รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองบรรณาธิการ. 3 ค่ายยักษ์ บุกตลาดบ้าน 2-3 ล้าน. Home Buyers' Guide 136 (เมษายน 2547): 56 – 60.

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล. การศึกษางาน (Work Study). พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ ประกอบเมไตร, 2539.

ต่อตระกูล ยมนาค. เสาเข็ม. ชมรมวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 1. 2524.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และ คณะ. การศึกษาการทำงาน (Introduction to Work Study). พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

วิสุทธิ์ ซ่อวิเชียร. Cause and Effect Analysis [เอกสารประกอบการสอนรายวิชา Problem Analysis in Construction Industry]. 2546.

วิสูตร จิระดำเกิง. การปรับปรุงผลผลิตการก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์วรรณกวี, 2546.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จขนาดสั้น. มาตรฐานอุตสาหกรรม 399. 2524.

ภาษาอังกฤษ

Arditi, D., and Mochtar, K. Trends in Productivity Improvement in the US Construction Industry. Journal of Construction Management and Economics 18 (2000): 15-27.

Bernold, L. Emerging Construction Technologies. Safe Exacavation [Online]. Available from: http://www.construction-institute.org [May 2004]

Construction Automation & Robotics Laboratory. For Safety in Truck Crane Operations. BlackBox Technologies [Online]. Available from: http://www2.ncsu.edu/ncsu/CIL/CARL [May 2004]

Harris, F., and McCaffer, R. Modern Construction Management. Fifth edition. Blackwell Science ltd., 2001.

Kanawaty, G. Introduction to Work Study. Fourth edition. International Labour Organization, 1992.

Parker, H. W., and Oglesby, C. H. Methods Improvement for Construction Managers. McGraw-Hill Series in Construction Engineering and Management. First edition. McGraw-Hill ltd., 1972.

Patton, J. A. Emerging Construction Technologies. BladePro: 3D Automatic Grade Control System [Online]. Available from: http://www.construction-institute.org [May 2004]

Peurifoy, R. L. and Schexnayder, C. J. Construction Planning, Equipment, and Method. Sixth edition. McGraw-Hill ltd., 2003.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายงานการตรวจสอบงานตอกเสาเข็ม

รายงานการตรวจสอบงานตอกเสาเข็ม (ต่อตระกูล ยมนาค, 2524)

ผู้ควบคุมการก่อสร้างควรตรวจสอบตามรายการอย่างน้อยต่อไปนี้

ก่อนตอก

1. การขนส่งเสาเข็ม
2. การกองเสาเข็ม และการชักลากเสาเข็ม
3. การจัดลำดับขั้นตอกการตอกเสาเข็ม และทางเดินปั้นจั่น
4. ขนาดรูปร่าง ความยาว อายุเข็ม ถูกต้องตามรูปแบบและ รายการประกอบแบบก่อสร้าง
5. หัวเข็มได้ฉากกับแนวแกนหรือไม่ เอียงเกินข้อกำหนดหรือไม่
6. หัวเข็มโผล่ซึ่งอาจเป็นอันตรายขณะตอกหรือไม่
7. หัวเข็มตามแบบมี Dowel หรือไม่
8. คุณภาพของคอนกรีต และเหล็กเสริมในตัวเข็ม รอยแตก
9. การโก่งงอของเสาเข็ม
10. ปั้นจั่นเหมาะสมกับการตอกหรือไม่
11. น้ำหนักลูกตุ้มเหมาะสมกับการตอกเสาเข็มหรือไม่
12. มีเสาส่งยาวพอใช้หรือไม่
13. หมวกครอบ กระสอบรองหัวเข็ม
14. นั่งร้านแข็งแรงดีหรือไม่
15. ในกรณีตอกใกล้สายไฟแรงสูงต้องหุ้มสายไฟ
16. ตำแหน่งศูนย์เสาเข็ม โดยเฉพาะเข็มเอียงต้อง Offset
17. อุปกรณ์สำหรับต่อเสาเข็มในกรณีเสาเข็มต่อ
18. การเตรียมจดข้อมูลในการตอกเสาเข็ม
19. เงื่อนไขสัญญาตอกเข็ม กำหนดด้วยความยาว หรือ Blow Count ฯลฯ
20. รายการก่อสร้างมีการทดสอบเสาเข็มหรือไม่
21. เตรียมแบบฟอร์มการจด Blow Count และข้อมูลอื่น น้ำหนักตุ้ม สูตรที่จะใช้คำนวณ

ขณะตอก

1. การชักลาก และการยก
2. ระนาบดิ่ง
3. ตำแหน่งหลังจากปักเสาเข็มแล้ว โดยวัดจากระยะ Offset
4. ลูกตุ้มและเสาเข็มตรงศูนย์หรือไม่
5. ระยะยกลูกตุ้ม
6. การรองหัวเข็ม หมวกครอบ
7. มีการจดรายงานครบหรือไม่
8. Blow Count ผิดปกติหรือไม่
9. วิธีการต่อเสาเข็ม
10. ความปลอดภัยขณะตอก
11. ระดับหัวเสาเข็ม
12. หากเสาเข็มตอกไม่ลง หรือหัก หรือ Blow Count ต่ำผิดปกติ ต้องรีบรายงานวิศวกรผู้รับผิดชอบทันที

หลังตอก

1. หากปักหมุดไว้หลายๆหมุด หมุดที่ปักไว้ล่วงหน้าเสียหายหรือถูกดินดันหรือไม่
2. Tolerance ทั้งตำแหน่งและแนวดิ่ง
3. ตำแหน่งที่ทำได้จริง ทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งเสาเข็มที่ตอกเสร็จแล้วในแต่ละวันลงในแบบเพื่อเป็นหลักฐาน และป้องกันการสับสน
4. ตรวจการเตรียมการกดสอบเสาเข็ม
    - มาตรฐานการออกแบบ
    - เวลาในการทดสอบ
    - วิธีการทดสอบ
    - การเตรียมจดข้อมูล และการทำรายงาน

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างข้อมูลของหน่วยงานที่เก็บข้อมูล

แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart)

วันที่	25 เมษายน 2547		กิจกรรม	ปัจจุบัน	เสนอใหม่	ประหยัด			
เวลา	13.00 - 18.00		○	5			ต้นทุน	แรงงาน 15 คน	
สถานที่	ซ. กันตนา บางใหญ่		⇨	1				เสียมต่อด้าม 15 อัน	
สภาพอากาศ			□	0				ถังน้ำ 15 ใบ	
	เมฆเล็กน้อย แดดอ่อนๆ		⊃	4				ไม้กระดาน 3 แผ่น	
เรื่อง	การตอกเสาเข็มสั้น		▽	0				อุปกรณ์ส่งเข็ม	
กิจกรรมที่ศึกษา	แรงงานคนขย่ม		ระยะทาง	30					
จำนวนตัวอย่าง	73 ต้น		เวลา	6.06					

รายการ	เวลา (นาที)	ระยะ (เมตร)	○	⇨	□	⊃	▽	หมายเหตุ
1. ขุดหลุมดินลึกประมาณ 4 เมตร	2.30		○	○	○	○	○	เฉลี่ย
2. ขนเสาเข็มจากแหล่งกองเก็บ	0.44	30	○	○	○	○	○	
3. วางเสาเข็มลงในหลุมที่เตรียมไว้	0.07		○	○	○	○	○	
4. เตรียมอุปกรณ์เพื่อขึ้นขย่ม	0.05		○	○	○	○	○	
5. ลำเลียงคนขึ้นเพื่อขย่มเข็ม	0.34		○	○	○	○	○	
6. ขย่มเสาเข็มให้ได้ระดับ	1.05		○	○	○	○	○	
7. แรงงานลงจากไม้กระดาน	0.06		○	○	○	○	○	
8. เตรียมอุปกรณ์เพื่อขึ้นขย่ม	0.07		○	○	○	○	○	
9. ลำเลียงคนขึ้นขย่ม	0.11		○	○	○	○	○	
10. ขย่มเสาเข็มให้ได้ระดับ	0.41		○	○	○	○	○	
รวม	6.06	30	5	1	0	4	0	

รูปที่ ข1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานของวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยกำลังคน

วันที่	23 เมษายน 2547		กิจกรรม	ปัจจุบัน	เสนอใหม่	ประหยัด			
เวลา	13.00 - 16.00		○	5			ต้นทุน	เครื่องจักรขุดดิน พร้อมคนขับ	
สถานที่	อ.กระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร		⇨	4				แรงงาน 5 คน	
สภาพอากาศ	ปลอดโปร่ง แดดจัด		□	2				รถบรรทุก (สำหรับเคลื่อนย้าย)	
			D	1				ผู้ควบคุมงาน 1 คน	
เรื่อง	การตอกเสาเข็มสั้น		▽	0					
กิจกรรมที่ศึกษา	เครื่องจักรขุดดิน		ระยะทาง	34					
จำนวนตัวอย่าง	24 ต้น		เวลา	5.57					

รายการ	เวลา (นาที)	ระยะ (เมตร)	○	⇨	□	D	▽	หมายเหตุ
1. เคลื่อนเครื่องจักรเข้าตำแหน่ง	0.12	10	○	○	○	○	○	
2. ชักลากเหล็กนำเข้าตำแหน่ง	0.20	10	○	○	○	○	○	
3. ตรวจสอบระนาบและดิ่ง	0.05		○	○	○	○	○	
4. กดเหล็กนำให้ได้ระดับ	0.56		○	○	○	○	○	
5. ถอนเหล็กนำ	0.18		○	○	○	○	○	
6. กดเหล็กนำซ้ำให้ได้ระดับ	0.13		○	○	○	○	○	
7. ถอนเหล็กนำ	0.23		○	○	○	○	○	
8. นำเหล็กนำไปวาง	0.26	4	○	○	○	○	○	
9. จัดเสาเข็มเพื่อเตรียมชักลาก	1.28		○	○	○	○	○	
9. ชักลากเสาเข็มเข้าตำแหน่ง	0.21	10	○	○	○	○	○	
10. ตรวจสอบระนาบและดิ่ง	0.14		○	○	○	○	○	
11. กดเสาเข็มให้ได้ระดับ	1.01		○	○	○	○	○	
รวม	5.57	34	5	4	2	1	0	

รูปที่ ข2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานของวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น
โดยเครื่องจักรขุดดิน

วันที่	17 ก.ค. - 20 ก.ค. 2547		กิจกรรม	ปัจจุบัน	เสนอใหม่	ประหยัด	**ต้นทุน**	เหมา 8,000 บาท
เวลา	8.00 - 17.00		○	4			ค่าใช้จ่ายต่อวัน	
สถานที่	ถนนเทพารักษ์ กิโลเมตรที่ 12		⇨	3			แรงงาน 4 คน	800 บาท
สภาพอากาศ	ปลอดโปร่ง แดดจัด		□	2			เครื่องจักร (รวมน้ำมัน)	1,600บาท
			D	2			รวม 9,200 บาท ต่อ 4 วัน	
เรื่อง	การตอกเสาเข็มสั้น		▽	0			ค่ารถหกล้อ 2 วัน	3,000บาท
กิจกรรมที่ศึกษา	ปั้นจั่นเล็ก		ระยะทาง	35.00			ค่าประกอบ-ถอด เครื่องจักร	800 บาท
จำนวนตัวอย่าง	80 ต้น		เวลา	19.08				รวม 13,000 บาท

รายการ	เวลา นาที:วินาที	ระยะ (เมตร)	○	⇨	□	D	▽	หมายเหตุ
1. เคลื่อนตัวปั้นจั่นเข้าตำแหน่ง	3:12	5	○	○	○	○	○	
2. ชักลากอุปกรณ์นำเข็มเข้าตำแหน่ง	1:47	10	○	○	○	○	○	
3. ตรวจสอบตำแหน่ง และ ดิ่ง	0:22		○	○	○	○	○	
4. กดอุปกรณ์นำเข็มจนได้ระดับ	0:09		○	○	○	○	○	
5. ถอนอุปกรณ์นำเข็มออกจากหลุม	0:15		○	○	○	○	○	
6. จัดเสาเข็มเพื่อเตรียมชักลาก	3:16		○	○	○	○	○	
7. ชักลากเสาเข็มเข้ารางตะเทียบ	0:57	20	○	○	○	○	○	
8. ตรวจสอบระนาบดิ่ง	0:12		○	○	○	○	○	
9. ตอกเสาเข็มให้ได้ระดับ	3:23		○	○	○	○	○	
10. ยกตุ้มขึ้นเพื่อเตรียมตอกเข็มต้นต่อไป	0:14		○	○	○	○	○	
11. clear พื้นที่เพื่อให้เสาเข็มเดิน	5:21		○	○	○	○	○	
รวม	19:08		4	3	2	2		

รูปที่ ข3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานของวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยปั้นจั่น

ภาคผนวก ค
ประวัติการพัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น

ประวัติการพัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้น

ในส่วนของภาคผนวก ค นี้จะกล่าวถึงตัวอย่างของเครื่องมือที่ทำการพัฒนาแต่ไม่สำเร็จจุดประสงค์เพื่อเป็นตัวอย่างและแสดงถึงปัญหาต่างๆของเครื่องมือที่ทำการพัฒนาขึ้น โดยจะกล่าวถึงขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือนั้นๆ และหลักเกณฑ์ในการพัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นตัวนั้นๆ

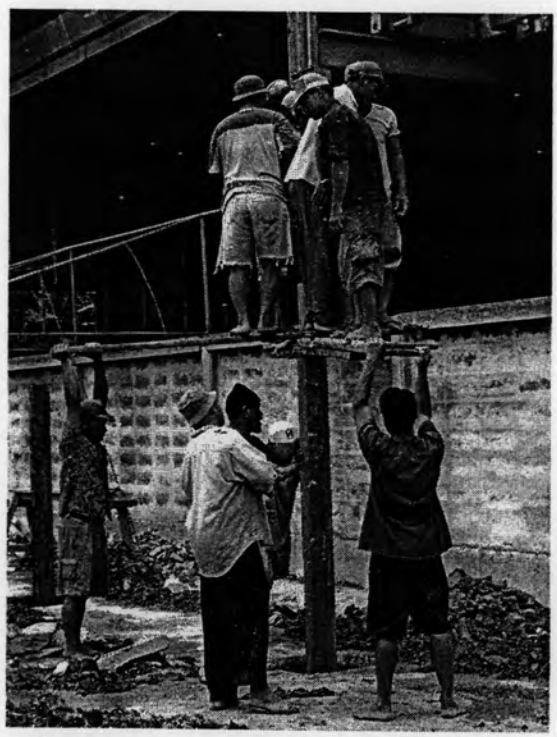
1) เครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบโต๊ะ

เครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบโต๊ะนั้นพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยวิธีใช้กำลังคน โดยที่เครื่องมือชนิดนี้นั้นได้เกิดจากแนวคิดเรื่องของความปลอดภัยในการปฏิบัติงานเป็นสำคัญ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานของวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยใช้กำลังคนจะพบว่าในขณะปฏิบัติงานนั้นผู้ปฏิบัติงานจะต้องใช้กำลังของตนเองขึ้นไปบนไม้กระดานซึ่งพาดอยู่บนหัวของเสาเข็มคอนกรีตสั้น ดังรูปที่ ค1 จากนั้นจะต้องทรงตัวอยู่บนไม่กระดานเพื่อทำการขย่มเสาเข็มลงให้ได้ระดับตามที่วิศวกรออกแบบไว้ ดังรูปที่ ค2

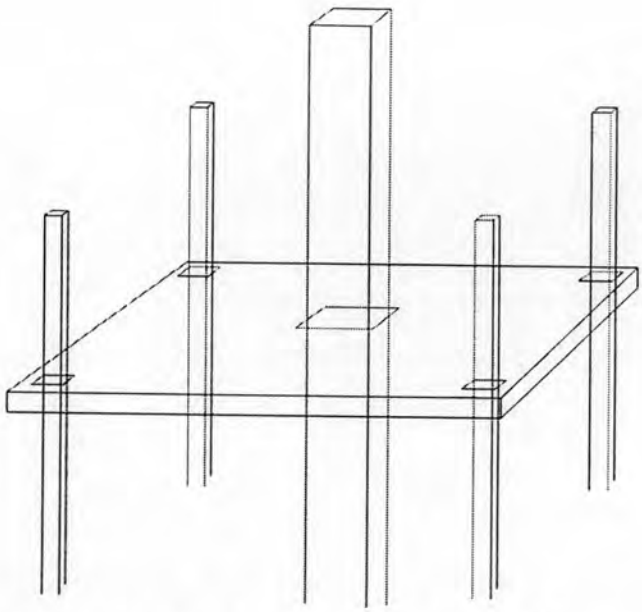
ดังนั้นเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบโต๊ะ ดังรูปที่ ค3 จึงพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานแนวคิดเพื่อความปลอดภัยเป็นหลัก โดยมีหลักการทำงานคล้ายโต๊ะซึ่งมีขาตั้งทั้งหมด 4 ขาและตัวโต๊ะนั้นสามารถรับน้ำหนักแรงงานได้ประมาณ 10 – 15 คน ซึ่งจำนวนแรงงานนี้มาจากขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานในบทที่ 3 โดยที่ตัวพื้นโต๊ะนั้นสามารถเคลื่อนตัวได้เพื่อให้สามารถส่งเสาเข็มคอนกรีตสั้นไปยังระดับที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้างได้

อุปสรรคในการพัฒนาเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นชนิดนี้คือ อัตราในการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นที่น้อยเมื่อเทียบกับวิธีปฏิบัติโดยใช้กำลังคนแบบปกติ (Conventional Method) เพราะวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบโต๊ะนั้นเป็นการเพิ่มขั้นตอนในการทำงาน อีกทั้งตัวเครื่องมือขาดความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน แต่สาเหตุหลักที่งานวิจัยนี้ไม่เลือกใช้เครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นวิธีนี้นั้นเป็นเพราะเครื่องมือชนิดนี้นั้นพัฒนาบนพื้นฐานของวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นโดยใช้กำลังคนซึ่งมีข้อด้อยหลักๆ คือ ไม่สามารถตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นได้ในพื้นที่ที่สภาพดินมีความแข็งมากและยังใช้แรงงานในการปฏิบัติงานที่มาก

รูปที่ ค1 การขึ้นไม้กระดานของแรงงาน



รูปที่ ค2 การทรงตัวของแรงงานขณะอยู่บนไม้กระดาน

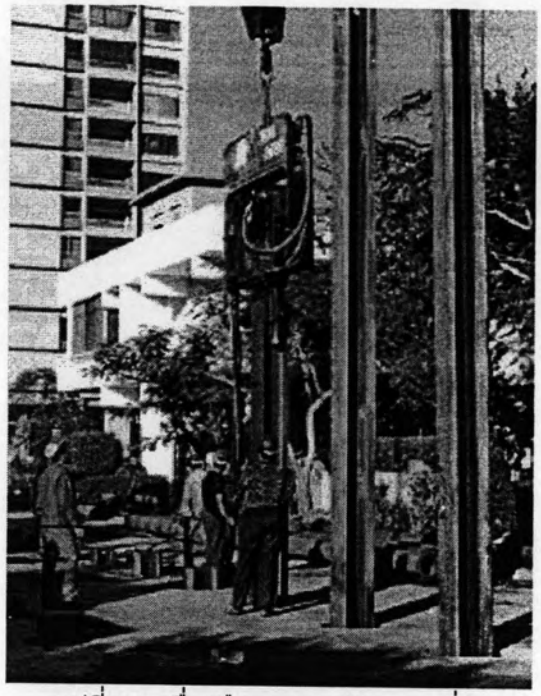


รูปที่ ค3 ภาพร่างเครื่องมือช่วยตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบโต๊ะ

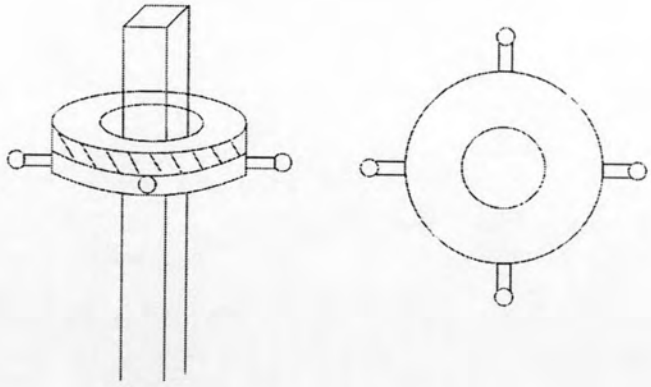
2) เครื่องมือตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบใช้แรงเขย่า

เครื่องมือตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบใช้แรงเขย่า ดังรูปที่ ค5 นี้ได้ประยุกต์ใช้หลักการการขยุ่มของแรงงานคนของวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นด้วยกำลังคน ประกอบกับหลักการแนวคิดของเครื่องกดเสาเข็มระบบสั่น (Vibro Hammer) ดังรูปที่ ค4 แต่ทั้งนี้เครื่องตอกเสาเข็มแบบใช้แรงเขย่านั้นจะใช้แรงงานของคนในการเขย่าน้ำหนักแทนการใช้เครื่องจักร โดยลักษณะของแรงที่กระทำต่อเสาเข็มจะเป็นลักษณะขึ้นลงตามแนวแกนโดยที่พลังงานที่ใช้ในการตอกนั้นสามารถคำนวณได้จากการเปลี่ยนแปลงของพลังงานสถิตย์ (เมื่อน้ำหนักเขย่าอยู่ที่จุดยอด) ไปเป็นพลังงานจลน์ (ขณะน้ำหนักเขย่าเคลื่อนที่) จากนั้นจึงถ่ายทอดพลังงานเข้าสู่เสาเข็มเป็นพลังงานกล

แต่เนื่องจากวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นด้วยวิธีนี้นั้นมีข้อบกพร่องหลายประการจึงไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ยกตัวอย่างเช่น อัตราการตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นน้อยเพราะขาดความสะดวกคล่องตัวในการปฏิบัติงาน เครื่องมือพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของแรงงานมนุษย์ ซึ่งทำให้ขณะทำงานอาจเกิดความล้าได้ น้ำหนักที่ใช้เขย่าอาจมีน้ำหนักมากจนไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยแรงคน



รูปที่ ค4 เครื่องมือตอกเสาเข็มระบบสั่น



รูปที่ ค5 ภาพร่างเครื่องมือตอกเสาเข็มคอนกรีตสั้นแบบใช้แรงเขย่า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายศิวะพล กอวัฒนะ เกิดเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ.2524 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2546 ปัจจุบันทำงานตำแหน่งวิศวกรโยธาที่บริษัท ซันไชน์ ดีเวลอปเมนต์ จำกัด