ความสามารถในการต้านทานการสั่นสะเทือนของระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป

VIBRATION PERFOMANCE OF PRECAST-PRESTRESSED CONCRETE SLABS

มงคล จิรวัชรเดช (Mongkol Jiravacharadet)[1]

พรพิไล กิติรัตน์ตระการ (Phornpilai Kitirattrakarn)[2]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา Email address: mongkol@sut.ac.th

[2]ผู้ช่วยวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา Email address: pornpilai@lycos.com

บทคัดย่อ : พื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปเป็นที่นิยมใช้กันมากในงานก่อสร้างอาคาร เพราะมีความสะดวกในการจัดหา ราคาประหยัด และสามารถก่อสร้างได้รวดเร็ว แต่มีผลเสียเรื่องของความสามารถในการต้านทานการสั่นสะเทือน เนื่องจากมีมวล ความหนา และความแข็งแรงของจุดรองรับน้อยกว่าระบบพื้นหล่อในที่ ตัวแปรที่ใช้ระบุความสามารถในการต้านการสั่นสะเทือนคือ มวล ความถี่ธรรมชาติ และ ความหน่วงของระบบ บทความนี้ได้นำเสนอผลการวิเคราะห์และทดสอบการสั่นสะเทือนในระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป เพื่อพิจารณาค่าความถี่ธรรมชาติของพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป ในส่วนของการวิเคราะห์กำหนดให้ระบบพื้นเป็นพื้นทางเดียว มีจุดรองรับที่ปลายทั้งสองข้างเป็นแบบ simple support และจำลองพื้นให้มีหน้าตัดเป็นแบบวัสดุผสมเนื่องจากพิจารณาส่วนของคอนกรีตเททับหน้าร่วมด้วย สำหรับส่วนของการทดสอบนั้นได้ทำการทดสอบกับแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปจำนวนสามแผ่นเรียงต่อกันแล้วเทคอนกรีตทับหน้า โดยพื้นตัวอย่างนี้เป็นแผ่นพื้นที่ผลิตและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย จากการวิเคราะห์และทดสอบพบว่าค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้มีความสอดคล้องกัน และจากการศึกษานี้ สามารถนำไปสู่การพัฒนาสูตรเพื่อวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติของระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป ทำให้เราสามารถประมาณค่าได้อย่างใกล้เคียงกับระบบจริง และสามารถนำไปวิเคราะห์ในเบื้องต้นเกี่ยวกับความสามารถในการรับการสั่นสะเทือนได้โดยที่ยังไม่ต้องทำการทดสอบกับตัวอย่างจริง

ABSTRACT : Precast-Prestressed concrete (PC) slab is very useful in construction because it is convenient, economical and construct in a short time. In contrast, it has low vibration performance because it has mass, thickness and support performance lower than cast-in place slab. The effective parameters that control vibration performance are mass, natural frequency and damping. This paper will present about the vibration analysis and experiment with PC slab. In the analysis, we will consider the floor system as one-way slab with simple support and has composite section with concrete topping. This model is generalized to single degree of freedom. In the experiment, 3 PC slabs which made and widely used in Thailand are laid continuously and then cover with concrete topping. The study shows that the result from the analysis and the experiment are consistent. This study is lead to the development of the natural frequency formula for PC slabs with nearly the real structure value which useful for the preliminary evaluation before construction.

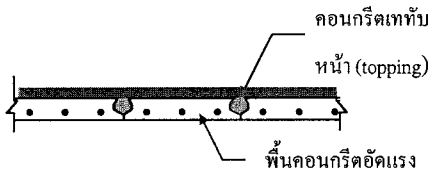
KEYWORDS : Impact test, Natural frequency, Pre-stressed concrete floor, Vibration Performance

1. บทนำ

พื้นที่เกิดการสั่นสะเทือนมาก อาจทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดไม่ปลอดภัย หรือเกิดความรู้สึกรำคาญได้ การสั่นสะเทือนในระบบพื้นมีความแตกต่างกันตามชนิดและลักษณะของจุดรองรับ ทั้งนี้ได้มีผู้ทำการศึกษาการสั่นสะเทือนในระบบพื้นเป็นจำนวนมาก โดยเริ่มจากการศึกษาลักษณะของแรงกระทำที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน(Bachmann และ Ammann, 1987[1]) เกณฑ์การรับรู้ของมนุษย์ต่อการสั่นสะเทือน (ปัญหาที่เกิดขึ้นในอาคารจริง เช่น การศึกษาของ Allen, D.E. (1990) [2] และ Hoang Nam. (2004) [3] จนถึงการรวบรวมแล้วเสนอเป็นสูตรและตัวอย่างในการออกแบบเช่น Shock and Vibration Handbook (Harris และ Crede, 1976 [4]) ATC Design Guide (ATC, 1999 [5]) PCI Design Handbook (PCI, 2004 [6]) จะเห็นว่ามีการพัฒนาเป็นขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่จะทำการศึกษากับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดาวางอยู่บนตงเหล็ก และพื้นที่มีหน้าตัดผสมระหว่างคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดากับเหล็กพับที่ท้องพื้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสั่นสะเทือนในระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป โดยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์และผลทดสอบการสั่นสะเทือนในระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป เพื่อหาค่าความถี่ธรรมชาติ

2. การวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติ

จำลองระบบพื้นเป็นพื้นทางเดียว มีจุดรองรับเป็นแบบ simple support หน้าตัดเป็นแบบผสมระหว่างคอนกรีตกำลังสูงซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ทำพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปและคอนกรีตเททับหน้า ดังตัวอย่างในภาพที่ 1



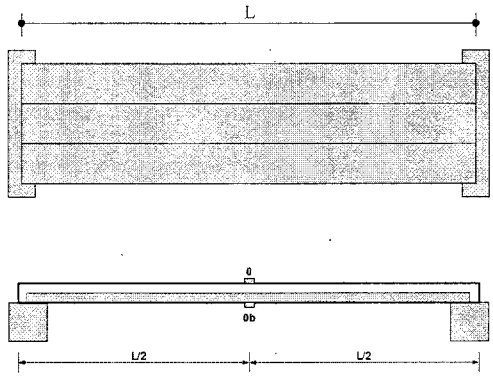
ภาพที่ 1 หน้าตัดระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์

ค่าต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ 1. ความหนาแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงเท่ากับ 5 ซม. 2. ความหนาของคอนกรีตเททับหน้าเท่ากับ 5 ซม. 3. เส้นผ่าศูนย์กลางของลวดอัดแรงเท่ากับ 4 มม. ใช้จำนวน 6 เส้น 4. กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตอัดแรงรูปทรงกระบอกที่ 28 วันเท่ากับ 350 กก./ตร.ซม. 5. กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตเททับหน้ารูปทรงกระบอกที่ 28 วันเท่ากับ 150 กก./ตร.ซม. 6. กำลังรับแรงดึงสูงสุดของลวดอัดแรงเท่ากับ 175 กก./ตร.มม. 7. ความยาวของแผ่นพื้นเท่ากับ 4 เมตร ใช้วิธีการวิเคราะห์จากพรพิไล (2546) [7] ได้ผลการวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติเท่ากับ 10.27 เฮิร์ต

3. การทดสอบ

3.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างประกอบขึ้นโดยการนำแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปยาว 4 เมตร ขนาดหน้าตัดกว้าง 35 ซม. หนา 5 ซม. มีลวดอัดแรงเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม. 6 เส้นจำนวน 3 แผ่น วางเรียงต่อกันบนคาน แล้วเทคอนกรีตทับหน้าหนา 5 ซม. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานใต้ท้องพื้น แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างระบบพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดสอบ

3.2 การทดสอบ

ปล่อยตุ้มน้ำหนักขนาด 40 – 90 กิโลกรัม ลงที่ตำแหน่งผิวบนของกึ่งกลางคาน พร้อมกับบันทึกค่าเวลาและความเร่งของระบบ ทดสอบกับพื้นตัวอย่างละ 7 ครั้ง จำนวน 3 ตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางความถี่ โดยสนใจค่าความถี่พื้นฐานเท่านั้น (Fundamental Harmonic) ได้ผลดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางความถี่ของพื้นตัวอย่างที่ 1 จากภาพที่ 3 ได้ว่าความถี่เฉลี่ยของตัวที่ 1 2 และ 3 มีค่าดังนี้ 10.937 Hz. 12.394 Hz. และ 11.568 Hz. ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 11.633 Hz.

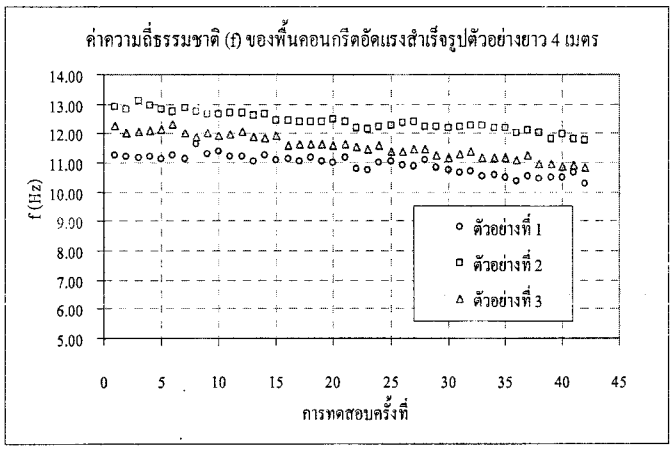
4. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และการทดสอบ

ผลจากการทดสอบมีค่ามากกว่าผลจากการวิเคราะห์โดยค่าจากการทดสอบมีค่าสูงกว่าประมาณ 6.49 – 20.68% ทั้งนี้มีผลมาจาก 1. คุณสมบัติของวัสดุคือคอนกรีตและลวดอัดแรง ในส่วนของการวิเคราะห์เป็นค่าที่แน่นอนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดด้วยการผลิต แต่ในตัวอย่างจริงจะมีค่าสูงกว่า ควรมีการปรับปรุงข้อมูลในการวิเคราะห์อีกครั้งโดยการหาคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าที่มีความสอดคล้องกันมากขึ้น แต่ทั้งนี้ก็จะมีความเสียเวลาและเปลืองค่าใช้จ่ายในการทดสอบส่วนนี้เพิ่มเติมขึ้นอีก 2. ลักษณะของจุดรองรับในกรณีของการทดสอบจะมีความแข็งแรงมากกว่าในการวิเคราะห์ เพราะในการวิเคราะห์คิดให้โครงสร้างมีจุดรองรับแบบ simple support แต่ในสภาพจริงที่จุดรองรับจะมีความสามารถในการรับโมเมนต์ได้บ้างเล็กน้อยถึงแม้ว่าพื้นตัวอย่างจะไม่ได้ยึดติดกับโครงสร้างคาน แต่ยังมีส่วนที่วางพาดบนคานซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับคานได้ 3. ความถี่ในการวิเคราะห์ยังคงมีผลของความหน่วงของระบบอยู่ในการวิเคราะห์ครั้งต่อไปควรมีการประเมินค่าความหน่วงและนำผลมาพิจารณาใหม่เพื่อให้ได้ค่าที่มีความสอดคล้องมากกว่านี้

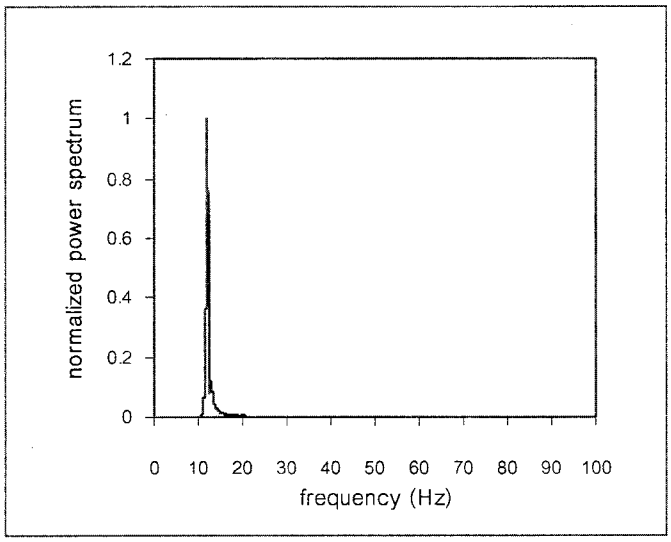
5. บทสรุป

จากการศึกษาพบว่า

1. การวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติของระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปในตัวอย่างที่ได้ยกมานี้มีค่าเท่ากับ 10.27 Hz. ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการทดสอบอยู่ประมาณ 6.49 – 20.68%
2. ควรมีการวิเคราะห์ผลของมวลที่เพิ่มขึ้นหลังจากที่ปล่อยให้ตุ้มน้ำหนักตกกระทบกับพื้นแล้ว
3. ควรมีการวิเคราะห์ผลของความหน่วงเพิ่มเติมเพื่อให้ค่าจะการทดสอบมีความถูกต้องมากขึ้นก่อนที่จะนำมาเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์
4. การทดสอบได้ทดสอบกับพื้นตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับระบบพื้นทางเดียวเพื่อให้สอด คล้องกับการวิเคราะห์ ดังนั้นค่า ความถี่ธรรมชาติที่ได้จึงเป็นค่าที่เหมาะสมในการประมาณการเบื้อง ต้นในโครงสร้างพื้นที่ทำจากพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูป เพื่อใช้ประโยชน์ในการประเมินค่าการสั่นสะเทือนของระบบก่อนที่จะทำการก่อสร้างจริง
5. การศึกษาแนะนำให้เพิ่มค่าจากที่วิเคราะห์ได้ขึ้นอีกประมาณ 6.49 %
6. การวิเคราะห์และทดสอบพิจารณาผลเฉพาะค่าความถี่พื้นฐานซึ่งเพียงพอสำหรับการนำไปใช้ในงานจริง เพราะความถี่ของระบบมีค่าค่อนข้างสูง ไม่น่าจะเกิดการสั่นพ้องขึ้นกับระบบ และระบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปมักจะใช้ในอาคารที่มีกิจกรรมหรือแรงกระทำแบบพลวัตรที่มีความถี่สูงไม่มากนัก



ภาพที่ 3 ผลการทดสอบระบบพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปตัวอย่างยาว 4 เมตร



ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางความถี่ของพื้นคอนกรีตอัดแรงสำเร็จรูปตัวอย่าง

5. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

6. บรรณานุกรม

[1] Bachmann, H., and Ammann W., 1987. Vibration In Structures Induced by Man and Mechines. (3rd ed.), Zurich : IABSE.

[2] Allen, D.E., 1990. Building Vibrations From Aerobics. Canadian Journal of Civil Engineering, The National Research Council of Canada, Vol. 17. No. 5, 771-779.

[3] Hoang Nam., 2004. Optimal Multiple Tuned Mass Dampers for Struc-tures with Closely-Spaced Natural Frequencies, AIT Dissertation, No. ST-04-2, Bankok, Thailand.

[4] Harris, C. M. and Crede, C. E., 1976. Shock and Vibration Handbook, 2nd Edition, McGrawHill Book Co., New York, NY.

[5] ATC, 1999. ATC Design Guide 1, Minimizing Floor Vibration, Applied Technology Council, Red-wood City, CA.

[6] PCI Industry Handbook Committee, 2004. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete, 5th Edition, Precast/Prestressed Con-crete Institute, Chicago, IL.

[7] พรพิไล กิติรัตน์ตระการ, 2546. การศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของพื้นคอนกรีตอัดแรงเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์. มหาบัณฑิต, มหา วิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.