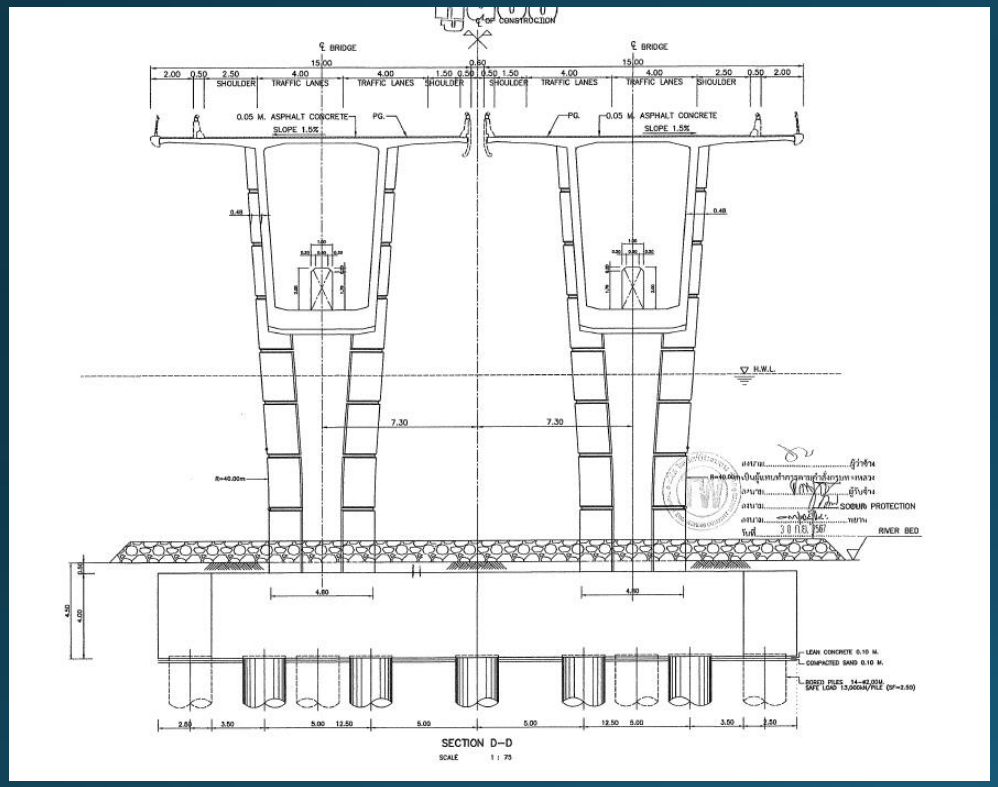


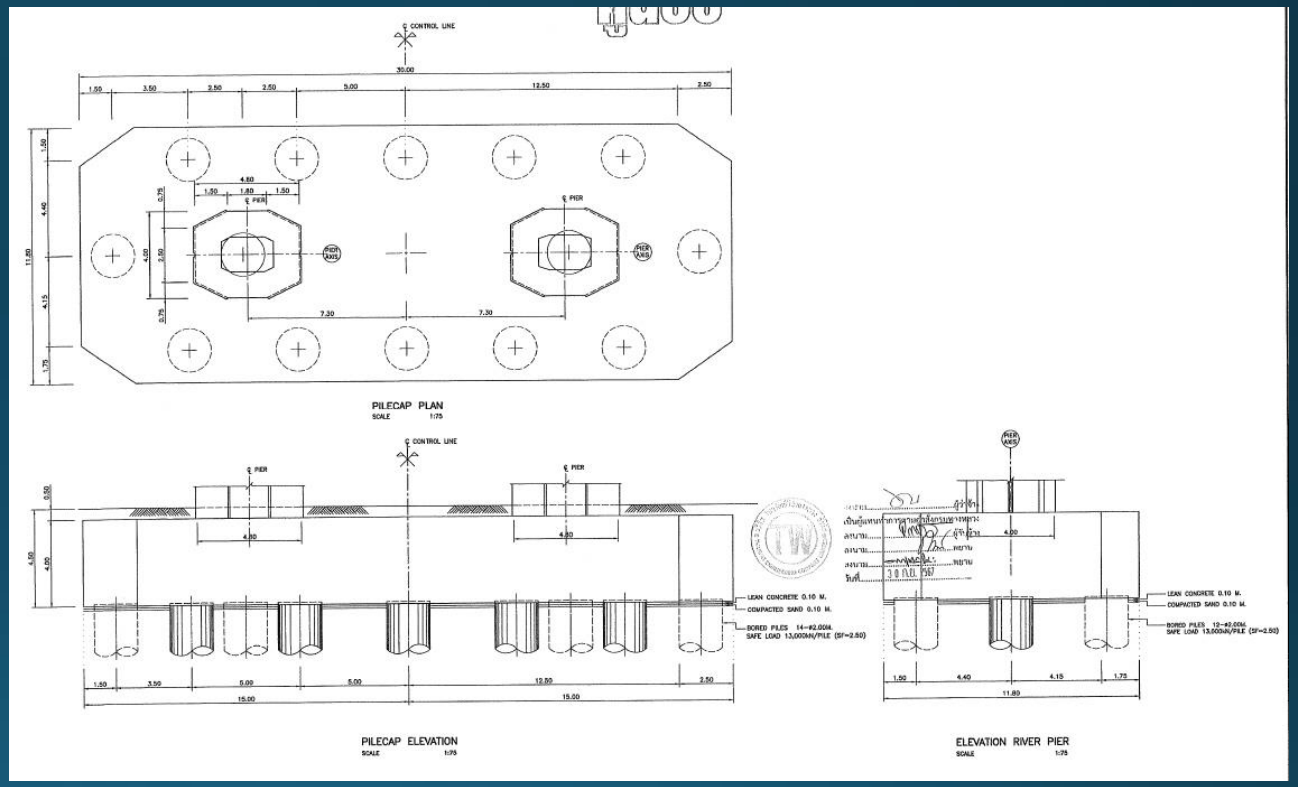
สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา กม.3+895.000 LT, RT

- สะพานคอนกรีตอัดแรง Balance Cantilever
- Span (1x115.00) + (1x160.00) + (1x115.00) = 390.0 m.

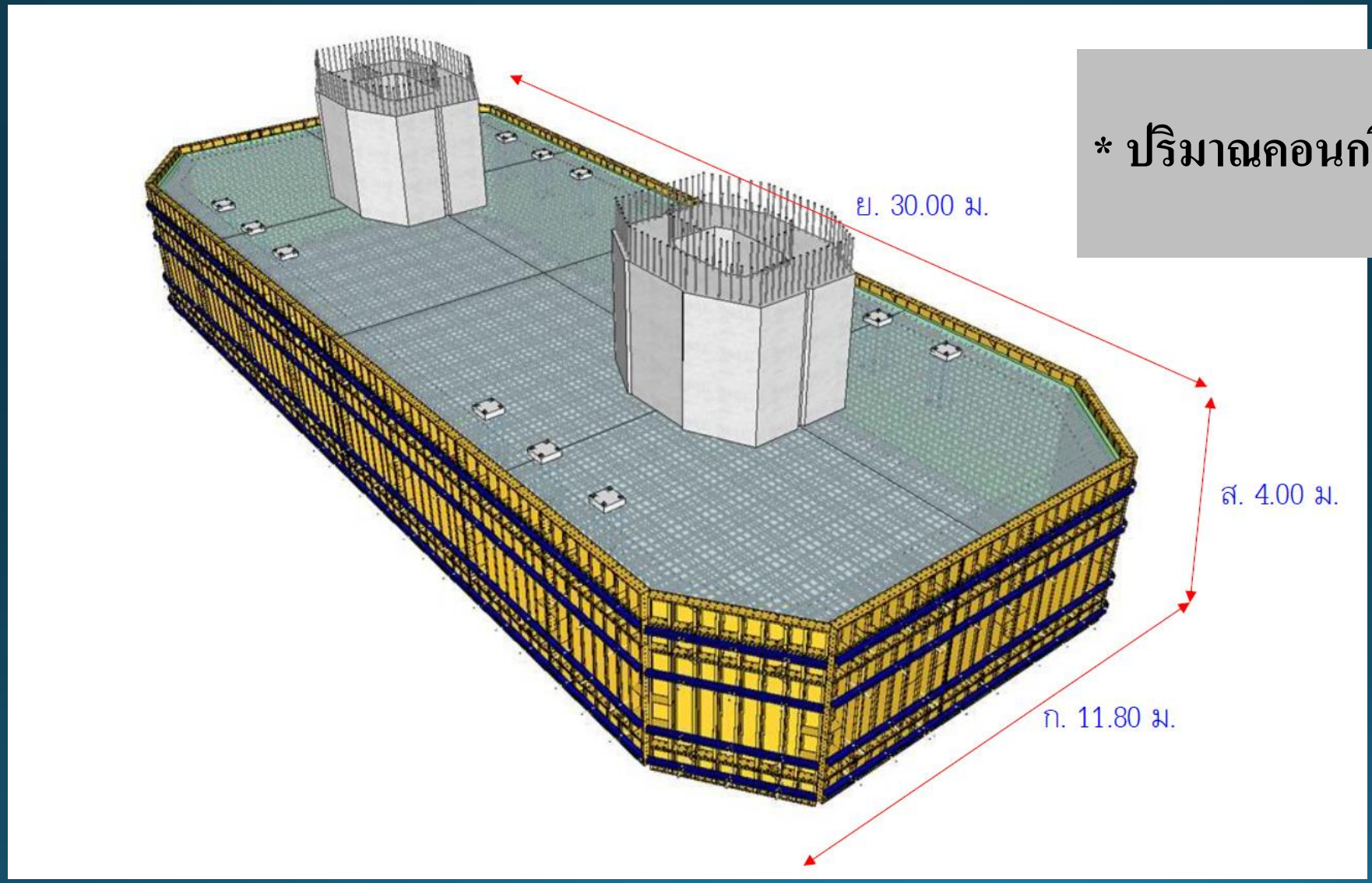


Pile Cap Pier 9, 10





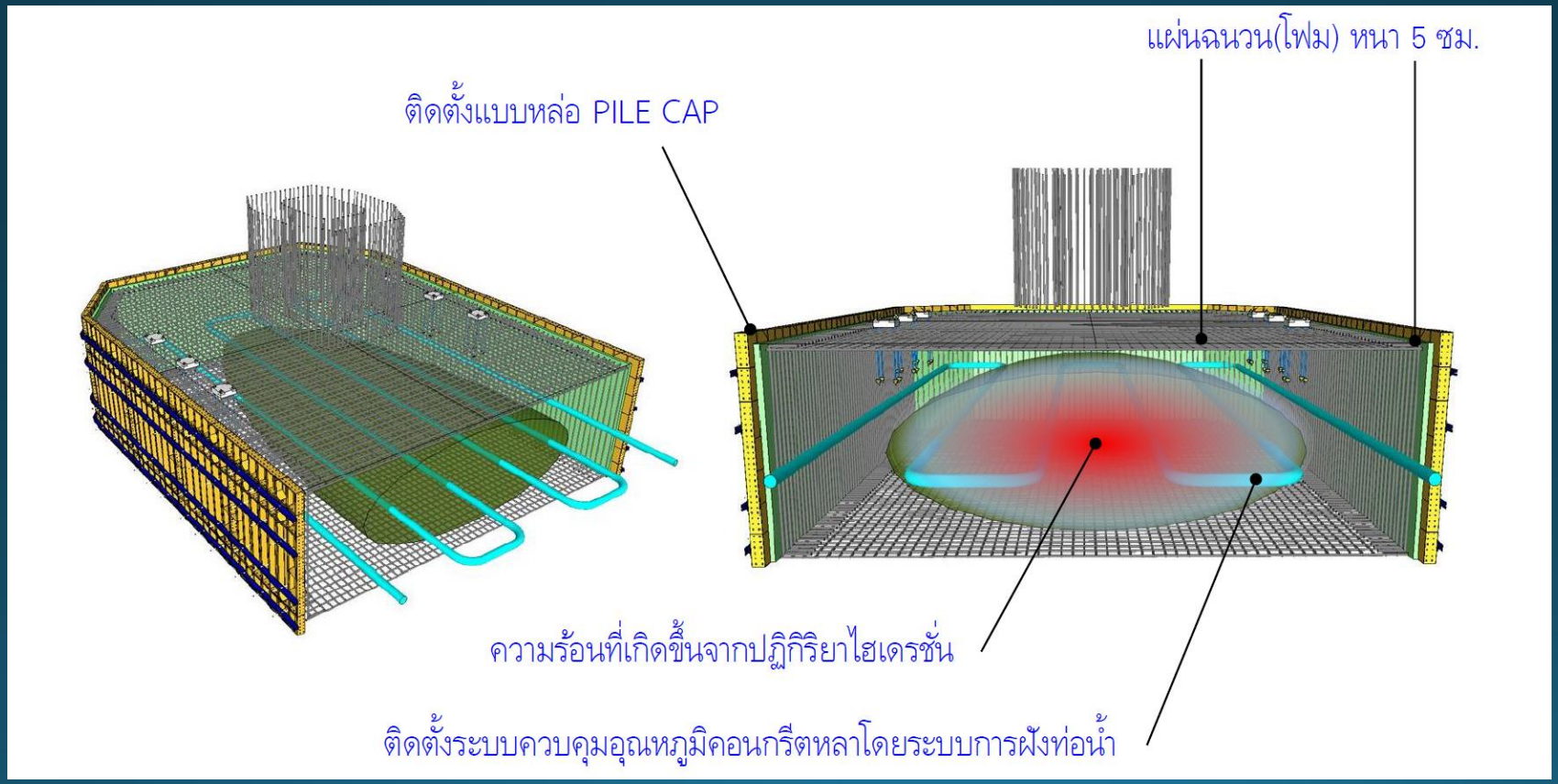
Pile Cap Pier 9, 10



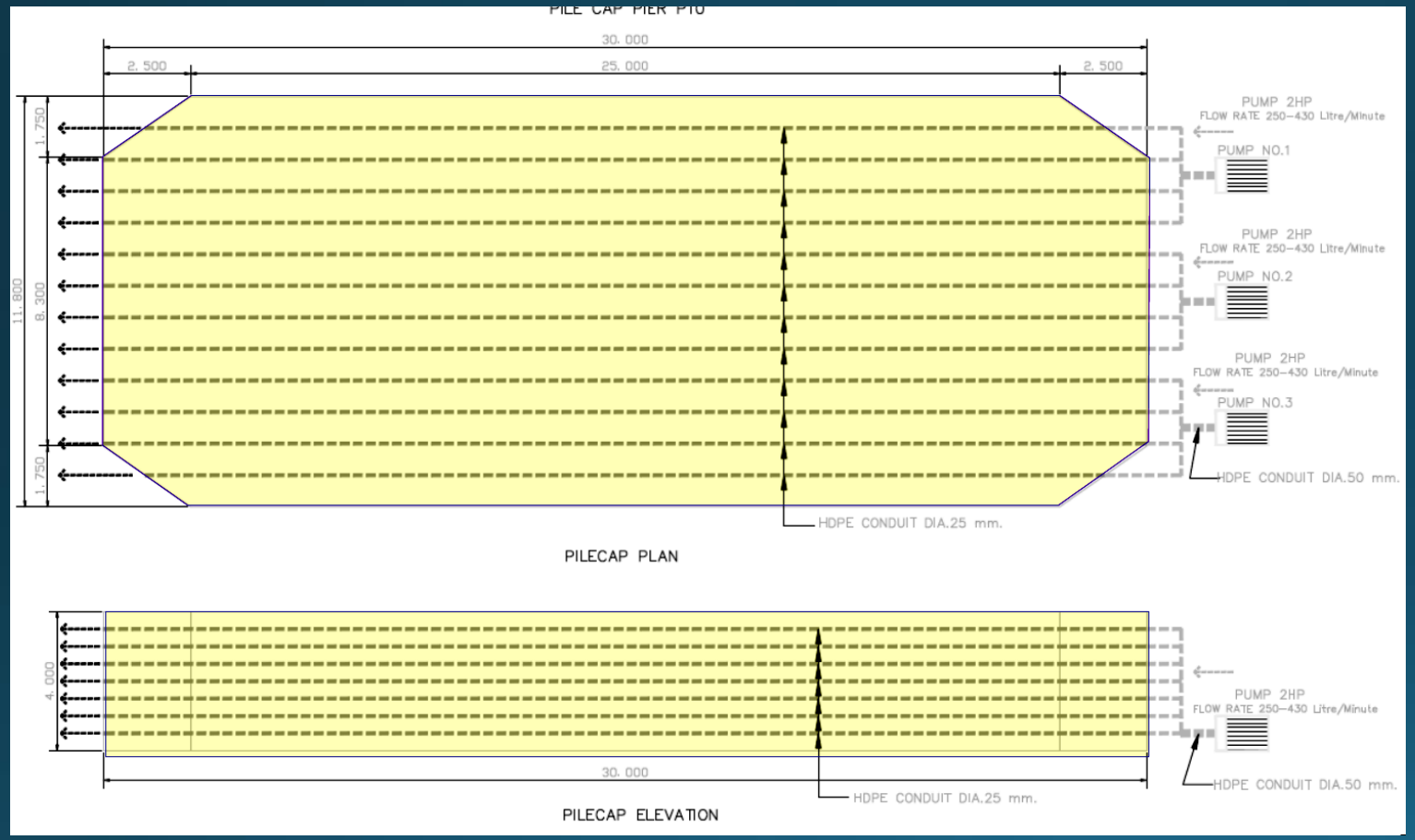
*** ปริมาณคอนกรีต 1,380 ลบ.ม.**

การป้องกันการเกิด Thermal Crack

- การฝังท่อน้ำหล่อเย็น Pipe Cooling
- การปิดหุ้มโดยใช้ฉนวน (โฟม)



การฝังท่อน้ำหล่อเย็น Pipe Cooling Pile Cap Pier 10



อุปกรณ์

ปั๊ม 2 HP จำนวน 3 ชุด

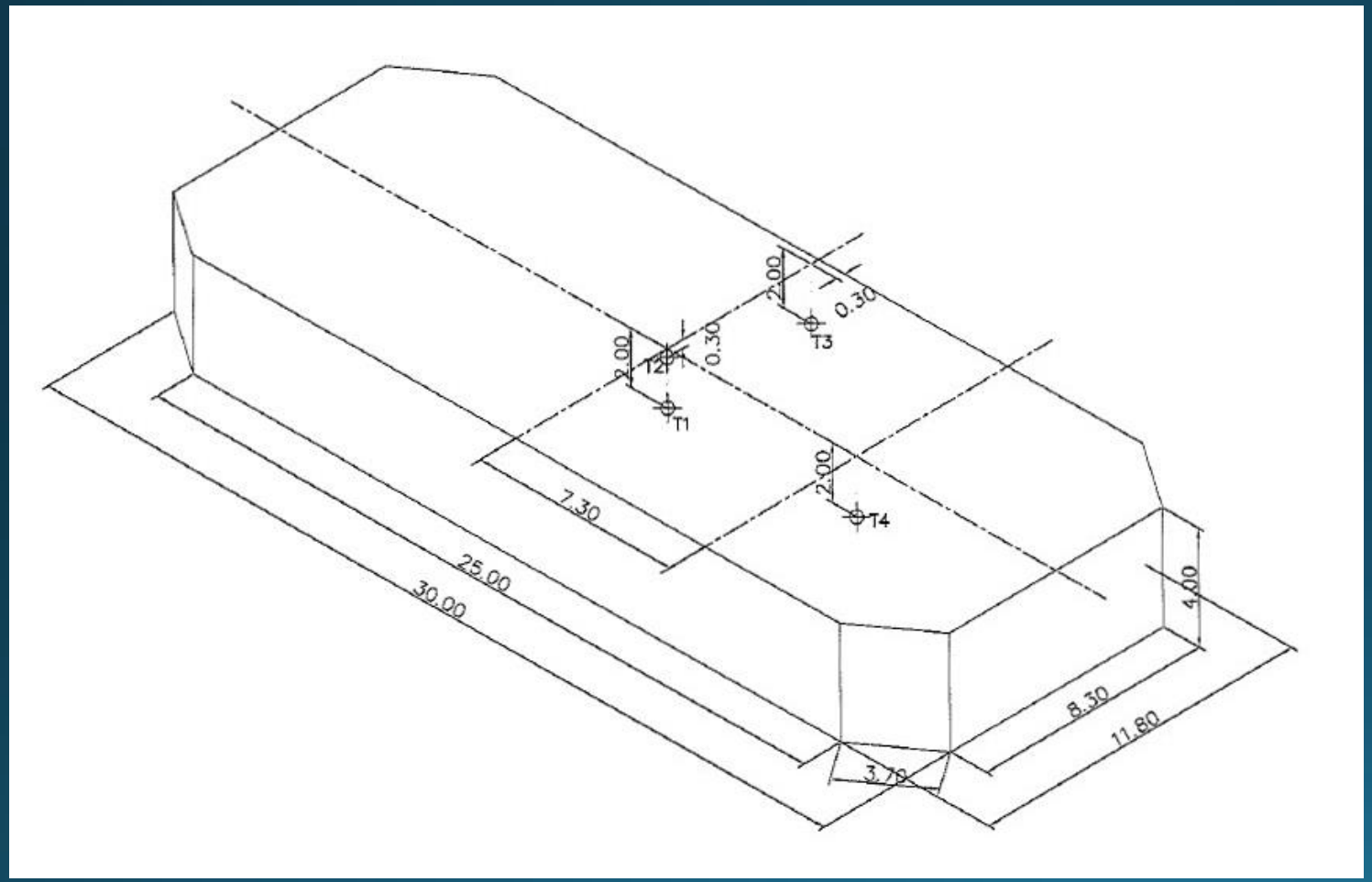
- อัตราไหลระบุ 250-430 L/min
- ท่อวงจร HDPE Ø25 mm
- Header HDPE Ø50 mm

การตรวจสอบก่อนเทคอนกรีต

Leak/flow test

- แหล่งน้ำและไฟสำรอง
- วาล์วแยกวงจร
- อุณหภูมิน้ำเข้า-ออก
- วิธีบันทึก
- แผนหยุดระบบแบบค่อยเป็นค่อยไป

การตรวจวัดอุณหภูมิคอนกรีต Pile Cap Pier 10



ติดตั้ง Thermocouple วัดอุณหภูมิคอนกรีต

- T1
- T2
- T3
- T4

ติดตั้ง ท่อน้ำหล่อเย็น Pipe Cooling ใน Pile Cap Pier 10



ติดตั้ง ท่อน้ำหล่อเย็น Pipe Cooling ใน Pile Cap Pier 10



- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

คอนกรีต Mix Design

- กำลังอัด 408 ksc. [Cube]
- Water Cement Ratio W/C 0.40
- ค่าการยุบตัว Slump 15 – 20 cm.
- คอนกรีตสดควรเทลงแบบให้หมดภายใน 2 ชม.

CPAC

CPAC READY MIXED CONCRETE
MIX DESIGN

PROJECT	:	ก่อสร้างทางแนวใหม่ สาย ทางเลี่ยงเมือง ตอน 4 (ปี2567)
CUSTOMER	:	บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด เพื่อเป็นข้อมูลเสนอให้ บ.ไทยวัฒน์วิศวการทาง จก.
CONTRACTOR	:	-

เลขที่ : EWE2403187 V.1	PRODUCT CODE		:	40NCB4AB46	
Cubic compressive strength			:	408	ksc.
Cylindrical compressive strength			:	350	ksc.
Slump			:	15 - 20	cm.
Water-cementitious materials ratio			:	0.40	
Maximum size of coarse aggregate			:	19	mm.
CALCULATION OF PROPORTION VOLUME FOR 1 CU.M. OF CONCRETE					
Required water			=	165	ltr.
Solid volume of cementitious materials	= 415 / 3.15		=	132	ltr.
Solid volume of fine aggregate	= 840 / 2.65		=	317	ltr.
Solid volume of coarse aggregate	= 1,070 / 2.70		=	396	ltr.
Air Content	= 1 x 1,000 / 100		=	10	ltr.
Total volume			=	1020	ltr.
COMPOSITION FOR 1 CU.M. of CONCRETE					
Cementitious materials			=	415	kg
Water			=	165	ltr
Sand (Normal)			=	840	kg
Rock (3/4"-#4)			=	1070	kg
CPAC 10605			=	3200 - 3700	cc
CPAC 20407			=	830	cc

- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

โรงงานผลิตคอนกรีต



PLANT	CAPACITY (m.3/hrs.)	TRUCK (คัน)	DISTANCE (Km.)	VOLUME (m.3)
1. ไชโย	40	10	16	800
2. อ่างทอง	40	9	25	300
3. ป่าโมก	40	9	25	300
			รวม	1400

- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

การจัดการจราจรรถขนส่งคอนกรีต



- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

การควบคุมคุณภาพคอนกรีตในสนาม

- สุ่มเก็บตัวอย่างคอนกรีตหลิอแท่งตัวอย่างทรงลูกบาศก์ ทุกช่วง 100 ลบ.ม.
- เก็บตัวอย่าง จำนวน 14 ชุด ๆ ละ 3 แท่ง รวม 42 ตัวอย่างหรือตามผู้ควบคุมงานพิจารณา
- สุ่มทดสอบค่ายุบตัวคอนกรีต (Slump) ทุกคัน
- ใช้เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ 6 คน บริการทดสอบค่ายุบตัวและทำก้อนตัวอย่าง
- จัดให้มีการจดบันทึกเที่ยวรถโม่ที่จัดส่งถึงหน่วยงาน เพื่อตรวจทวนสอบยอดผลิต





- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

การเทคอนกรีตในสนาม



- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

การเทคอนกรีตในสนาม



- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

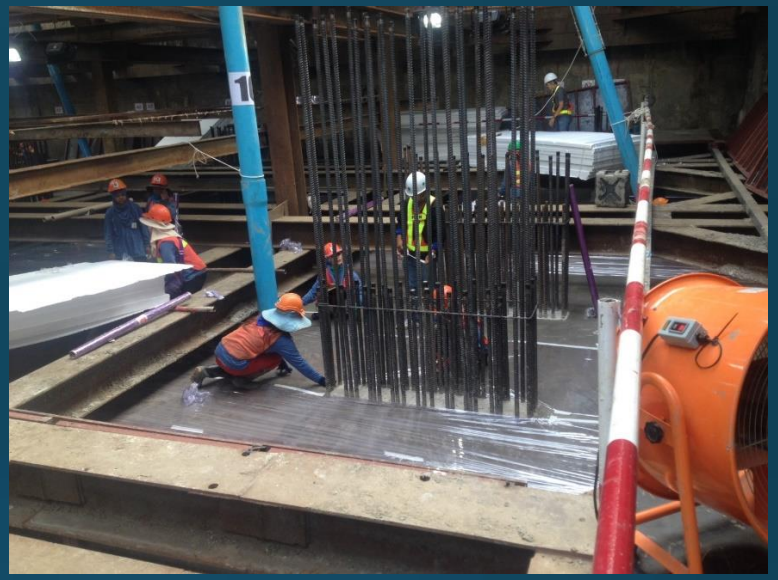
การเทคอนกรีตในสนาม



- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

การบ่มฉนวน (Insulation)

- การคลุมด้วยแผ่นพลาสติก เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในคอนกรีต
- ปูแผ่นโฟม เพื่อช่วยลดความต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในคอนกรีต (Thermal Conductivity ≈ 0.03 – 0.04 W/m.K)

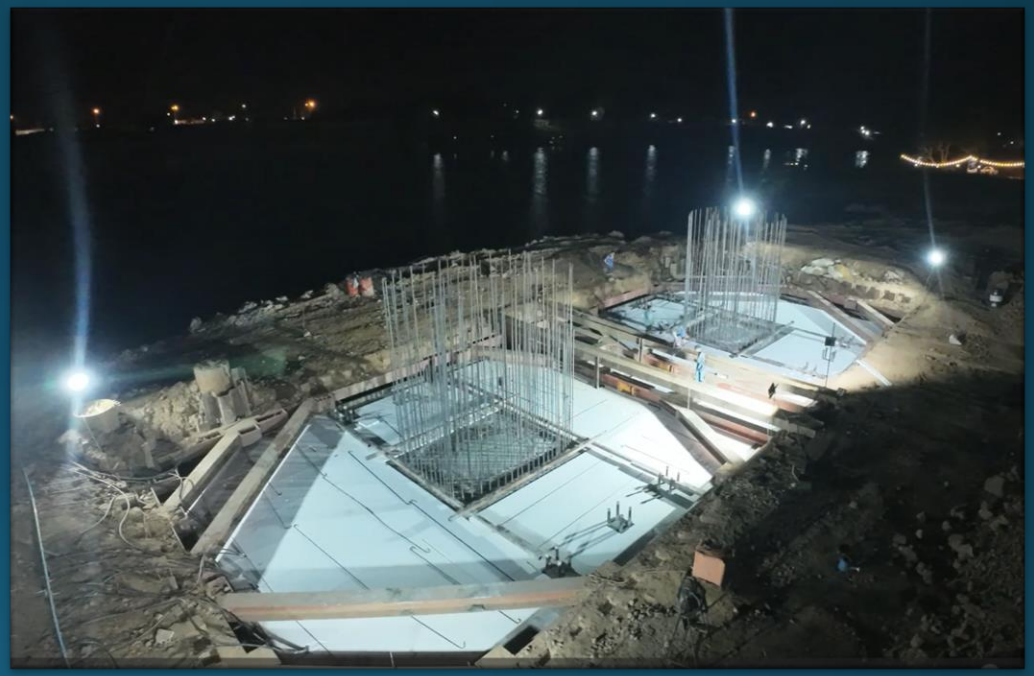




- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

การบ่มฉนวน : ปูแผ่นพลาสติกกับผิวคอนกรีตและใช้แผ่นโฟมปูทับเพื่อบ่มคอนกรีต





- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

การบ่มฉนวน : ปูแผ่นพลาสติกกับผิวคอนกรีตและใช้แผ่นโฟมปูทับเพื่อบ่มคอนกรีต

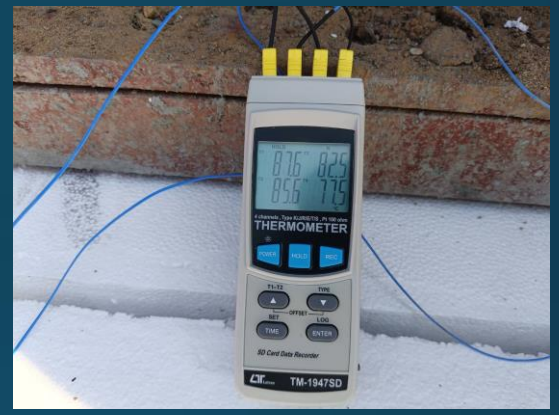


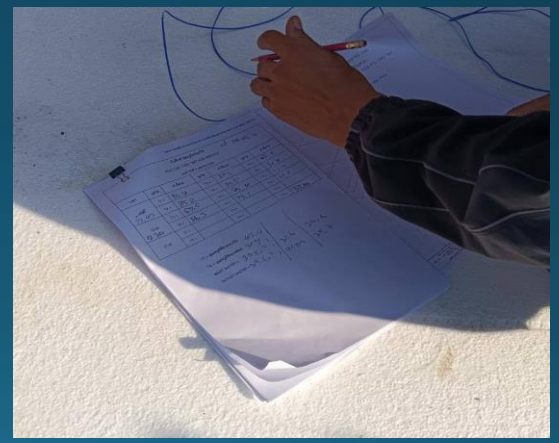


- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

ตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิคอนกรีตหลังการเท







- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

ผลการวัดอุณหภูมิ Pile Cap Pier10 (8 เม.ย. 69 – 16 เม.ย. 69)

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 8 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
17.05	T1 =	42.00	T3 =		T5 =	
	T2 =	37.20	T4 =	42.00	T6 =	
	T1 =		T3 =		T5 =	
	T2 =		T4 =		T6 =	
	T1 =		T3 =		T5 =	
	T2 =		T4 =		T6 =	

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 9 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.45	T1 =	86.40	T3 =	87.50	T5 =	45.90
	T2 =	85.20	T4 =	80.50	T6 =	31.70
12.30	T1 =	87.90	T3 =	85.40	T5 =	53.70
	T2 =	86.30	T4 =	79.10	T6 =	37.80
17.00	T1 =	87.60	T3 =	82.50	T5 =	72.80
	T2 =	85.60	T4 =	77.50	T6 =	36.70

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 10 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.30	T1 =	84.60	T3 =	90.60	T5 =	
	T2 =	82.50	T4 =	73.00	T6 =	
13.00	T1 =	84.00	T3 =	91.30	T5 =	
	T2 =	82.10	T4 =	72.00	T6 =	
17.45	T1 =	82.00	T3 =	92.00	T5 =	
	T2 =	80.60	T4 =	70.90	T6 =	

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 11 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.00	T1 =	78.7	T3 =	89.1	T5 =	
	T2 =	77.4	T4 =	66.1	T6 =	
13.00	T1 =	78.50	T3 =	89.00	T5 =	
	T2 =	77.40	T4 =	67.20	T6 =	
18.00	T1 =	77.60	T3 =	89.70	T5 =	
	T2 =	76.20	T4 =	64.80	T6 =	

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 12 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.00	T1 =	74.60	T3 =	86.60	T5 =	
	T2 =	73.20	T4 =	60.00	T6 =	
12.00	T1 =	68.50	T3 =	83.50	T5 =	
	T2 =	67.80	T4 =	53.40	T6 =	
17.00	T1 =	68.00	T3 =	83.80	T5 =	
	T2 =	67.40	T4 =	52.50	T6 =	

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 13 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.00	T1 =	68.90	T3 =	83.40	T5 =	
	T2 =	68.10	T4 =	53.60	T6 =	
12.00	T1 =	68.50	T3 =	83.50	T5 =	
	T2 =	67.80	T4 =	53.40	T6 =	
17.00	T1 =	68.00	T3 =	83.80	T5 =	
	T2 =	67.40	T4 =	52.50	T6 =	

- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

ผลการวัดอุณหภูมิ Pile Cap Pier10 (8 เม.ย. 69 – 16 เม.ย. 69)

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 14 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.00	T1 =	63.50	T3 =	80.70	T5 =	
	T2 =	63.50	T4 =	49.20	T6 =	
12.00	T1 =	63.20	T3 =	80.70	T5 =	
	T2 =	63.20	T4 =	49.20	T6 =	
17.00	T1 =	62.60	T3 =	76.80	T5 =	
	T2 =	62.40	T4 =	46.60	T6 =	

บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

ประจำวันที่ 15 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.00	T1 =	58.90	T3 =	77.90	T5 =	
	T2 =	59.00	T4 =	45.70	T6 =	
12.00	T1 =	58.80	T3 =	78.00	T5 =	
	T2 =	58.90	T4 =	45.70	T6 =	
17.00	T1 =	58.30	T3 =	76.60	T5 =	
	T2 =	58.30	T4 =	45.40	T6 =	

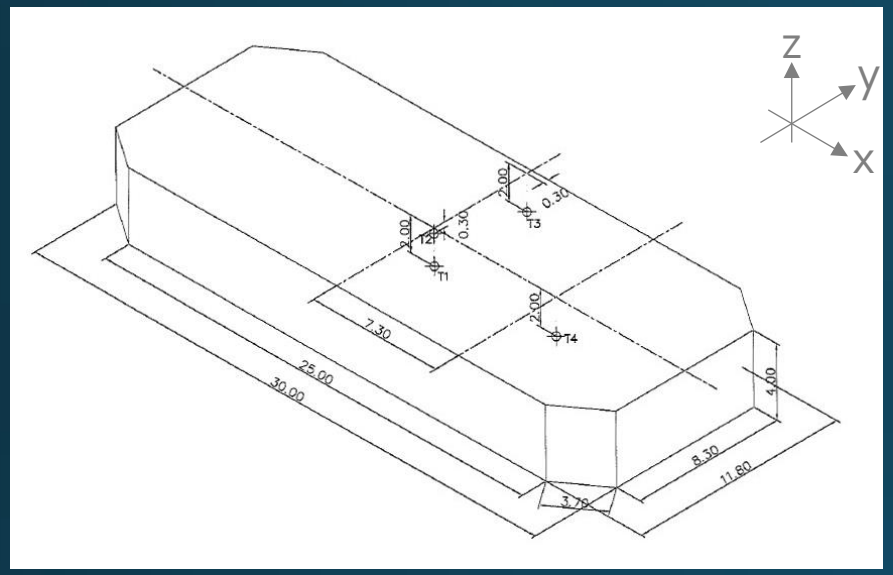
บันทึกค่าอุณภูมิคอนกรีต

PILE CAP TYPE "BA" FOR PIER P10

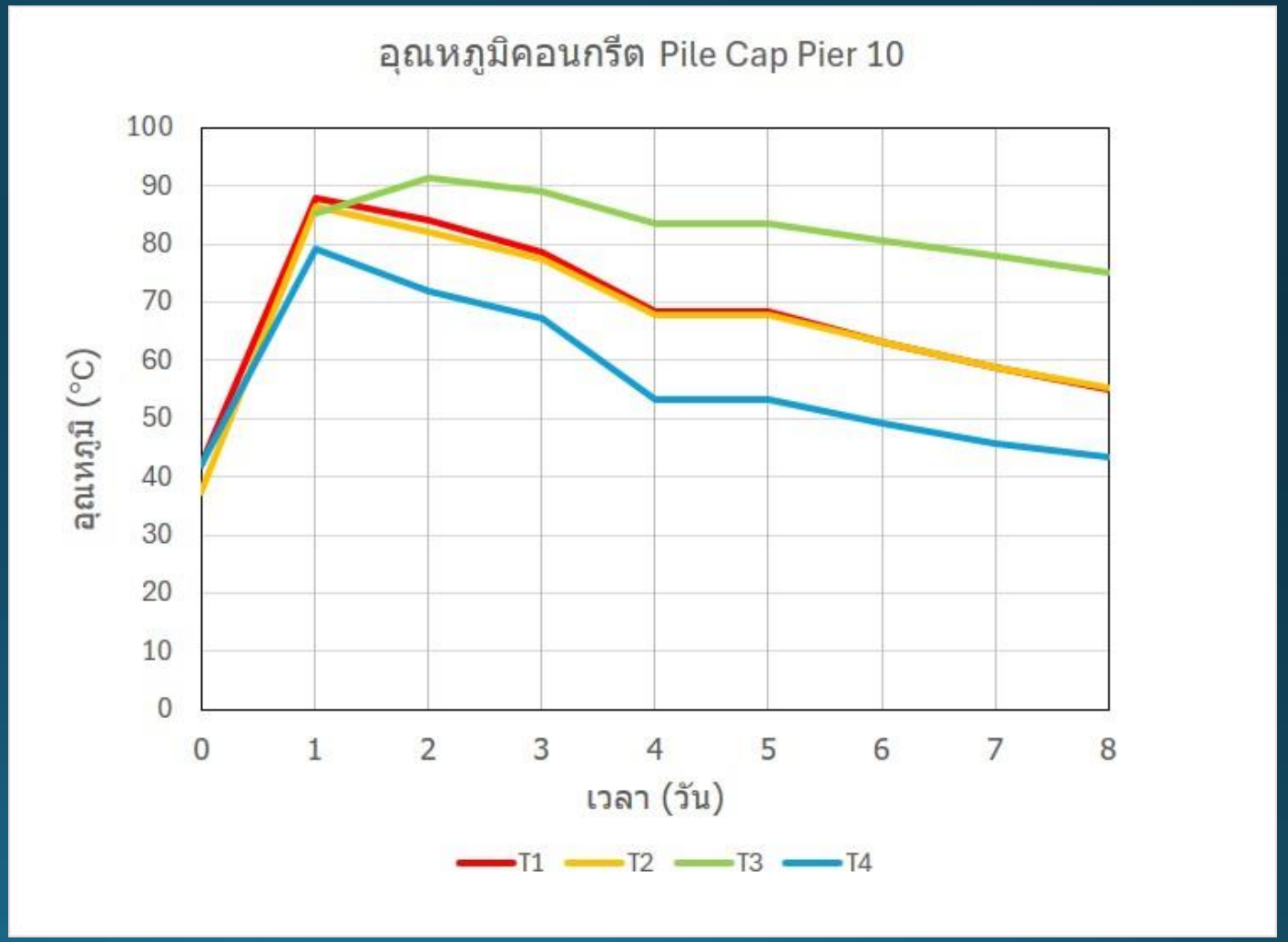
ประจำวันที่ 16 เมษายน 2569

เวลา	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน	จุดวัด	ค่าที่อ่าน
8.00	T1 =	54.90	T3 =	75.10	T5 =	
	T2 =	55.20	T4 =	43.30	T6 =	
12.00	T1 =		T3 =		T5 =	
	T2 =		T4 =		T6 =	
17.00	T1 =		T3 =		T5 =	
	T2 =		T4 =		T6 =	

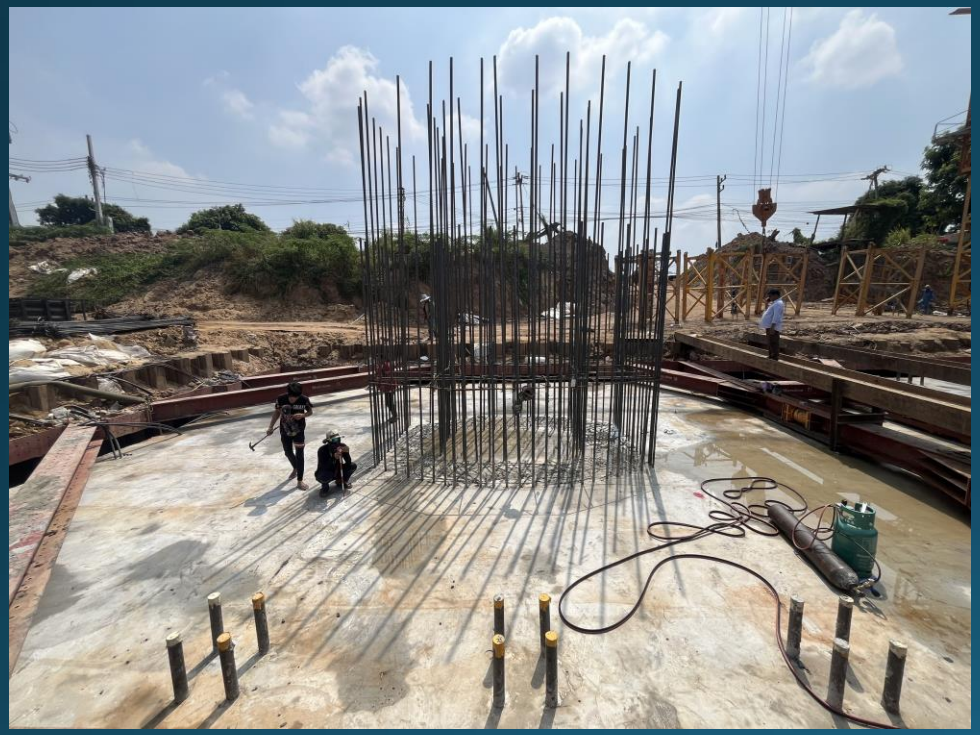
ผลการวัดอุณหภูมิ Pile Cap Pier10 (8 เม.ย. 69 – 16 เม.ย. 69)



วันที่	เวลา	ระยะเวลา (วัน)	อุณหภูมิ (°C)			
			T1	T2	T3	T4
			(0, 0, -2.0)	(0, 0, -0.3)	(0, 5.6, -2.0)	(7.3, 0, -2.0)
8/4/2569	17:05	0	42.0	37.2		42.0
9/4/2569	12:30	1	87.9	86.3	85.4	79.1
10/4/2569	13:00	2	84.0	82.1	91.3	72.0
11/4/2569	13:00	3	78.5	77.4	89.0	67.2
12/4/2569	12:00	4	68.5	67.8	83.5	53.4
13/4/2569	12:00	5	68.5	67.8	83.5	53.4
14/4/2569	12:00	6	63.2	63.2	80.7	49.2
15/4/2569	12:00	7	58.8	58.9	78.0	45.7
16/4/2569	8:00	8	54.9	55.2	75.1	43.3



Pile Cap Pier 10 (6 พ.ค. 2569)





Pile Cap Pier 10 (6 พ.ค. 2569)



- งานคอนกรีต Pile Cap Pier 10

ผลสรุป : Pile Cap Pier 9, 10 ขนาด 30 x 11.8 x 4.0 เมตร ปริมาณคอนกรีต 1,380 ลบ.ม. จัดเป็นคอนกรีตหลา ที่ต้องมีการควบคุมความร้อนในคอนกรีต ป้องกันการแตกร้าว โดยโครงการฯ ใช้วิธีการฝังท่อน้ำระบายความร้อน (Pipe Cooling) และบ่มฉนวนที่ผิวคอนกรีตด้วยโฟม (Insulation) และตรวจวัดอุณหภูมิของคอนกรีต

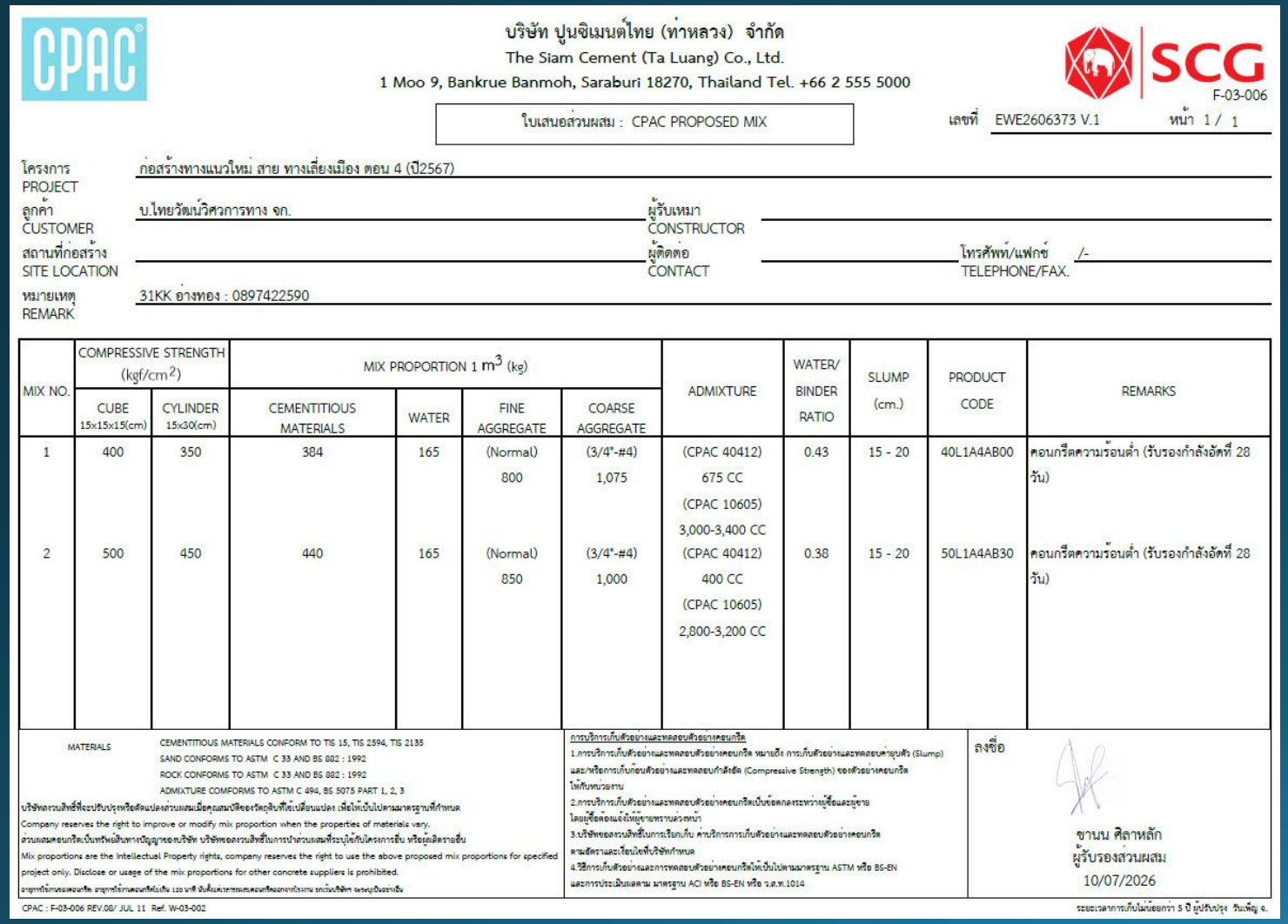
- **อุณหภูมิคอนกรีตเริ่มต้น 37.2 – 42.0° C**
- **อุณหภูมิสูงสุดที่จุด T3 เท่ากับ 92.0° C ประมาณ 48 ชั่วโมง หลังเทคอนกรีต (> 77° C) และลดลงอย่างต่อเนื่อง หลังเกิดอุณหภูมิสุงสุด**
- **อุณหภูมิที่ต่างกันสูงสุด ระหว่าจุด T3 และ T4 เท่ากับ 32.3° C (30 – 35° C)**
- **ไม่พบการแตกร้าว หลังการเทคอนกรีต**
- **ทบทวนประสิทธิภาพ วางแผนการควบคุมอุณหภูมิในการเทคอนกรีต Pile Cap Pier 9**

Pile Cap Pier 9 ?



- Low Heat Concrete
- Insulation

Pile Cap Pier 9 ?



CPAC

บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด
The Siam Cement (Ta Luang) Co., Ltd.
1 Moo 9, Bankrue Banmoh, Saraburi 18270, Thailand Tel. +66 2 555 5000

SCG F-03-006

ใบเสนอส่วนผสม : CPAC PROPOSED MIX

เลขที่ EWE2606373 V.1 หน้า 1 / 1

โครงการ PROJECT: ก่อสร้างทางแนวใหม่ สาย ทางเลี่ยงเมือง ตอน 4 (ปี2567)
ลูกค้า CUSTOMER: บ.ไทยวัฒน์วิศวการทาง จก. ผู้รับเหมา CONSTRUCTOR:
สถานที่ก่อสร้าง SITE LOCATION: ผู้ติดต่อ CONTACT: โทรศัพท์/แฟกซ์ TELEPHONE/FAX. /-
หมายเหตุ REMARK: 31KK อ่างทอง : 0897422590

MIX NO.	COMPRESSIVE STRENGTH (kgf/cm²)		MIX PROPORTION 1 m³ (kg)				ADMIXTURE	WATER/ BINDER RATIO	SLUMP (cm.)	PRODUCT CODE	REMARKS
	CUBE 15x15x15(cm)	CYLINDER 15x30(cm)	CEMENTITIOUS MATERIALS	WATER	FINE AGGREGATE	COARSE AGGREGATE					
1	400	350	384	165	(Normal) 800	(3/4"-#4) 1,075	(CPAC 40412) 675 CC (CPAC 10605) 3,000-3,400 CC	0.43	15 - 20	40L1A4AB00	คอนกรีตความร้อนต่ำ (รับรองกำลังอัดที่ 28 วัน)
2	500	450	440	165	(Normal) 850	(3/4"-#4) 1,000	(CPAC 40412) 400 CC (CPAC 10605) 2,800-3,200 CC	0.38	15 - 20	50L1A4AB30	คอนกรีตความร้อนต่ำ (รับรองกำลังอัดที่ 28 วัน)

MATERIALS
CEMENTITIOUS MATERIALS CONFORM TO TIS 15, TIS 2594, TIS 2135
SAND CONFORMS TO ASTM C 33 AND BS 882 : 1992
ROCK CONFORMS TO ASTM C 33 AND BS 882 : 1992
ADMIXTURE COMFORMS TO ASTM C 494, BS 5075 PART 1, 2, 3

บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะปรับปรุงหรือดัดแปลงส่วนผสมเมื่อคุณสมบัติของวัสดุสิ่งที่ใช้เปลี่ยนแปลง เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด
Company reserves the right to improve or modify mix proportion when the properties of materials vary.
ส่วนผสมคอนกรีตเป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัท บริษัทของสงวนสิทธิ์ในการนำส่วนผสมที่ระบุไว้กับโครงการอื่น หรือผู้ผลิตรายอื่น
Mix proportions are the Intellectual Property rights, company reserves the right to use the above proposed mix proportions for specified project only. Disclose or usage of the mix proportions for other concrete suppliers is prohibited.

การบริการเก็บตัวอย่างและทดลองตัวอย่างคอนกรีต
1.การบริการเก็บตัวอย่างและทดลองตัวอย่างคอนกรีต หมายถึง การเก็บตัวอย่างและทดลองค่ายุบตัว (Slump) และ/หรือการเก็บก้อนตัวอย่างและทดลองกำลังอัด (Compressive Strength) ของตัวอย่างคอนกรีต ให้กับหน่วยงาน
2.การบริการเก็บตัวอย่างและทดลองตัวอย่างคอนกรีตเป็นข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย โดยผู้ซื้อต้องแจ้งให้ผู้ขายทราบล่วงหน้า
3.บริษัทของสงวนสิทธิ์ในการเรียกเก็บ ค่าบริการการเก็บตัวอย่างและทดลองตัวอย่างคอนกรีต ตามอัตราและเงื่อนไขที่บริษัทกำหนด
4.วิธีการเก็บตัวอย่างและการทดลองตัวอย่างคอนกรีตให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM หรือ BS-EN และการประเมินผลตาม มาตรฐาน ACI หรือ BS-EN หรือ ว.ส.ท.1014

ลงชื่อ
ชานน ศิลาหลัก
ผู้รับรองส่วนผสม
10/07/2026

CPAC : F-03-006 REV.08/ JUL 11 Ref. W-03-002
ระยะเวลาการเก็บไม่น้อยกว่า 5 ปี ผู้ปรับปรุง วันเพ็ญ จ.

- Low Heat Concrete
- Insulation

Thermal Analysis of Pile Cap



Construction & Maintenance
Technology Research Center



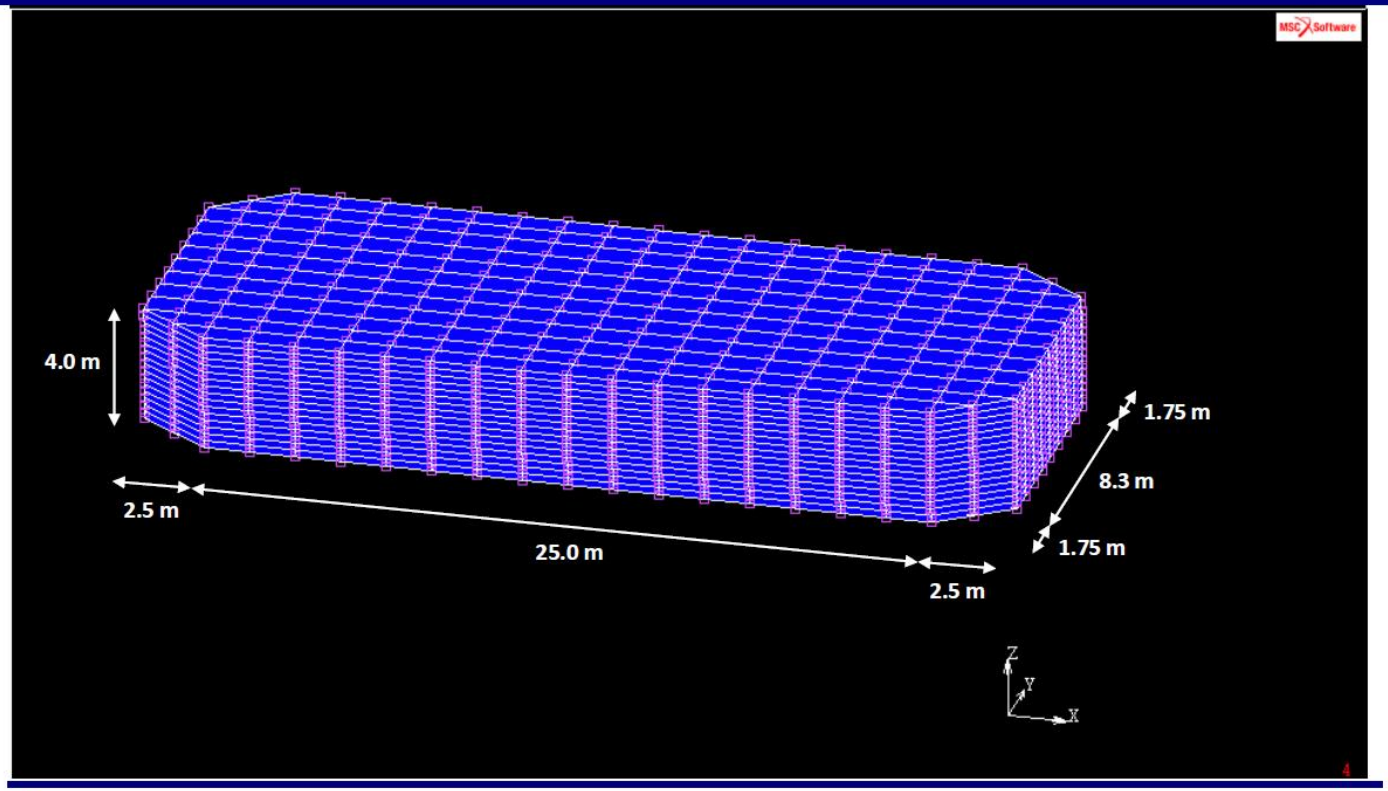
Thermal Analysis of Pile cap

By

Construction & Maintenance Technology Research Center
Sirindhorn International Institute of Technology
Thammasat University

Thermal Analysis of Pile Cap

Finite Element Mesh



Thermal Analysis of Pile Cap

Concrete Mix Proportions

Binder content (kg/m³)	Fly ash Replacement ratio	w/b	OPC Type I (kg/m³)	Mae Moh Fly Ash (kg/m³)	Water (kg/m³)	River Sand (kg/m³)	Crushed Basalt (kg/m³)
440	0.50	0.38	220	220	165	850	1000
384	0.50	0.43	192	192	165	800	1075

Assumptions

Formwork: 4-mm steel

Insulation: 2-inch polystyrene foam (top and sides) for **21 days**

Initial temperature: **35°C** and **32°C**

Ambient temperature: **32°C**

Analysis

Points of analysis:

- Center (top, mid-depth, bottom)
- Rim (top, mid-depth, bottom)

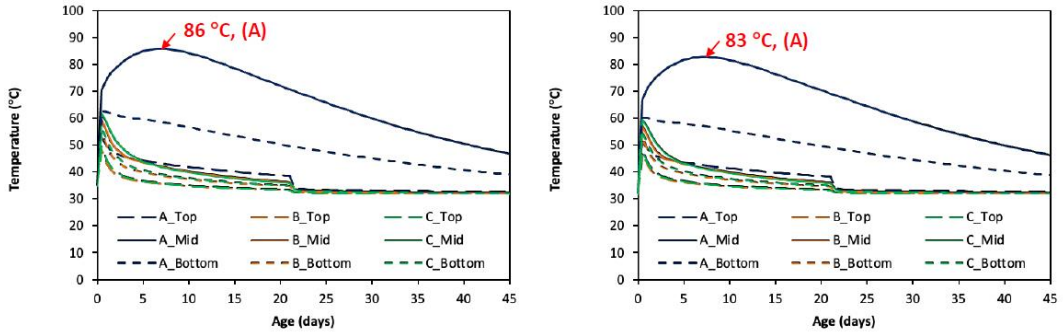
Results:

- Maximum temperature
- Maximum restrained strain (in comparison with Tensile Strain Capacity)
- if Max. restrained strain > TSC, cracks will occur

Thermal Analysis of Pile Cap

Results of Analysis - - Max. Temperature

binder content = 440 kg/m^3



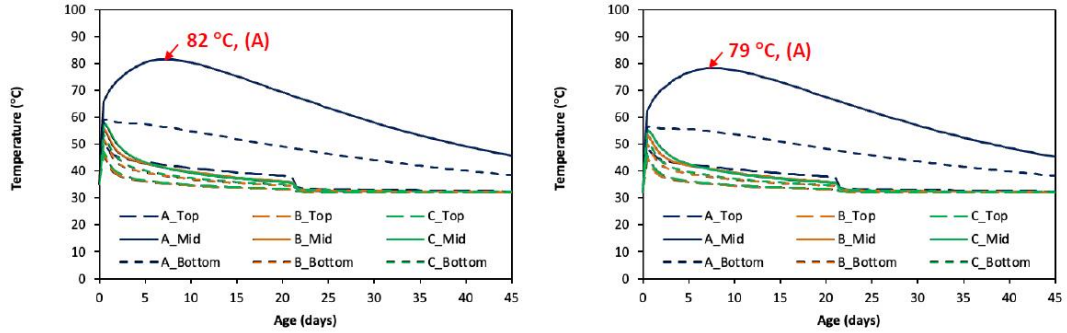
FA = 50%, T_i = 35°C

FA = 50%, T_i = 32°C

	T_i = 35°C	T_i = 32°C
Max. temperature (°C), A	86	83

Results of Analysis - - Max. Temperature

binder content = 384 kg/m^3



FA = 50%, T_i = 35°C

FA = 50%, T_i = 32°C

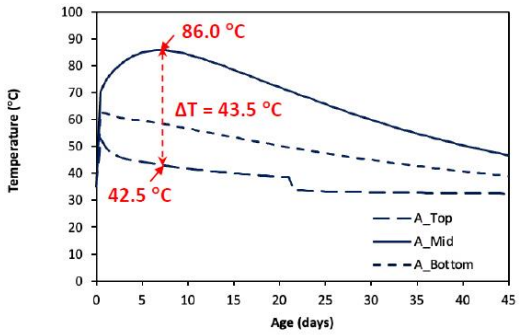
	T_i = 35°C	T_i = 32°C
Max. temperature (°C), A	82	79

ผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิสูงสุด หลังการเทคอนกรีต โดยวิธี FEM

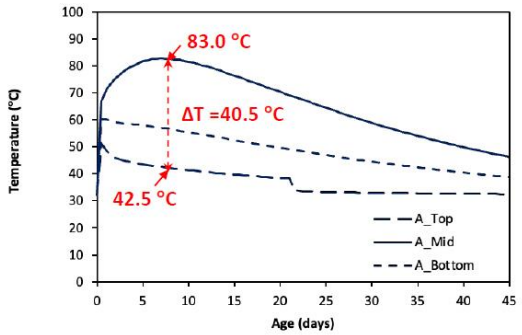
Thermal Analysis of Pile Cap

Results of Analysis - - Max. ΔT

binder content = 440 kg/m^3



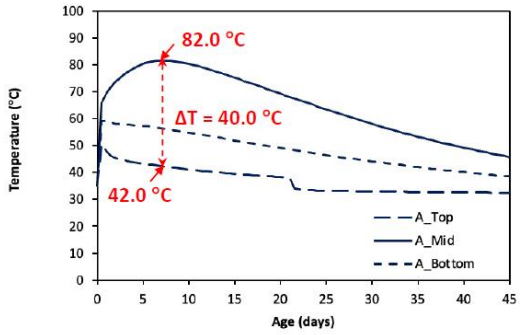
FA = 50%, T_i = 35°C



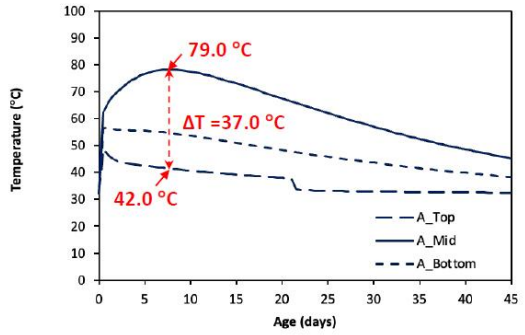
FA = 50%, T_i = 32°C

Results of Analysis - - Max. ΔT

binder content = 384 kg/m^3



FA = 50%, T_i = 35°C



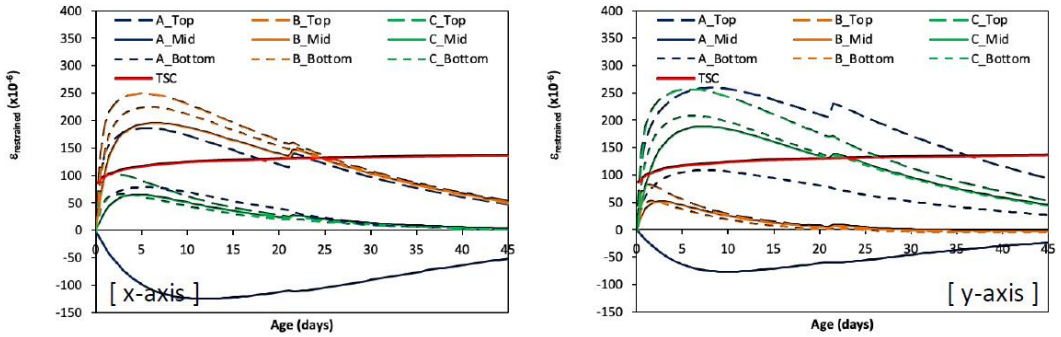
FA = 50%, T_i = 32°C

ผลการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิแตกต่างสูงสุด ที่แกนกลาง และที่ผิวคอนกรีต โดยวิธี FEM

Thermal Analysis of Pile Cap

Results of Analysis - - Max. Restrained Strain

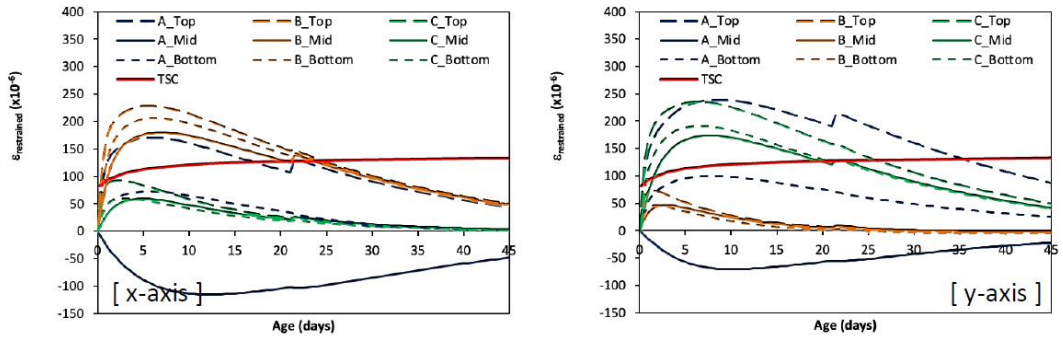
[TSC = Tensile Strain Capacity]



binder content = 440 kg/m^3, T_i = 35°C	X-axis			Y-axis		
Location	A	B	C	A	B	C
Max. restrained strain (x10^{-6}), [Top]	186	249	103	259	83	256
[Bottom]	79	224	66	108	52	208

Results of Analysis - - Max. Restrained Strain

[TSC = Tensile Strain Capacity]



binder content = 384 kg/m^3, T_i = 35°C	X-axis			Y-axis		
Location	A	B	C	A	B	C
Max. restrained strain (x10^{-6}), [Top]	171	228	92	239	74	235
[Bottom]	72	206	59	100	46	191

ผลการวิเคราะห์ค่า Max. Strain ในคอนกรีต โดยวิธี FEM

Thermal Analysis of Pile Cap

Summary

For the mix proportions with binder content of 440 and 384 kg/m^3 (fly ash = 50%)

		binder content = 440 kg/m^3		binder content = 384 kg/m^3	
		T_i = 35°C	T_i = 32°C	T_i = 35°C	T_i = 32°C
Max. temp (°C)		86	83	82	79
Max. restrained strain (micron)	X-axis	249	234	228	212
	Y-axis	259	245	239	224

Based on 0.2 mm allowable crack width consideration

	binder content = 440 kg/m^3		binder content = 384 kg/m^3	
	T_i = 35°C	T_i = 32°C	T_i = 35°C	T_i = 32°C
Top steel DB32@200mm (both x-axis and y-axis)	Not enough Suggesting **DB32@150mm** or equivalent (both x-axis and y-axis)			
Bottom steel DB32@150mm (2 layers) (both x-axis and y-axis)	ok			
Edge of pile cap DB20@200mm	Not enough Suggesting **DB20@175mm** or equivalent			

Thermal Analysis of Pile Cap

Recommendations

It is recommended to control the maximum temperature of concrete to be **< 85°C**.

From the analysis, the maximum temperature of concrete with **384 kg/m^3 binder content** (**50% fly ash**) is **≤ 85°C** at considered initial concrete temperatures (35°C and 32°C).

At potential crack locations, based on **0.2 mm allowable crack width**

Top steel is not sufficient. It is suggested to increase the steel reinforcement from DB32@200mm to **DB32@150mm or equivalent**.

Bottom steel is sufficient.

At the edge of the footing, it is suggested to increase the steel reinforcement from DB20@200mm to **DB20@175mm or equivalent**.

It is recommended to insulate the concrete with **2-inch polystyrene foam (top surface and sides)** for at least **21 days**.



กลุ่มงานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง