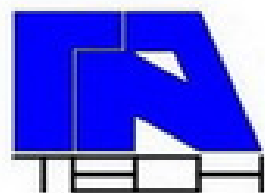


การตรวจสอบและ ประเมินปัญหาของโครงสร้าง

โดย

ชูเลิศ จิตเจื้อจุน

วย.2327



บริษัท ที.เอ.เทค จำกัด

www.tatech2006.com

tatech2006@gmail.com

www.facebook.com/tatech2006

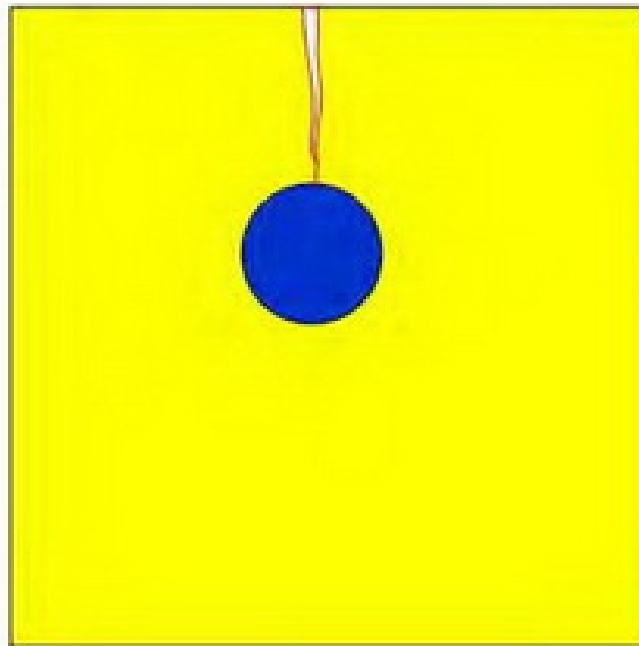
Hairline Crack

- ขนาด 0.004 นิ้ว (**0.1 mm.**) มีขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นผมมนุษย์ ความกว้างของรอยแตกเกือบจะสังเกตด้วยตาไม่ได้ถ้าไม่ทำให้คอนกรีตเปียกแล้วรอให้แห้งเสียก่อน

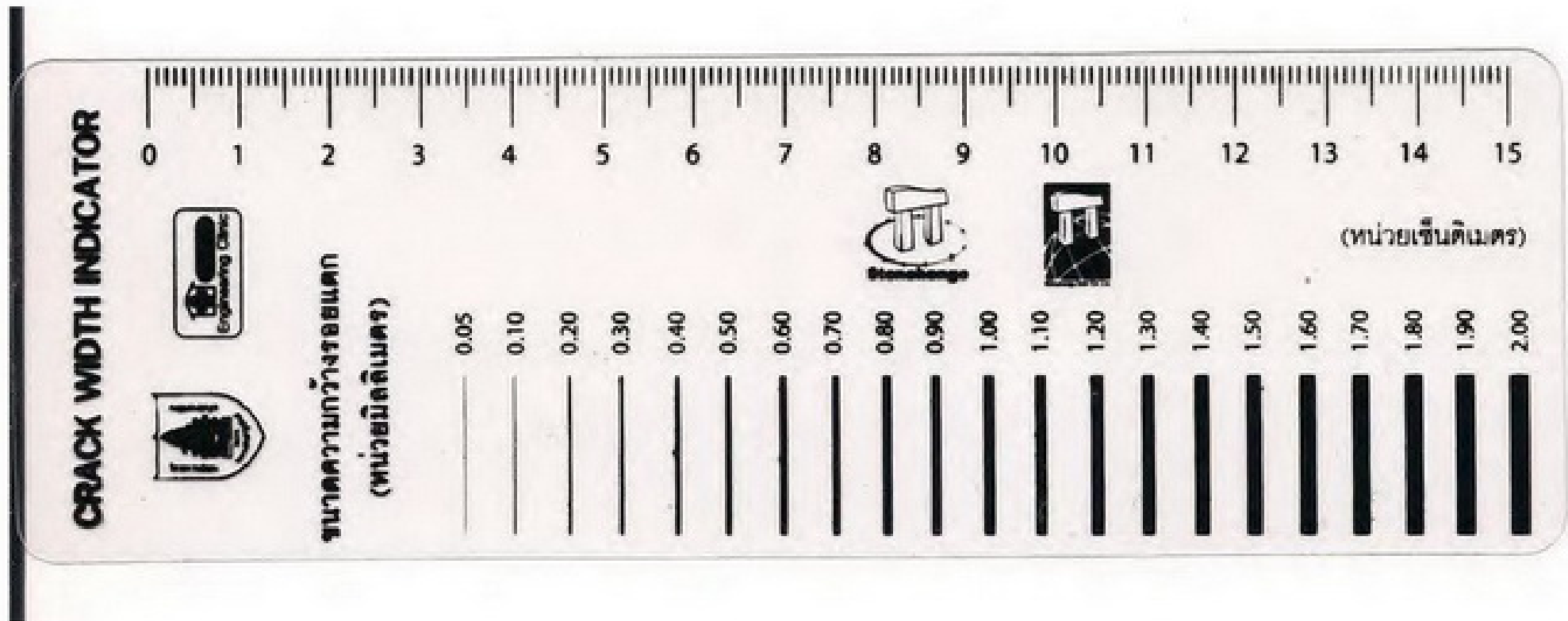
ACI 224R – 90 ได้แนะนำขนาดของความกว้างของรอยแตก/
รอยต่อ ที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดัง
แสดงในตารางต่อไปนี้

สภาวะที่คอนกรีตสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม	ความกว้างของรอยแตกที่ยอมให้เกิดขึ้นได้	
	(นิ้ว)	(มม.)
อากาศแห้ง, มีการหุ้มป้องกัน	0.016	0.41
อากาศชื้น, ในดิน	0.012	0.30
สัมผัสกับสารเคมีสำหรับละลายน้ำแข็ง	0.007	0.18
น้ำทะเล, ละอองน้ำทะเล, เปียกสลับแห้ง	0.006	0.15
โครงสร้างเก็บกักน้ำ*	0.004	0.10

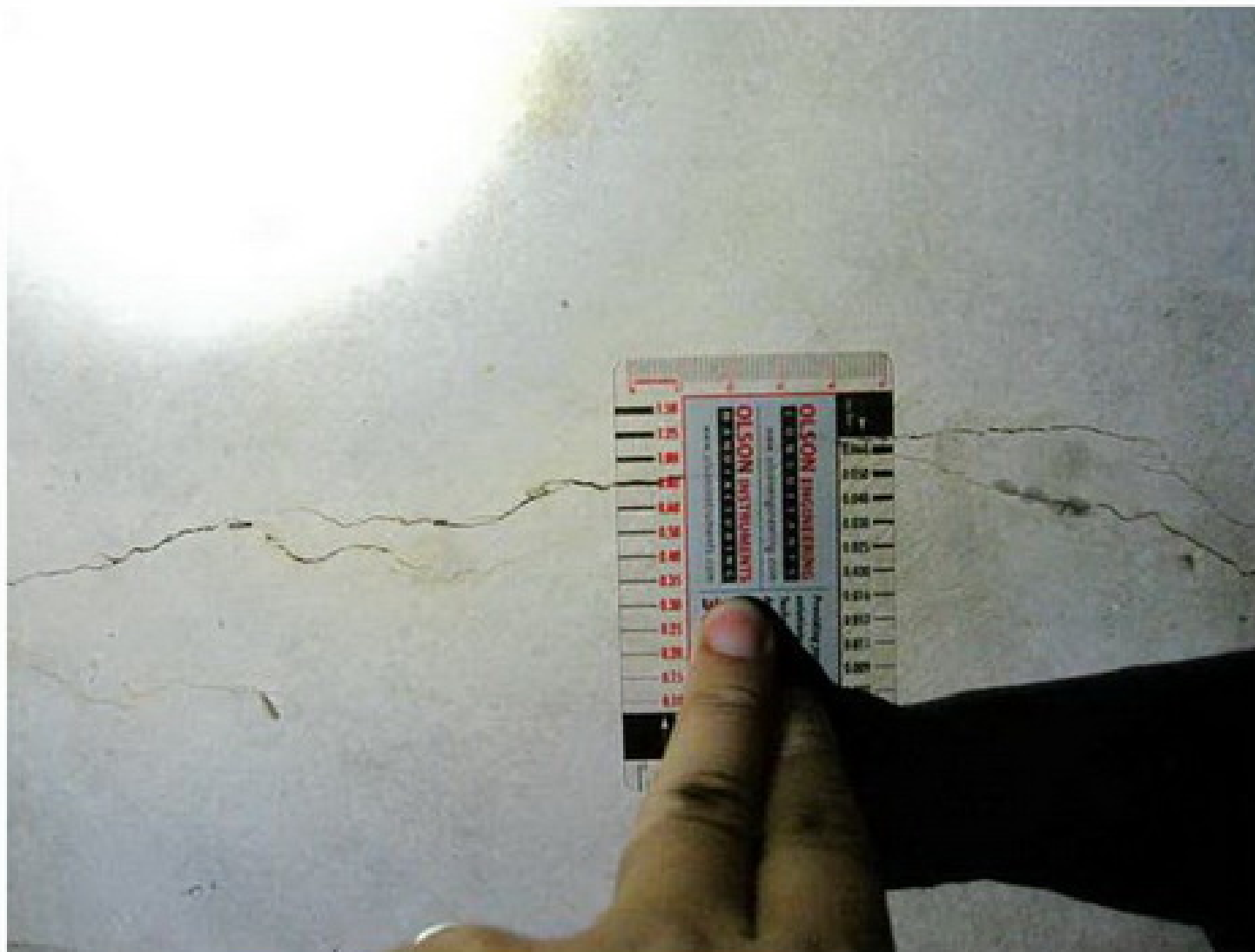
ธรรมชาติของรอยแตกร้าจะกว้างที่สุดที่ผิวของคอนกรีต



Crack Width Indicator



การวัดความกว้างของรอยแตกร้าวด้วย Crack Width Meter



เครื่องมือวัดความกว้างของรอยแตกร้าว





T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

การสำรวจการแอ่นตัวและแนวตั้งของโครงสร้าง

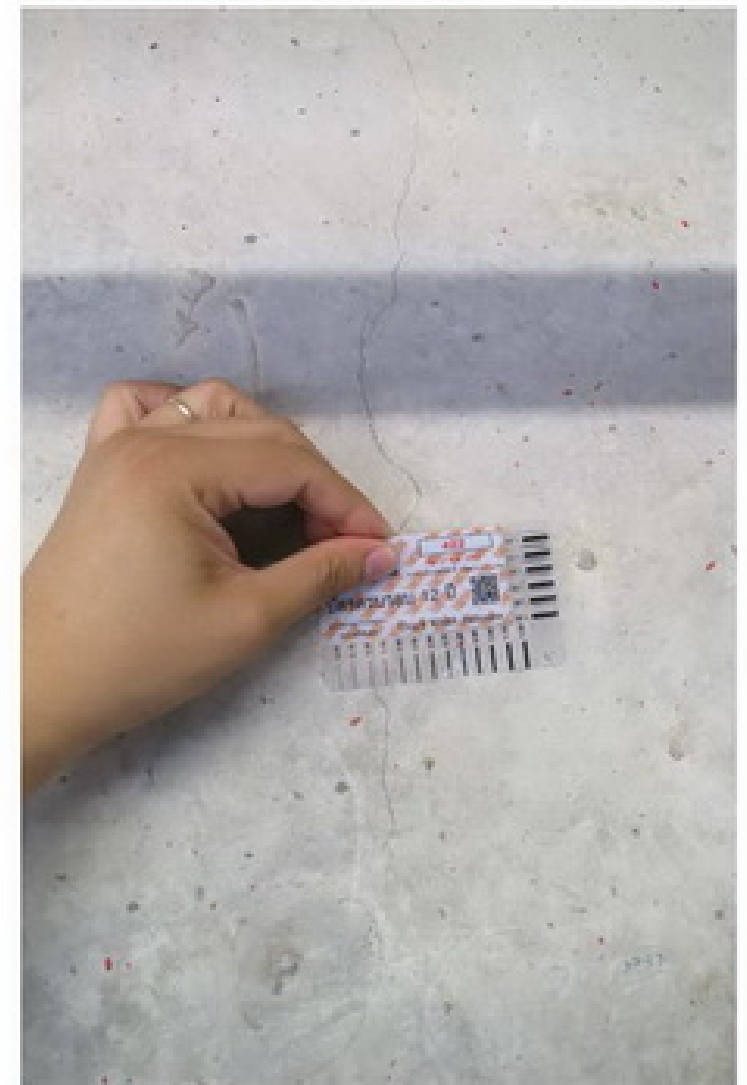


ผลการสำรวจการแอ่นตัวของโครงสร้าง คานและพื้น รับพื้นที่ชั้นที่ 2 Grid Line 14-15 / A-B

ตำแหน่งตรวจวัด	ชนิดโครงสร้าง	ค่าการแอ่นตัว (Actual Deflection, cm)	ค่าการแอ่นตัวที่อนุญาต (Allowable Deflection, cm)	ความเสียหาย	หมายเหตุ
A1 ↔ A2 ↔ A3	คาน	- 1.2	2.22	เสียปานกลาง	OK
B1 ↔ B2 ↔ B3	คาน	-0.5	2.22	เสียปานกลาง	OK
C1 ↔ C2 ↔ C3	คาน	- 0.3	2.22	เสียปานกลาง	OK
D1 ↔ D2 ↔ D3	คาน	- 1.2	2.22	เสียปานกลาง	OK
E1 ↔ E2 ↔ E3	พื้น	- 1.1	2.22	เสียปานกลาง	OK

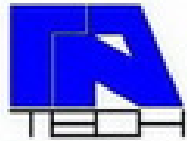
ผลการสำรวจการแอ่นตัวของโครงสร้าง คานและพื้น รับพื้นที่ชั้นที่ 2 Grid Line 10-11 / D-F

ตำแหน่งตรวจวัด	ชนิดโครงสร้าง	ค่าการแอ่นตัว (Actual Deflection, cm)	ค่าการแอ่นตัวที่อนุญาต (Allowable Deflection, cm)	ความเสียหาย	หมายเหตุ
A1 ↔ A2 ↔ A3	คาน	-0.5	2.22	เสียพียงเล็กน้อย	OK
B1 ↔ B2 ↔ B3	คาน	-1.9	2.22	เสียพียงเล็กน้อย	OK
C1 ↔ C2 ↔ C3	คาน	- 2.5	2.22	เสียพียงเล็กน้อย	No.k
D1 ↔ D2 ↔ D3	คาน	- 1.7	2.22	เสียพียงเล็กน้อย	OK
E1 ↔ E2 ↔ E3	พื้น	- 1.7	2.22	ไม่เสียหาย	OK









T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบความแข็งแรงของคอนกรีต

โดยวิธี Coring Sampling Test



การเจาะเก็บแท่งตัวอย่างคอนกรีตเสา



ตัวอย่างแท่งคอนกรีตภายหลังจากการเจาะเก็บแล้วเสร็จ



ขนาดของแท่งตัวอย่าง

- ในการเจาะเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตหน้างาน ตามมาตรฐาน **ASTM C42** จะกำหนดให้ใช้ขนาดของแท่งตัวอย่างไม่ต่ำกว่า **3.75 นิ้ว** ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงที่สุด
- ตามมาตรฐาน **ACI 437** กำหนดให้ใช้ขนาดของแท่งตัวอย่างไม่ต่ำกว่า **2.0 นิ้ว**
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งคอนกรีต ควรไม่ต่ำกว่า **3** เท่าของขนาดของมวลหยาบ โดยขนาดน้อยสุดไม่ควรต่ำกว่า **2** เท่าของขนาดมวลหยาบ
- แท่งคอนกรีตขนาดเล็กกว่า มีแนวโน้มให้ค่ากำลังอัดที่สูงมากกว่าแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่
- ความยาวของแท่ง : แท่งที่ถูกทดสอบสำหรับคุณสมบัติด้านกำลังควรมีความยาว **2** เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางขึ้นไป หรือน้อยที่สุด **1** เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง

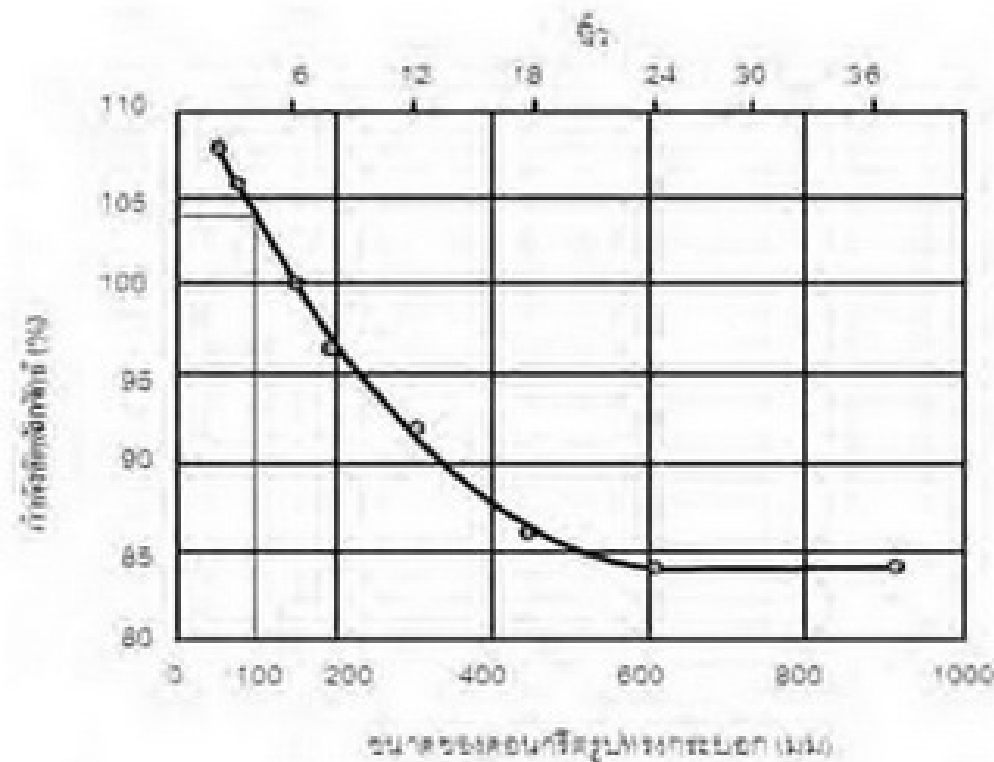
การกดแท่งตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบหาค่ากำลังอัดประลัย



แท่งตัวอย่างที่ถูกกดทดสอบ

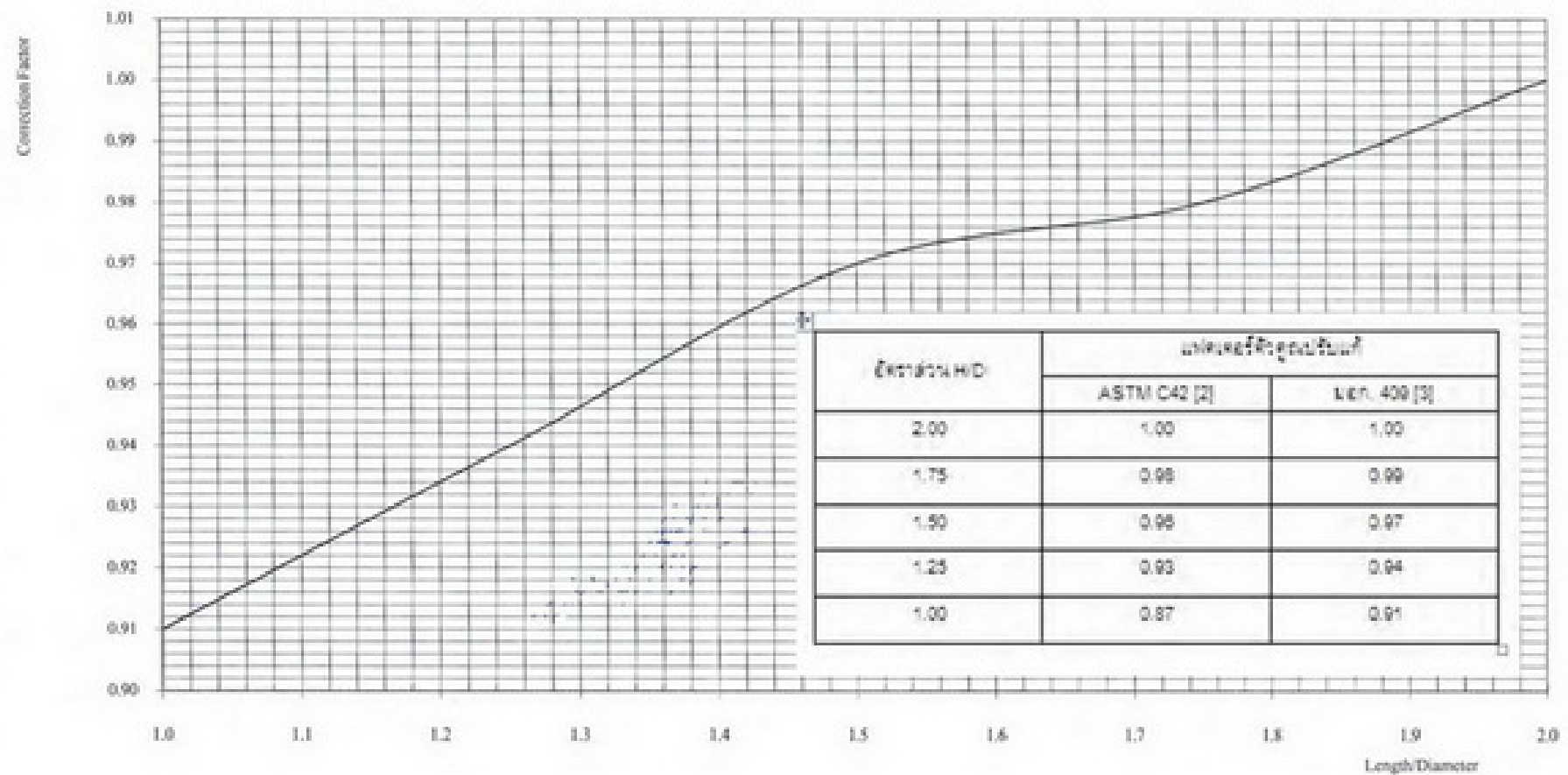


ขนาดของตัวอย่างที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต



เนื่องจากตัวอย่างคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีจุดอ่อนมากกว่า จุดอ่อนดังกล่าวได้แก่โพรงอากาศ รอยร้าวภายในเนื้อซีเมนต์เพสต์ที่เกิดจากการหดตัว หรือจุดอ่อนที่ผิวสัมผัสระหว่างมวลรวมหยาบและซีเมนต์เพสต์ ดังนั้นตัวอย่างคอนกรีตที่ทดสอบจากลูกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5, 10, 15, หรือ 20 ซม. จึงให้ค่าที่แตกต่างกันโดยตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าจะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่า

กราฟค่าปรับแก้ค่าดึงเส้นตรง อัตราของแรงดึงทดสอบหาร ระยะรอยแตกร้าวที่เล็กกว่าความสูงเนื้อของ 2 เท่าของ เส้นผ่าศูนย์กลาง



What about taking cores from regions of tension versus compression?

Wet versus Dry Testing

ASTM C42 no longer requires cores to be placed in water for 40 hours and tested wet, they can be tested immediately.

ACI 318 States...

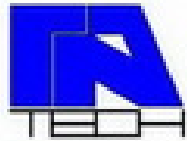
“dry cores may be 15 to 20% stronger than wet cores”

However, higher strength differences (up to 30%) have been reported.

Recommendations

Interior Concrete – Test dry in “as is” condition

Exterior Concrete – Test wet



T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบความแข็งแรงของคอนกรีต

โดยวิธี Rebound Hammer

Rebound Hammer Test (Schmidt's)



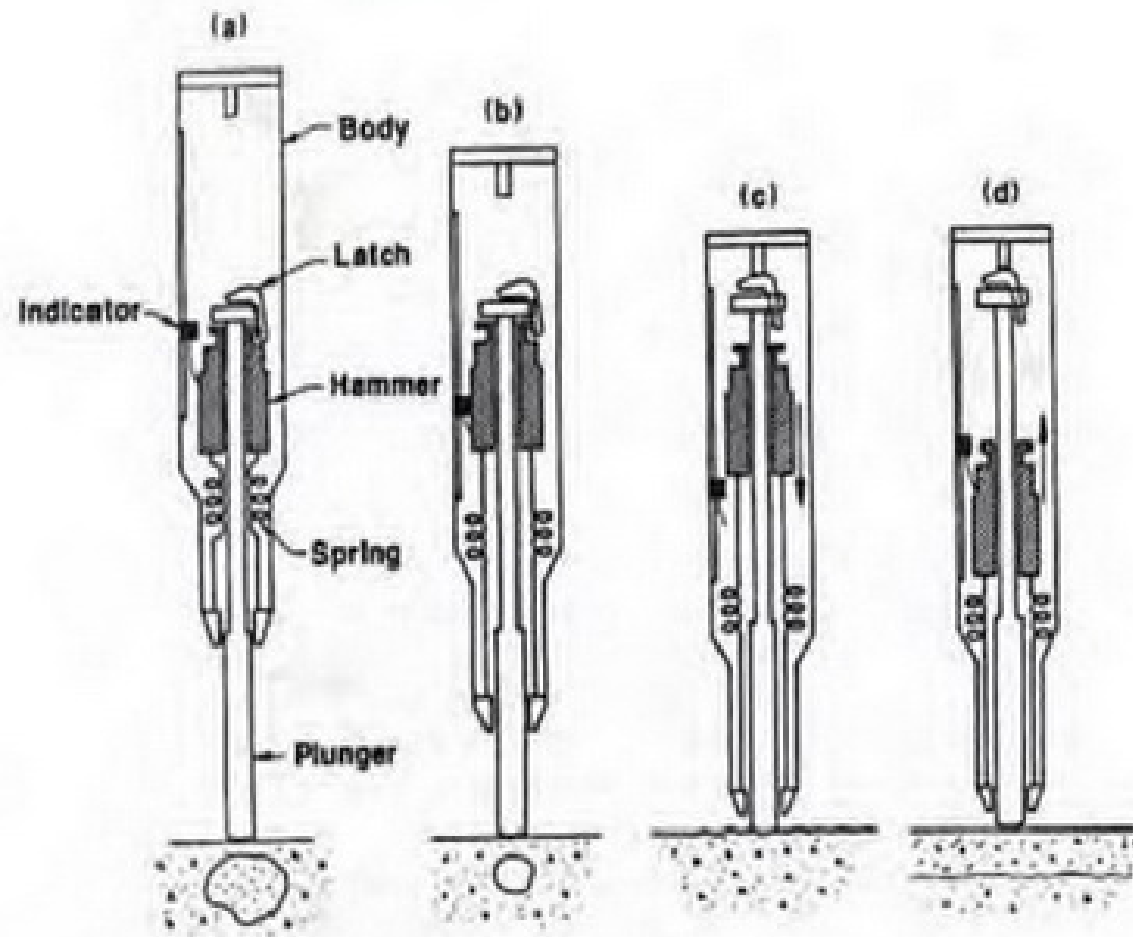


FIG. 1.0 A cutaway schematic view of the Schmidt rebound hammer.

Schmidt hammers are available from their original manufacturers in several different energy ranges. These include:

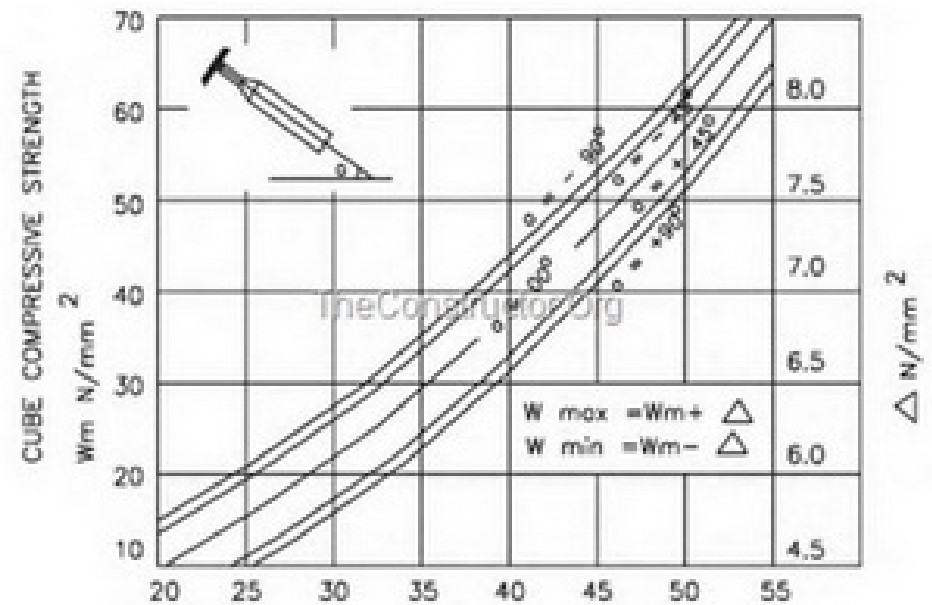
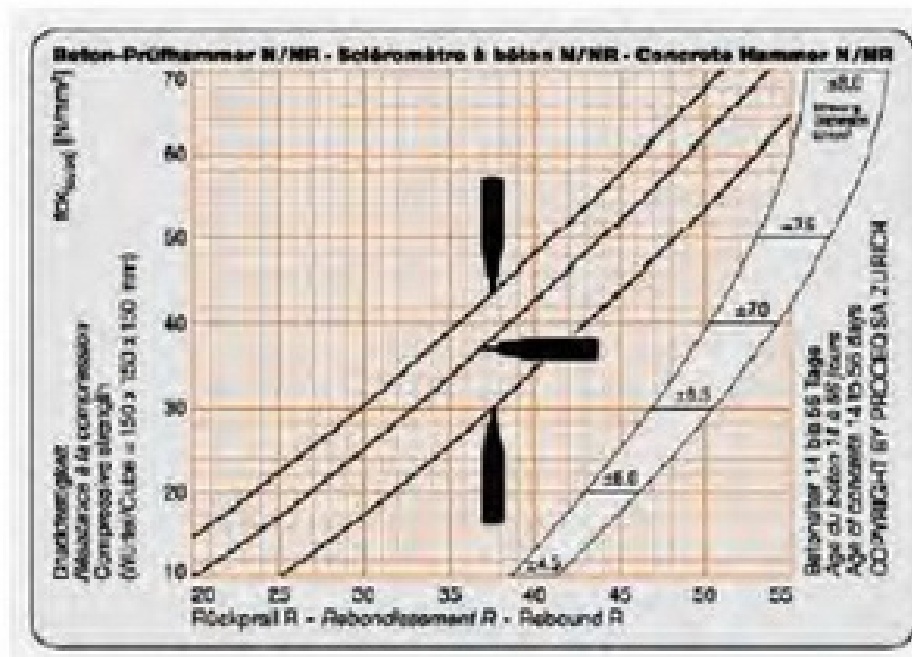
- (i) Type L-0.735 Nm impact energy
- (ii) Type N-2.207 Nm impact energy**
- (iii) Type M-29.43 Nm impact energy

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพคอนกรีตกับค่าดัชนีสะท้อนกลับ

Average Rebound	Quality of Concrete
>40	Very good
30 – 40	Good
20 – 30	Fair
<20	Poor and / or delaminated
0	Very poor and/or delaminated

<http://theconstructor.org/concrete/rebound-hammer-test/2837/>

ภาพแสดง Rebound Number Conversion Chart



การเจียรแต่งผิวคอนกรีตให้เรียบก่อนทำการทดสอบ



ทำการทดสอบ Rebound Hammer



ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบ และข้อควรระวัง

- **ลักษณะของผิวคอนกรีต** มีผลต่อการสะท้อนของคอนกรีต จึงกระทบโดยตรงต่อผลการทดสอบคอนกรีต กรณีผิวคอนกรีตขรุขระมากค่าการสะท้อนที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง
- **ขนาดของโครงสร้างที่ทดสอบ** โครงสร้างที่ตรวจสอบมีขนาดเล็ก อาจเกิดการเคลื่อนที่ของโครงสร้างระหว่างการกระทบ จะทำให้ค่าการสะท้อนที่วัดได้นั้นมีค่าน้อยลงกว่าความเป็นจริง
- **ไม่เหมาะสำหรับการวัดคอนกรีตที่มีอายุน้อยมาก ๆ** ซึ่งยังไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ นอกจากนี้ยังไม่เหมาะกับการตรวจสอบโครงสร้างที่มีอายุมากๆ

อ้างอิง : มยผ. 1502-51 มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบ ไม่ทำลาย

TUMCIVIL.COM

ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบ และข้อควรระวัง

- **ประเภทของมวลรวม และปูนซีเมนต์** เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทดสอบโครงสร้างคอนกรีตด้วยค้อนกระแทก โดยทั่วไปแล้วค่าการสะท้อนของคอนกรีตที่มีมวลรวมเป็นหินปูน จะมีค่าน้อยกว่าค่าการสะท้อนของคอนกรีตที่มีมวลรวมเป็นหินแม่น้ำซึ่งมีค่ากำลังอัดประลัยเท่ากัน นอกจากนี้การใช้หินชนิดเดียวกันจากคนละแหล่งอาจส่งผลให้ค่าการสะท้อนของคอนกรีตที่มีค่ากำลังอัดเท่ากันมีค่าแตกต่างกันได้
- **ประเภทของปูนซีเมนต์ที่ใช้** อาจส่งผลต่อค่าการสะท้อนที่วัดได้ โดยปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณอลูมินาสูงนั้น อาจมีกำลังอัดที่แท้จริงมากกว่าค่าที่แปรผลจากการกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและค่าการสะท้อน ที่ได้จากการทดสอบคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

อ้างอิง : มยผ. 1502-51 มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีต
เสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบ ไม่ทำลาย

TUMCIVIL.COM

ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบ และข้อควรระวัง

- การเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นในคอนกรีตมีผลกระทบต่อดำรงการสะท้อนอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงสร้างที่อยู่ในเขตการจราจรหนาแน่นและมีอายุการใช้งานมานาน อาจมีความลึกของชั้นที่เกิดคาร์บอนเนชั่นในคอนกรีตไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร ค่าการสะท้อนที่ได้นั้น อาจจะมีค่ามากเกินไปจริงได้ถึงร้อยละ 50 ซึ่งต้องมีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและค่าการสะท้อน สำหรับคอนกรีตที่มีคาร์บอนเนชั่นสูงเป็นการเฉพาะ

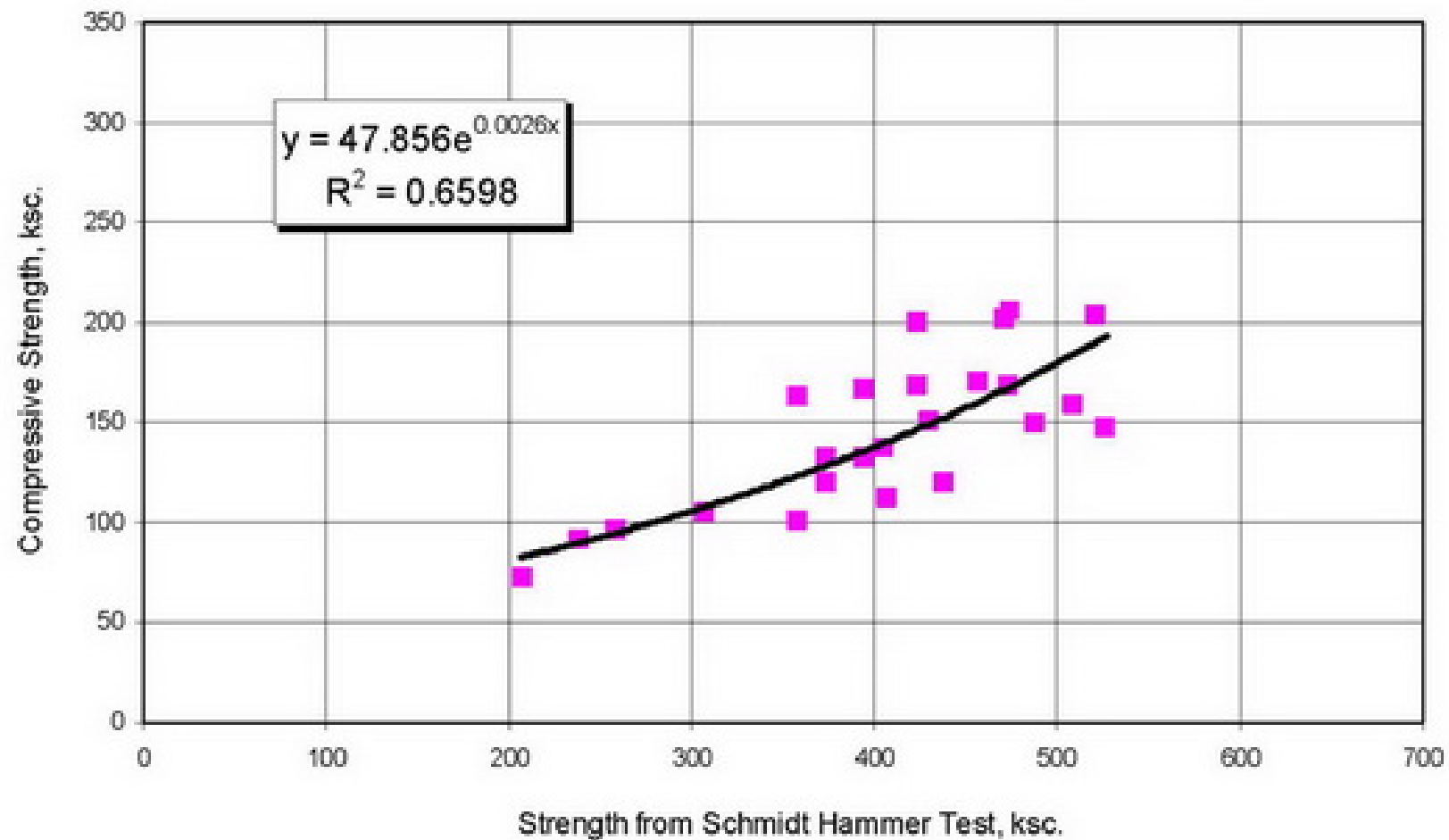
อ้างอิง : มยผ. 1502-51 มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการทดสอบแบบ ไม่ทำลาย

TUMCIVIL.COM

Coefficient Table of Carbonation Depth

Strength (MPa)	Carbonation Depth (mm)					
	1	2	3	4	5	>6
10-20	0.95	0.88	0.82	0.77	0.72	0.68
20-30	0.94	0.86	0.80	0.74	0.70	0.62
30-40	0.93	0.84	0.78	0.73	0.66	0.60
40-50	0.92	0.82	0.76	0.72	0.65	0.60
50-60	0.91	0.80	0.74	0.71	0.64	0.60

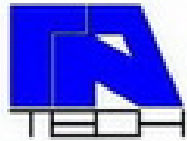
CALIBRATION GRAPH OF CONCRETE HAMMER TEST



Calibration

ทุก ๆ 3,000 – 4,000 ครั้ง



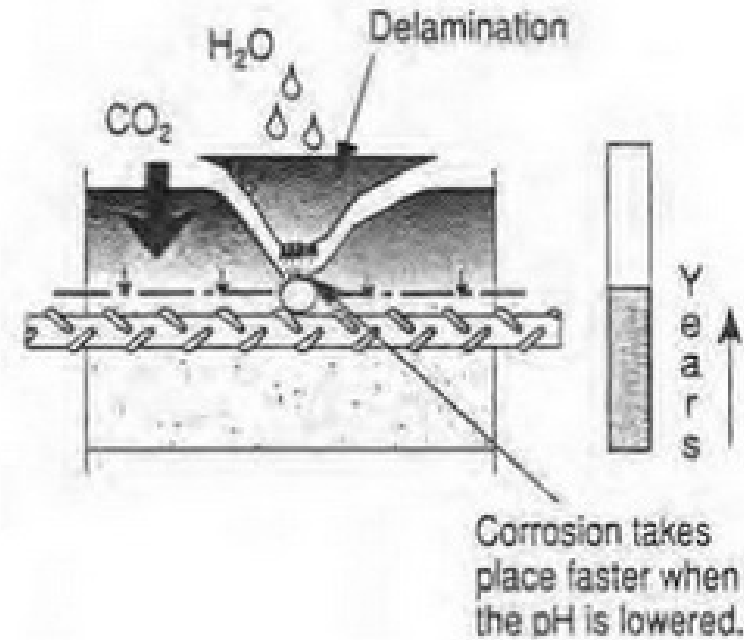
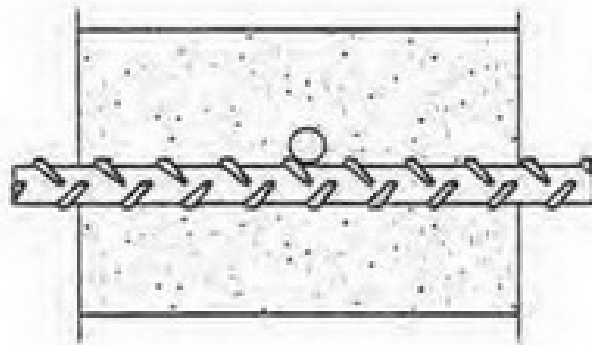


T.A.TECH Co., Ltd.

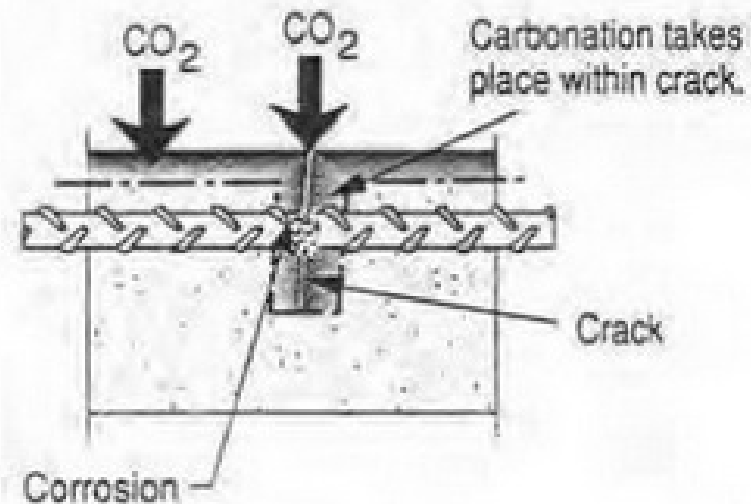
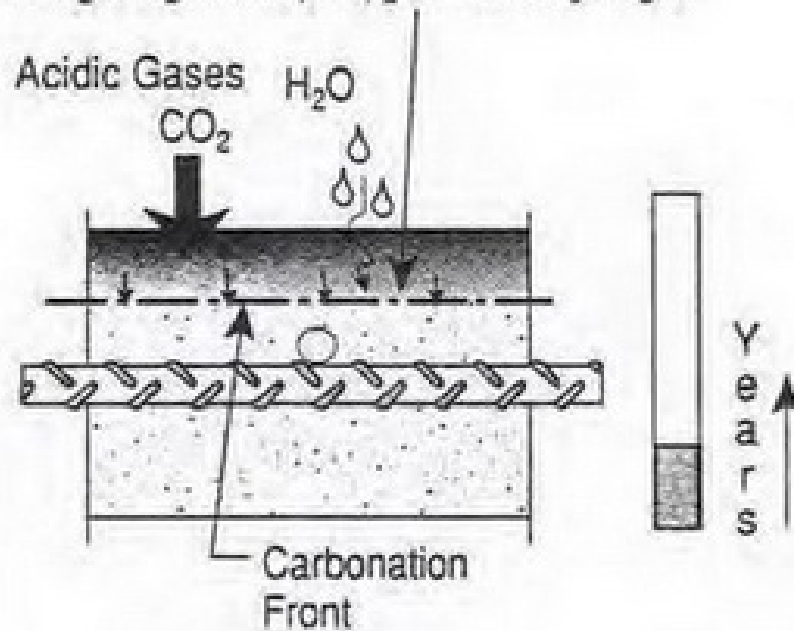
www.tatech2006.com

งานตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีต

โดยวิธี Carbonation Test



pH is lowered by the reaction ...
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$



ปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น

- ปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น คือ ปฏิกิริยาที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศทำปฏิกิริยากับสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) และ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) ในคอนกรีต และให้สารแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นผลิตภัณฑ์ โดยมีน้ำร่วมทำปฏิกิริยา ดังสมการต่อไปนี้



ปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่น

- โดยทั่วไปแล้วคอนกรีตที่ดีจะมีค่าความเป็นด่าง (หรือค่า pH) ประมาณ 12 ถึง 13 ซึ่งสภาพความเป็นด่างสูงนี้จะป้องกันไม่ให้เหล็กเสริมในคอนกรีตเกิดสนิม เหล็กเสริมมีความเสี่ยงที่จะเกิดสนิมได้หากค่าความเป็นด่างของคอนกรีตลดลงหรือค่าความเป็นด่างของคอนกรีตอยู่ในต่ำระดับวิกฤติ คือ ค่า pH ต่ำกว่า 9 ถึง 10 โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากสภาพแวดล้อมมีปริมาณน้ำและออกซิเจนเพียงพอ

Phenolphthalein ([pH indicator](#))

below pH 8.2

colorless



above pH 10.0

[fuchsia](#)



Rainbow Spray สำหรับทดสอบค่า pH



มีการแทรกซึมน้อย

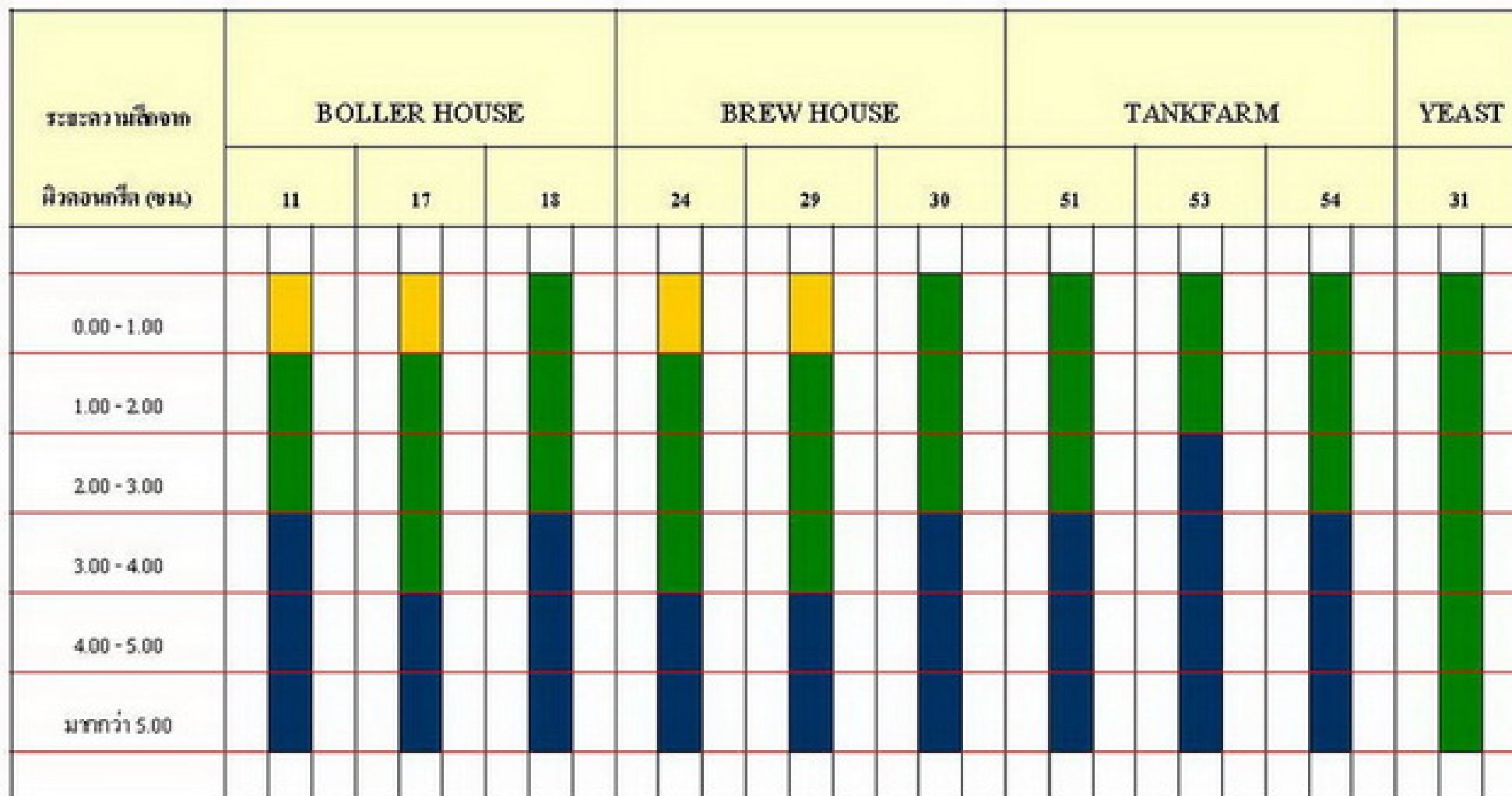


มีการแทรกซึมมาก



ทดสอบ Carbonation ในรูปเจาะ





Colour:



pH:

5

7

9

11

13

การประเมินอายุการใช้งานที่เหลือของอาคาร

- ในทางวิศวกรรมนั้น เพื่อให้สามารถทำงานได้และทำให้การวิเคราะห์ลดความยุ่งยากลง จึงได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์บางอย่างขึ้นมา โดยตัดตัวแปรต่าง ๆ ออกไม่นำมาพิจารณา รวมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการประเมินอายุการใช้งานที่เหลือของอาคารได้ ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ “การประเมินอายุการใช้งานที่เหลือจากอัตราการเกิดคาร์บอนเนชั่นในคอนกรีต” โดยอาศัยหลักการที่ว่า “เมื่อเกิดคาร์บอนเนชั่นในคอนกรีตแล้ว ความลึกของการเกิดจะต่อเนื่องและแปรผันกับรากที่สองของเวลาที่ปล่อยให้คอนกรีตสัมผัสกับอากาศ” ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นที่เกิดขึ้นจะมีผลทำให้ความพรุนของคอนกรีตลดลง ซึ่งจะทำให้การแทรกซึมที่ระยะทางเท่าเดิมต้องใช้เวลามากขึ้นกว่าเดิม

เราสามารถคำนวณอายุการใช้งานของอาคารที่เหลือได้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$D = Kt^{0.5}$$

เมื่อ D = ระยะความลึกของการเกิดคาร์บอนเนชั่นในคอนกรีต (มม.)

K = ค่าสัมประสิทธิ์ของการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอนเนชั่นในคอนกรีต (มม./ปี^{0.5}) และ

t = ระยะเวลาที่คอนกรีตสัมผัสกับอากาศ (ปี)

การประเมินอายุการใช้งานที่เหลือของอาคาร

จากการตรวจสอบ สิ่งที่เราสามารถหาได้จากตัวแปรสมการก็คือ ระยะความลึกของการเกิดคาร์บอนในคอนกรีต (D) และ ระยะเวลาที่คอนกรีตสัมผัสกับอากาศ (t) ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่า K ได้จากสมการดังนี้

$$D = 30 \text{ mm.}$$

$$t = 60 \text{ ปี (อายุการใช้งานของอาคารที่ผ่านมา 60 ปี)}$$

$$\therefore K = 3.87 \text{ มม./ปี}^{0.5}$$

Carbonation Rate Coefficient

Concrete strength (Mpa)	Concrete constituents (kg/m ³)				Carbonation rate coefficient (mm/year ^{0.5})		
	OPC	Water	Fine aggregate	Coarse aggregate	Air exposed	Wet/submerged	Buried
15	250	175	870	1,154	9.27	3.87	5.71
25	290	174	834	1,151	6.88	3.14	4.59
32	330	165	790	1,185	5.21	2.54	3.68
40	400	180	725	1,134	3.30	1.73	2.48
50	450	180	688	1,122	0.91	0.52	0.74

Sources: Ho and Lewis (1987), Lagerblad (2005)

การประเมินอายุการใช้งานที่เหลือของอาคาร

$$\text{จากสูตร } D = Kt^{0.5}$$

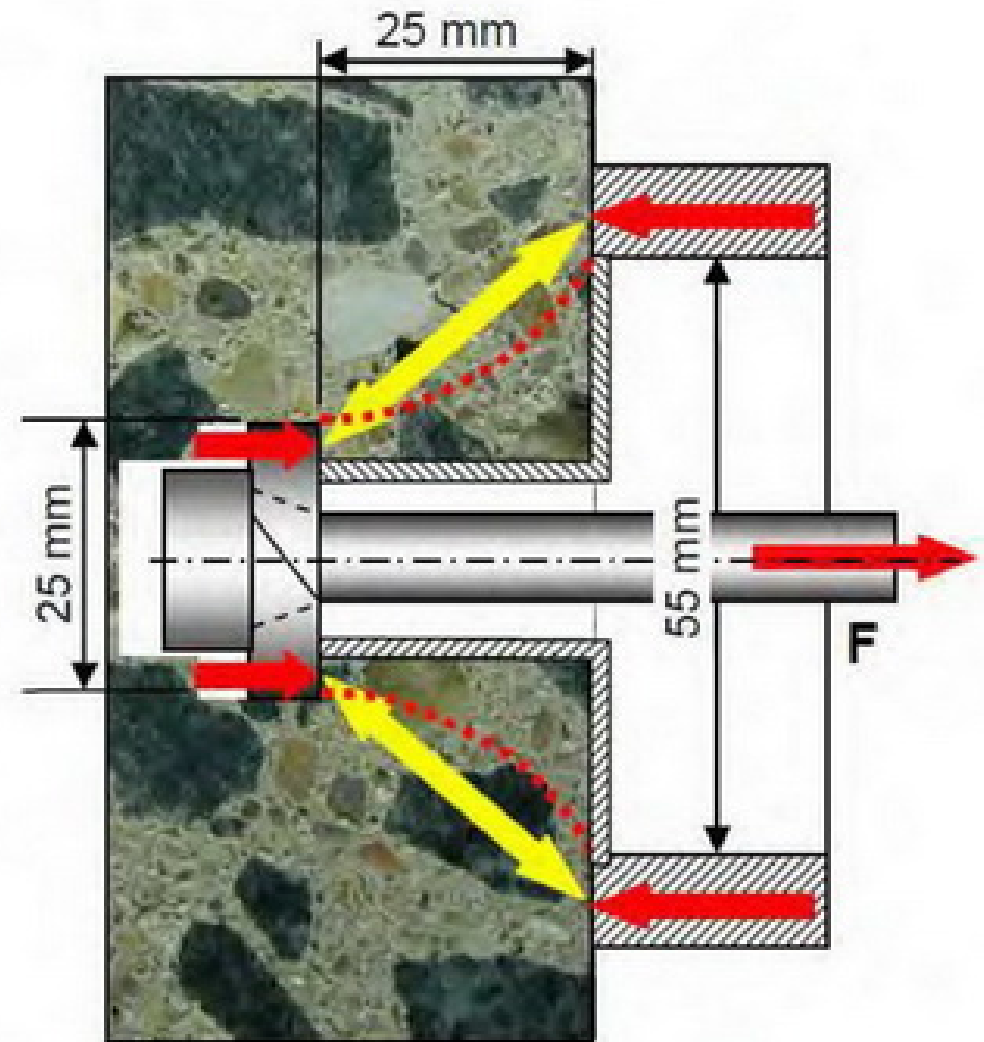
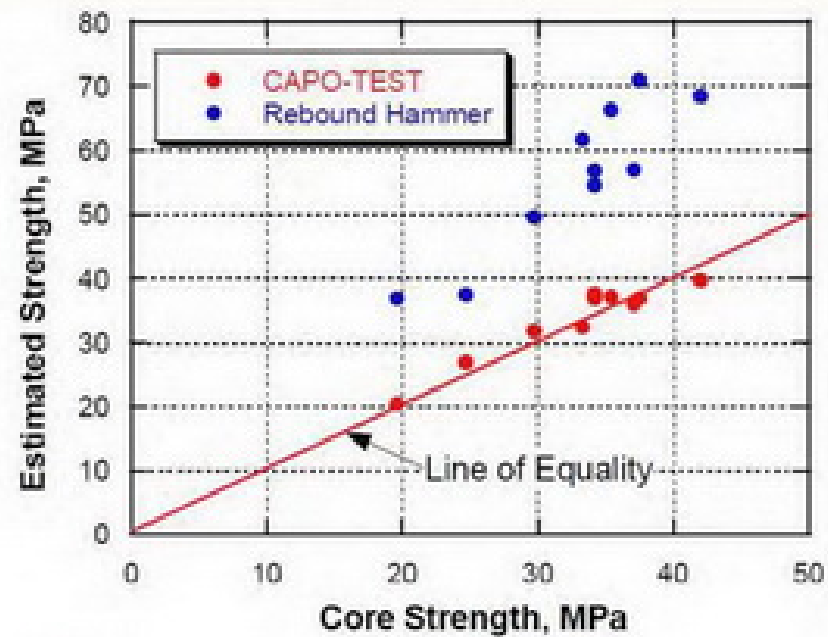
$$D = 45 \text{ mm. (ระยะหุ้มเหล็กเสริม)}$$

$$K = 3.87 \text{ มม./ปี}^{0.5} \text{ (จากผลวิเคราะห์ข้างต้น)}$$

$$t = 135 \text{ ปี}$$

∴ ลบด้วยระยะเวลาที่ผ่านมา 60 ปี จะได้อายุการใช้งานที่เหลือ = 75 ปี

CAPO Test

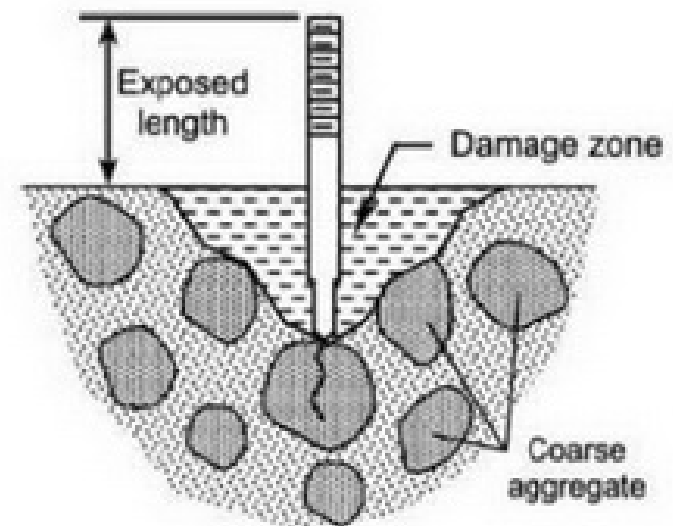
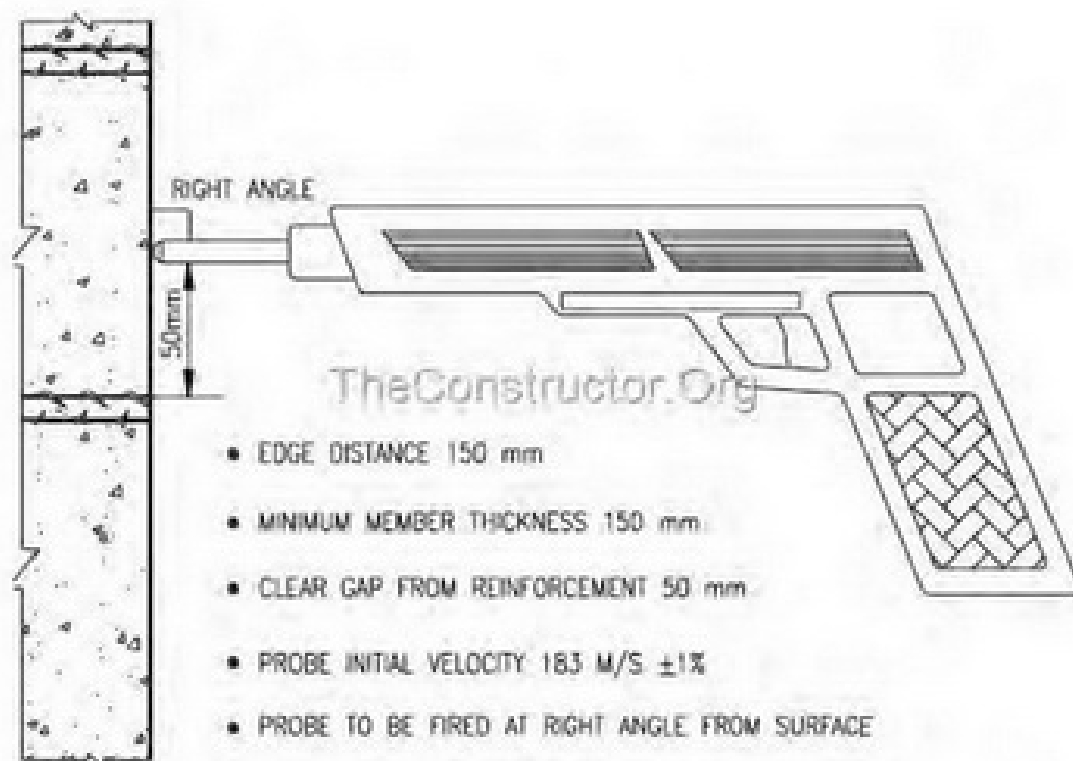


ตารางแสดงผลการทดสอบโดยวิธีไม่ทำลาย กับค่าแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีต

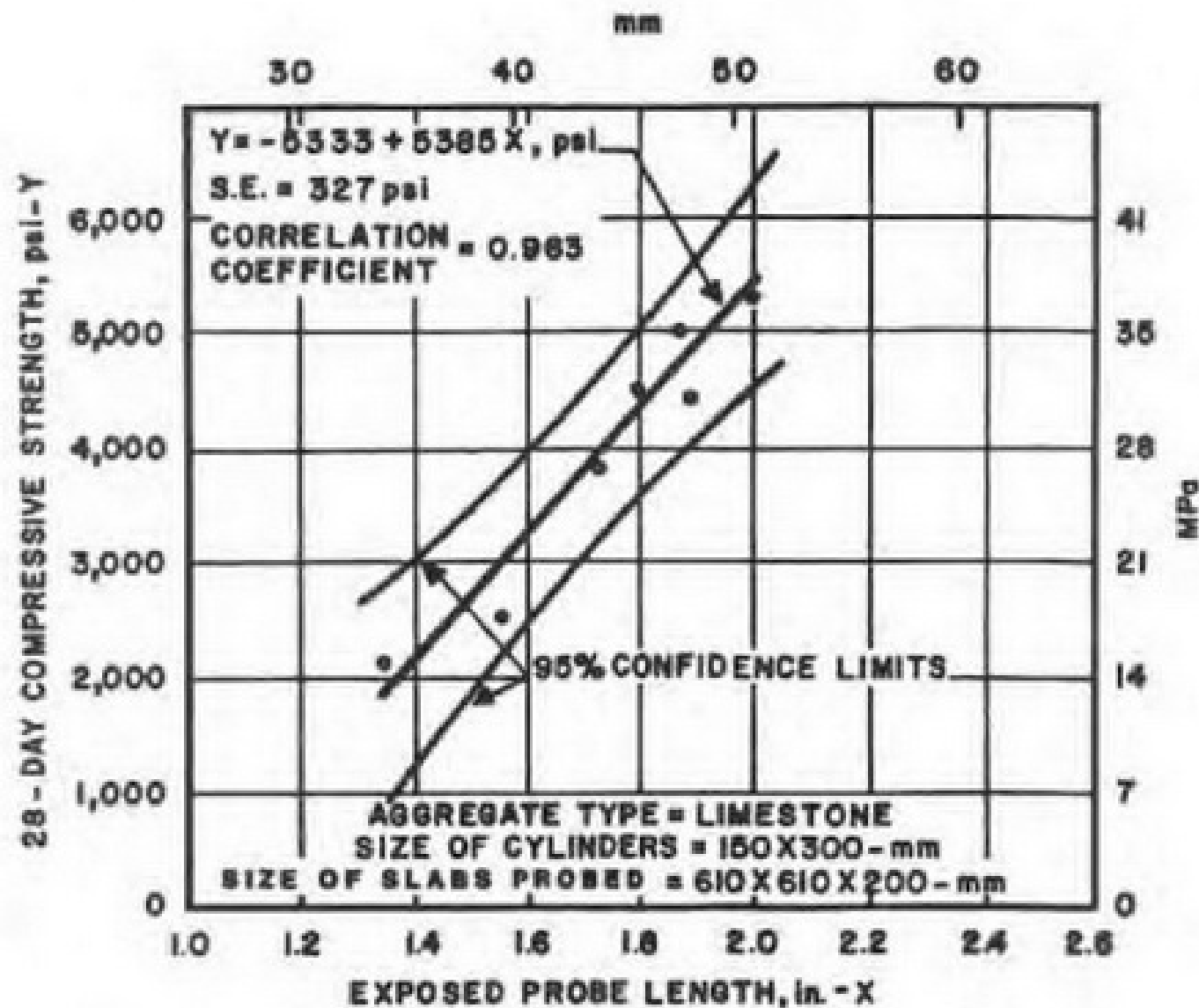
Bridge No .	<i>Cores tested in lab</i>	<i>Capo-Test on structure</i>		<i>Schmidt Hammer on structure</i>		<i>Schmidt Hammer on cores in lab</i>	
	MPa	MPa	Deviation	MPa	Deviation	MPa	Deviation
1	19.6	20.3	3.4%	36.9	88.3%	28.4	44.3%
2	24.7	26.9	8.9%	37.4	51.4%	28.4	15.0%
3	29.7	31.8	7.1%	49.5	66.7%	38.2	28.6%
4	34.2	36.8	10.5%	56.8	66.1%	43.1	26.0%
5	33.3	32.3	3.0%	61.6	85.0%	49.3	48.0%
6	34.2	37.6	9.0%	54.5	59.4%	36.5	6.7%
7	35.4	37.1	7.1%	66.3	87.3%	57.0	61.0%
8	37.1	35.9	3.2%	56.9	53.4%	46.1	24.3%
9	37.5	36.8	1.9%	70.9	89.1%	61.0	62.7%
10	42.0	39.7	5.5%	68.4	62.9%	57.4	36.7%
Average	32.8	33.5	6.0%	55.9	71.0%	44.5	35.3%

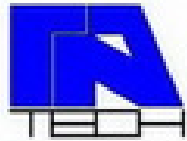
PENETRATION RESISTANCE OR WINDSOR PROBE TEST





Relationship between exposed probe length and 28 day compressive strength of concrete





T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีต

โดยวิธี Ultrasonic Pulse Velocity Test

แสดงเครื่องมือ PUNDIT สำหรับทดสอบ Ultrasonic Pulse Velocity Test



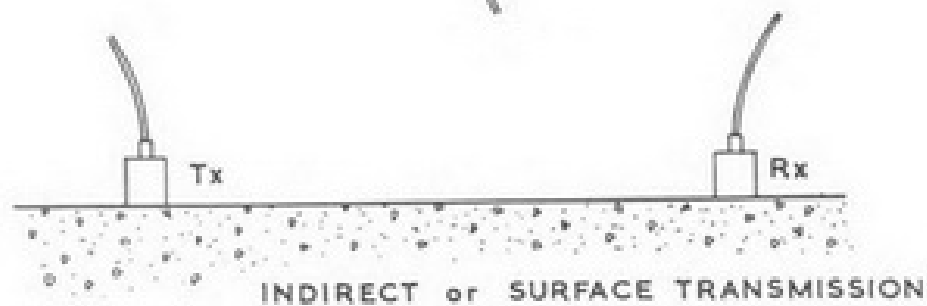
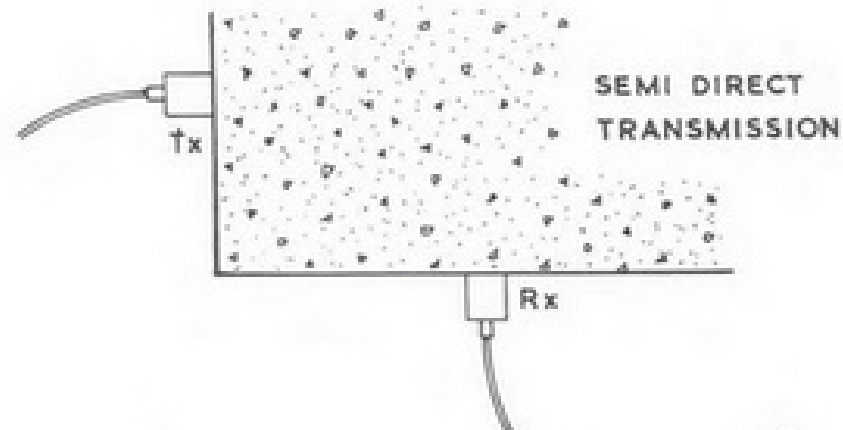
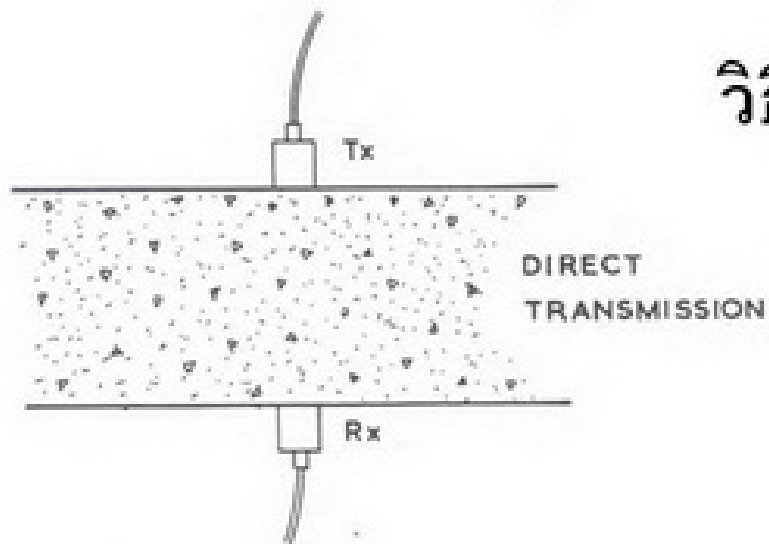
ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพคอนกรีตกับ ความเร็วคลื่นที่วิ่งผ่านคอนกรีต

Pulse velocity by cross probing (direct method)	Concrete Quality Grading
Above 4.5 km/s	Excellent
3.5 km/s to 4.5 km/s	Good
3.0 km/s to 3.5 km/s	Medium
Below 3.0 km/s	Doubtful

The IS code 13311 (Part 1) 1992 (Indian Standard Code of Practice)

UPV value in km/sec (V)	Concrete quality
V greater than 4.0	Very good
V between 3.5 and 4.0	Good, but may be porous
V between 3.0 and 3.5	Poor
V between 2.5 and 3.0	Very poor
V between 2.0 and 2.5	Very poor and low integrity
V Less than 2.0 and reading fluctuating	No integrity, large voids suspected

วิธีการที่ใช้ในการทดสอบ UPV



In general, it will be found that the pulse velocity determined by the indirect method of testing will be lower than that using the direct method. If it is possible to employ both methods of measurement then a relationship may be established between them and a correction factor derived. When it is not possible to use the direct method an approximate value for V_D may be obtained as follows:

$$V_D \approx 1.05V_I$$

where V_D is the pulse velocity obtained using the direct method

V_I is the pulse velocity obtained using the indirect method.

ภาพแสดงการทดสอบโครงสร้างเสาด้วย Ultrasonic Pulse Velocity Test (Direct Method)

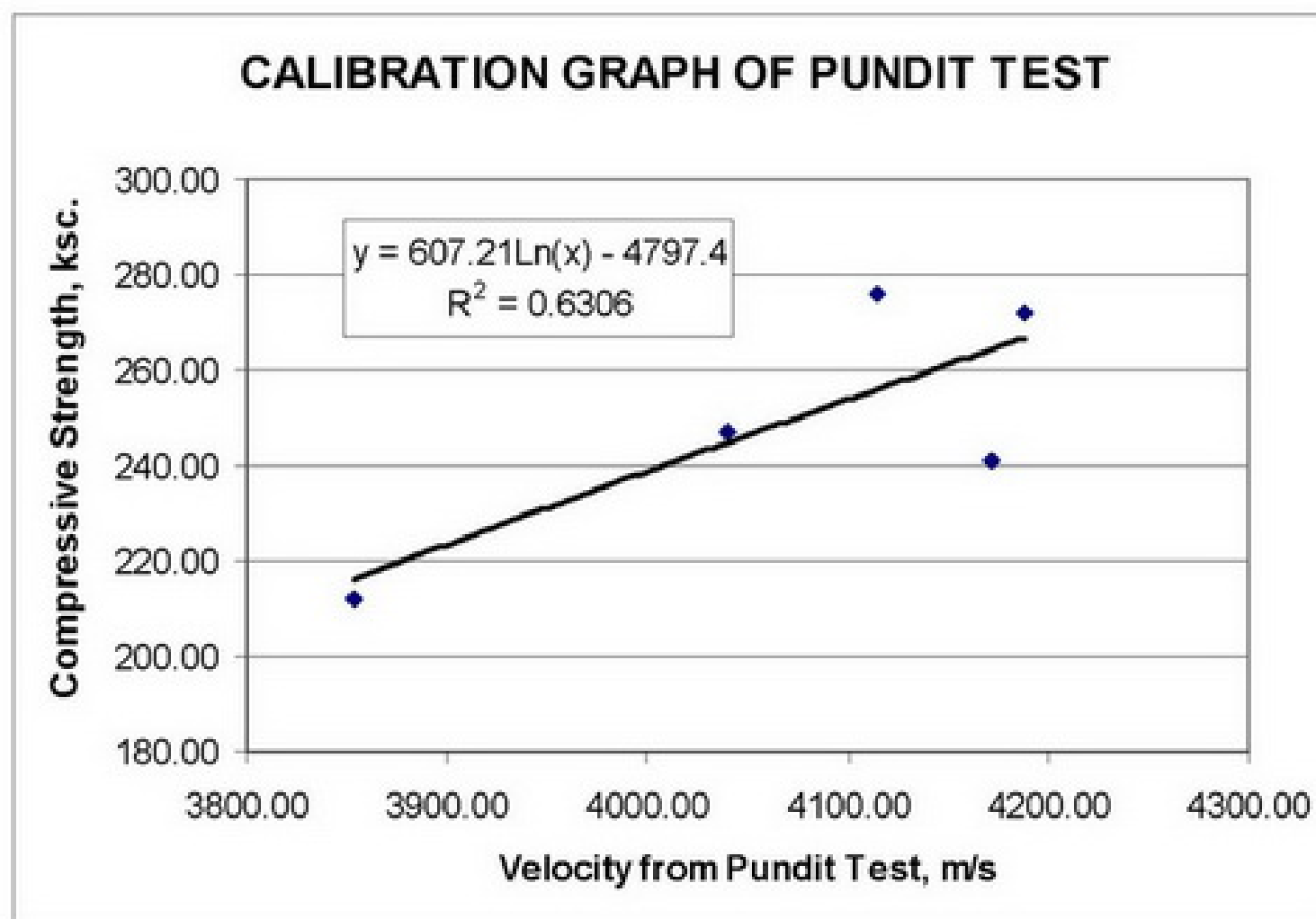


ภาพแสดงการทดสอบโครงสร้างพื้นด้วย

Ultrasonic Pulse Velocity Test (Indirect Method)

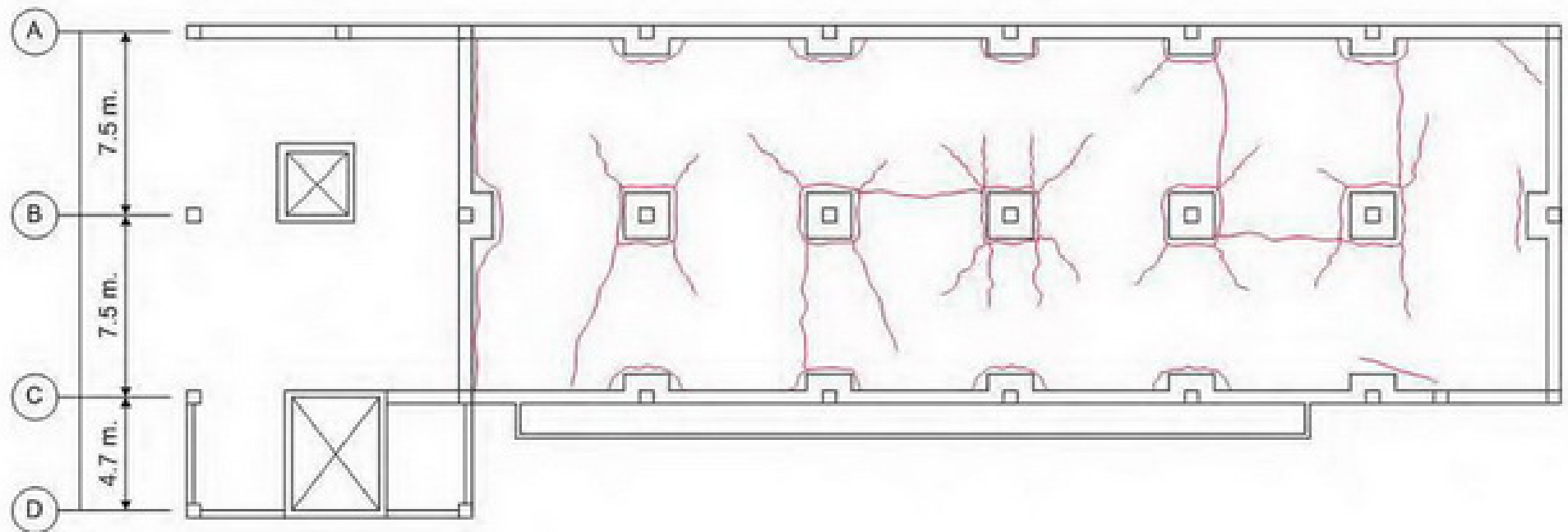
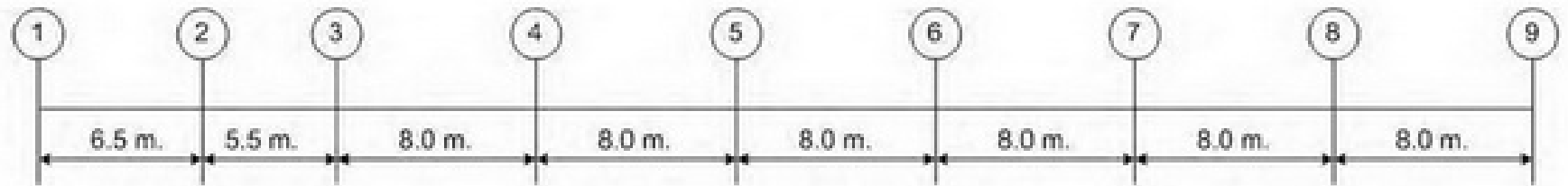


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบ UPV และ Coring Sample Test



การตรวจวัดความลึกของรอยแตกร้าวโดยวิธี UPV





การตรวจวัดความลึกของรอยแตกร้าวโดยวิธี UPV





สาเหตุของการแตกร้าว

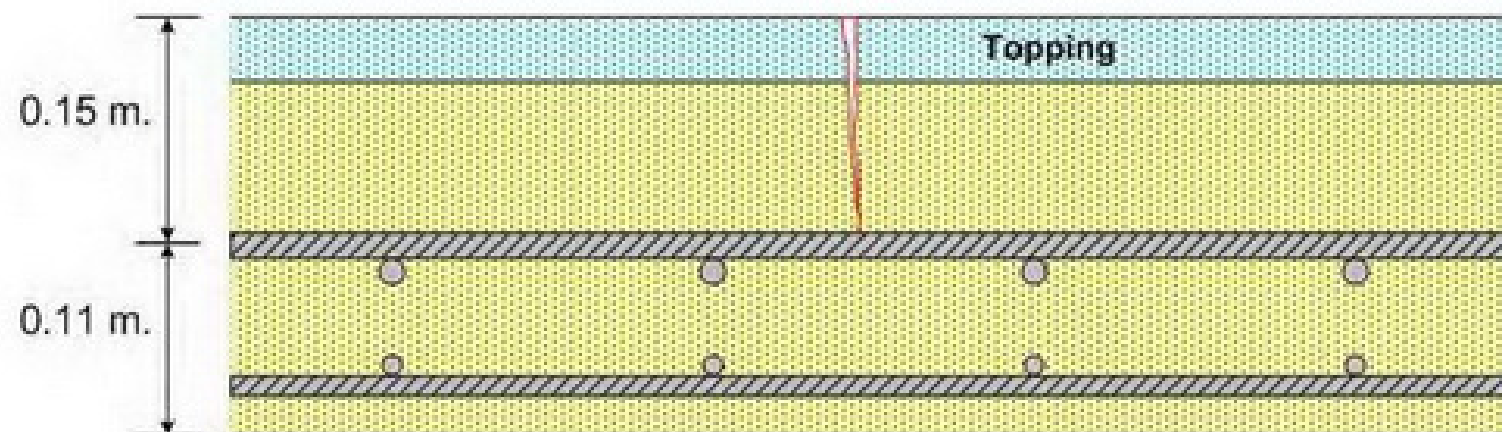
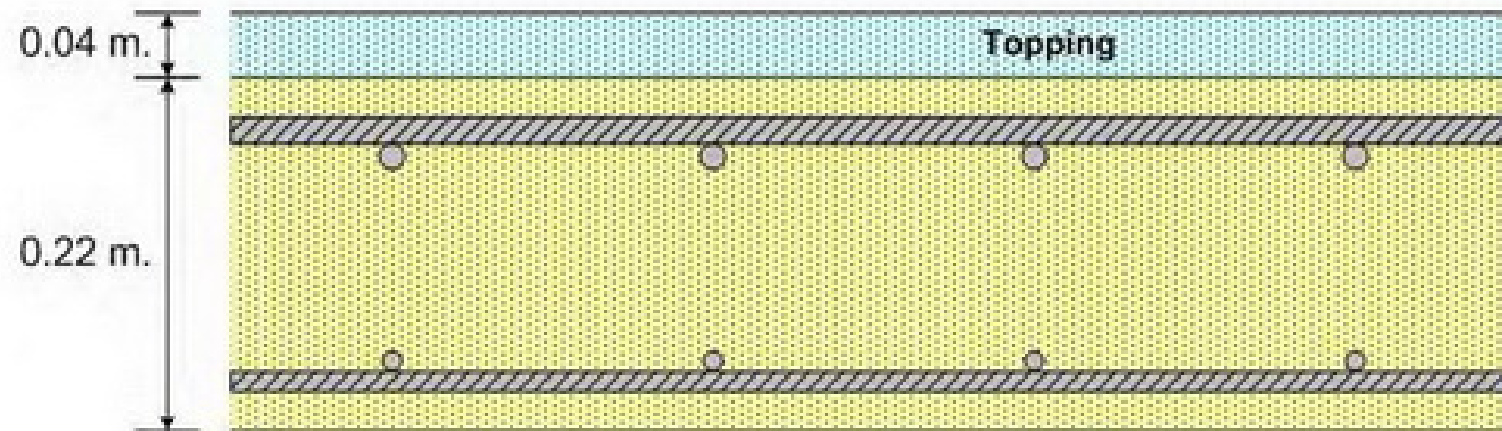
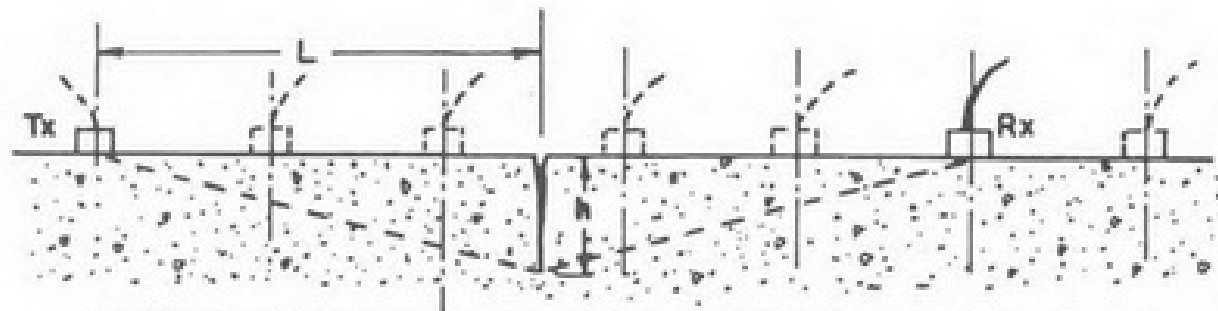


Fig. 9:
Determination of
Crack Depth.

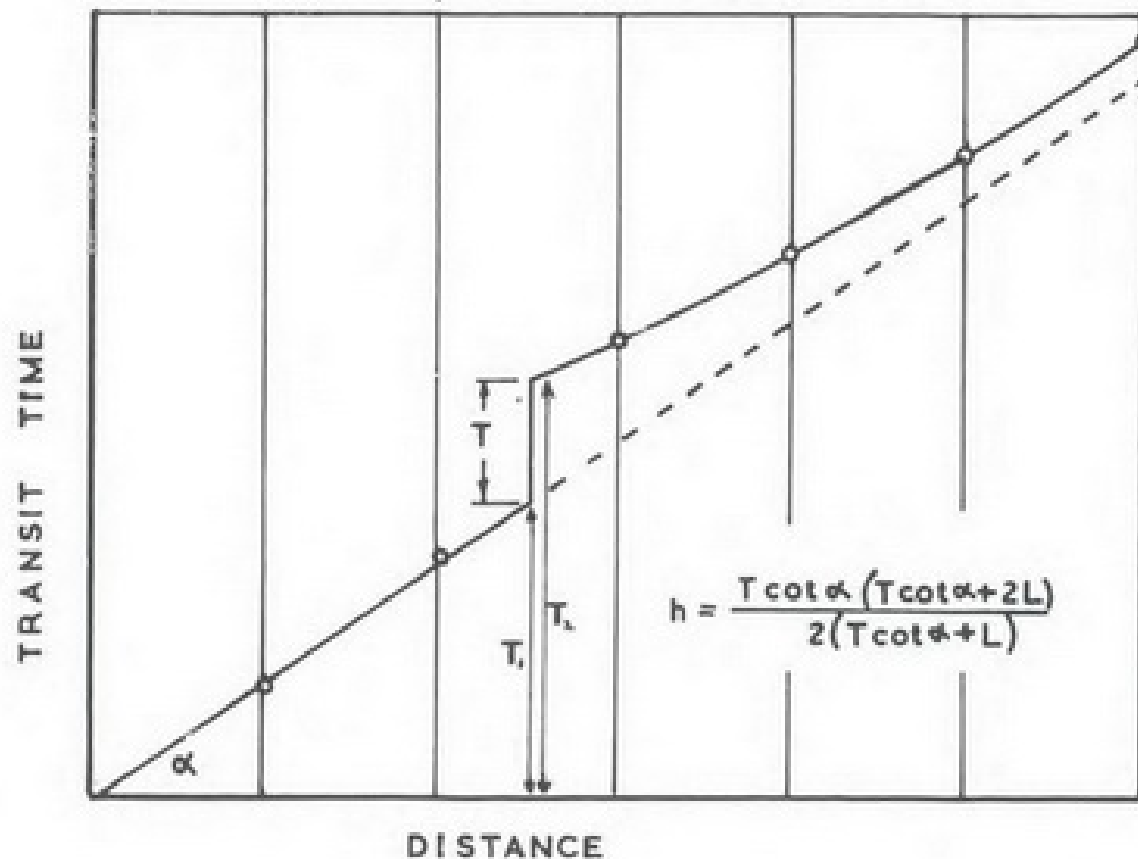


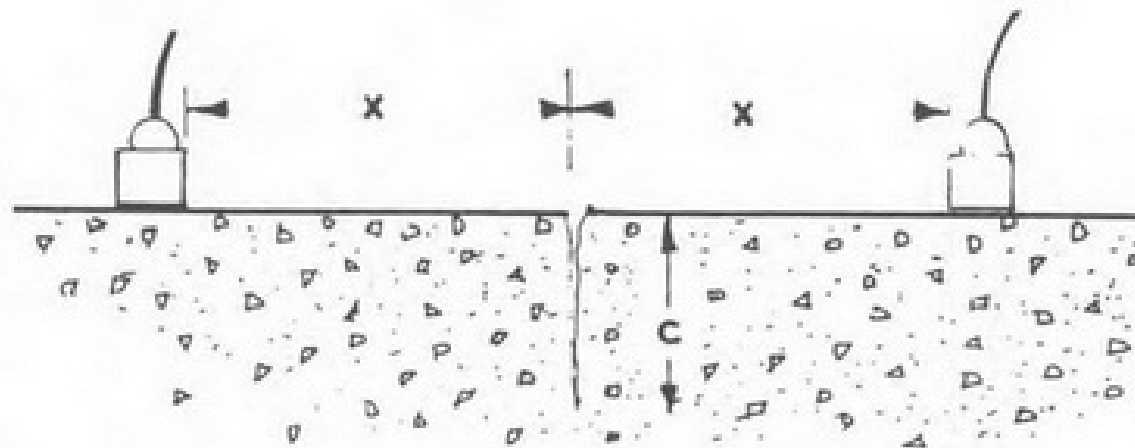
(c) Another method of test is that shown, using the indirect method where discontinuity appears in the graph.

(d) An easier formula for the above method is

$$h = \frac{L}{2} \left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{T_1}{T_2} \right)$$

We are indebted to Jens Kr. Jehrbo Jensen, Master of Science, of the *Institutet for Bygningsteknik, Aalborg Universitetscenter, Denmark 9100* for (d).





(a) Estimation of crack depth. Crack perpendicular to concrete surface.

Let first value of x chosen be X_1 and second value be $2X_1$, and the transit times corresponding to these be T_1 and T_2 respectively, then

$$\text{crack depth, } c = X_1 \sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}}$$

การประเมินความลึกของผิวโครงสร้างที่เสียหาย

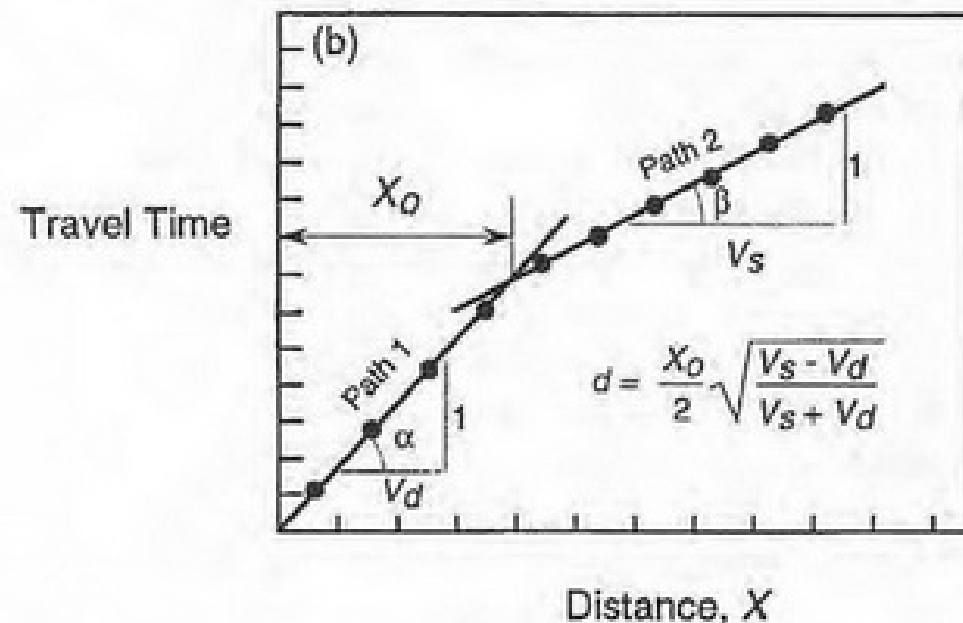
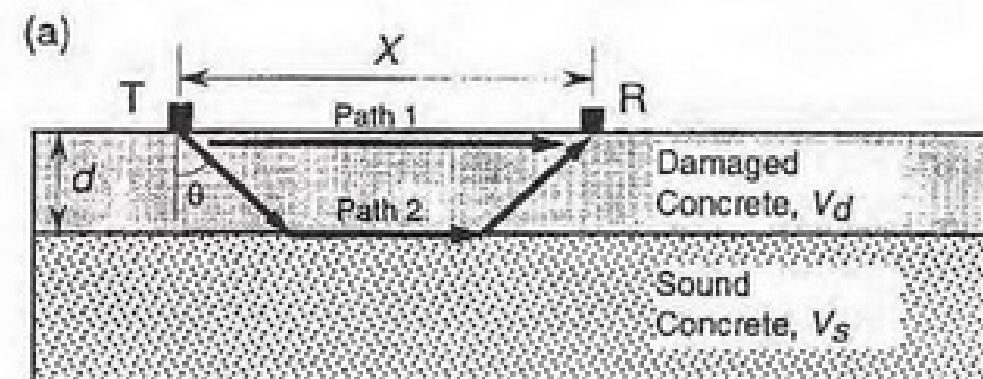
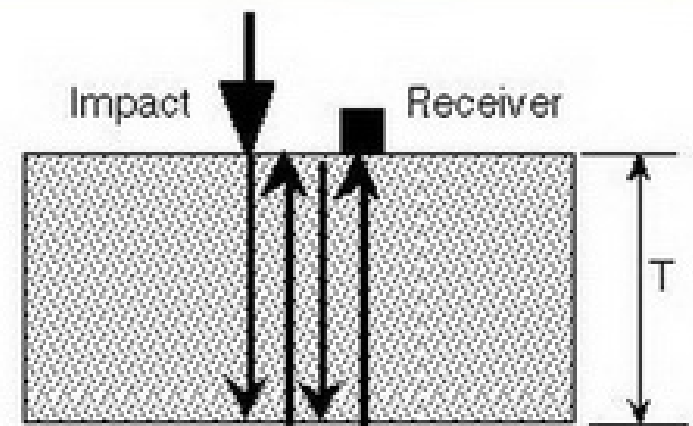
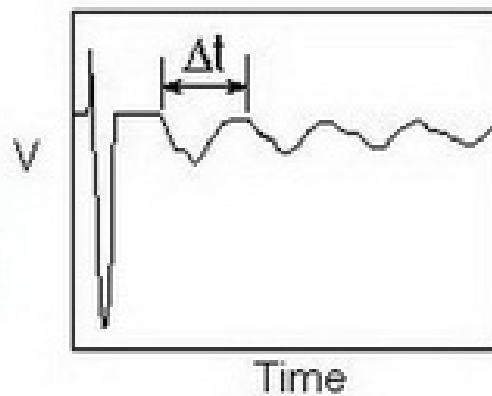


Fig. 2.2.2—(a) Wave paths for ultrasonic testing on surface of concrete having damaged surface layer; and (b) travel time as a function of distance between transmitter and receiver.



Impact Echo



$$\Delta t = \frac{2 T}{C_p}$$

$$f = \frac{1}{\Delta t}$$

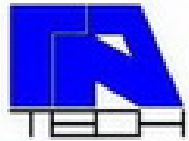


$$T = \frac{C_p}{2 f}$$



ผลการทดสอบ IMPACT ECHO คานสะพานที่ถูกไฟไหม้

Point	Actual Web Thickness (cm)	Main IE Frequency Peak (Hz)	Apparent Concrete Velocity (m/s)	Note
1	35	-	0	Major Crack
2	35	4988.1	3491.67	No Discontinuity
3	35	4872.0	3410.4	No Discontinuity
4	20	-	0	Major Crack
5	20	6496.1	2598.44	Minor Crack
6	20	6728.1	2691.24	Minor Crack
7	20	14384.0	5753.6	No Discontinuity
8	20	7888.1	3155.24	No Discontinuity
9	20	7540.1	3016.04	No Discontinuity



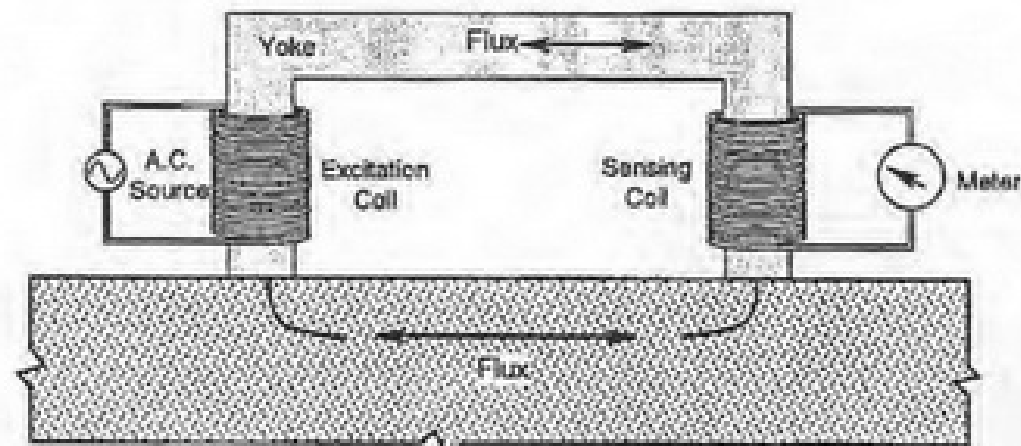
T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

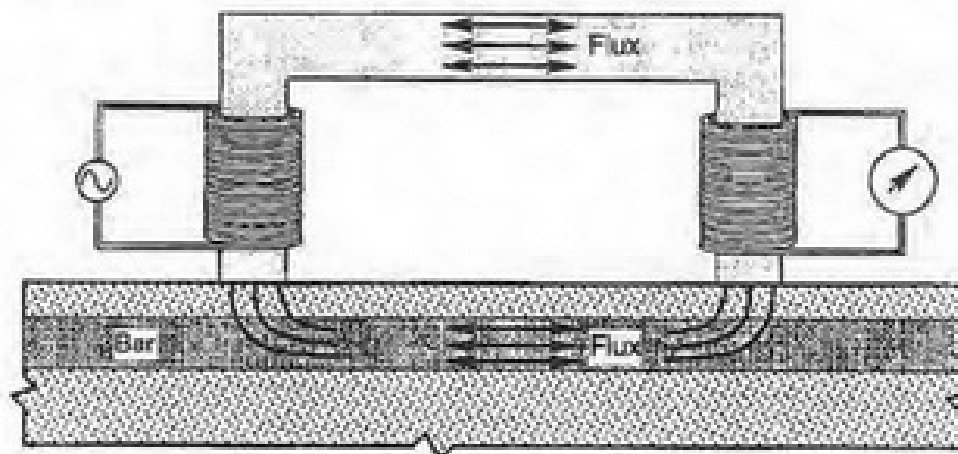
งานตรวจสอบตำแหน่งและระยะหุ้มเหล็กเสริม

โดยวิธี Ferro Scan Test

Magnetic Reluctance Meters



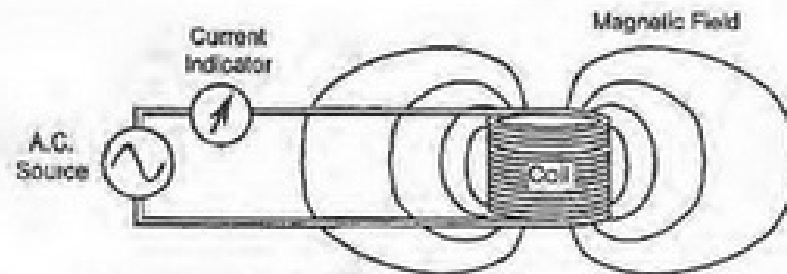
(a) Small current induced in sensing coil when no bar is present



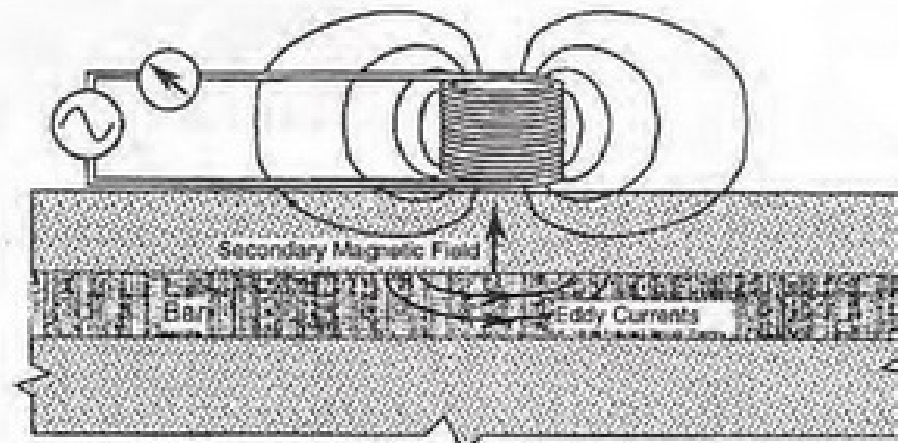
(b) Presence of bar increases flux and increases current in sensing coil



Eddy Current Meters (Electromagnetic Field)



(a) Coil in air results in a characteristic current amplitude



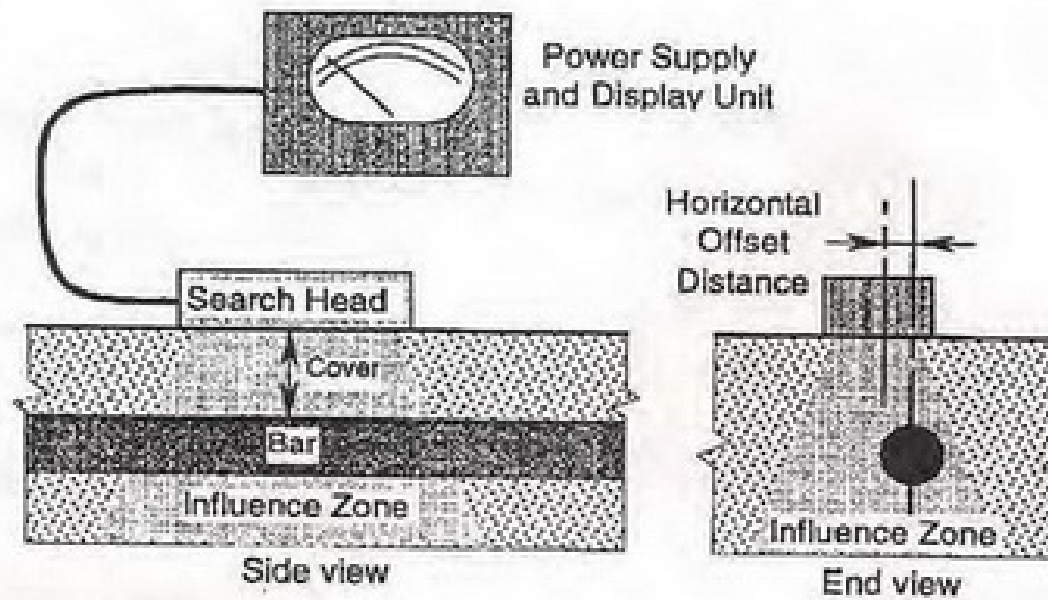
(b) Interaction with reinforcing bar causes changes in coil impedance and current amplitude



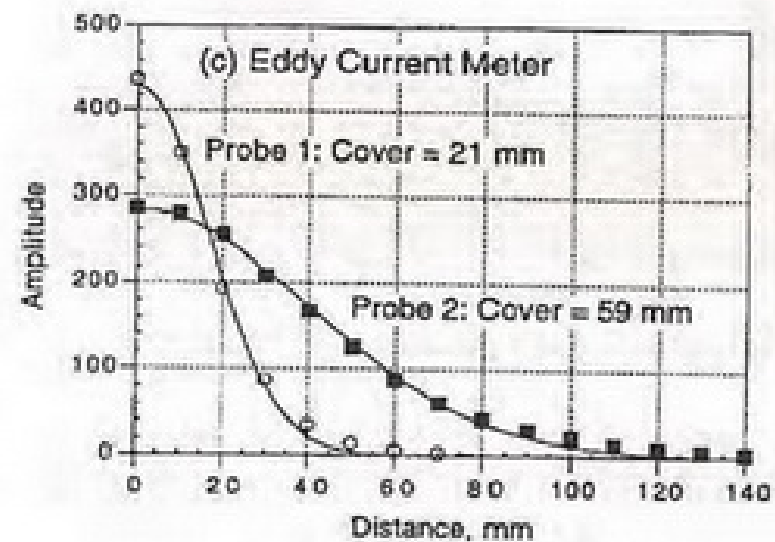
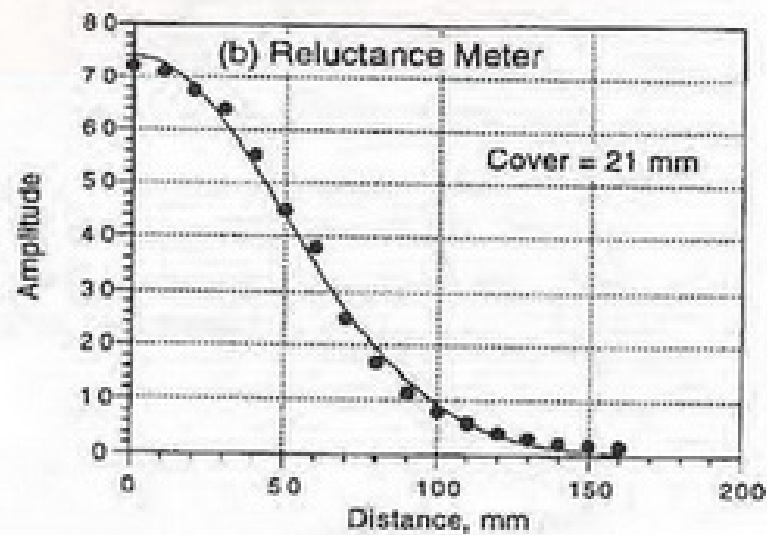
ตารางเปรียบเทียบเครื่อง Ferro Scan

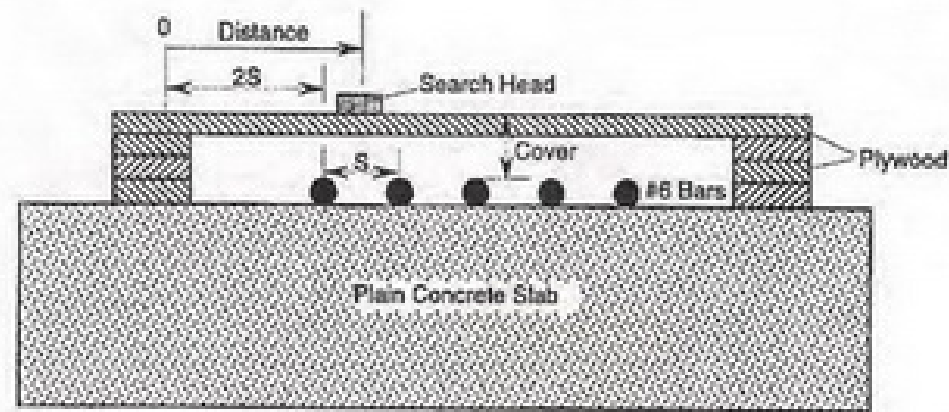
Manufacturer	Model	List Price	Maximum Cover ¹ (inches)	Estimates Cover?	Estimates Bar Size?
Fisher	M-101	\$500	9	No	No
Hilti	Ferrosan FS 10 Steel Reinforcement Detection Sytem	\$14,535	7.1	Yes	Yes
Hilti	PS 20 Multi-Detector	\$720	4	Yes	No
James Instruments	HR Rebar Locator	\$1,190	10	Yes	Yes
Proceq	Profometer 5 Rebar Locator (Scanlog Model)	\$3,105	7	Yes	Yes
Protovale	Covermaster CM9	\$4,040	3.5	Yes	Yes
Protovale	Covermaster CM42	\$1,790	3.5	Yes	Yes
Protovale	Rebar Plus	\$995	6	Yes	No
Zircon	MT6	\$199	6	Yes	No
¹ Maximum published values shown. Maximum cover varies as a function of bar size.					

Rebar Locators tested by Steven Schaefer and Associates, Inc.

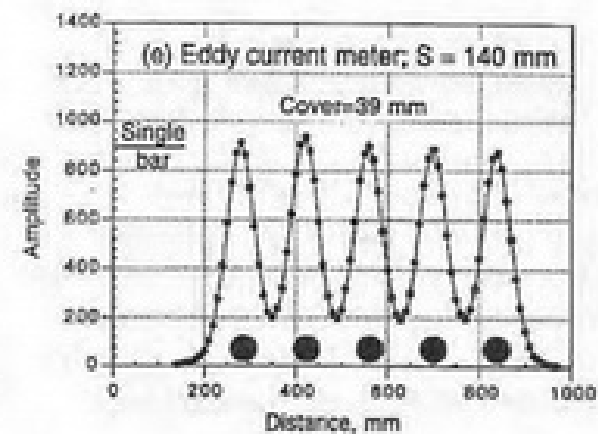
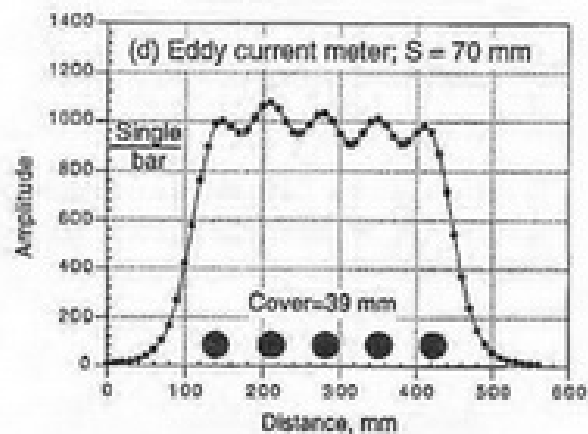
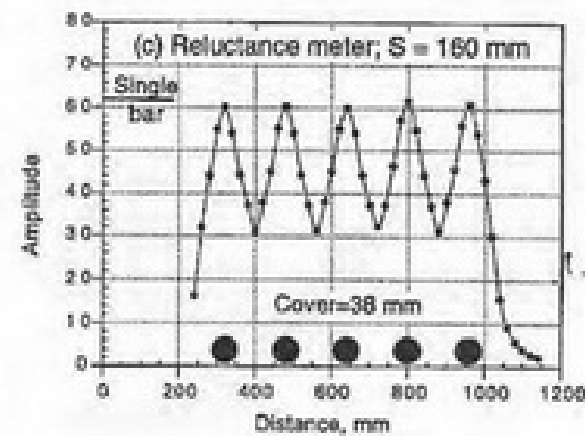
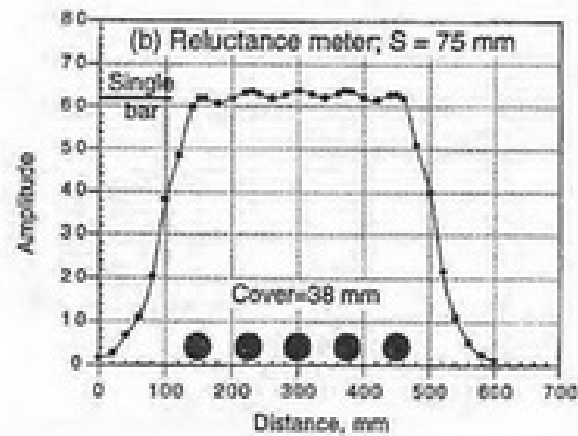


(a) Schematic of zone of influence of search head

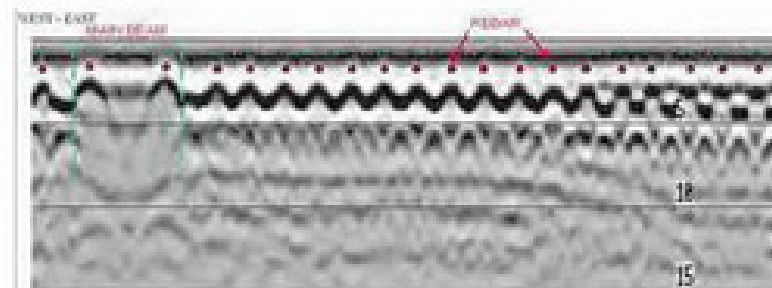
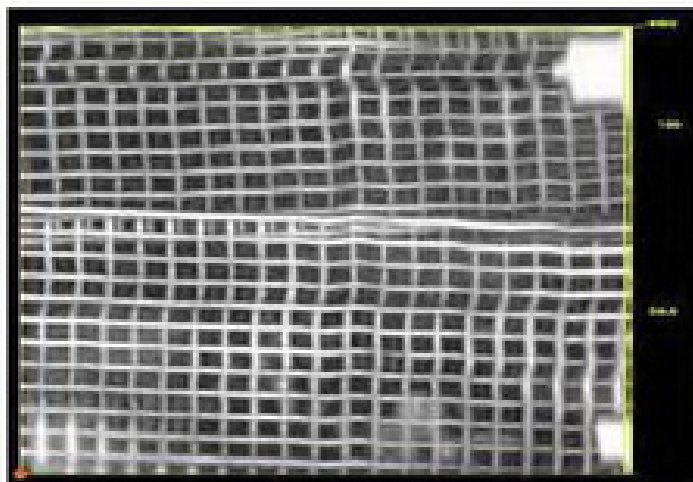
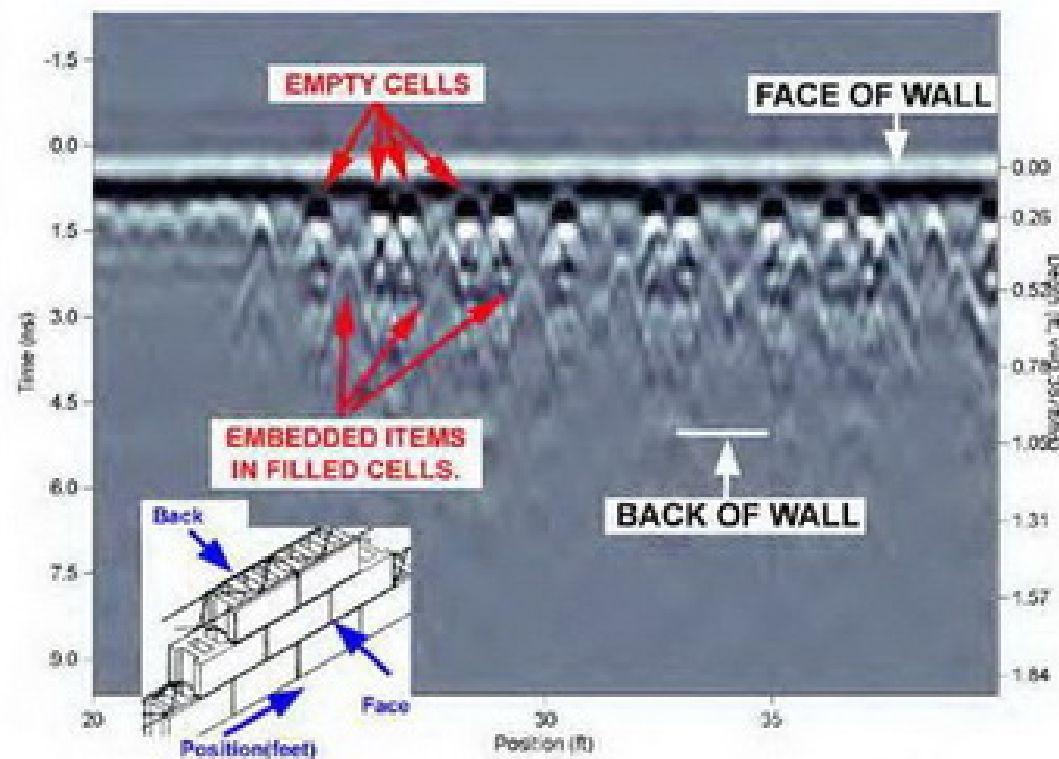




(a) Testing configuration



การใช้คลื่นเรดาร์ (RADAR)



การฉายรังสีเอกซ์ (*X-ray Radiography*)

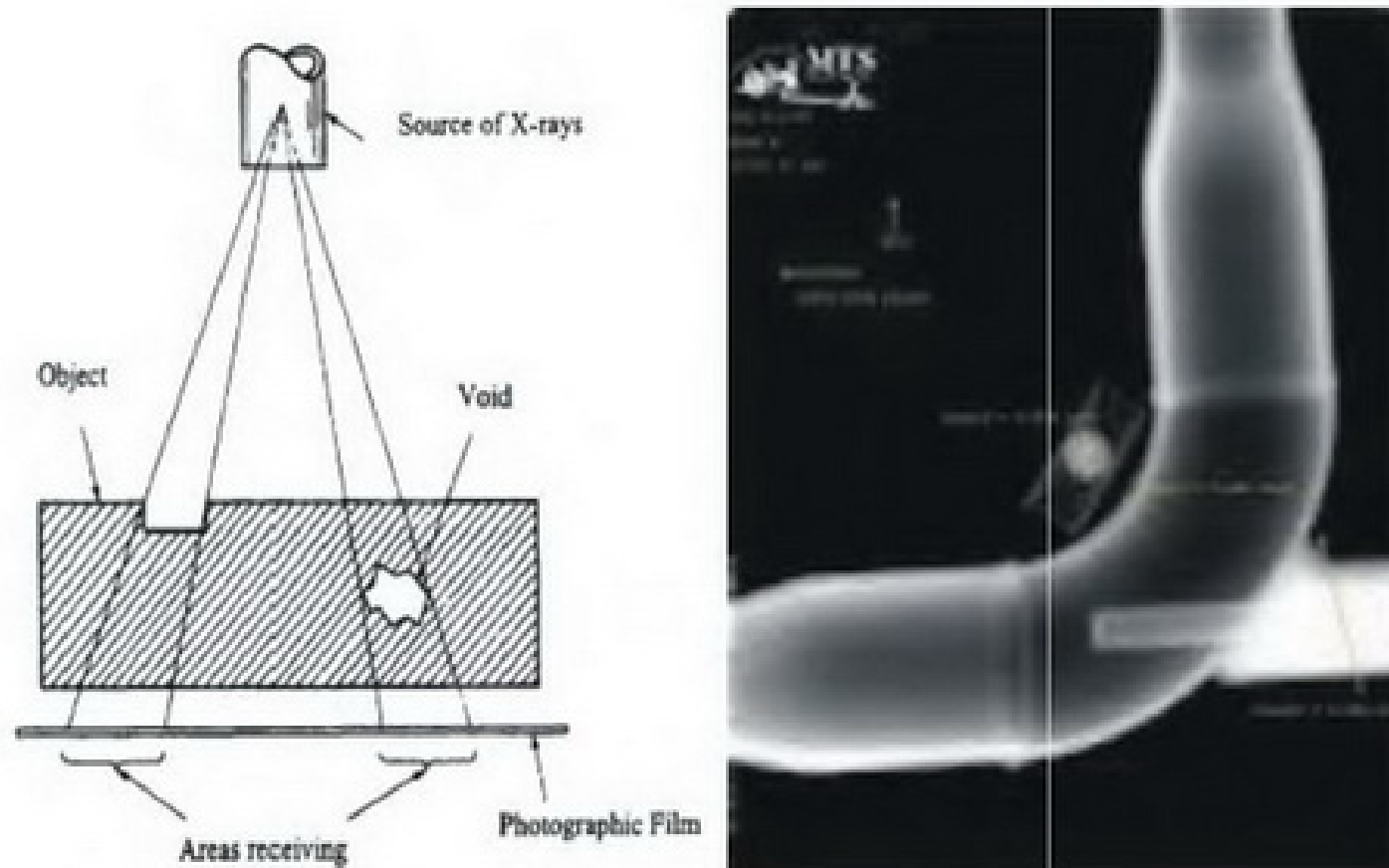
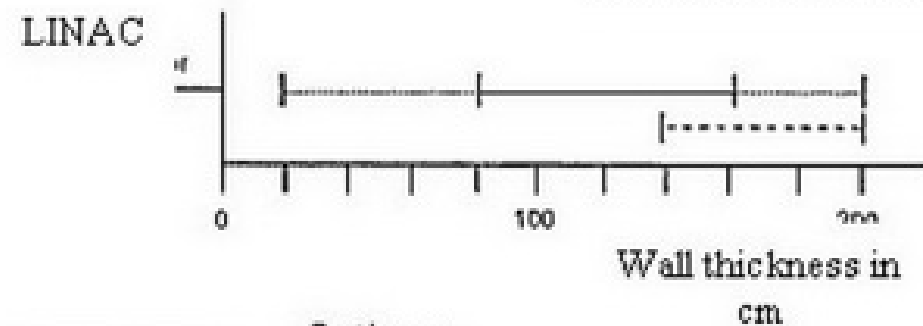
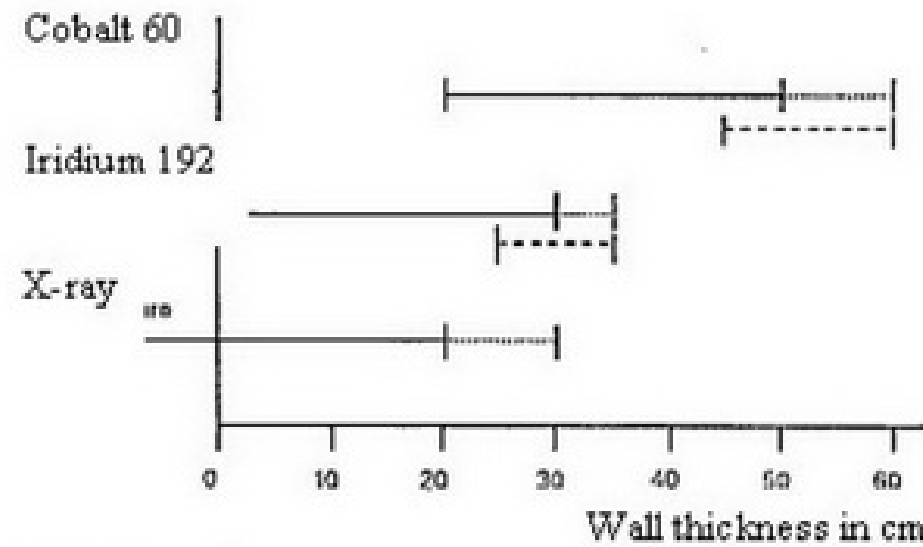


FIG. 9. Typical set up in radiographic testing

การฉายรังสีเอกซ์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ตรวจสอบหาเหล็กเสริมในโครงสร้างได้ โดยกลไกการทำงานนั้นเหมือนกับการที่เราไปถ่ายฟิล์มเอ็กซเรย์ในโรงพยาบาลใน การตรวจสอบภาพ ระบบการฉายรังสีเอกซ์จะประกอบด้วยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-ray Tube) และฟิล์มที่จะอยู่ด้านตรงกันข้ามกับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

ขั้นตอนการตรวจหาเหล็กเสริมด้วยการฉายรังสีเอกซ์จะเริ่มต้นจากการกำหนดจุดของโครงสร้างที่ต้องการตรวจสอบ หลังจากนั้นก็ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์และฟิล์มให้อยู่คนละด้าน ของโครงสร้างเป้าหมายและทำการฉายรังสี หากส่วนของโครงสร้างที่ทำการตรวจสอบมีวัตถุอื่นๆอยู่ภายใน เช่น ช่องว่าง (Void) หรือ เหล็กเสริม (Rebar) สืบบนฟิล์มก็จะแตกต่างกันไปตามวัสดุที่อยู่ในโครงสร้าง โดยสืบบนฟิล์มจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (Density) ที่ รังสีเอกซ์เคลื่อนที่ผ่าน โดยในกรณีของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก สืบบนฟิล์มจะเป็นสีขาวหากเป็นเหล็กเสริม และเป็นสีดำหากเป็นช่องว่าง

ความหนาที่รังสีสามารถทะลุผ่าน

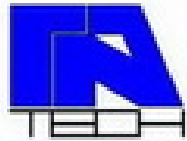


————— Optimum
 - - - - - Just possible
 Image processing recommended

ตารางเปรียบเทียบ

	Radar	Elec.	X-Ray
Applicable Depth	○	△	◎
Size of Rebar	△	◎	◎
2-D Measurement	△	◎	◎
Multi-layers	△	○	◎
Rebar's Corrosion	△	△	○
Void Detection	○	△	◎
Concrete Inspection	◎	△	○
Moisture Disturbance	◎	△	△
Wide Area Scan	◎	◎	△
Ease to Handle	◎	◎	△
Safety	◎	◎	△

△ : Low ○ : Medium ◎ : High



T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบความแข็งแรงของเหล็กเสริม

โดยวิธี Hardness Test

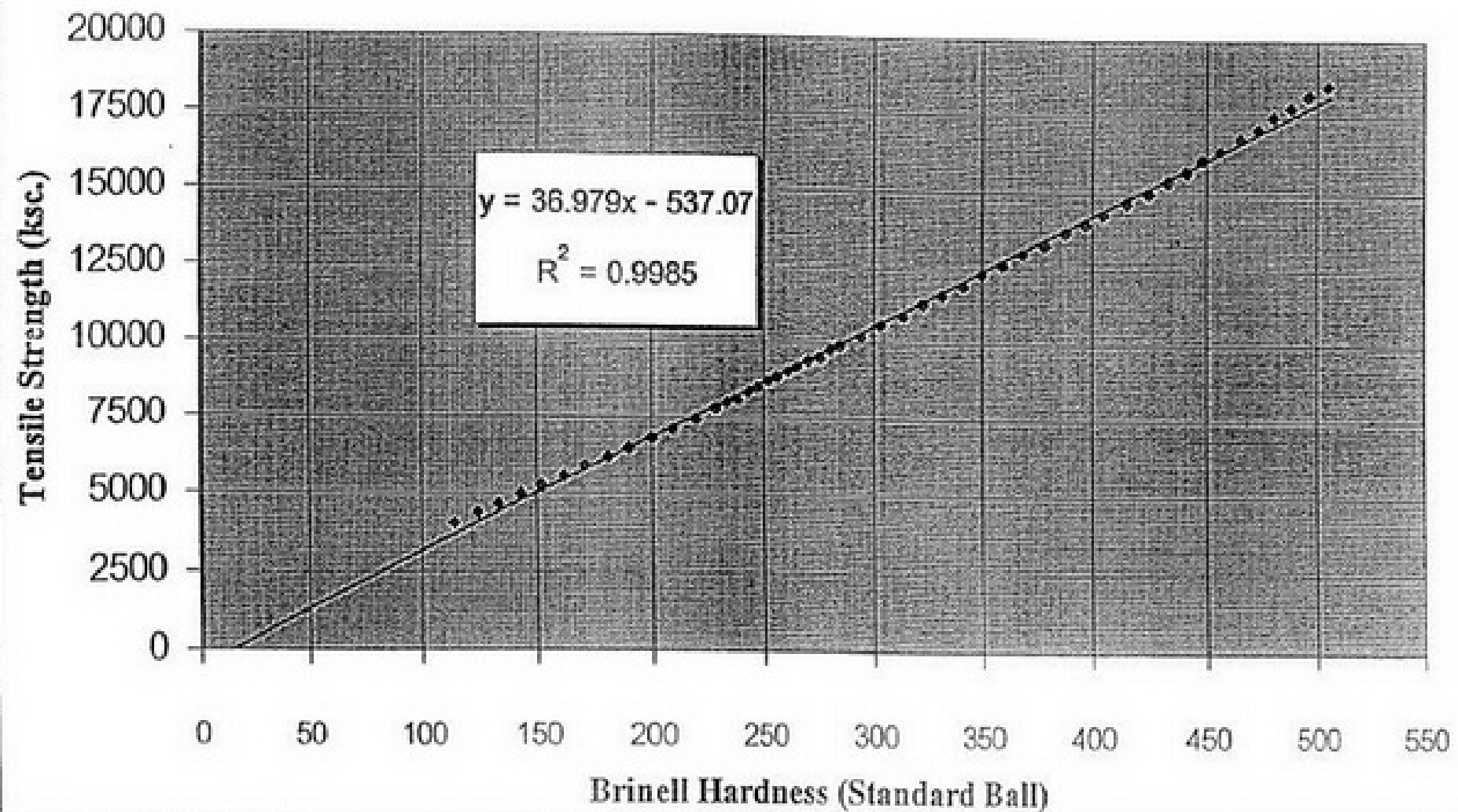
การทดสอบกำลังรับแรงดึงสูงสุดของเหล็กเสริมด้วย Hardness Test

- เป็นประเมินค่าความแข็งของผิวเหล็กเสริม(Hardness Test) ซึ่งการทดสอบประเมินค่าความแข็ง (Hardness) ของผิวเหล็ก มีลักษณะในการทำงานโดยการปล่อยหัวทดสอบรูปทรงกลม ให้กระแทกกับผิวเหล็กที่ต้องการทดสอบ ด้วยแรงดันจากสปริงภายในเครื่องมือทดสอบ ความเร็วในการกระแทกและการสะท้อนกลับ (Impact และ Rebound Hammer) จะถูกตรวจวัดด้วยความละเอียด จากค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นขณะที่หัวทดสอบเคลื่อนที่ผ่านแม่เหล็กแล้วนำมาแปรผลเป็นค่าดัชนีความแข็งของผิวเหล็ก ตามสเกลมาตรฐานของ Leeb หรือ Brinell จากค่าความแข็งที่วัดได้นำมาประมาณ ค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength, f_u) เครื่องมือทดสอบประกอบด้วย ชุดวัดและประมวลค่าความเร็วของชุดอุปกรณ์หัวทดสอบ การทดสอบกระทำโดยทำความสะอาดผิวเหล็กให้สะอาด ก่อนจึงจะทำการทดสอบได้ และทำการทดสอบเพื่อเป็นค่าประมาณกำลัง (Strength) ของโครงสร้างเหล็กที่จุดทดสอบนั้น ดังแสดงในรูปที่ 7.1 การทดสอบด้วยเครื่องวัดค่า Hardness ที่ผิวของเหล็กเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM A956 "Standard Test Methods for Leeb Hardness Testing of Steel Products"





Relation between hardness numbers And tensile strength



ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริมโครงสร้างด้วย วิธี Hardness Testing (ksc.)

ตำแหน่งทดสอบ	ชนิดของ	ค่าการทดสอบ			Ultimate Tensile	Yield Strength	Remark
	เหล็กเสริม	1	2	3	Strength (fu)	(fy)	
HT-1 (C/3)	DB	472	433	442	4,490	3,143	เสารับชั้นลาดฟ้า
HT-2 (D/3)	DB	471	542	508	5,070	3,549	เสารับชั้นลาดฟ้า
HT-3 (E/3)	DB	418	578	524	5,066.67	3,547	เสารับชั้นลาดฟ้า
HT-4 (E/4-5)	DB	467	550	584	5,336.67	3,736	คานารับชั้นที่ 2
HT-5 (A/2-3)	DB	480	402	608	4,966.67	3,477	คานารับชั้นที่ 2
HT-6 (E/4-5)	DB	536	445	376	4,523.33	3,166	คานารับชั้นที่ 3
HT-7 (B/1-2)	DB	596	447	508	5,410	3,787	คานารับชั้นที่ 3
HT-8 (B-C/2)	DB	448	460	470	4,593.33	3,215	คานารับชั้นที่ 3
HT-9 (Line 4)	DB	463	530	510	5,010	3,507	คานาชั้นลาดฟ้า
HT-10 (Line D)	DB	471	431	455	4,523.33	3,166	คานาชั้นลาดฟ้า

$$f_y = 0.7f_u$$

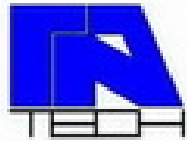
ตัวอย่างผลการทดสอบแรงดึงเหล็กเสริมในห้องปฏิบัติการ

Specimen	Diameter	Weight	Max.Elongation	Yield Load	Ultimate Load	Yield stress	Ultimate Stress	RATIO Yield/Ultimate
I.D.	(mm)	(kg/m)	(%)	(kg)	(kg)	(ksc)	(ksc)	
DB12-1	11.66	0.839	21.67	5,534	7,836	5,181	7,336	71%
DB12-2	11.96	0.883	31.67	5,584	7,627	4,969	6,787	73%
DB12-3	11.77	0.855	30	6,690	7,966	6,149	7,322	84%
DB12-4	11.81	0.861	25	5,325	7,936	4,858	7,240	67%
DB12-5	11.93	0.878	26.67	5,624	8,394	5,035	7,515	67%
DB12-6	11.92	0.877	28.33	6,013	7,149	5,387	6,405	84%
DB12-7	11.98	0.886	25	5,724	8,145	5,076	7,223	70%
DB12-8	11.99	0.886	28.33	5,315	8,335	4,711	7,387	64%
DB12-9	11.72	0.848	30	5,584	7,617	5,176	7,061	73%
DB12-10	11.98	0.885	28.33	5,474	7,717	4,858	6,847	71%
DB12-11	11.91	0.875	26.67	5,444	8,345	4,889	7,493	65%
DB12-12	11.98	0.886	30	5,474	7,777	4,855	6,897	70%
DB12-13	11.96	0.883	30	5,514	8,823	4,905	7,849	62%
DB16-1	15.96	1.572	22.5	10,637	14,215	5,315	7,102	75%
DB16-2	15.725	1.525	23.75	10,826	14,304	5,576	7,368	76%
DB16-3	15.99	1.578	13.75	10,667	17,523	5,312	8,726	61%
DB16-4	15.91	1.561	16.25	9,570	14,055	4,816	7,073	68%
DB20-1	19.63	2.378	24	15,392	21,169	5,085	6,994	73%
DB20-2	19.76	2.41	25	14,488	20,144	4,723	6,566	72%
DB25-1	23.86	3.501	24	23,128	33,927	5,190	7,614	68%
DB25-2	23.96	3.543	20	22,625	32,852	5,018	7,286	69%
DB28-1	27.84	4.782	28.57	26,222	38,829	4,308	6,379	68%
								71%

แสดงค่าอัตราส่วนระหว่างแรงดึงคลากและแรงดึงประลัย

	Yield	Ultimate	
RB12	2932	3742	78%
RB19	3084	3950	78%
RB9	3756	4790	78%
RB19	2870	3774	76%
RB9	2707	3525	77%

$$f_y = 0.8f_u$$



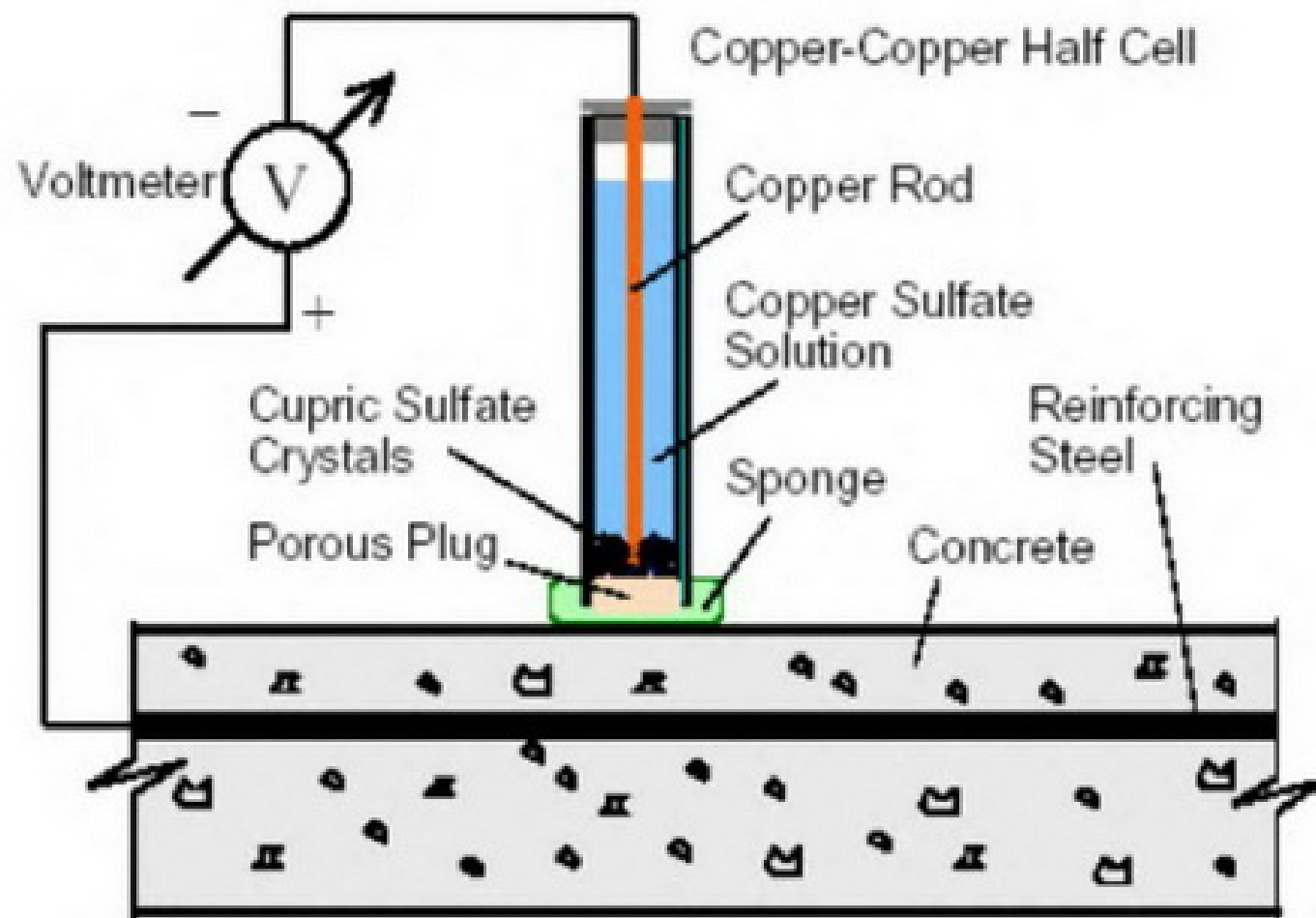
T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบแนวโน้มของการเกิดสนิม ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

โดยวิธี Half Cell Potential



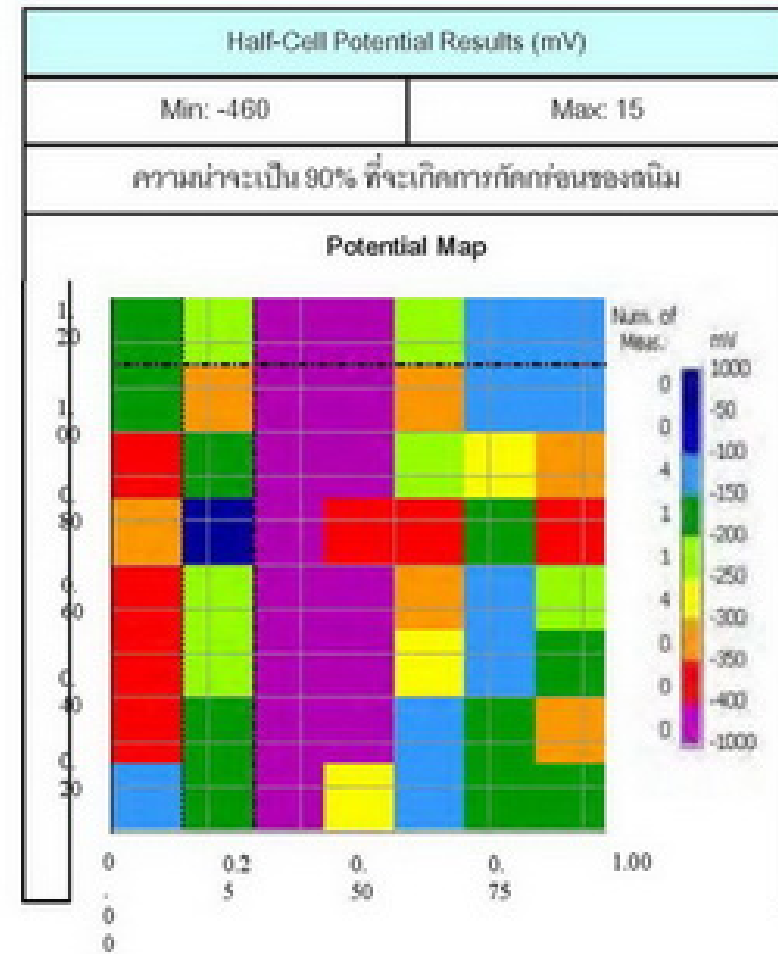
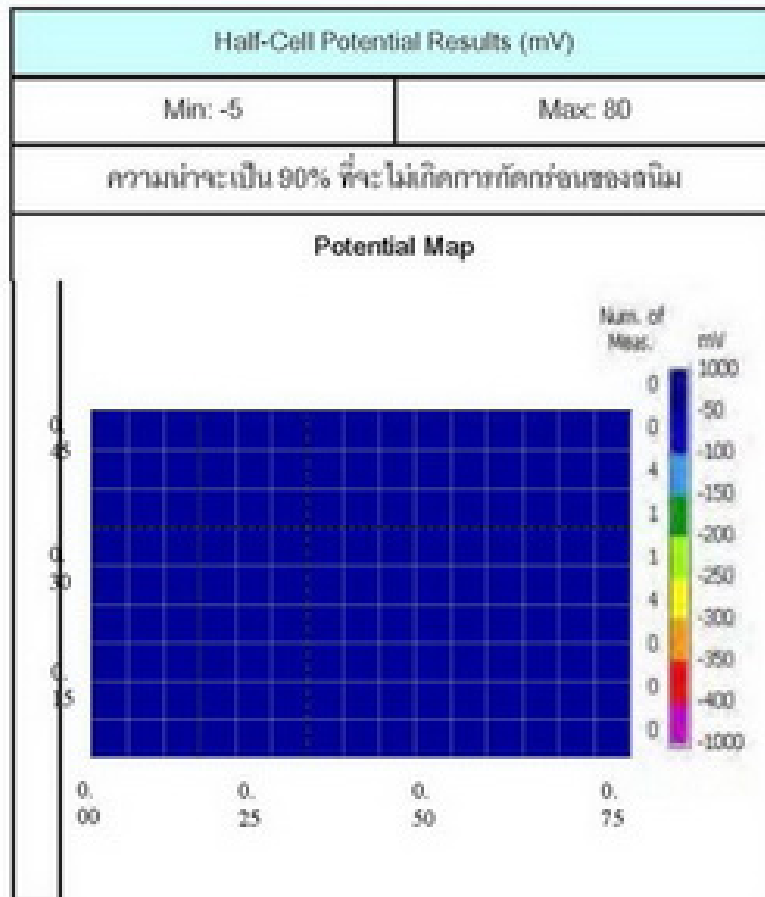


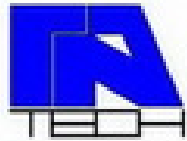




หลักเกณฑ์การเกิดสนิมและการกัดกร่อนของเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีต

ระดับ	สี	ความต่างศักย์ (mV)	ความเสี่ยงสำหรับเกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริม
1.	น้ำเงิน	> -50	คอนกรีตอยู่ในสภาพสมบูรณ์มาก
2.	ฟ้า	-50 ถึง -150	คอนกรีตอยู่ในสภาพสมบูรณ์ดี และแนวโน้มการกัดกร่อนของเหล็กเสริมต่ำมาก
3.	เขียว	-150 ถึง -250	เกิดการกัดกร่อนของเหล็กเสริมได้เมื่อมีสภาพแวดล้อมอำนวย
4.	เหลือง	-250 ถึง -350	เริ่มมีการกัดกร่อนเหล็กเสริมแล้ว มีการออกซิเดชัน ของไอออนระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม
5.	แดง	-350 ถึง -400	เหล็กเสริมถูกกัดกร่อนพร้อมกับการละลายของชั้นผิวเหล็ก (Reinforcing Steel Film)
6.	ม่วง	-400 ถึง -1000	เหล็กเสริมถูกกัดกร่อนมากจนทำให้พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมลดลง



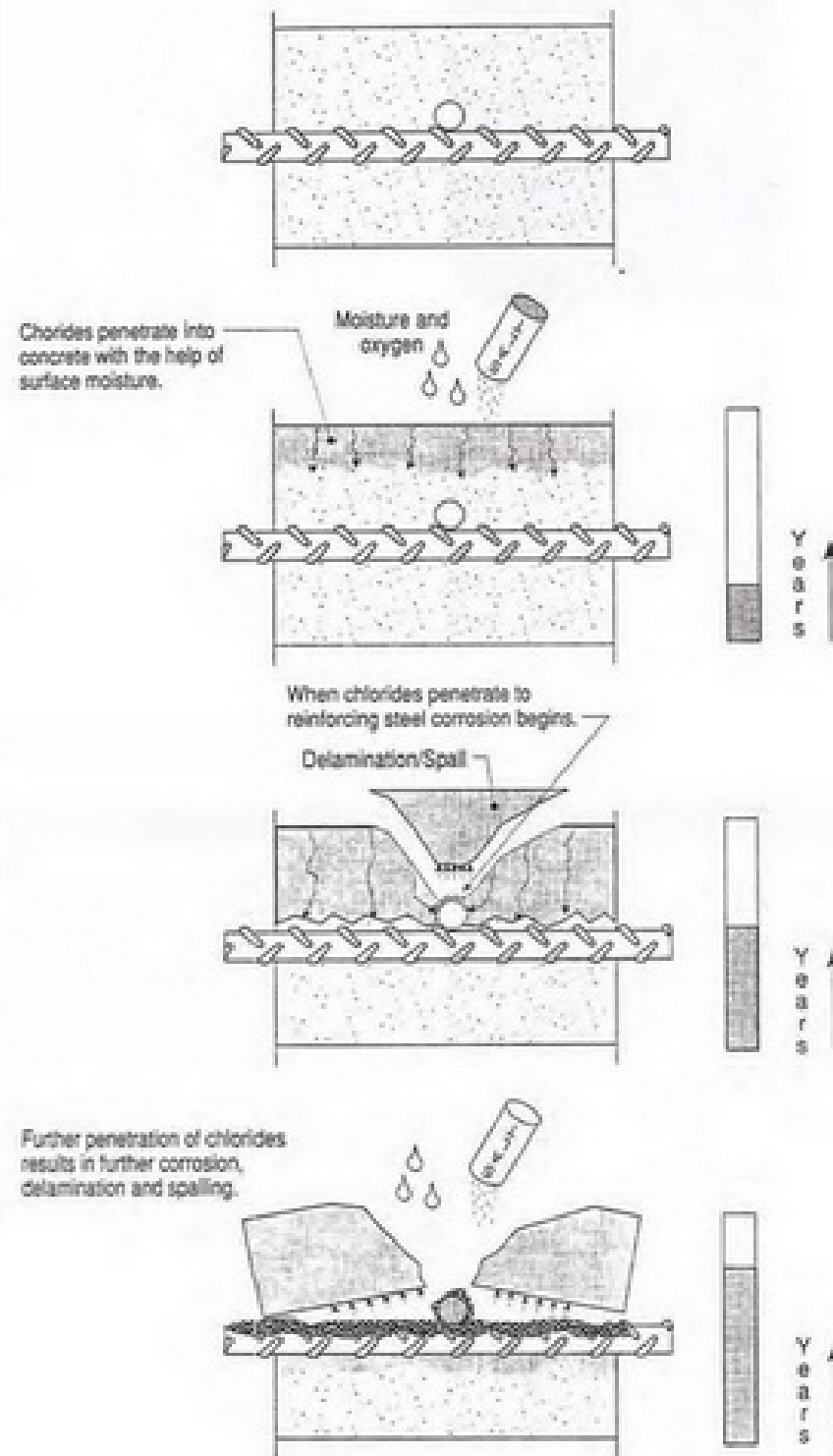


T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีต

โดยวิธี Chloride Test



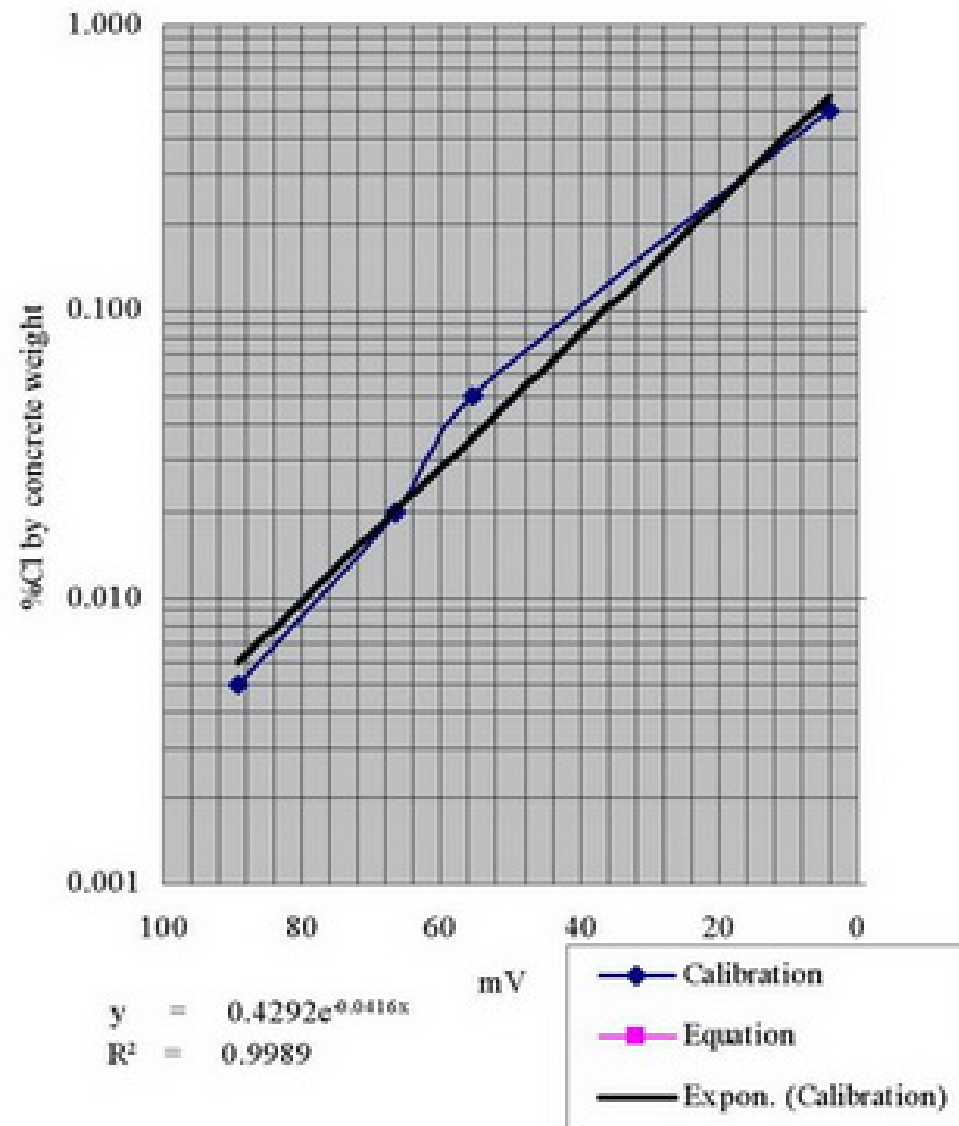




ทำการทดสอบ Chloride Test

ผลทดสอบ Chloride Test

CALIBRATION CHART



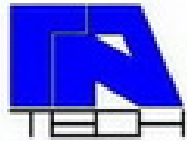
การวิเคราะห์ผลการทดสอบ
อาศัยหลักเกณฑ์ของสถาบัน
คอนกรีตอเมริกา (ACI)

สำหรับโครงสร้างคอนกรีต
เสริมเหล็กทั่วไป ไม่เกิน ร้อย
ละ 0.06 ของน้ำหนักซีเมนต์

- ปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์มีผลต่อการกัดกร่อนอย่างยิ่ง สาเหตุสำคัญอีกอย่างหนึ่ง ก็คือค่า pH ของคอนกรีต จากการทดสอบพบว่าที่ระดับ pH 13.2 ปริมาณคลอไรด์ที่สามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนได้ จำเป็นต้องสูงถึง 8000 ppm แต่เมื่อค่า pH ลดลงเหลือ 11.6 การกัดกร่อนสามารถเกิดขึ้นได้ที่ปริมาณคลอไรด์ 71 ppm เท่านั้น (ppm หมายความว่า ถึง หนึ่งในล้านในล้านส่วน)
- ซึ่งในการทดสอบนี้ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C114-94

การประเมินผลการทดสอบ Chloride Content

- สำหรับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐานกำหนดให้ปริมาณคลอไรด์ต้องไม่เกิน **0.06%** ของน้ำหนักคอนกรีต



T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีต

โดยวิธี Sulfate Test

เกลือซัลเฟตของโซเดียมและแมกนีเซียม

มีผลทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงอย่างมาก

น้ำที่มีโซเดียมซัลเฟตปนอยู่ **5,000 ppm** หรือ **5** กรัมต่อลิตร

จะทำให้กำลังคอนกรีตลดลง **4 %**

ถ้ามีปนอยู่ **10,000 ppm** หรือ **10** กรัมต่อลิตร

จะทำให้กำลังคอนกรีตลดลง **10 %**

การประเมินผลการทดสอบ Sulfate Content

- สำหรับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตามมาตรฐานกำหนดให้ปริมาณซัลเฟตต้องไม่เกิน **0.20%** ของน้ำหนักคอนกรีต

ตัวอย่างสภาพโครงสร้างที่เสียหายเนื่องจากเกลือซัลเฟต

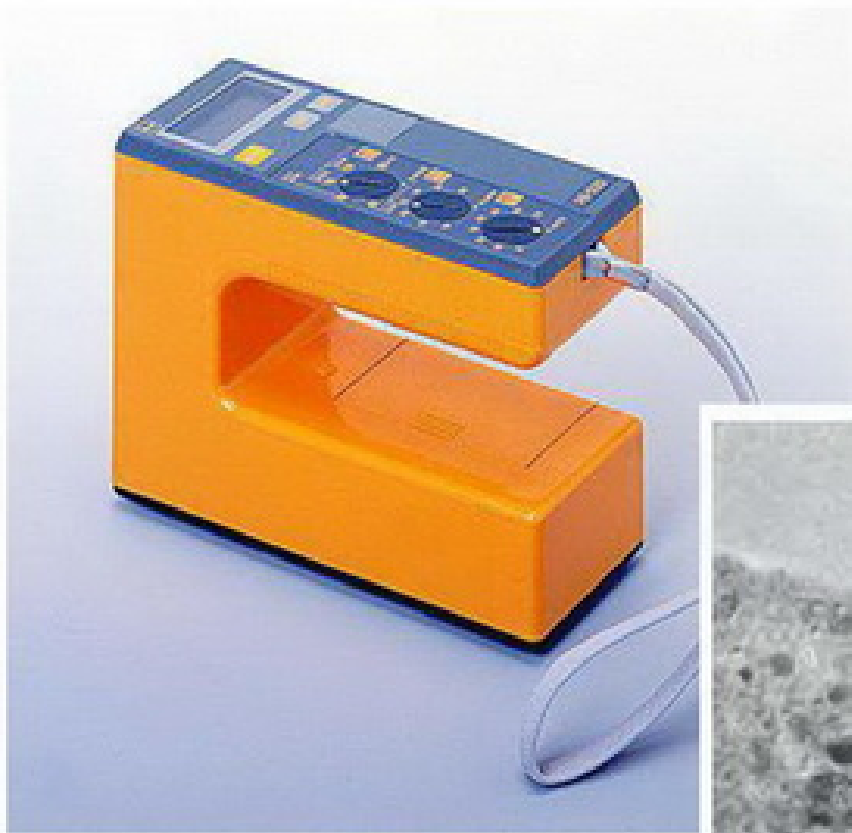


ตัวอย่างสภาพโครงสร้างที่เสียหายเนื่องจากเกลือซัลเฟต



อาคาร	ตำแหน่ง ทดสอบ	ความลึก (ม.)	% Chloride Content		% Sulfate Content	
Boiling Plant & Storage	1	1	0.0206	OK.	0.3723	No.K
		2	0.0235	OK.	0.4559	No.K
		3	0.0202	OK.	0.4632	No.K
	92	1	0.0201	OK.	0.4374	No.K
		2	0.0207	OK.	0.4965	No.K
		3	0.0254	OK.	0.4275	No.K
Boiler House	16	1	0.0178	OK.	0.4191	No.K
		2	0.0222	OK.	0.3448	No.K
		3	0.0218	OK.	0.3937	No.K
Brew House	27	1	0.0224	OK.	0.4161	No.K
		2	0.0211	OK.	0.4128	No.K
		3	0.0212	OK.	0.4278	No.K
Yeast Handling	36	1	0.0181	OK.	0.3969	No.K
		2	0.0211	OK.	0.3537	No.K
		3	0.0228	OK.	0.4137	No.K
Tank Farm	33	1	0.0088	OK.	0.1723	OK.
		2	0.0016	OK.	0.0821	OK.
		3	0.0014	OK.	0.0584	OK.
Machine House	11	1	0.0186	OK.	0.3962	No.K
		2	0.0193	OK.	0.368	No.K
		3	0.0214	OK.	0.3373	No.K

เครื่องวัดความชื้นในคอนกรีตและปูนฉาบ



ตารางแสดงค่าความชื้นในคอนกรีตสูงสื่อนหะสนกับวัสดุที่ใช้ปิดผิว (Cover Material) *

ความชื้นที่ยอมให้ สูงสุดในคอนกรีต	ชนิดของวัสดุที่ใช้ปิดผิว
85%	กระเบื้องดิน พรมไวนิล แผ่นไม้ก๊อกปูบนแผ่นฟิล์มสัฟลาสติก พรมสังเคราะห์ที่ทำจากยางหรือ PVC พรมที่ทอจากเส้นใยธรรมชาติ
90%	กระเบื้องพลาสติก พรมพลาสติก กระเบื้องลินีเลียม (Linoleum)
60%	พื้นไม้ ไม้กระดาน ปิดผิวไม้ไผ่บนแผ่นฟิล์มสัฟลาสติก
80%	กระเบื้องโกลีเซอ

* The Finnish Sisar Y. 2000 Code of Building Practice.

ตารางแสดงข้อกำหนดในการใช้วัสดุและไคระช่วงสักรับงานก่อสร้าง *

ความชื้นที่ยอมให้ สูงสุดในคอนกรีต	ชนิดของวัสดุที่ใช้ปิดผิว
80%	ไม้จริงหรือไม้ลามิเนต
80%	ระบบพื้นไวนิล
90%	วัสดุที่มีหลายชั้นอัดตัวรวมกัน (Layered Products)
85%	แผ่นพื้น Vinyl sheet
80%	แผ่นไม้ก๊อกปูไคมีกรทวเรอินที่ขึ้นสูง
85%	แผ่นไม้ก๊อกปูไคมีกรทวเรอินที่ขึ้นสูง

* Swedish HusAMA83.

อ้างอิงจาก : Concrete Floors and Moisture

Portland Cement Association (ผู้แปล)

TUMCIVIL.COM

โดยทั่วไปความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวคอนกรีตน้อยกว่า 70%
หรือ ปริมาณความชื้นในคอนกรีตน้อยกว่า 5.5% จะถือว่า
คอนกรีตแห้งแล้ว สามารถปูด้วยวัสดุปูพื้นได้



ปัญหาสีที่ทาไว้ซีดจางไม่เท่ากัน



ปัญหาสีซีดจาง

สาเหตุของปัญหา

- สีซีดจางเกิดอาจเกิดจากการใช้สีที่มีคุณภาพต่ำหรือใช้สีผิดประเภท โดยนำสีภายในไปทานนอกอาคาร
- เกิดจากการทาสีบนพื้นผิวที่มีความชื้นหรือสภาพเป็นด่างที่สูงมาก เช่น ปูนฉาบเสร็จใหม่ๆ ซึ่งสภาพความเป็นด่างสูงๆจะสามารถเกิดปฏิกิริยากับแม่สี (pigment) และทำลายแม่สีที่อยู่ในสีทำให้สีซีดจางได้
- เกิดจากการใช้เฉดสีที่ไม่ทนทานต่อรังสีUVที่อยู่ในแดดเช่นสีแดงสดหรือสีส้มสด



ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานปูนฉาบเสร็จใหม่ๆควรทำการทิ้งให้ปูนเซ็ตตัวอย่างน้อย 3-4 สัปดาห์ก่อนการทาสีเพื่อลดความชื้นและสภาพความเป็นด่างที่อยู่ในปูน เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับสีทับหน้า (วัดความชื้นในปูนต้องมีค่าน้อยกว่า14%ก่อนการทาสี)

ตรวจสอบความหนาสีโครมเหล็ก



ค่าความหนามาตรฐานของล็กัณสนิม

สีรองพื้น เรดออกไซด์

-

ชนิด	แอลคิเดเรซินแห้งโดยธรรมชาติ ๗ อุณหภูมิปกติ
สี	แดง
ความเงา	กึ่งเงา กึ่งด้าน – ด้าน
เนื้อสี (โดยน้ำหนัก)	ประมาณ 76%
เนื้อสี (โดยปริมาตร)	ประมาณ 45%
ความหนาของฟิล์มสีเมื่อแห้ง	ประมาณ 40 ไมครอน หรือ 1.6 มิล
ความหนาของฟิล์มสีเมื่อเปียก	ประมาณ 89 ไมครอน หรือ 3.5 มิล
เนื้อที่ทำได้ (ตามทฤษฎี)	เมื่อฟิล์มสีเปียกประมาณ 89 ไมครอน จะทำได้เนื้อที่ประมาณ 42 ตารางเมตร ต่อ ยูเอส แกลลอน
เนื้อที่ทำได้ (ในทางปฏิบัติ)	ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานและพื้นผิวที่ทำา จะได้เนื้อที่ประมาณ 33 ตารางเมตร ต่อ ยูเอส แกลลอน

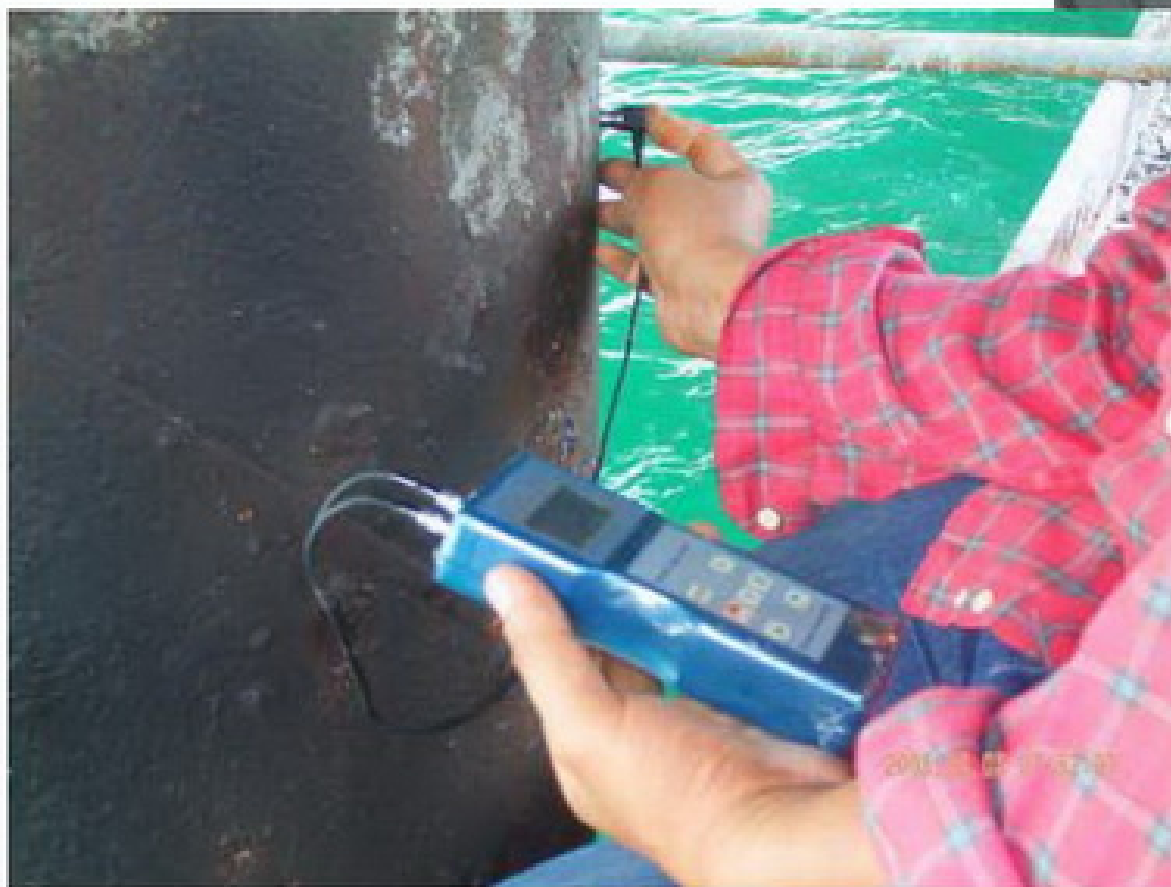
ค่าความหนามาตรฐานของสื่ทับหน้า

ขั้นตอนการใช้สี	ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนเที่ยว	ความหนา	ปกคลุมพื้นที่	สารเจือจาง	เวลาแห้งทาทับ	ชนิดเครื่องมือ
สีรองพื้น	ริสท์เทค	1	100-200	33-16	ทินเนอร์ เบอร์ 31 ประมาณ 0-10%	อย่างน้อย 8 ชม.	เครื่องพ่น ลูกกลิ้ง แปรง
สีทับหน้า	อีโพอการ์ด อีนาเมล (สำหรับภายใน)	2	40-60	51-34	ทินเนอร์ เบอร์ 31 ประมาณ 0-10%	อย่างน้อย 8 ชม.	
	ทีโอปการ์ด (สำหรับภายนอก)	2	50-75	42-28	ทินเนอร์ เบอร์ 43 ประมาณ 0-10%	อย่างน้อย 2 ชม.	
รวม		3	180-350				

ค่าความหนาสีที่ตรวจวัดได้

จุดที่	ตำแหน่ง 1	ตำแหน่ง 2	ตำแหน่ง 3	ค่าเฉลี่ย (ไมครอน)
1	73.6	80.6	74.9	76.37
2	49.3	80.9	58.5	62.90
3	53.7	57.5	56.2	55.80
4	47.4	51.7	36.5	45.20
5	56.6	69.6	70.7	65.63

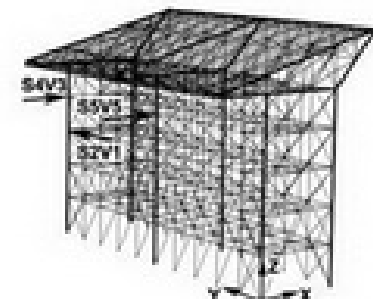
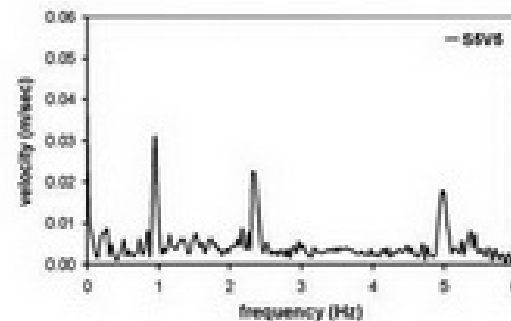
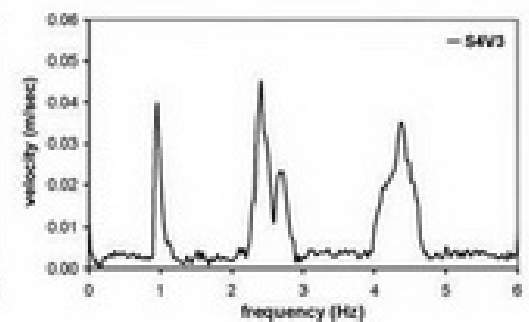
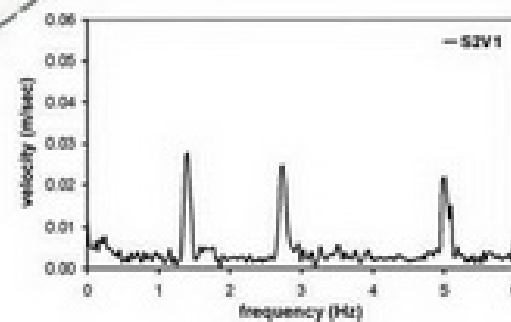
ตรวจสอบความหนาโครงสร้างเหล็ก



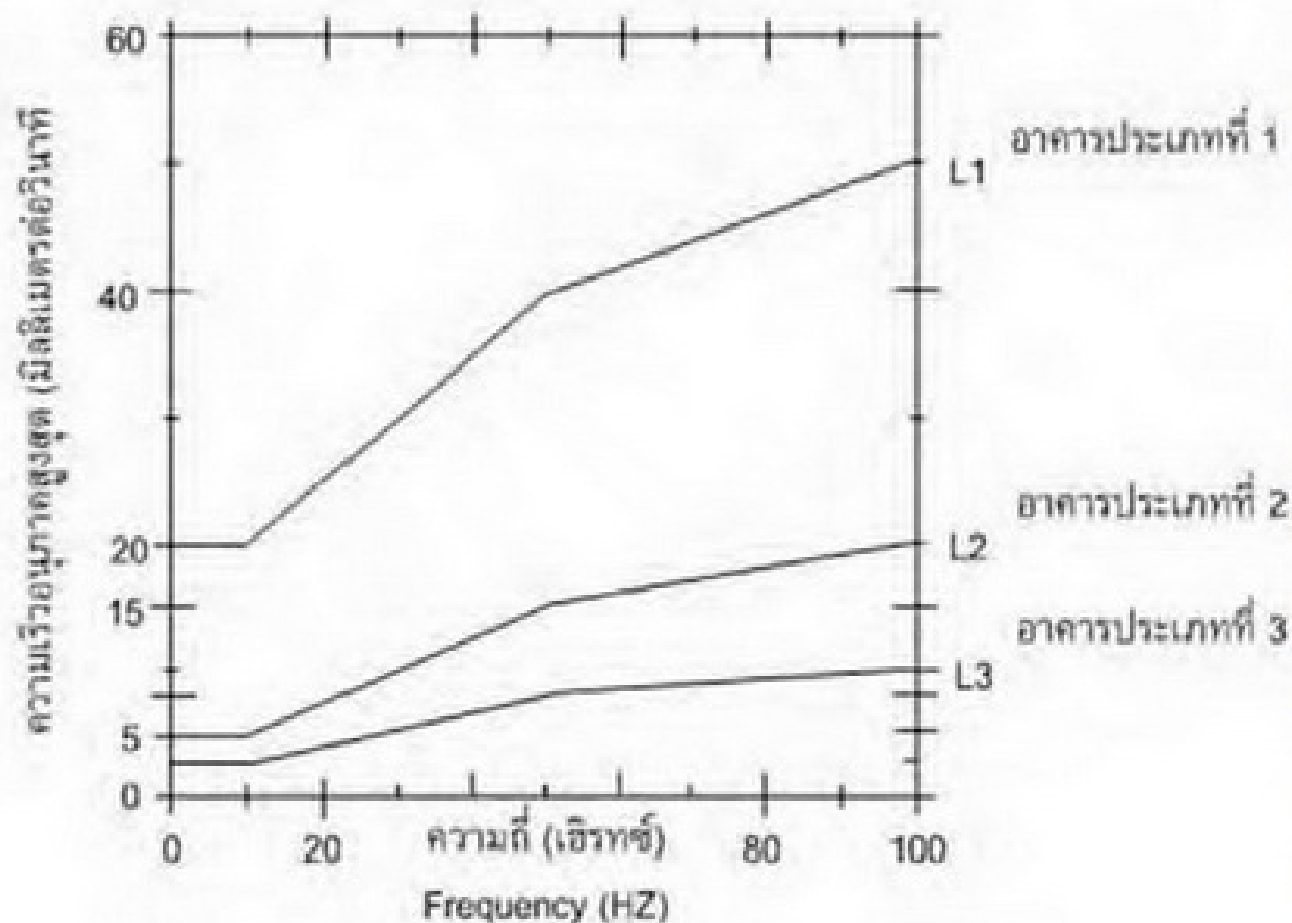
ค่าความหนาของเหล็กโครงสร้างคาน

ลำดับ	ชนิดโครงสร้าง	ค่าความหนา ที่ระบุในแบบ	ค่าความหนา ที่ตรวจสอบได้
1	Pipe 139.8	4.5	4.5
2	Pipe 89.1	3.2	3.0
3	Pipe 76.3	3.2	3.0

Vibration Monitoring



มาตรฐานความสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันผลกระทบต่ออาคาร



อาคารประเภทที่ 1

เช่น อาคารโรงงาน อาคารพาณิชย์
อาคารสาธารณะ อาคารขนาดใหญ่

อาคารประเภทที่ 2

เช่น อาคารที่อยู่อาศัย อาคารชุด
หอพัก โรงพยาบาล สถานศึกษา

อาคารประเภทที่ 3

ได้แก่ โบราณสถานหรือสิ่งปลูก
สร้างที่ไม่มั่นคงแข็งแรงแต่มีคุณค่า
ทางวัฒนธรรม

มาตรฐานความสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันผลกระทบต่ออาคาร

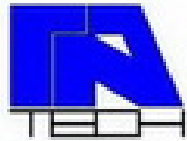
อาคาร ประเภทที่	จุดตรวจวัด	ความถี่ (เฮิรตซ์)	ความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน (มิลลิเมตรต่อวินาที)	
			ความสั่นสะเทือน กรณีที่ ๑	ความสั่นสะเทือน กรณีที่ ๒
๑	๑.๑ ฐานรากหรือชั้นล่างของอาคาร	$f \leq ๑๐$	๒๐	-
		$๑๐ < f \leq ๕๐$	$๐.๕ f + ๑.๕$	
		$๕๐ < f \leq ๑๐๐$	$๐.๒ f + ๓๐$	
		$f > ๑๐๐$	๕๐	
	๑.๒ ชั้นบนสุดของอาคาร	ทุกความถี่	๔๐'	๑๐'
	๑.๓ พื้นอาคารในแต่ละชั้น	ทุกความถี่	๒๐''	๑๐''
๒	๒.๑ ฐานรากหรือชั้นล่างของอาคาร	$f \leq ๑๐$	๕	-
		$๑๐ < f \leq ๕๐$	$๐.๒๕ f + ๒.๕$	
		$๕๐ < f \leq ๑๐๐$	$๐.๑ f + ๑๐$	
		$f > ๑๐๐$	๒๐	
	๒.๒ ชั้นบนสุดของอาคาร	ทุกความถี่	๑๕'	๕'
	๒.๓ พื้นอาคารในแต่ละชั้น	ทุกความถี่	๒๐''	๑๐''
๓	๓.๑ ฐานรากหรือชั้นล่างของอาคาร	$f \leq ๑๐$	๓	-
		$๑๐ < f \leq ๕๐$	$๐.๑๒๕ f + ๑.๗๕$	
		$๕๐ < f \leq ๑๐๐$	$๐.๐๔ f + ๖$	
		$f > ๑๐๐$	๑๐	
	๓.๒ ชั้นบนสุดของอาคาร	ทุกความถี่	๘'	๒.๕'
	๓.๓ พื้นอาคารในแต่ละชั้น	ทุกความถี่	๒๐''	๑๐''

“ความสั่นสะเทือน
กรณีที่ ๑” หมายความว่า
ความสั่นสะเทือนที่
ไม่ทำให้เกิดการล้า
และการสิ้นพังของ
โครงสร้างอาคาร

“ความสั่นสะเทือน
กรณีที่ ๒”
หมายความว่า ความ
สั่นสะเทือนที่ทำให้
เกิดการล้าหรือ
การสิ้นพังของ
โครงสร้างอาคาร

Damage to Buildings and Reaction of People at Various Vibration Levels (after WHIFFIN & LEONARD, 1971)

Peak Particle Velocity mm/sec	Effect on Buildings	Human Reaction
0 to 0.15	Vibration unlikely to cause damage of any type	Imperceptible by people
0.15 to 0.3	Vibration unlikely to cause damage of any type	Threshold of perception
2.0	Recommended upper level of vibration to which ruins and ancient monuments should be subjected.	Vibrations perceptible
2.5	Virtually no risk of "architectural" damage to normal buildings.	Levels at which continuous vibrations begin to annoy people
5.0	Threshold at which there is a risk of "architectural" damage to normal dwelling houses with plastered walls and ceilings.	Vibrations annoying people in buildings
10 - 15	Would cause "architectural" damage and possibly minor structural damage.	Vibrations considered unpleasant by people subjected to continuous vibrations.

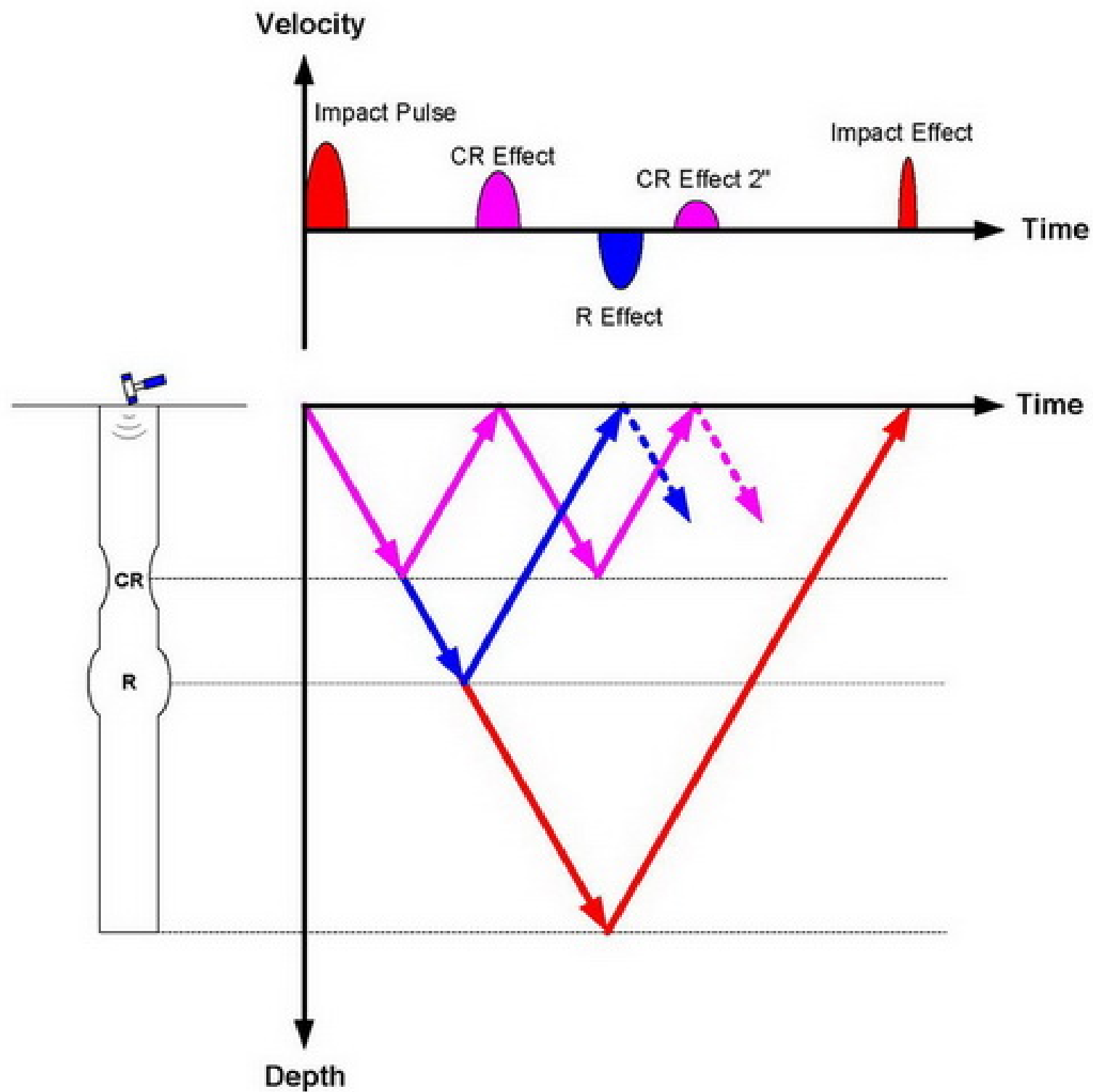


T.A.TECH Co., Ltd.

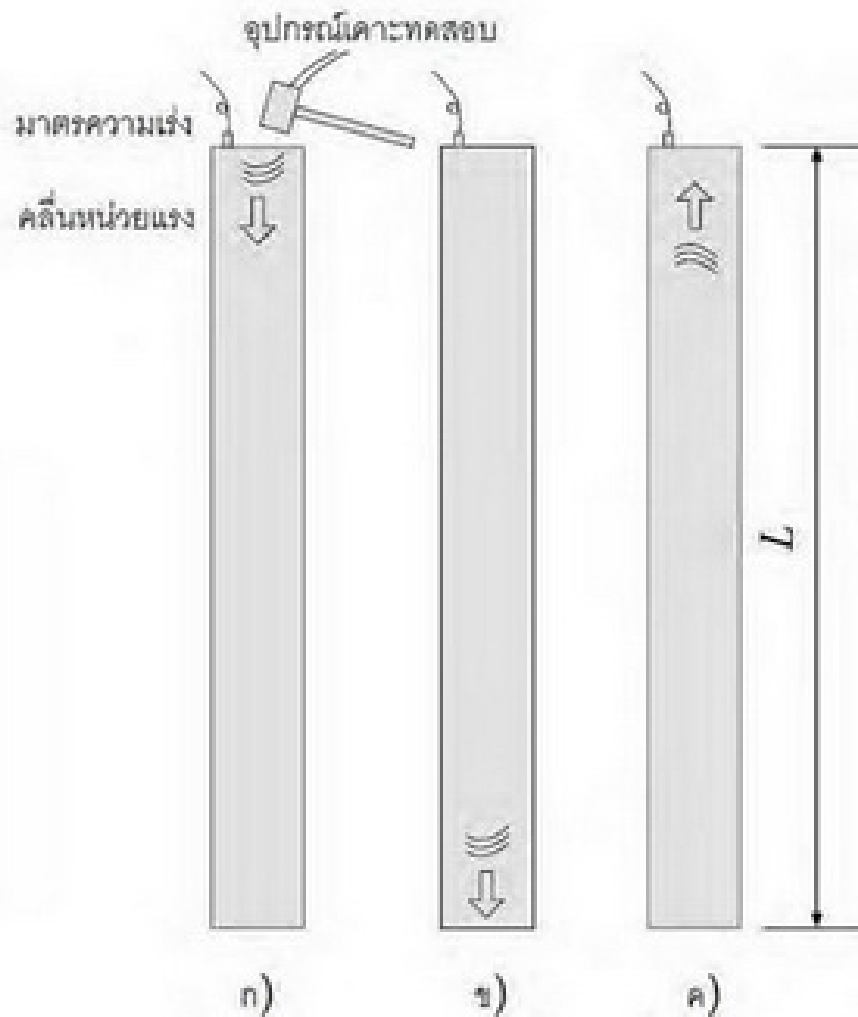
www.tatech2006.com

งานตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม

โดยวิธี Seismic test

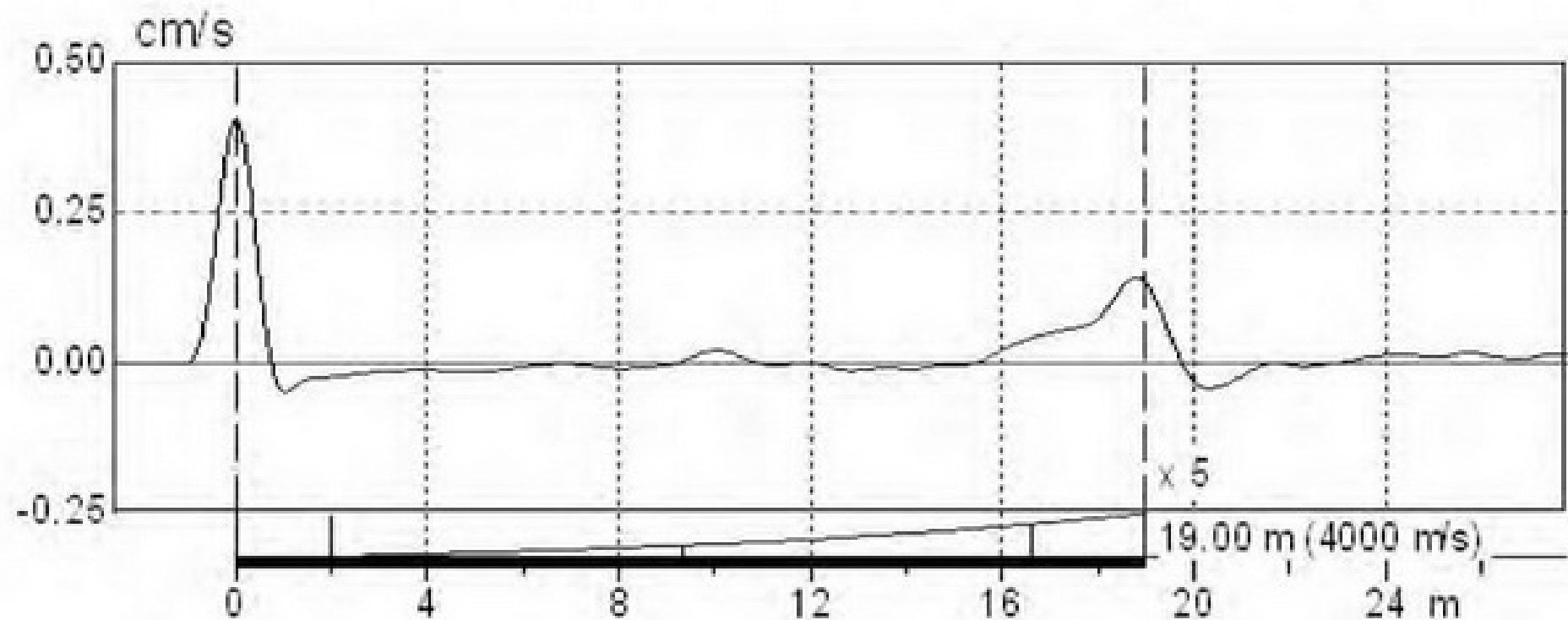


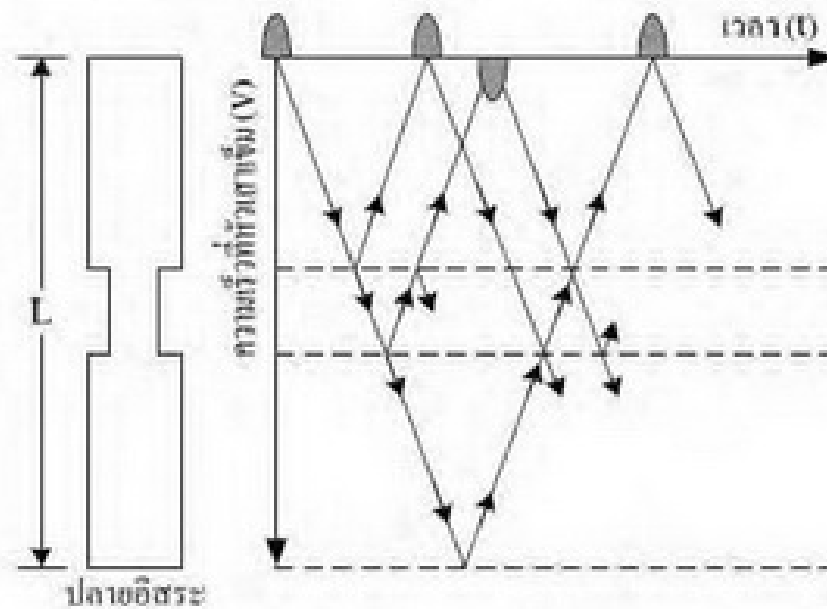
ลักษณะการเดินทางของคลื่นหน่วยแรงในเสาเข็มที่สมบูรณ์



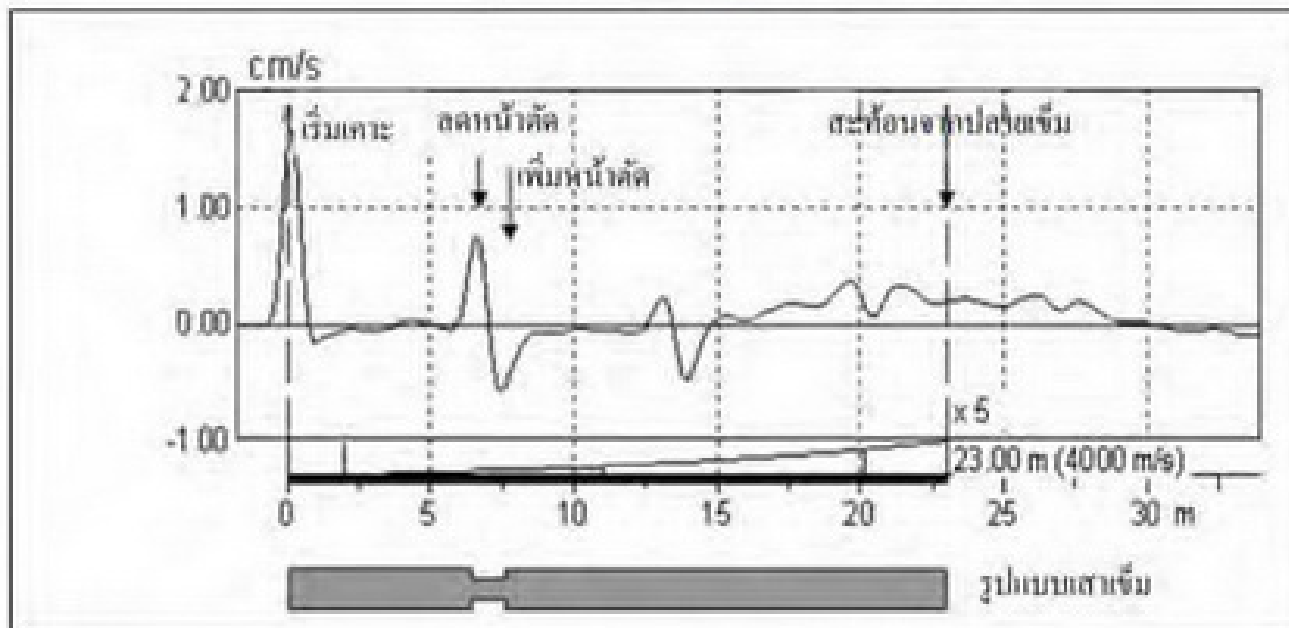
- ก) คลื่นหน่วยแรงเริ่มเดินทางจากหัวเสาเข็ม
- ข) คลื่นหน่วยแรงเดินทางถึงปลายเสาเข็มและสะท้อนกลับที่เวลา L / c
- ค) คลื่นสะท้อนเดินทางกลับถึงหัวเสาเข็มที่เวลา $2L / c$

ตัวอย่างของค่าที่วัดได้จากหัววัดสัญญาณกรณีเสาเข็มมีสภาพสมบูรณ์



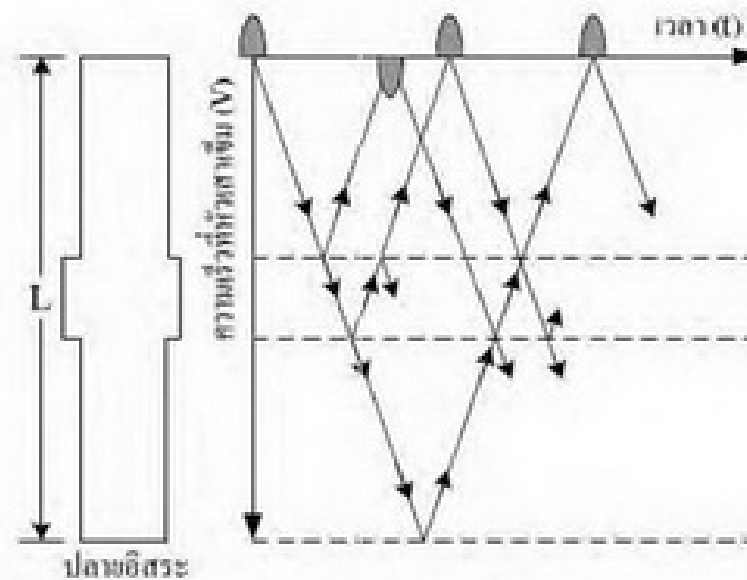


(ก) การเดินทางของคลื่นทดสอบ

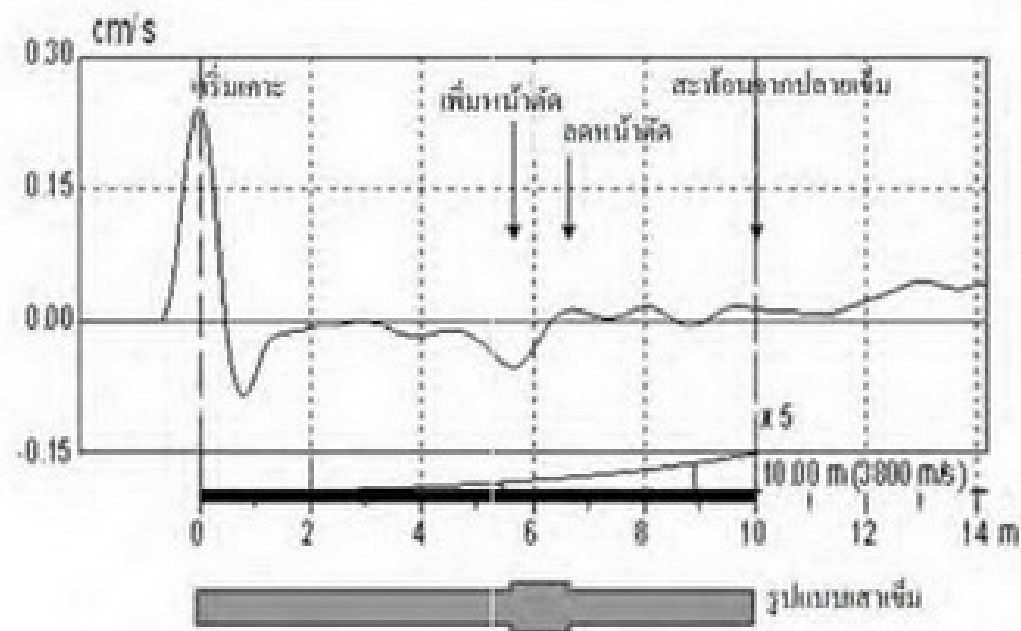


(ข) รูปแบบคลื่นและการแปลความหมาย

อ้างอิงจาก มยผ. TUMCIVIL.COM

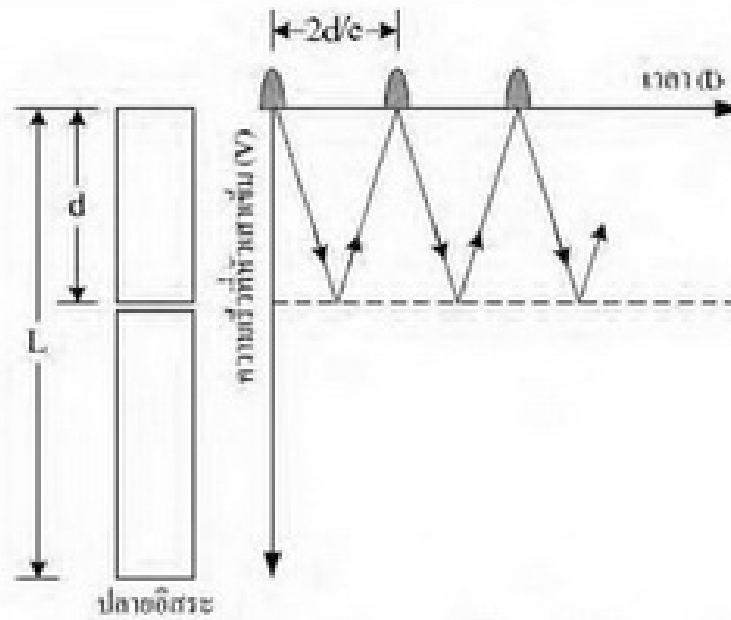


(ก) การเดินทางของคลื่นทดสอบ

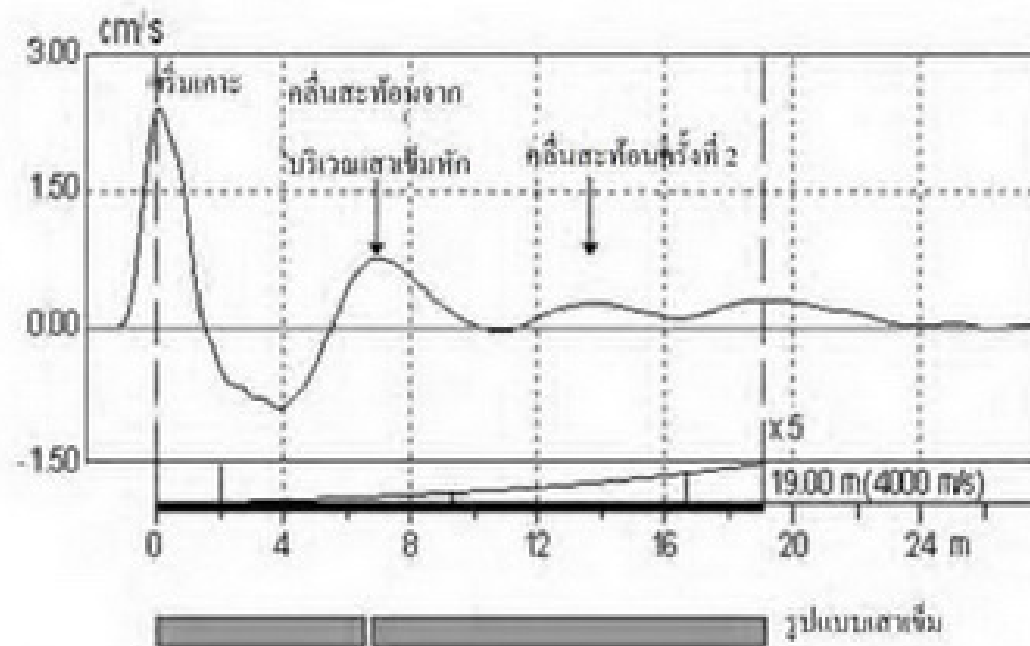


(ข) รูปแบบคลื่นและการแปลความหมาย

อ้างอิงจาก มยผ. TUMCIVIL.COM



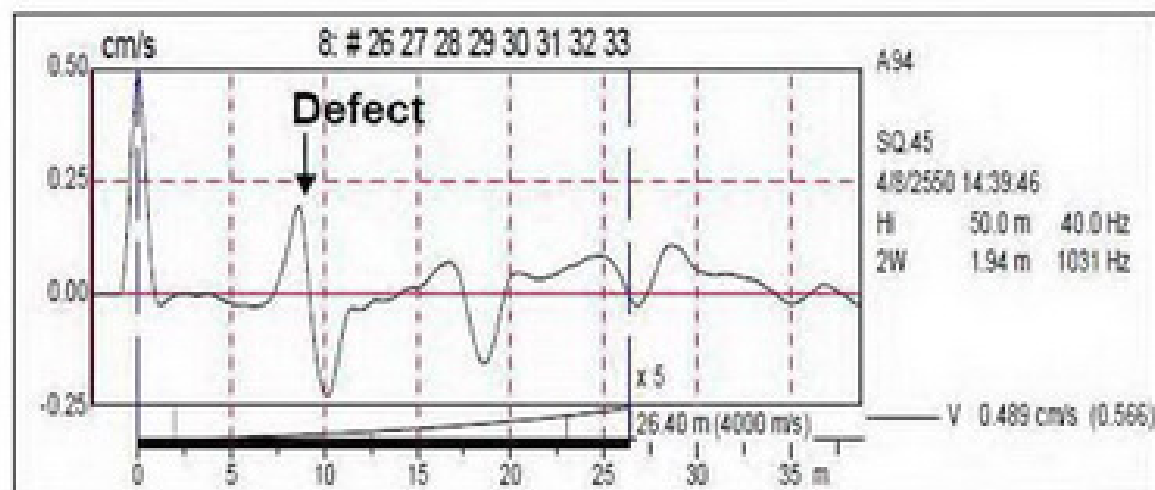
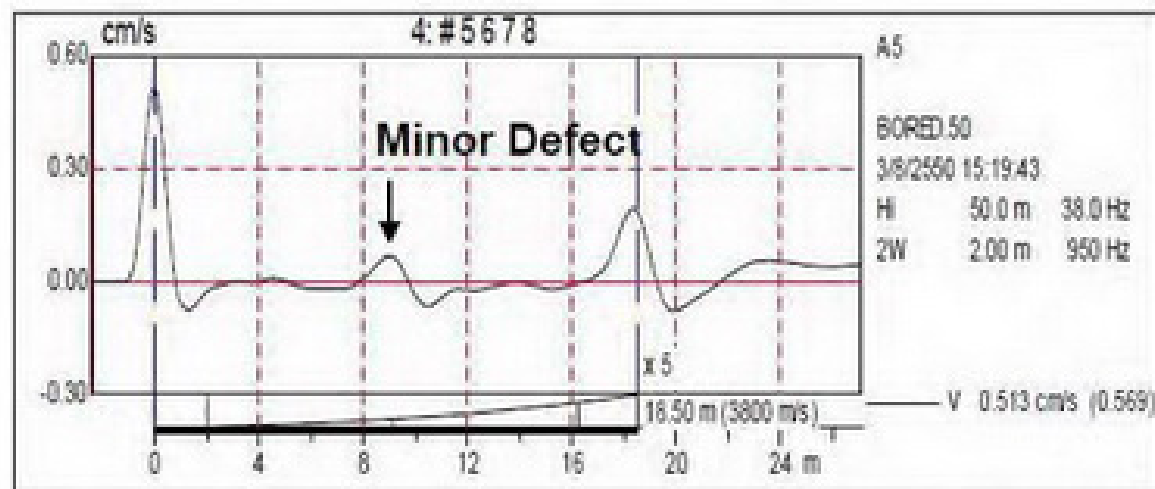
(ก) การเดินทางของคลื่นทดสอบ



(ข) รูปแบบคลื่นและการแปลความหมาย

อ้างอิงจาก มยผ. TUMCIVIL.COM

ตัวอย่างผลที่ได้จากการทดสอบ Seismic

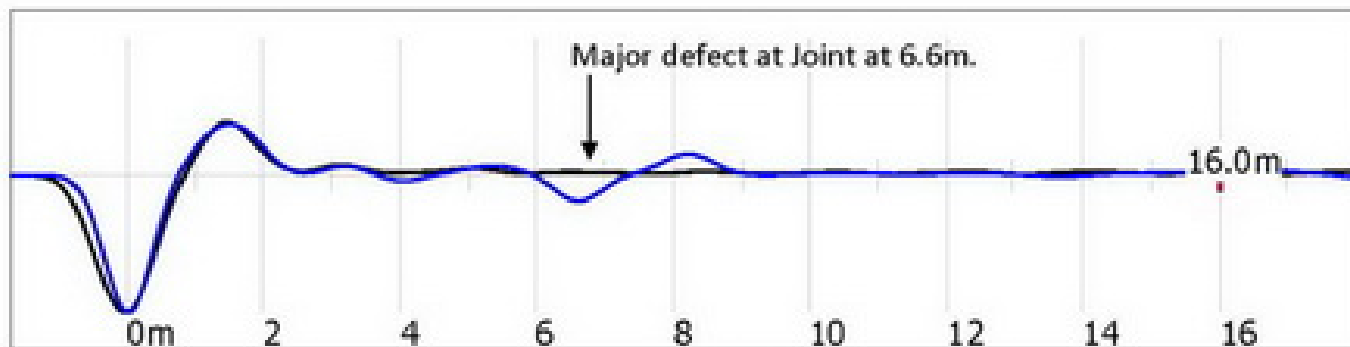


อ้างอิงจาก บริษัท เอส ที เอส อินสตรูเม้นท์ จำกัด
TUMCIVIL.COM

ดัชนีแสดงสภาพความสมบูรณ์ หรือ ค่าเบต้า, β

ค่าเบต้า, β	สภาพของเสาเข็ม
0.90 – 1.0	สมบูรณ์
0.80 – 0.90	เสียหายเล็กน้อย
0.60 – 0.80	เสียหาย
ต่ำกว่า 0.60	เสาเข็มหัก

ตัวอย่างผลการทดสอบเสาเข็มที่เสียหาย



Match quality: 78%

ข้อจำกัดของการทดสอบ Seismic Test

- ไม่สามารถตรวจสอบเสาเข็มที่มีการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลดลงหรือเพิ่มขึ้นที่เล็กน้อย หรือตลอดช่วงความยาวเข็มได้
- เสาเข็มที่มีความยาวมาก ๆ ค่าแรงเสียดทานผิวของดิน (Skin Friction) อาจทำให้สัญญาณเปลี่ยนแปลงไป
- สัญญาณสะท้อนปลายเสาเข็ม อาจตรวจสอบไม่พบหรือไม่ชัดเจน หากความยาวเสาเข็มมากกว่า 30 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม
- ไม่เหมาะสมในการตรวจเสาเข็มหลายท่อนต่อ
- ผลการทดสอบไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มแต่อย่างใด และไม่สามารถบอกถึงการเอียงตัวของเสาเข็มทดสอบได้
- เสาเข็มที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดอย่างมาก อาจไม่สามารถตรวจสอบเสาเข็มส่วนล่างลงไปได้อีก เนื่องจากสัญญาณส่วนใหญ่เกิดสะท้อนกลับ



TOE



INCLUSION



CRACK



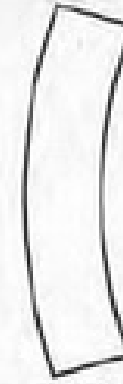
JOINT



GRADUALLY
INCREASING
DIAMETER



GRADUALLY
DECREASING
DIAMETER



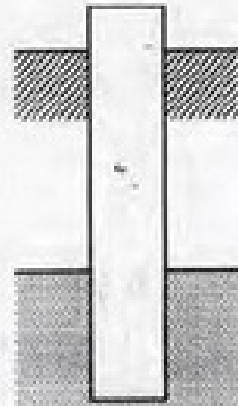
CURVED
FORM



INCREASE
IN



DECREASE
IN



SOIL LAYER
CHANGES



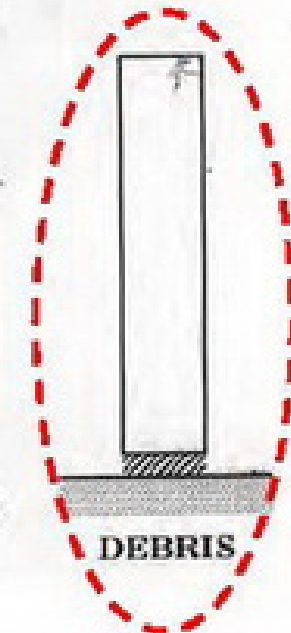
MATERIAL
CHANGES



SMALL
INCLUSIONS



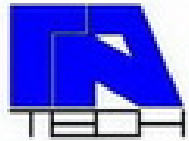
LOCAL LOSS
OF COVER



DEBRIS

ตรวจสอบด้วย **Seismic Test** ได้

ตรวจสอบด้วย **Seismic Test** ไม่ได้



T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

การประเมินค่าความยาวเสาเข็ม

โดยวิธี Seismic test

ค่าความยาวของเสาเข็มที่ได้จากวิธี **Seismic test** นั้น
เป็นการประมาณค่าในเบื้องต้นอย่างหยาบๆ เนื่องจากค่า
ความยาวที่คำนวณโดยวิธีนี้จะได้จาก

สูตร $S = v \cdot t$ โดยที่

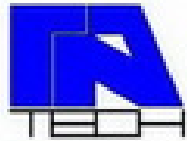
S = ระยะทางหรือความยาวเสาเข็ม, เมตร

v = ความเร็วของคลื่นที่วิ่งผ่านเสาเข็ม, เมตร/วินาที

t = ระยะเวลาที่คลื่นวิ่งผ่านเสาเข็ม, วินาที

ชนิดของเสาเข็ม	ค่าความเร็วคลื่น, เมตร/วินาที
เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง	4000 – 4400
เสาเข็มเจาะหล่อในที่	3600 – 4000
เสาเข็มเหล็ก	5000

- ผลการวิจัยในต่างประเทศ สรุปไว้ว่าค่าสะท้อนกลับที่ปลายเสาเข็มจะปรากฏให้เห็นชัดเมื่อเสาเข็มมีความยาวน้อยกว่า 30 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม
- ดังนั้นถ้าเสาเข็มมีขนาดหน้าตัด 0.30 เมตร ก็จะสามารถวิเคราะห์ได้แม่นยำเมื่อเสาเข็มยาวไม่เกิน 9 เมตร เท่านั้น



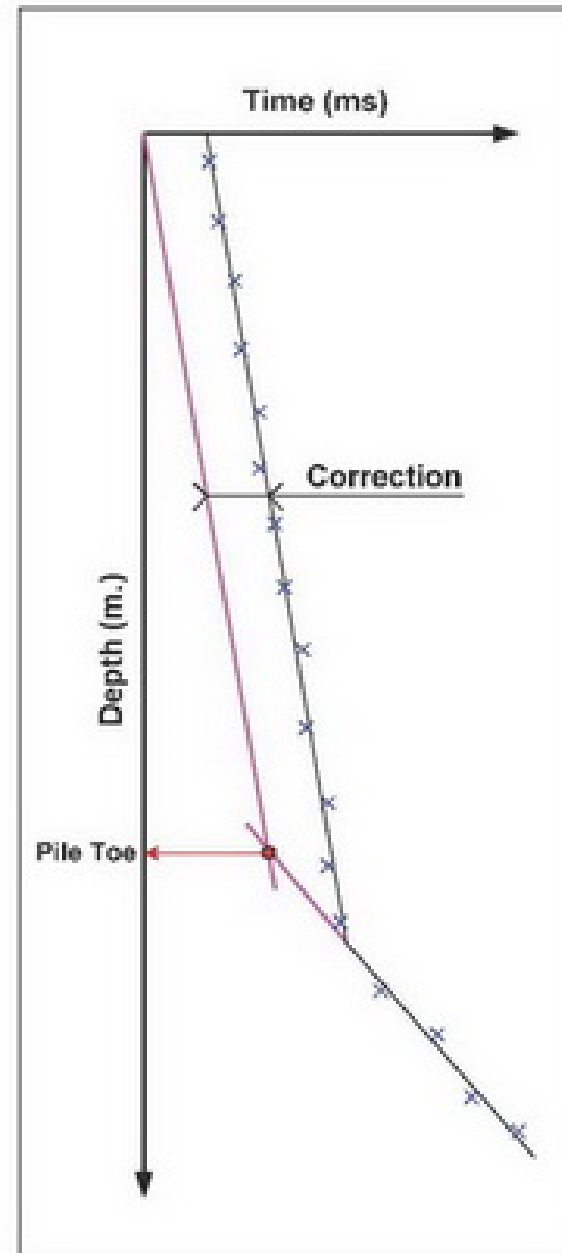
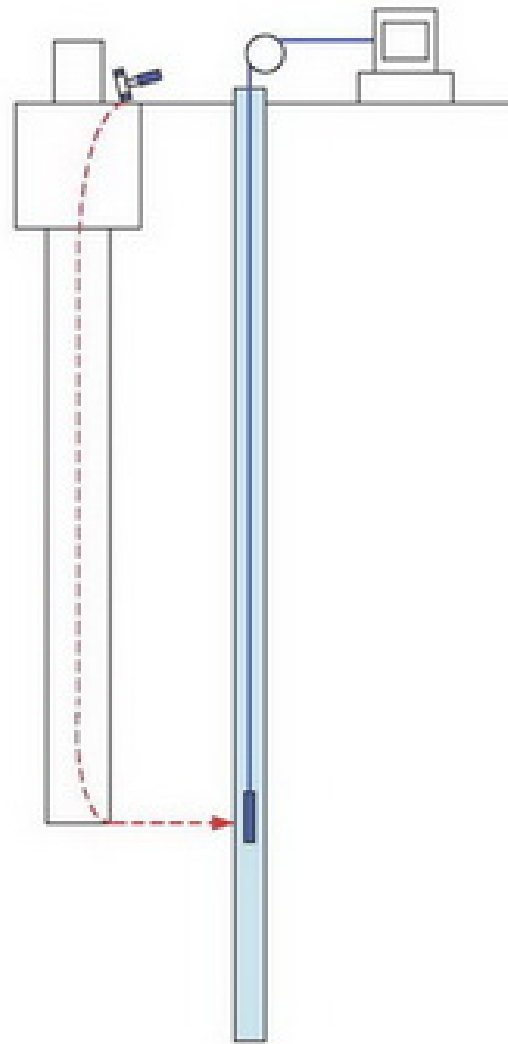
T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานตรวจสอบความยาวเสาเข็ม

โดยวิธี Parallel Seismic Test

Parallel Seismic Test

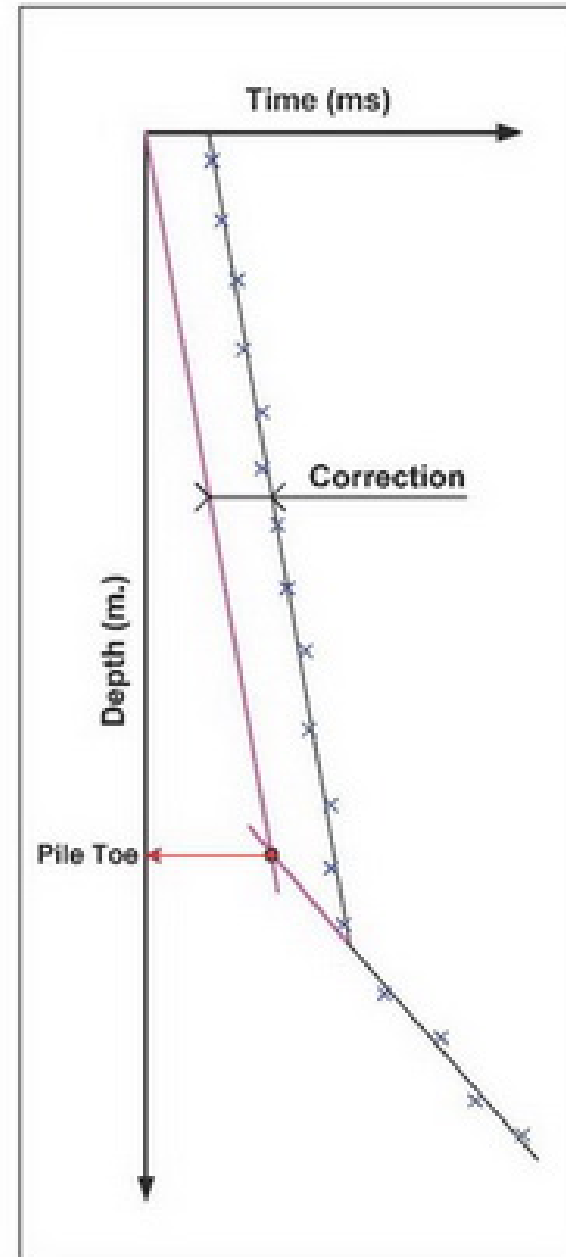
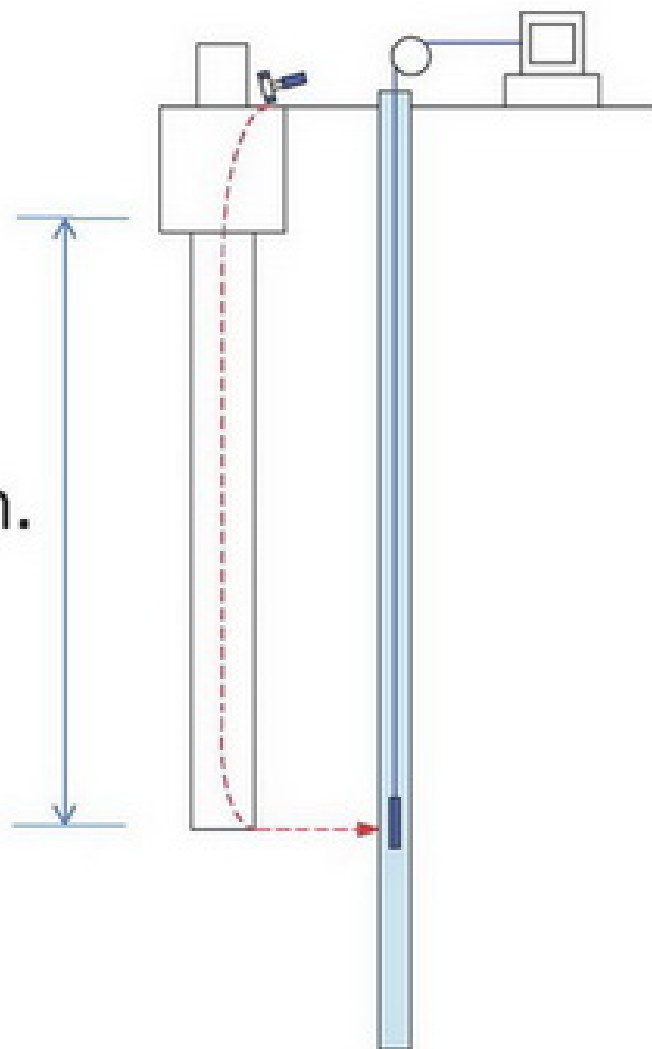


ตรวจสอบความยาวเสาเข็มด้วยวิธี Parallel Seismic Test



หลักการทดสอบเพื่อหาความยาวของเสาเข็มด้วยวิธี Parallel Seismic Test

16-17 m.



การทดสอบ Parallel Seismic Test





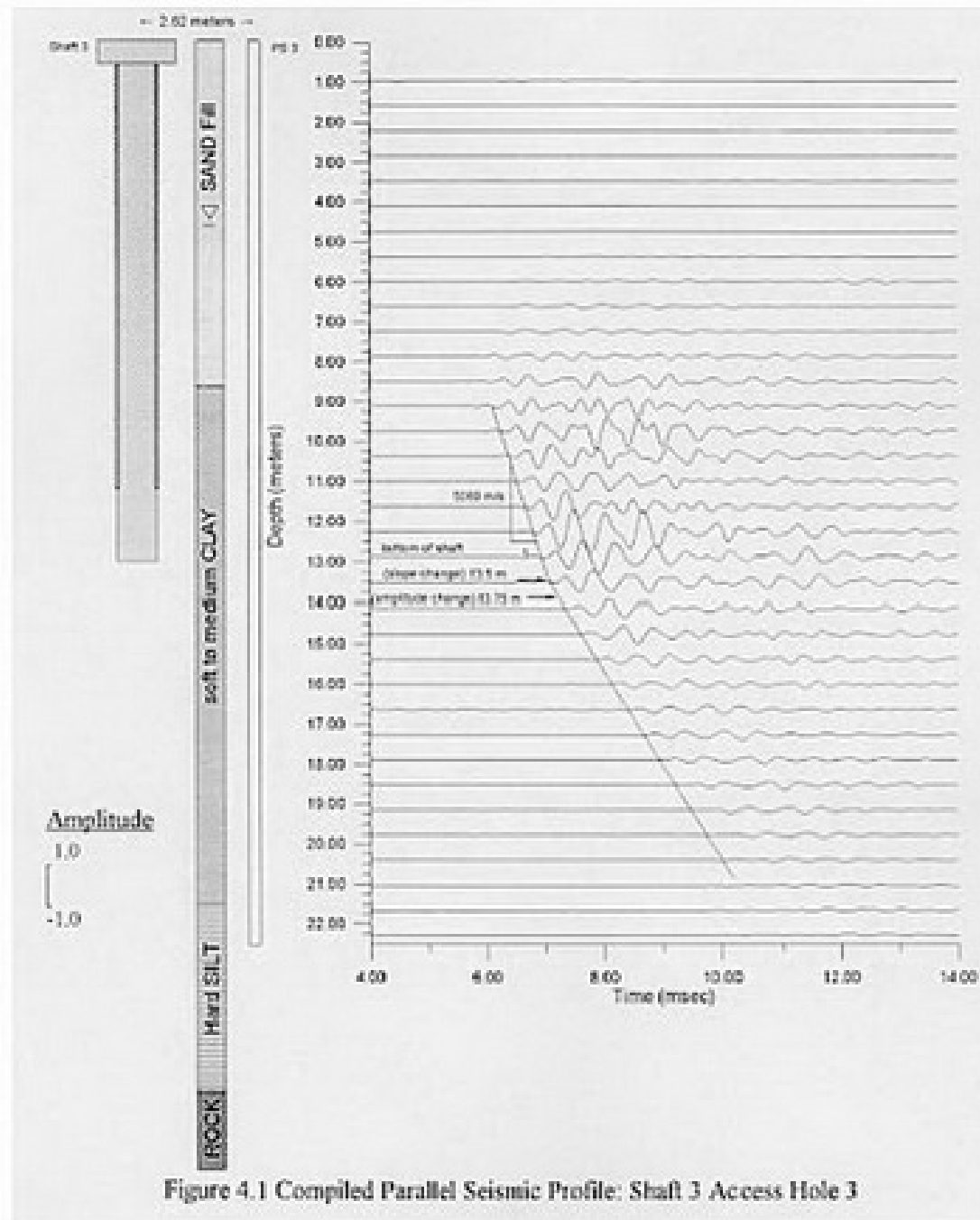
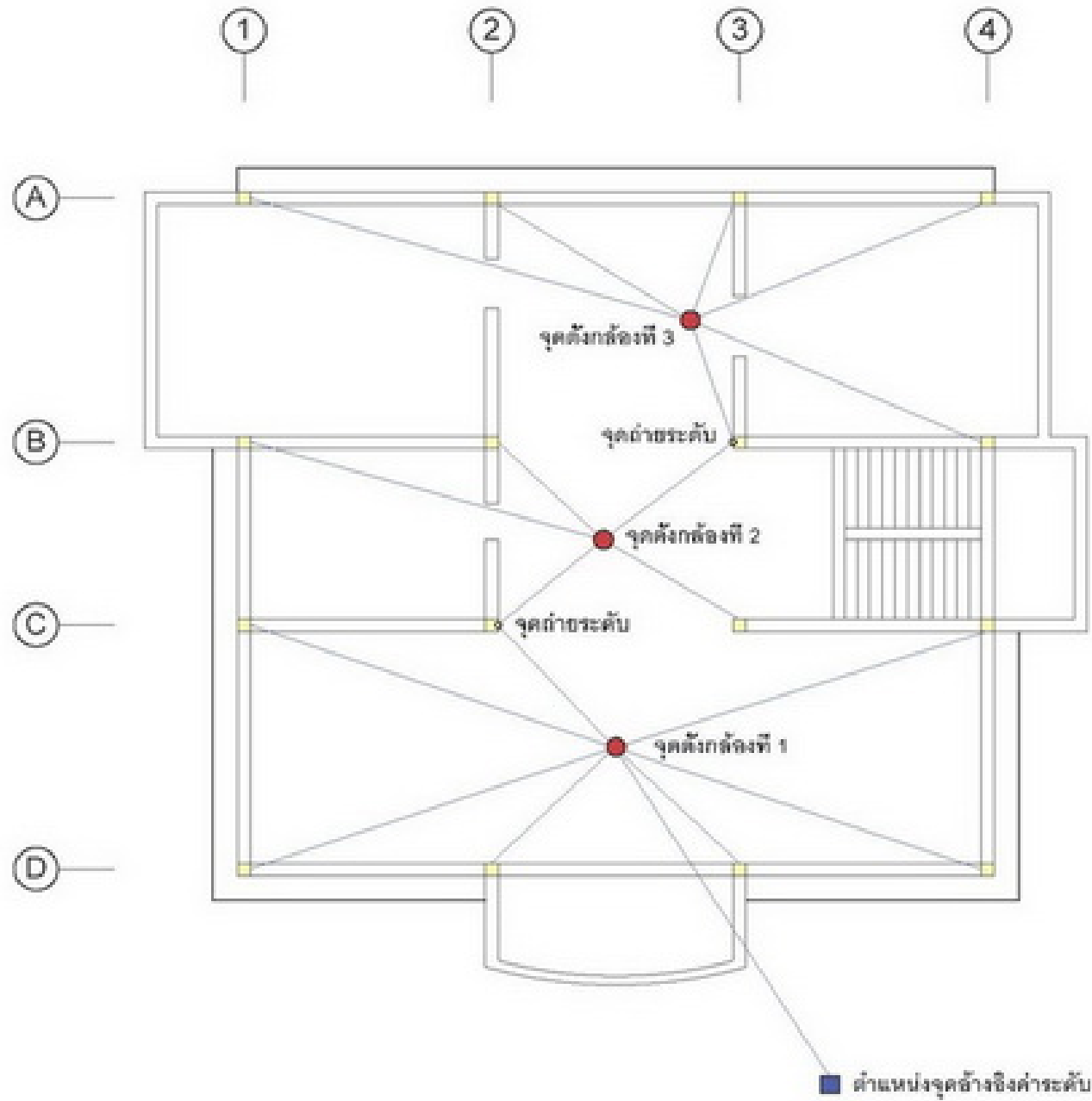


Figure 4.1 Compiled Parallel Seismic Profile: Shaft 3 Access Hole 3

การตรวจวัดระดับการทรุดตัวเปรียบเทียบกับหมุด อ้างอิงด้วยกล้องระดับ

- การตรวจวัดด้วยวิธีนี้ เป็นการตรวจวัดระดับที่จุดต่างๆของอาคารเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิง (Reference Point) หรือหมุดระดับหลักฐาน (Bench Mark) ซึ่งจุดอ้างอิงนี้ควรเป็นจุดที่ถือว่าไม่มีการทรุดตัวและอยู่นอกอาคาร เช่น ตึกหรืออาคารสูงที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากโครงสร้างของอาคารเหล่านี้ตั้งอยู่บนฐานรากที่เป็นเสาเข็มยาว และอยู่ในชั้นดินแข็ง แต่หากไม่สามารถหาได้ ก็สามารถใช้เสาต้นใดต้นหนึ่งในอาคารเป็นจุดอ้างอิงแทนได้ ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าการทรุดตัวสัมพัทธ์กับอาคาร (Relative Settlement)



การทำระเบียบการทวัดตัว

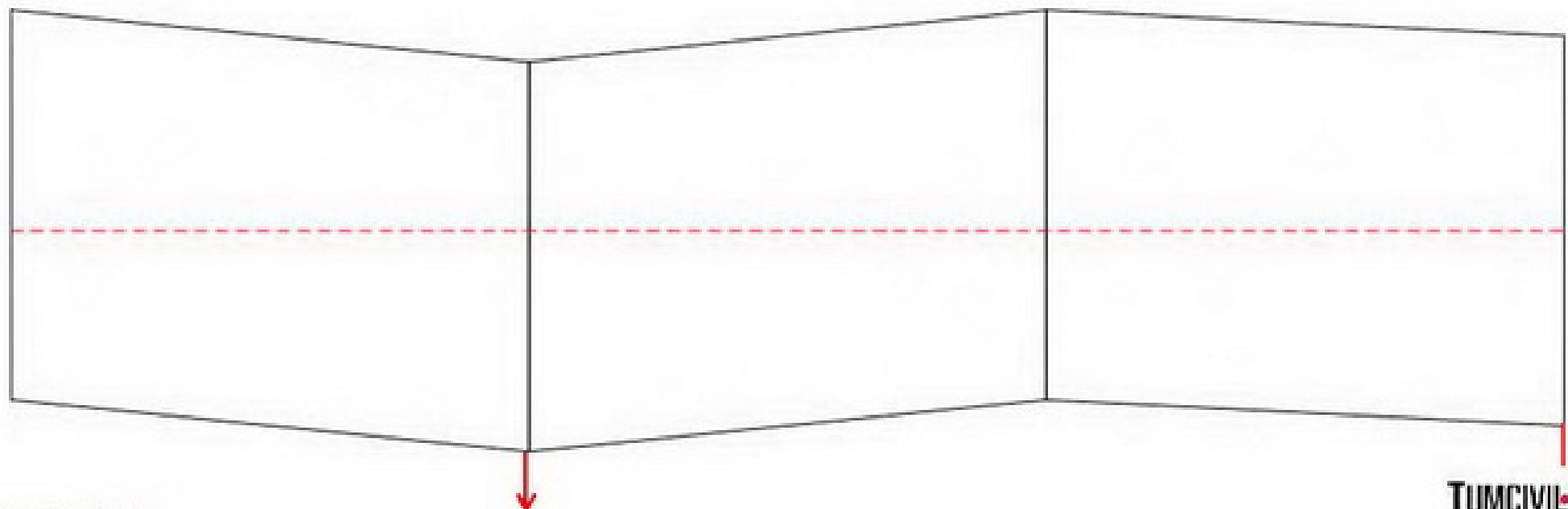
- ทำการเขียนแบบแปลนโครงสร้าง แสดงตำแหน่งเสาและขนาดความกว้างแต่ละช่วงของอาคารขึ้นมาก่อน
- ตรวจวัดค่าระดับพื้นหรือท้องคานหรือฝ้า ที่ตำแหน่งของเสาแต่ละต้น โดยค่าระดับที่ได้จะต้องมีการทค่าความแตกต่าง อันเนื่องมาจากความต่างระดับทางสถาปัตย์ไว้เรียบร้อยแล้ว เช่น หากวัดในพื้นที่ห้องน้ำที่มีการลดระดับพื้นต่ำกว่าปกติ 10 ซม. ซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่มากกว่าปกติ 10 ซม. ดังนั้นจะต้องลบค่าระดับที่วัดได้ทิ้งไป 10 ซม. เพื่อให้ได้ค่าระดับที่ถูกต้อง
- นำข้อมูลค่าระดับที่วัดได้มาจัดเรียงกัน แล้วใช้ค่าต่ำสุดเป็นเกณฑ์ ลบค่าระดับที่จุดอื่นทุกตำแหน่งออกด้วยค่าต่ำสุด จะได้ว่าที่จุดที่มีค่าระดับต่ำสุด มีค่าระดับเท่ากับศูนย์
- ทำการคูณค่าระดับที่เหลือทุกค่าด้วย -1 เพื่อเปลี่ยนค่าระดับที่ได้เป็นค่าของการทวัดตัว
- นำข้อมูลทั้งหมดมาวาดรูประเบียบการทวัดตัว โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถวาดรูปสามมิติได้ เช่น AutoCAD

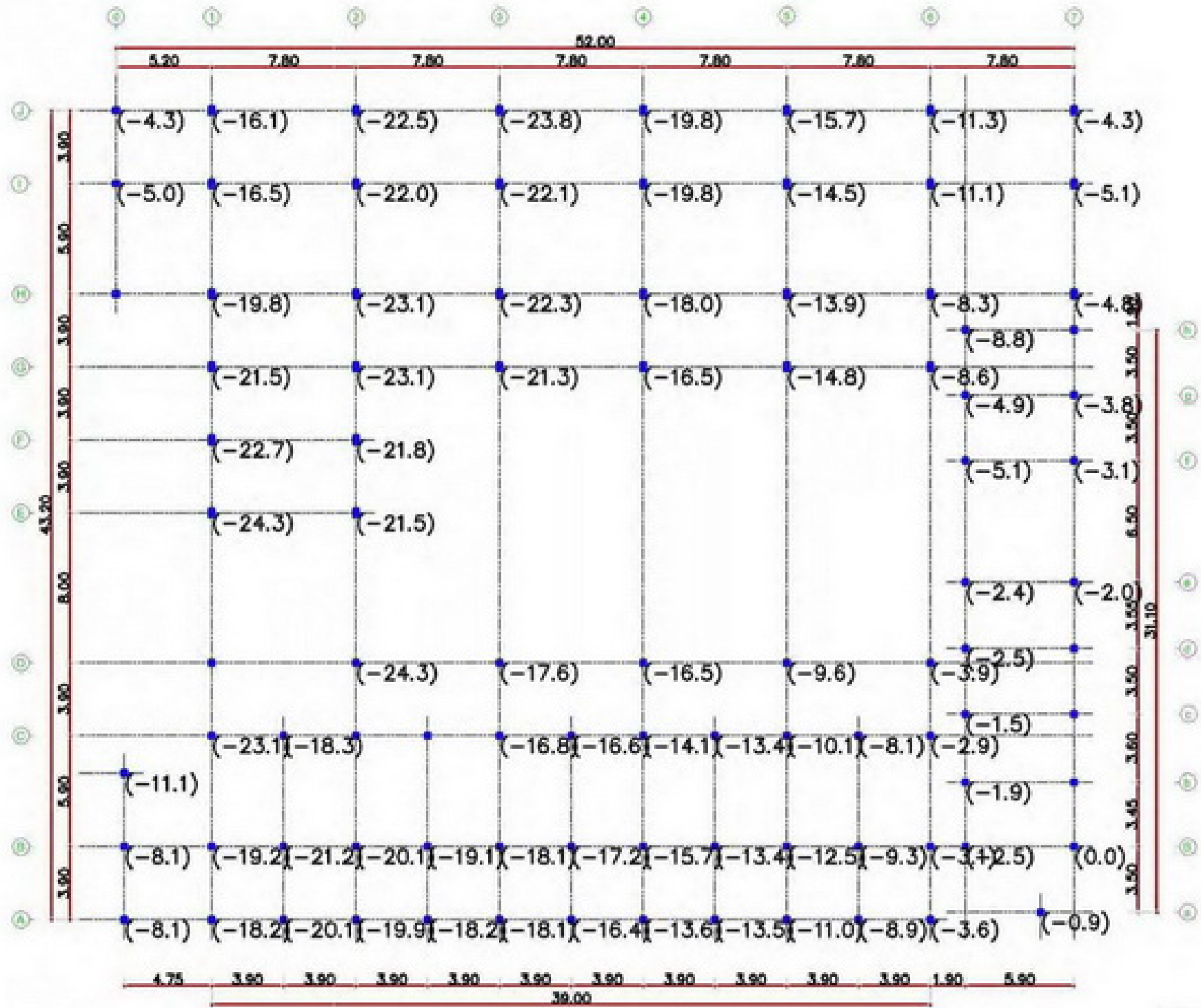
Leveling Survey

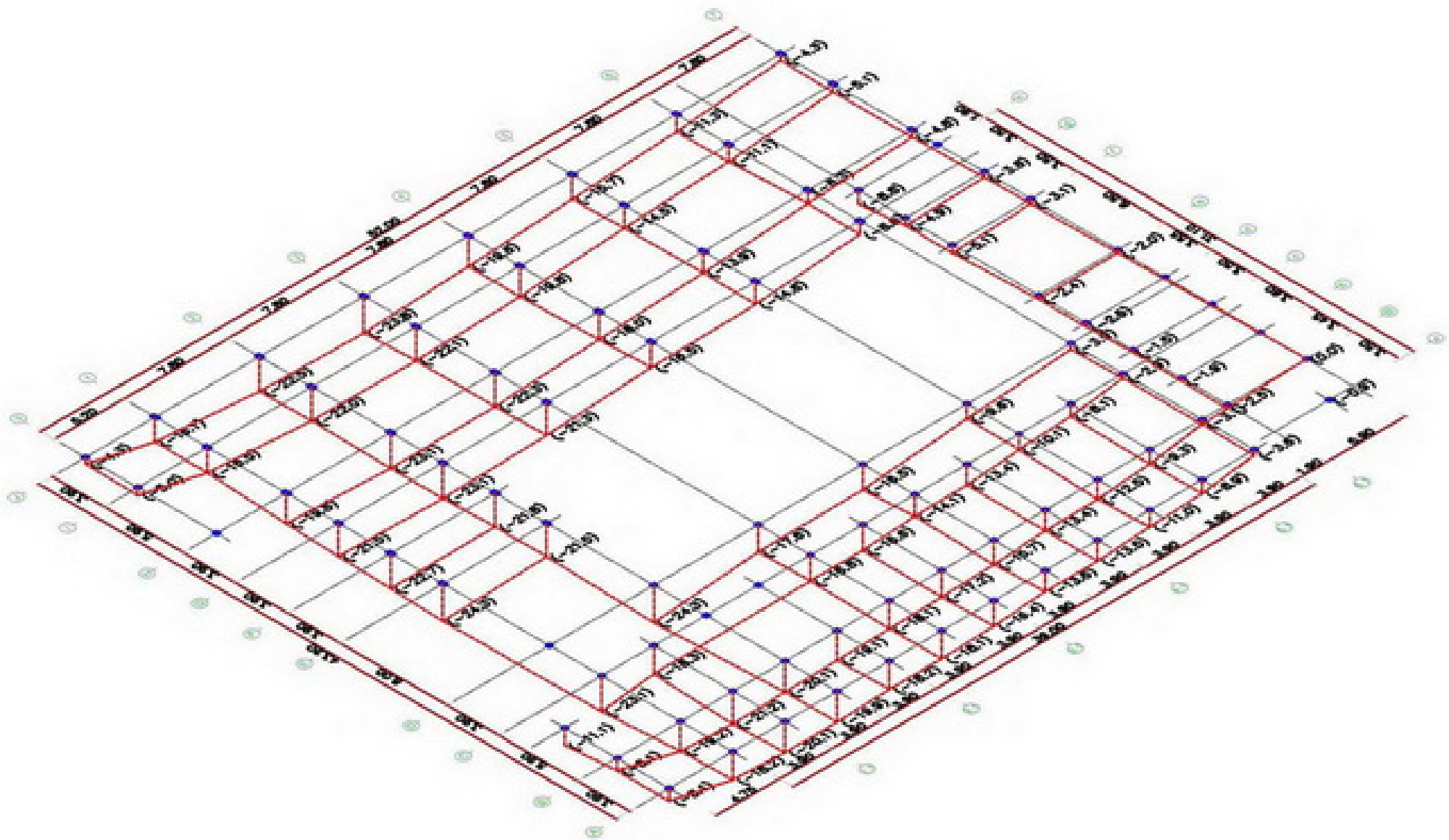




การวิเคราะห์การทรุดตัวของอาคาร







รอยแตกร้าวที่ Grid Line 6-7/H



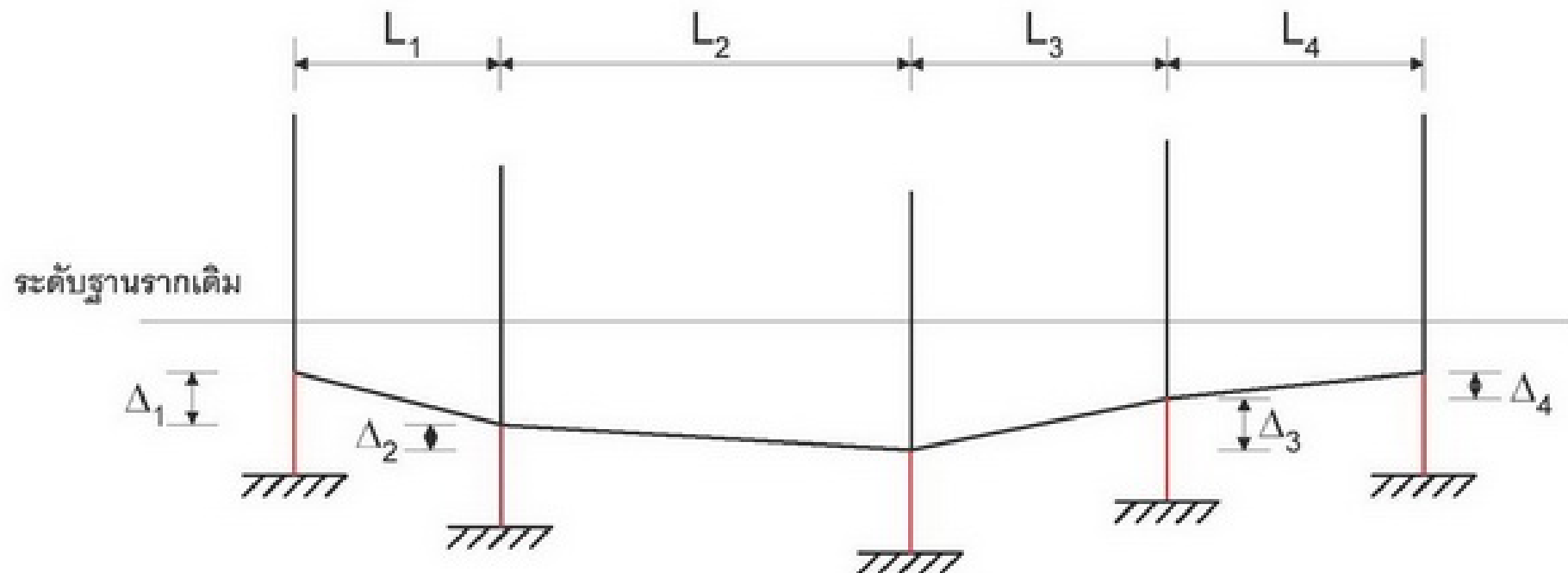
รอยแตกร้าวที่ Grid Line 1/H-G



แสดงค่ามุมบิด (Angular Distortion) ที่ยอมให้ของ อาคาร ตามคำแนะนำของ Bjerrum (1963)

Category of potential damage	δ
Danger to machinery sensitive to settlement	1/750
Danger to frames with diagonals	1/600
Safe limit for no cracking of buildings	1/500
First cracking of panel walls	1/300
Difficulties with overhead cranes	1/300
Tilting of high rigid buildings becomes visible	1/250
Considerable cracking of panel and brick walls	1/150
Danger of structural damage to general buildings	1/150
Safe limit for flexible brick walls, $L/H > 4$	1/150

DISTORTION ANGLE



$$\text{Distortion Angle} = \frac{\Delta_1}{L_1}, \frac{\Delta_2}{L_2}, \frac{\Delta_3}{L_3}, \frac{\Delta_4}{L_4}$$

ตัวอย่าง โครงสร้างที่มุมบิดเกิน L/150



ตัวอย่าง โครงสร้างที่มุมบิดเกิน L/150



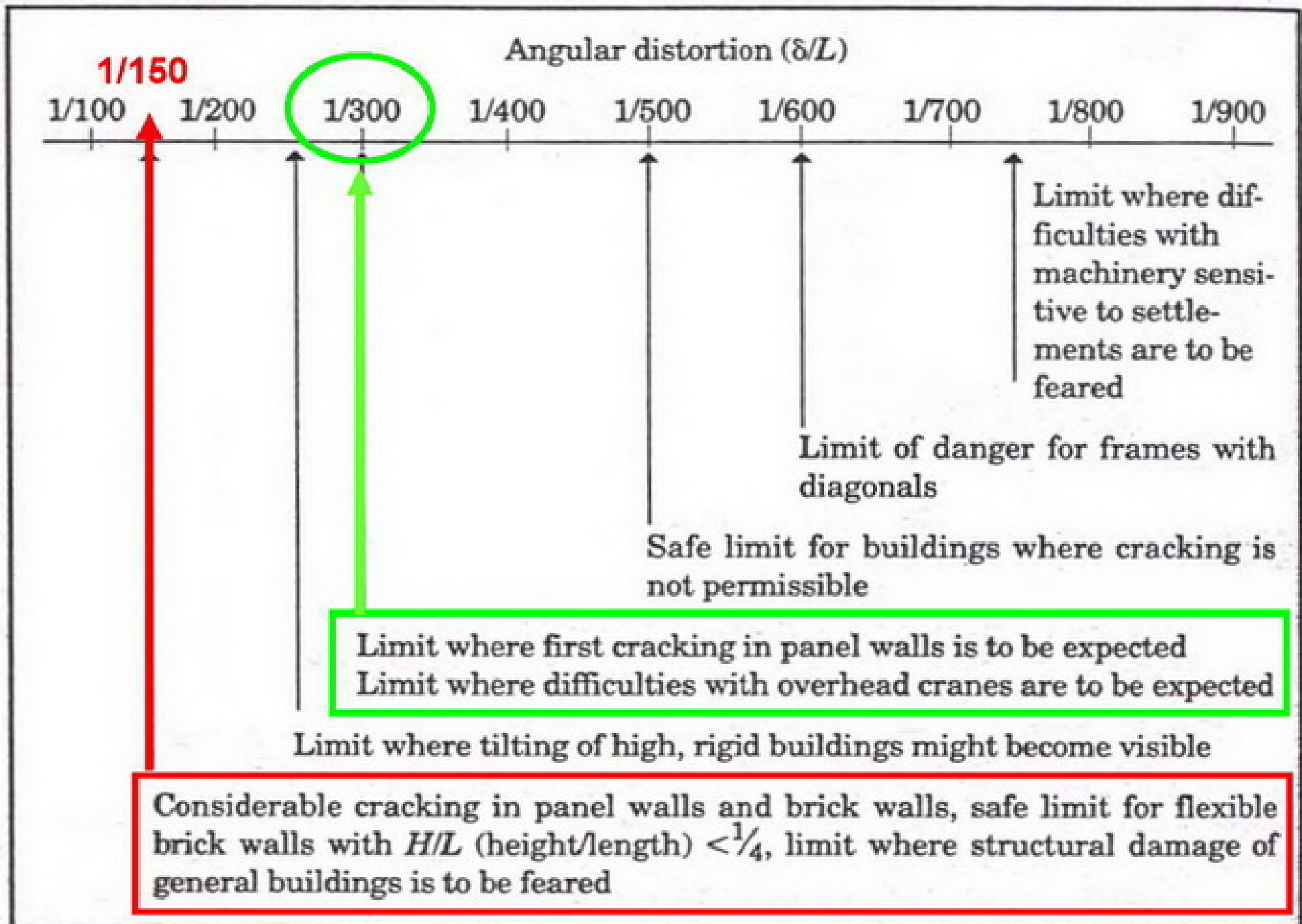
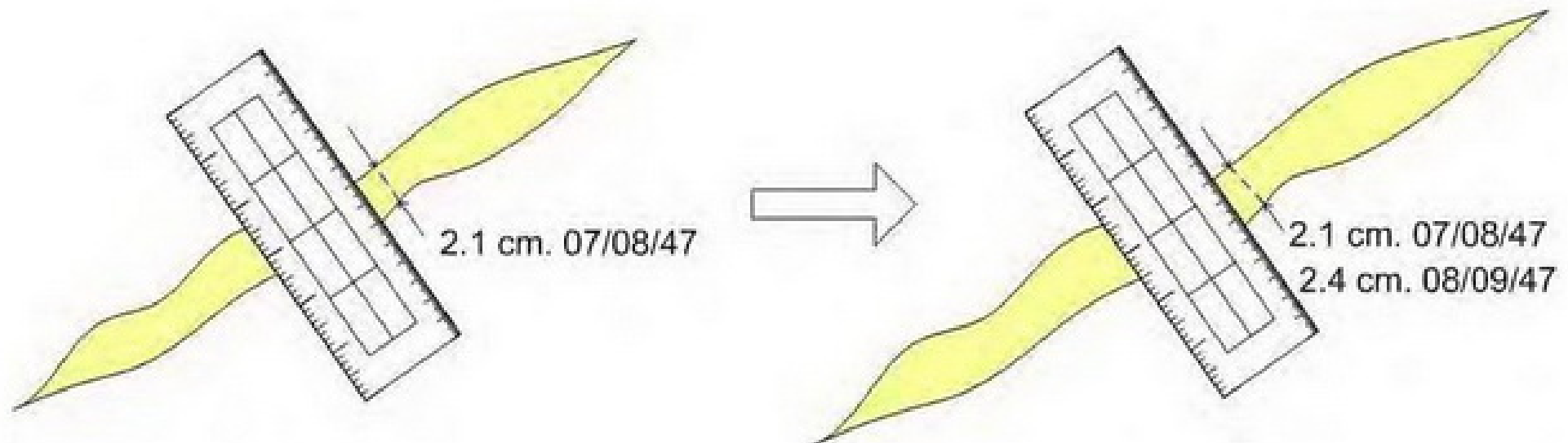


Figure 4.4 Damage criteria. (After Bjerrum, 1963.)

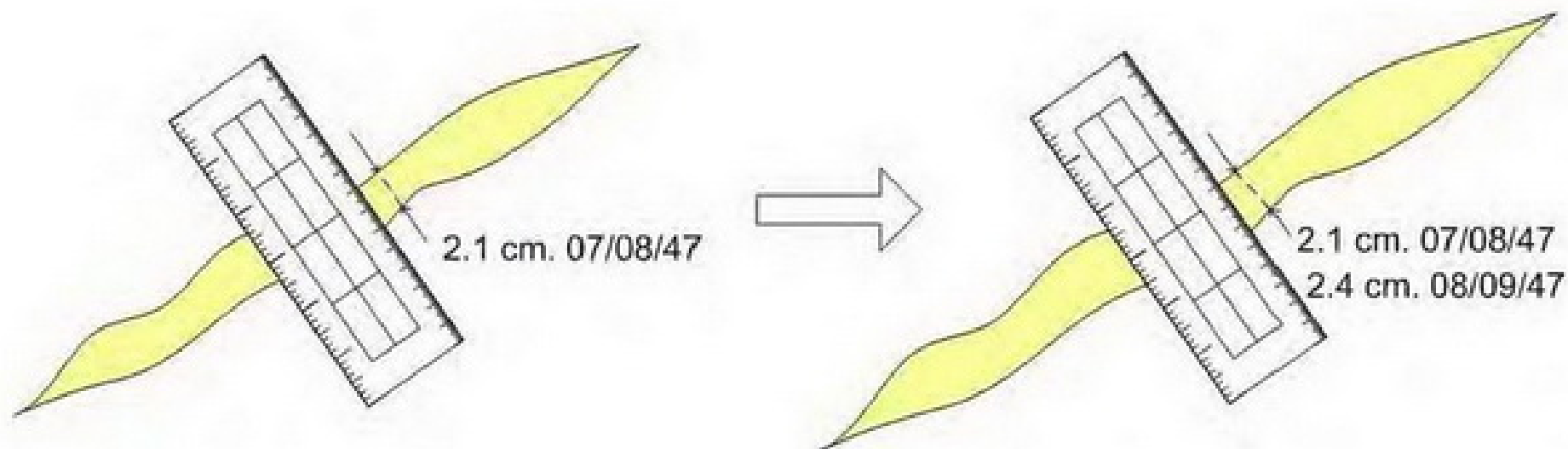
การตรวจวัดติดตามรอยแตกร้าว (Crack Monitoring)

- การทำเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์
- วิธีติดแผ่นกระจกคร่อมรอยแตกร้าว
- ติดแผ่นสเกลตรวจวัดรอยแตกร้าว
- ใช้เครื่องมือวัดความกว้างของรอยแตกร้าว

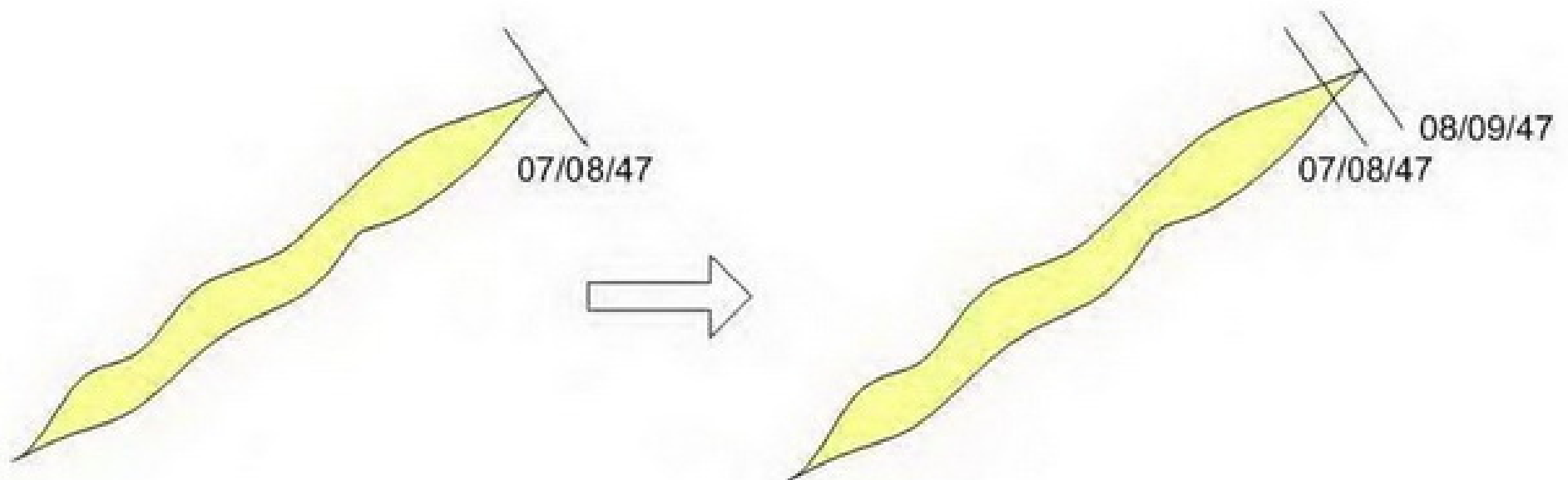
การขีดเส้นคร่อมรอยร้าว



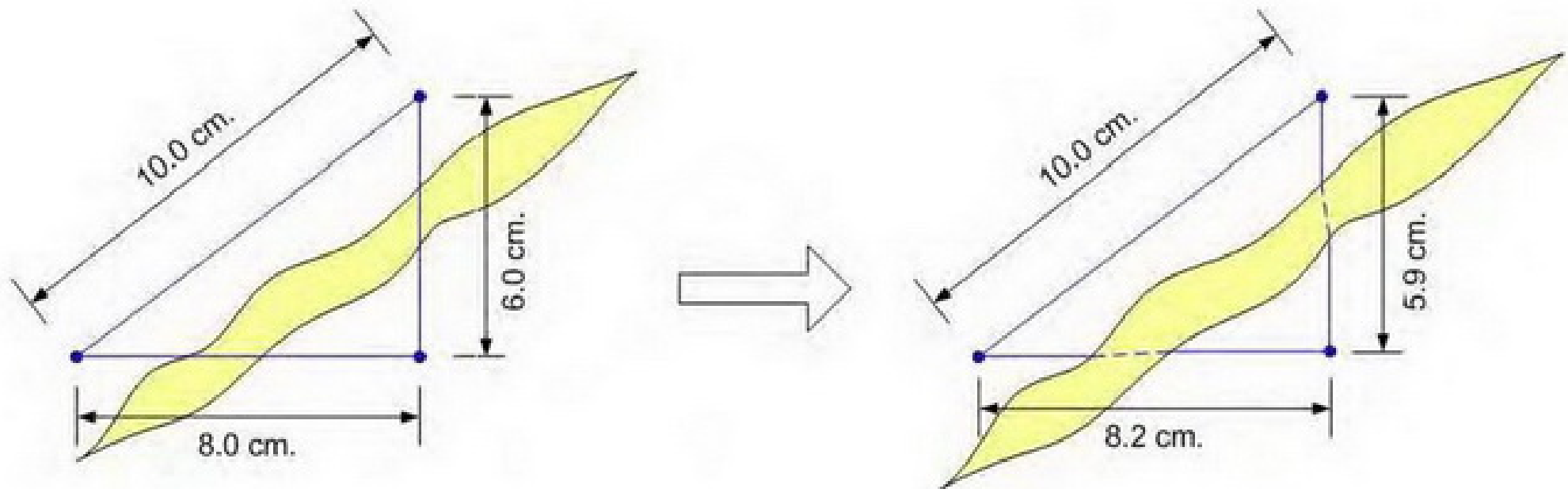
การขีดเส้นคร่อมรอยร้าว



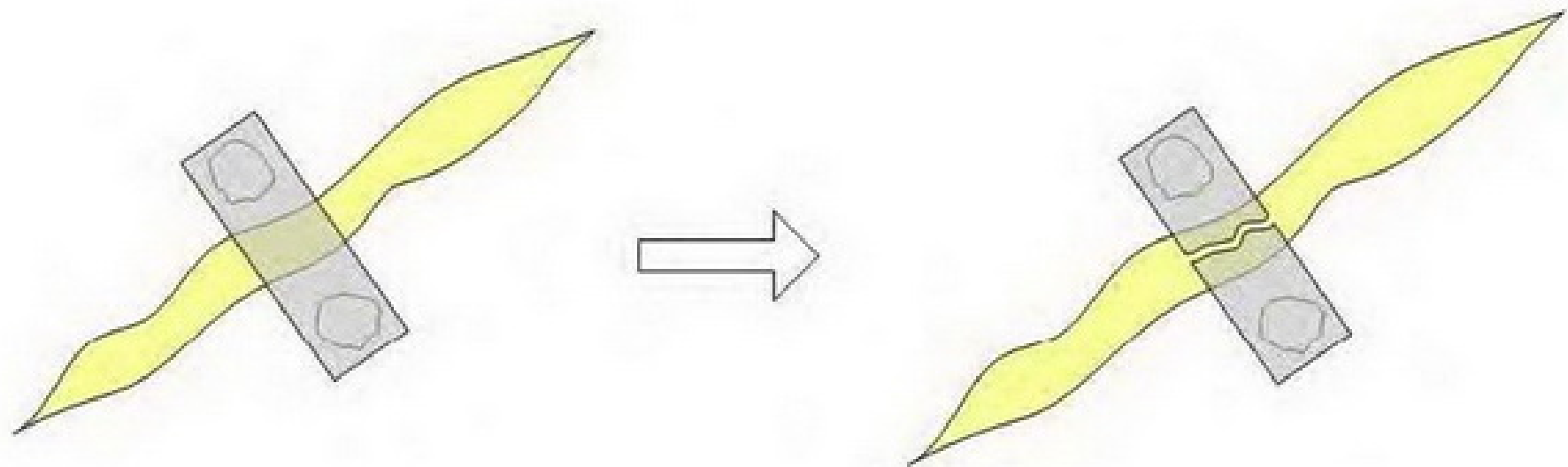
การทำเครื่องหมายที่ปลายรอยแตกร้าว



การสร้างรูปสามเหลี่ยมค่อมรอยแตกไว้



วิธีติดแผ่นกระจกคร่อมรอยแตกร้าว



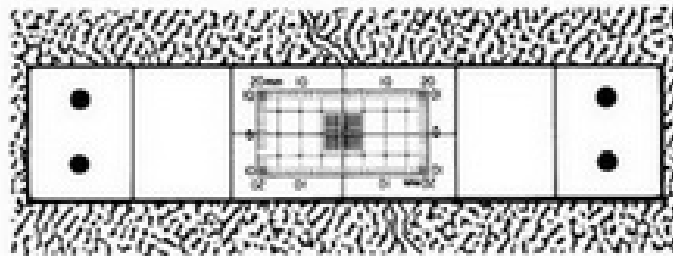
การยึดกระจกไม่ควรขยับได้



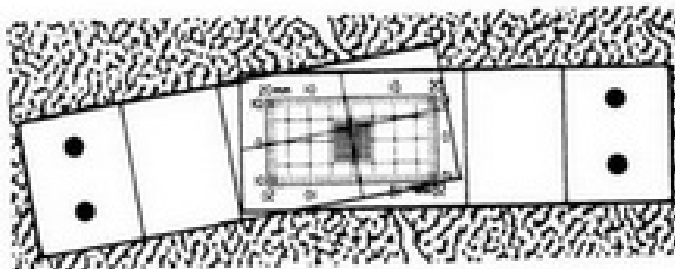
กระจกที่ใช้หนามากเกินไป



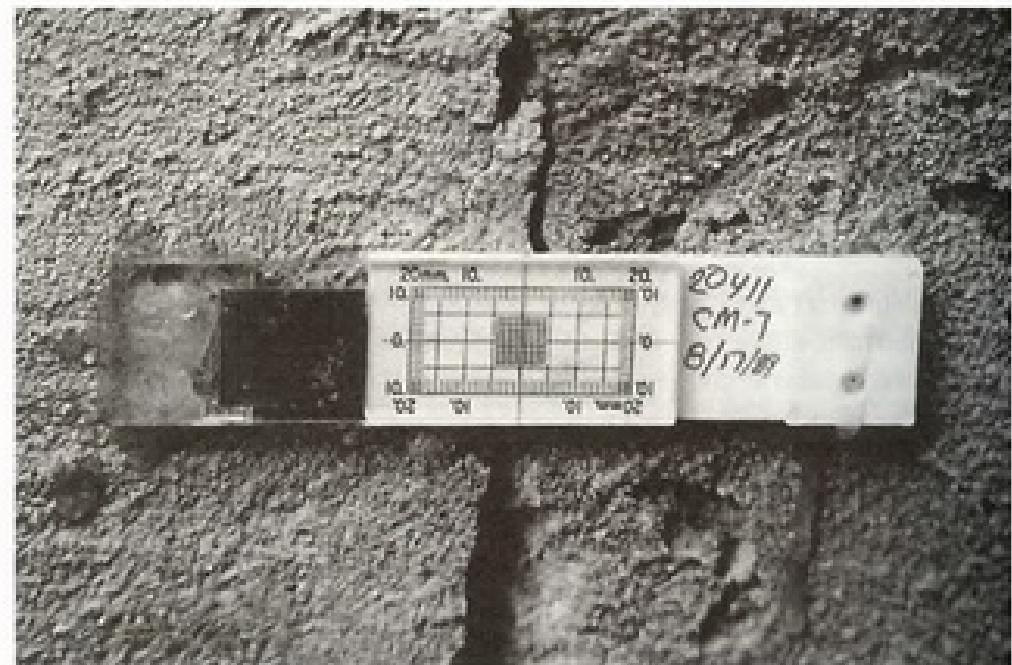
ติดแผ่นสเกลตรวจวัดรอยแตกร้าว



Newly Mounted Monitor



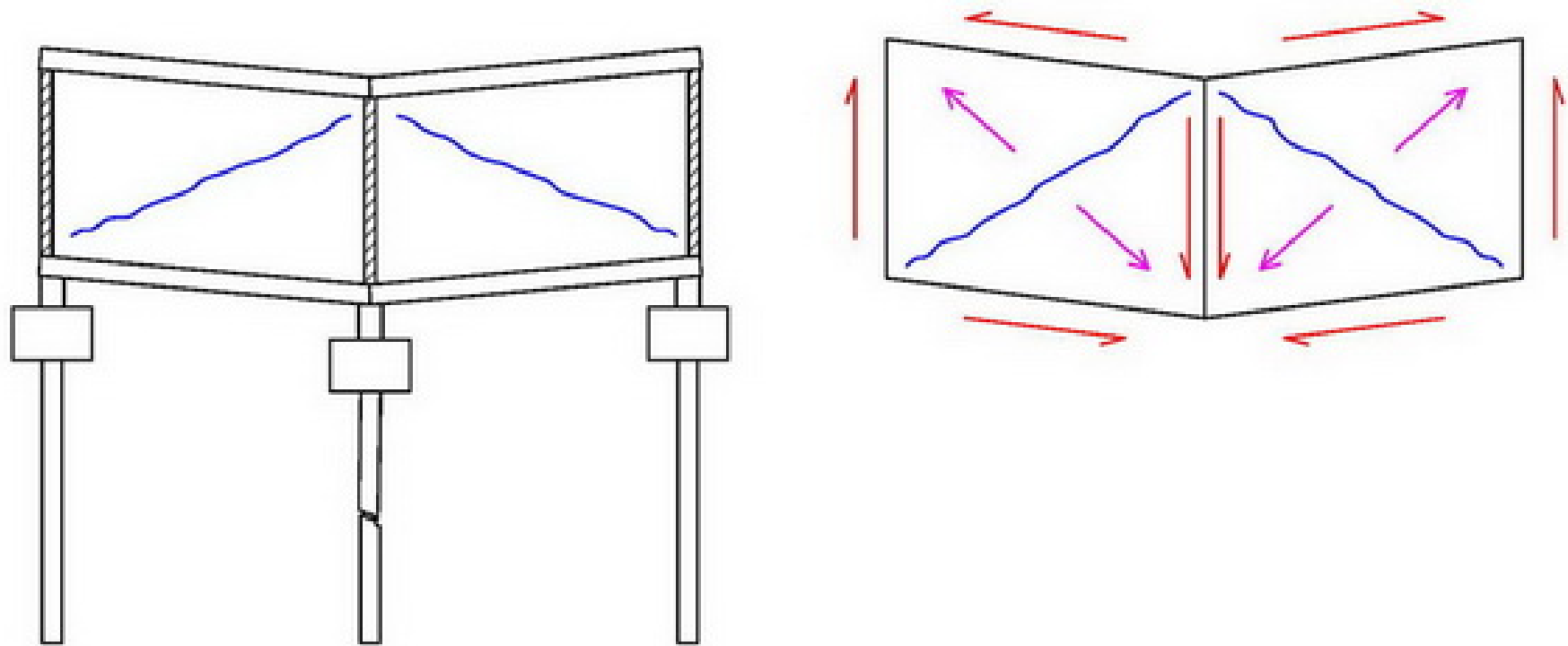
Monitor After Crack Movement



การตรวจสอบลักษณะรอยแตกร้าว อันเนื่องมาจากการทรุดตัวของอาคาร

ชูเลิศ จิตเจือจุน
บริษัท ที.เอ.เทค จำกัด

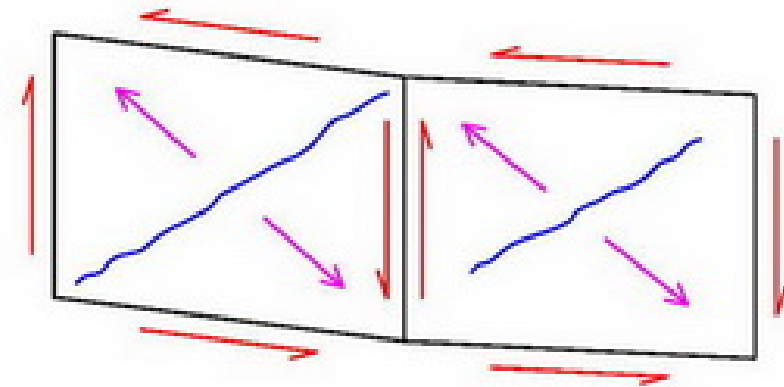
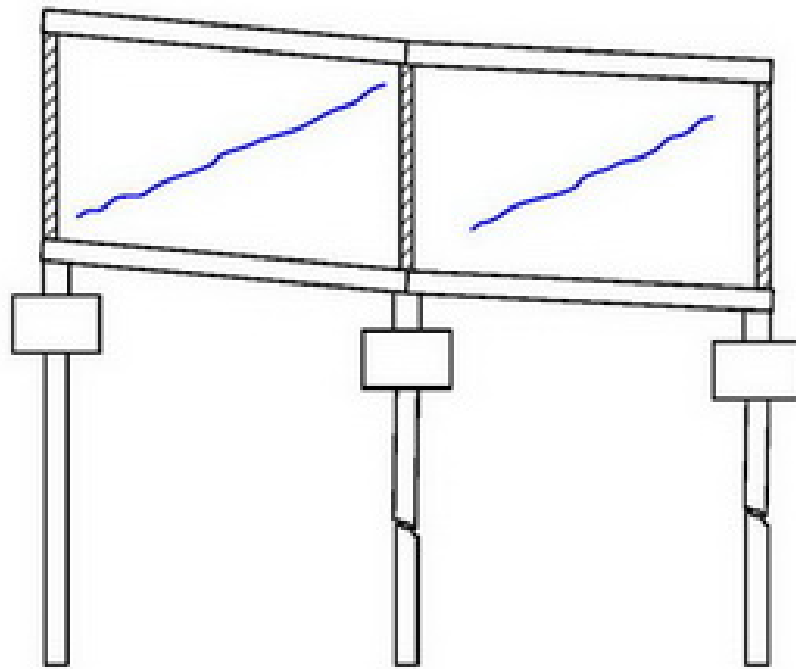
การทรุดตัวไม่เท่ากัน เนื่องจากฐานรากฐานใดฐานหนึ่งวิบัติ



การทรุดตัวไม่เท่ากัน เนื่องจากฐานรากฐานใดฐานหนึ่งวิบัติ

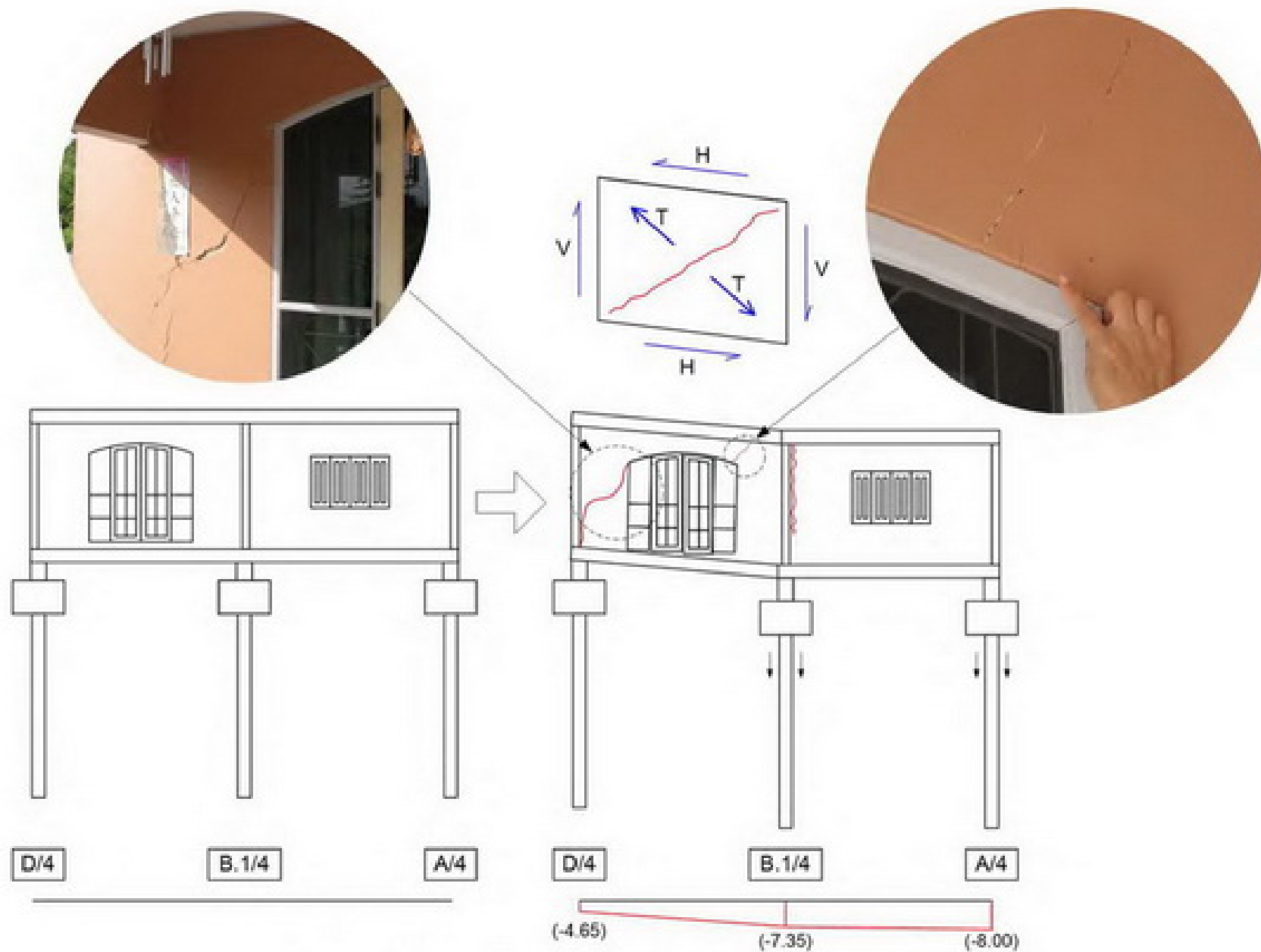


การทรุดตัวไม่เท่ากันเนื่องจาก ฐานรากมากกว่า 1 ฐานวิบัติ

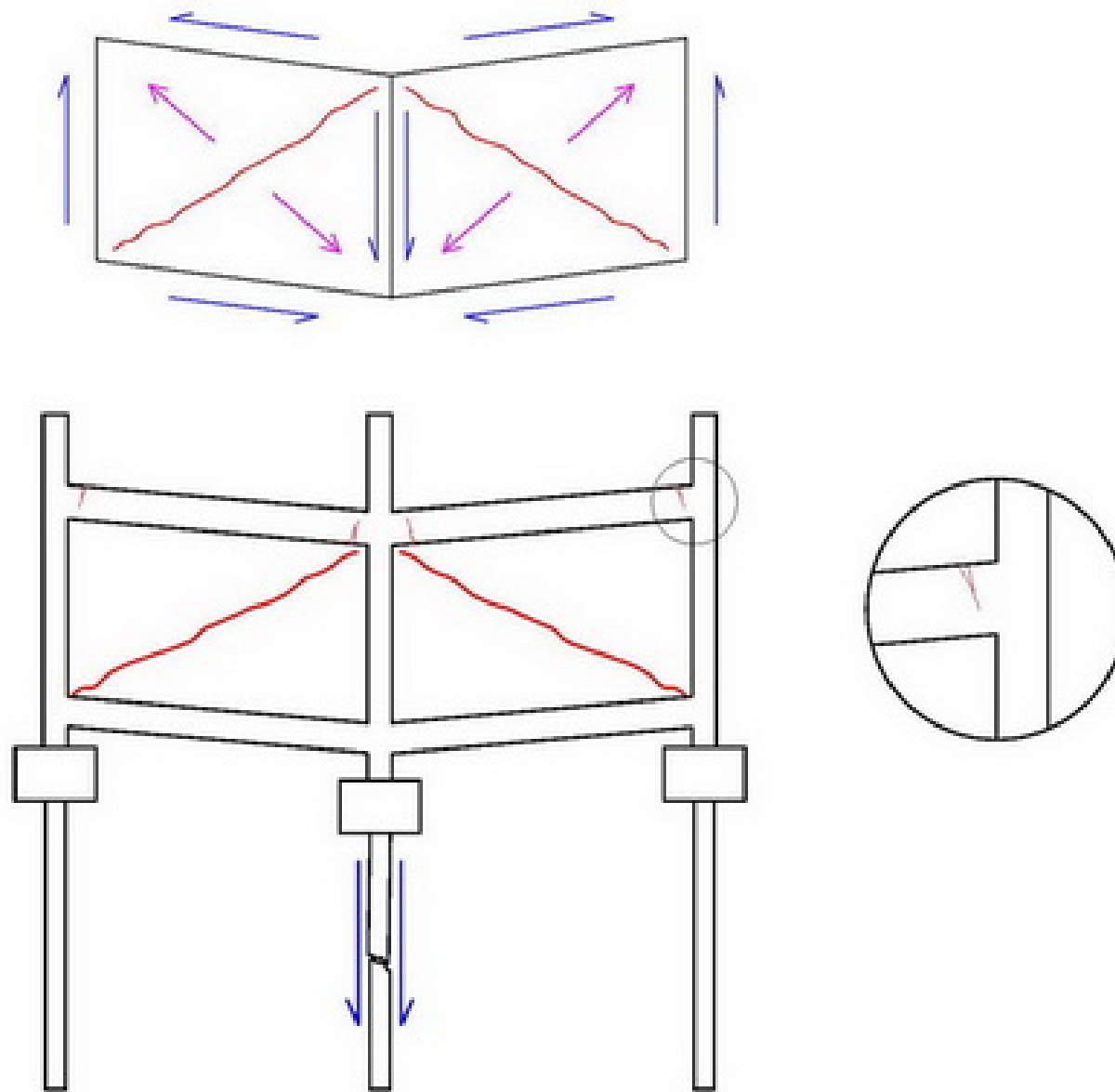


การทรุดตัวไม่เท่ากันเนื่องจาก ฐานรากมากกว่า 1 ฐานวิบัติ

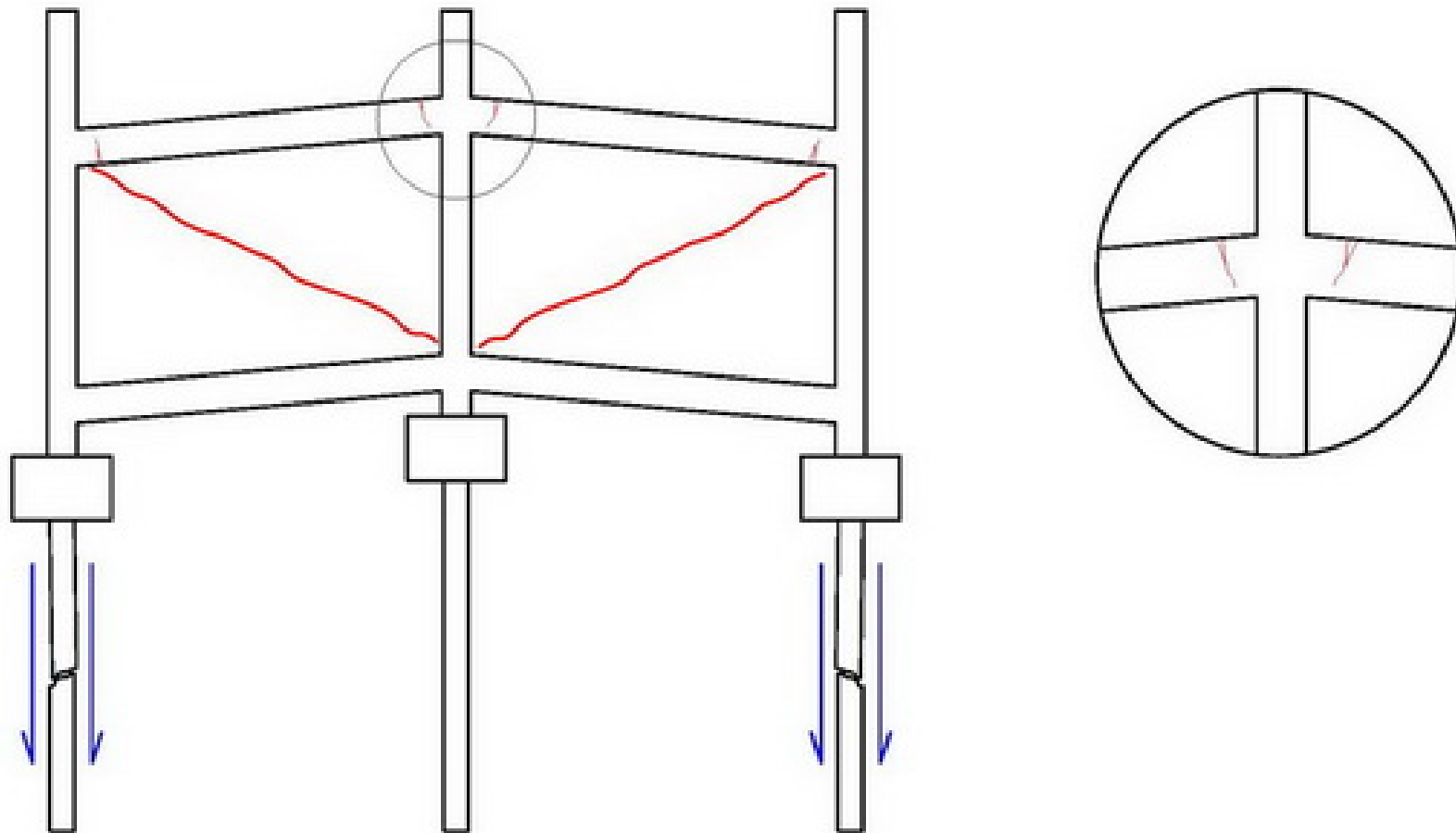




ฐานรากตรงกลางทรุดตัวมากกว่าฐานรากฝั่งซ้ายและขวา



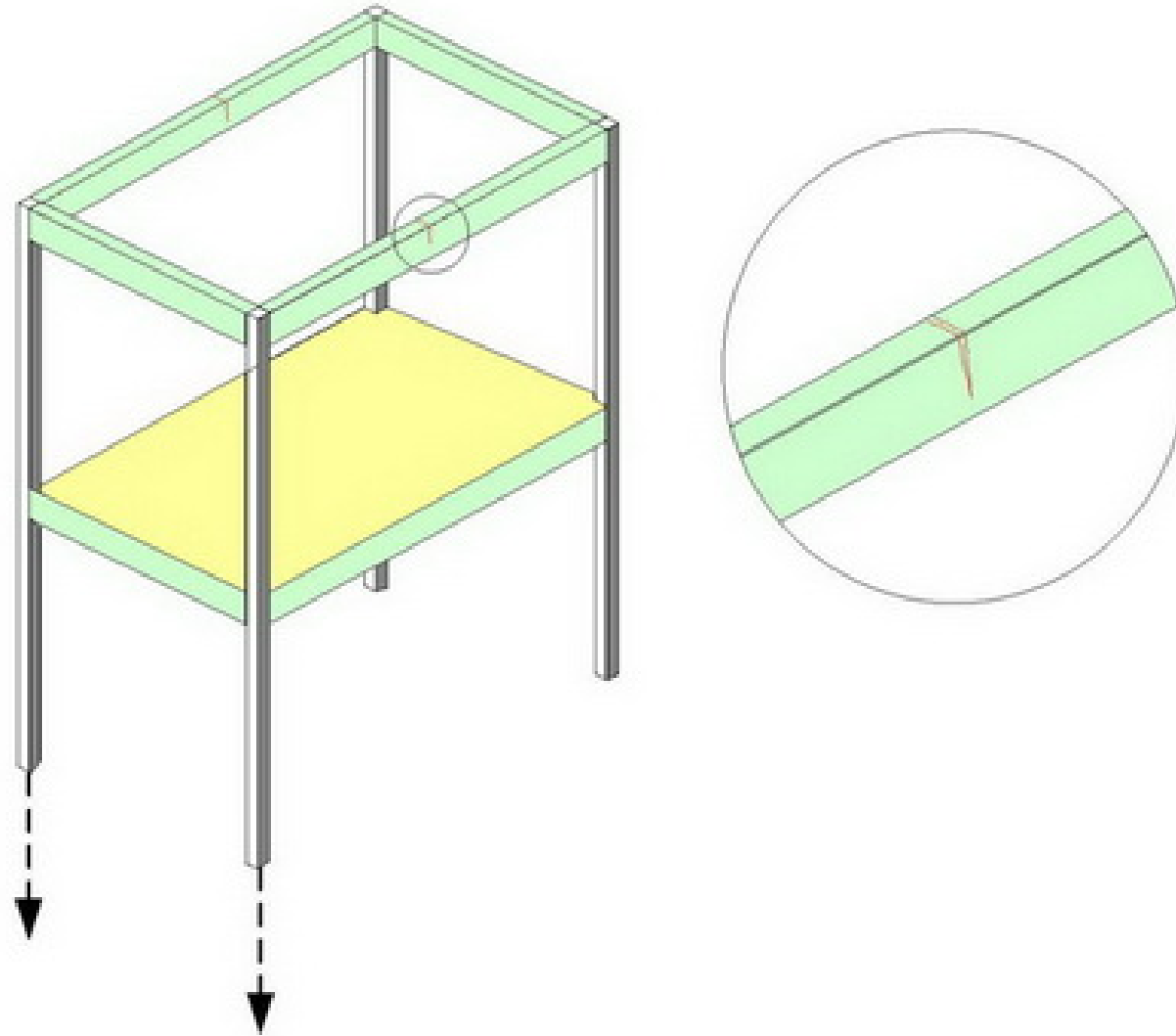
ฐานรากตรงกลางไม่ทรุดตัวหรือ
มีการทรุดตัวน้อยกว่าฐานรากฝั่งซ้ายและขวา



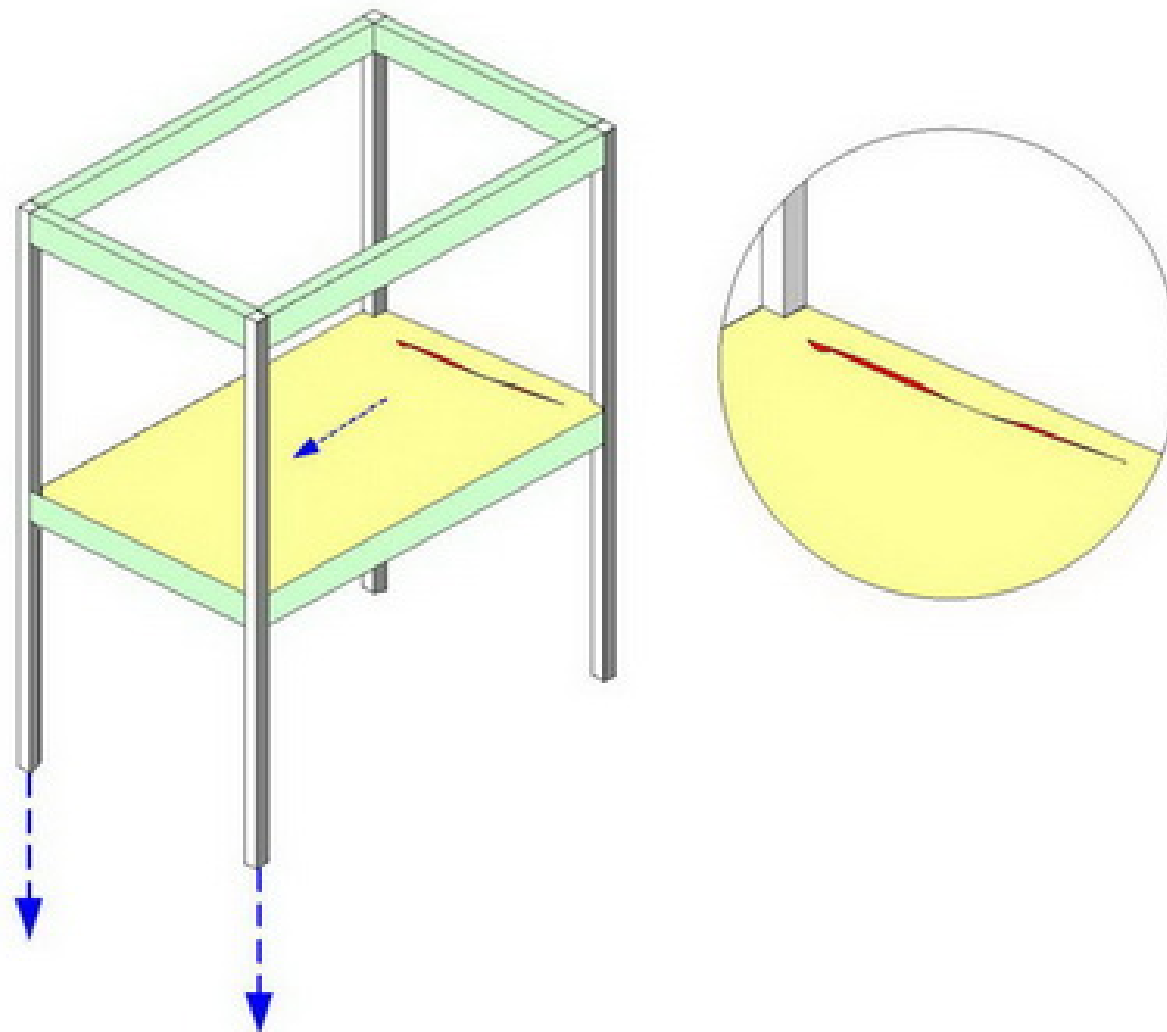
ฐานรากตรงกลางไม่ทรุดตัวหรือ มีการทรุดตัวน้อยกว่าฐานรากฝั่งซ้ายและขวา



รอยแตกร้าวที่หลังคามีขนาดกว้างกว่ารอยแตกร้าว
ที่ห้องคาน แสดงถึงการทรุดตัวของฐานราก



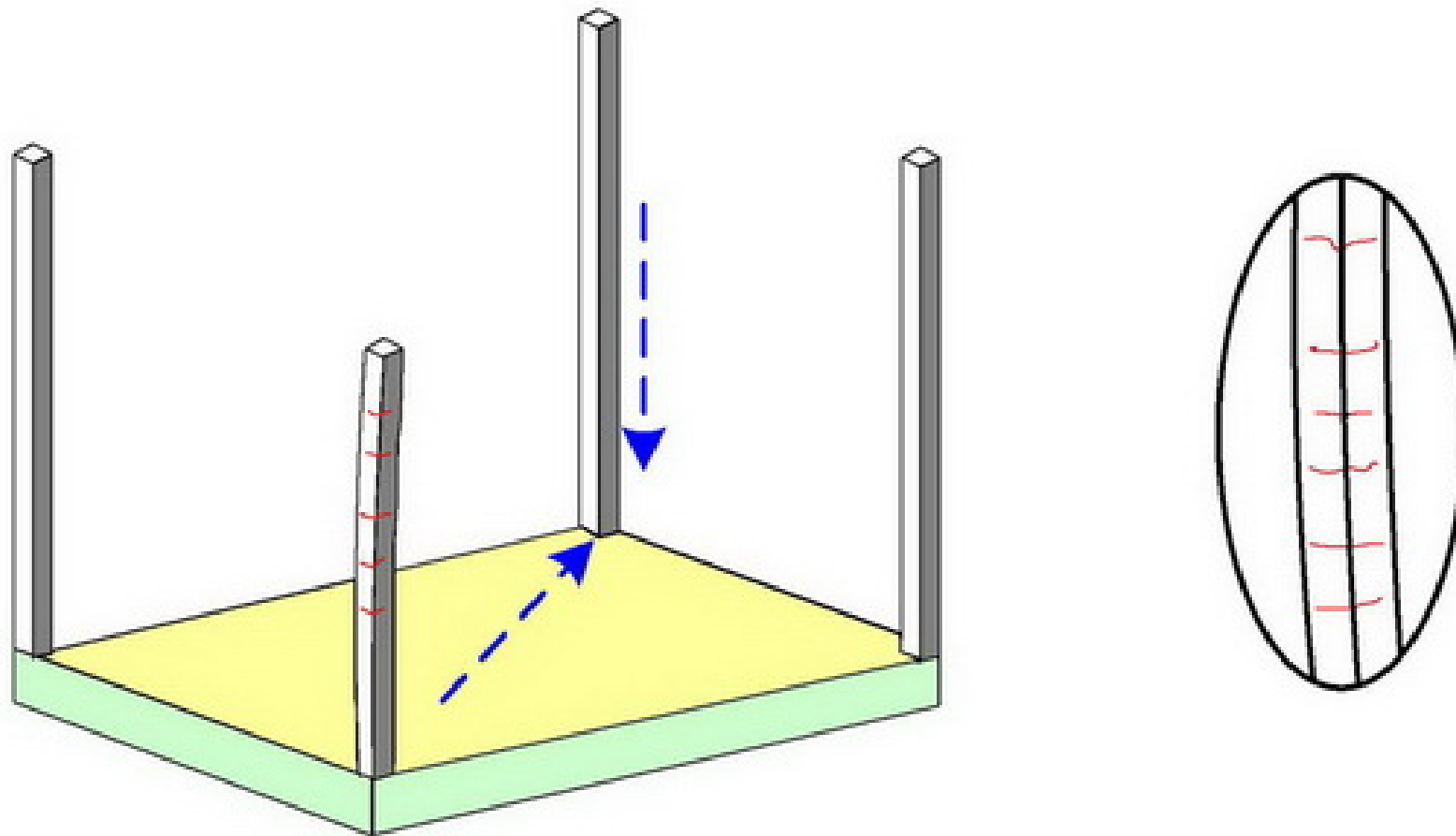
ลักษณะของรอยแตกร้าวที่พื้นโครงสร้าง โดยมี สาเหตุมาจากการทรุดตัวของฐานราก



ลักษณะของรอยแตกร้าวที่พื้นโครงสร้าง โดยมี สาเหตุมาจากการทรุดตัวของฐานราก

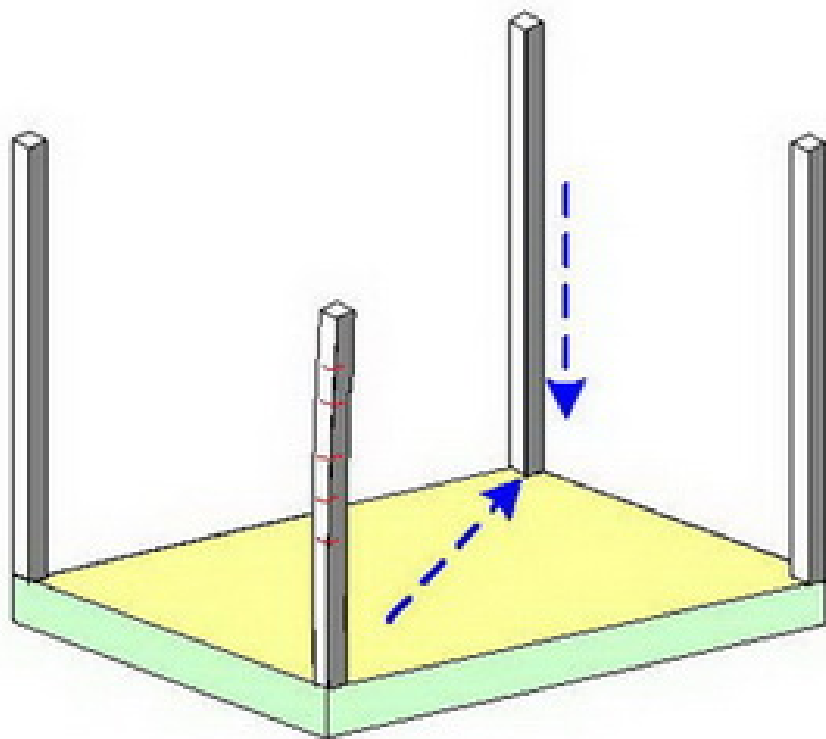


รอยแตกร้าวลักษณะเป็นบั้งๆในเสา คล้ายเสากำลังโดนดัดให้โก่ง
แสดงให้เห็นว่าเสาต้นที่อยู่ตรงกันข้ามมีการทรุดตัวมากกว่า



รอยแตกร้าวลักษณะเป็นบั้งๆในเสา ค้ำยันเสากำลังโดนตัดให้โค้ง
แสดงให้เห็นว่าเสาต้นที่อยู่ตรงกันข้ามมีการทรุดตัวมากกว่า





ลักษณะรอยแตกร้าว

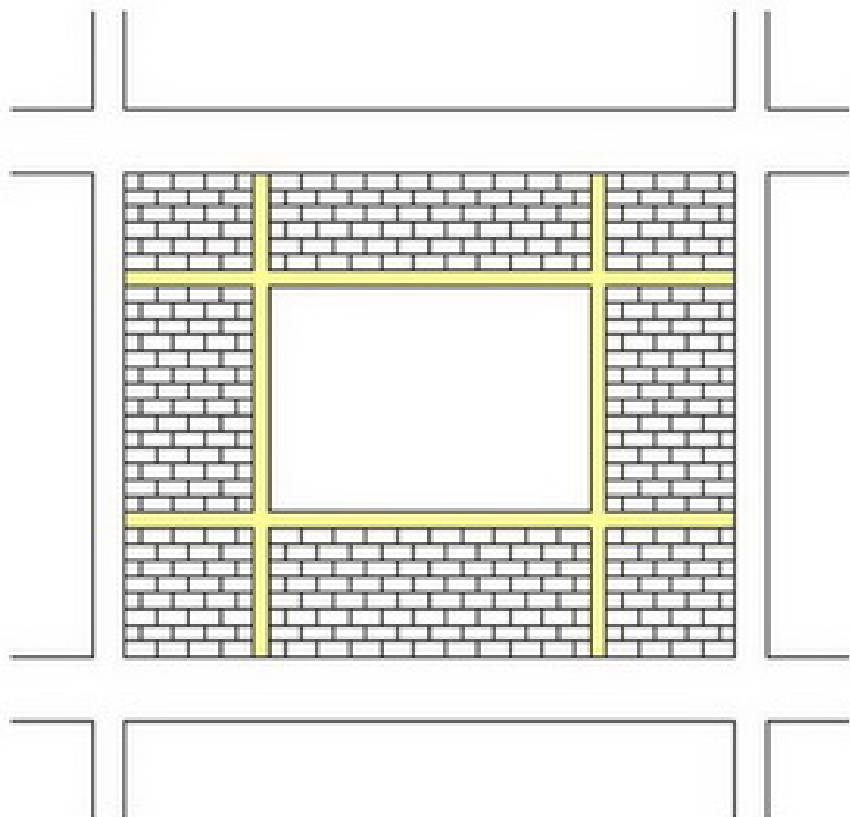
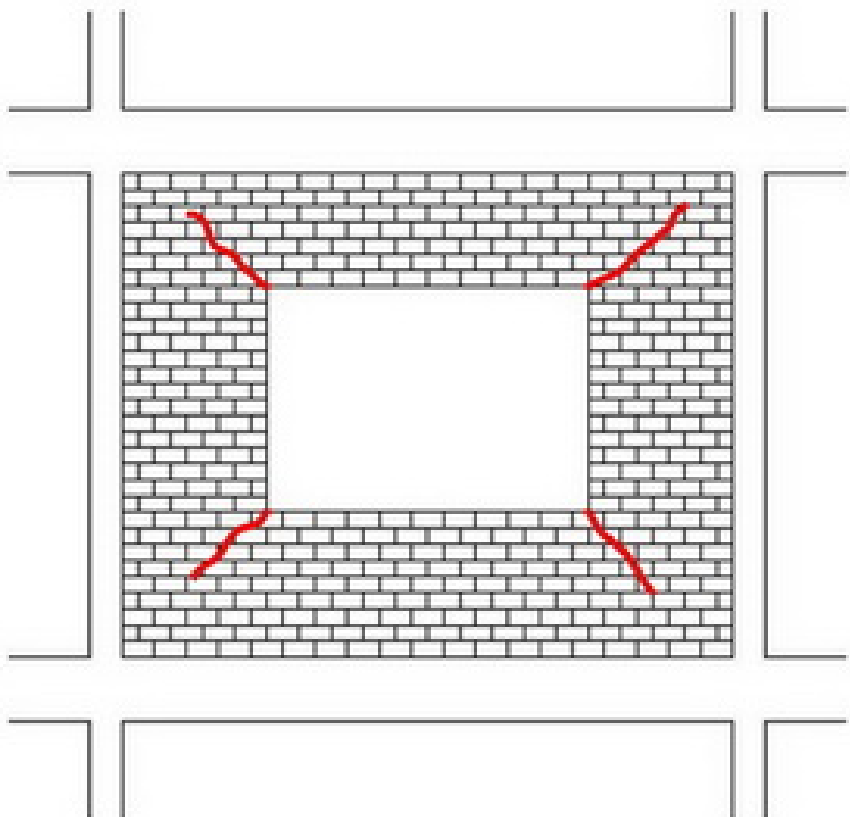
เฉียง 45 องศา ที่ไม่ใช่การทรุดตัว

การแอมตัวของพื้นที่ Span ยาว



Stress Concentration





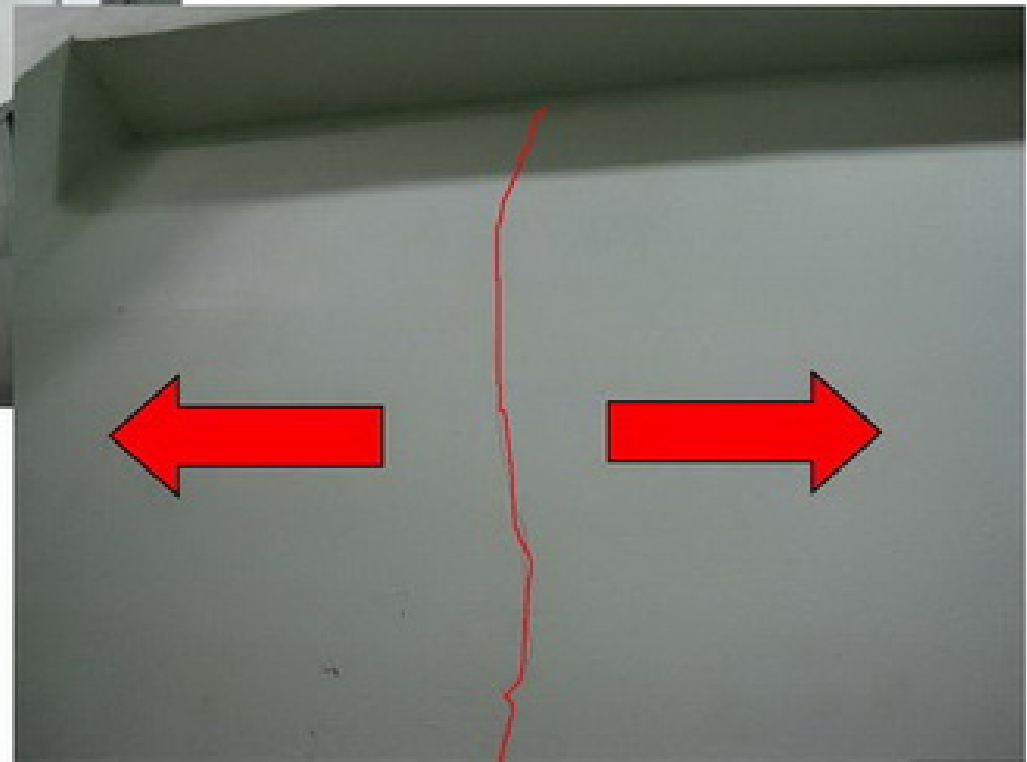
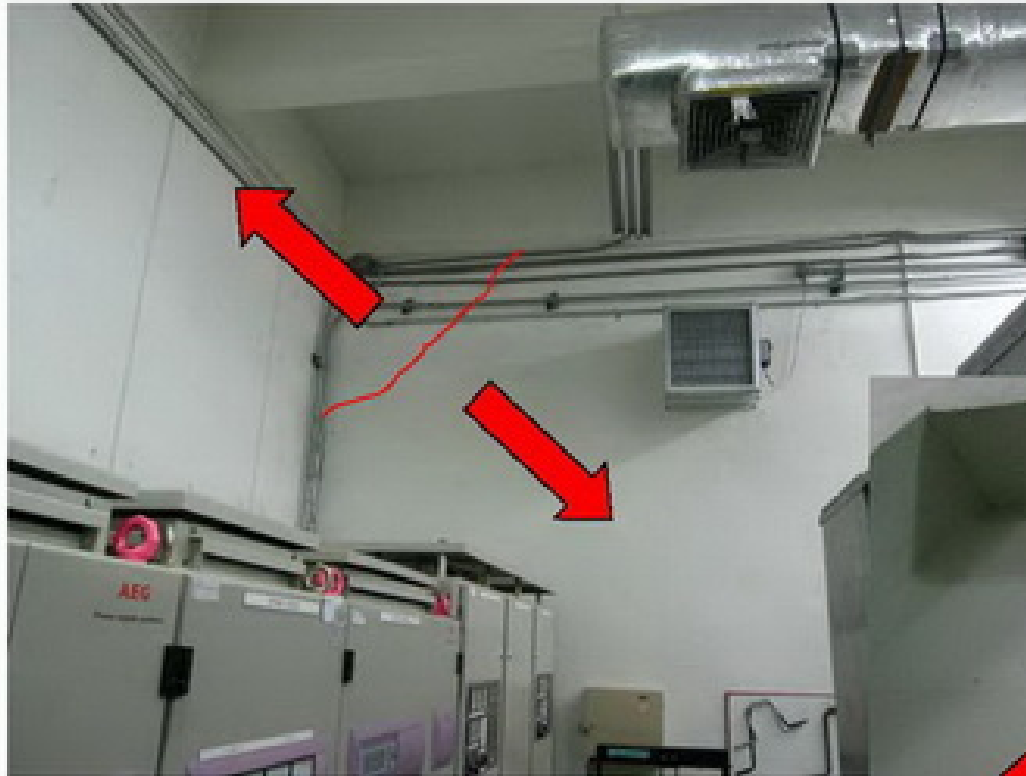


บริษัท ทีเอ็มเอค จำกัด



บริษัท ทีเอ็มซี จำกัด

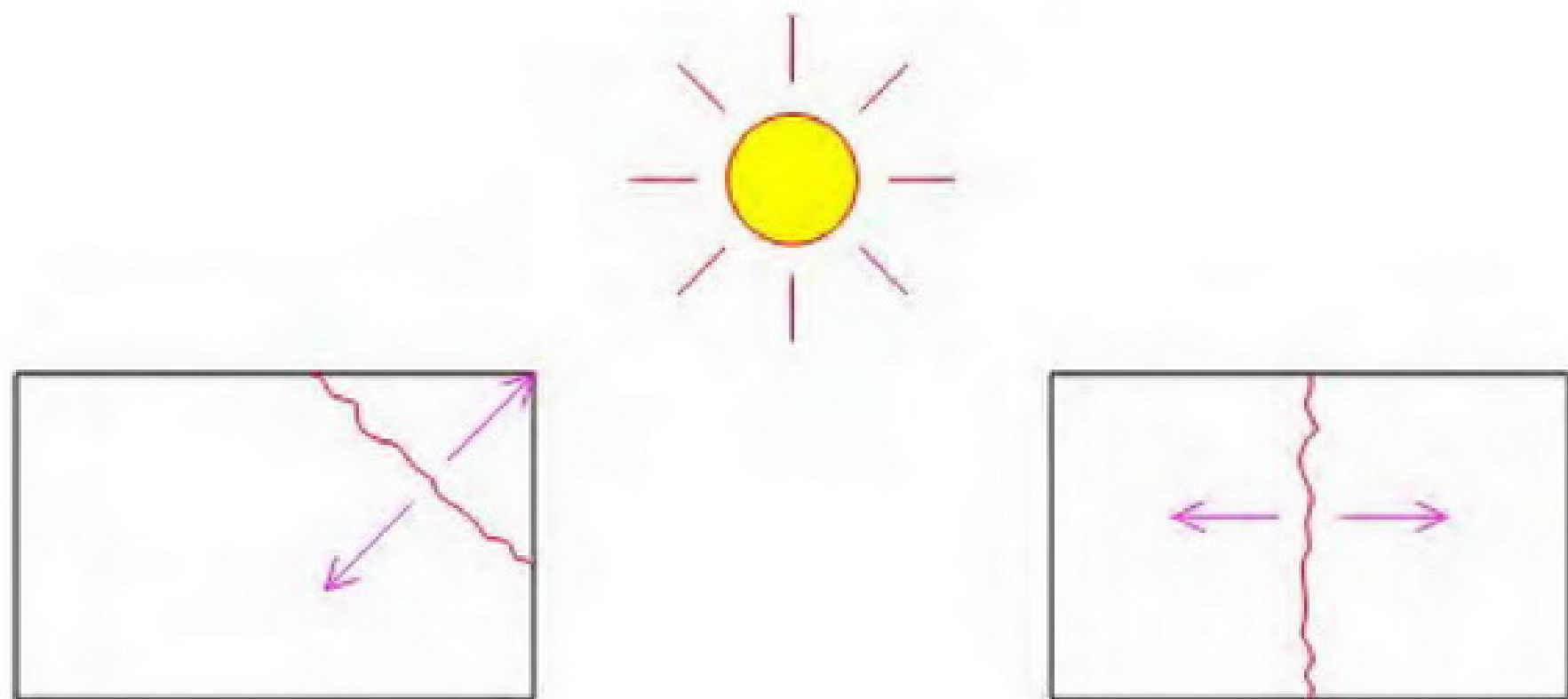
รอยร้าวทั่วไปบริเวณผนังอาคาร มีสาเหตุเนื่องจากการยึดหดตัวของ
ผนังก่ออิฐเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ



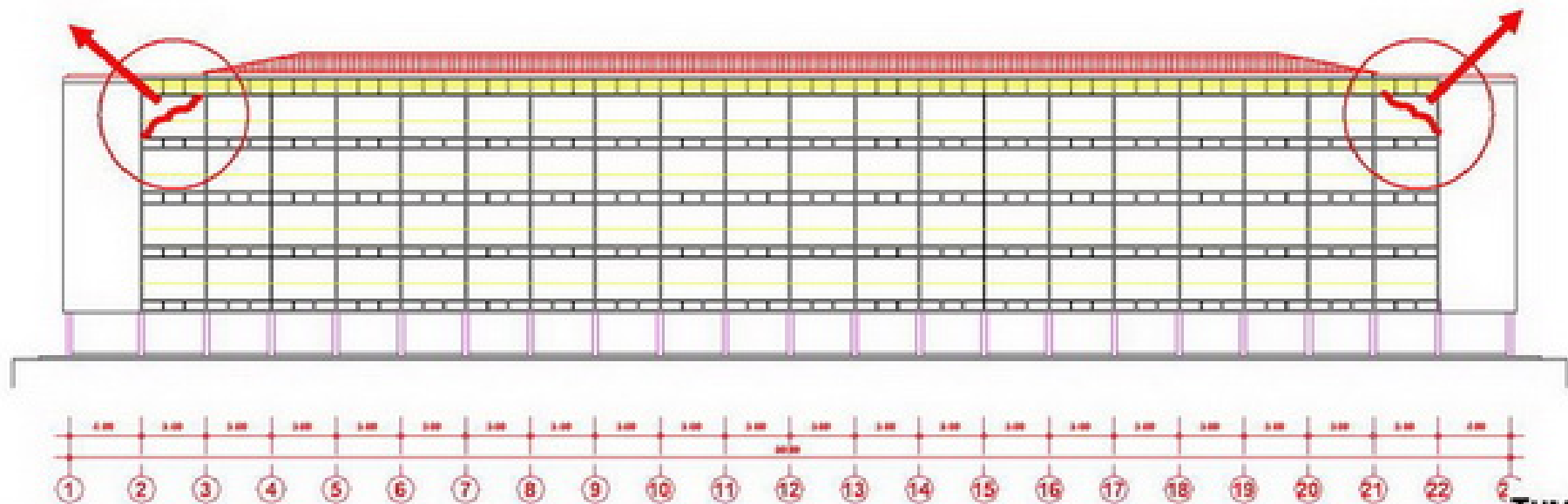
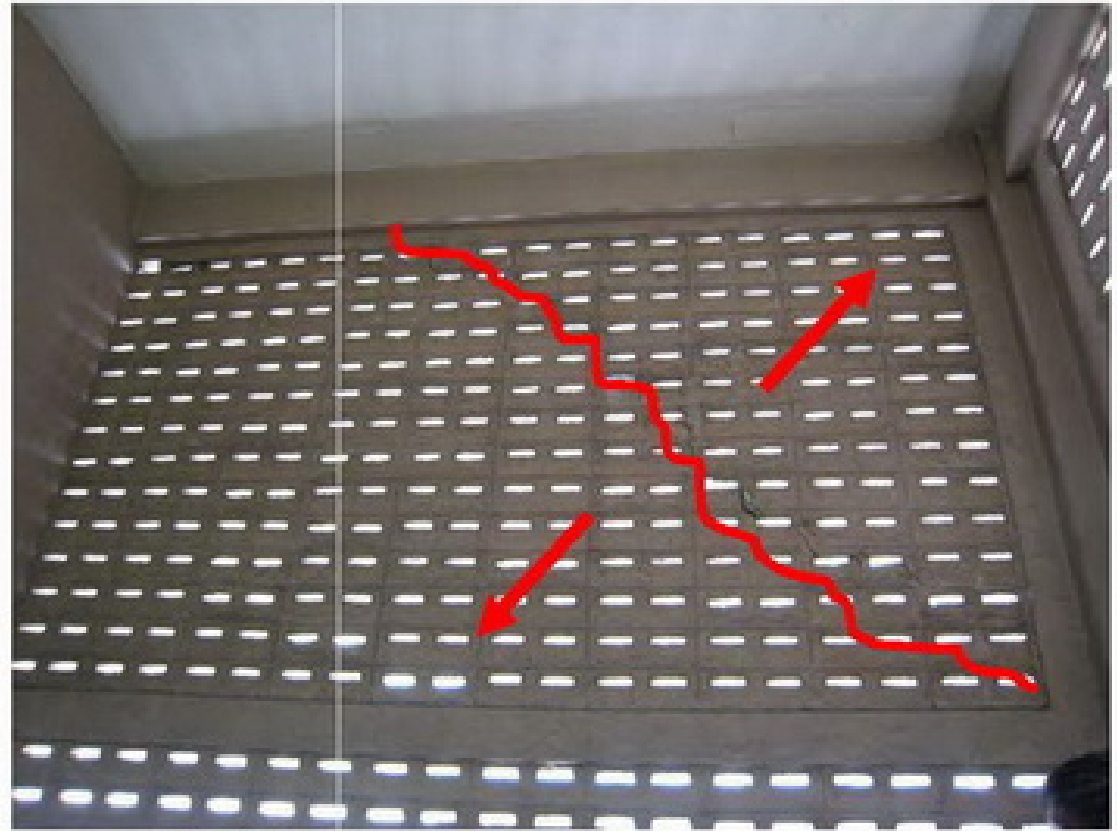
รอยร้าวบริเวณผนังอาคาร มีสาเหตุเนื่องจากการยึดหดตัวของ
ผนังก่ออิฐเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ



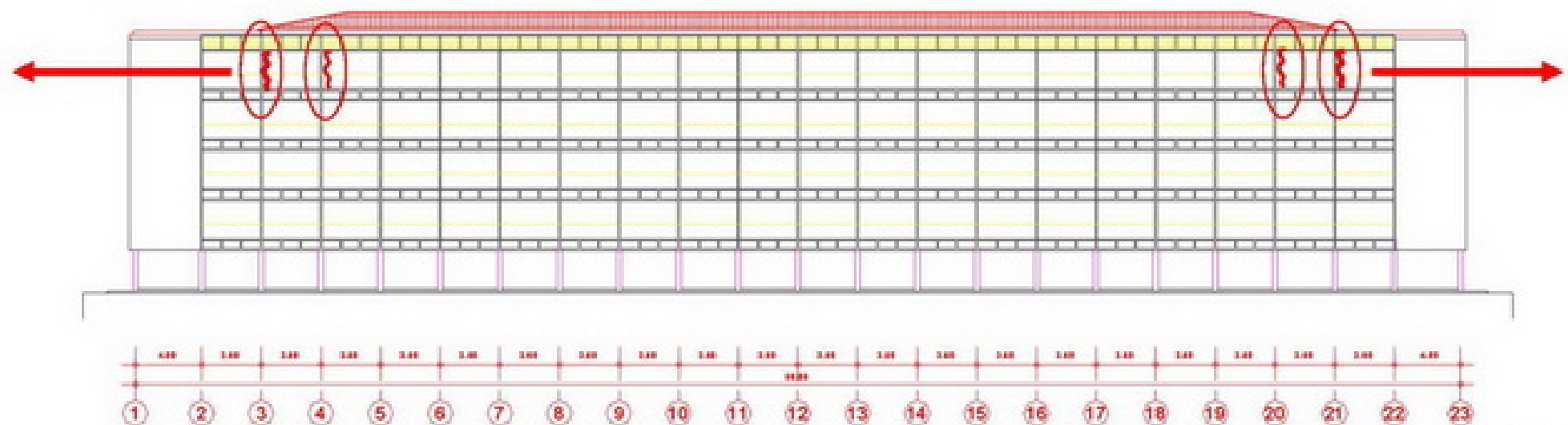
การยึดหดตัวของโครงสร้างเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



ตัวอย่างรอยร้าว
ที่มีสาเหตุมาจากการ
ขยายตัวของอาคาร
อันเนื่องมาจากการ
เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

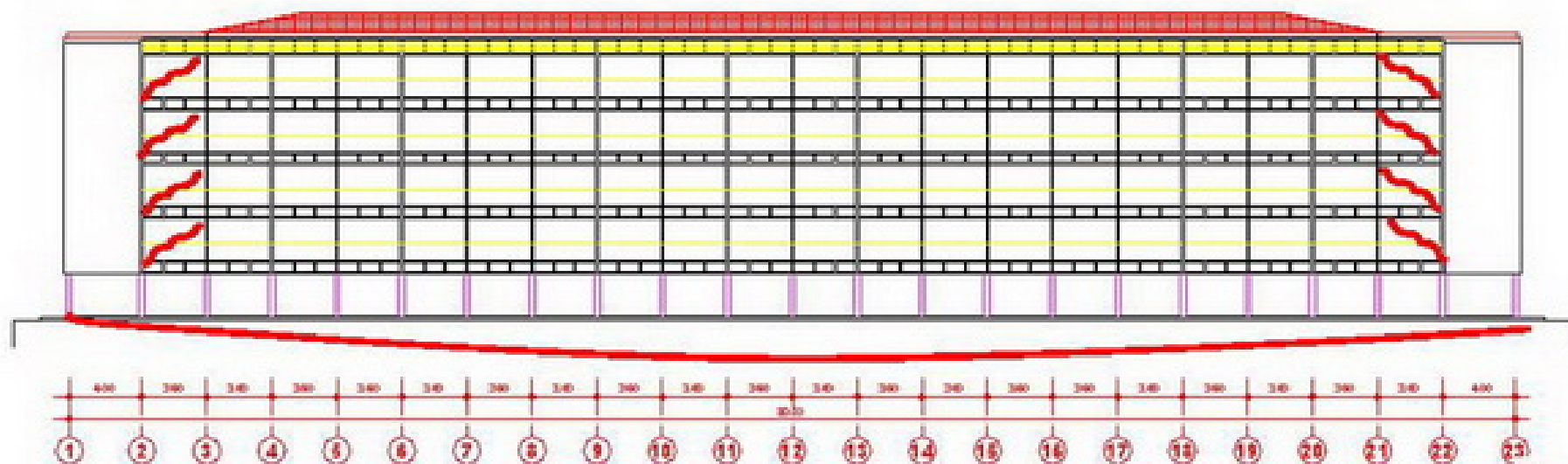


ตัวอย่างรอยร้าว
ที่มีสาเหตุมาจากการ
ขยายตัวของอาคาร
อันเนื่องมาจากการ
เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ



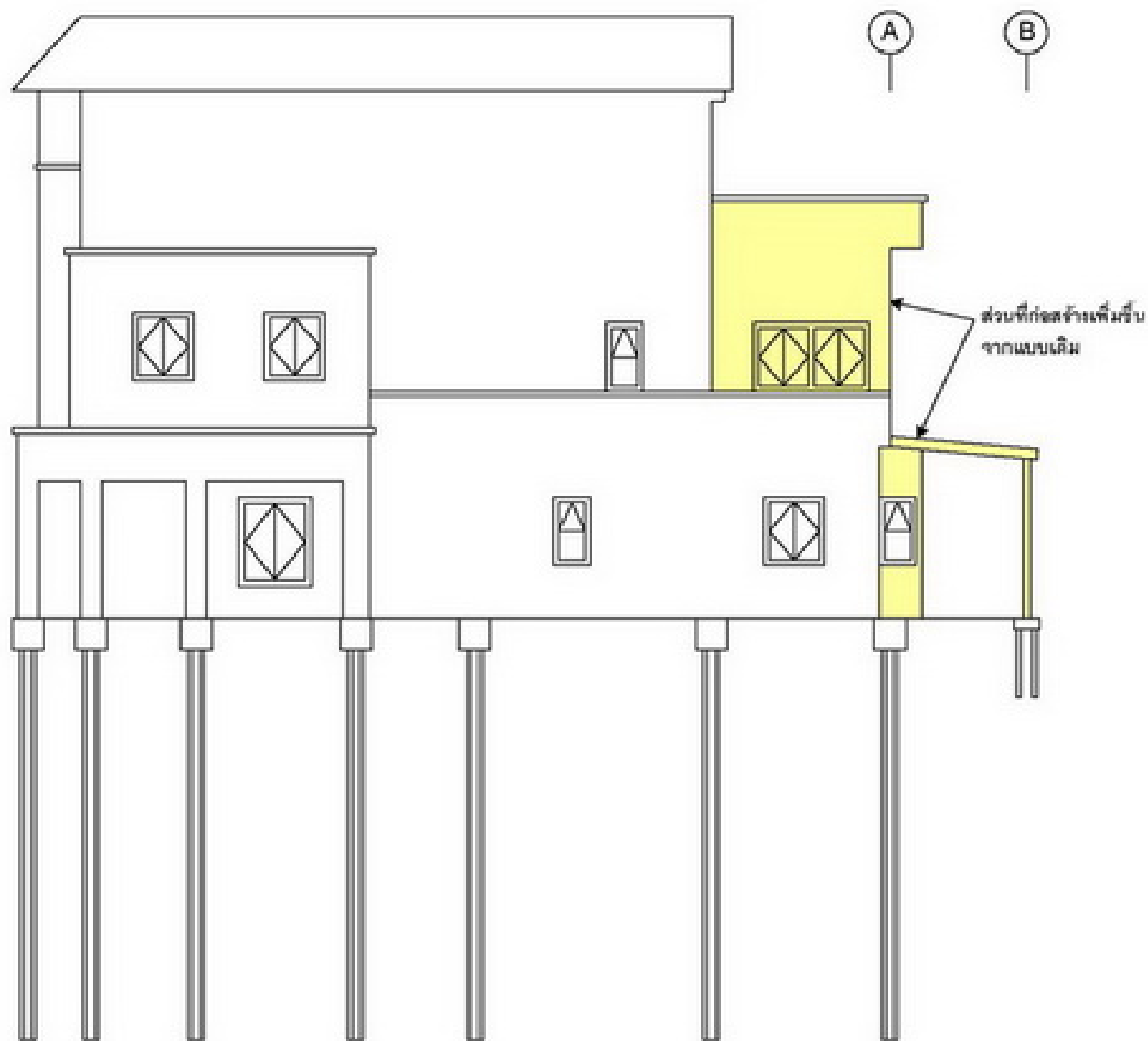


ตัวอย่างรอยร้าว
ที่มีสาเหตุมาจาก
การทรุดตัวไม่เท่ากัน
ของฐานราก

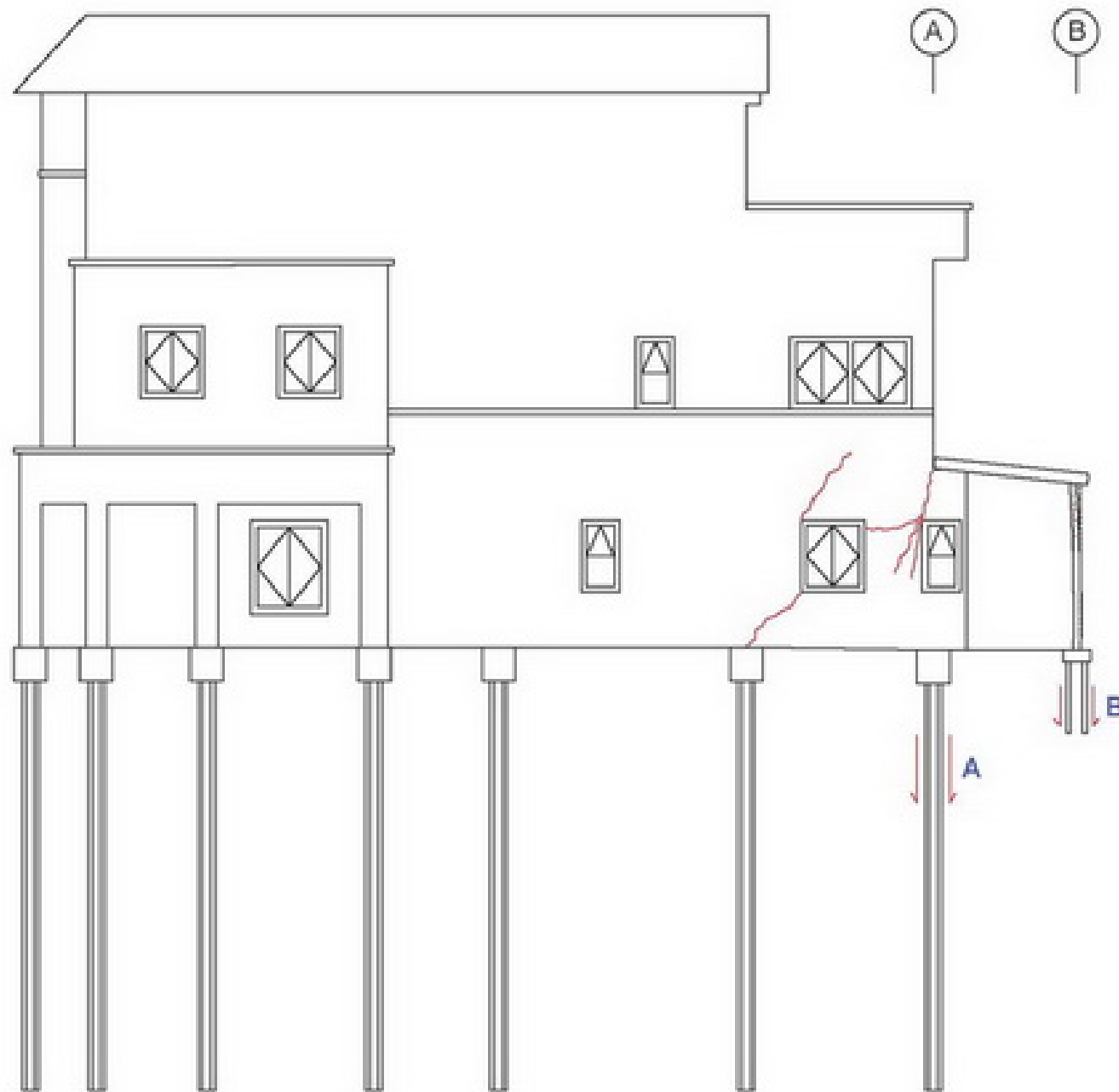


กรณีตัวอย่าง

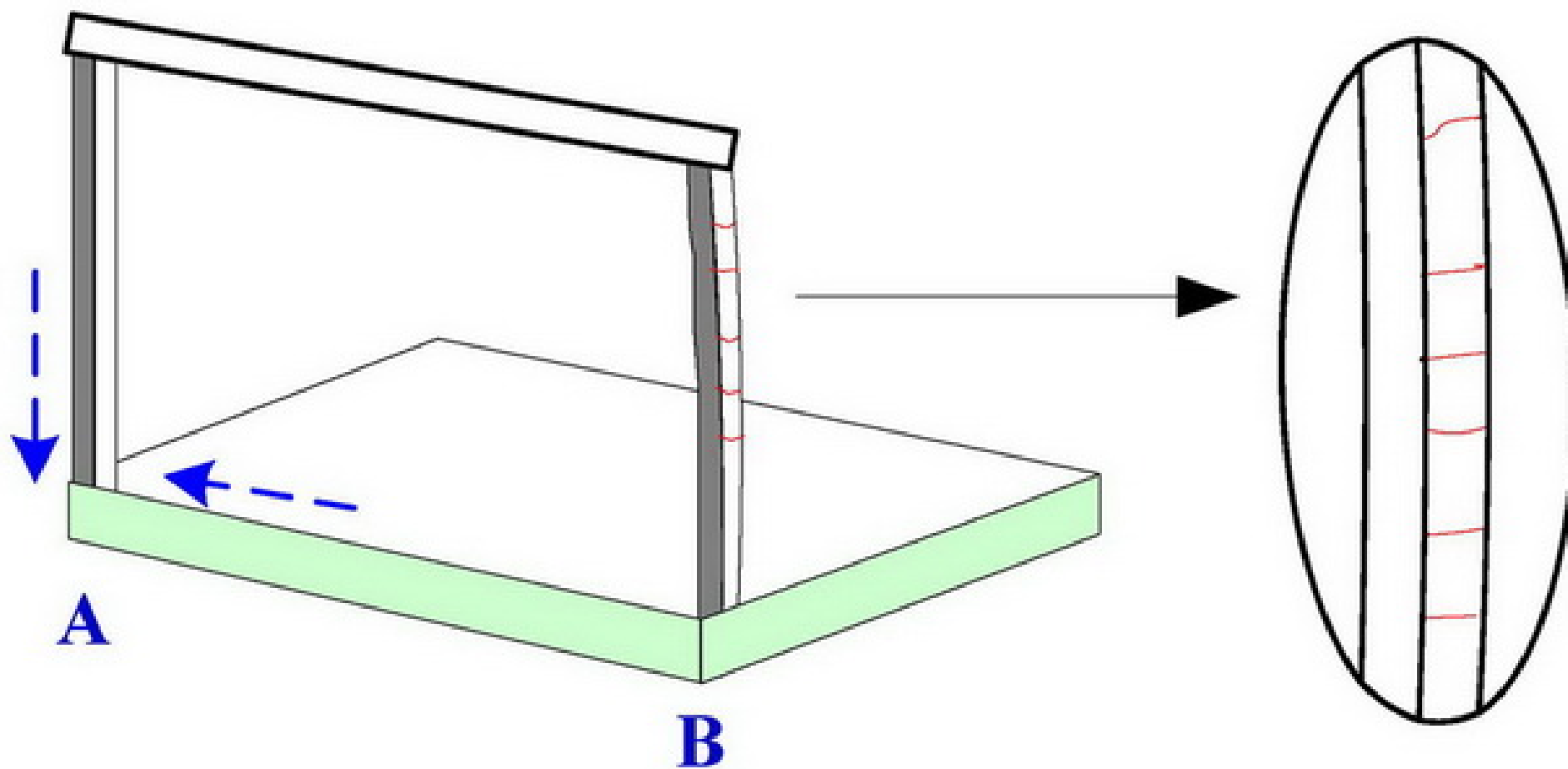
การวินิจฉัยสาเหตุการหลุดตัวของฐานราก

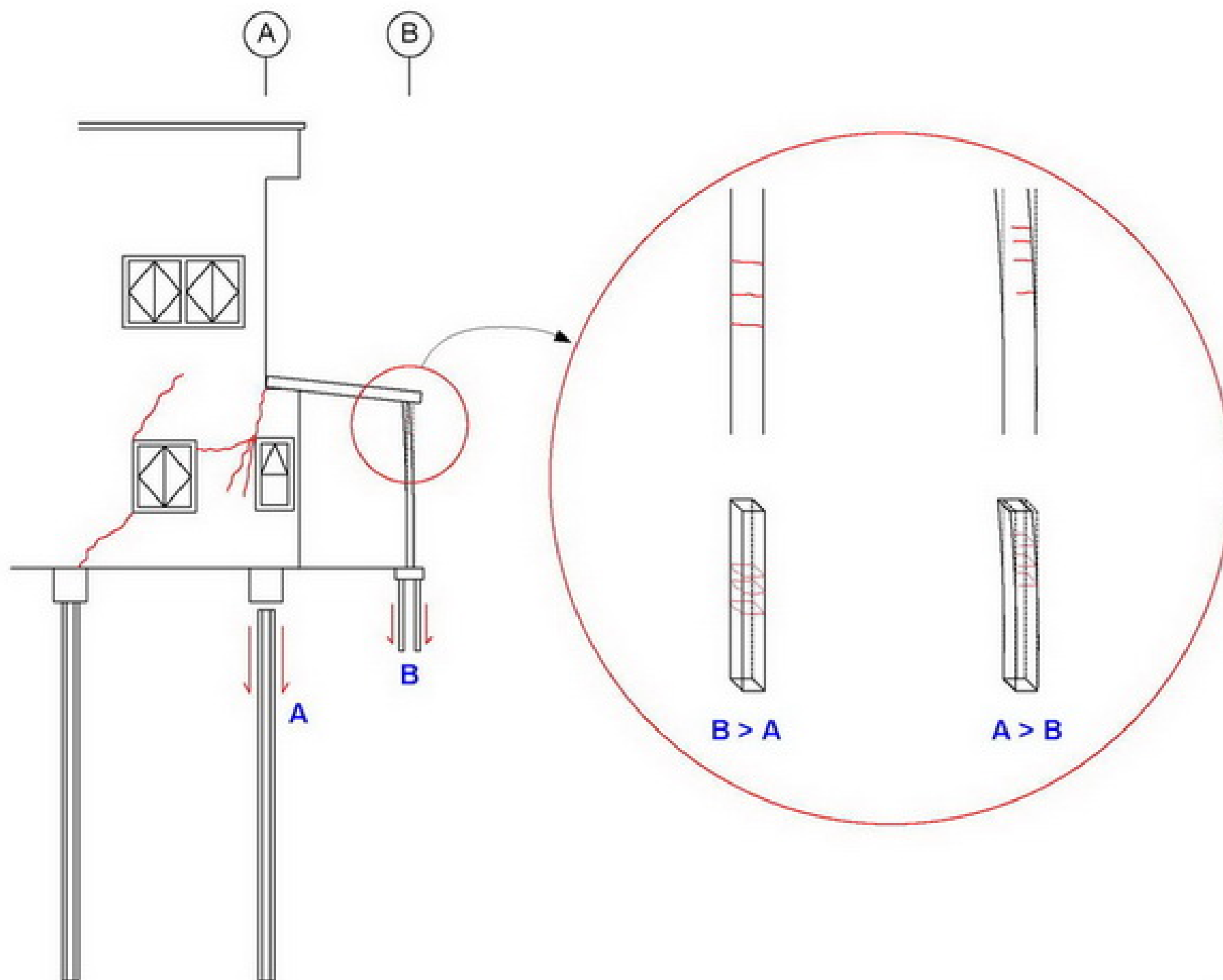






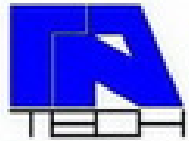












T.A.TECH Co., Ltd.

www.tatech2006.com

งานทดสอบกำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างพื้น

โดยวิธี Floor Load Test

ข้อ 15 หน่วยน้ำหนักบรรจุภัณฑ์สำหรับประเภทและส่วนต่าง ๆ ของอาหาร นอกเหนือจากน้ำหนักของตัวอาหาร หรือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อย่างอื่น ให้คำนวณโดยประมาณเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าอัตรา ดังต่อไปนี้

ประเภทและส่วนต่าง ๆ ของอาหาร	หน่วยน้ำหนักบรรจุภัณฑ์เป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร
(1) หลังคา	30
(2) ก็นสาคหรือหลังคาคอนกรีต	100
(3) ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
(4) ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรมและห้องคนไข้ พิเศษของโรงพยาบาล	200
(5) สำนักงาน ธนาคาร	250
(6) (ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาล	300
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
(7) (ก) คลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้อง ประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดรถหรือเก็บรถ ยนต์ไว้ หรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคาร พาณิชยกรรม มหาวิทยาลัย วิทยาลัยและโรงเรียน	400
(8) (ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรง พิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500
(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของคลาด อาคารสรรพสินค้า ห้อง ประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุดและหอสมุด	500
(9) ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
(10) ที่จอดรถหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่า	800

ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบพื้นชั้น 1

โครงสร้างที่ทำการทดสอบ : อาคาร.....

ตำแหน่งหรือบริเวณที่ทดสอบ : พื้นชั้นที่ 1

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (DL) = 240 kg/m²

น้ำหนักบรรทุกจร (LL) = 400 kg/m²

น้ำหนักทดสอบ อ้างอิงตามมาตรฐาน ACI-318

น้ำหนักบรรทุกทดสอบทั้งหมด = 0.85(1.4D+1.7L)

= 863.6 kg/m²

น้ำหนักบรรทุกที่ต้องใช้เพิ่มในการทดสอบ = 863.6 – 240 kg/m²

= 623.6 kg/m²

น้ำหนักบรรทุกทดสอบ = **630** kg/m²

คิดเป็นน้ำหนักกระทำทดสอบทั้งหมด = **40** ton.

การทดสอบน้ำหนักบรรทุก โดยให้น้ำหนักบรรทุกบนแผ่นพื้นที่ทดสอบ โดยจะมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกครั้งละ 25 % ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุด และลดน้ำหนักบรรทุกครั้งละ 50% ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุด

0 – 10 – 20 – 30 – **40*** – 20 – 0

(หน่วยเป็น ตัน)

ความสูงน้ำ

0 – 16 – 32 – 47 – **63*** – 32 – 0

(หน่วยเป็น เซนติเมตร)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

อ่านค่าการแอ่นตัวของโครงสร้างด้วยอุปกรณ์ **Dial Gauge** โดยติดตั้งไว้ 8 ตัว ได้โครงสร้างพื้นและคานของบริเวณที่ทำการทดสอบ ค่าความละเอียด **0.01 มม.**

วิธีทดสอบน้ำหนักบรรทุก

การทดสอบน้ำหนักบรรทุก โดยให้น้ำหนักบรรทุกเหนือคานหรือพื้นที่ทดสอบ โดยจะมีการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกครั้งละ **25 %** ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุด และลดน้ำหนักบรรทุกครั้งละ **50%** ของน้ำหนักบรรทุกทดสอบสูงสุด

เงื่อนไขในการทดสอบน้ำหนักบรรทุก

- อ่านค่าการแอ่นตัวของแผ่นพื้นทุกครั้งก่อนที่จะเพิ่มหรือลดน้ำหนักทดสอบ
- ภายหลังจากเพิ่มและลดน้ำหนักจนถึงน้ำหนักทดสอบแต่ละชั้น ให้ทิ้งน้ำหนักค้างไว้นานขึ้นละ **60** นาที โดยอ่านและจดบันทึกค่าการแอ่นตัวที่ **0, 15, 30, 45** และ **60** นาที
- น้ำหนักบรรทุกที่มีเครื่องหมาย * จะต้องแช่ทิ้งไว้ **24** ชั่วโมง

- บันทึกการแอ่นตัวครั้งสุดท้ายเมื่อถอนน้ำหนักบรรทุกทดสอบออกหมดแล้วครบ 24

ชั่วโมง

- ถ้าส่วนของโครงสร้างที่ได้ทำการทดสอบไม่ปรากฏสภาพการวิบัติให้เห็นด้วยตาเปล่าแล้ว ให้ถือว่าโครงสร้างที่ทำการทดสอบนี้ผ่านการทดสอบ โดยต้องเป็นไปตามเกณฑ์ต่อไปนี้

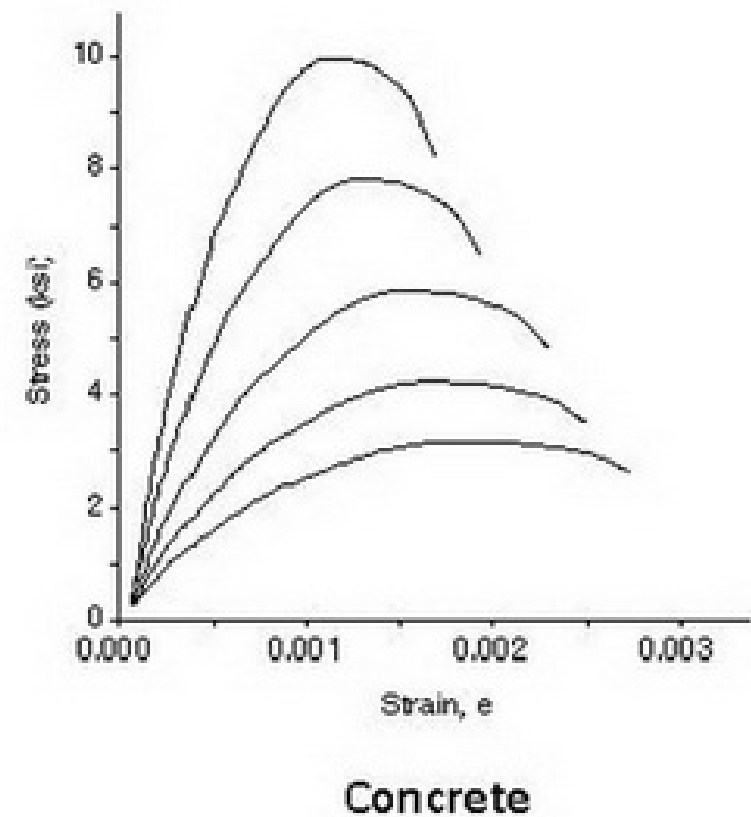
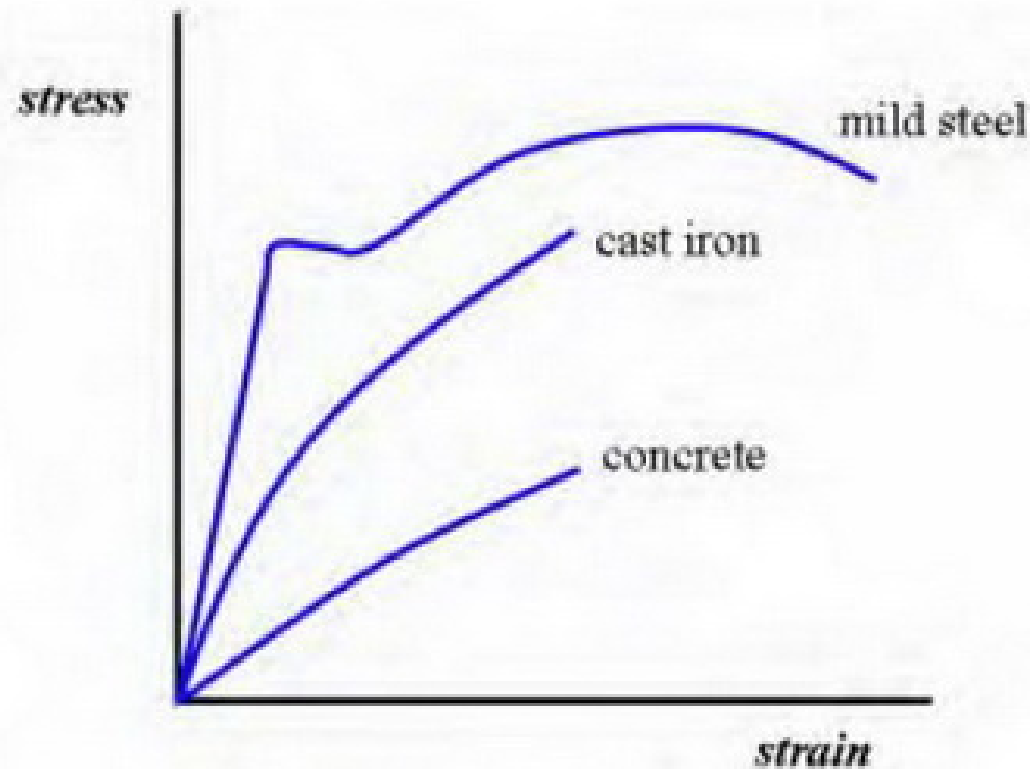
1) ระยะแอ่นตัวที่วัดได้สูงสุดของ พื้นต้องมีค่าน้อยกว่า $l_t^2/(20000h)$

2) ระยะแอ่นตัวที่วัดได้สูงสุดของพื้น มีค่ามากกว่า กำลังสองของความยาวหารด้วย ผลคูณของสองหมื่นกับความหนาของแผ่นพื้นแล้ว ค่าการคืบตัวภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากถอนน้ำหนักบรรทุกทดสอบออกหมดแล้วอย่างน้อยที่สุดต้องไม่ น้อยกว่าร้อยละ 75 ของระยะแอ่นตัวสูงสุดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และต้องไม่ น้อยกว่าร้อยละ 80 สำหรับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง

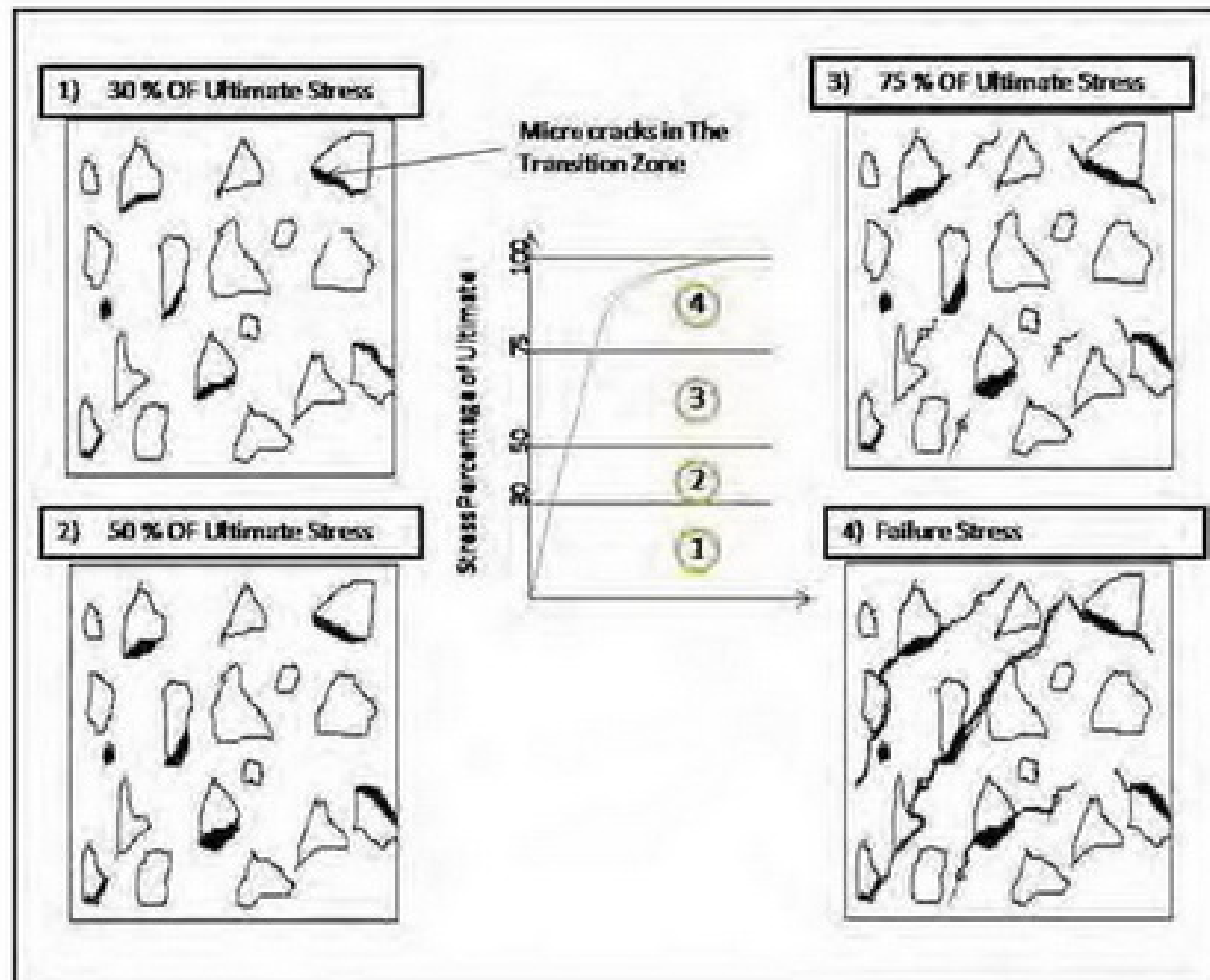
เมื่อ l_t คือ ระยะของช่วงพื้นหรือคานที่ทดสอบ และ

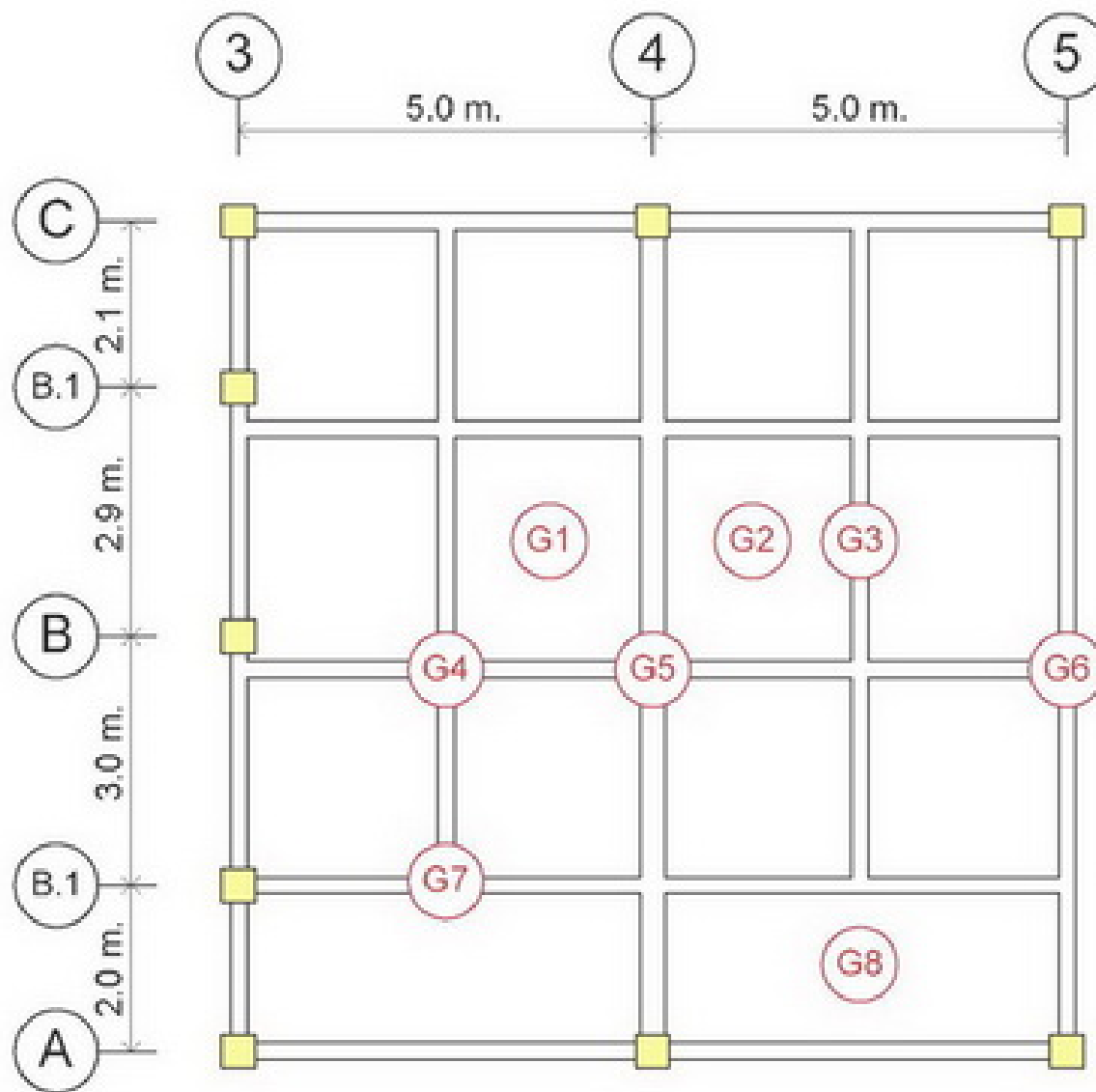
h คือ ความหนาของแผ่นพื้นหรือคานที่ทดสอบ

Stress-Strain Curve



Maximum concrete strain = 0.003





แสดงการติดตั้ง อุปกรณ์ Dial Gauge ใต้โครงสร้างพื้นของบริเวณที่ ทำการทดสอบ



Dial Gauge ความละเอียด 0.01 มม.



แสดงการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของพื้น โดยใช้น้ำทดสอบ







Load Test by Hydraulic Jack



Load Test by Hydraulic Jack



แสดงผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของพื้น

	Clear Span	Thickness	Actual Def.	Allowable Def.	L/360
Point No.	It (m.)	H (m.)	D (mm.)	D (mm.)	(mm.)
G1	8.0	0.400	0.95	8.00	22.22
G2	4.0	0.400	0.27	2.00	11.11
G3	4.0	0.100	0.20	8.00	11.11
G4	4.0	0.400	0.20	2.00	11.11
G5	4.0	0.100	0.15	8.00	11.11
G6	8.0	0.400	0.22	8.00	22.22

The End.

ขอบคุณที่รับฟังอย่างตั้งใจ

สอบถามปัญหาได้ที่

www.tatech2006.com

tatech2006@gmail.com

www.facebook.com/tatech2006