

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

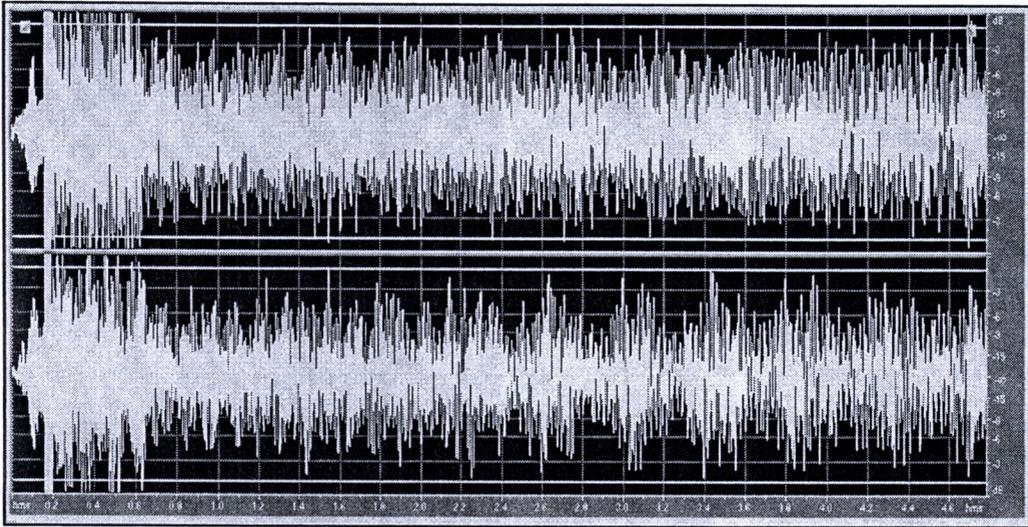
ระฆังใบที่ 1 ระฆังวัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

จากภาพ 21 แสดงลักษณะระฆัง วัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 เมตร บันทึกเสียงวันที่ 10 พฤศจิกายน 2552 ได้รูปแบบสัญญาณเสียงดังแสดงในภาพ 22 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 23 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 24 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 25



ภาพ 21 ระฆัง วัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

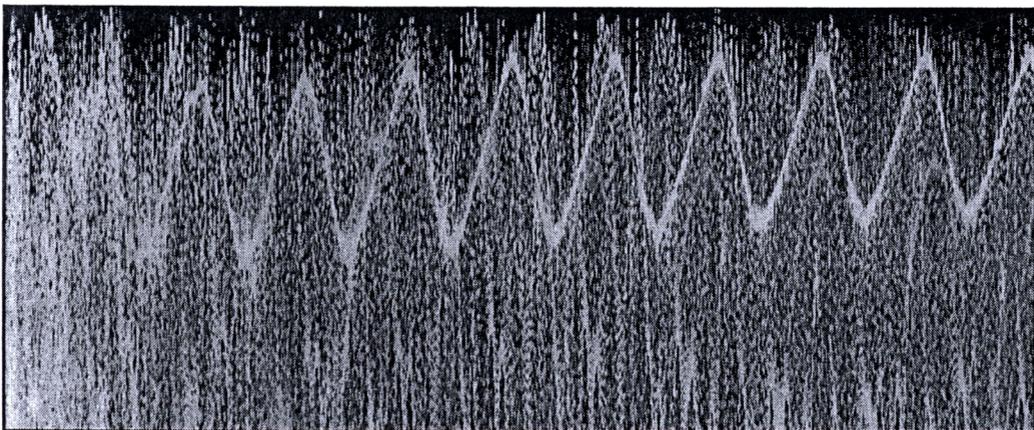
ที่มา. จากการบันทึกภาพ



ภาพ 22 สัญญาณเสียงระฆัง วัดจลินประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

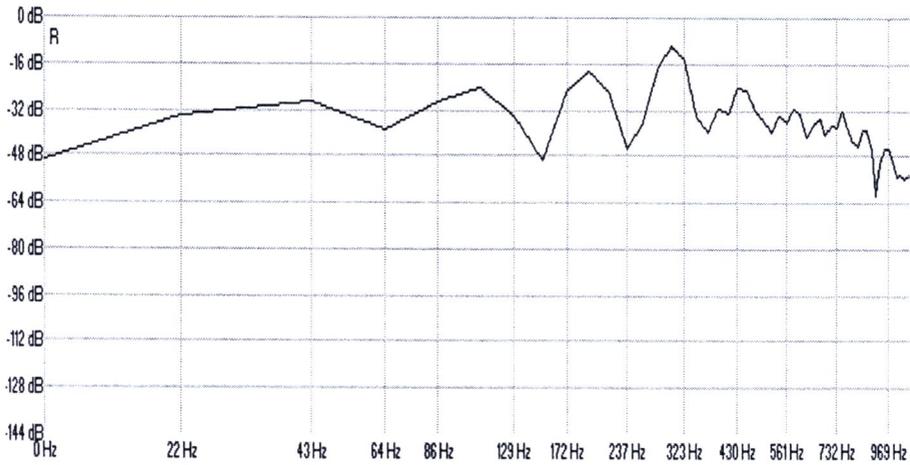
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

จากภาพ 22 แสดงสัญญาณเสียงระฆัง พบว่ามีระดับความเข้มเสียงสูงสุดทันทีเมื่อระฆังถูกเคาะ แล้วค่อย ๆ ลดระดับความเข้มเสียงลงภายในเวลา 0.6 วินาที จากนั้นระดับความเข้มเสียงระฆังจะมีค่าคงที่ และเกิดบีตส์ขึ้นสอดคล้องกับภาพ 23 ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเสียงมีการ pan สลับซ้ายขวาอยู่ตลอดเวลา



ภาพ 23 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดจลินประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

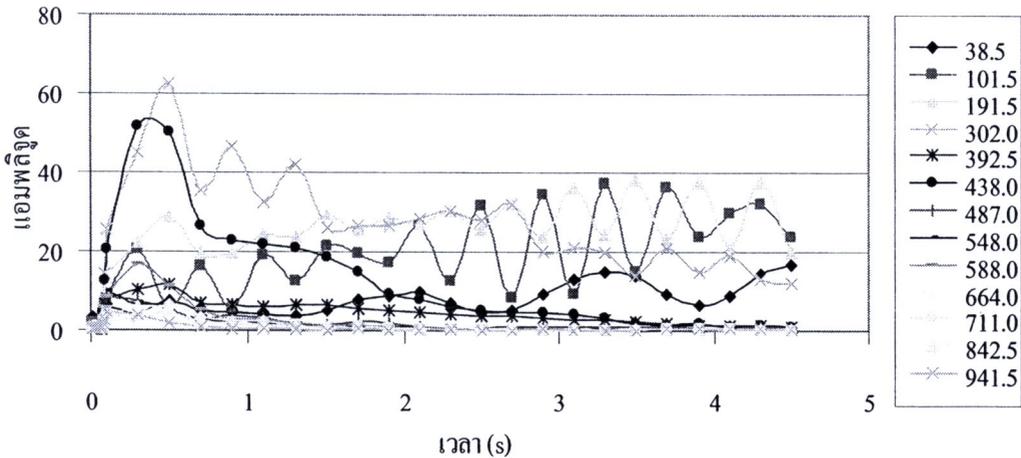
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 24 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดจิ้นประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab

จากภาพ 24 แสดงพาร์เซี่ยลของเสียงระฆัง วัดจิ้นประชาสโมสร พบพาร์เซี่ยลเด่น คือ 38.5 เฮิร์ตซ์ 101.5 เฮิร์ตซ์ 191.5 เฮิร์ตซ์ และ 302 เฮิร์ตซ์ แกนตั้งแสดงระดับความเข้มเสียงในหน่วยเดซิเบล คำนวณจากสมการ $20\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ เมื่อ I_0 เป็นความเข้มเสียงของพาร์เซี่ยลที่ดังที่สุด



ภาพ 25 partials decay ของเสียงระฆัง วัดจิ้นประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

ที่มา. จากการทดลอง

จากภาพ 25 แสดง partials decay ของเสียงระฆัง พบว่าพาร์เซี่ยลไพร์ม (ความถี่ 302.0 เฮิรตซ์) มีแอมพลิจูดสูงขึ้นทันที แล้วค่อย ๆ ลดแอมพลิจูดลง ผลที่ได้แตกต่างจากพาร์เซี่ยลฮัม (ความถี่ 191.5 เฮิรตซ์) และพาร์เซี่ยลความถี่ 101.5 เฮิรตซ์ ซึ่งพบว่ามีแอมพลิจูดต่ำในช่วงเริ่มต้นแล้วจึงมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงให้ทราบว่าพาร์เซี่ยลที่ทำให้เสียงระฆังไบน์ดักก้องอยู่ได้เป็นเวลานานคือพาร์เซี่ยลฮัม นอกจากนี้ยังพบการสั่นกระเพื่อม (wobble) ของฮัมและพาร์เซี่ยลความถี่ 101.5 เฮิรตซ์ ด้วย แสดงว่าพาร์เซี่ยลทั้งสองมี doublet กล่าวคือมีความถี่สองค่าที่ใกล้เคียงกันผสมกันอยู่ทำให้เกิดบีตส์

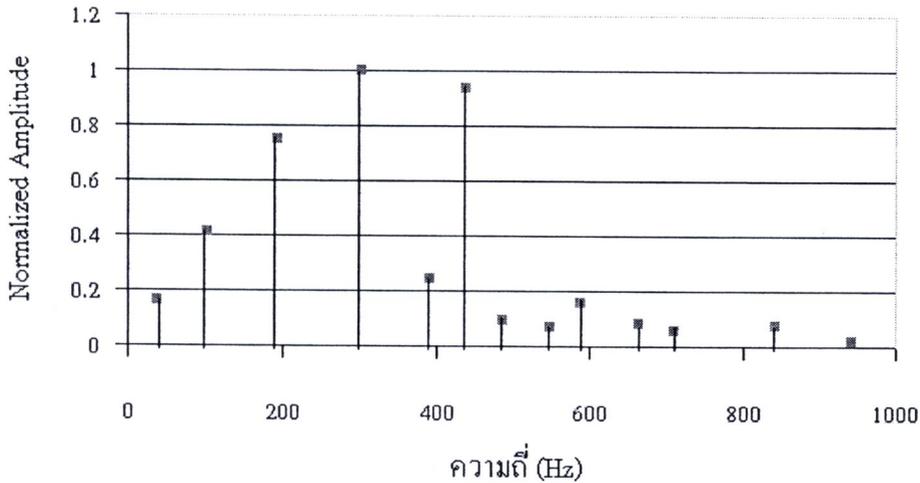
ตาราง 5

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|------------|-----------|
| 38.5 | 0.161466 | -4929.9 | | Eb(-2)-17 |
| 101.5 | 0.410937 | -3251.6 | | Ab(-1)-39 |
| 191.5 | 0.750358 | -2152.6 | ฮัม | G(0)-40 |
| 302.0 | 1.000000 | -1363.9 | ไพร์ม | D(1)+48 |
| 392.5 | 0.243550 | -910.1 | เทียร์ซ | G(1)+2 |
| 438.0 | 0.940471 | -720.3 | | A(1)-7 |
| 487.0 | 0.094999 | -536.7 | ควินต์ | B(1)-24 |
| 548.0 | 0.071129 | -332.4 | | Db(2)-19 |
| 588.0 | 0.158959 | -210.4 | | D(2)+1 |
| 664.0 | 0.081851 | 0.0 | โนมินอล | E(2)+12 |
| 711.0 | 0.058788 | 118.3 | | F(2)+30 |
| 842.5 | 0.073026 | 412.1 | | Ab(2)+24 |
| 941.5 | 0.017379 | 604.5 | | Bb(2)+16 |

ที่มา. จากการทดลอง

จากตาราง 5 แสดงพาร์เซี่ยลต่าง ๆ ของเสียงระฆัง พร้อมด้วยค่าเซ็นต์ พบว่า ระฆังวัดจีนประชาสโมสร มีพาร์เซี่ยลสำคัญครบทั้ง 5 พาร์เซี่ยล แต่ค่าเซ็นต์แตกต่างจากค่าที่แท้จริงอยู่เล็กน้อย และเนื่องจากโนมินอลไม่เป็นเสียงคู่แปดของไพร์ม และไพร์มไม่เป็นเสียงคู่แปดของฮัม ดังนั้นระฆังใบนี้ไม่เป็นฮาร์โมนิกแท้



ภาพ 26 แอมพลิจูดของแต่ละพาร์เซี่ยลเหมือนออร์มอลไลซ์แล้วของเสียงระฆัง วัดจีนประชาสโมสร จังหวัดฉะเชิงเทรา

ที่มา. จากการทดลอง

จากภาพ 26 แสดงแอมพลิจูดของพาร์เซี่ยลต่าง ๆ ของเสียงระฆัง พบว่าพาร์เซี่ยลไพร์ม ที่ความถี่ 302.0 เฮิร์ตซ์ มีความเข้มสูงสุด รองลงมาคือความถี่ 438.0 เฮิร์ตซ์ และพาร์เซี่ยลฮัม ที่ความถี่ 191.5 เฮิร์ตซ์ ตามลำดับ ส่วนพาร์เซี่ยลอื่น ๆ มีแอมพลิจูดต่ำมาก

ระฆังใบที่ 2 ระฆังวัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร

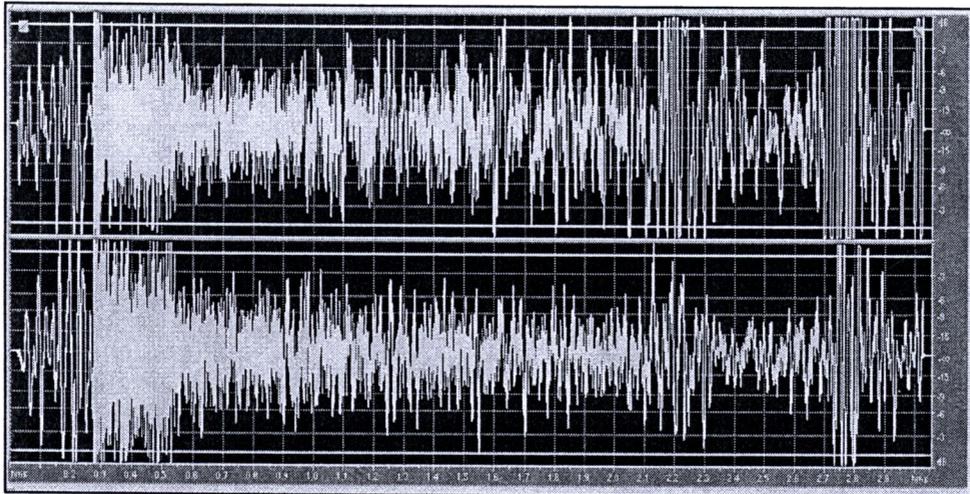
ภาพ 27 แสดงลักษณะระฆัง วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 เมตร บันทึกเสียงเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2552 ได้รูปแบบสัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 28 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 29 สเปกตรัม

ความถี่ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 30 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดง
ในภาพ 31



ภาพ 27 ระฆังใบใหญ่ที่สุดในประเทศไทย วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร
กรุงเทพมหานคร

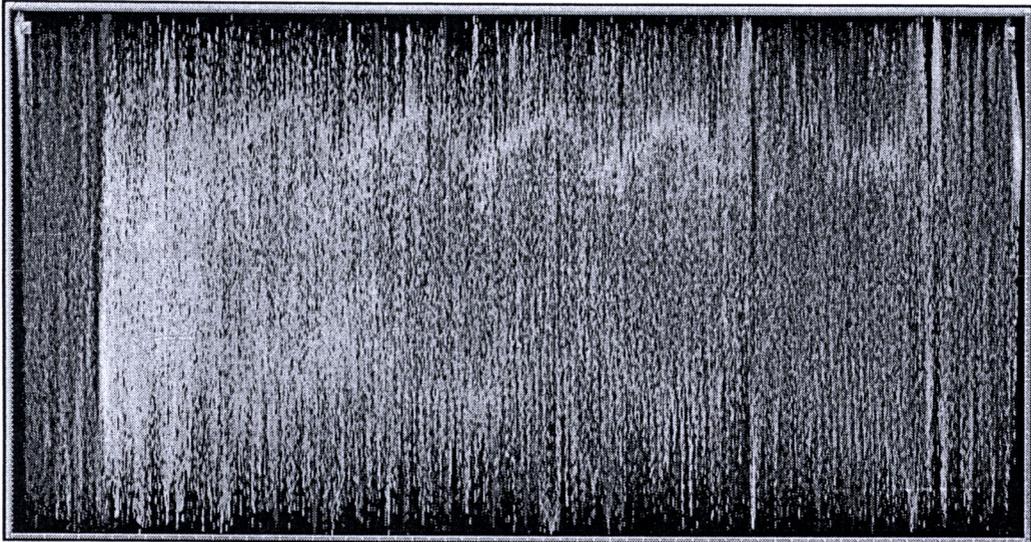
ที่มา. จากการบันทึกภาพ



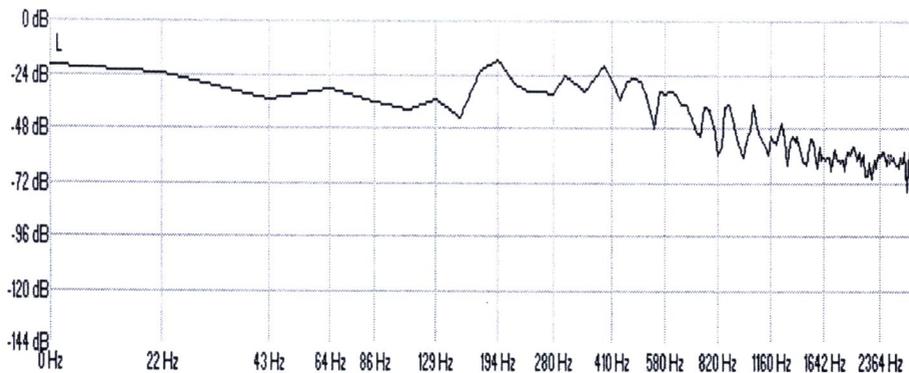
ภาพ 28 สัญญาณเสียงระฆัง วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

จากภาพ 28 แสดงสัญญาณเสียงระฆัง พบว่ามีระดับความเข้มเสียงสูงสุดทันที
เมื่อระฆังถูกเคาะ แล้วลดระดับความเข้มเสียงลงอย่างรวดเร็วและขาดหายไปภายในเวลา
3 วินาที และพบว่าเกิดบีตส์



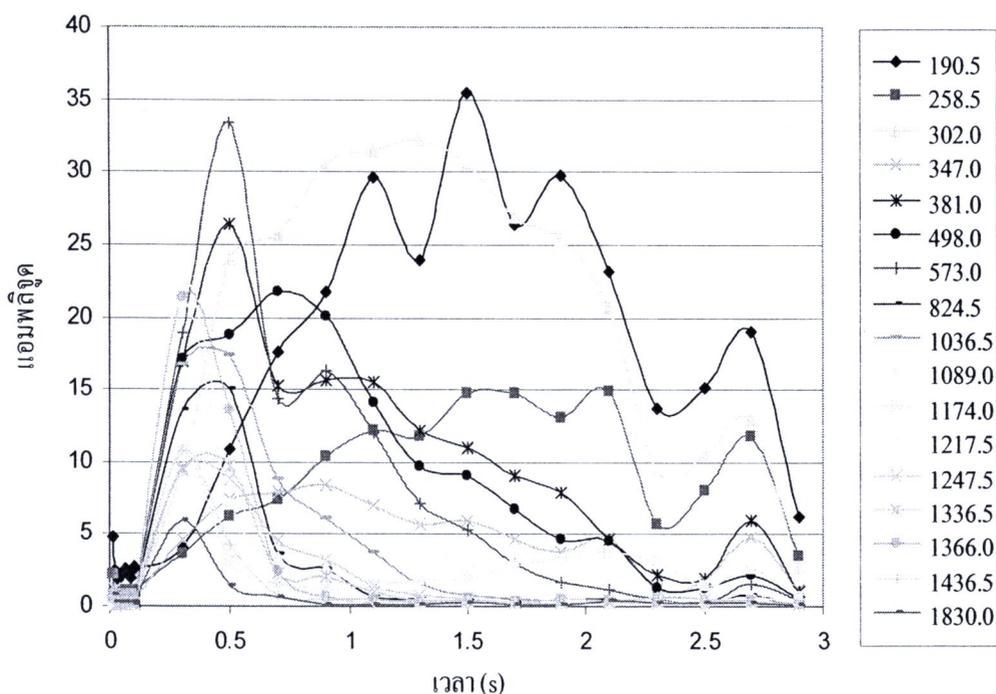
ภาพ 29 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 30 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab

จากภาพ 29 พบว่าเสียงไม่มีการ pan สลับซ้ายขวาให้เห็นอย่างชัดเจน แสดงให้ทราบว่าเป็นเสียงระฆังใบนี้ไม่เกิดบีตส์ และเมื่อวิเคราะห์ partial decays ดังภาพ 31 พบว่าเมื่อระฆังถูกเคาะพาร์เซียลความถี่ 573.0 เฮิร์ตซ์ มีแอมพลิจูดสูงขึ้นไปทันที จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลที่ได้แตกต่างจากฮัมและพาร์เซียลความถี่ 302.0 เฮิร์ตซ์ ซึ่งพบว่ามีแอมพลิจูดต่ำในช่วงเริ่มต้นจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น และพบการสั่นกระเพื่อมด้วย แสดงว่าพาร์เซียลทั้งสองมี doublet และทุกความถี่มีความเข้มลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเวลา

ผ่านไป 2.5 วินาที แสดงให้เห็นว่าระฆังใบนี้ให้เสียงที่ดังอยู่ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ระฆังใบนี้เสียหายมากเกินไปเนื่องจากมีการจารึกอักษรเพื่อบันทึกประวัติของระฆังไว้ที่ด้านหนึ่งของระฆัง



ภาพ 31 partials decay ของเสียงระฆัง วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 6

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังใบใหญ่ วัดกัลยาณมิตร

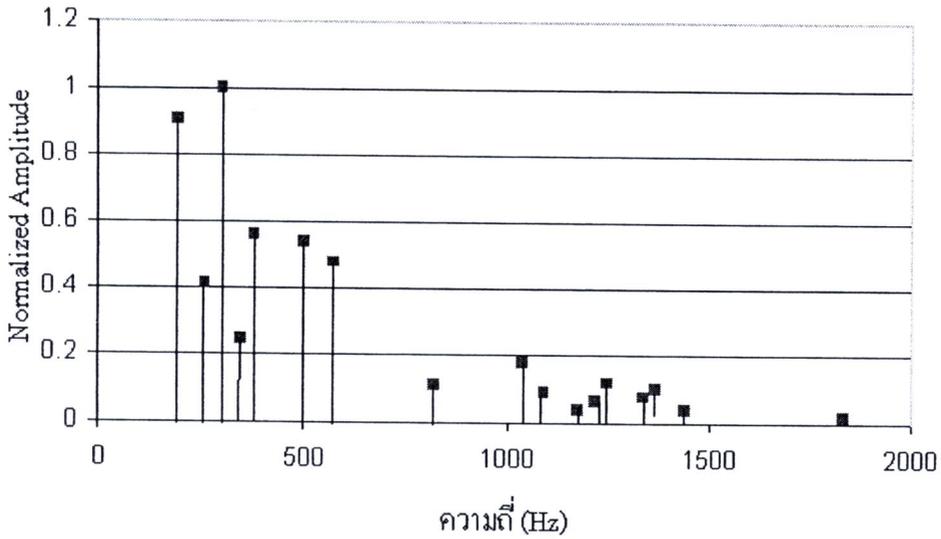
| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|------------|---------|
| 190.5 | 0.901547 | -2536.4 | ฮัม | G(0)-49 |
| 258.5 | 0.411602 | -2008.0 | | C(1)-20 |
| 302.0 | 1.000000 | -1738.7 | | D(1)+48 |
| 347.0 | 0.246433 | -1498.3 | | F(1)-11 |
| 381.0 | 0.562495 | -1336.4 | ไพร์ม | G(1)-49 |

ตาราง 6 (ต่อ)

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|--------|---------------|----------|
| 498.0 | 0.537432 | -872.8 | เทียร์ซ์ | B(1)+14 |
| 573.0 | 0.475953 | -629.9 | ควินต์ | D(2)-42 |
| 824.5 | 0.114322 | 0.0 | โนมินอล | Ab(2)-12 |
| 1036.5 | 0.179039 | 396.1 | | C(3)-16 |
| 1089.0 | 0.091195 | 481.6 | | Db(3)-31 |
| 1174.0 | 0.037206 | 611.8 | | D(3)+0 |
| 1217.5 | 0.062096 | 674.7 | | Eb(3)-37 |
| 1247.5 | 0.118684 | 716.9 | ซูเปอร์ควินต์ | Eb(3)+4 |
| 1336.5 | 0.074045 | 836.2 | | E(3)+23 |
| 1366.0 | 0.101371 | 874.0 | | F(3)-38 |
| 1436.5 | 0.033697 | 961.1 | | F(3)+48 |
| 1830.0 | 0.017054 | 1380.3 | | Bb(3)-32 |

ที่มา. จากการทดลอง

จากตาราง 6 แสดงพาร์เซี่ยลต่าง ๆ ของเสียงระฆัง พร้อมด้วยค่าเซ็นต์ พบว่า ระฆัง วัดกัลยาณมิตร มีพาร์เซี่ยลสำคัญครบทั้ง 5 พาร์เซี่ยล และพบพาร์เซี่ยลสูง (ซูเปอร์ควินต์) ด้วย แต่ค่าเซ็นต์แตกต่างจากค่าที่แท้จริงค่อนข้างมาก และเนื่องจากโนมินอลไม่เป็นเสียงคู่แปดของไพร์ม และไพร์มไม่เป็นเสียงคู่แปดของฮัม ดังนั้นระฆังใบนี้ไม่เป็นฮาร์มอนิกแท้



ภาพ 32 แอมพลิจูดของแต่ละพาร์เซี่ยลเหมือนนอร์มอลไลซ์แล้วของเสียงระฆัง วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

จากภาพ 32 พบว่าเสียงที่มีความเข้มสูงสุดคือพาร์เซี่ยลความถี่ 302.0 เฮิรตซ์ รองลงมาคือ พาร์เซี่ยลฮัมซึ่งมีความถี่ 190.5 เฮิรตซ์ และพบว่าพาร์เซี่ยลที่มีความถี่ต่ำกว่า 824.5 เฮิรตซ์ มีความเข้มสูง ส่วนพาร์เซี่ยลที่มีความถี่สูงกว่า 824.5 เฮิรตซ์ จะมีความเข้มต่ำทั้งสิ้น

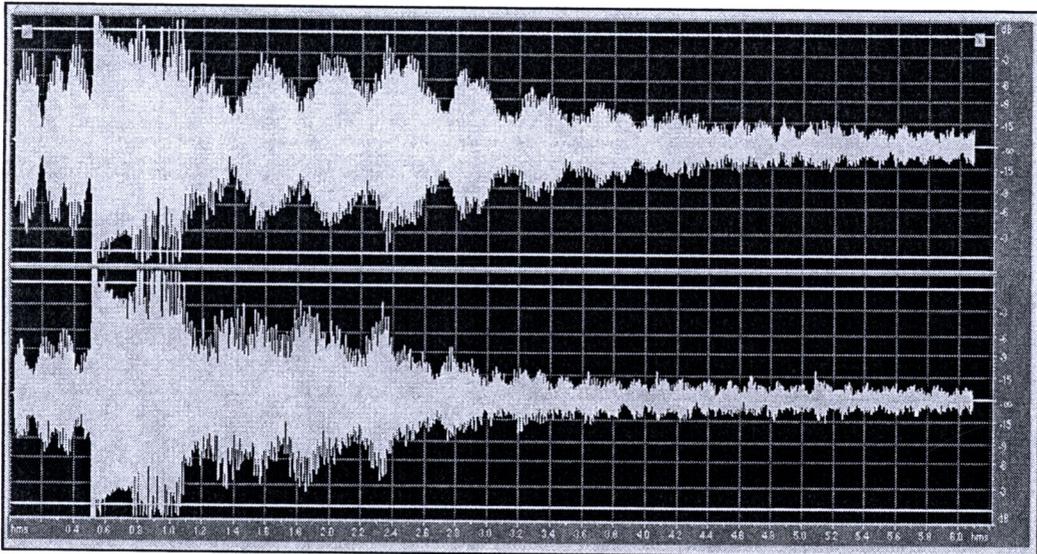
ระฆังใบที่ 3 ระฆังวัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร

จากภาพ 33 แสดงลักษณะระฆังชุดทดสอบ 3 วัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร กรุงเทพฯ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9 เมตร บันทึกเสียงวันที่ 31 ตุลาคม 2552 ได้รูปแบบสัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 34 pan spectrum เสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 35 frequency spectrum เสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 36 และ partials decay เสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 37



ภาพ 33 ระฆัง วัดระฆังโฆสิตาราม กรุงเทพมหานคร

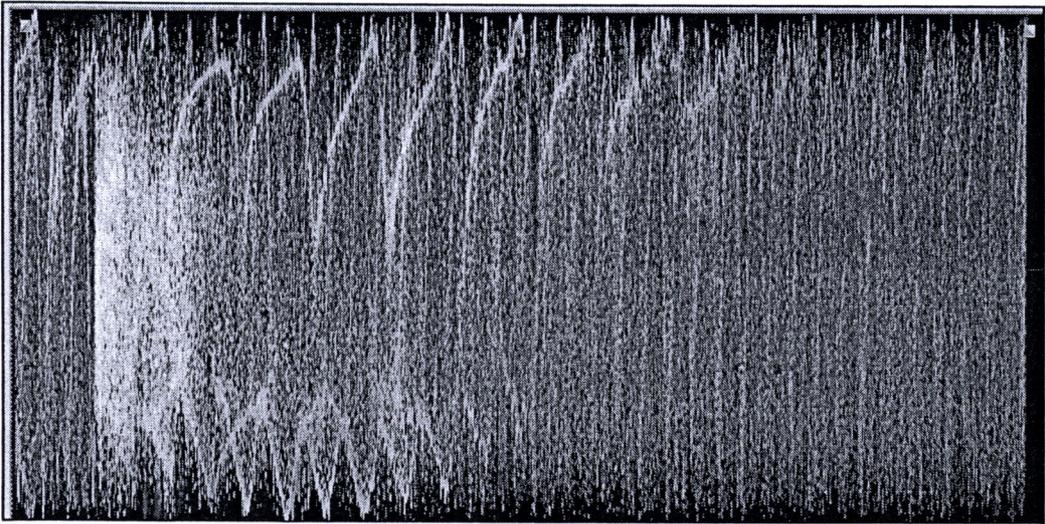
ที่มา. จากการบันทึกภาพ



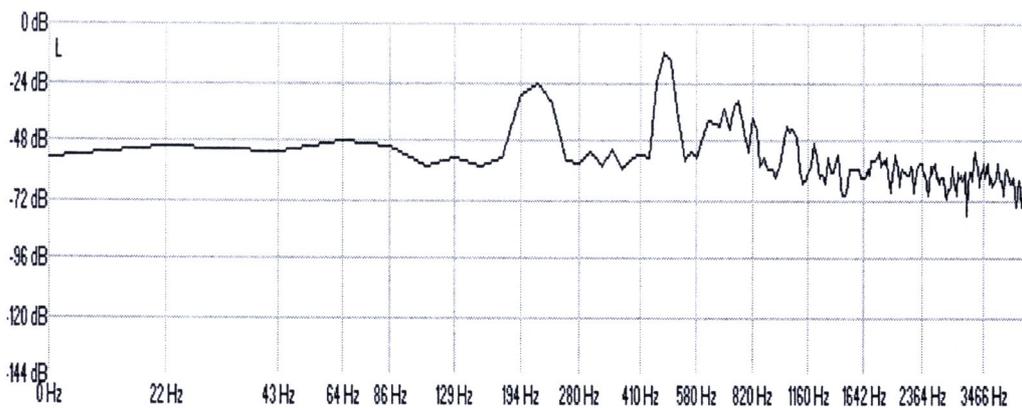
ภาพ 34 สัญญาณเสียงระฆัง วัดระฆังโฆสิตาราม กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

จากภาพ 34 แสดงสัญญาณเสียงระฆัง พบว่ามีระดับความเข้มเสียงสูงสุดทันทีเมื่อระฆังถูกเคาะ แล้วลดระดับความเข้มเสียงลงเล็กน้อยภายในเวลา 0.7 วินาที และแสดงให้เห็นการเกิดบิตส์อย่างชัดเจน

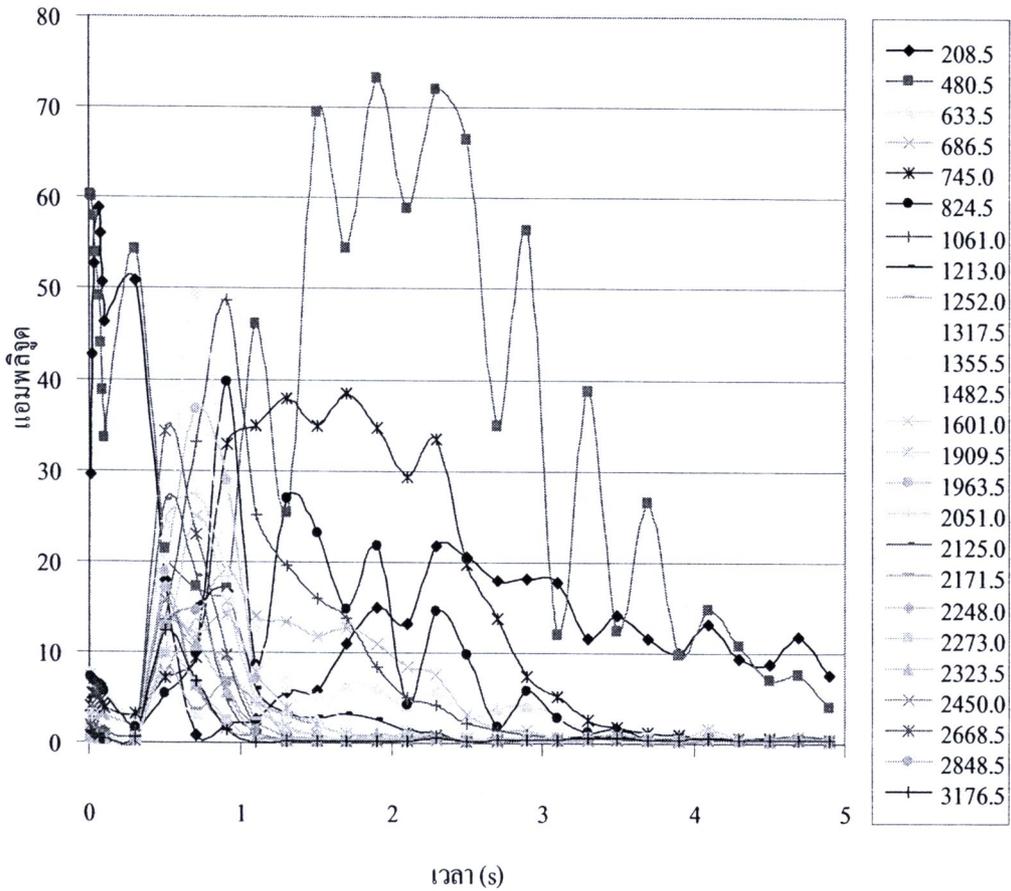


ภาพ 35 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร กรุงเทพฯ
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 36 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดระฆังโฆสิตารามวรมหาวิหาร
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab

จากภาพ 35 พบว่าเสียงมีการ pan สลับซ้ายขวาให้เห็นในบางความถี่ ถึงแม้จะไม่เด่นชัด แสดงให้ทราบว่าเสียงระฆังใบนี้มีบิตส์เกิดขึ้น และเมื่อวิเคราะห์สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 36 พบพาร์เซี่ยลเด่น คือ 208.5 เฮิร์ตซ์ และ 480.5 เฮิร์ตซ์



ภาพ 37 partials decay เสียงระฆัง วัดระฆัง โฆมิตารามวรมหาวิหาร

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 7

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังที่วัดระฆัง โฆมิตารามวรมหาวิหาร

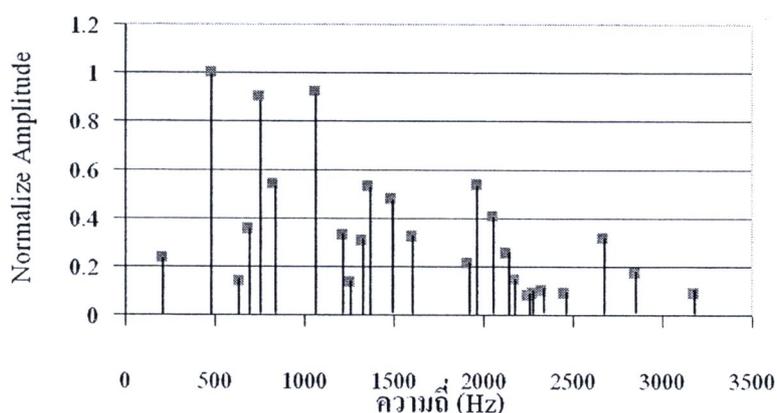
| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|------------|-----------|
| 208.5 | 0.233139 | -2380.1 | ฮัม | Ab(0) +7 |
| 480.5 | 1.000000 | -934.7 | เทียร์ซ | B(1) -47 |
| 633.5 | 0.136517 | -456.2 | ควินต์ | Eb(2) +31 |
| 686.5 | 0.354813 | -317.1 | | F(2) -29 |
| 745.0 | 0.899976 | -175.5 | | F#(2) +11 |
| 824.5 | 0.540809 | 0.0 | โนมินอล | Ab(2) -12 |

ตาราง 7 (ต่อ)

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|--------|---------------|-----------|
| 1061.0 | 0.922897 | 436.5 | | C(3) +23 |
| 1213.0 | 0.331159 | 668.3 | ซูเปอร์ควินต์ | Eb(3) -44 |
| 1252.0 | 0.133437 | 723.1 | | Eb(3) +10 |
| 1317.5 | 0.304921 | 811.4 | | E(3) -1 |
| 1355.5 | 0.529139 | 860.6 | | E(3) +47 |
| 1482.5 | 0.478021 | 1015.7 | | F#(3) +2 |
| 1601.0 | 0.324687 | 1148.8 | | G(3) +36 |
| 1909.5 | 0.212312 | 1453.9 | | Bb(3) +41 |
| 1963.5 | 0.535465 | 1502.2 | | B(3) -10 |
| 2051.0 | 0.404569 | 1577.6 | | C(4) -35 |
| 2125.0 | 0.253577 | 1639.0 | | C(4) +26 |
| 2171.5 | 0.144125 | 1676.5 | | Db(4) -36 |
| 2248.0 | 0.080746 | 1736.4 | | Db(4) +23 |
| 2273.0 | 0.088730 | 1755.6 | | Db(4) +42 |
| 2323.5 | 0.101388 | 1793.6 | | D(4) -19 |
| 2450.0 | 0.088012 | 1885.4 | | Eb(4) -27 |
| 2668.5 | 0.316734 | 2033.3 | | E(4) +20 |
| 2848.5 | 0.173064 | 2146.3 | | F(4) +33 |
| 3176.5 | 0.088079 | 2335.0 | | G(4) +22 |

ที่มา. จากการทดลอง

จากภาพ 37 แสดงให้เห็นว่าเกิดบิตส์ของฮัมและเทียร์ชอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณา decays ของพาร์เซี่ยลอื่น ๆ พบว่าความเข้มของเสียงความถี่เกือบทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็วภายในเวลา 3 วินาที คงเหลือเพียงพาร์เซี่ยลเทียร์ชและฮัมเท่านั้นที่ยังคงต่อเนื่องไปอีก ซึ่งพาร์เซี่ยลทั้งสองมี doublet ทำให้สัญญาณเสียงมีการสั่นกระเพื่อม เมื่อพิจารณาแอมพลิจูดของแต่ละพาร์เซี่ยล ดังแสดงในภาพ 38 พบว่าพาร์เซี่ยลที่มีความเข้มมากที่สุดคือเทียร์ชที่ความถี่ 480.5 เฮิร์ตซ์ และจากตาราง 7 พบว่าระฆังใบนี้มีพาร์เซี่ยลสำคัญเพียง 4 พาร์เซี่ยล ไม่พบพาร์เซี่ยลไพรม์ ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของเสียงระฆังที่เรียกว่า strike note paradox

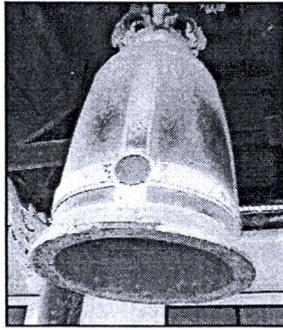


ภาพ 38 แอมพลิจูดของแต่ละพาร์เซี่ยลเหมือนออร์มอลไลซ์แล้วของเสียงระฆัง วัดระฆังโฆมิตาราม กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

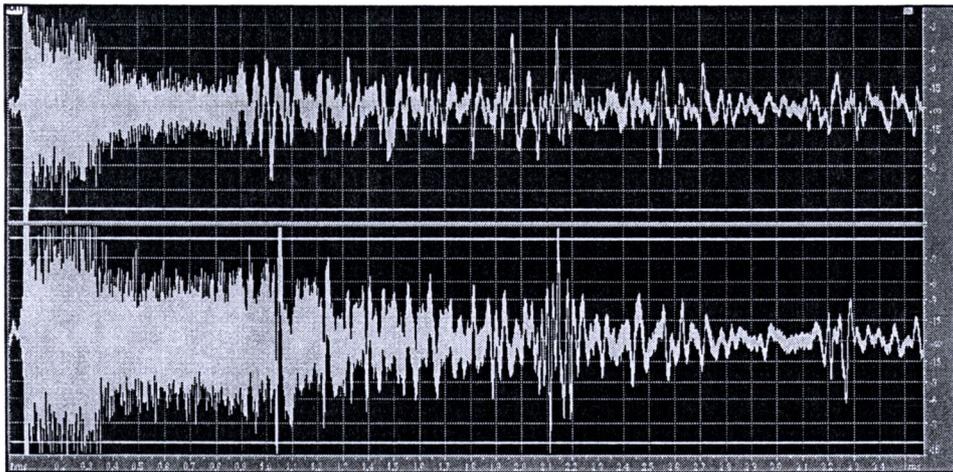
ระฆังใบที่ 4 ระฆังวัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ

จากภาพ 39 แสดงลักษณะระฆัง วัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร บันทึกเสียง วันที่ 31 ตุลาคม 2552 ได้รูปแบบสัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 40 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 41 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 42 และ partial decays ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 43



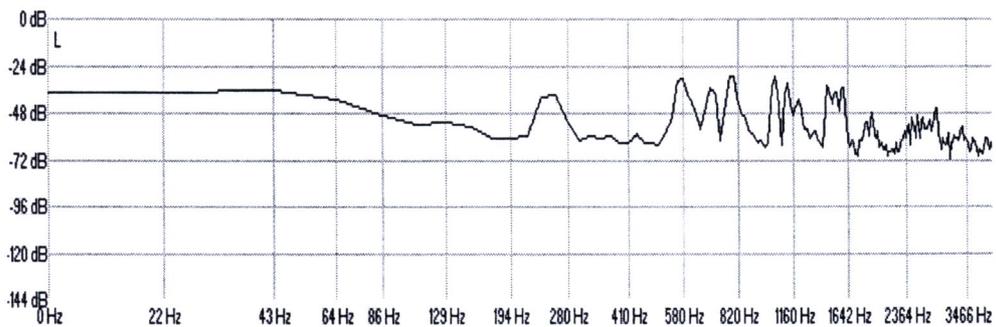
ภาพ 39 ระฆัง วัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากการบันทึกภาพ



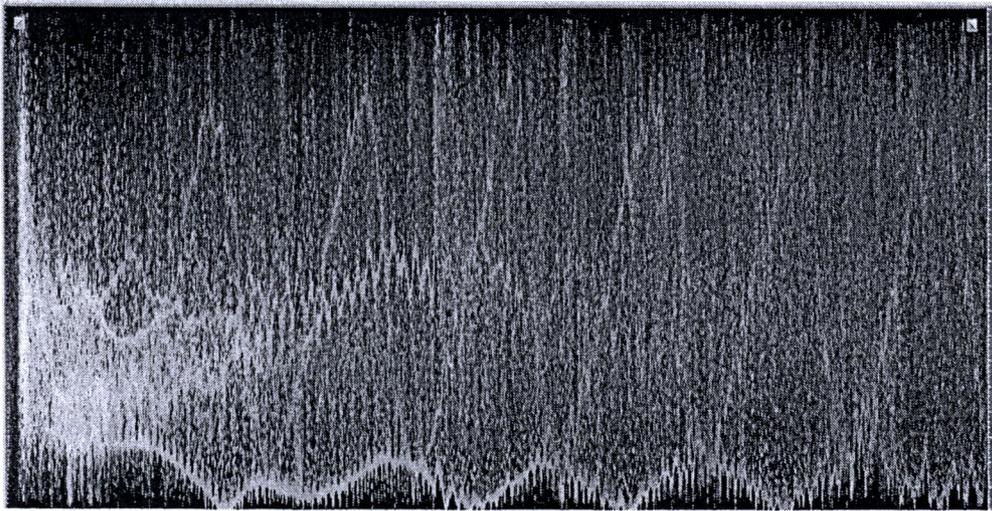
ภาพ 40 สัญญาณเสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



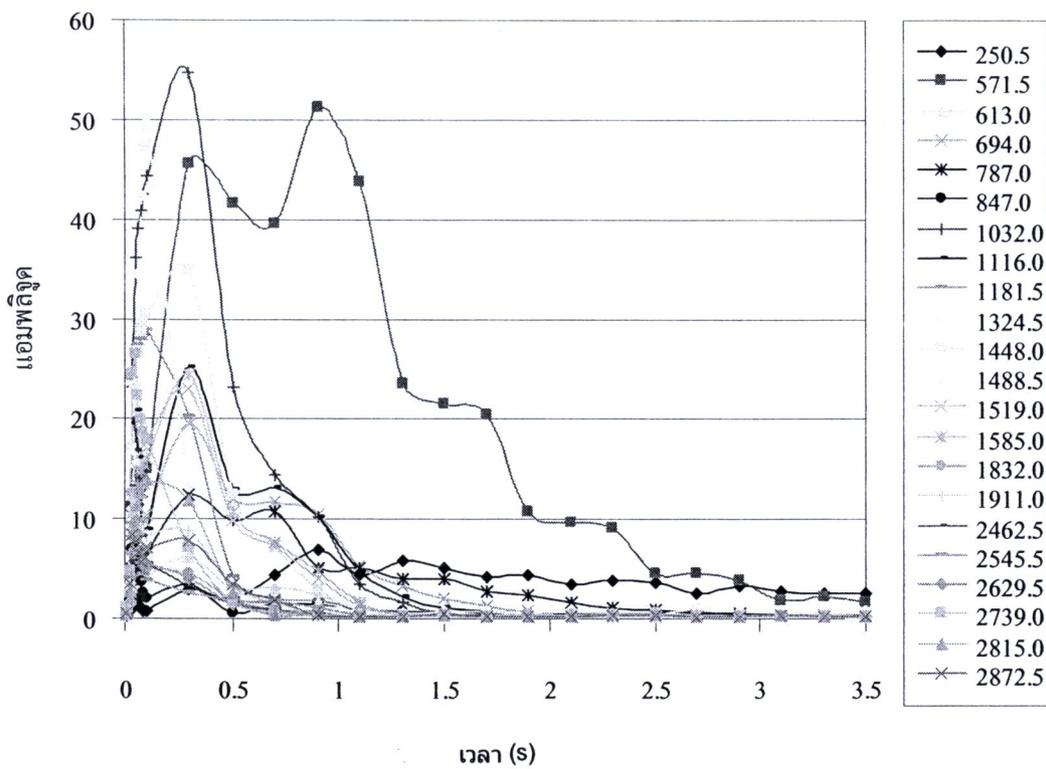
ภาพ 41 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 42 pan spectrum เสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 43 partials decay เสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่กลาง จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 8

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังที่วัดบางพลีใหญ่กลาง จ. สมุทรปราการ

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|---------------|-----------|
| 250.5 | 0.125311 | -2451.0 | ฮัม | B(0) +24 |
| 571.5 | 1.000000 | -1023.1 | ไพร์ม | D(2) -47 |
| 613.0 | 0.05421 | -901.7 | เทียร์ซ | Eb(2) -25 |
| 694.0 | 0.215774 | -686.9 | ควินต์ | F(2) -11 |
| 787.0 | 0.158233 | -469.2 | | G(2) +6 |
| 847.0 | 0.026209 | -342.0 | | Ab(2) +33 |
| 1032.0 | 0.298477 | 0.0 | โนมินอล | C(3) -24 |
| 1116.0 | 0.223739 | 135.4 | | Db(3) +11 |
| 1181.5 | 0.053663 | 234.2 | | D(3) +10 |
| 1324.5 | 0.042329 | 432.0 | | E(3) +7 |
| 1448.0 | 0.139211 | 586.3 | | F#(3) -37 |
| 1488.5 | 0.031561 | 634.0 | | F#(3) +9 |
| 1519.0 | 0.121026 | 669.2 | ซูเปอร์ควินต์ | F#(3) +45 |
| 1585.0 | 0.141029 | 742.8 | | G(3) +18 |
| 1832.0 | 0.020522 | 993.5 | | Bb(3) -30 |
| 1911.0 | 0.033276 | 1066.6 | | Bb(3) +42 |
| 2462.5 | 0.018483 | 1505.6 | | Eb(4) -18 |
| 2545.5 | 0.025702 | 1563 | | Eb(4) +38 |
| 2629.5 | 0.015951 | 1619.2 | | E(4) -4 |
| 2739.0 | 0.027351 | 1689.8 | | F(4) -34 |
| 2815.0 | 0.030421 | 1737.2 | | F(4) +13 |
| 2872.5 | 0.031526 | 1772.2 | | F(4) +48 |

ที่มา. จากการทดลอง

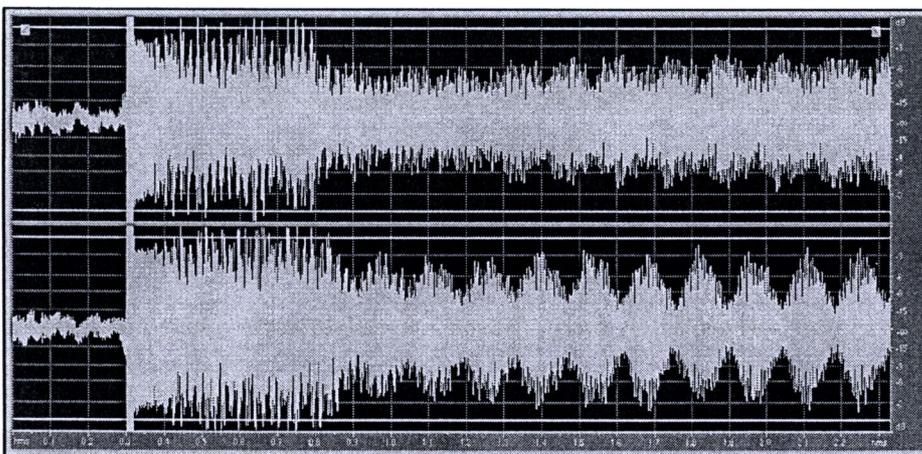
ระฆังใบที่ 5 ระฆังวัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ

จากภาพ 44 แสดงลักษณะระฆัง วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตร บันทึกเสียงวันที่ 31 ตุลาคม 2552 ได้รูปแบบสัญญาณเสียงดังแสดงในภาพ 45 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 46 สเปกตรัมความถี่เสียง ดังแสดงในภาพ 47 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 48



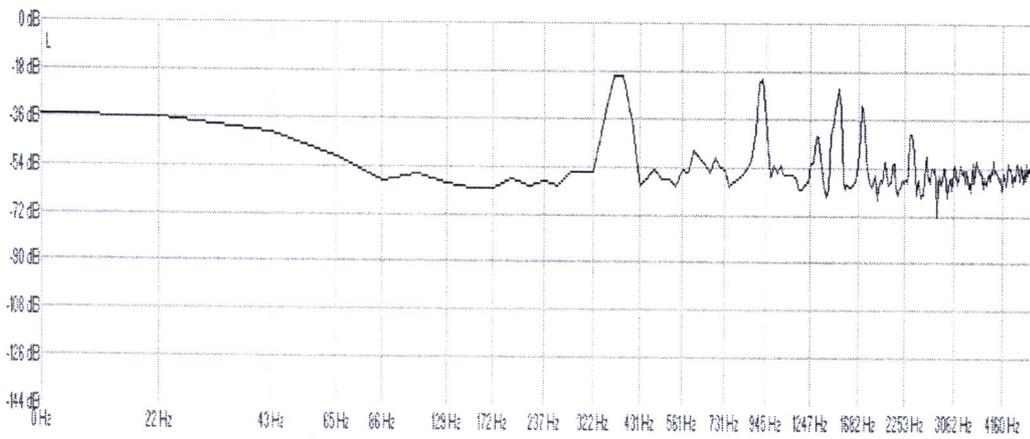
ภาพ 44 ระฆัง วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากการบันทึกภาพ

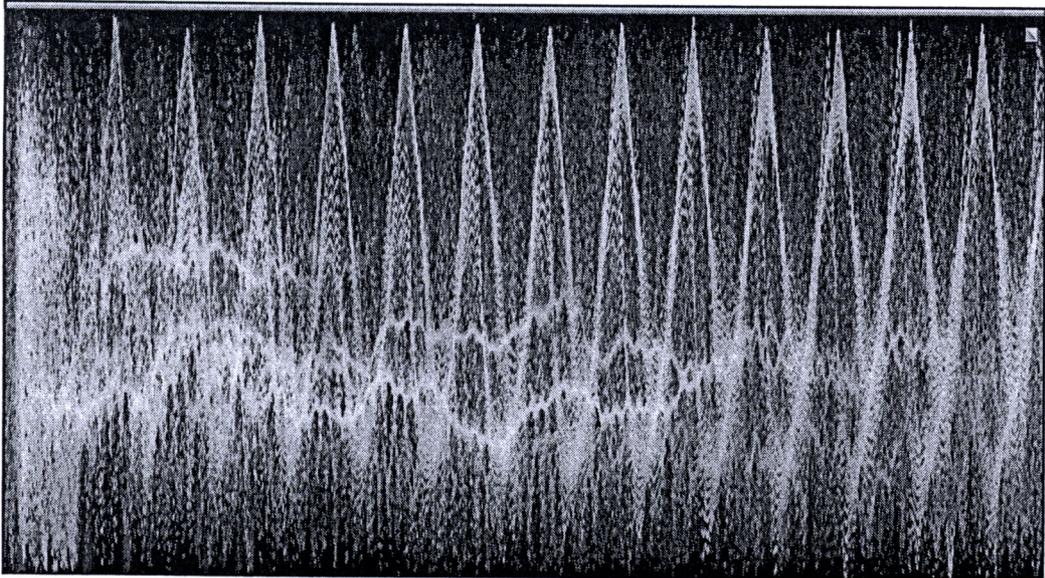


ภาพ 45 สัญญาณเสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

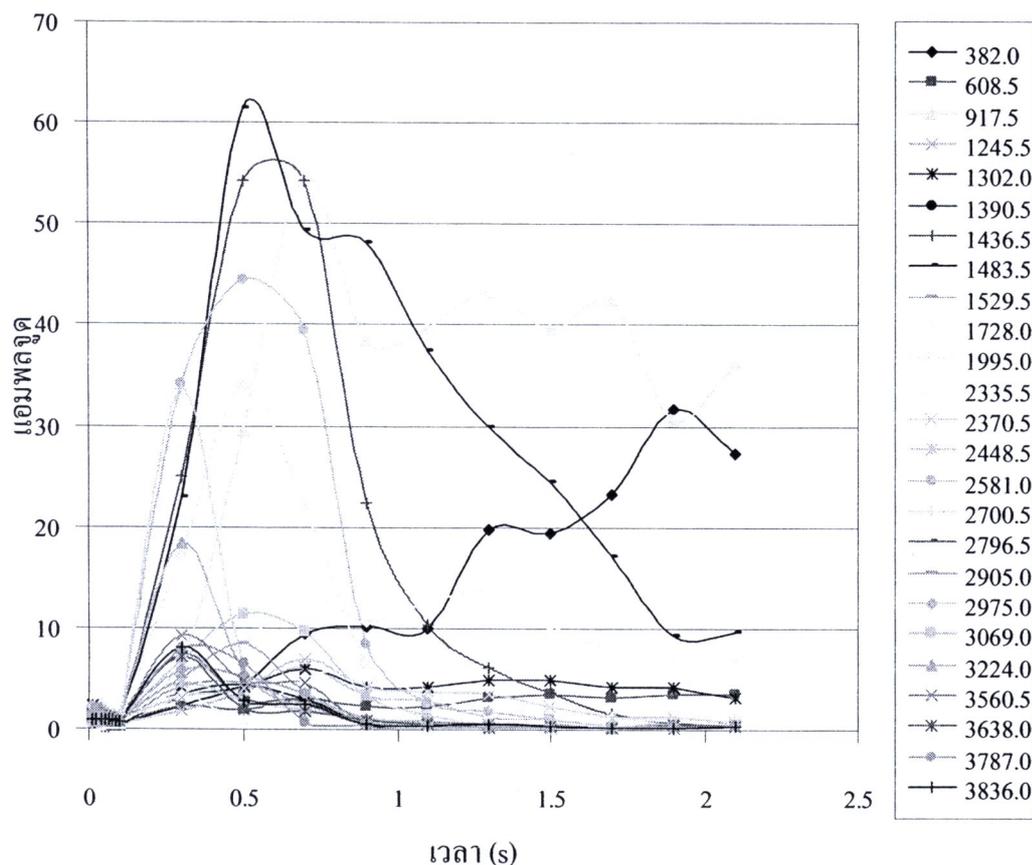


ภาพ 46 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 47 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

จากภาพ 45 และ 47 แสดงให้เห็นบิตส์อย่างชัดเจนทั้งสองภาพ เมื่อวิเคราะห์ decay ของแต่ละพาร์เซิลดังภาพ 48 พบว่าฮัมและเทียร์ซมี doublet และเป็นเพียงสองพาร์เซิลที่ยังคงดังต่อเนื่องไปหลังจาก 2 วินาที



ภาพ 48 partials decay ของเสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 9

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดบางพลีใหญ่ใน จังหวัดสมุทรปราการ

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | cent | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|------------|-----------|
| 382.0 | 0.309915 | -2348.8 | ฮัม | G(1) -44 |
| 608.5 | 0.063297 | -1542.8 | ไพร์ม | Eb(2) -38 |
| 917.5 | 1.000000 | -831.8 | เทียร์ซ | Bb(2) -27 |
| 1245.5 | 0.070794 | -302.7 | | Eb(3) +1 |
| 1302.0 | 0.121476 | -225.9 | | E(3) -21 |
| 1390.5 | 0.027297 | -112.0 | | F(3) -7 |

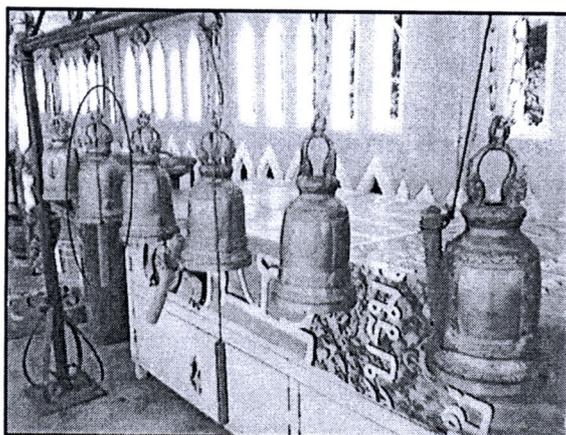
ตาราง 9 (ต่อ)

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|--------|---------------|-----------|
| 1436.5 | 0.588391 | -55.7 | | F(3) +48 |
| 1483.5 | 0.977458 | 0.0 | โนมินอล | F#(3) +4 |
| 1529.5 | 0.025905 | 52.8 | | G(3) -43 |
| 1728.0 | 0.293013 | 264.1 | | A(3) -31 |
| 1995.0 | 0.239421 | 512.8 | | B(3) +16 |
| 2335.5 | 0.078118 | 785.6 | | D(4) -10 |
| 2370.5 | 0.098739 | 811.4 | | D(4) +15 |
| 2448.5 | 0.020275 | 867.4 | | Eb(4) -28 |
| 2581.0 | 0.387997 | 958.7 | | E(4) -37 |
| 2700.5 | 0.051573 | 1037.0 | | E(4) +41 |
| 2796.5 | 0.025051 | 1097.5 | | F(4) +1 |
| 2905.0 | 0.048768 | 1163.4 | | F#(4) -32 |
| 2975.0 | 0.042636 | 1204.6 | | F#(4) +8 |
| 3069.0 | 0.098829 | 1258.5 | ออกเตปโนมินอล | G(4) -37 |
| 3224.0 | 0.057706 | 1343.8 | | G(4) +47 |
| 3560.5 | 0.048442 | 1515.6 | | A(4) +19 |
| 3638.0 | 0.025130 | 1552.9 | | Bb(4) -42 |
| 3787.0 | 0.032174 | 1622.4 | | Bb(4) +26 |
| 3836.0 | 0.022784 | 1644.7 | | Bb(4) +48 |

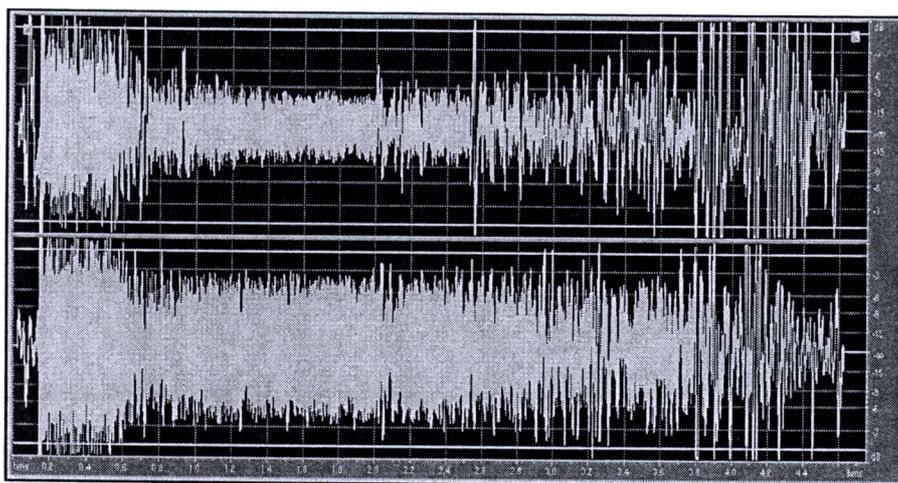
ที่มา. จากการทดลอง

ระฆังใบที่ 6 ระฆังวัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

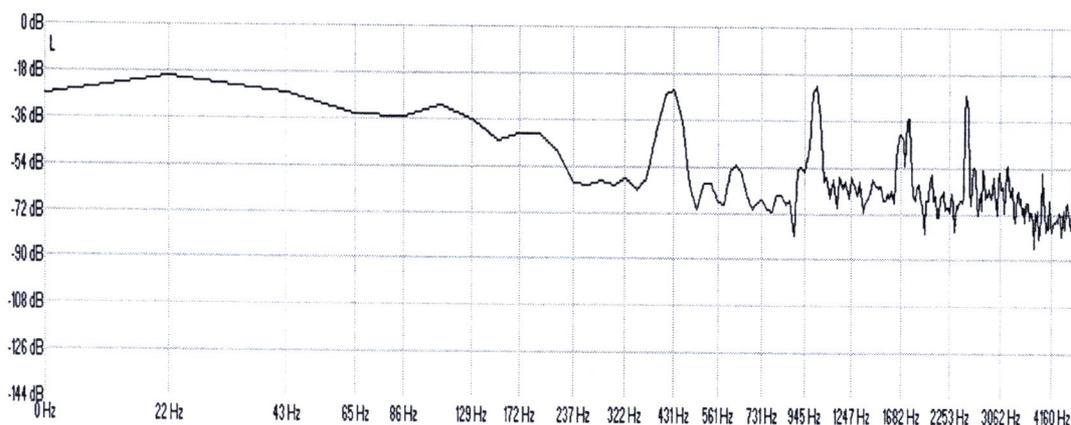
จากภาพ 49 แสดงลักษณะระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตร บันทึกเสียงวันที่ 31 ตุลาคม 2552 ได้รูปแบบสัญญาณเสียงดังแสดงในภาพ 50 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 51 สเปกตรัมความถี่เสียง ดังแสดงในภาพ 52 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 53



ภาพ 49 ระฆัง (ใบที่ 2 ทางซ้าย) วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ
ที่มา. จากการบันทึกภาพ

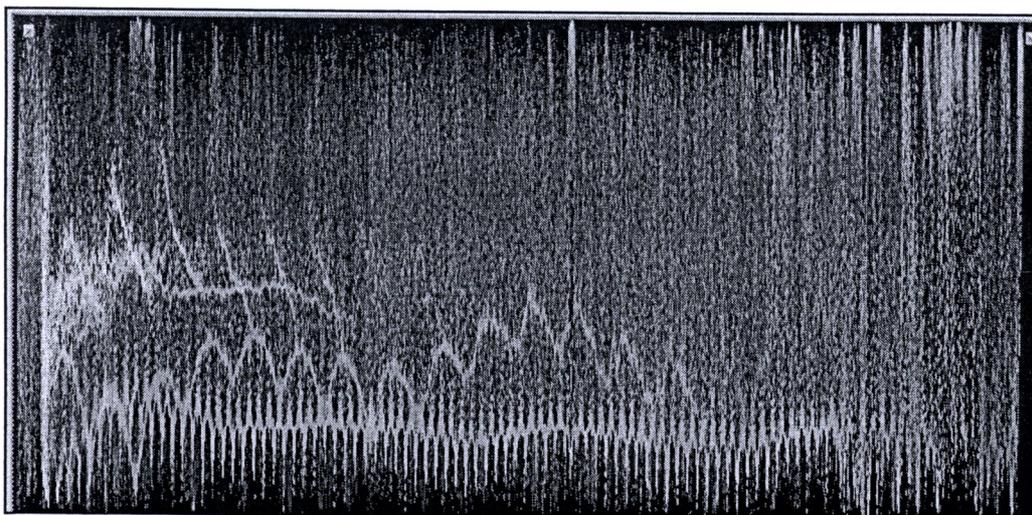


ภาพ 50 สัญญาณเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 51 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

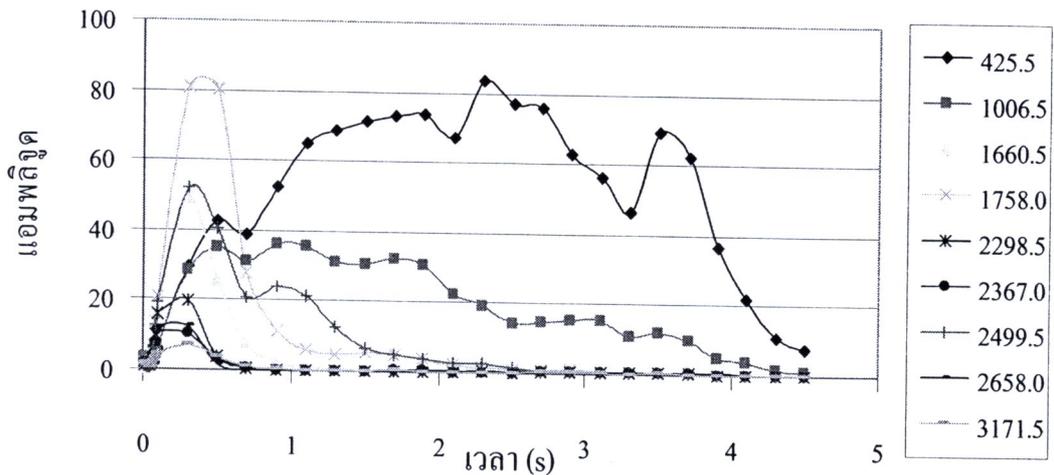
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 52 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

จากภาพ 51 พบพาร์เซียลเด่นที่ความถี่ 425.5 และ 1006.5 เฮิรตซ์ (ฮัมและเทียร์ซ ตามลำดับ) เมื่อวิเคราะห์ partials decay ดังภาพ 53 พบว่าฮัมและเทียร์ซมี doublet และเหลือเพียงสองพาร์เซียลนี้ที่ยังคงดังต่อเนื่องไปหลังจากผ่านไป 2 วินาที และไม่พบพาร์เซียลไพรม์ในเสียงระฆังใบนี้ ซึ่งเรียกว่า strike note paradox



ภาพ 53 partials decay ของเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ
ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 10

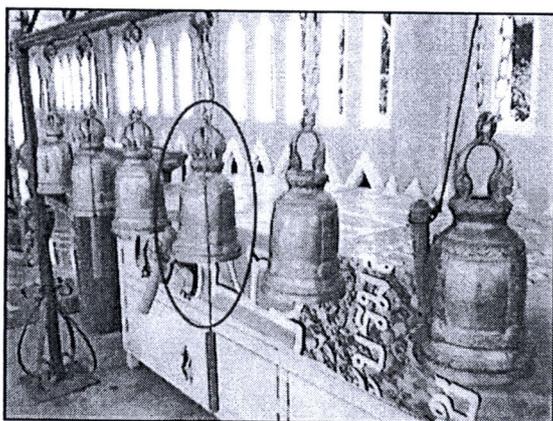
วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|---------------|----------|
| 425.5 | 1.000000 | -2456.0 | ฮัม | Ab(1)+41 |
| 1006.5 | 0.533640 | -965.5 | เทียร์ซ | B(2)+32 |
| 1660.5 | 0.146493 | -98.7 | | Ab(3)+0 |
| 1758.0 | 0.347037 | 0.0 | โนมินอล | A(3)-1 |
| 2298.5 | 0.036756 | 464.1 | | D(4)-37 |
| 2367.0 | 0.022914 | 514.9 | | D(4)+12 |
| 2499.5 | 0.366498 | 609.2 | ซูเปอร์ควินต์ | Eb(4)+7 |
| 2658.0 | 0.021600 | 715.6 | | E(4)+13 |
| 3171.5 | 0.022953 | 1021.4 | | G(4)+19 |

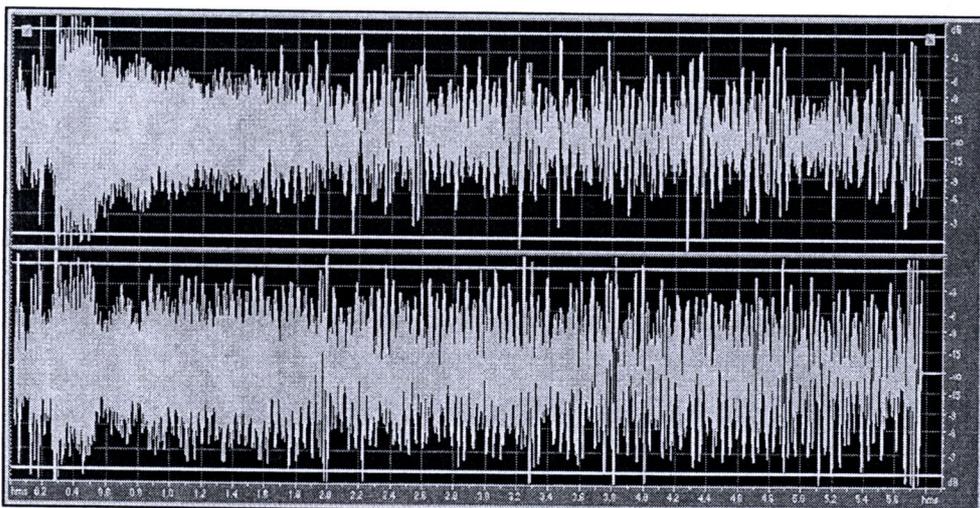
ที่มา. จากการทดลอง

ระฆังใบที่ 7 ระฆังวัดบางโหลงใน (ใบที่ 2) จังหวัดสมุทรปราการ

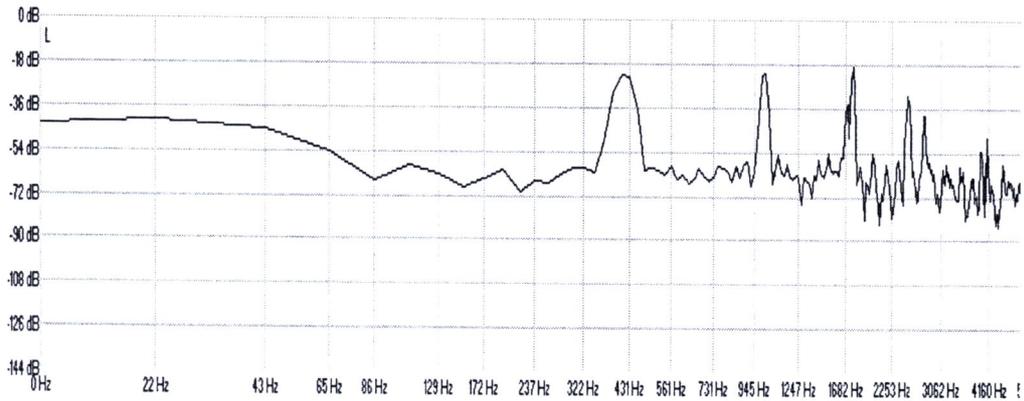
จากภาพ 54 แสดงลักษณะระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตร บันทึกเสียงวันที่ 31 ตุลาคม 2552 ได้รูปแบบสัญญาณเสียงดังแสดงในภาพ 55 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 56 สเปกตรัมความถี่เสียง ดังแสดงในภาพ 57 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 58



ภาพ 54 ระฆัง (ใบที่ 4 จากซ้าย) วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ
ที่มา. จากการบันทึกภาพ

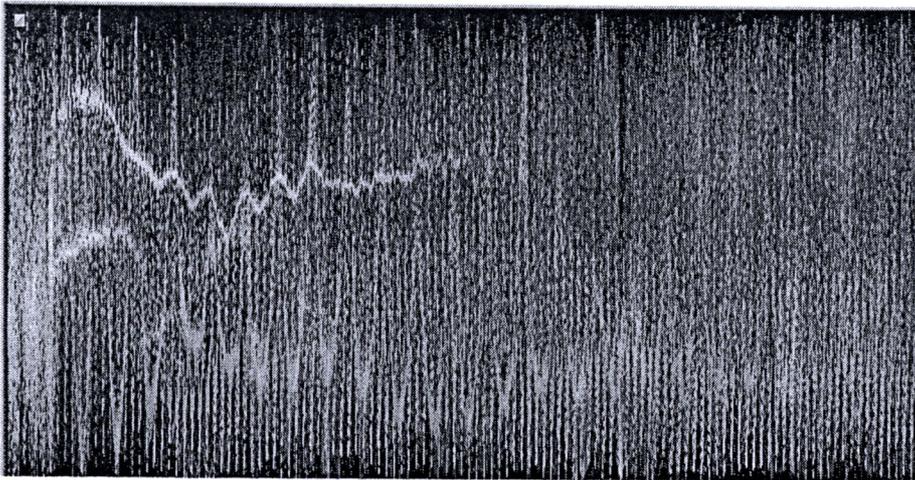


ภาพ 55 สัญญาณเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 56 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

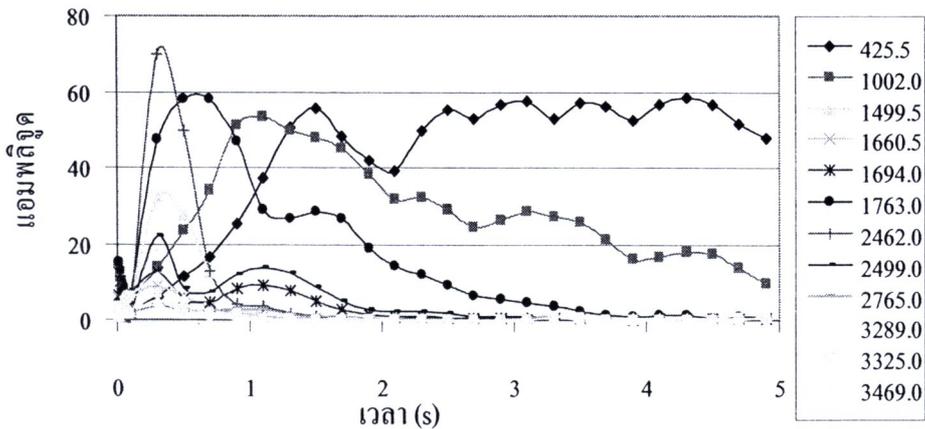
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 57 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดบางโหลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

จากภาพ 56 พบพาร์เซี่ยลเด่นที่ความถี่ 425.5 เฮิรตซ์ 1002.0 เฮิรตซ์ (ฮัมและเทียร์ซ ตามลำดับ) และ 1694.0 เฮิรตซ์ เมื่อวิเคราะห์ partials decay ดังภาพ 58 พบว่าฮัมและเทียร์ซมี doublet และเหลือเพียงสองพาร์เซี่ยลนี้ที่ยังคงดังต่อเนื่องไปหลังจากผ่านไป 3 วินาที และไม่พบพาร์เซี่ยลไพรม์ในเสียงระฆังใบนี้ ซึ่งเรียกว่า strike note paradox



ภาพ 58 partials decay ของเสียงระฆัง วัตถุประสงค์วัดบางโนลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 11

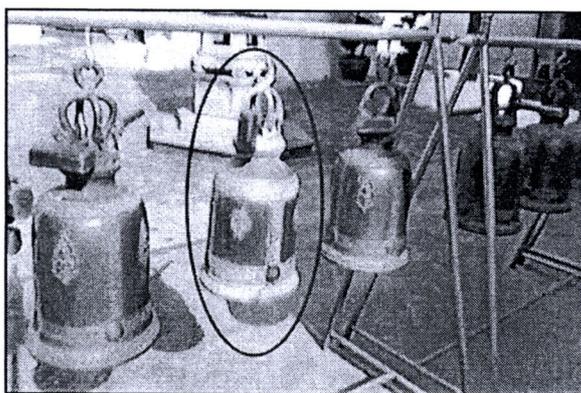
วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังที่วัดบางโนลงใน จังหวัดสมุทรปราการ

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|------------|----------|
| 425.5 | 0.834010 | -2460.9 | ฮัม | Ab(1)+41 |
| 1002.0 | 0.945435 | -978.1 | เทียร์ซ | B(2)+24 |
| 1499.5 | 0.183862 | -280.2 | ควินต์ | F#(3)+22 |
| 1660.5 | 0.053129 | -103.6 | | Ab(3)+0 |
| 1694.0 | 0.307783 | -69.1 | | Ab(3)+33 |
| 1763.0 | 1.000000 | 0.0 | โนมินอล | A(3)+2 |
| 2462.0 | 0.307783 | 578.1 | | Eb(4)-18 |
| 2499.0 | 0.270515 | 603.9 | | Eb(4)+6 |
| 2765.0 | 0.03638 | 779.0 | | F(4)-17 |
| 3289.0 | 0.03189 | 1079.5 | | Ab(4)-17 |
| 3325.0 | 0.024211 | 1098.3 | | Ab(4)+1 |
| 3469.0 | 0.016775 | 1171.7 | | A(4)-25 |

ที่มา. จากการทดลอง

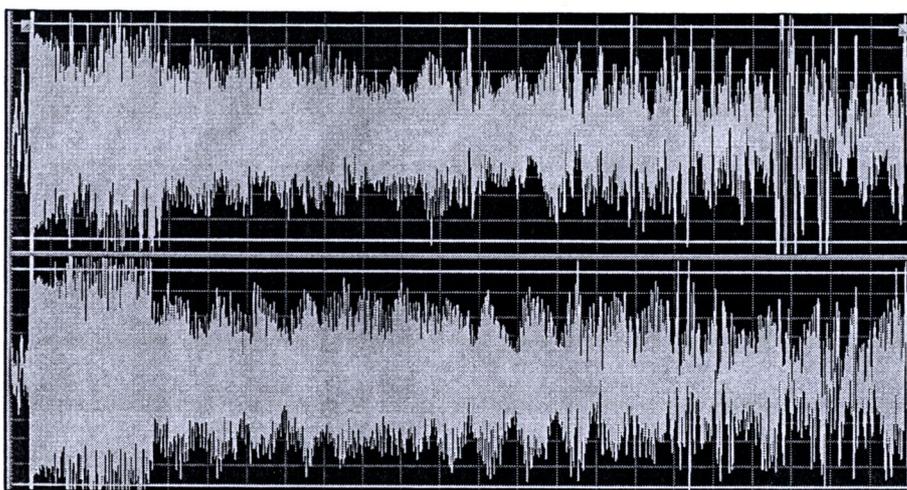
ระฆังใบที่ 8 ระฆังวัดกัลยาณมิตร ใบเล็ก กรุงเทพมหานคร

จากภาพ 59 แสดงลักษณะระฆัง วัดกัลยาณมิตรรวมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตรบันทึกเสียงวันที่ 31 ตุลาคม 2552 ได้รูปแบบ สัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 60 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 61 สเปกตรัมความถี่เสียง ดังแสดงในภาพ 62 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดง ในภาพ 63



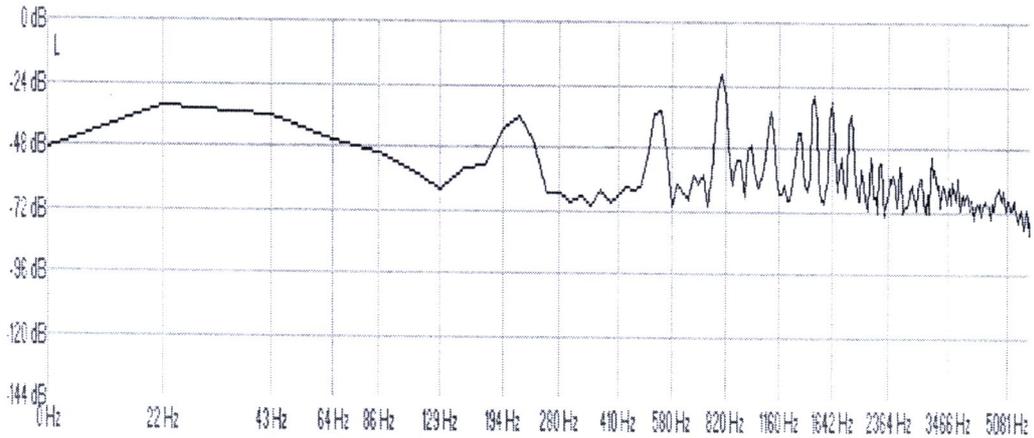
ภาพ 59 ระฆัง (ใบที่ 2 จากซ้าย) วัดกัลยาณมิตรรวมหาวิหาร

ที่มา. จากการบันทึกภาพ



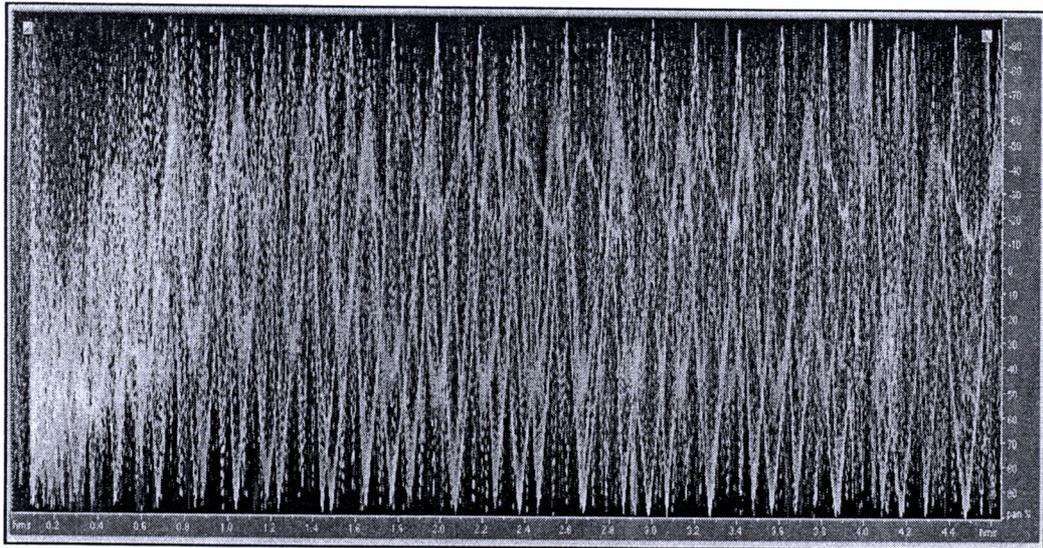
ภาพ 60 สัญญาณเสียงระฆัง (ใบเล็ก) วัดกัลยาณมิตรรวมหาวิหาร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 61 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง (ใบเล็ก) วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร

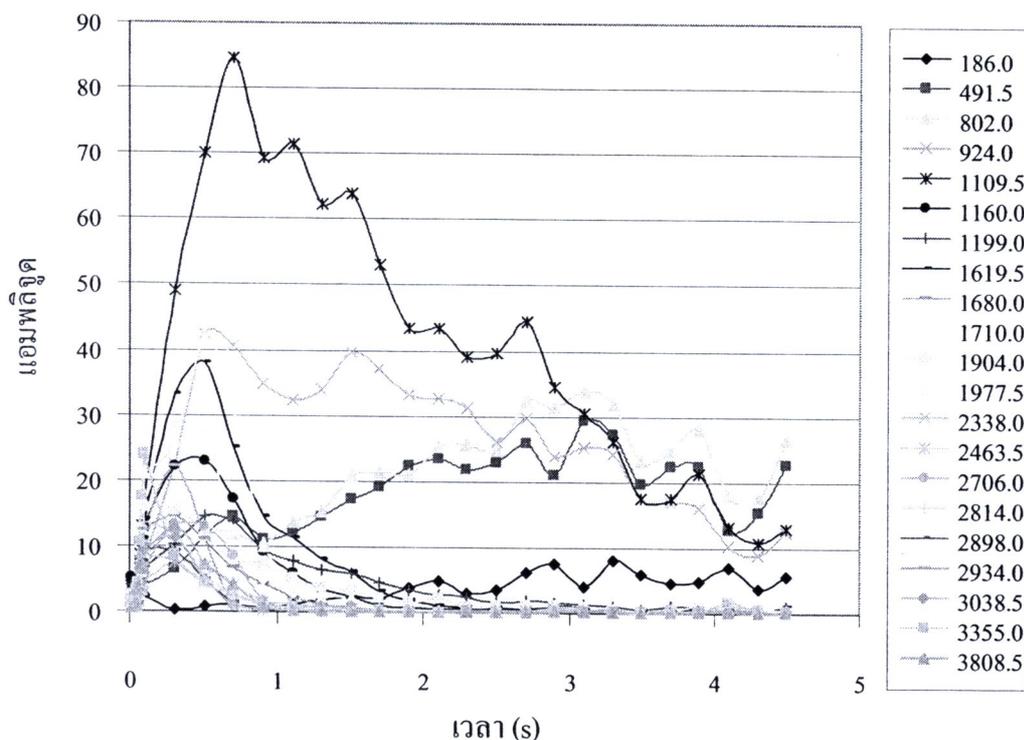
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 62 pan spectrum ของเสียงระฆัง (ใบเล็ก) วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition

จากภาพ 60 และ 62 แสดงให้เห็นบิตส์อย่างชัดเจน สอดคล้องกับภาพ 63 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพาร์เซิลที่มี doublet ได้แก่ พาร์เซิลที่มีความถี่ต่ำที่สุด 5 พาร์เซิล (186.0 เฮิรตซ์ 491.5 เฮิรตซ์ 802.0 เฮิรตซ์ 924.0 เฮิรตซ์ และ 1109.5 เฮิรตซ์)



ภาพ 63 partials decay ของเสียงระฆัง (ใบเล็ก) วัดกัลยาณมิตรรวมหาวิหาร

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 12

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดกัลยาณมิตรรวมหาวิหาร(ใบเล็ก)

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซิล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|---------------|----------|
| 186.0 | 0.019853 | -2529.9 | ฮัม | F#(0)+9 |
| 491.5 | 0.217520 | -847.6 | เทียร์ซ | B(1)-8 |
| 802.0 | 0.251336 | 0.0 | โนมินอล | G(2)+39 |
| 924.0 | 0.605978 | 245.1 | | Bb(2)-15 |
| 1109.5 | 1.000000 | 561.8 | | Db(3)+1 |
| 1160.0 | 0.168547 | 638.9 | ซูเปอร์ควินต์ | D(3)-21 |
| 1199.0 | 0.159048 | 696.1 | | D(3)+35 |
| 1619.5 | 0.241319 | 1216.6 | ออกเตปโนมินอล | Ab(3)-44 |

ตาราง 12 (ต่อ)

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|--------|------------|----------|
| 1680.0 | 0.075555 | 1280.1 | | Ab(3)+19 |
| 1710.0 | 0.134905 | 1310.7 | | A(3)-49 |
| 1904.0 | 0.094211 | 1496.8 | | Bb(3)+36 |
| 1977.5 | 0.232353 | 1562.4 | | B(3)+1 |
| 2338.0 | 0.035192 | 1852.3 | | D(4)-8 |
| 2463.5 | 0.017102 | 1942.8 | | Eb(4)-17 |
| 2706.0 | 0.049876 | 2105.3 | | E(4)+44 |
| 2814.0 | 0.032396 | 2173.1 | | F(4)+12 |
| 2898.0 | 0.024476 | 2224.0 | | F#(4)-36 |
| 2934.0 | 0.04292 | 2245.4 | | F#(4)-15 |
| 3038.5 | 0.021854 | 2306.0 | | F#(4)+45 |
| 3355.0 | 0.021768 | 2477.5 | | Ab(4)+16 |
| 3808.5 | 0.036310 | 2697.0 | | Bb(4)+36 |

ที่มา. จากการทดลอง

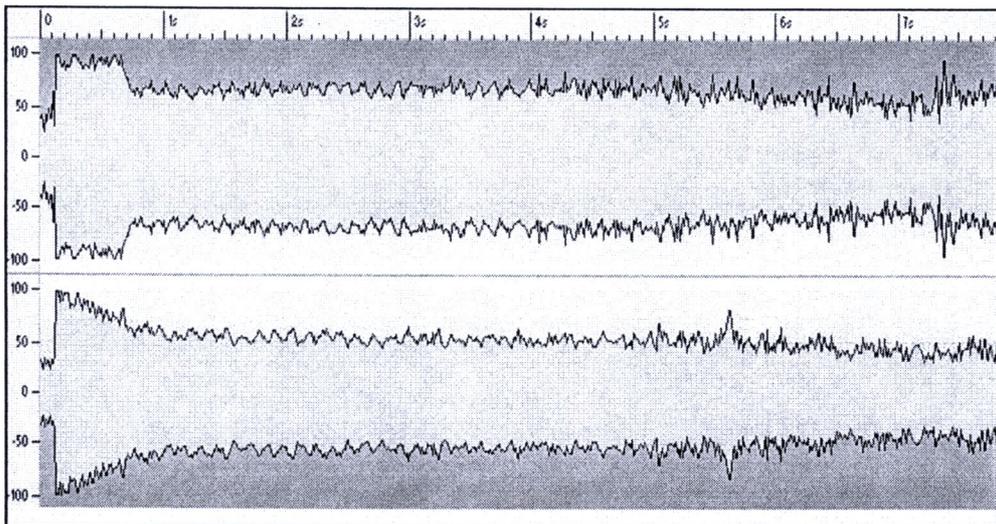
ระฆังใบที่ 9 ระฆังวัดเทพธิดา กรุงเทพมหานคร

จากภาพ 64 แสดงลักษณะระฆัง วัดเทพธิดา กรุงเทพมหานคร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เมตร บันทึกเสียงเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2553 ได้รูปแบบสัญญาณเสียงดังแสดงในภาพ 65 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 66 สเปกตรัมความถี่เสียง ดังแสดงในภาพ 67 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 68



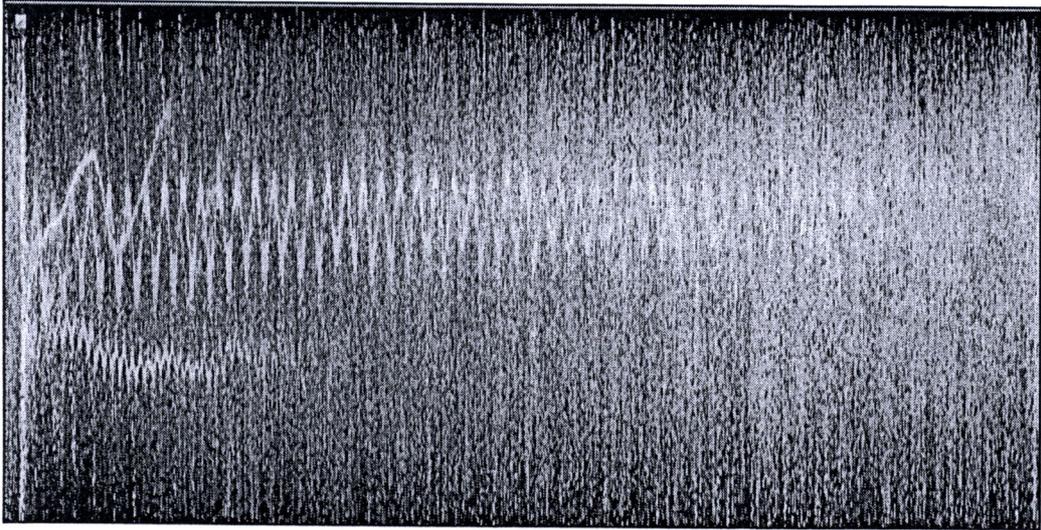
ภาพ 64 ระฆัง วัดเทพธิดา กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการบันทึกภาพ



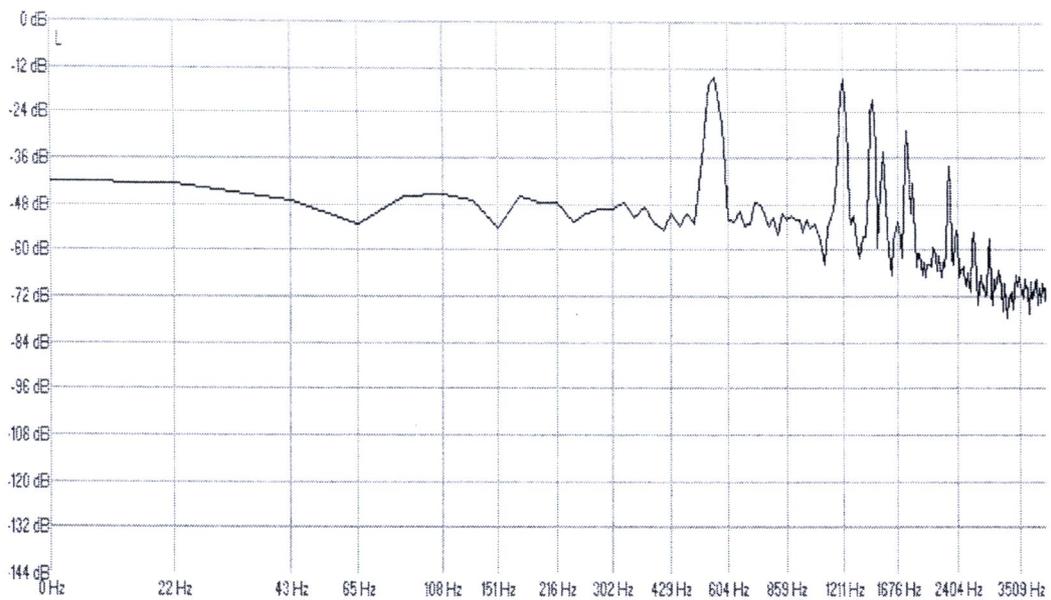
ภาพ 65 สัญญาณเสียงระฆัง วัดเทพธิดา กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Wave Lab



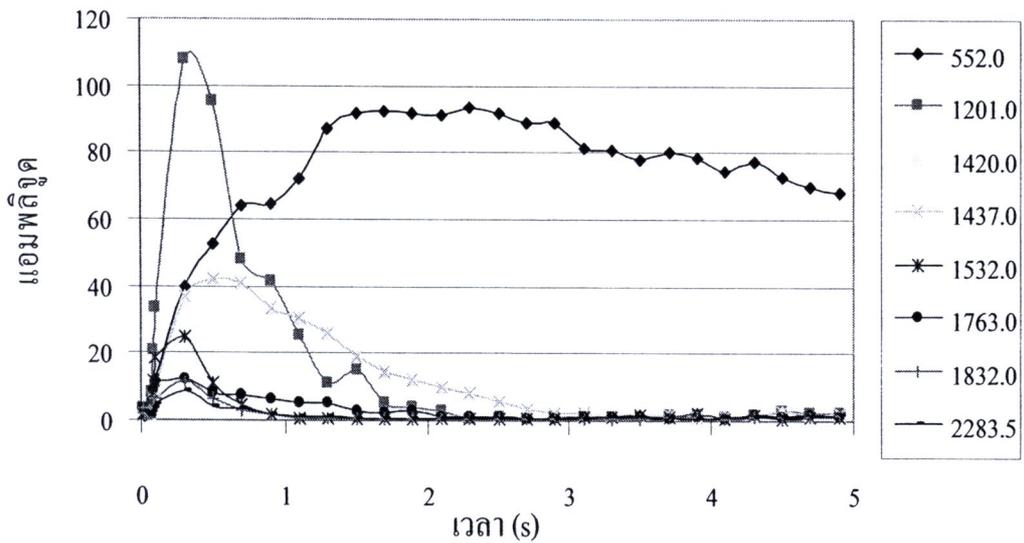
ภาพ 66 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 67 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 68 partials decay ของเสียงระฆัง วัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 13

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดเทพศิลา กรุงเทพฯ

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|------------|----------|
| 552.0 | 1.000000 | -2458.2 | ฮัม | Db(2)-7 |
| 1201.0 | 0.533989 | -1112.4 | ไพร์ม | D(3)+38 |
| 1420.0 | 0.025962 | -822.4 | | F(3)+28 |
| 1437.0 | 0.426571 | -801.8 | เทียร์ซ | F(3)+48 |
| 1532.0 | 0.055496 | -690.9 | | G(3)-40 |
| 1763.0 | 0.07028 | -447.8 | ควินต์ | A(3)+2 |
| 1832.0 | 0.029303 | -381.3 | | Bb(3)-30 |
| 2283.5 | 0.027407 | 0.0 | โนมินอล | D(4)-49 |

ที่มา จากการทดลอง

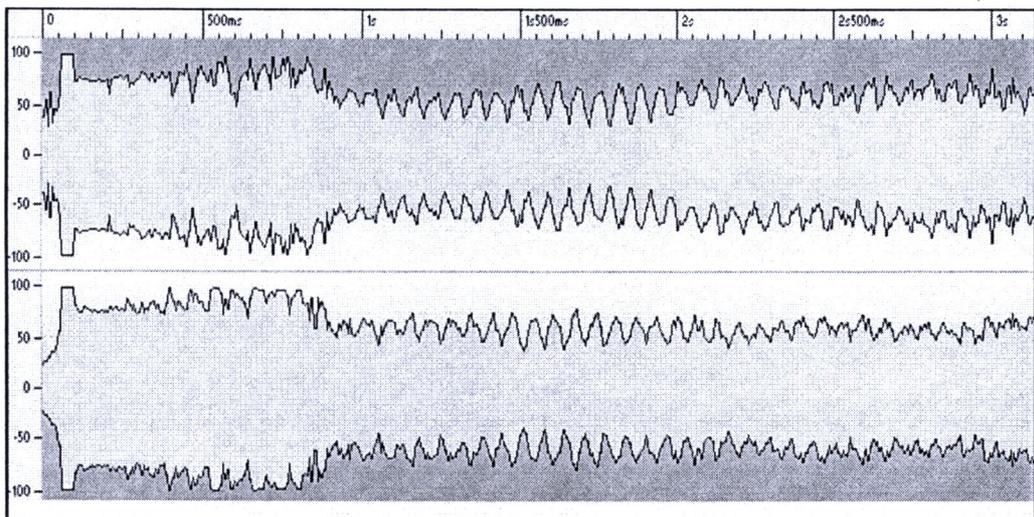
ระฆังใบที่ 10 ระฆังวัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร (ใบที่สอง)

จากภาพ 69 แสดงลักษณะระฆัง วัดเทพศิลา กรุงเทพมหานคร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เมตรบันทึกเสียงเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2553 ได้รูปแบบสัญญาณเสียงดังแสดงในภาพ 70 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 71 สเปกตรัมความถี่เสียงดังแสดงในภาพ 72 และ partials decay เสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 73



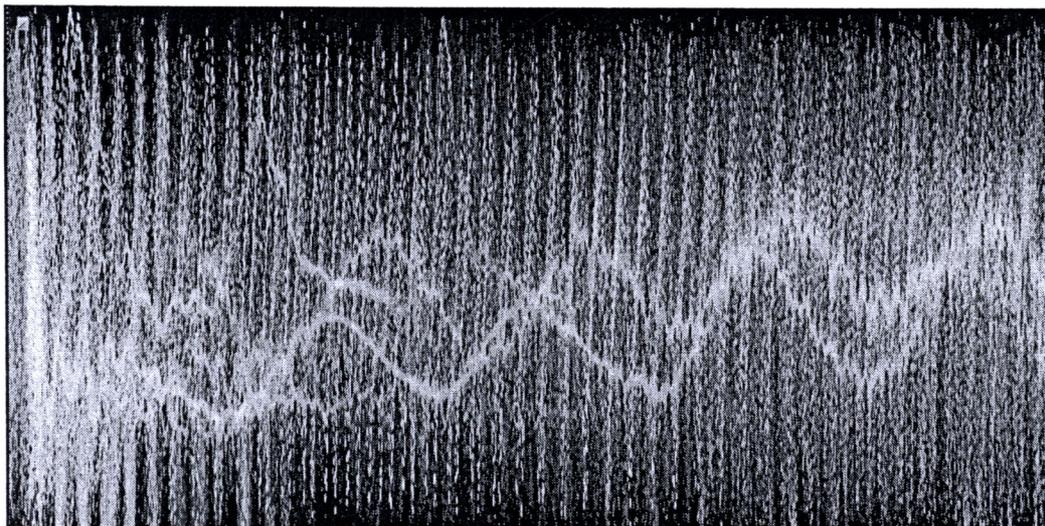
ภาพ 69 ระฆัง วัดเทพศิลา (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการบันทึกภาพ



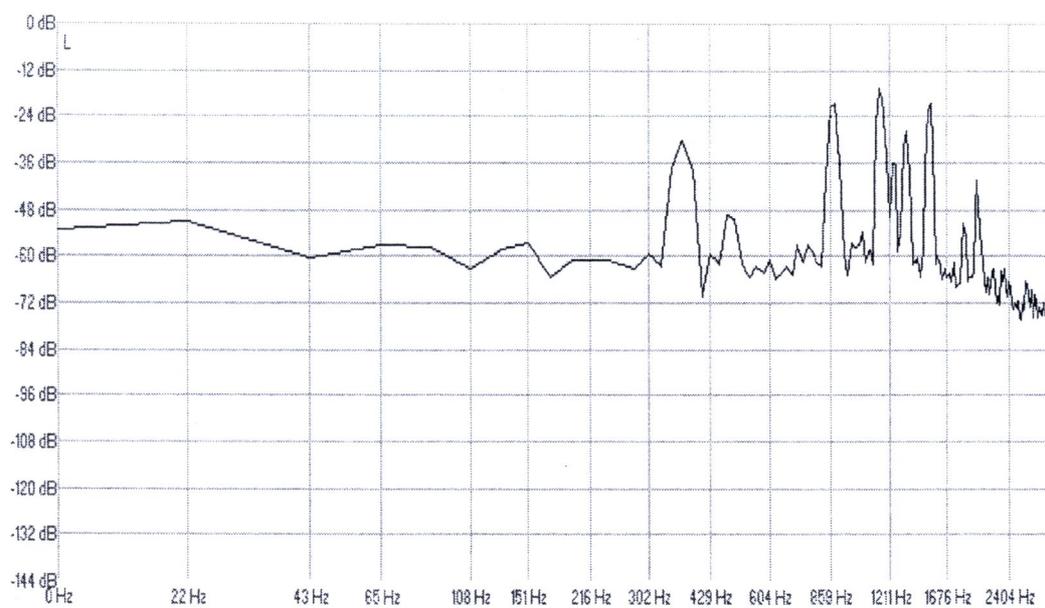
ภาพ 70 สัญญาณเสียงระฆัง วัดเทพศิลา (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



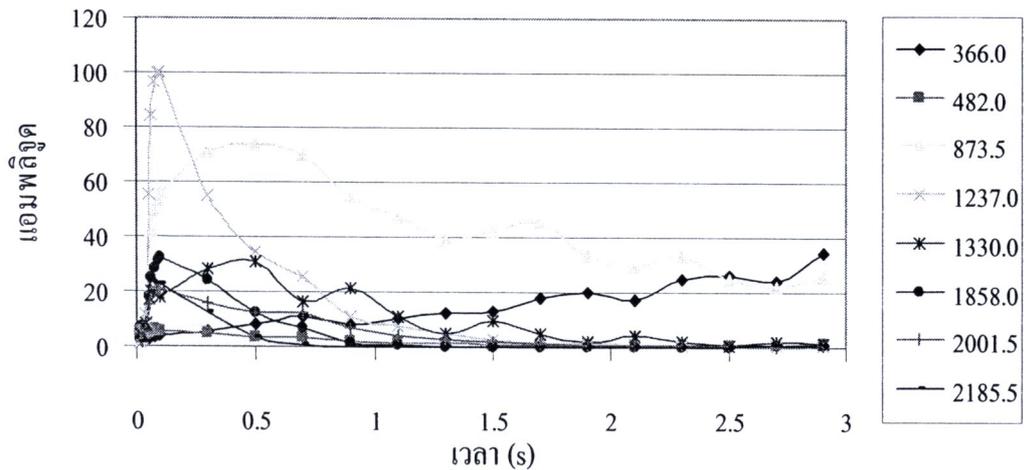
ภาพ 71 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดเทพศิลา (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 72 frequency spectrum ของเสียงระฆัง วัดเทพศิลา (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 73 partials decay ของเสียงระฆัง วัดเทพศิลา (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 14

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆังวัดเทพศิลา(ใบที่สอง) กรุงเทพฯ

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซียล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|-----------|----------|
| 366.0 | 0.184968 | -2941.3 | | F#(1)-18 |
| 482.0 | 0.035395 | -2464.7 | ฮัม | B(1)-42 |
| 873.5 | 1.000000 | -1435.4 | ไพร์ม | A(2)-12 |
| 1237.0 | 0.321443 | -833.0 | เทียร์ซ | Eb(3)-10 |
| 1330.0 | 0.277331 | -707.5 | ควินต์ | E(3)+15 |
| 1858.0 | 0.083566 | -128.7 | | Bb(3)-6 |
| 2001.5 | 0.139477 | 0.0 | โนมินอล | B(3)+22 |
| 2185.5 | 0.028523 | 152.2 | | Db(4)-25 |

ที่มา. จากการทดลอง

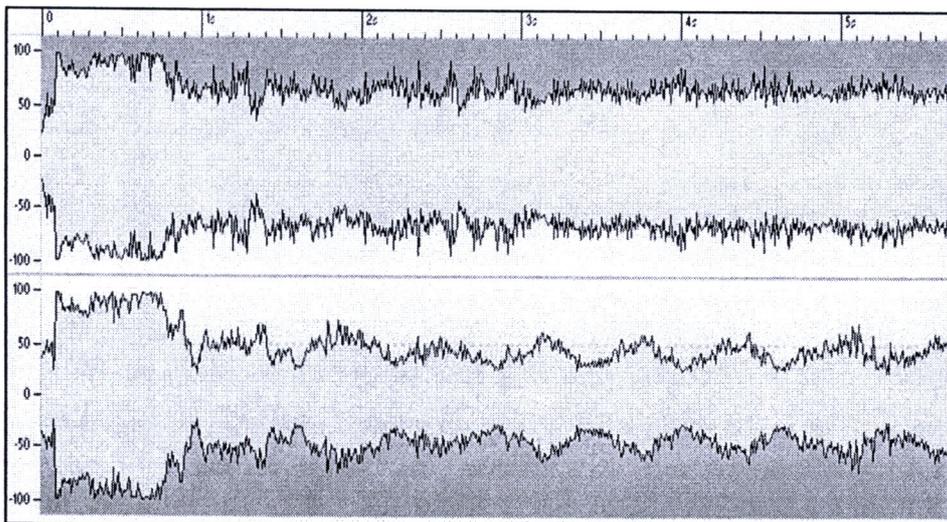
ระฆังใบที่ 11 ระฆังวัดสระเกศราชวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร

จากภาพ 74 แสดงลักษณะระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เมตร บันทึกเสียงเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2553 ได้รูปแบบสัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 75 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 76 สเปกตรัมความถี่เสียง ดังแสดงในภาพ 77 และ partials decay เสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 78



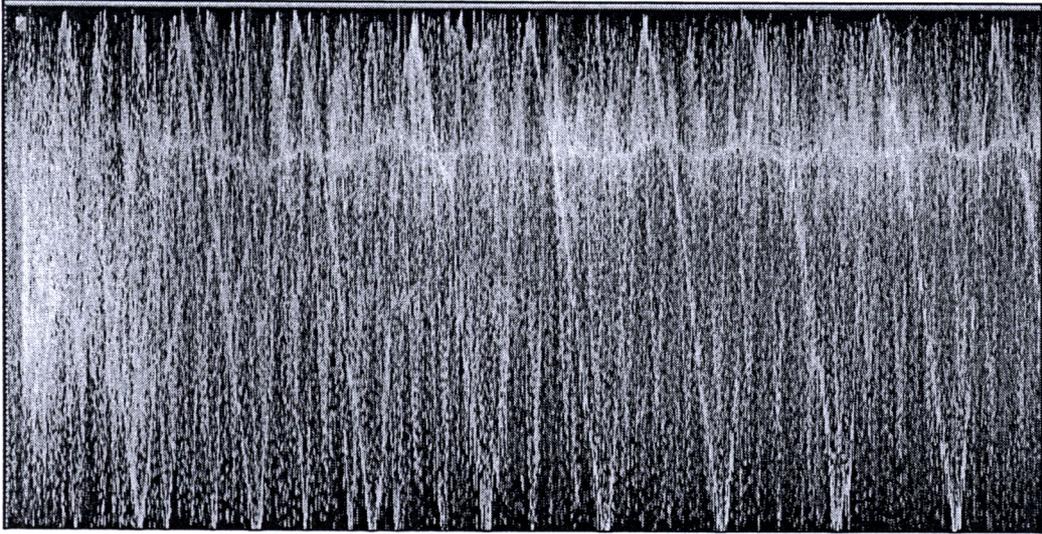
ภาพ 74 ระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการบันทึกภาพ



ภาพ 75 สัญญาณเสียงระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร

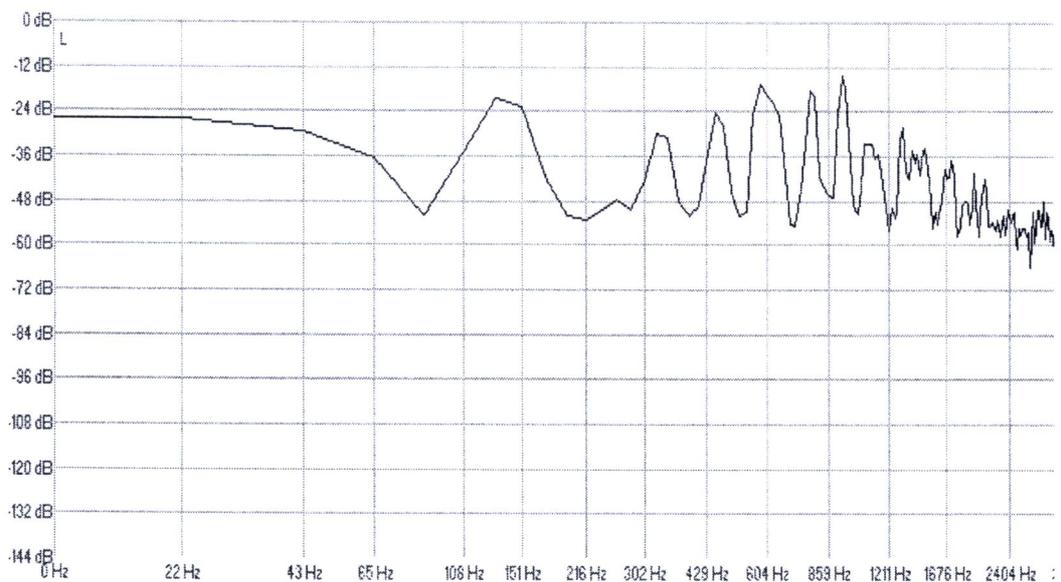
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Wave Lab



ภาพ 76 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 1)

กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 77 frequency spectrum ของเสียงระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 1)

กรุงเทพมหานคร

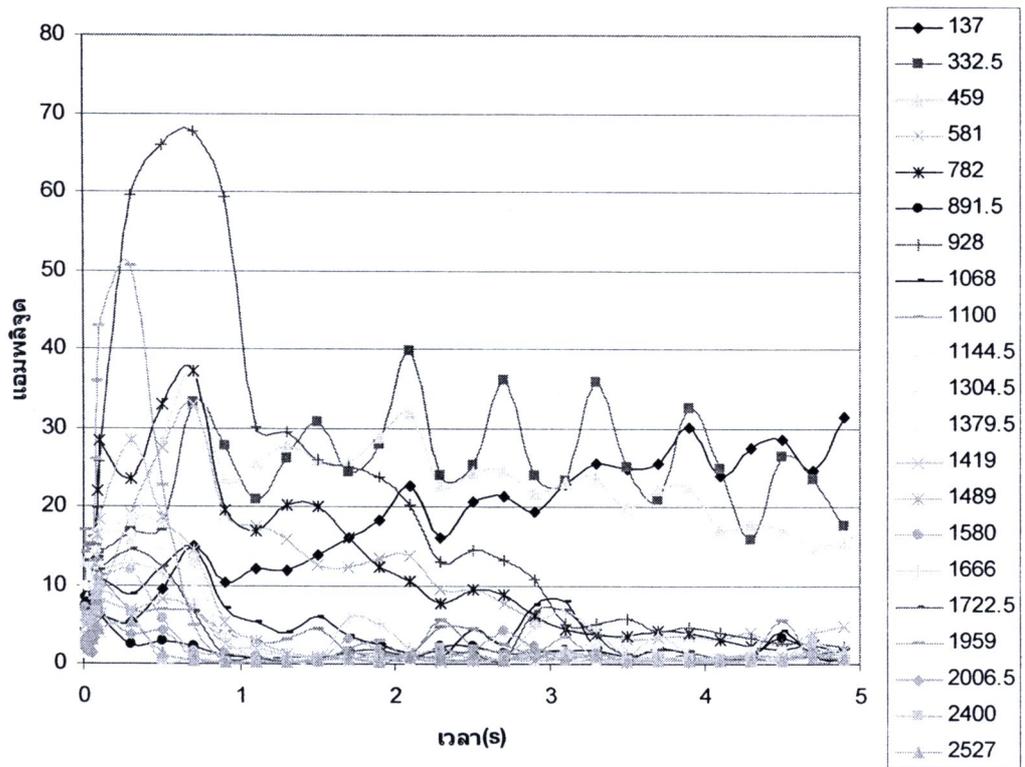
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab

ตาราง 15

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 1) กรุงเทพมหานคร

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|------------|----------|
| 137.0 | 0.339696 | -2501.2 | ฮัม | Db(0)-19 |
| 332.5 | 0.724592 | -966.2 | เทียร์ซ | E(1)+15 |
| 459.0 | 0.761450 | -408.0 | ควินต์ | Bb(1)-26 |
| 581.0 | 0.557507 | 0.0 | โนมินอล | D2)-18 |
| 782.0 | 0.636129 | 514.3 | | G(2)-4 |
| 891.5 | 0.030915 | 741.2 | | A(2)+22 |
| 928.0 | 1.000000 | 810.7 | | Bb(2)-8 |
| 1068.0 | 0.185101 | 1053.9 | | C(3)+35 |
| 1100.0 | 0.098617 | 1105.0 | | Db(3)-13 |
| 1144.5 | 0.141820 | 1173.7 | | D(3)-45 |
| 1304.5 | 0.145100 | 1400.2 | | E(3)-18 |
| 1379.5 | 0.141052 | 1497.0 | | F(3)-21 |
| 1419.0 | 0.087674 | 1545.9 | | F(3)+27 |
| 1489.0 | 0.216890 | 1629.2 | | F#(3)+10 |
| 1580.0 | 0.045998 | 1731.9 | | G(3)+13 |
| 1666.0 | 0.100623 | 1823.7 | | Ab(3)-37 |
| 1722.5 | 0.088690 | 1881.4 | | A(3)-37 |
| 1959.0 | 0.178928 | 2104.2 | | B(3)-14 |
| 2006.5 | 0.019921 | 2145.6 | | B(3)+26 |
| 2400.0 | 0.015699 | 2455.7 | | D(4)-21 |
| 2527.0 | 0.015835 | 2544.9 | | Eb(4)-10 |

ที่มา. จากการทดลอง



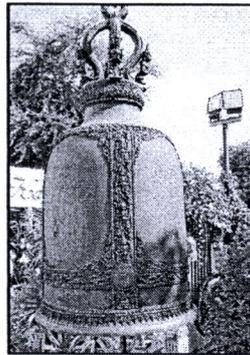
ภาพ 78 partials decay ของเสียงระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 1)

กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

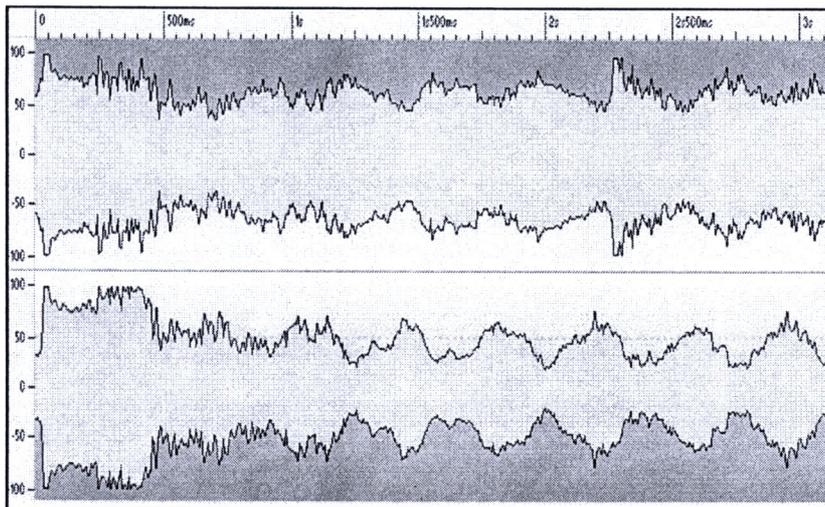
ระฆังใบที่ 12 ระฆังวัดสระเกศ กรุงเทพมหานคร (ใบที่สอง)

จากภาพ 79 แสดงลักษณะระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร กรุงเทพมหานคร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เมตร บันทึกเสียงเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2553 ได้รูปแบบสัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 79 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 80 สเปกตรัมความถี่เสียง ดังแสดงในภาพ 81 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 82



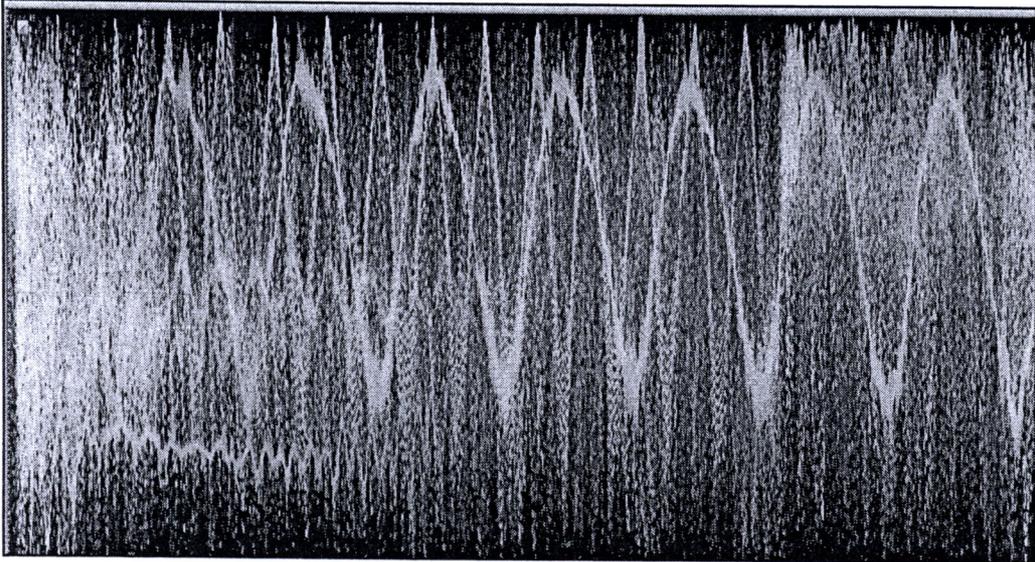
ภาพ 79 ระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการบันทึกภาพ



ภาพ 80 สัญญาณเสียงระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

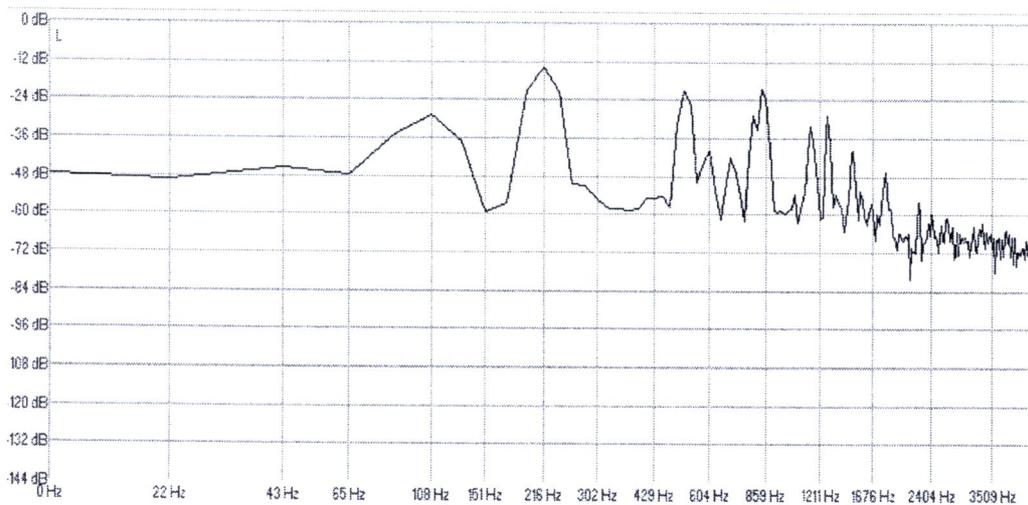
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 81 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 2)

กรุงเทพมหานคร

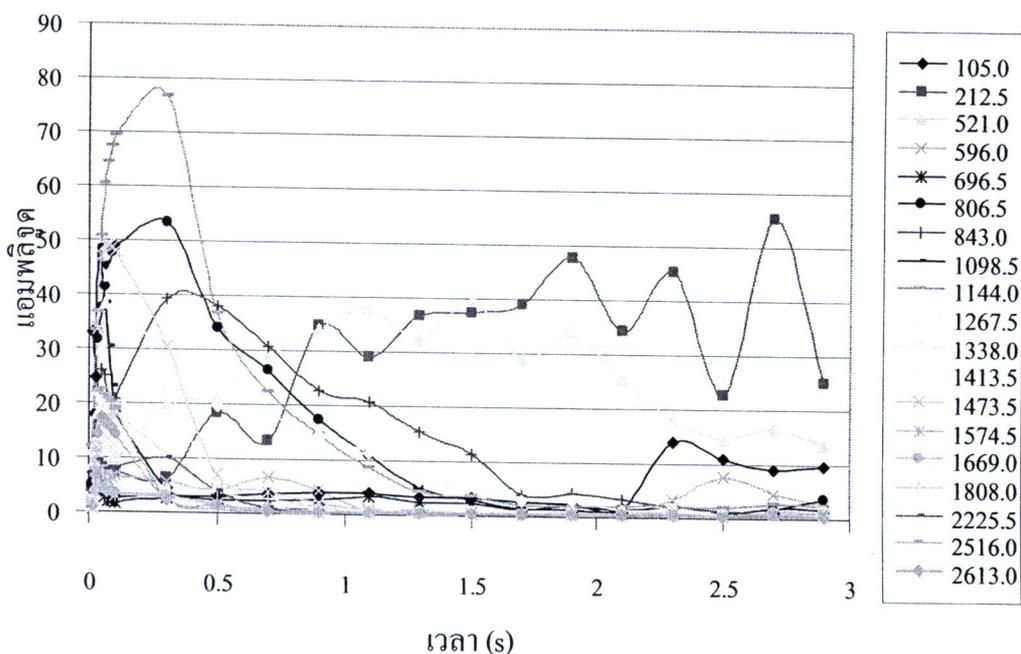
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 82 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 2)

กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 83 partials decay ของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 16

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 2) กรุงเทพมหานคร

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|--------|------------|-----------|
| 105.0 | 0.107680 | | | Ab(-1)+19 |
| 212.5 | 0.770296 | | | Ab(0)+39 |
| 521.0 | 1.000000 | | | C(2)-7 |
| 596.0 | 0.08684 | | | D(2)+25 |
| 696.5 | 0.073926 | | | F(2)-4 |
| 806.5 | 0.587574 | | | G(2)+49 |
| 843.0 | 0.749347 | | | Ab(2)+25 |
| 1098.5 | 0.022706 | | | Db(3)-16 |
| 1144.0 | 0.570495 | | | D(3)-45 |
| 1267.5 | 0.376549 | | | Eb(3)+31 |

ตาราง 16 (ต่อ)

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซียล | โน้ต |
|--------------|----------|--------|-----------|----------|
| 1338.0 | 0.015823 | | | E(3)+25 |
| 1413.5 | 0.090000 | | | F(3)+20 |
| 1473.5 | 0.134199 | | | F#(3)-7 |
| 1669.0 | 0.017338 | | | Ab(3)+8 |
| 1808.0 | 0.064752 | | | A(3)+46 |
| 2225.5 | 0.046205 | | | Db(4)+6 |
| 2516.0 | 0.016354 | | | Eb(4)+18 |
| 2613.0 | 0.016328 | | | E(4)-15 |

ที่มา. จากการทดลอง

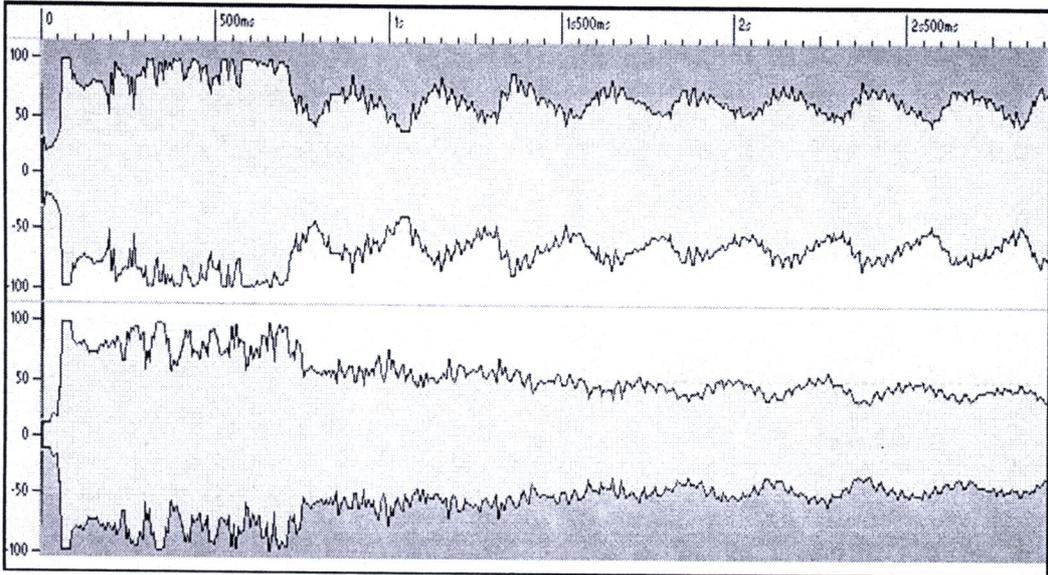
ระฆังใบที่ 13 ระฆังวัดสระเกศ กรุงเทพมหานคร (ใบที่สาม)

จากภาพ 84 แสดงลักษณะระฆัง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร วัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร บันทึกเสียงวันที่ 14 พฤศจิกายน 2553 ได้รูปแบบสัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 85 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 86 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 87 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 88

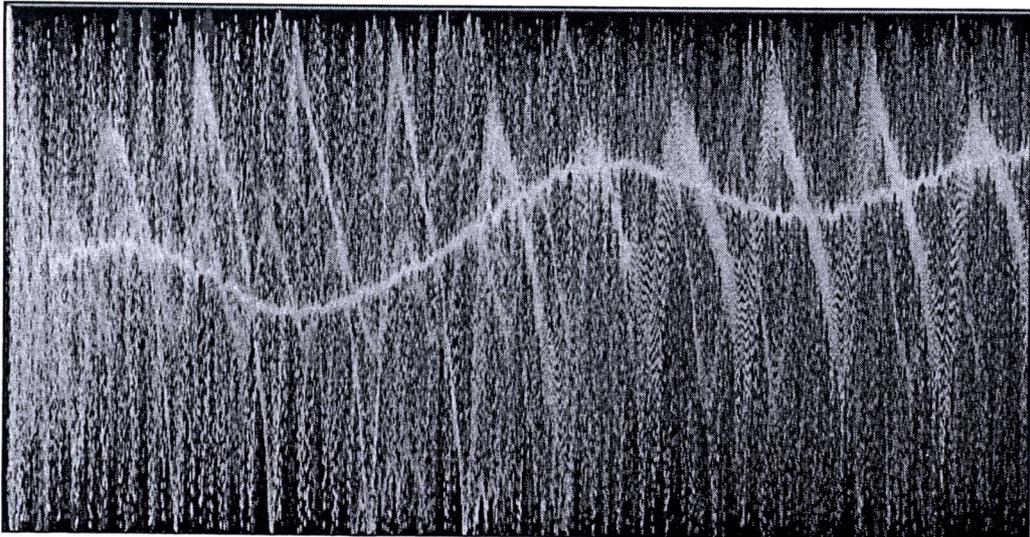


ภาพ 84 ภาพระฆัง วัดสระเกศราชวรมหาวิหาร (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร

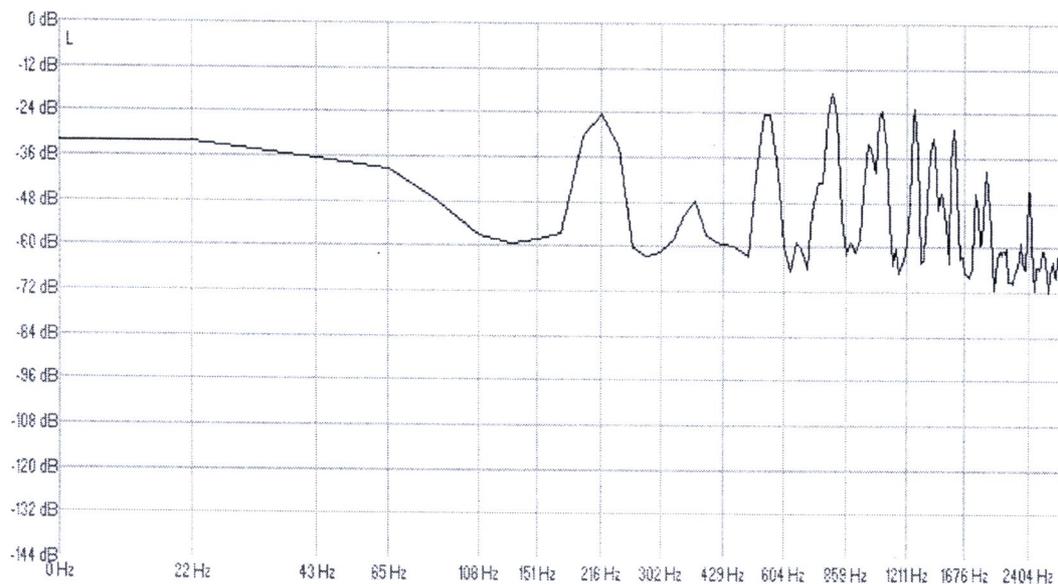
ที่มา. จากการบันทึกภาพ



ภาพ 85 สัญญาณเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Wave Lab

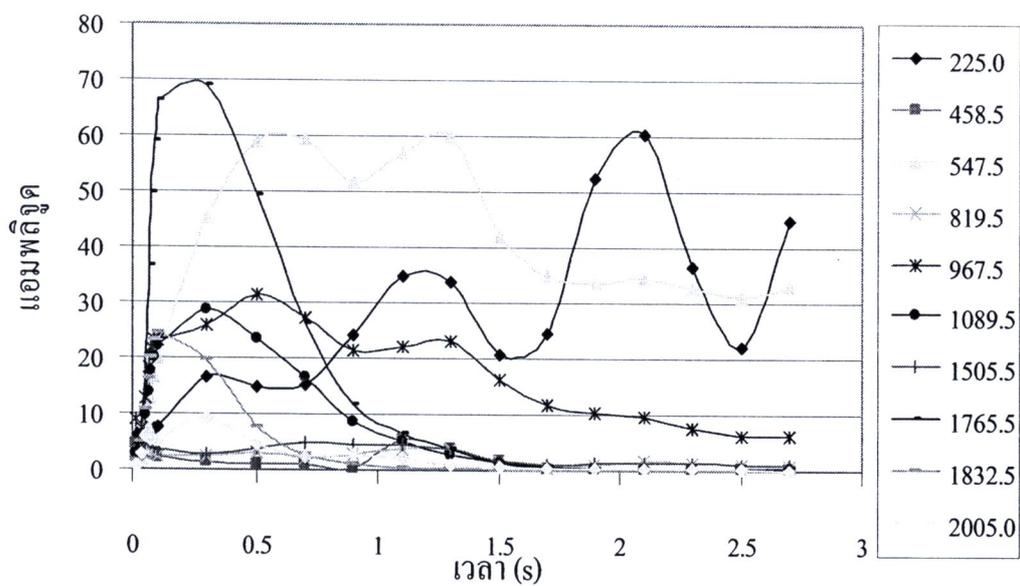


ภาพ 86 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 87 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดสระเกษ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WaveLab



ภาพ 88 partials decay ของเสียงระฆัง วัดสระเกษ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 17

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 3) กรุงเทพมหานคร

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เฟส | พาร์เซียล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|---------------|----------|
| 225.0 | 0.404691 | -2525.2 | ฮัม | A(0)+38 |
| 458.5 | 0.030343 | -1292.8 | ไพรม์ | Bb(1)-28 |
| 547.5 | 1.000000 | -985.6 | เทียร์ซ | Db(2)-21 |
| 819.5 | 0.048349 | -287.4 | ควินต์ | Ab(2)-23 |
| 967.5 | 0.386317 | 0.0 | โนมินอล | B(2)-35 |
| 1089.5 | 0.182153 | 205.5 | | Db(3)-30 |
| 1505.5 | 0.063333 | 765.4 | | F#(3)+29 |
| 1765.5 | 0.330424 | 1041.2 | | A(3)+5 |
| 1832.5 | 0.048903 | 1105.7 | | Bb(3)-30 |
| 2005.0 | 0.041545 | 1261.5 | ออกเตปโนมินอล | B(3)+25 |

ที่มา จากการทดลอง

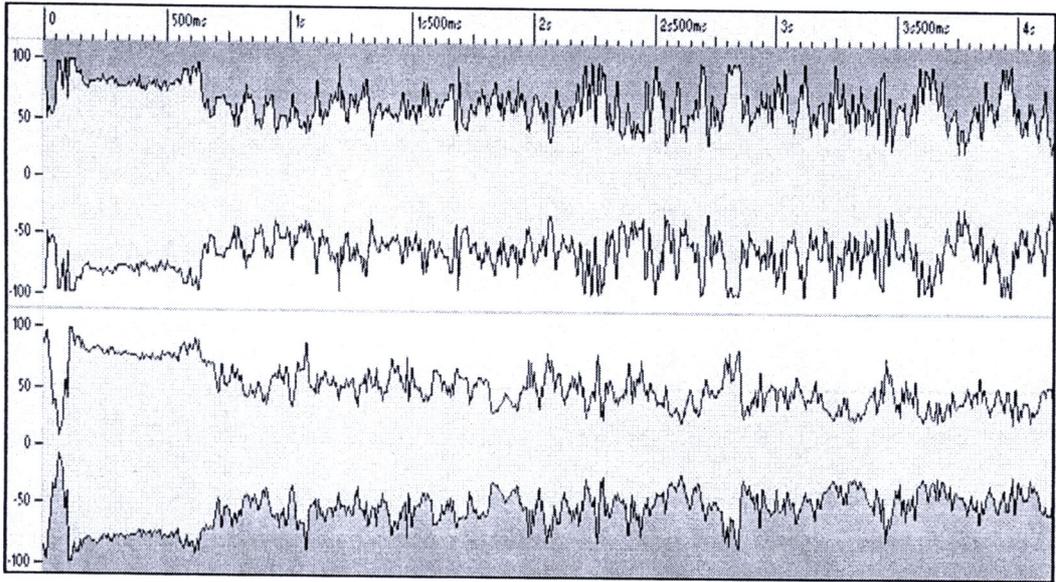
ระฆังใบที่ 14 ระฆังวัดสระเกศ กรุงเทพมหานคร (ใบที่สี่)

จากภาพ 89 แสดงลักษณะระฆัง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร วัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร บันทึกเสียงวันที่ 14 พฤศจิกายน 2553 ได้รูปแบบสัญญาณเสียง ดังแสดงในภาพ 90 pan spectrum ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 91 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 92 และ partials decay เสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 93



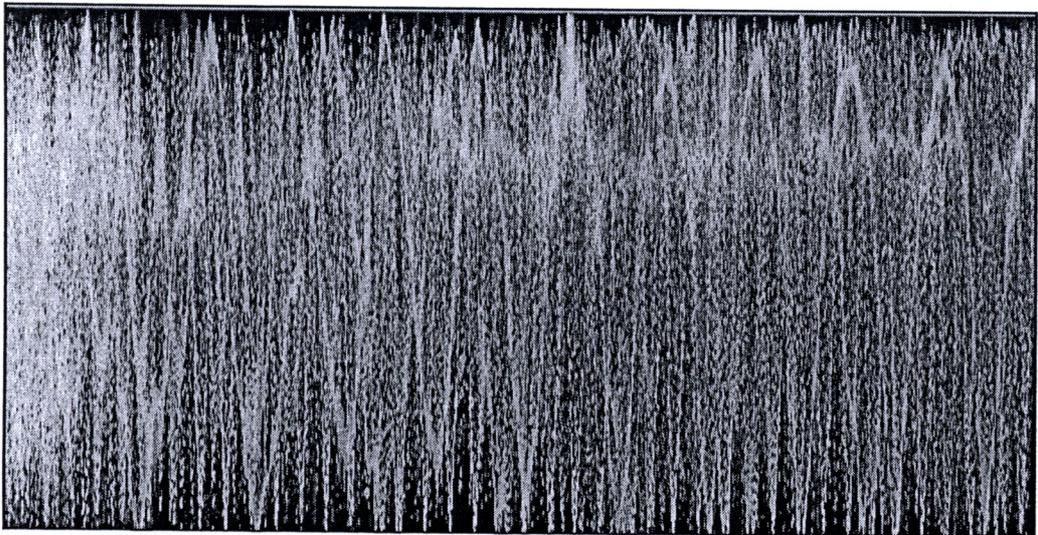
ภาพ 89 ระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากการบันทึกภาพ



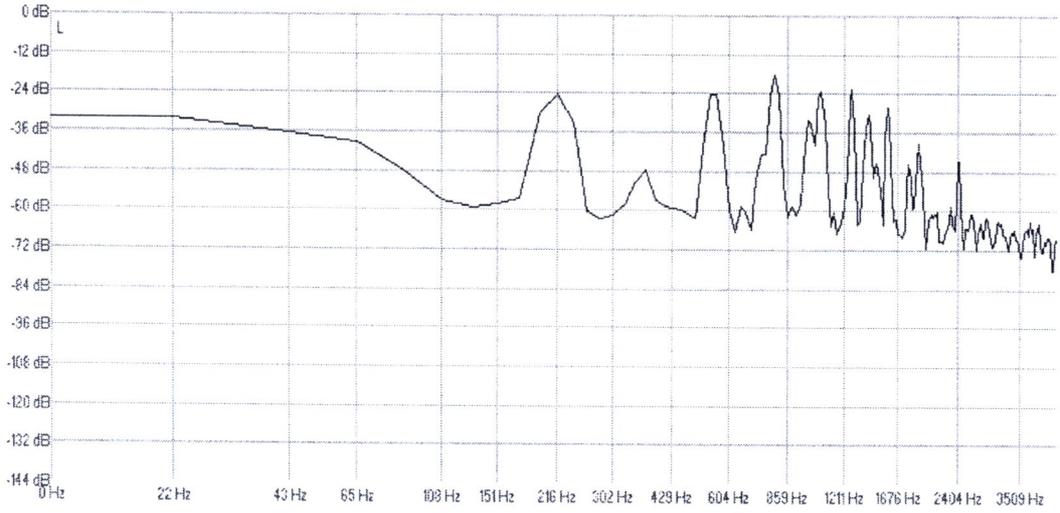
ภาพ 90 สัญญาณเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Wave Lab

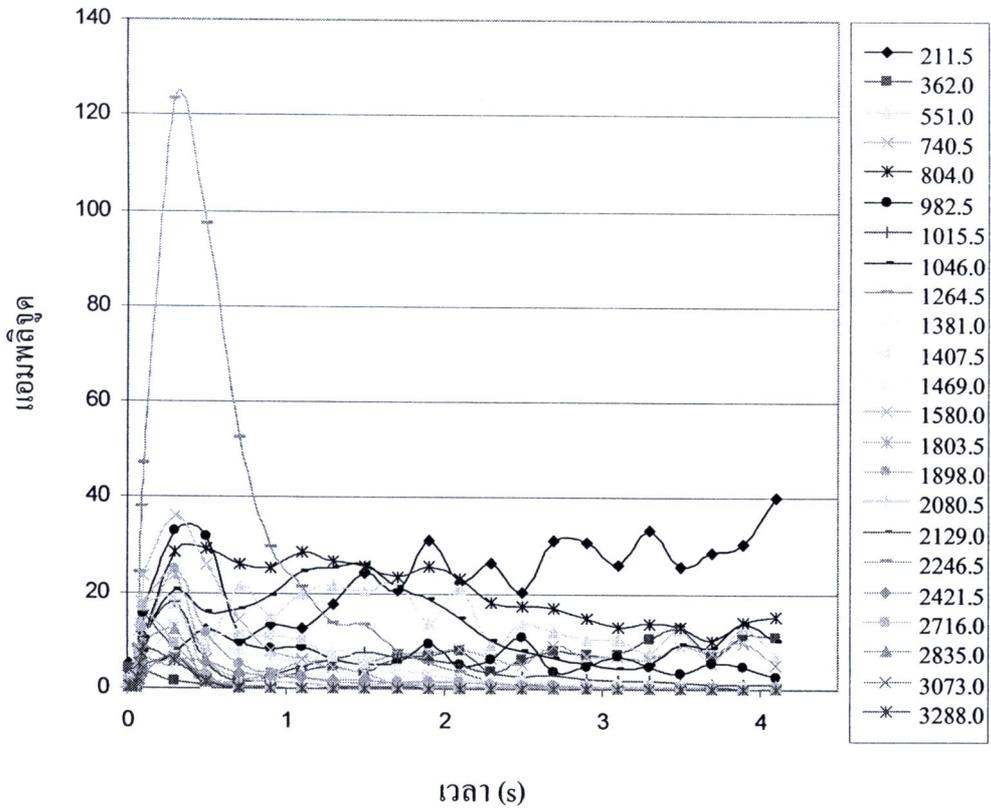


ภาพ 91 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 92 frequency spectrum ของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Wave Lab



ภาพ 93 partials decay ของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร
ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 18

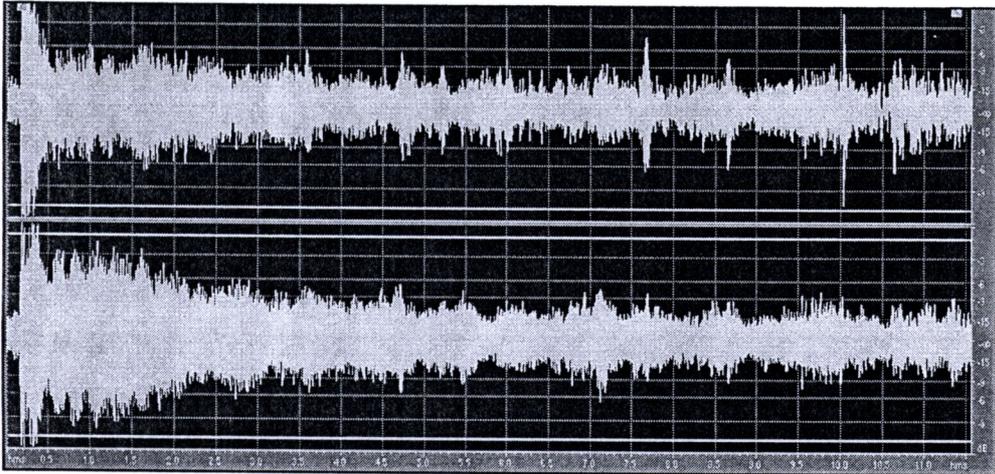
วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดสระเกศ (ใบที่ 4) กรุงเทพมหานคร

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซียด | โน้ต |
|--------------|----------|---------|---------------|-----------|
| 211.5 | 0.353887 | -3095.8 | | Ab(0) +31 |
| 362.0 | 0.072393 | -2165.4 | ฮัม | F#(1) -37 |
| 551.0 | 0.499713 | -1438.1 | ไพร์ม | Db(2) -10 |
| 740.5 | 0.110788 | -926.3 | เทียร์ซ | F#(2) +1 |
| 804.0 | 0.729198 | -783.9 | | G(2) +43 |
| 982.5 | 0.258479 | -436.8 | ควินต์ | B(2) -9 |
| 1015.5 | 0.106853 | -379.6 | | B(2) +47 |
| 1046.0 | 0.599451 | -328.4 | | C(3) +0 |
| 1264.5 | 1.000000 | 0.0 | โนมินอล | Eb(3) +27 |
| 1381.0 | 0.140482 | 152.5 | | F(3) -19 |
| 1407.5 | 0.245631 | 185.4 | | F(3) +13 |
| 1469.0 | 0.053790 | 259.5 | | F#(3) -12 |
| 1580.0 | 0.261485 | 385.6 | | G(3) +13 |
| 1803.5 | 0.055538 | 614.6 | | A(3) +42 |
| 1898.0 | 0.125616 | 703 | ซูเปอร์ควินต์ | Bb(3) +30 |
| 2080.5 | 0.044564 | 862 | | C(4) -10 |
| 2129.0 | 0.020513 | 901.9 | | C(4) +29 |
| 2246.5 | 0.020135 | 994.9 | | Db(4) +22 |
| 2421.5 | 0.048177 | 1124.8 | | Eb(4) -47 |
| 2716.0 | 0.031041 | 1323.4 | | F(4) -48 |
| 2835.0 | 0.020867 | 1397.7 | | F(4) +25 |
| 3073.0 | 0.01825 | 1537.2 | | G(4) -35 |
| 3288.0 | 0.015366 | 1654.3 | | Ab(4) -18 |

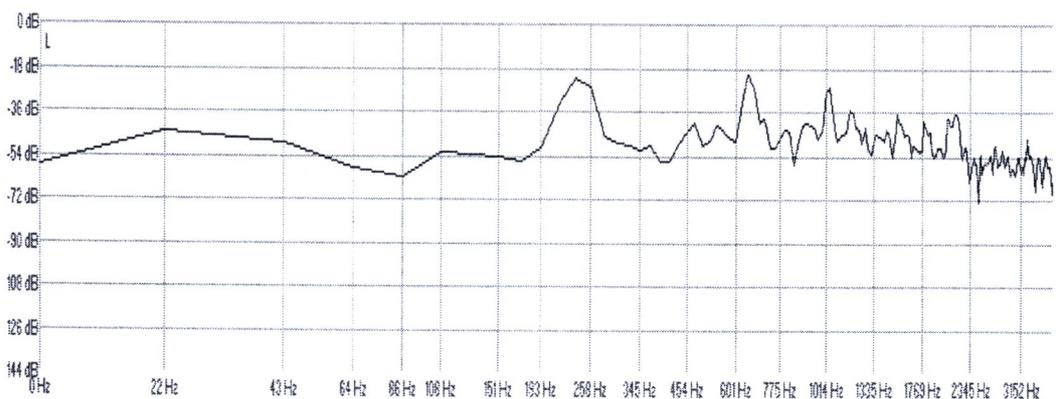
ที่มา. จากการทดลอง

ระฆังใบที่ 15 ระฆังวัดพระธาตุอินทร์แขวน ประเทศพม่า

จากภาพ 94 แสดงรูปสัญญาณเสียงระฆัง วัดพระธาตุอินทร์แขวน สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า บันทึกเสียงวันที่ 3 พฤษภาคม 2552 pan spectrum ของเสียงระฆัง แสดงดังภาพ 95 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 96 และ partials decay ของเสียงระฆัง ดังแสดงในภาพ 97

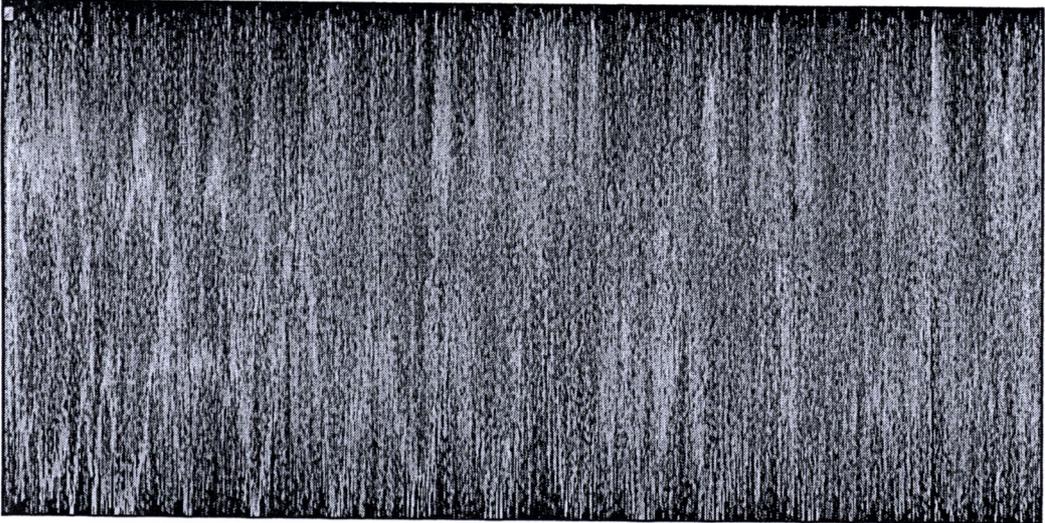


ภาพ 94 สัญญาณเสียงระฆัง วัดพระธาตุอินทร์แขวน สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า
ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



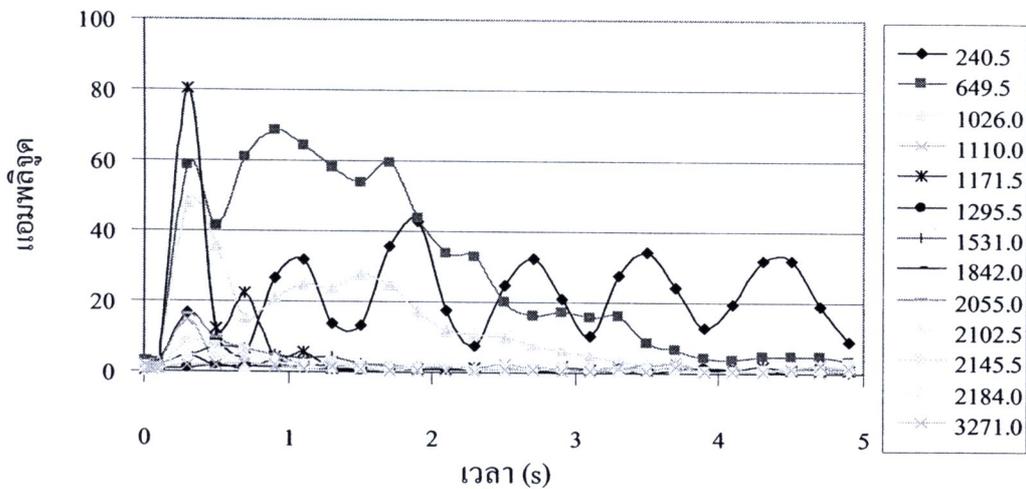
ภาพ 95 สเปกตรัมความถี่ของเสียงระฆัง วัดพระธาตุอินทร์แขวน สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Wave Lab



ภาพ 96 pan spectrum ของเสียงระฆัง วัดพระธาตุอินทร์แขวน สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า

ที่มา. จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Adobe Audition



ภาพ 97 partials decay ของเสียงระฆัง วัดพระธาตุอินทร์แขวน สาธารณรัฐแห่งสหภาพพม่า

ที่มา. จากการทดลอง

ตาราง 19

วิเคราะห์ความถี่องค์ประกอบของเสียงระฆัง วัดพระธาตุอินทร์แขวน

| ความถี่ (Hz) | ความเข้ม | เซ็นต์ | พาร์เซี่ยล | โน้ต |
|--------------|----------|---------|---------------|----------|
| 240.5 | 0.316030 | -2915.2 | | B(0)-45 |
| 649.5 | 1.000000 | -1195.3 | ไพร์ม | E(2)-25 |
| 1026.0 | 0.506489 | -403.7 | ควินต์ | C(3)-34 |
| 1110.0 | 0.020833 | -267.5 | | Db(3)+1 |
| 1171.5 | 0.180306 | -174.1 | | D(3)-4 |
| 1295.5 | 0.016382 | 0.0 | โนมินอล | E(3)-30 |
| 1531.0 | 0.070115 | 289.1 | | G(3)-41 |
| 1842.0 | 0.020029 | 609.3 | ซูเปอร์ควินต์ | Bb(3)-21 |
| 2055.0 | 0.086096 | 798.7 | | C(4)-31 |
| 2102.5 | 0.057142 | 838.3 | | C(4)+7 |
| 2145.5 | 0.056440 | 873.3 | | C(4)+42 |
| 2184.0 | 0.036409 | 904.1 | | Db(4)-26 |
| 3271.0 | 0.027053 | 1603.4 | | Ab(4)-27 |

ที่มา. จากการทดลอง

จากตาราง 19 และภาพ 97 แสดงให้เห็นว่าระฆังพม่าและระฆังไทยให้เสียงที่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ เกิดพิตส์ของพาร์เซี่ยลที่มีความถี่ต่ำ ซึ่งจะทำให้ระฆังดังต่อไปอีกเป็นระยะเวลาหนึ่ง ส่วนพาร์เซี่ยลที่มีความถี่สูงจะหายไปภายในเวลาอันสั้น และพาร์เซี่ยลต่าง ๆ ไม่เป็นฮาร์โมนิก