ภาคผนวก ก
ข้อมูลผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ ก1 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1501

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	12	12	12	9	1	5	0.130	9	33	0.21
4.50	34	34	34	42	40	41	0.533	65	96	0.805
7.08	69	69	69	75	62	68.5	0.972	100	145	1.225
9.66	85	85	85	97	80	88.5	1.227	161	212	1.865
12.24	98	98	98	108	93	100.5	1.404	238	288	2.63
14.82	106	106	106	109	94	101.5	1.468	294	342	3.18
17.40	106	106	106	110	96	103	1.478	355	401	3.78
19.98	106	106	106	110	97	103.5	1.481	415	460	4.375
22.56	106	106	106	125	100	112.5	1.546	471	515	4.93
25.14	115	115	115	117	111	114	1.619	511	554	5.325
27.72	129	129	129	125	124	124.5	1.793	540	585	5.625
30.30	182	182	182	125	131	128	2.225	661	646	6.535
32.88	248	248	248	130	129	129.5	2.798	729	779	7.54
35.46	300	300	300	128	130	129	3.266	809	814	8.115
38.04	1372	1372	1372	46	25	35.5	13.725	967	1030	9.985

หมายเหตุ :

$$\text{LATERAL . DEFLECTION} = \sqrt{(Gx)^2 + (Gy)^2}\ \text{mm}$$

ตารางที่ ก2 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1502

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	28	23	25.5	0	0	0	0.255	44	38	0.41
4.50	39	34	36.5	0	0	0	0.365	89	74	0.815
7.08	63	69	66	5	6	5.5	0.662	110	113	1.115
9.66	63	69	66	8	6	7	0.664	180	190	1.85
12.24	65	74	69.5	8	6	7	0.699	250	264	2.57
14.82	66	74	70	8	6	7	0.703	320	330	3.25
17.40	66	74	70	11	10	10.5	0.708	395	387	3.91
19.98	66	74	70	11	14	12.5	0.711	460	456	4.58
22.56	74	76	75	11	14	12.5	0.760	530	554	5.42
25.14	84	79	81.5	11	14	12.5	0.825	584	589	5.865
27.72	95	90	92.5	11	14	12.5	0.933	684	665	6.745
30.30	114	105	109.5	11	14	12.5	1.102	750	784	7.67
32.88	143	135	139	16	14	15	1.398	785	795	7.9
34.17	280	220	250	16	14	15	2.504	830	880	8.55
35.46	1005	1150	1077.5	16	15	15.5	10.776	854	910	8.82

ตารางที่ ก3 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1503

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	21	0	10.5	6	8	7	0.126	56	61	0.585
4.50	42	29	35.5	7	0	3.5	0.357	81	86	0.835
7.08	57	42	49.5	25	20	22.5	0.544	125	128	1.265
9.66	57	42	49.5	39	33	36	0.612	199	199	1.99
12.24	57	44	50.5	42	40	41	0.650	276	276	2.76
14.82	57	44	50.5	42	41	41.5	0.654	341	341	3.41
17.40	57	42	49.5	40	39	39.5	0.633	405	398	4.015
19.98	57	43	50	36	35	35.5	0.613	460	462	4.61
22.56	60	54	57	27	28	27.5	0.633	532	535	5.335
25.14	72	62	67	17	16	16.5	0.690	600	610	6.05
27.72	86	76	81	17	18	17.5	0.829	661	678	6.695
30.30	105	94	99.5	22	20	21	1.017	730	746	7.38
32.88	130	120	125	30	30	30	1.285	802	818	8.1
35.46	300	215	257.5	160	190	175	3.113	869	892	8.805
36.75	1000	950	975	160	190	175	9.906	869	1140	10.045

ตารางที่ ก4 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1501

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	0	0	0	0	0	0.000	14	24	0.19
4.50	20	16	18	5	8	6.5	0.191	38	52	0.45
7.08	52	44	48	5	8	6.5	0.484	77	93	0.85
9.66	76	81	78.5	5	9	7	0.788	133	162	1.475
12.24	90	107	98.5	5	9	7	0.987	200	229	2.145
14.82	111	115	113	11	10	10.5	1.135	253	282	2.675
17.40	123	136	129.5	11	10	10.5	1.299	339	361	3.5
19.98	130	144	137	11	10	10.5	1.374	437	458	4.475
22.56	155	159	157	11	10	10.5	1.574	515	540	5.275
25.14	159	174	166.5	11	10	10.5	1.668	581	595	5.88
27.72	161	188	174.5	11	10	10.5	1.748	640	686	6.63
29.01	161	188	174.5	11	10	10.5	1.748	704	722	7.13
30.30	994	1055	1024.5	11	10	10.5	10.246	757	768	7.625

ตารางที่ ก5 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1502

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DIS (mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	0	0	0	0	0	0.000	17	34	0.255
4.50	0	13	6.5	14	14	14	0.154	59	85	0.72
7.08	5	13	9	47	38	42.5	0.434	107	140	1.235
9.66	5	13	9	73	62	67.5	0.681	160	200	1.8
12.24	5	13	9	95	69	82	0.825	215	261	2.38
14.82	21	35	28	106	109	107.5	1.111	284	323	3.035
17.40	21	36	28.5	119	109	114	1.175	339	382	3.605
19.98	21	36	28.5	134	129	131.5	1.346	410	452	4.31
22.56	21	36	28.5	147	150	148.5	1.512	472	513	4.925
25.14	21	36	28.5	156	162	159	1.615	551	598	5.745
27.72	21	36	28.5	156	169	162.5	1.650	652	700	6.76
30.30	22	36	29	156	185	170.5	1.729	743	800	7.715
31.59	26	40	33	950	950	950	9.506	826	885	8.555

ตารางที่ ก6 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1503

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	15	7.5	0	0	0	0.075	42	39	0.405
4.50	8	44	26	2	16	9	0.275	87	73	0.8
7.08	44	76	60	20	0	10	0.608	142	118	1.3
9.66	50	76	63	42	21	31.5	0.704	217	184	2.005
12.24	51	76	63.5	51	42	46.5	0.787	282	246	2.64
14.82	51	71	61	66	44	55	0.821	358	320	3.39
17.40	58	91	74.5	68	51	59.5	0.953	444	408	4.26
19.98	66	105	85.5	68	52	60	1.045	533	498	5.155
22.56	79	105	92	68	53	60.5	1.101	605	573	5.89
25.14	80	108	94	66	53	59.5	1.112	671	644	6.575
27.72	91	138	114.5	71	40	55.5	1.272	748	731	7.395
29.01	1090	1020	1055	80	40	60	10.567	847	860	8.535

ตารางที่ ก7 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1501

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	5	5	5	0	0	0	0.050	0	0	0
4.50	0	0	0	0	0	7.5	0.075	5	7	0.06
7.08	14	14	14	15	10	16	0.213	30	56	0.43
9.66	40	40	40	22	14	14.5	0.425	84	122	1.03
12.24	52	52	52	15	14	14.5	0.540	135	180	1.575
14.82	65.5	65.5	65.5	15	14	30	0.720	197	248	2.225
17.40	76	76	76	46	30	49	0.904	251	312	2.815
19.98	100	100	100	68	50	71.5	1.229	309	373	3.41
22.56	143	143	143	93	74	94	1.711	360	425	3.925
25.14	195	195	195	114	87	117	2.274	409	475	4.42
27.72	300	300	300	147	110	128.5	3.264	481	548	5.145
30.30	403	403	403	180	154	167	4.362	549	626	5.875
32.88	675	675	675	210	197	203.5	7.050	645	722	6.835
35.46	882	882	882	250	240	245	9.154	645	722	6.835

ตารางที่ ก8 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1502

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	0	0	6	10	8	0.080	30	68	0.49
4.50	12	35	23.5	13	15	14	0.274	69	75	0.72
7.08	37	44	40.5	15	15	15	0.432	83	101	0.92
9.66	54	44	49	16	15	15.5	0.514	118	118	1.18
12.24	65	55	60	18	15	16.5	0.622	155	153	1.54
14.82	70	65	67.5	29	23	26	0.723	246	299	2.725
17.40	81	75	78	47	55	51	0.932	299	388	3.435
19.98	96	89	92.5	167	120	143.5	1.707	388	434	4.11
22.56	126	131	128.5	185	150	167.5	2.111	434	487	4.605
25.14	187	178	182.5	199	125	162	2.440	487	533	5.1
27.72	220	221	220.5	118	150	134	2.580	533	576	5.545
30.30	258	261	259.5	137	140	138.5	2.941	576	615	5.955
32.88	305	298	301.5	153	154	153.5	3.383	600	658	6.29
35.46	552	541	546.5	167	170	168.5	5.719	658	841.5	7.4975
38.04	775	784	779.5	201	190	195.5	8.036	801	915.5	8.5825

ตารางที่ ก9 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1503

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	0	0	0	0	0	0.000	16	16	0.16
4.50	18	20	19	24	20	22	0.291	67	49	0.58
7.08	41	41	41	30	30	30	0.508	121	98	1.095
9.66	65	58	61.5	44	55	49.5	0.789	196	164	1.8
12.24	77	70	73.5	68	33	50.5	0.892	259	225	2.42
14.82	94	88	91	93	61	77	1.192	328	289	3.085
17.40	110	105	107.5	120	87	103.5	1.492	400	356	3.78
19.98	138	138	138	154	120	137	1.945	469	418	4.435
22.56	170	183	176.5	174	142	158	2.369	524	466	4.95
25.14	204	213	208.5	202	166	184	2.781	577	519	5.48
27.72	271	285	278	234	181	207.5	3.469	641	653	6.47
30.30	336	350	343	310	261	285.5	4.463	697	653	6.75
32.88	405	425	415	397	353	375	5.593	746	712	7.29
34.17	540	560	550	525	483	504	7.460	786	771	7.785
35.46	750	810	780	580	520	550	9.544	828	831	8.295

ตารางที่ ก.10 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1871

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	8	4	0	10	5	0.06	72	89	0.805
4.50	9	36	22.5	2	12	7	0.24	117	140	1.285
7.08	35	65	50	2	10	6	0.50	167	183	1.75
9.66	71	86	78.5	10	22	16	0.80	224	242	2.33
12.24	93	105	99	32	47	39.5	1.07	300	314	3.07
14.82	123	133	128	62	75	68.5	1.45	374	387	3.805
17.40	134	149	141.5	95	107	101	1.74	451	454	4.525
19.98	155	161	158	125	134	129.5	2.04	525	521	5.23
22.56	172	172	172	187	189	188	2.55	591	612	6.015
23.85	175	177	176	198	189	193.5	2.62	620	616	6.18
25.14	188	182	185	250	245	247.5	3.09	659	630	6.445
26.43	219	210	214.5	335	332	333.5	3.97	699	667	6.83
27.72	263	250	256.5	450	440	445	5.14	749	702	7.255
30.30	308	300	304	570	570	570	6.46	792	747	7.695
32.88	390	405	397.5	780	710	745	8.44	860	795	8.275
34.17	550	560	555	885	950	917.5	10.72	995	946	9.705
35.46	632	669	650.5	1423	1431	1427	15.68	1059	1005	10.32

ตารางที่ ก.11 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1872

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	11	12	11.5	0	0	0	0.12	55	72	0.635
4.50	53	68	60.5	6	9	7.5	0.61	100	128	1.14
7.08	102	114	108	19	20	19.5	1.10	145	174	1.595
9.66	143	142	142.5	19	21	20	1.44	215	241	2.28
12.24	169	167	168	18	12	15	1.69	292	314	3.03
14.82	193	185	189	14	15	14.5	1.90	355	370	3.625
17.40	224	217	220.5	15	15	15	2.21	435	444	4.395
19.98	262	250	256	16	20	18	2.57	518	518	5.18
22.56	308	290	299	25	33	29	3.00	590	582	5.86
23.85	340	325	332.5	34	40	37	3.35	635	622	6.285
25.14	370	350	360	43	48	45.5	3.63	676	658	6.67
26.43	408	386	397	57	60	58.5	4.01	722	700	7.11
27.72	453	426	439.5	76	80	78	4.46	774	745	7.595
29.01	501	471	486	93	95	94	4.95	819	788	8.035
30.30	551	518	534.5	112	115	113.5	5.46	870	831	8.505
31.59	612	575	593.5	139	135	137	6.09	922	882	9.02
32.88	698	651	674.5	168	160	164	6.94	980	935	9.575
34.17	812	740	776	227	200	213.5	8.05	1042	890	9.66
35.46	1430	1394	1412	525	520	522.5	15.06	1048	1062	10.55

ตารางที่ ก.12 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A1873

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	7	20	13.5	4	10	7	0.15	47	50	0.485
4.50	45	61	53	7	5	6	0.53	96	105	1.005
7.08	81	96	88.5	7	7	7	0.89	140	157	1.485
9.66	96	111	103.5	8	10	9	1.04	200	221	2.105
12.24	106	128	117	2	0	1	1.17	277	291	2.84
14.82	116	148	132	1	2	1.5	1.32	339	354	3.465
17.40	132	153	142.5	1	0	0.5	1.43	391	400	3.955
19.98	140	168	154	1	0	0.5	1.54	459	473	4.66
22.56	168	186	177	1	0	0.5	1.77	535	548	5.415
23.85	176	200	188	1	4	2.5	1.88	570	582	5.76
25.14	186	211	198.5	0	6	3	1.99	606	618	6.12
26.43	188	220	204	2	9	5.5	2.04	643	654	6.485
27.72	210	235	222.5	5	11	8	2.23	682	690	6.86
29.01	235	245	240	7	15	11	2.40	722	729	7.255
30.30	251	258	254.5	13	25	19	2.55	759	766	7.625
31.59	271	278	274.5	23	35	29	2.76	800	805	8.025
32.88	304	300	302	40	50	45	3.05	851	856	8.535
34.17	335	335	335	54	70	62	3.41	891	896	8.935
35.46	471	475	473	104	120	112	4.86	958	962	9.6
36.75	1300	1430	1365	220	130	175	13.76	1024	1115	10.695

ตารางที่ ก.13 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1871

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.92	0	5	2.5	0	12	6	0.07	88	90	0.89
4.50	15	8	11.5	18	42	30	0.32	145	152	1.485
7.08	15	9	12	35	69	52	0.53	200	200	2
9.66	2	10	6	69	109	89	0.89	265	280	2.725
12.24	4	8	6	99	132	115.5	1.16	334	342	3.38
14.82	8	9	8.5	121	157	139	1.39	411	400	4.055
17.40	7	10	8.5	148	186	167	1.67	486	470	4.78
19.98	5	14	9.5	219	260	239.5	2.40	575	543	5.59
22.56	50	38	44	315	362	338.5	3.41	665	620	6.425
23.85	88	83	85.5	388	435	411.5	4.20	720	664	6.92
25.14	137	139	138	470	525	497.5	5.16	786	700	7.43
26.43	215	260	237.5	630	675	652.5	6.94	848	745	7.965
27.72	1100	636	868	1450	1510	1480	17.16	1000	750	8.75

ตารางที่ ก.14 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1872

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.92	45	50	47.5	10	0	5	0.48	108	125	1.165
4.50	93	115	104	40	24	32	1.09	158	176	1.67
7.08	140	154	147	80	59	69.5	1.63	230	245	2.375
9.66	170	181	175.5	98	80	89	1.97	298	306	3.02
12.24	210	222	216	106	87	96.5	2.37	378	381	3.795
14.82	260	265	262.5	106	85	95.5	2.79	440	437	4.385
17.40	335	335	335	106	77	91.5	3.47	508	505	5.065
19.98	770	760	765	168	140	154	7.80	670	655	6.625
22.56	960	832	896	210	186	198	9.18	773	759	7.66
23.85	1220	1150	1185	248	210	229	12.07	833	879	8.56

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ ก.15 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B1873

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.92	0	0	0	0	0	0	0.00	44	60	0.52
4.50	30	44	37	38	37	37.5	0.53	101	119	1.1
7.08	45	50	47.5	48	50	49	0.68	127	154	1.405
9.66	85	76	80.5	64	70	67	1.05	177	203	1.9
12.24	95	96	95.5	71	72	71.5	1.19	219	253	2.36
14.82	125	122	123.5	68	72	70	1.42	288	324	3.06
17.40	134	140	137	71	69	70	1.54	345	387	3.66
19.98	160	166	163	71	64	67.5	1.76	415	465	4.4
21.27	280	295	287.5	71	54	62.5	2.94	485	542	5.135
22.56	450	447	448.5	71	40	55.5	4.52	617	676	6.465
23.85	585	586	585.5	0	17	8.5	5.86	681	735	7.08
25.14	1100	1020	1060	0	30	15	10.60	735	798	7.665
26.43	1700	1688	1694	0	35	17.5	16.94	735	798	7.665

ตารางที่ ก.16 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1871

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	3	2	2.5	4	0	2	0.03	55	60	0.575
4.50	25	20	22.5	35	28	31.5	0.39	100	117	1.085
7.08	60	58	59	35	53	44	0.74	148	158	1.53
9.66	82	80	81	35	55	45	0.93	200	221	2.105
12.24	93	86	89.5	35	55	45	1.00	259	270	2.645
14.82	108	96	102	35	58	46.5	1.12	306	319	3.125
17.40	119	108	113.5	35	55	45	1.22	357	368	3.625
19.98	140	122	131	35	48	41.5	1.37	412	424	4.18
22.56	184	155	169.5	35	35	35	1.73	463	469	4.66
23.85	212	180	196	60	30	45	2.01	491	498	4.945
25.14	297	248	272.5	67	0	33.5	2.75	521	528	5.245
26.43	347	300	323.5	70	10	40	3.26	550	554	5.52
27.72	407	365	386	122	25	73.5	3.93	590	586	5.88
29.01	548	415	481.5	138	45	91.5	4.90	616	614	6.15
30.30	631	465	548	164	45	104.5	5.58	650	645	6.475
31.59	630	550	590	193	70	131.5	6.04	688	681	6.845
32.88	930	700	815	238	100	169	8.32	727	723	7.25
34.17	1550	1500	1525	250	100	175	15.35	806	787	7.965

ตารางที่ ก.17ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1872

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	0	0	51	40	45.5	0.46	91	113	1.02
4.50	11	5	8	100	95	97.5	0.98	148	181	1.645
7.08	52	30	41	145	140	142.5	1.48	195	240	2.175
9.66	74	39	56.5	165	160	162.5	1.72	247	294	2.705
12.24	86	46	66	183	175	179	1.91	310	365	3.375
14.82	95	60	77.5	196	190	193	2.08	355	412	3.835
17.40	112	71	91.5	208	200	204	2.24	410	473	4.415
19.98	146	95	120.5	237	230	233.5	2.63	479	545	5.12
22.56	175	130	152.5	258	260	259	3.01	529	601	5.65
23.85	197	150	173.5	270	274	272	3.23	557	628	5.925
25.14	225	175	200	290	295	292.5	3.54	594	669	6.315
26.43	248	200	224	311	312	311.5	3.84	622	699	6.605
27.72	282	220	251	341	345	343	4.25	658	740	6.99
29.01	313	244	278.5	375	365	370	4.63	684	769	7.265
30.30	358	300	329	414	410	412	5.27	714	804	7.59
31.59	450	380	415	498	495	496.5	6.47	750	848	7.99
32.88	605	500	552.5	640	600	620	8.30	789	895	8.42
34.17	1100	1000	1050	1155	1204	1179.5	15.79	789	895	8.42

ตารางที่ ก.18 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C1873

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	7	3.5	0	0.5	0.25	0.04	44	38	0.41
4.50	0	5	2.5	9	24.5	16.75	0.17	89	74	0.815
7.08	0	1.5	0.75	69	66	67.5	0.68	110	113	1.115
9.66	0	1.5	0.75	85	91	88	0.88	180	190	1.85
12.24	0	5	2.5	108	107	107.5	1.08	250	264	2.57
14.82	0	8	4	130	122	126	1.26	320	330	3.25
17.40	9	15	12	143	133	138	1.39	395	387	3.91
19.98	41	86	63.5	159	149	154	1.67	460	456	4.58
22.56	95	140	117.5	193	170	181.5	2.16	530	554	5.42
23.85	94	140	117	222	197	209.5	2.40	584	589	5.865
25.14	132	175	153.5	259	232	245.5	2.90	684	665	6.745
26.43	188	200	194	289	239	264	3.28	750	784	7.67
27.72	260	340	300	325	305	315	4.35	785	795	7.9
29.01	505	407	456	372	341	356.5	5.79	830	880	8.55
30.30	358	300	329	460	440	450	5.57	854	910	8.82
31.59	360	350	355	550	568	559	6.62	854	910	8.82
32.88	366	375	370.5	965	994	979.5	10.47	854	910	8.82
34.17	384	395	389.5	1448	1484	1466	15.17	854	910	8.82

ตารางที่ ก.19 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A2251

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
1.92	0	4	2	1	12	6.5	0.07	35	30	0.33
4.50	0	10	5	17	29	23	0.24	79	68	0.74
7.08	13	18	15.5	36	40	38	0.41	132	122	1.27
9.66	19	26	22.5	48	47	47.5	0.53	188	177	1.83
12.24	23	26	24.5	55	60	57.5	0.63	263	249	2.56
14.82	24	28	26	66	72	69	0.74	335	320	3.28
17.40	26	32	29	77	81	79	0.84	408	403	4.06
19.98	34	43	38.5	85	87	86	0.94	485	473	4.79
22.56	49	55	52	100	100	100	1.13	562	548	5.55
23.85	58	64	61	109	107	108	1.24	609	595	6.02
25.14	70	78	74	120	115	117.5	1.39	652	640	6.46
26.43	83	87	85	128	126	127	1.53	706	691	6.99
27.72	94	97	95.5	144	137	140.5	1.70	757	743	7.50
29.01	110	114	112	165	153	159	1.94	817	801	8.09
30.30	133	140	136.5	200	176	188	2.32	878	856	8.67
31.59	165	300	232.5	303	230	266.5	3.54	937	912	9.25
32.88	300	430	365	730	650	690	7.81	1010	976	9.93

ตารางที่ ก.20 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A2252

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
1.92	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
4.50	7	6	6.5	4	2	3	0.07	5	7	0.06
7.08	14	17	15.5	5	6	5.5	0.16	30	56	0.43
9.66	40	42	41	5	11	8	0.42	84	122	1.03
12.24	52	56	54	13	11	12	0.55	135	180	1.58
14.82	65.5	66	65.75	17	14	15.5	0.68	197	248	2.23
17.40	76	72	74	20	16	18	0.76	251	312	2.82
19.98	100	112	106	21	16	18.5	1.08	309	373	3.41
22.56	143	137	140	20	18	19	1.41	360	425	3.93
25.14	195	188	191.5	22	18	20	1.93	409	475	4.42
27.72	300	308	304	26	22	24	3.05	481	548	5.15
30.30	403	420	411.5	26	22	24	4.12	549	626	5.88
32.88	675	687	681	26	22	24	6.81	645	722	6.84

ตารางที่ ก.21 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา A2253

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
1.92	0	15	7.5	0	4	2	0.08	35	37	0.36
4.50	27	40	33.5	6	12	9	0.35	83	93	0.88
7.08	52	67	59.5	13	31	22	0.63	127	143	1.35
9.66	85	91	88	16	41	28.5	0.93	184	203	1.94
12.24	110	120	115	49	63	56	1.28	254	277	2.66
14.82	120	139	129.5	75	90	82.5	1.54	311	333	3.22
17.40	130	158	144	105	119	112	1.82	372	391	3.82
19.98	145	186	165.5	154	146	150	2.23	436	457	4.47
22.56	210	206	208	173	188	180.5	2.75	497	513	5.05
23.85	210	222	216	198	200	199	2.94	533	550	5.42
25.14	215	238	226.5	211	225	218	3.14	571	584	5.78
26.43	242	265	253.5	259	251	255	3.60	600	617	6.09
27.72	254	284	269	272	271	271.5	3.82	640	652	6.46
29.01	320	310	315	300	312	306	4.39	676	685	6.81
30.30	340	352	346	341	348	344.5	4.88	715	720	7.18
31.59	430	439	434.5	418	442	430	6.11	755	762	7.59
32.88	640	645	642.5	560	640	600	8.79	798	796	7.97

ตารางที่ ก.22 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสาB2251

LOAD (TON)	G1	G3	(G1+G3)/2	G2	G4	(G2+G4)/2	LATERAL (mm)	G5	G6	AXIAL DIS (mm)
	0.01 X mm							0.01 X		
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
1.92	2	10	6	0	15	7.5	0.10	67	68	0.68
4.50	20	21	20.5	0	28	14	0.25	118	116	1.17
7.08	25	31	28	3	35	19	0.34	205	199	2.02
9.66	45	54	49.5	5	30	17.5	0.53	495	486	4.91
12.24	82	94	88	5	17	11	0.89	738	723	7.31
14.82	155	163	159	6	90	48	1.66	917	895	9.06
17.40	210	213	211.5	22	135	78.5	2.26	1035	1005	10.20
19.98	285	286	285.5	115	235	175	3.35	1154	1118	11.36
22.56	378	378	378	220	370	295	4.79	1300	1255	12.78
23.85	440	455	447.5	315	560	437.5	6.26	1389	1334	13.62
25.14	580	580	580	490	570	530	7.86	1451	1387	14.19
26.43	1305	1288	1296.5	600	596	598	14.28	1787	1755	17.71

ตารางที่ ก.23 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B2252

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0.00	0	0	0	0	1	0.5	0.01	0	0	0.00
1.92	0	0	0	44	37	40.5	0.41	50	58	0.54
4.50	3	0	1.5	130	114	122	1.22	120	142	1.31
7.08	21	12	16.5	195	186	190.5	1.91	190	220	2.05
9.66	40	30	35	318	307	312.5	3.14	277	321	2.99
12.24	70	50	60	436	455	445.5	4.50	354	412	3.83
14.82	105	80	92.5	570	565	567.5	5.75	440	510	4.75
17.40	155	128	141.5	780	760	770	7.83	551	645	5.98
19.98	210	190	200	903	810	856.5	8.80	639	748	6.94
22.56	276	260	268	1055	780	917.5	9.56	728	848	7.88
23.85	335	350	342.5	1200	1175	1187.5	12.36	800	930	8.65
25.14	440	450	445	1700	1500	1600	16.61	887	1033	9.60

ตารางที่ ก.24 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา B2253

LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0.00	0	0	0	0	1	0.5	0.01	0	0	0.00
1.92	0	0	0	56	47	51.5	0.52	63	73	0.68
4.50	0	0	0	80	78	79	0.79	150	178	1.64
7.08	21	28	24.5	121	100	110.5	1.13	238	275	2.56
9.66	32	30	31	130	135	132.5	1.36	346	401	3.74
12.24	55	50	52.5	150	154	152	1.61	443	515	4.79
14.82	86	80	83	220	234	227	2.42	550	638	5.94
17.40	114	128	121	245	257	251	2.79	689	806	7.48
19.98	178	166	172	334	362	348	3.88	799	935	8.67
22.56	193	221	207	399	397	398	4.49	910	1060	9.85
23.85	305	322	313.5	450	466	458	5.55	1000	1163	10.81
25.14	436	441	438.5	877	904	890.5	9.93	1109	1291	12.00
26.43	193	221	207	1456	1478	1467	14.82	1563	1508	15.36

ตารางที่ ก.25 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C2251

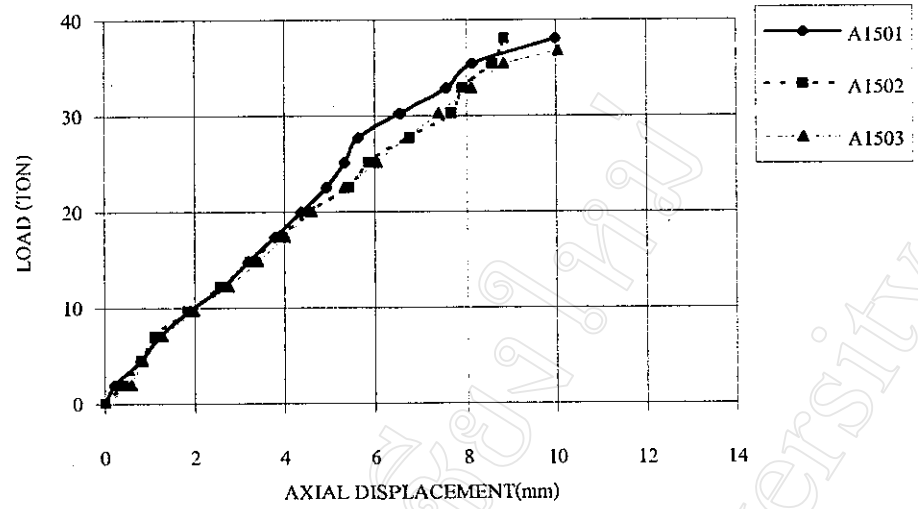
LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
0.00	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
1.92	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
4.50	5	9	6.875	8	10	9	0.11	5	7	0.06
7.08	16	14	14.75	12	10	11	0.18	30	56	0.43
9.66	80	78	79	15	13	14	0.80	84	122	1.03
12.24	154	152	153	26	22	24	1.55	135	180	1.58
14.82	185	196	190.5	30	31	30.5	1.93	197	248	2.23
17.40	225	236	230.5	33	36	34.5	2.33	251	312	2.82
19.98	350	368	359	33	44	38.5	3.61	309	373	3.41
22.56	440	437	438.5	55	47	51	4.41	360	425	3.93
23.85	587	604	595.5	57	65	61	5.99	409	475	4.42
25.14	758	789	773.5	78	68	73	7.77	481	548	5.15
26.43	850	887	868.5	83	98	90.5	8.73	549	626	5.88
27.72	1400	1465	1432.5	112	136	124	14.38	645	722	6.84

ตารางที่ ก.26 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C2252

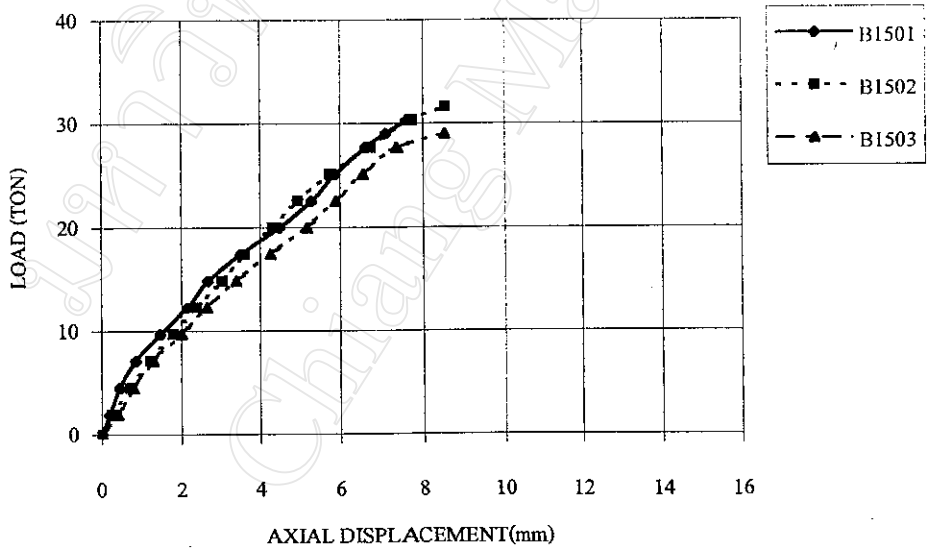
LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	0	0	10	16	13	0.13	27	18	0.23
4.50	8	10	9	36	53	44.5	0.45	75	53	0.64
7.08	10	14	12	74	87	80.5	0.81	124	97	1.11
9.66	20	21	20.5	110	128	119	1.21	177	144	1.61
12.24	35	33	34	152	147	149.5	1.53	236	200	2.18
14.82	57	56	56.5	202	212	207	2.15	301	255	2.78
17.40	80	84	82	270	270	270	2.82	360	309	3.35
19.98	115	121	118	370	355	362.5	3.81	420	361	3.91
22.56	173	176	174.5	535	490	512.5	5.41	483	404	4.44
23.85	225	225	225	710	650	680	7.16	541	440	4.91
25.14	265	264	264.5	880	800	840	8.81	578	462	5.20
26.43	360	320	340	1124	1104	1114	11.65	660	470	5.65
27.72	585	675	630	1370	1340	1355	14.94	860	470	6.65

ตารางที่ ก.27 ข้อมูลค่าแรงและระยะการเคลื่อนที่จากการทดลองของเสา C2253

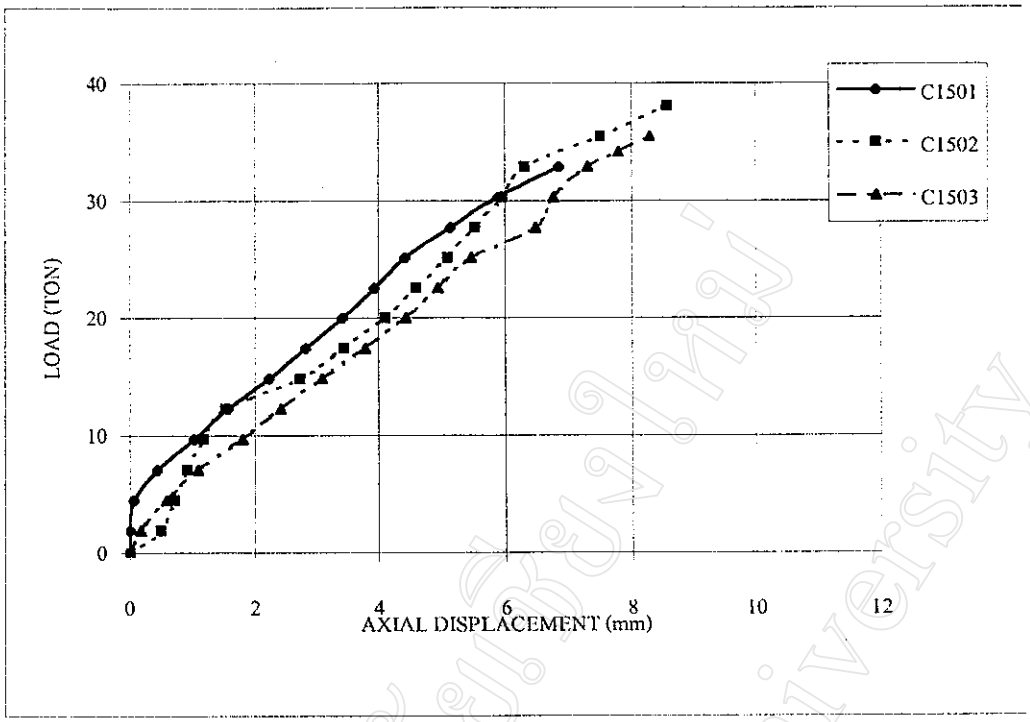
LOAD (TON)	G1	G3	Gx=(G1+G3)/2	G2	G4	Gy=(G2+G4)/2	LATERAL DEFLECTION(mm)	G5	G6	AXIAL DISPLACEMENT(mm)
	0.01 X mm							0.01 X mm		
1.92	0	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0.00
4.50	1	8	4.5	2	20	11	0.12	54	58	0.56
7.08	17	29	23	15	27	21	0.31	104	113	1.09
9.66	47	55	51	15	26	20.5	0.55	155	167	1.61
12.24	75	82	78.5	15	32	23.5	0.82	221	239	2.30
14.82	101	108	104.5	15	49	32	1.09	281	298	2.90
17.40	145	165	155	59	86	72.5	1.71	342	356	3.49
19.98	215	255	235	150	160	155	2.82	411	415	4.13
22.56	330	370	350	255	285	270	4.42	470	459	4.65
23.85	430	460	445	390	400	395	5.95	514	491	5.03
25.14	535	575	555	565	540	552.5	7.83	559	527	5.43
26.43	635	685	660	750	685	717.5	9.75	595	551	5.73
27.72	790	882	836	1070	935	1002.5	13.05	650	581	6.16



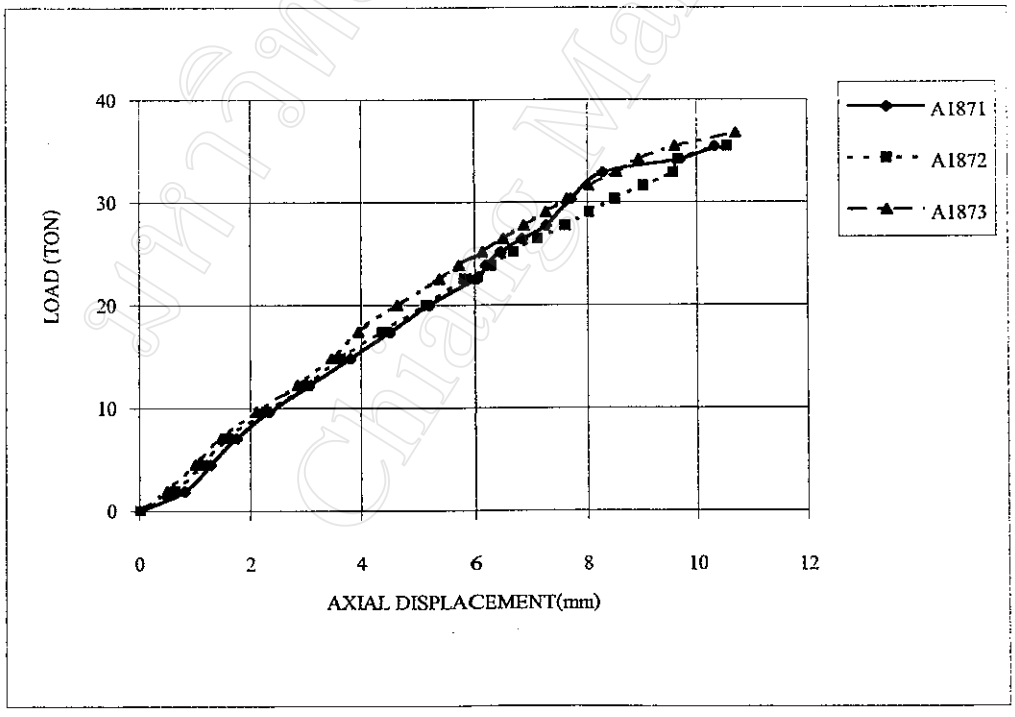
รูปที่ ก1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่รองรับเสาA150



รูปที่ ก2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการคลื่อนที่ของที่รองรับเสาB150

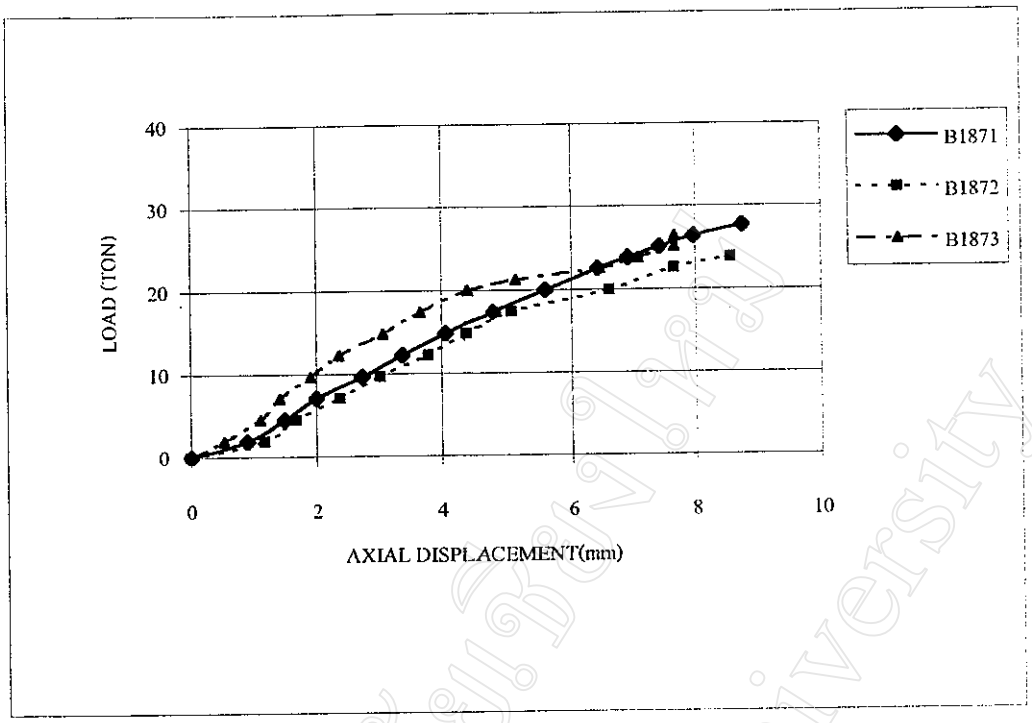


รูปที่ ก3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการคลื่อนที่ของที่รองรับเสาC150

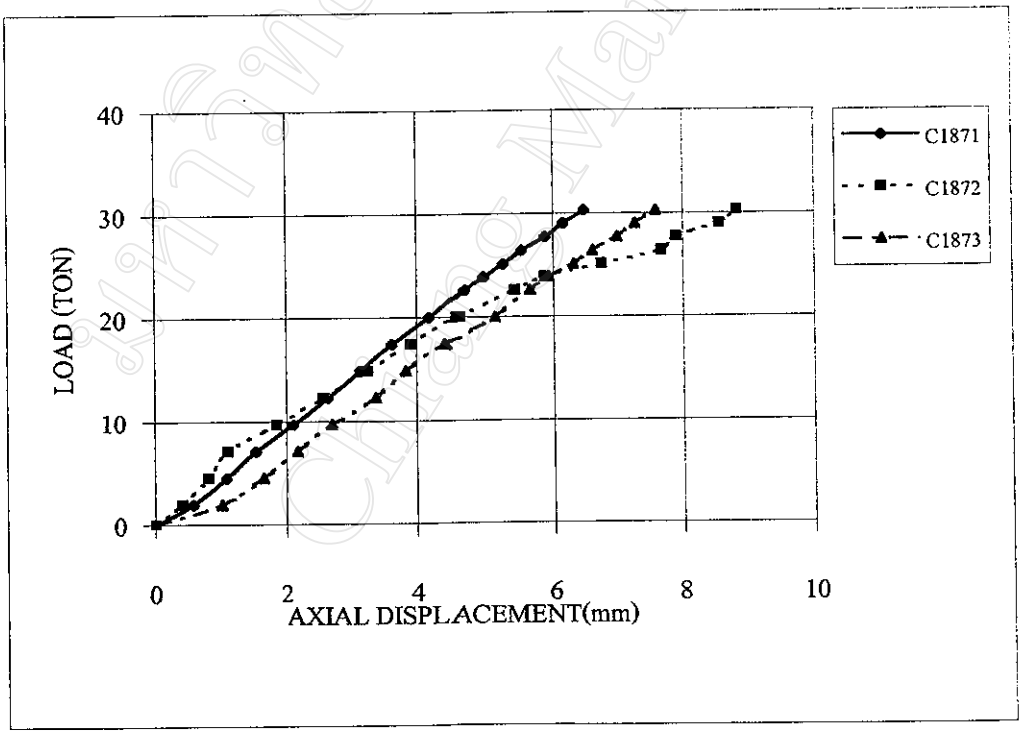


รูปที่ ก4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่นที่ของที่รองรับเสา A187

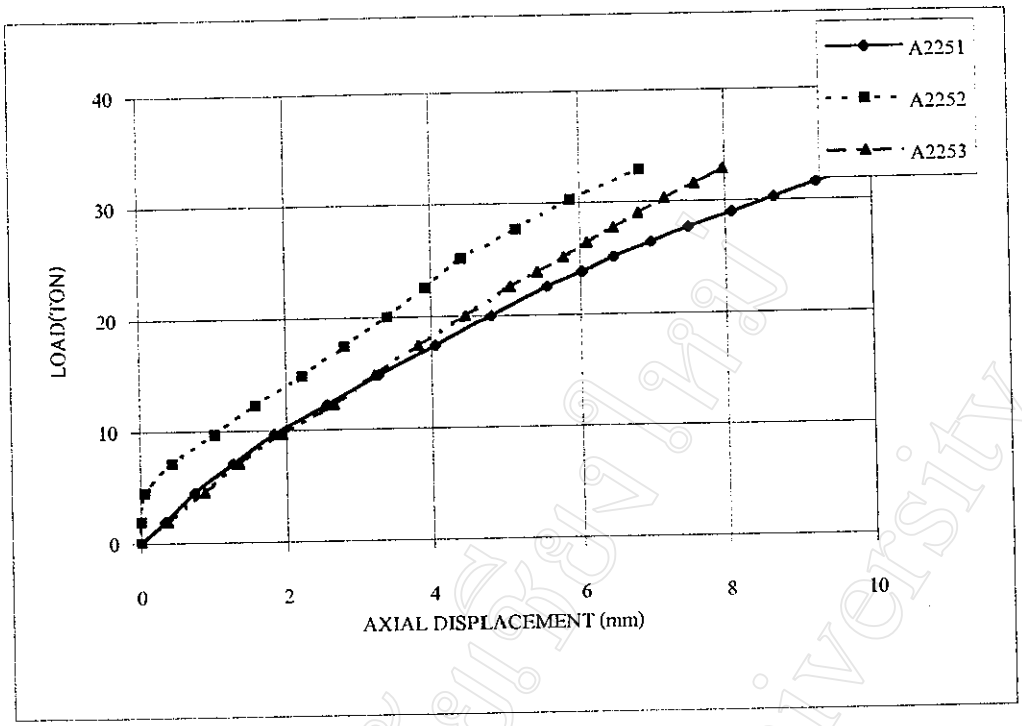
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



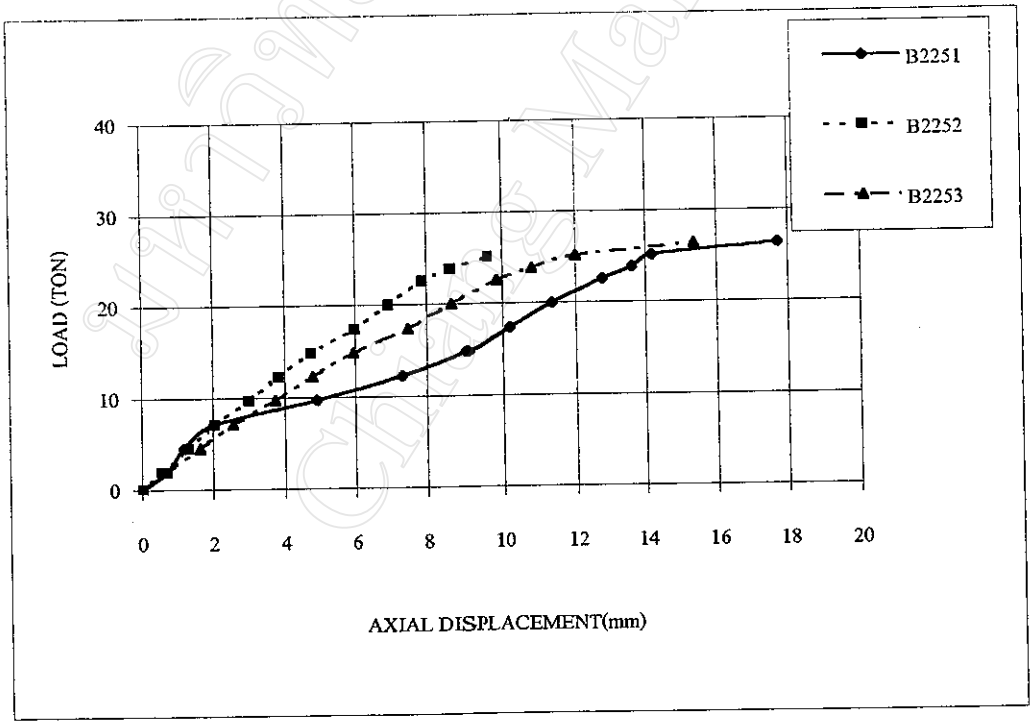
รูปที่ ก5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสา B187



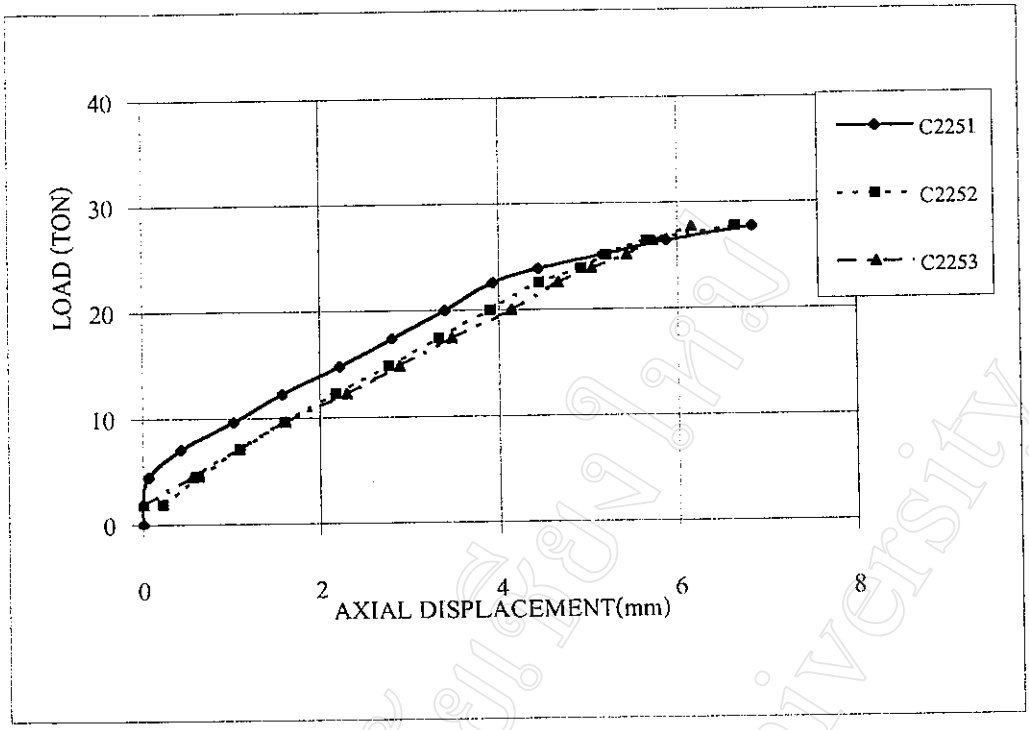
รูปที่ ก6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสาC187



รูปที่ ก7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสา A225



รูปที่ ก8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสาB225



รูปที่ ก9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะการเคลื่อนที่ของที่รองรับเสาC225

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ภาคผนวก ข
รูปการทดลอง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูปที่ ข-1 การโก่งเดาะของเสาแบบ A ยาว 150 cm

รูปที่ ข-2 การโก่งเดาะของเสาแบบ B ยาว 150 cm

รูปที่ ข-3 การโก่งเดาะของเสาแบบ C ยาว 150 cm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูปที่ ข-4 การโก่งเดาะของเสาแบบ A ยาว 1.87 cm

รูปที่ ข-5 การโก่งเดาะของเสาแบบ B ยาว 187 cm

รูปที่ ข-6 การโก่งเดาะของเสาแบบ C ยาว 187 cm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูปที่ ข-7 การโก่งเดาะของเสาแบบ A ยาว 225 cm

รูปที่ ข-8 การโก่งเดาะของเสาแบบ B ยาว 225 cm

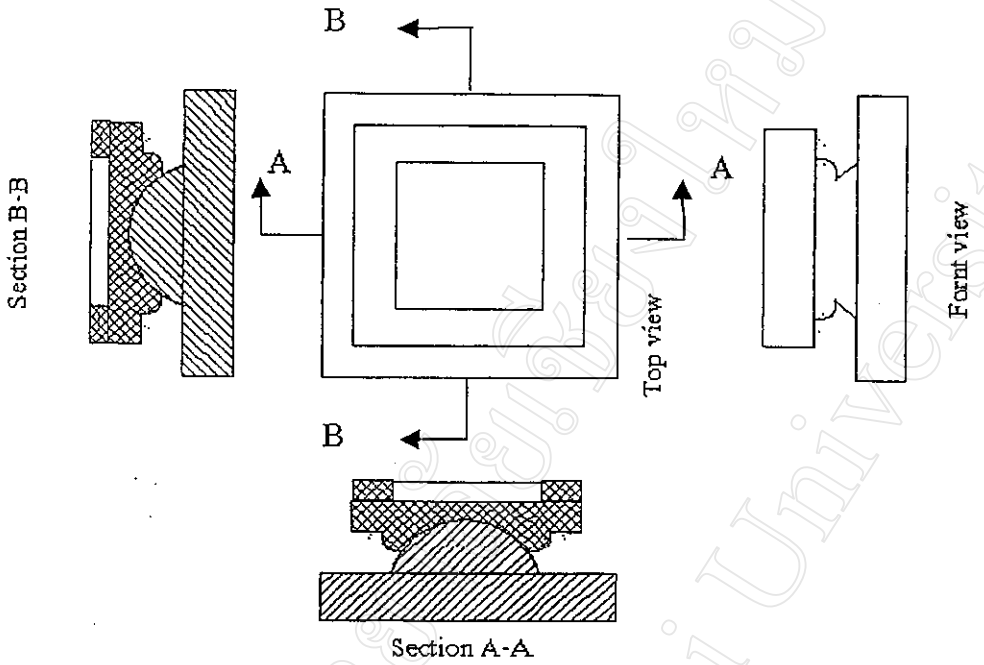
รูปที่ ข-9 การโก่งเดาะของเสาแบบ C ยาว 225 cm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

รูปที่ ข-10 การเกิดการโก่งเฉพาะที่ของเสาแบบ Bที่แรงกระทำเฉพาะบนเหล็กความยาว 150cm

รูปที่ ข-11 ที่รองรับแบบยึดหมุนแถะ Recessed Plate

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



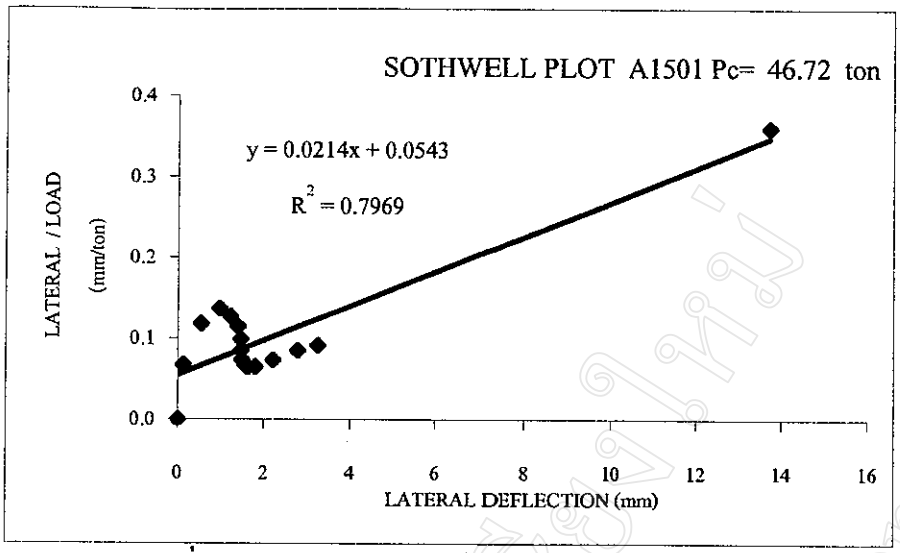
รูปที่ ข-12 ลักษณะของที่รองรับแบบยึดหมุน (Pin Support)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

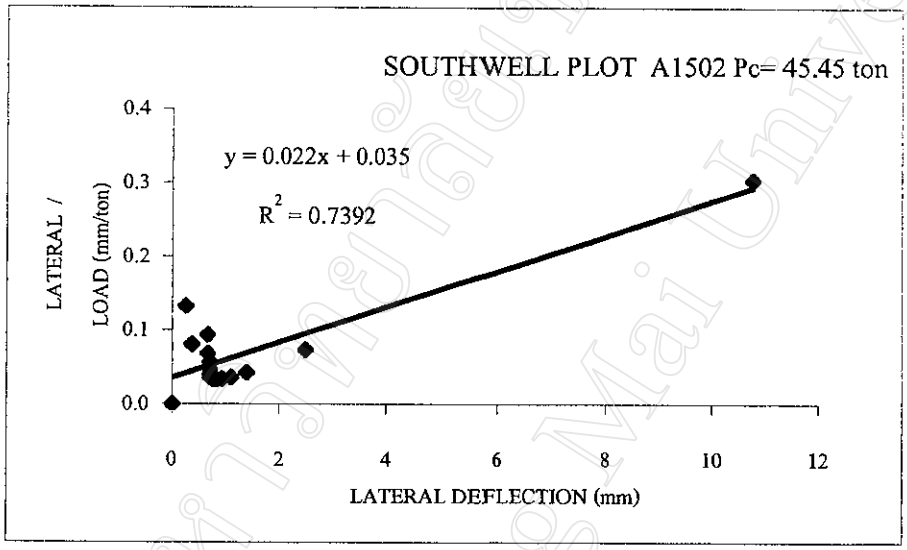
ภาคผนวก ค

รูปกราฟความสัมพันธ์ของ Southwell plot

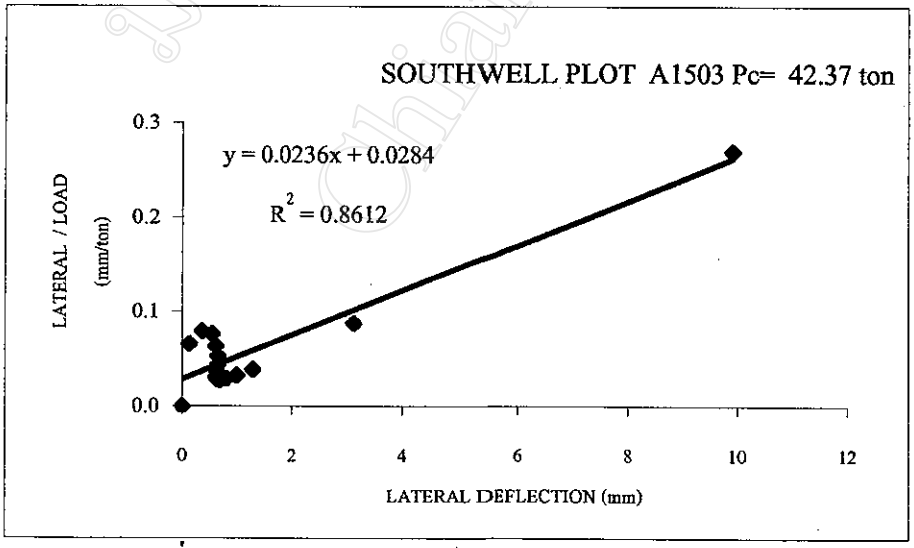
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



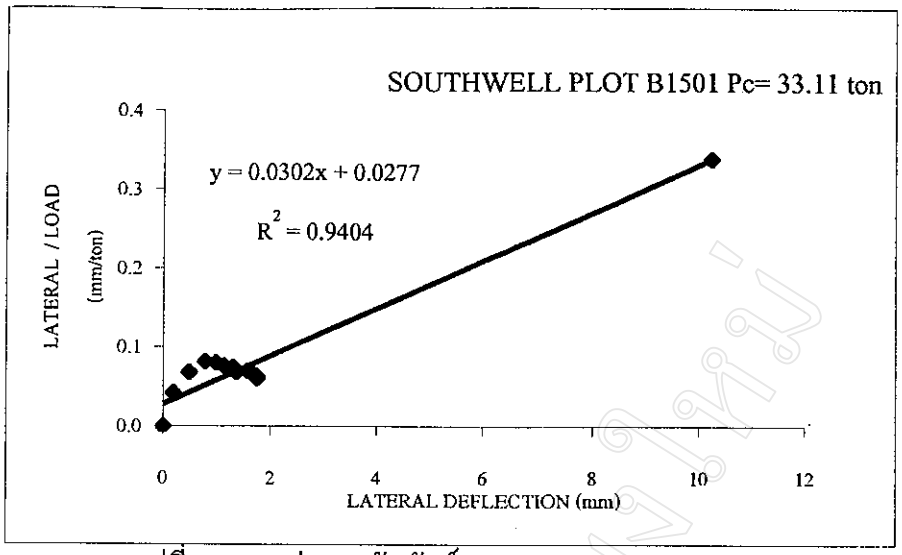
รูปที่ ค-1 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1501



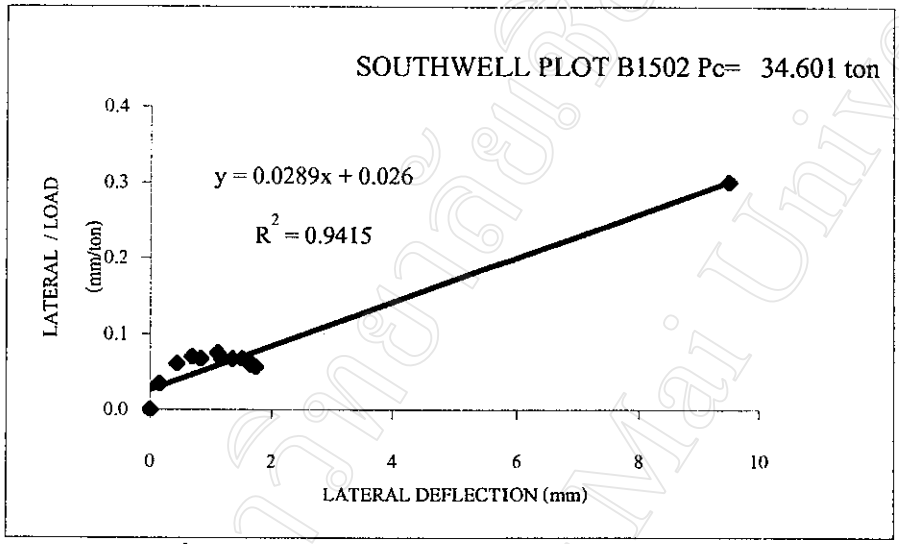
รูปที่ ค-2 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1502



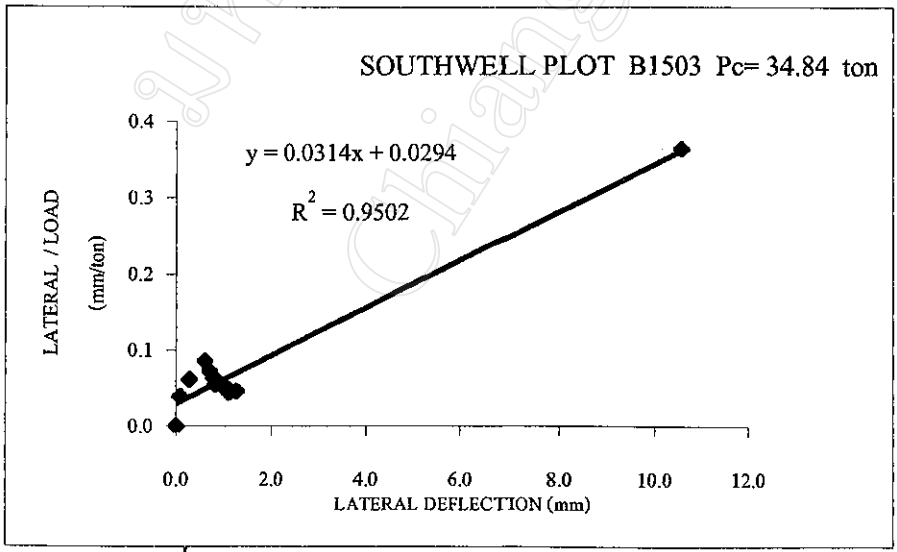
รูปที่ ค-3 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1503



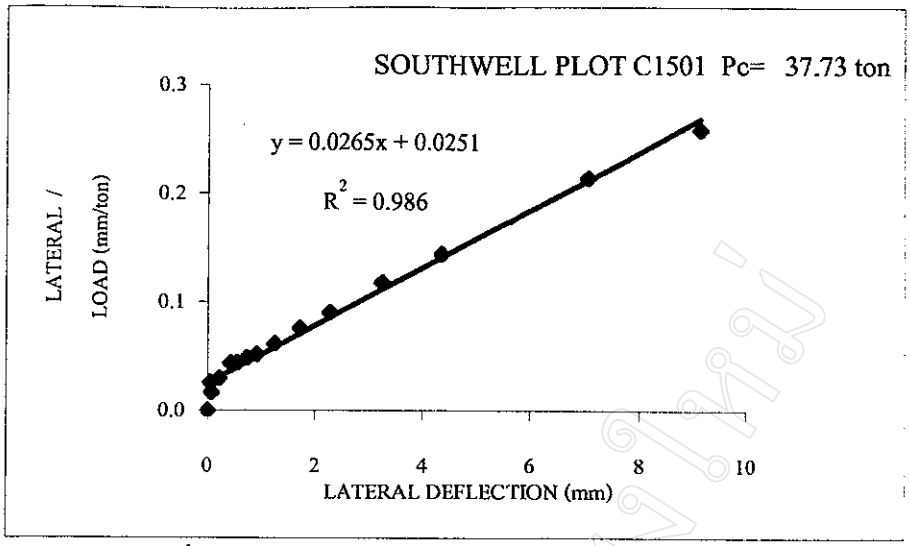
รูปที่ ค-4 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1501



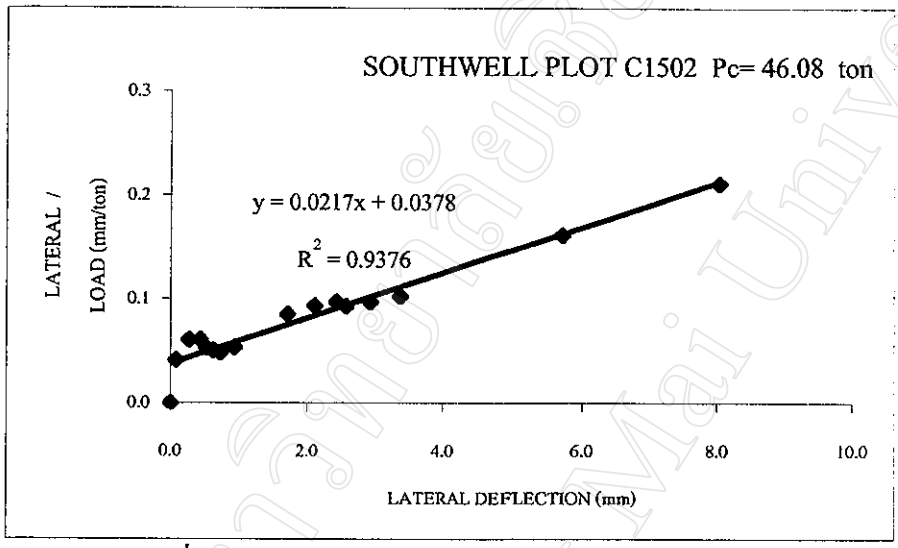
รูปที่ ค-5 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1502



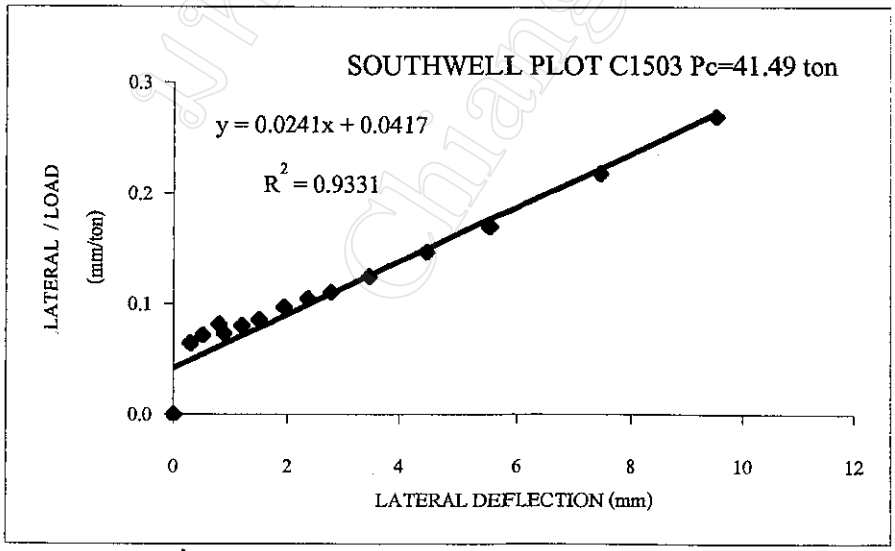
รูปที่ ค-6 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1503



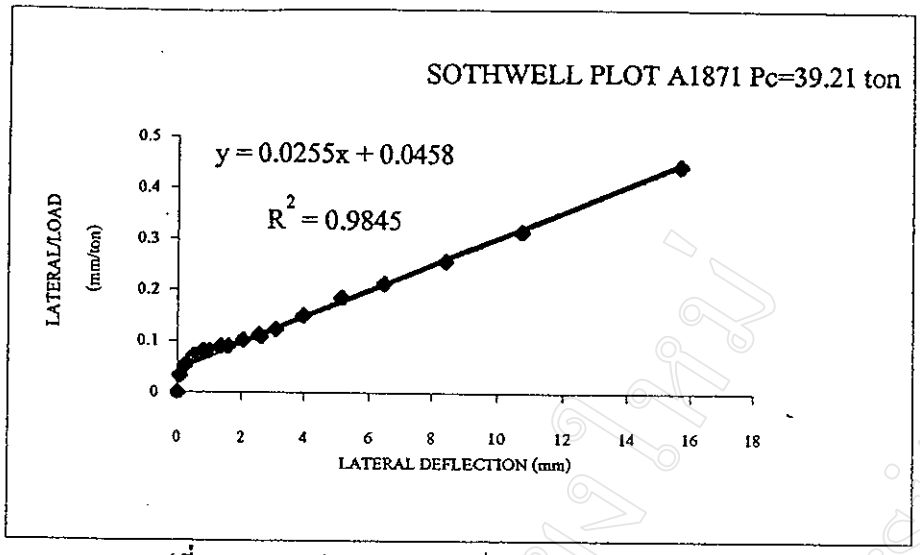
รูปที่ ค-7 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1501



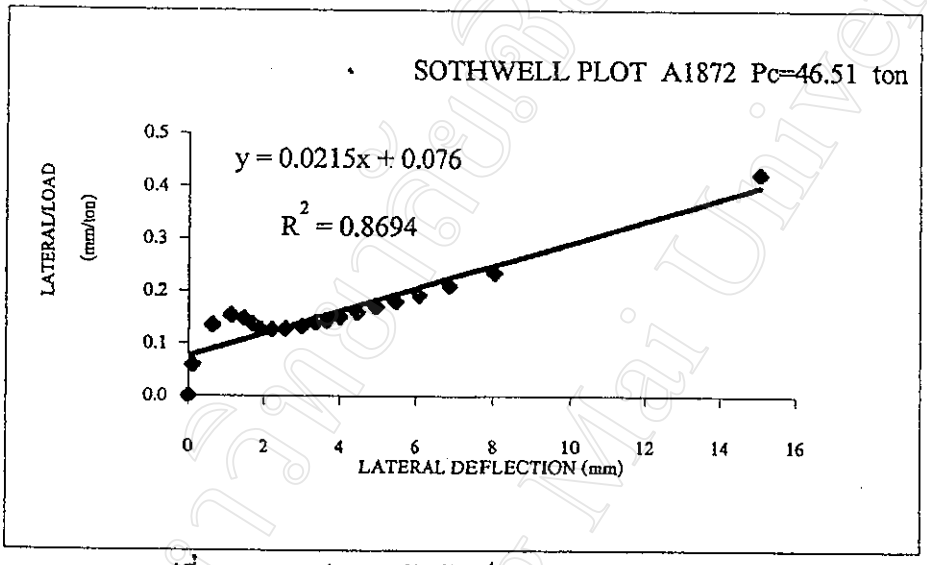
รูปที่ค-8 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1502



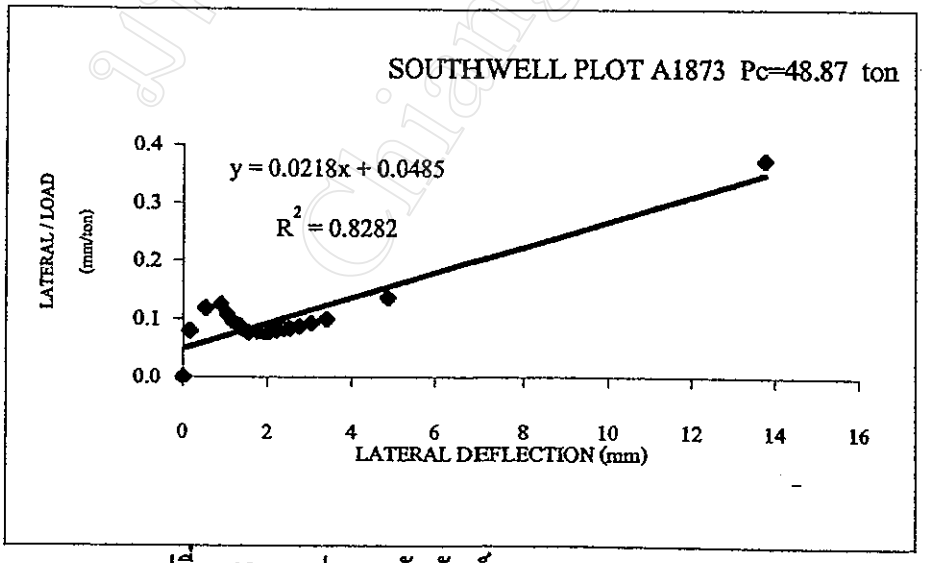
รูปที่ ค-9 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1503



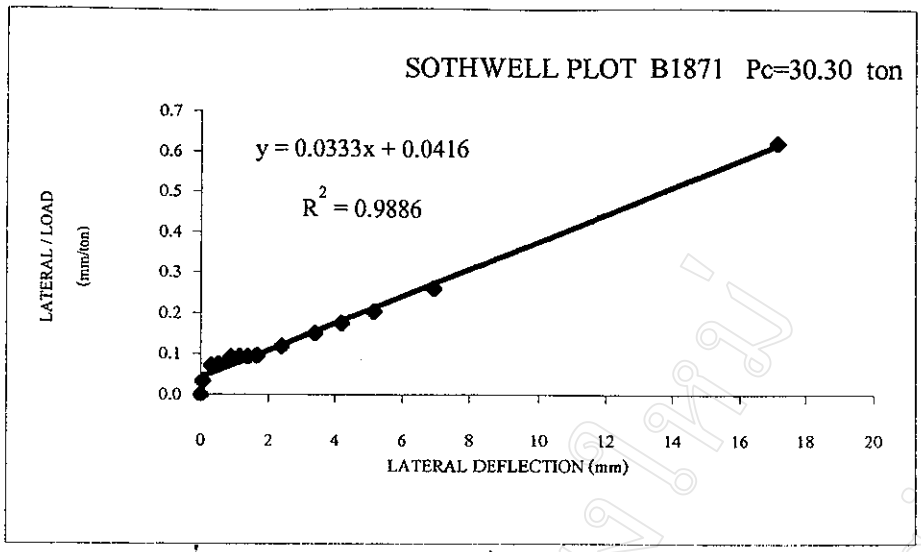
รูปที่ ค-10 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1871



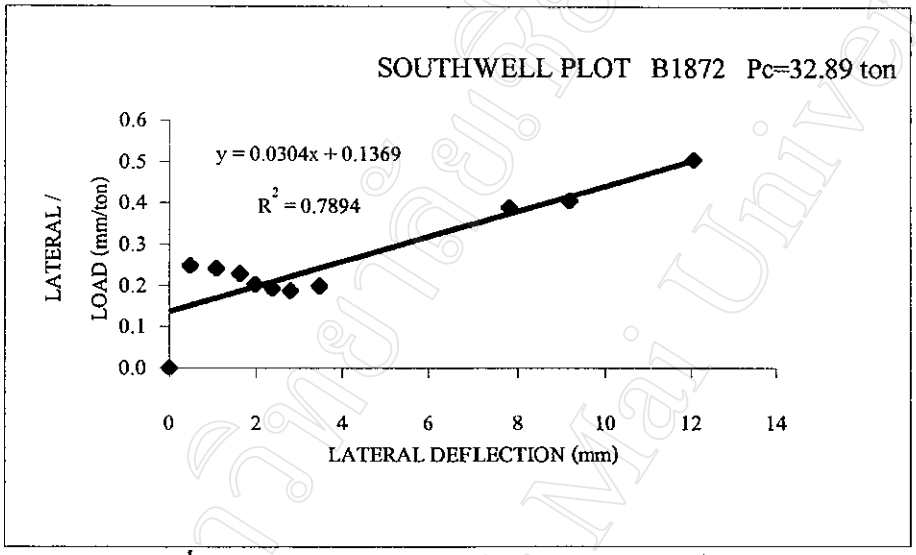
รูปที่ ค-11 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1872



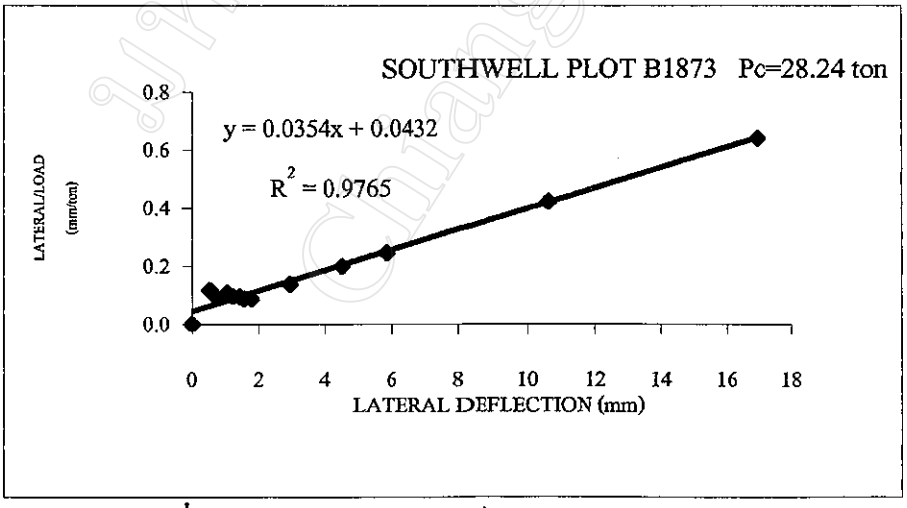
รูปที่ ค-12 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A1873



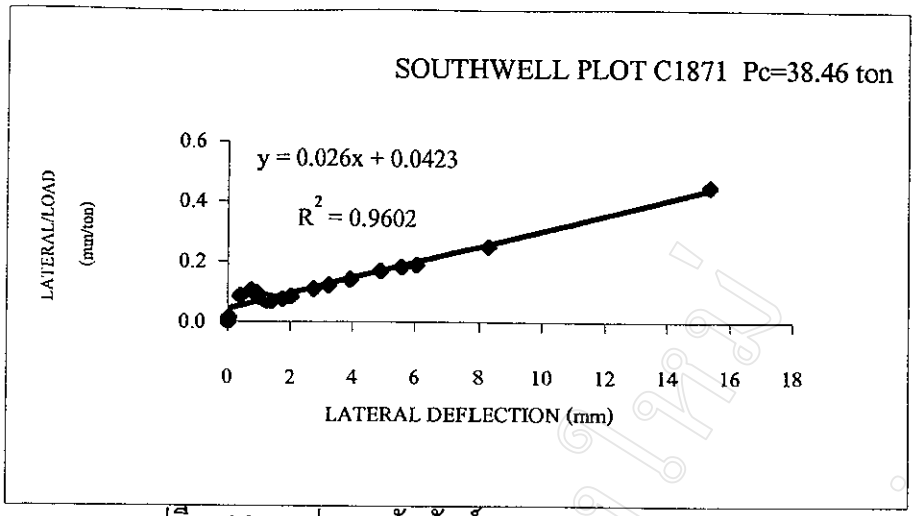
รูปที่ ค-13 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1871



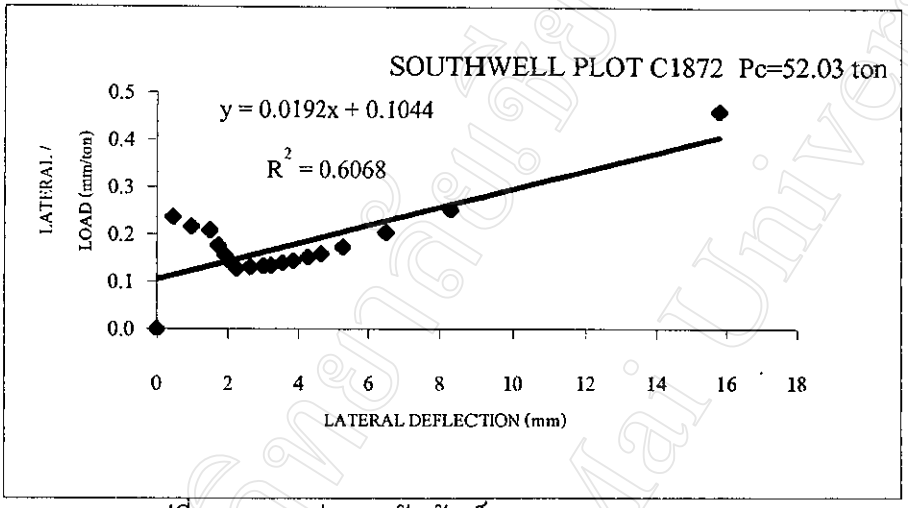
รูปที่ ค-14 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1872



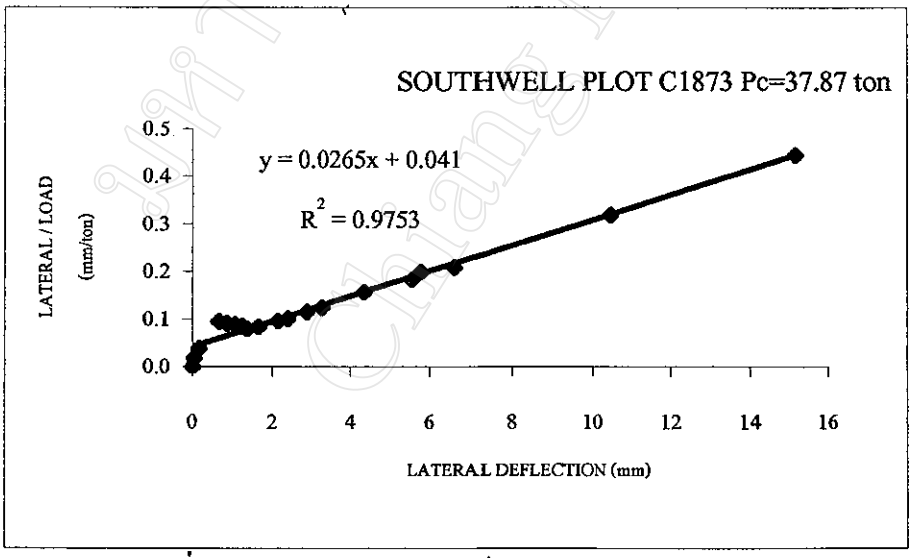
รูปที่ ค-15 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B1873



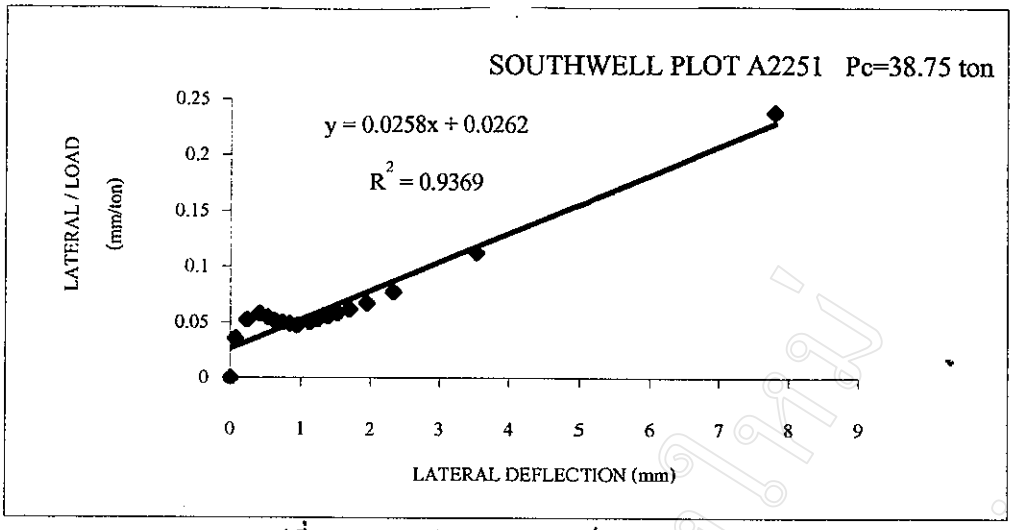
รูปที่ ค-16 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1871



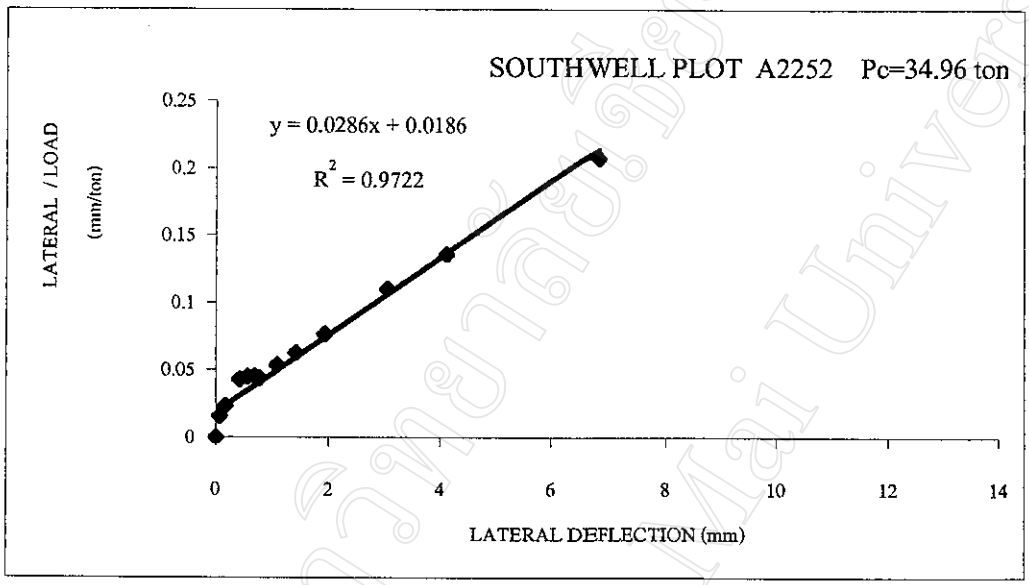
รูปที่ ค-17 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1872



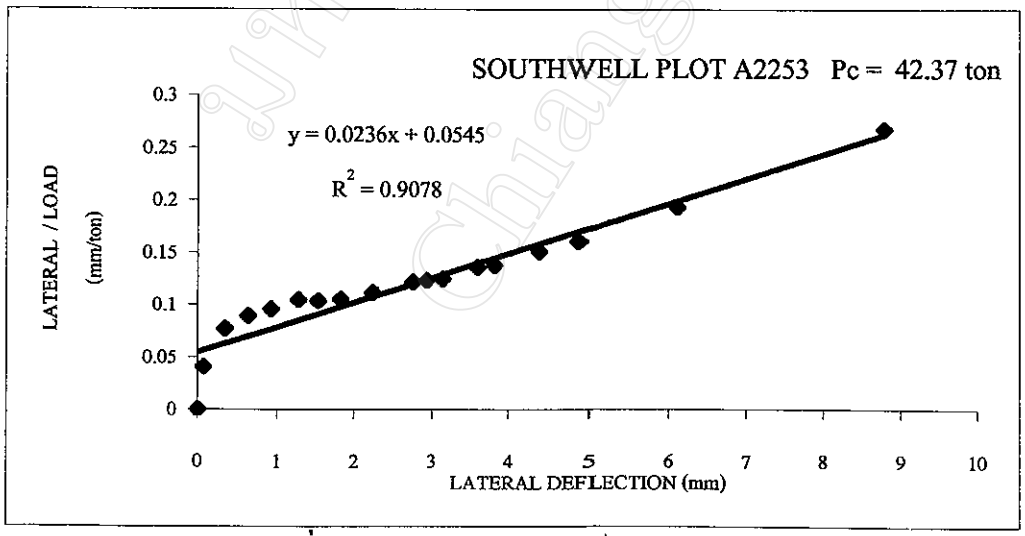
รูปที่ ค-18 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C1873



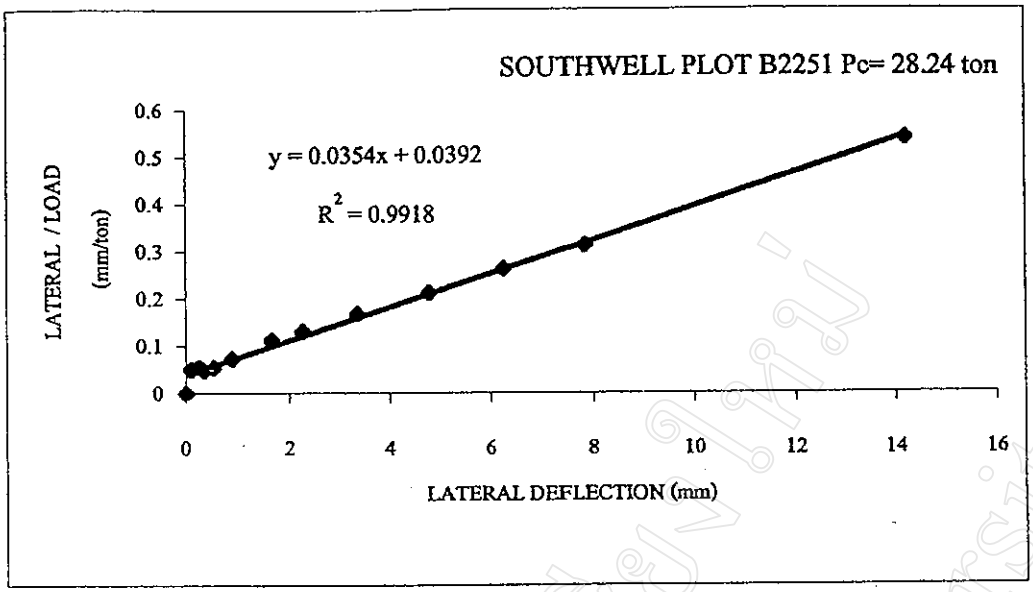
รูปที่ ค-19 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A2251



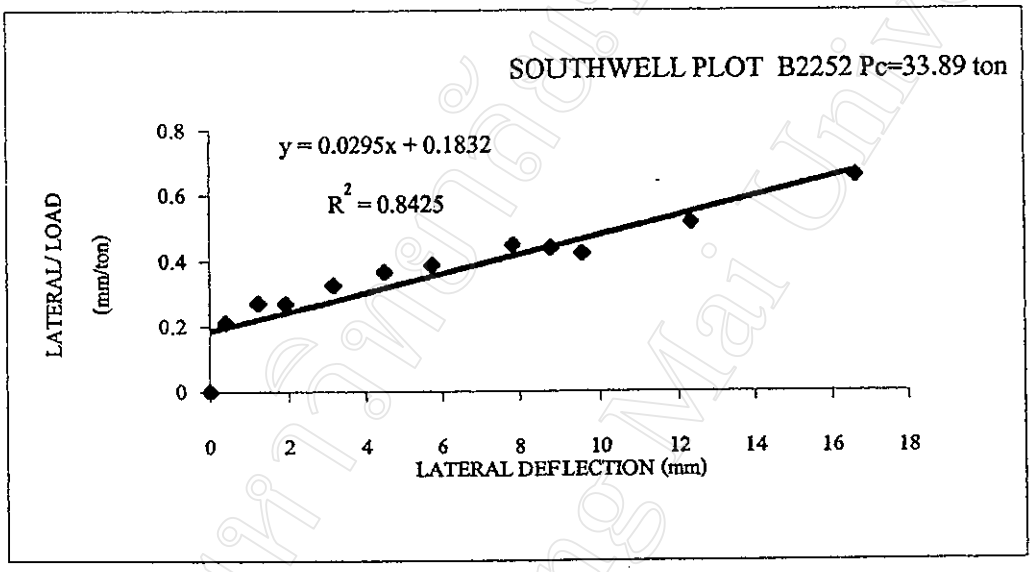
รูปที่ ค-20 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A2252



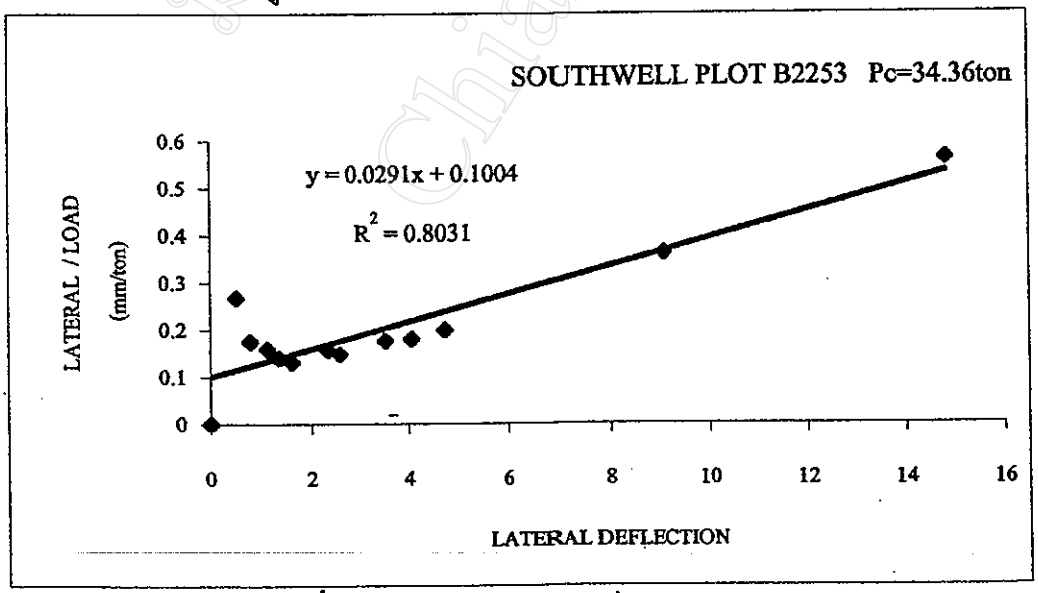
รูปที่ ค-21 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot A 2253



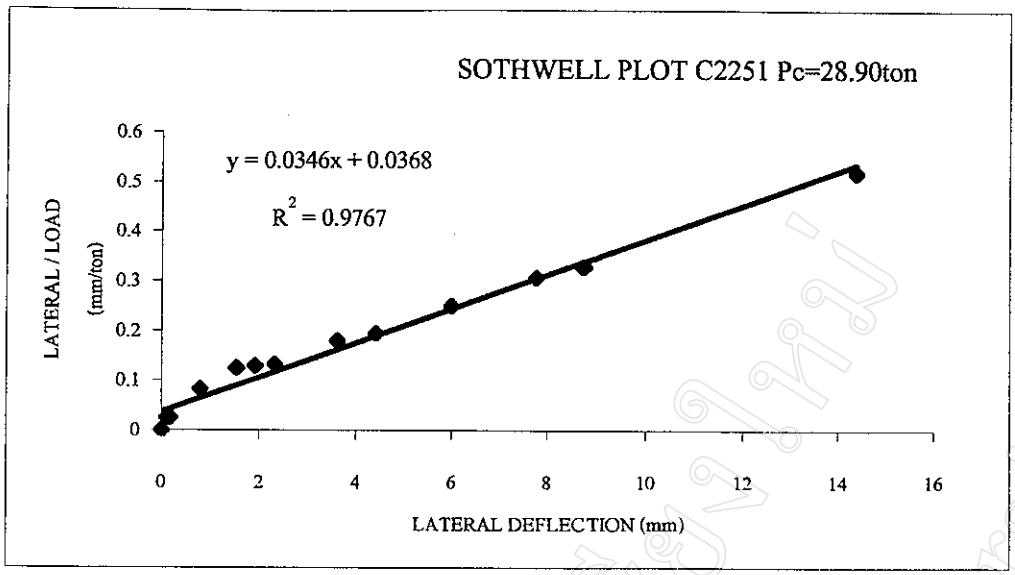
รูปที่ ค-22 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B2251



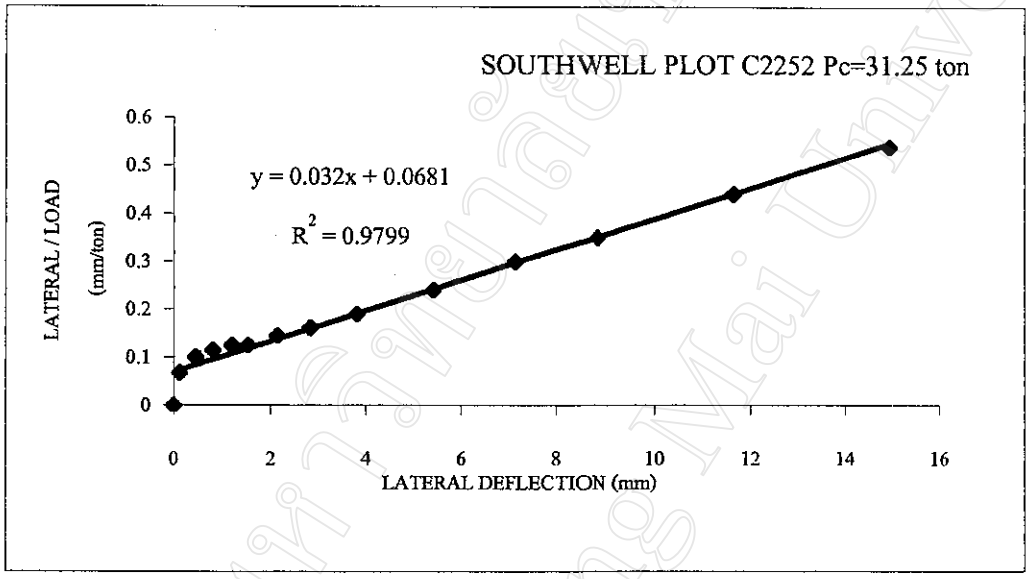
รูปที่ ค-23 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B2252



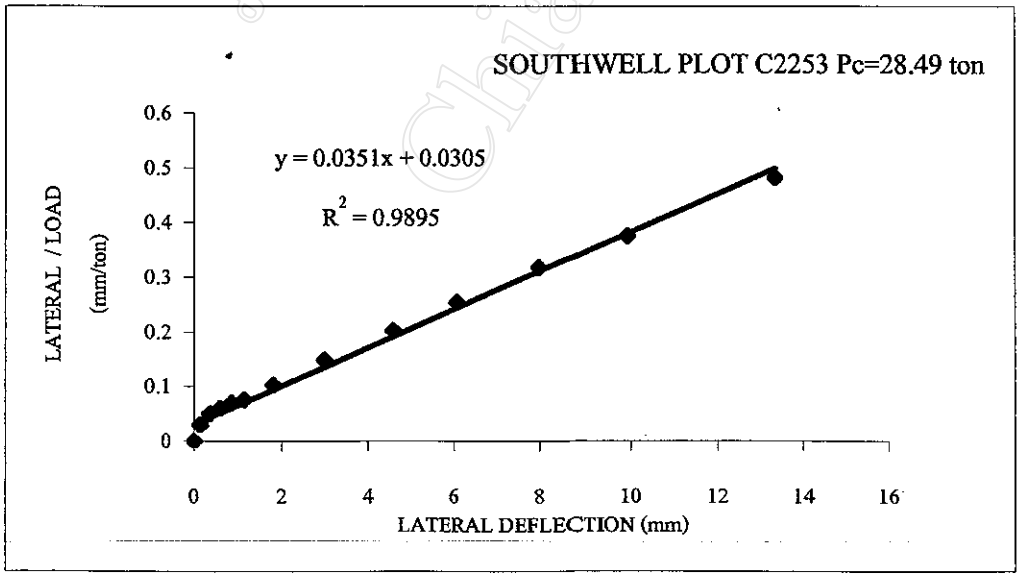
รูปที่ ค-24 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot B2253



รูปที่ ค-25 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C2251



รูปที่ ค-26 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C2252



รูปที่ ค-27 กราฟความสัมพันธ์ของ Southwell Plot C2253

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างการคำนวณ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ง-1 ตัวอย่างการออกแบบเสาเหล็กบรรจุคอนกรีตโดยข้อกำหนดของ (AISC-LRFD)

เสาเหล็กบรรจุคอนกรีต ยาว 224.8cm มีข้อมูลดังนี้

$f_c^{'} = 244.67\,ksc$ $A_C = 48.72cm^2$ $I = 65.86cm^4$

$F_Y = 3559\,ksc$ $A_S = 7.53cm^2$

$L = 244.8cm$

คำนวณหา

$$E_m = E_S + 0.4E_c\frac{Ac}{As}$$

$$E_c = 15120\sqrt{f_c^{'}} = 15120\sqrt{244.67} = 236506ksc$$

$$E_S = 1985000ksc$$

$$E_m = 1985000 + 0.4 \times 236506 \times \frac{48.72}{7.53}$$

$$E_m = 2597088\,ksc$$

$$F_{my} = F_Y + 0.85f_c^{'}\frac{A_C}{A_S}$$

$$F_{my} = 3959 + 0.85 \times 244.67 \times \frac{48.72}{7.35}$$

$$F_{my} = 5304ksc$$

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

$$A = \left(\frac{KL}{\pi r_m}\right)^2 \left(\frac{F_{my}}{E_m}\right)$$

$$A = \left(\frac{224.8}{3.14 \times 2.95}\right)^2 \times \frac{5304}{2597088}$$

$$A = 1.20$$

$$F_{cr} = (0.658)^A F_{my}$$

$$F_{cr} = 3209\ ksc$$

$$P = A_S F_{cr}$$

$$P = 7.53 \times 3209$$

$$P = 24.12ton$$

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ง.2 ตัวอย่างการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงโก่งเดาะกับ (L/D) โดยใช้วิธีโมดูลัสสัมผัส

สำหรับการคำนวณแรงโก่งเดาะวิธีโมดูลัสสัมผัส (Tangent Modulus)มีขั้นตอนดังนี้

1.สมมุติหน่วยแรงในเหล็กมาหนึ่งค่า = 2000 ksc

จากการอินทิเกรตสมการของ Ylinen $E_{st} = \left(\frac{f_y - f}{f_y - cf}\right)E$ ใช้(c=0.98)

จะได้ความสัมพันธ์หน่วยแรงกับความเครียดในเหล็ก

นำมาคำนวณหาความเครียดได้ = 0.00102

2. การคำนวณแรงของเหล็กและคอนกรีตจาก stress diagram ในสมมติฐานวิธี Tangent Modulus

$$P = \sigma_C A_C + \sigma_S A_S$$

$$P = 185.38 \times 48.72 + 2000 \times 7.53$$

$$P = 24.09 ton$$

3.จากสมการ (1) หาความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ (L/D) จะได้ (L/D) มาหนึ่งค่า

นำความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตใช้ความสัมพันธ์ในแนวแกนเดียวของ Hognested มาคำนวณหา E_{st}

$$f_c = f_c^{'}\left(2\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c^{'}}\right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c^{'}}\right)^2\right)$$

$$E_{ct} = 244.67\left(\left(\frac{2}{\varepsilon_c^{'}}\right) - \left(2\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c^{'}}\right)\right)$$

$$E_{ct} = 244.67\left(\left(\frac{2}{.002}\right) - \left(2\frac{.00102}{.002}\right)\right)$$

$$E_{ct} = 244354 ksc$$

จาก $E_{st} = \left(\frac{f_y - f}{f_y - cf} \right) E$ ของ Ylinen โดยแทน c = 0.98

$$E_{st} = 1945280 ksc$$

จากสมการ (1) หาความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ (L/D) จะได้ (L/D) มาหนึ่งค่าดังนี้

$$\left(\frac{L}{D}\right)^2 = \frac{\pi^2 \left(I_s E_{st} + I_c E_{ct} \right)}{\left(D^2 P_{cr} \right)}$$

$$= \frac{\pi^2 \left(65.8 \times 1945280 + 244354.37 \times 197.80 \right)}{\left(7.5^2 \times 24.09 \times 1000 \right)}$$

$$\left(\frac{L}{D}\right) = 35.82$$

ทำเช่นเดิมโดยสมมุติหน่วยแรงมาหลายๆค่า แล้วนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับ (L/D)จะได้ดังตาราง ง.1 และนำมาเขียนกราฟระหว่างแรงโก่งเดาะกับ L/D ดังแสดงใน รูปที่ 4-19

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ ง-1 ค่าแรงโก่งเดาะกับ L/D จากวิธี Tangent Modulus

ความเครียด	หน่วยแรงในเหล็ก ksc	หน่วยแรงในคอนกรีต ksc	แรงโก่งเดาะ ton	L/D
0.00086	1700.00	165.41	20.86	38.58
0.00089	1750.00	168.93	21.41	38.07
0.00091	1800.00	172.37	21.95	37.59
0.00094	1850.00	175.74	22.49	37.12
0.00096	1900.00	179.03	23.03	36.67
0.00099	1950.00	182.24	23.56	36.24
0.00102	2000.00	185.38	24.09	35.82
0.00104	2050.00	188.43	24.62	35.43
0.00107	2100.00	191.41	25.14	35.05
0.00109	2150.00	194.31	25.66	34.68
0.00112	2200.00	197.14	26.17	34.32
0.00114	2250.00	199.88	26.68	33.98
0.00117	2300.00	202.55	27.19	33.64
0.00120	2350.00	205.14	27.69	33.32
0.00122	2400.00	207.65	28.19	33.00
0.00125	2450.00	210.08	28.68	32.70
0.00127	2500.00	212.43	29.17	32.40
0.00130	2550.00	214.71	29.66	32.11
0.00133	2600.00	216.90	30.15	31.83
0.00135	2650.00	219.02	30.63	31.56
0.00138	2700.00	221.06	31.10	31.29
0.00140	2750.00	223.01	31.57	31.02
0.00143	2800.00	224.89	32.04	30.77
0.00146	2850.00	226.69	32.50	30.51

ตารางที่ ง-1 (ต่อ) ค่าแรงโก่งเดาะกับ L/D จากวิธี Tangent Modulus

ความเครียด	หน่วยแรงในเหล็ก ksc	หน่วยแรงในคอนกรีต ksc	แรงโก่งเดาะ ton	L/D
0.00148	2900.00	228.40	32.96	30.27
0.00151	2950.00	230.04	33.42	30.02
0.00154	3000.00	231.59	33.87	29.78
0.00156	3050.00	233.07	34.32	29.54
0.00159	3100.00	234.46	34.77	29.30
0.00162	3150.00	235.77	35.21	29.06
0.00165	3200.00	236.99	35.64	28.82
0.00167	3250.00	238.13	36.07	28.58
0.00170	3300.00	239.19	36.50	28.33
0.00173	3350.00	240.16	36.93	28.08
0.00176	3400.00	241.05	37.35	27.82
0.00179	3450.00	241.84	37.76	27.54
0.00181	3500.00	242.55	38.17	27.25
0.00184	3550.00	243.17	38.58	26.94
0.00187	3600.00	243.68	38.98	26.59
0.00190	3650.00	244.10	39.38	26.19
0.00194	3700.00	244.42	39.77	25.71
0.00197	3750.00	244.61	40.15	25.12
0.00200	3800.00	244.67	40.53	24.32
0.00204	3850.00	244.55	40.91	23.14
0.00209	3900.00	244.14	41.26	21.08
0.00219	3950.00	242.39	41.55	16.13

ภาคผนวก ข
คุณสมบัติของวัสดุและการปรับเทียบเครื่องอัดแรง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

จ-1 ส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ทดสอบ

ค่ากำลังอัดทรงกระบอก	210 ksc
ค่าความยุบตัว (Slump)	15-18cm
ขนาดโตสุดของมวลหยาบ	12.5 mm
อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C)	0.684
ทรายมีโมดูลัสความละเอียด	2.64
ความถ่วงจำเพาะของทราย	2.60
ความถ่วงจำเพาะของหิน	2.7
ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์	3.15
ปริมาตรวัสดุหยาบต่อปริมาตรคอนกรีต	0.56
หน่วยน้ำหนักของหิน	1600 kg/m^3
ฟองอากาศAir.(%)	2%
ปริมาณน้ำในส่วนผสม	230 L/m^3
ปริมาณซีเมนต์ในส่วนผสม	336.26 kg/m^3
ปูนซีเมนต์	106.75 L/m^3
น้ำ	230 L/m^3
อากาศ	20 L/m^3
หิน 1/2"	331.85 L/m^3
ทราย	311.04 L/m^3
คอนกรีต 1 m^3 ต้องใช้	
ปูนซีเมนต์	336.26 L/m^3
น้ำ	230 L/m^3
ทราย	809.64 L/m^3
หิน 1/2"	896 L/m^3

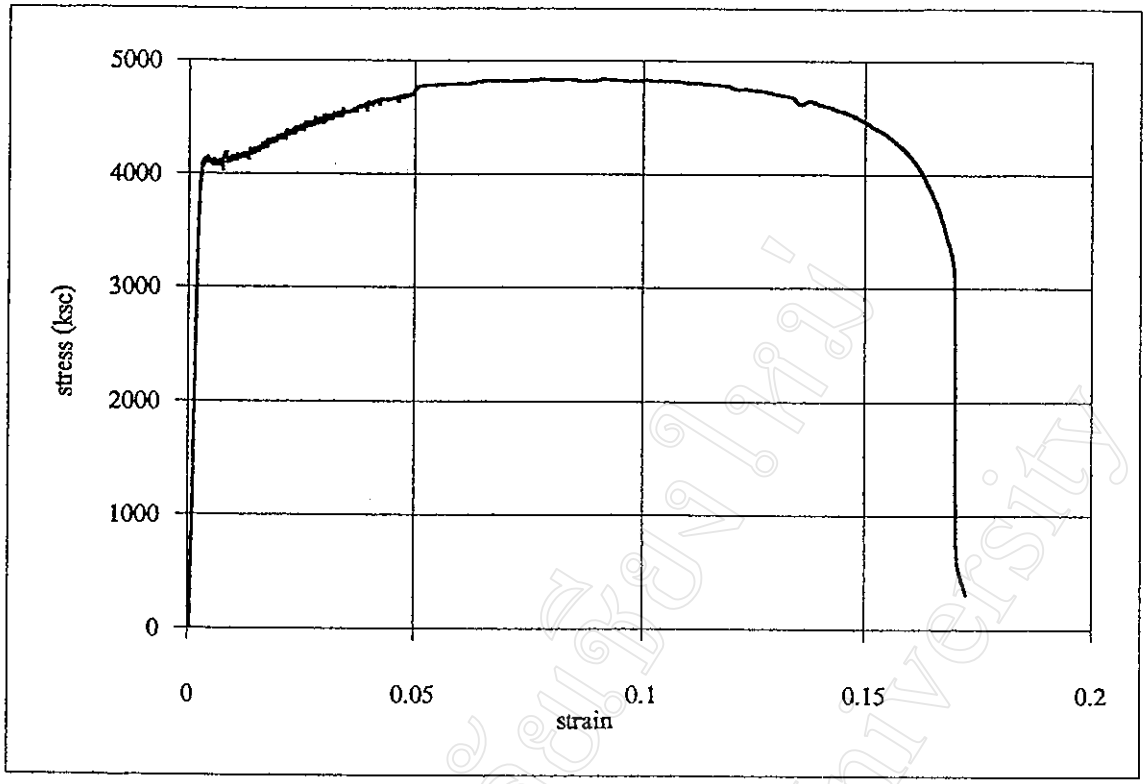
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตารางที่ จ.1 การหาขนาดคละของทราย

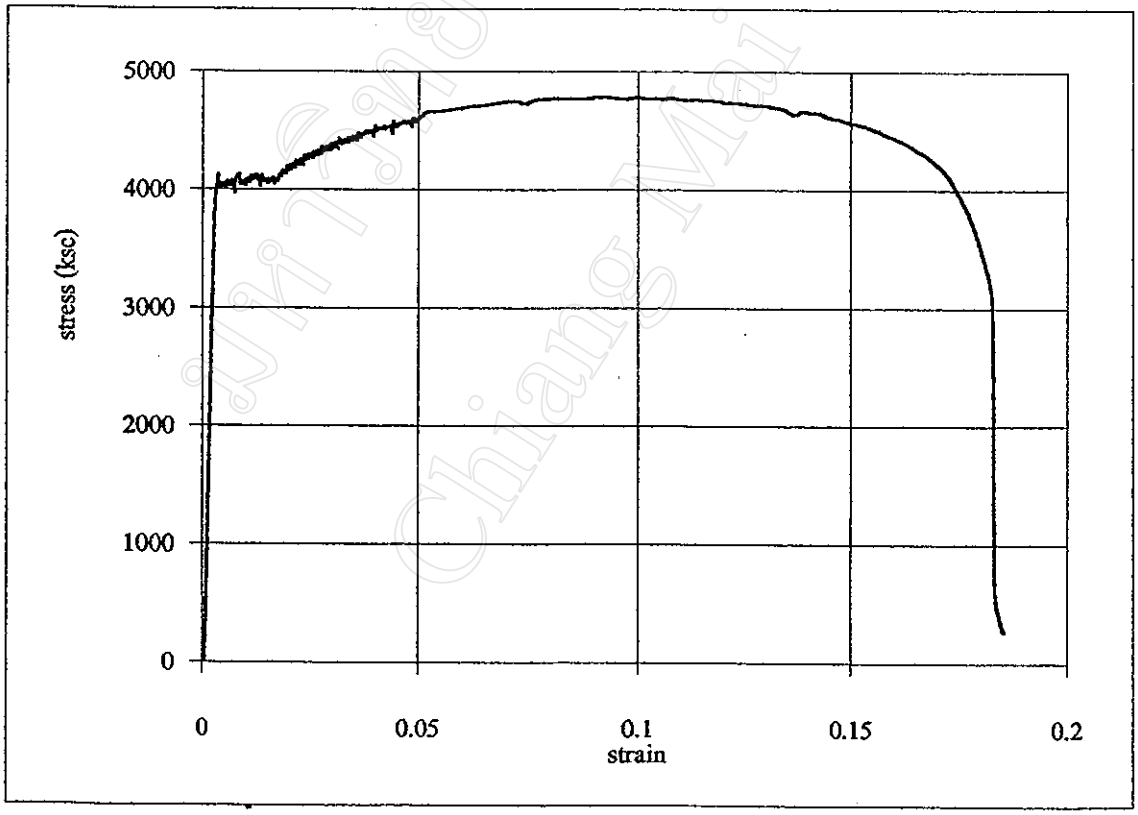
ขนาดตะแกงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกง (กรัม)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกง	ร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกง
#4	31	2.1	2.2	97.8
#8	81	5.4	7.5	92.5
#16	201	13.4	20.9	79.1
#30	503	33.5	54.4	45.6
#50	535	35.7	90.1	9.9
#100	141	9.4	99.5	0.5
ถาด	8	0.5	100.0	0.0
รวม	1500	100.0	F.M=2.74	

ตารางที่ จ.2 การหาขนาดคละของหิน

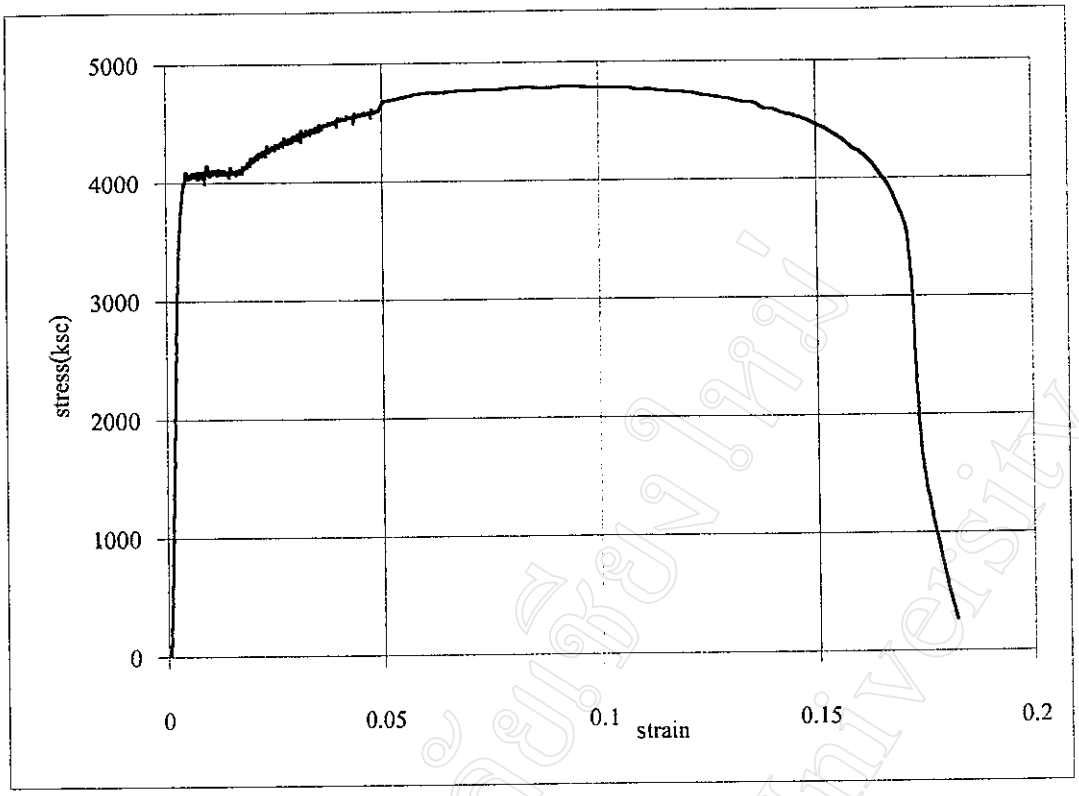
ขนาดตะแกง	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกง (กรัม)	ร้อยละที่ค้างบนตะแกง	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกง	ร้อยละสะสมที่ผ่านตะแกง
1/2"	756	12.5	12.5	87.5
3/8"	2745	45.4	57.9	42.1
#4	2418	40.0	97.8	2.2
ถาด	132	2.2	100.0	0.0
รวม	6051	100		



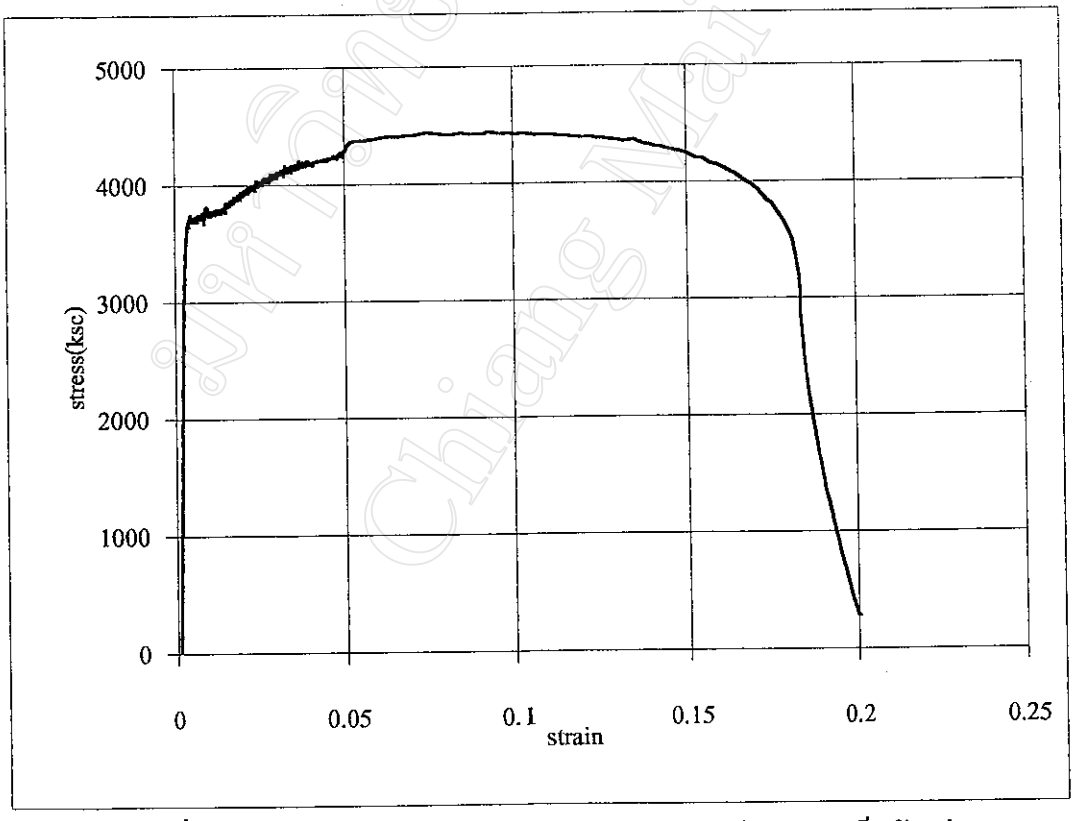
รูปที่ จ-1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-1



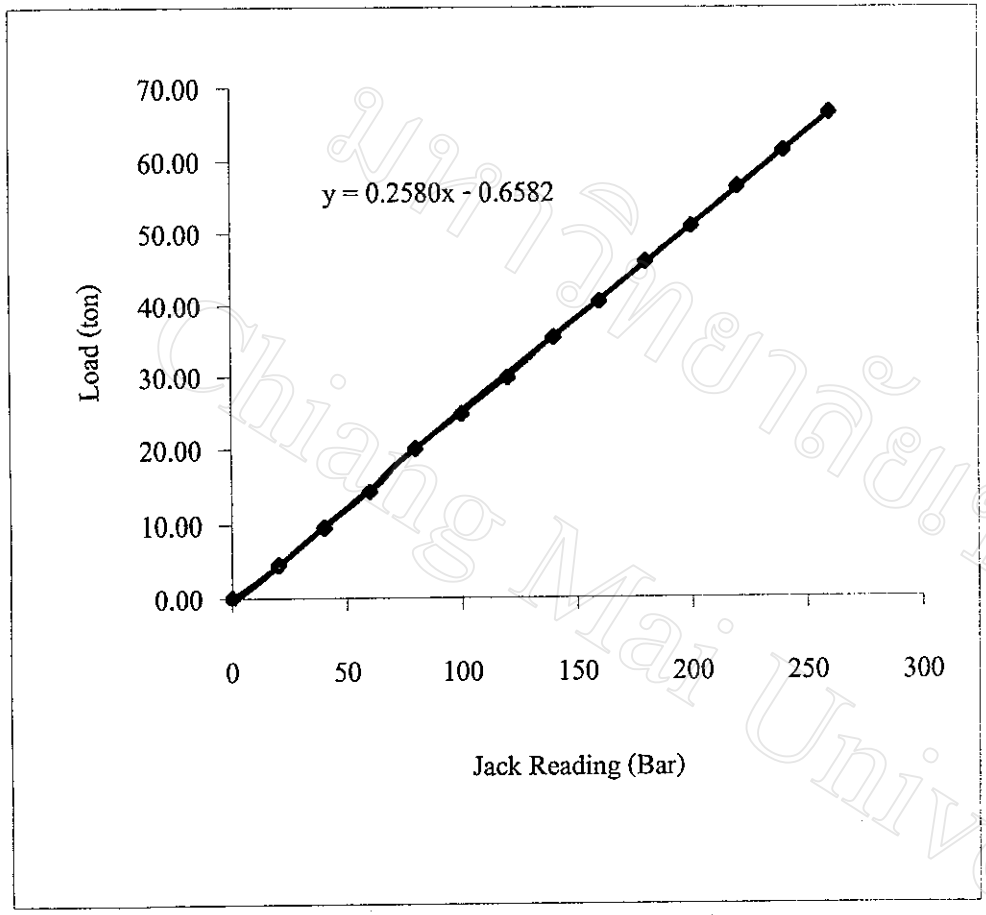
รูปที่ จ-2 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-2



รูปที่ จ-3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-3



รูปที่ จ-4 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับความเครียดของเหล็กตัวอย่าง TP-4



Jack Reading	Load	Jack Reading	Load
(Bar)	(ton)	(Bar)	(ton)
10	1.92	100.00	25.14
20	4.50	110.00	27.72
30	7.08	120.00	30.30
40	9.66	130.00	32.88
50	12.24	140.00	35.46
60	14.82	150.00	38.04
70	17.40	160.00	40.62
80	19.98	170.00	43.20
90	22.56	180.00	45.78

รูปที่ จ-5 ความสัมพันธ์ของแรงกับความดันของเครื่องอัดแรงจากการปรับเทียบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธราพงษ์ พัฒนศักดิ์ภิญโญ
วัน เดือน ปีเกิด	3 กุมภาพันธ์ 2511
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมปลาย โรงเรียนนครสวรรค์ จ. นครสวรรค์ ปีการศึกษา 2528 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2533 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2537
ประสพการณ์การทำงาน	พ. ศ. 2534-2535 บริษัท เอวเลค เอวเทค (ประเทศไทย) จำกัด ตำแหน่งวิศวกร พ. ศ. 2535-2536 บริษัท จีเทค จำกัด ตำแหน่งวิศวกรสนาม พ. ศ. 2538-2541 ห้างหุ้นส่วนกำจรกิจจำกัด ตำแหน่งวิศวกรโครงการ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University