บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับความถี่ของพาร์เชียลสำคัญของเสียงระฆังจากวัดต่างๆ ทั้งสิ้น 15 ใบโดยใช้เทคนิคการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว พบว่าระฆังแต่ละใบให้เสียงที่มีความถี่ของพาร์เชียลสำคัญแตกต่างกันดังแสดงในตาราง 20 และเสียงของระฆังบางใบไม่สามารถจัดความถี่เข้าระบบฮาร์มอนิกได้จึงไม่พบพาร์เชียลสำคัญปรากฏในเสียงระฆัง แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าระฆังไทยให้เสียงที่ไม่เป็นฮาร์มอนิก

ตาราง 20

สรุปค่าความถี่ของพาร์เชียลสำคัญของเสียงระฆังทั้ง 15 ใบ

ใบที่	Hum	Prime	Tierce	Quint	Nominal	Superquint	Oct. nom.
1	191.5	302.0	392.5	487.0	664.0	–	–
2	190.5	381.0	498.0	573.0	824.5	1247.5	–
3	208.5	–	480.5	633.5	824.5	1213.0	–
4	250.5	571.5	613.0	694.0	1032.0	1519.0	–
5	382.0	608.5	917.5	–	1483.5	–	3069.0
6	425.5	–	1006.5	–	1758.0	2499.5	–
7	425.5	–	1002.0	1499.5	1763.0	–	–
8	186.0	–	491.5	–	802.0	1160.0	1619.5
9	552.0	1201.0	1437.0	1763.0	2283.5	–	–
10	482.0	873.5	1237.0	1330.0	2001.5	–	–
11	137.0	–	332.5	459.0	581.0	–	–

ตาราง 20 (ต่อ)

ใบที่	Hum	Prime	Tierce	Quint	Nominal	Superquint	Oct. nom.
12	–	–	–	–	–	–	–
13	225.0	458.5	547.5	819.5	967.5	–	2005.0
14	362.0	551.0	740.5	982.5	1264.5	1898.0	–
15	–	649.5	–	1026.0	1295.5	1842.0	–

จากตาราง 20 พบว่าระฆังไทยให้เสียงฮัมในช่วงความถี่ 190.5-552.0 เฮิรตซ์ เสียงไพร์มมีความถี่ในช่วง 302.0-1201.0 เฮิรตซ์ และโนมินอลในช่วงความถี่ 664.0-2283.5 เฮิรตซ์ และเมื่อพิจารณาจากค่าเซ็นต์ ของแต่ละพาร์เชียล จะพบว่ามีค่าแตกต่างจากค่าที่แท้จริงอยู่มากกว่าระฆังในต่างประเทศซึ่งมีระบบการปรับตั้งเสียง แสดงถึงระบบการผลิตระฆังในประเทศไทยไม่ได้ให้ความสำคัญกับการตั้งเสียงระฆังหลังจากการหล่อขึ้นรูประฆังแล้ว

จากการทดลองให้นักดนตรีจำนวน 10 คน ฟังเสียงระฆัง และการเทียบเสียงระฆังกับเสียงมาตรฐานในแต่ละความถี่ พบว่าระฆังไทยให้ strike note ใกล้เคียงกับพาร์เชียลไพร์มมากที่สุด ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานวิจัยในต่างประเทศ ดังนั้นการกำหนดระดับเสียงของระฆังจึงใช้ไพร์มเป็นตัวแทนของโน้ตระฆังได้ แต่หากระฆังใบใดไม่พบไพร์มในเสียง จะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า strike note paradox และยังพบว่าความแรงในการเคาะระฆังไม่ส่งผลต่อความถี่ที่เป็นองค์ประกอบในเสียงระฆัง แต่จะส่งผลต่อความดังของระฆังเท่านั้น

จากการวิเคราะห์รูปแบบสัญญาณเสียงและ partials decay ของระฆังไทย จำนวน 14 ใบจากวัดต่างๆและระฆังพม่าอีกจำนวน 1 ใบ พบว่าระฆังไทยให้เสียงความเข้มสูงสุดทันทีที่ถูกเคาะ จากนั้นความดังเสียงจะลดลงอย่างรวดเร็วคงไว้แต่เฉพาะพาร์เชียลความถี่ต่ำบางพาร์เชียลเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพาร์เชียลฮัมและพาร์เชียลที่มี doublet แสดงให้เห็นว่าพาร์เชียลเหล่านี้เป็นพาร์เชียลที่ทำให้ระฆังมีเสียงก้องกังวานอยู่ได้เป็นเวลานาน ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างจากระฆังในกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง ดังนั้น ในอนาคตควรมีการศึกษาเสียงระฆังในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศเพิ่มเติม และควรมีการศึกษาเกี่ยวกับโหมดการสั่นของระฆังไทยทั้งโดยทางทฤษฎี การจำลองแบบทางคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) และการทดลองโดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัด ณ ตำแหน่งต่างๆ รอบระฆัง รวมทั้งผลของรูปร่างระฆังที่มีต่อเสียง

ภาคผนวก
คำศัพท์ทางเทคนิคเกี่ยวกับเสียงระฆัง

คำศัพท์ทางเทคนิคเกี่ยวกับเสียงระฆัง

Carillon	ระฆังชุดที่ประกอบด้วยระฆังอย่างน้อย 23 ใบ เคาะด้วยเครื่องเคาะอัตโนมัติเพื่อให้ได้เสียงดนตรีที่ต้องการ
Cent	การวัดช่วงความห่างของความถี่เสียง คำนวณจากค่าลอการิธึมของอัตราส่วนความถี่ที่ต้องการวัด โดย 100 เซ็นต์ คือ 1 เซมิโทน และ 1200 เซ็นต์ คือ หนึ่งคู่แปด
Doublet	ในกรณีที่ระฆังไม่มีสมมาตรที่แท้จริง แต่ละพาร์เชียลอาจแยกเป็นความถี่ที่ใกล้เคียงกัน 2 ความถี่ ทำให้เกิดบีตส์
Equal temperament	ระบบการปรับแต่งเสียงทางดนตรีที่กำหนดให้แต่ละเซมิโทนมีค่าเท่ากันทั้งหมด ทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องดนตรีที่ตั้งเสียงสามารถไล่โน้ตดนตรีได้
Extra partial	ชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของพาร์เชียลไพร์ม
Fundamental	ชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของพาร์เชียลไพร์ม
Higher partial	พาร์เชียลที่มีความถี่สูงกว่าโนมินอล
Hum	ความถี่ต่ำสุดของพาร์เชียลสำคัญของเสียงระฆัง
Low partials	ชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งของพาร์เชียลสำคัญในเสียงระฆัง
Mode	รูปแบบการสั่นของระฆัง การสั่นในโหมดที่แตกต่างกันจะให้เสียงที่แตกต่างกัน
Nominal	พาร์เชียลที่มีความถี่สูงที่สุดในความถี่สำคัญทั้ง 5 ของเสียงระฆัง จัดเป็นพาร์เชียลความถี่หลักของระฆัง
Octave nominal	พาร์เชียลที่มีความถี่สูงกว่าโนมินอลอยู่หนึ่งคู่แปด
Prime	พาร์เชียลที่มีความถี่ต่ำเป็นอันดับสองในความถี่หลักทั้ง 5 ของเสียงระฆัง

Quint	พาร์เชียลที่ต่ำกว่าโนมินอลประมาณหนึ่งในสี่
Strike pitch	ระดับเสียงของระฆังที่หูมนุษย์ได้ยินซึ่งอาจไม่ตรงกับพาร์เชียลใดๆ เลยก็ได้ โดยปกติจะมีความถี่ต่ำกว่าโนมินอลอยู่หนึ่งคู่แปด
Superquint	พาร์เชียลที่มีความถี่สูงกว่าโนมินอลประมาณหนึ่งในห้า มีชื่อเรียกทางดนตรีว่า twelfth หรือ octave quint
Tierce	หนึ่งในพาร์เชียลสำคัญของเสียงระฆัง
Timbre	คุณภาพของเสียงระฆังโดยรวม
True harmonic	ระบบการปรับแต่งเสียงระฆังให้พาร์เชียลฮัม ไพร์มและโนมินอลต่างกันหนึ่งคู่แปด