

บทที่ 4

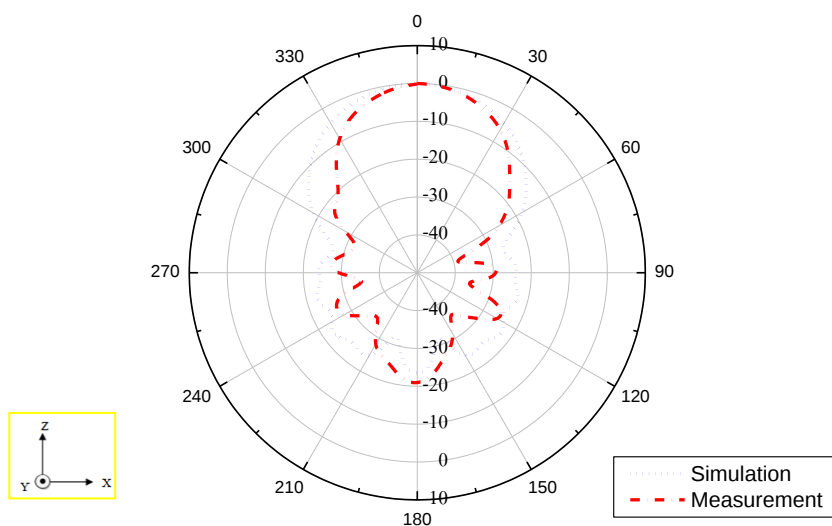
ผลการทดลอง

จากบทที่ 3 ได้กล่าวถึงการออกแบบระบบตรวจสอบหาตำแหน่งโลหะในคอนกรีต ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบคือ ส่วนวงจรกำเนิดสัญญาณ ส่วนสายอากาศ และส่วนการวิเคราะห์และประเมินผลของระบบ แล้วนั้น ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ประเมินผลของระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตรวมไปถึงผลการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตที่ระยะต่างๆ การแสดงผลและประมวลผลในโปรแกรม MATLAB

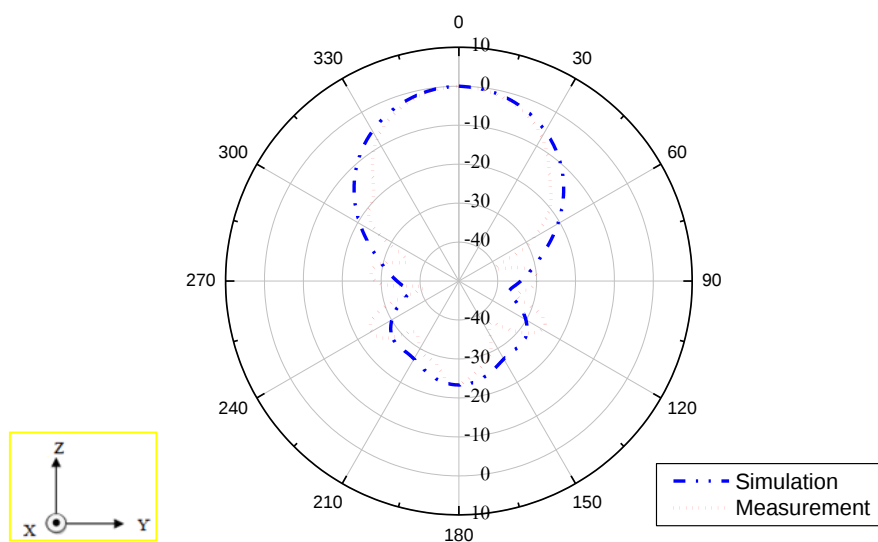
4.1 ผลการดำเนินงาน

4.1.1 การวัดและทดสอบสายอากาศ

จากการออกแบบสายอากาศรูปปากแตรในบทที่ 3 ซึ่งได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ จากนั้นทำการสร้างสายอากาศจริงขึ้นมาเพื่อวัดและทดสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ว่ามีคุณสมบัติตรงตามที่ออกแบบหรือไม่ผลการวัดและทดสอบได้ออกมาดังต่อไปนี้

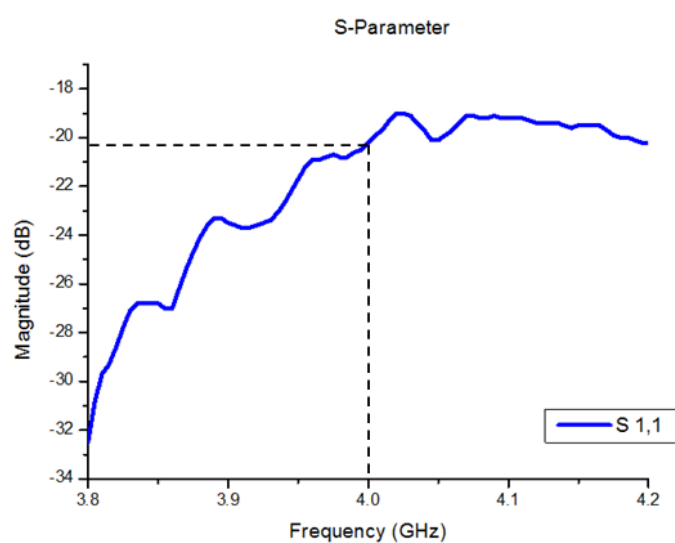


รูปที่ 4.1 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศในระนาบ XZ

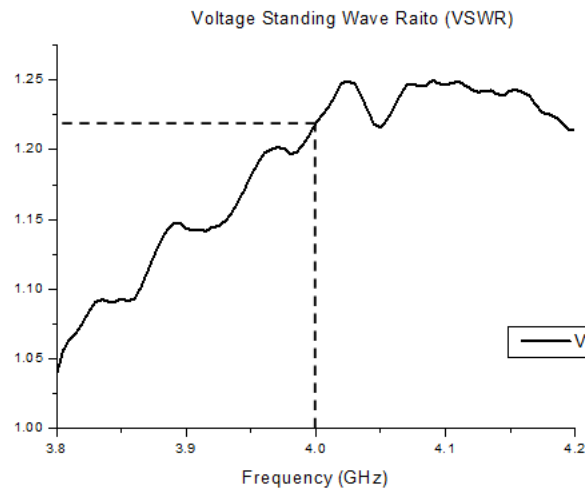


รูปที่ 4.2 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศในระนาบ YZ

จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 เป็นการเปรียบเทียบผลของแบบรูปการแผ่พลังงานที่ได้จากการจำลองแบบและวัดจริงของสายอากาศปากแตร โดยมีความถี่ใช้งานที่ 4 กิกะเฮิรตซ์และมีอัตราขยายประมาณ 12 dBi ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบด้วยการวัดจริงนั้นออกมามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการจำลองแบบ



รูปที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับจากการวัดของสายอากาศ



รูปที่ 4.4 ค่า VSWR จากการวัดของสายอากาศรูปปากแตร

รูปที่ 4.3 เป็นกราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับจากการวัดจริงของสายอากาศปากแตรที่สร้างขึ้นโดยรองรับการใช้งานที่ความถี่ 4 กิกะเฮิรตซ์ มีค่า S_{11} เท่ากับ -21 dB และจากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงค่า VSWR ที่วัดจริงของสายอากาศรูปปากแตรที่ความถี่ 4 กิกะเฮิรตซ์ โดยมีค่า VSWR เท่ากับ 1.2 ค่าที่ได้จากการวัดมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ทำการจำลองแบบการทำงานของสายอากาศ

4.1.2 การทดสอบอัตราขยายของสายอากาศ

การทดสอบอัตราขยายของสายอากาศปากแตรสำหรับระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตมีอัตราขยายไม่ต่ำกว่า 10 dBi ทำหน้าที่เป็นสายอากาศส่งเพื่อวัดค่าอัตราการขยายโดยจะวัดระดับของกำลังงานด้านรับที่ปรับระนาบรับคลื่นครั้งละ 5 องศาเพื่อดูความแตกต่างอัตราการขยายสายอากาศที่สามารถรับได้องศาต่างๆ กันและการหาอัตราการขยายที่สามารถหาได้จากสมการที่ (4.1)

$$G_t + G = P_r + P_t + L_f + L_{loss} \quad (4.1)$$

หรือ

$$G = P_r + P_t + L_f + L_{loss} - G_t \quad (4.2)$$

G_t คือ อัตราขยายของสายอากาศส่ง (dB)

G คือ อัตราขยายของสายอากาศที่สร้าง

P_r คือ กำลังที่รับได้

P_t คือ กำลังที่ส่งออก

L_f คือ การสูญเสียในสายอากาศ มีค่าเท่ากับ $20 \log \frac{4\pi D}{\lambda}$; $D = 2$ เมตร

L_{loss} คือ กำลังที่สูญเสียในสายนำสัญญาณทั้งด้านส่งและด้านรับ

D คือ ระยะห่างระหว่างสายอากาศส่งและรับ (2 เมตร)

การคำนวณหาอัตราการขยายของสายอากาศที่ความถี่ 4 GHz ได้จากสมการที่ (4.1) โดยที่การทดสอบจะใช้สายอากาศที่มีอัตราการขยาย 0 dB ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง

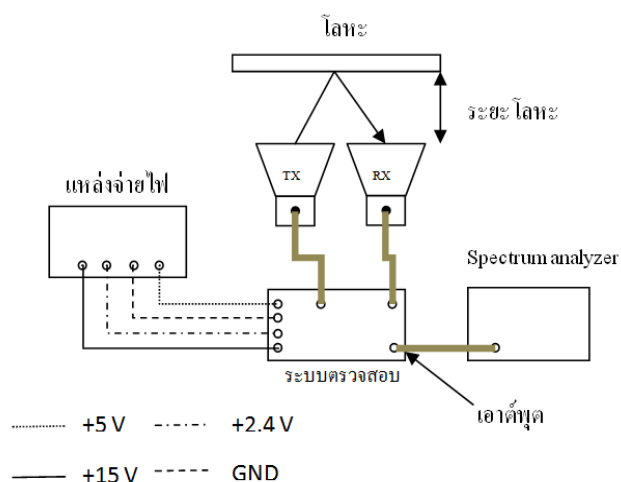
อัตราขยายของสายอากาศส่ง (G_t)	=	8	dB
กำลังที่ส่งออก (P_t)	=	0	dBm
การสูญเสียในสายอากาศ (L_f) = $20 \log \frac{4\pi D}{\lambda}$	=	50.503	dB
สูญเสียในสายนำสัญญาณทั้งด้านส่งและด้านรับ (L_{line})	=	5	dB
ที่ระนาบ XZ มุม 0 จะมีกำลังงานที่ได้รับสูงสุด (P_r)	=	-35.812	dBm
อัตราขยายของสายอากาศที่สร้าง (G)	=	11.691	dB

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองแบบและผลการวัดสายคุณสมบัติของอากาศรูปปากแตรที่ความถี่ 4 GHz

พารามิเตอร์	การจำลอง	การวัดทดสอบ
ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (dB)	-19	-21
อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง	1.26	1.2
อัตราการขยาย (dBi)	12	11.691

4.1.3 การวัดและทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีต

จากการทดสอบในบทที่ 3 มีการทดสอบวัดในกรณีวางโลหะในอากาศและกรณีนำโลหะฝังในเนื้อคอนกรีต แล้วทำการปรับเปลี่ยนระยะโลหะพบว่ารูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการทดสอบมีความแตกต่างกันในส่วนขนาดของแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไป จากระยะทำการวัดต่างกัน



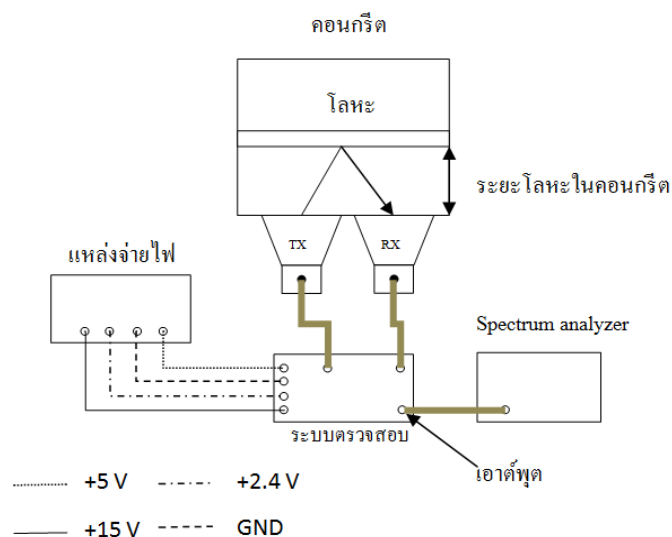
รูปที่ 4.5 การตรวจหาโลหะในอากาศ

4.1.3.1 การตรวจหาโลหะในอากาศ เป็นการทดสอบตรวจหาโลหะโดยนำโลหะที่ต้องการทดสอบด้วยระบบไปวางตามระยะต่างๆ หน้าสายอากาศโดยที่โลหะไม่มีคอนกรีตขวางกั้นอยู่ รูปการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.2 การตรวจหาโลหะในอากาศที่ระยะต่างๆ

ระยะโลหะ จำนวนครั้ง	5 ซม. แรงดันเอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดันเอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดันเอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต(mV)
1	4.781	28.771	39.02	39.154
2	9.526	19.834	40.086	42.043
3	11.55	31.239	42.045	43.051
4	5.501	34.469	43.513	41.062
5	6.364	36.112	43.020	41.711
6	7.421	19.144	39.181	40.98
7	6.010	26.262	38.061	40.737
8	9.509	22.360	40.105	39.694
9	8.413	22.601	40.337	39.62
10	13.145	20.695	39.514	39.756
11	7.825	25.581	40.273	39.852
12	8.391	25.892	40.952	39.765
13	7.501	27.563	41.021	40.895
14	6.342	28.364	40.614	41.021
15	6.915	24.986	39.832	40.928
16	7.581	25.771	39.793	40.626
17	7.114	26.284	38.995	40.358
18	7.652	26.341	38.823	40.268
19	8.016	27.028	40.286	40.787
20	7.925	27.217	40.144	40.892
ค่าเฉลี่ย	7.874	26.325	40.280	40.660

4.1.3.2 การตรวจหาโลหะที่ฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีต โดยมีการทดสอบทำการปรับเปลี่ยนขนาดของโลหะที่ฝังในเนื้อคอนกรีต ระบบการวัดแสดงได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การตรวจหาโลหะที่ฝังในคอนกรีตที่ระยะความลึกต่างๆ

การทดสอบตรวจหาโลหะได้มีการเปลี่ยนขนาดของโลหะที่ฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีตโดยมีการทดสอบให้มีขนาดของโลหะที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนตำแหน่งของโลหะในเนื้อคอนกรีต ดังแสดงตามตาราง

ตารางที่ 4.3 การตรวจหาโลหะในเนื้อคอนกรีตที่ระยะการฝังโลหะที่ความลึกต่างๆ ในเนื้อคอนกรีต โดยขนาดโลหะที่ฝังมีขนาด 21x24 ซม.

ระยะโลหะ จำนวนครั้ง	5 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	ไม่มีโลหะ แรงดัน เอาต์พุต (mV)
1	2.34	10.64	19.22	17.28	0.12
2	2.36	10.52	19.82	17.56	1.04
3	2.33	10.98	19.29	17.89	0.46
4	2.65	11.01	19.46	16.25	0.83
5	2.82	11.12	19.59	16.55	1.25

ตารางที่ 4.3 การตรวจหาโลหะในเนื้อคอนกรีตที่ระยะการฝังโลหะที่ความลึกต่างๆ ในเนื้อคอนกรีต
โดยขนาดโลหะที่ฝังมีขนาด 21x24 ซม. (ต่อ)

ระยะโลหะ จำนวนครั้ง	5 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	ไม่มีโลหะ แรงดัน เอาต์พุต (mV)
6	2.59	10.98	18.86	16.87	1.52
7	2.75	10.83	18.74	17.69	1.78
8	2.89	9.89	18.28	17.92	1.64
9	2.64	9.72	18.65	17.46	1.34
10	2.34	9.92	18.92	17.28	1.29
11	2.65	10.37	19.04	17.82	1.42
12	2.77	10.63	19.37	17.54	1.83
13	2.38	10.85	19.92	17.38	1.22
14	2.59	10.94	19.35	16.59	0.98
15	2.43	10.77	19.88	16.23	1.05
16	2.62	10.79	19.23	15.38	1.16
17	2.84	10.86	18.89	15.89	1.33
18	2.55	11.04	18.94	15.62	1.64
19	2.63	11.08	19.06	16.14	1.36
20	2.84	10.98	18.93	16.98	1.52
ค่าเฉลี่ย	2.600	10.696	19.172	16.916	1.239

ตารางที่ 4.4 การตรวจหาโลหะในเนื้อคอนกรีตที่ระยะการฝังโลหะที่ความลึกต่างๆ ในเนื้อคอนกรีต โดยขนาดโลหะที่ฝังมีขนาด 20x20 ซม.

ระยะโลหะ จำนวนครั้ง	5 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	ไม่มีโลหะ แรงดัน เอาต์พุต (mV)
1	3.39	10.29	20.29	18.32	0.78
2	3.62	10.65	20.98	17.98	1.26
3	3.45	10.89	21.91	18.02	1.25
4	3.19	11.04	21.28	15.68	1.28
5	2.87	11.38	20.5	15.92	1.39
6	2.64	11.68	19.65	13.75	1.42
7	2.59	11.88	19.23	12.76	1.95
8	2.36	11.32	19.93	12.83	1.83
9	2.47	10.28	18.65	13.78	1.28
10	2.86	10.02	19.02	14.98	1.37
11	3.34	9.81	19.53	16.83	1.83
12	2.47	9.52	20.33	16.74	1.48
13	2.84	9.83	21.84	16.82	1.27
14	2.92	10.73	20.56	17.39	1.84
15	3.02	10.62	20.75	17.83	1.94
16	3.33	11.27	21.85	17.93	1.38
17	3.47	11.53	20.43	18.32	1.03
18	3.56	11.29	20.84	17.95	1.58
19	3.47	10.18	19.43	17.25	1.38
20	3.62	10.83	19.67	16.93	1.82
ค่าเฉลี่ย	3.074	10.752	20.335	16.400	1.468

ตารางที่ 4.5 การตรวจหาโลหะในเนื้อคอนกรีตที่ระยะการฝังโลหะที่ความลึกต่างๆ ในเนื้อคอนกรีต โดยขนาดโลหะที่ฝังมีขนาด 15x15 ซม.

ระยะโลหะ จำนวนครั้ง	5 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	ไม่มีโลหะ แรงดัน เอาต์พุต (mV)
1	3.67	9.24	19.63	17.52	0.23
2	3.28	8.72	19.89	17.67	0.52
3	2.98	8.93	19.98	17.42	0.92
4	2.67	9.37	19.52	17.57	0.32
5	2.89	10.24	18.84	17.82	0.53
6	3.25	10.53	18.42	17.73	0.52
7	3.98	10.89	18.53	17.62	0.57
8	3.52	11.15	18.63	17.46	0.63
9	2.85	11.19	18.72	17.52	0.78
10	2.63	10.94	18.93	17.44	0.83
11	2.68	10.83	19.26	17.51	0.42
12	3.52	10.65	19.38	17.63	0.53
13	3.41	10.28	19.78	17.73	0.67
14	1.14	10.57	18.93	17.63	0.58
15	2.43	9.42	19.58	17.50	0.41
16	1.98	9.64	19.62	17.38	0.42
17	2.38	9.27	19.98	17.32	0.47
18	3.72	8.68	19.63	17.49	0.58
19	3.71	8.73	19.73	17.53	0.62
20	3.23	8.95	19.38	17.73	0.53
ค่าเฉลี่ย	2.996	9.911	19.318	17.561	0.554

ตารางที่ 4.6 การตรวจหาโลหะในเนื้อคอนกรีตที่ระยะการฝังโลหะที่ความลึกต่างๆ ในเนื้อคอนกรีต โดยขนาดโลหะที่ฝังมีขนาด 10x10 ซม.

ระยะโลหะ จำนวนครั้ง	5 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	ไม่มีโลหะ แรงดัน เอาต์พุต (mV)
1	6.38	10.45	16.96	17.46	0.82
2	6.78	10.67	16.35	17.57	1.25
3	5.68	13.93	15.24	17.56	1.35
4	5.98	13.53	15.73	17.52	1.52
5	5.73	13.85	17.24	17.73	1.58
6	6.01	12.65	17.31	17.84	1.52
7	6.83	13.26	16.32	17.75	1.63
8	6.73	13.63	16.97	17.56	1.83
9	7.42	12.01	16.23	17.58	1.57
10	7.32	12.54	16.34	17.64	1.24
11	7.15	12.84	16.04	17.68	1.25
12	6.89	9.83	16.23	17.62	1.53
13	6.53	10.16	16.35	17.75	1.73
14	6.98	10.89	16.83	17.67	1.26
15	5.87	11.35	16.35	17.72	1.53
16	6.38	13.56	16.93	17.74	1.67
17	6.95	13.78	16.23	17.52	1.52
18	7.25	13.47	16.84	17.63	1.63
19	6.98	13.07	16.73	17.68	1.42
20	6.58	13.57	16.23	17.79	1.59
เฉลี่ย	6.621	12.452	16.4725	17.6505	1.472

ตารางที่ 4.7 การตรวจหาโลหะในเนื้อคอนกรีตที่ระยะการฝังโลหะที่ความลึกต่างๆ ในเนื้อคอนกรีต โดยขนาดโลหะที่ฝังมีขนาด 5x5 ซม.

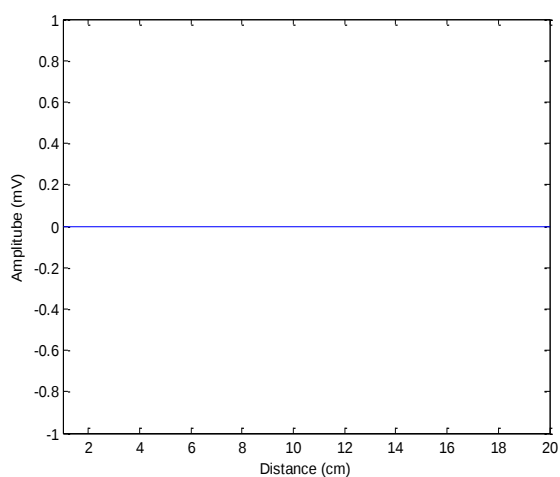
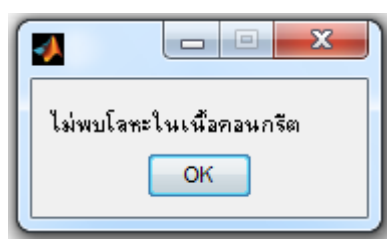
ระยะ โลหะ จำนวนครั้ง	5 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	25 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	ไม่มีโลหะ แรงดัน เอาต์พุต (mV)
1	7.03	7.82	8.12	7.28	5.68	1.23
2	7.18	7.93	8.39	7.48	4.82	1.52
3	7.02	7.88	8.93	7.83	4.73	1.52
4	6.93	7.93	8.65	7.93	4.72	1.59
5	6.58	7.93	8.53	7.39	4.56	1.36
6	6.84	7.92	8.59	7.28	5.18	1.37
7	6.89	7.04	8.65	7.58	5.22	1.73
8	6.63	7.06	8.93	7.91	5.43	1.32
9	6.68	7.83	8.59	7.38	5.28	1.38
10	6.87	7.94	8.67	7.48	5.25	1.36
11	6.94	7.93	8.32	7.59	5.18	1.57
12	6.83	7.82	8.16	7.73	5.16	1.39
13	6.82	7.84	8.35	7.82	5.29	1.49
14	7.16	7.94	8.93	7.26	5.73	1.46
15	7.03	7.91	8.64	7.84	5.23	1.43
16	7.14	7.96	8.52	7.63	5.17	1.68
17	7.11	7.82	8.94	7.94	4.96	1.63
18	6.94	7.94	8.96	7.61	4.73	1.73
19	6.97	7.92	8.45	7.11	4.64	1.63
20	6.95	7.94	8.75	7.38	4.95	1.62
เฉลี่ย	6.927	7.815	8.6035	7.5725	5.0955	1.5005

ตารางที่ 4.8 สรุปค่าที่ได้จากการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตที่แผ่นโลหะขนาด
ต่างๆ และความหนาของแผ่นคอนกรีตที่ต่างกัน

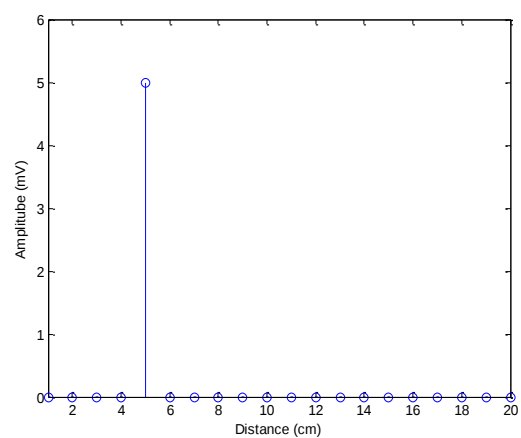
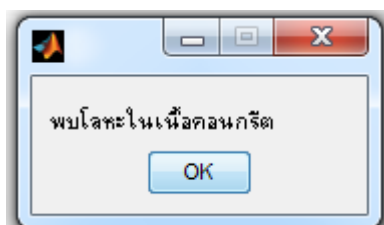
ระยะโลหะ ขนาดแผ่นเหล็ก	5 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	10 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	15 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)	20 ซม. แรงดัน เอาต์พุต (mV)
21x24 ซม.	2.600	10.696	19.172	16.916
20x20 ซม.	3.074	10.752	20.335	16.400
15x15 ซม.	2.996	9.911	19.318	17.561
10x10 ซม.	6.621	12.452	16.472	17.650
5x5 ซม.	6.927	7.815	8.603	7.572

4.1.4 MATLAB

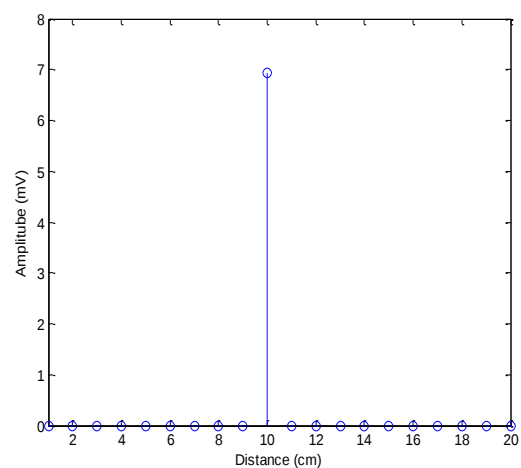
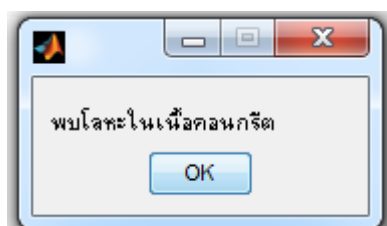
ในส่วนของโปรแกรม MATLAB นั้นจะเป็นส่วนของการแสดงผลจะแสดงผลในลักษณะ
ของกล่องข้อความแจ้งผลการตรวจหาโลหะว่าพบโลหะในเนื้อคอนกรีตหรือไม่ และในส่วนที่สองจะมี
การแสดงผลเป็นกราฟ 2 มิติเพื่อบอกตำแหน่งที่อยู่ของโลหะในเนื้อคอนกรีต



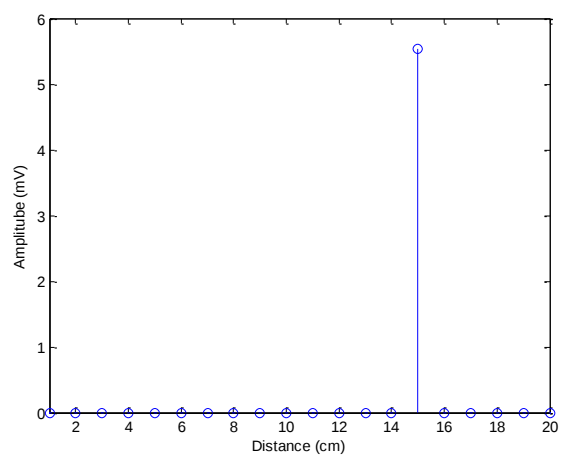
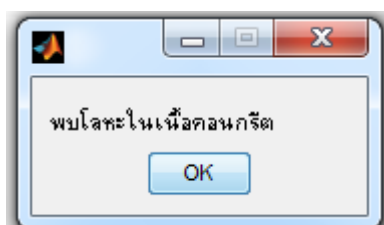
รูปที่ 4.7 ผลการตรวจหาโลหะกรณีไม่เจอโลหะในคอนกรีต



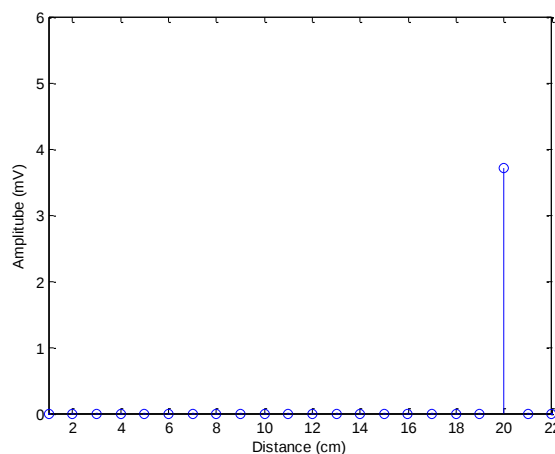
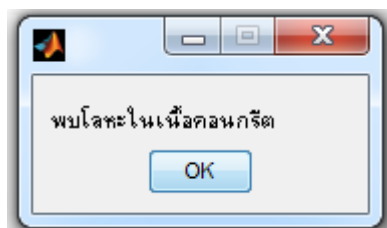
รูปที่ 4.8 ผลการตรวจหาโลหะในกรณีพบโลหะในคอนกรีตที่ความลึกระยะ 5 ซม.



รูปที่ 4.9 ผลการตรวจหาโลหะในกรณีพบโลหะในคอนกรีตที่ความลึกระยะ 10 ซม.



รูปที่ 4.10 ผลการตรวจหาโลหะในกรณีพบโลหะในคอนกรีตที่ลึกระยะ 15 ซม.



รูปที่ 4.11 ผลการตรวจหาโลหะในกรณีพบโลหะในคอนกรีตที่ตำแหน่งความลึกระยะ 20 ซม.

4.2 การวิเคราะห์

จากหัวข้อที่ 4.1.1 แสดงผลการวัดทดสอบสายอากาศรูปปากแตรที่ความถี่ใช้งาน 4.2 GHz ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้มาจากการวัดทดสอบจริงนั้นนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ทำการจำลองแบบในตารางที่ 4.1 ผลที่ได้คือค่าที่ได้จากการวัดทดสอบจริงและค่าที่ได้จากการจำลองแบบมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้ทำการออกแบบไว้

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าที่ได้จากการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตโดยวัดค่าการสะท้อนของคลื่นกับแผ่นโลหะที่ไม่ได้ฝังอยู่ในแผ่นคอนกรีตหรือวางอยู่ในอากาศนั่นเอง ได้ทำการวัดการสะท้อนของคลื่นที่ระยะของแผ่นโลหะในระยะห่างที่ต่างกันตั้งแต่ 5 - 20 ซม. ซึ่งผลที่ได้คือความแรงของสัญญาณที่ตรวจรับได้ที่สะท้อนมายังสายอากาศตัวรับได้ดีที่สุดคือความลึกระยะ 20 ซม.

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าที่ได้จากการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตโดยวัดการสะท้อนของคลื่นโดยมีแผ่นโลหะขนาด 21x24 ซม. ฝังในคอนกรีตที่มีความหนาต่างๆ ค่าแรงดันที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดได้จากกรณีวัดแผ่นโลหะที่วางอยู่ในอากาศดังแสดงได้ในตารางที่ 4.2 เนื่องจากเกิดการลดทอนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแผ่นคอนกรีต โดยผลจากการทดสอบพบว่าความแรงของสัญญาณที่ตรวจรับได้ที่สะท้อนมายังสายอากาศตัวรับได้ดีที่สุดคือความลึกระยะ 15 ซม.

จากตารางที่ 4.4 ทำการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตโดยที่เปลี่ยนขนาดของแผ่นโลหะจาก 21x24 ซม. เป็น 20x20 ซม. วัดและทดสอบการสะท้อนของคลื่นที่ความลึกที่ทำการฝังแผ่นโลหะในคอนกรีตที่มีความหนาต่างๆ กัน ผลการวัดพบว่าความแรงของสัญญาณที่ตรวจรับได้ที่สะท้อนมายังสายอากาศตัวรับได้ดีที่สุดคือความลึกระยะ 15 ซม.

จากตารางที่ 4.5 ทำการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตโดยที่เปลี่ยนขนาดของแผ่นโลหะจาก 20x20 ซม. เป็น 15x15 ซม. วัดและทดสอบการสะท้อนของคลื่นที่คอนกรีตความหนาต่างๆ ผลพบว่าความแรงของสัญญาณที่ตรวจรับได้ที่สะท้อนมายังสายอากาศตัวรับได้ดีที่สุดคือความลึกระยะ 15 ซม.

จากตารางที่ 4.6 ทำการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตโดยที่เปลี่ยนขนาดของแผ่นโลหะจาก 15x15 ซม. เป็น 10x10 ซม. วัดและทดสอบการสะท้อนของคลื่นที่คอนกรีตความหนาต่างๆ ผลพบว่าความแรงของสัญญาณที่ตรวจรับได้ที่สะท้อนมายังสายอากาศตัวรับได้ดีที่สุดคือความลึกระยะ 15 ซม.

จากตารางที่ 4.7 ทำการวัดทดสอบระบบตรวจหาโลหะในคอนกรีตโดยที่เปลี่ยนขนาดของแผ่นโลหะจาก 10x10 ซม. เป็น 5x5 ซม. วัดและทดสอบการสะท้อนของคลื่นที่คอนกรีตความหนาต่างๆ ผลออกมาว่าความแรงของสัญญาณที่ตรวจรับได้ที่สะท้อนมายังสายอากาศตัวรับได้ดีที่สุดคือความลึกระยะ 15 ซม. แต่ที่ความลึกการฝังโลหะในคอนกรีตลึก 20 ซม. ไม่มีคลื่นสะท้อนกลับมายังสายอากาศตัวรับเนื่องจากระยะความลึกที่ฝังโลหะในคอนกรีตทำให้เกิดการดูดกลืนคลื่นที่สะท้อนกลับออกมาจึงมีน้อยมากหรือไม่มีเลย

จากตารางที่ 4.8 แสดงค่าแรงดันที่วัดทดสอบของระบบตรวจหาตำแหน่งโลหะในคอนกรีตที่ขนาดของแผ่นโลหะและความหนาของแผ่นคอนกรีตต่างๆ ทำการวัดและหาค่าเฉลี่ยออกมาเพื่อนำมาวิเคราะห์และแสดงผลผ่านโปรแกรม MATLAB

จากรูปที่ 4.7 เป็นผลการตรวจหาโลหะโดยระบบตรวจหาตำแหน่งโลหะในคอนกรีตสำหรับกรณีผลการตรวจหาไม่พบโลหะในคอนกรีต ทำการฝังโลหะในเนื้อคอนกรีตลึกลงไป 5 เซนติเมตรผลการตรวจวัดแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 แสดงผลว่าพบโลหะในคอนกรีตในระยะ 5 ซม. และได้ค่าแรงดันของสัญญาณประมาณ 5 มิลลิโวลต์ สำหรับในกรณีรูปที่ 4.9 เป็นผลการตรวจวัดโดยการใช้ระบบตรวจหาตำแหน่งโลหะในคอนกรีตพบว่าโลหะฝังลงในคอนกรีตมีระยะ 10 ซม. ค่าแรงดันของสัญญาณมีค่าประมาณ 7 มิลลิโวลต์ จากรูปที่ 4.10 เป็นผลการวัดค่าโดยการใช้ระบบตรวจหาตำแหน่งโลหะในคอนกรีต ผลการตรวจหาพบโลหะในคอนกรีตในระยะ 15 ซม. ได้ค่าแรงดันของสัญญาณประมาณ 5.5 มิลลิโวลต์ สุดท้ายจากรูปที่ 4.11 เป็นผลจากการตรวจหาโลหะโดยการใช้ระบบตรวจหาตำแหน่งโลหะในคอนกรีต ผลการตรวจหาพบโลหะในคอนกรีตในระยะ 20 ซม. ได้ค่าแรงดันของสัญญาณประมาณ 4 มิลลิโวลต์