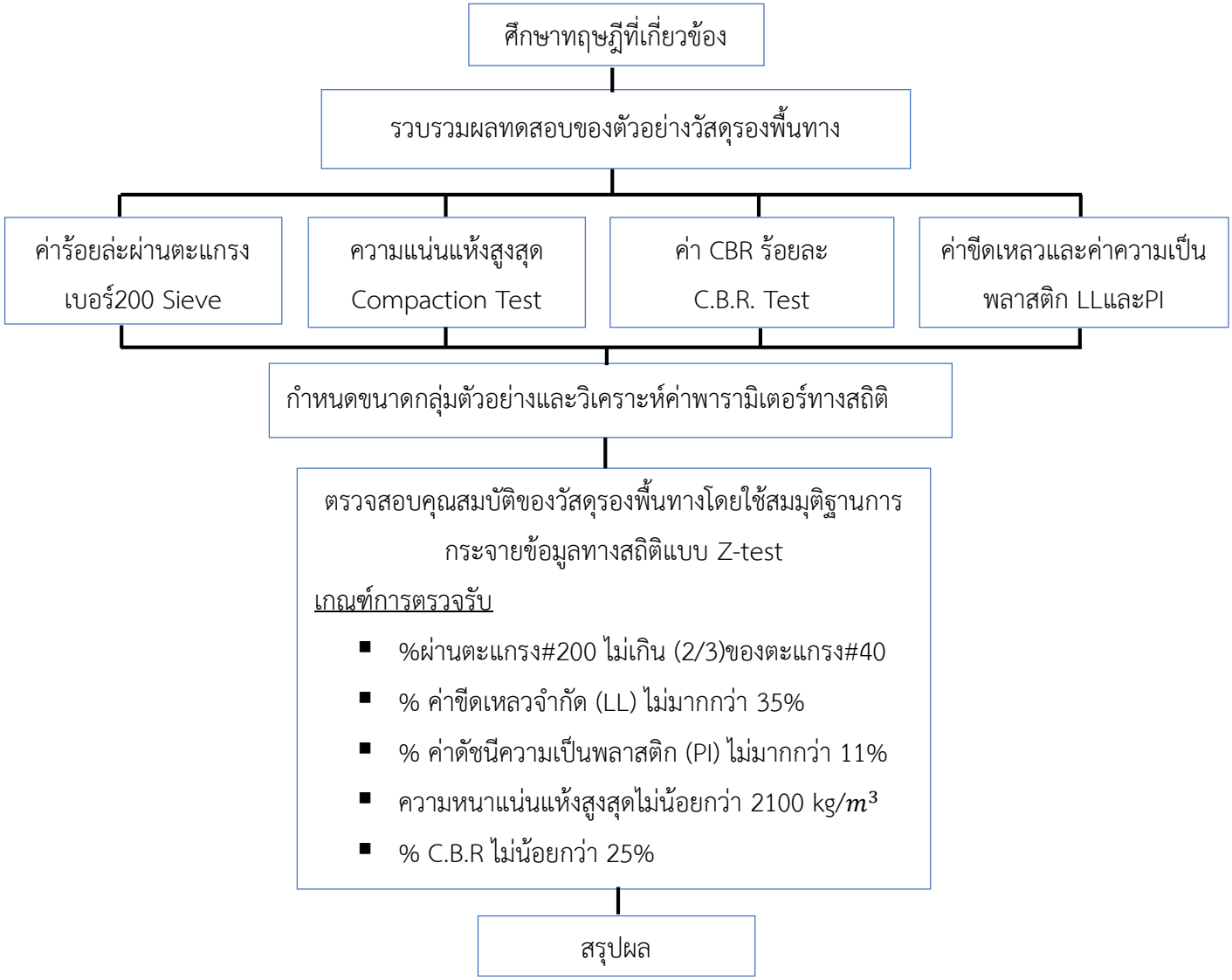
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการการดำเนินงานเพื่อศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลผลทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุรองพื้นทาง รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทรายถมในหน่วยงานที่ทดสอบได้ ด้วยหลักวิชาสถิติ เพื่อตรวจรับคุณภาพของวัสดุตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1

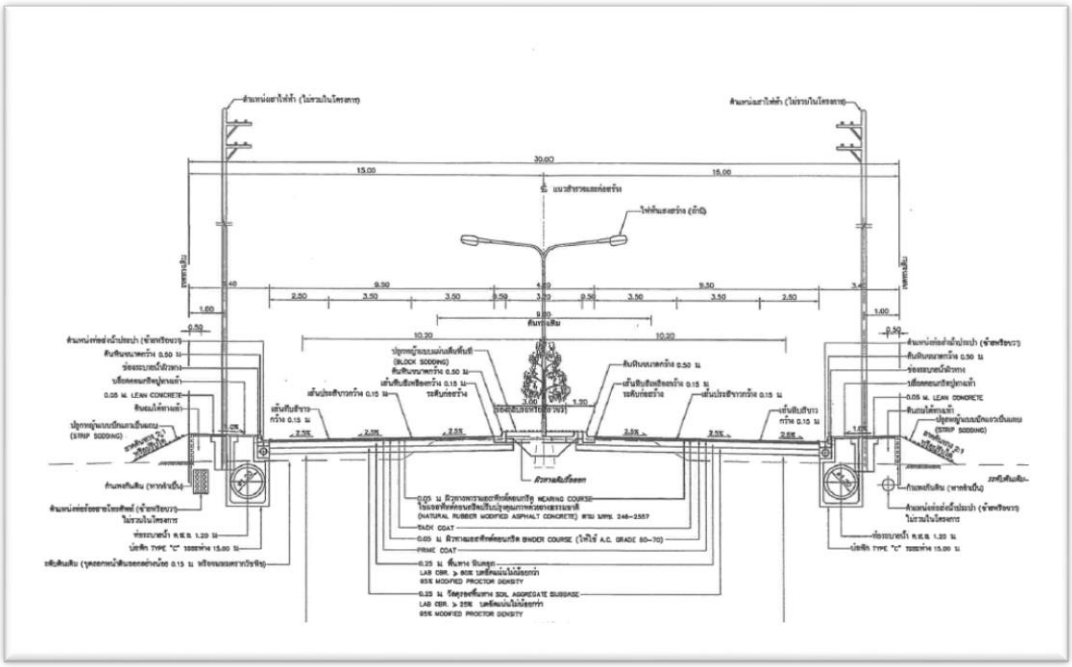


รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินบดอัด และวิธีการทดสอบสมมุติฐานทางด้านการใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล มีทั้งการศึกษาจากเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับสถิติ และการศึกษาจากภาคสนาม แสดงไว้ในบทที่ 2

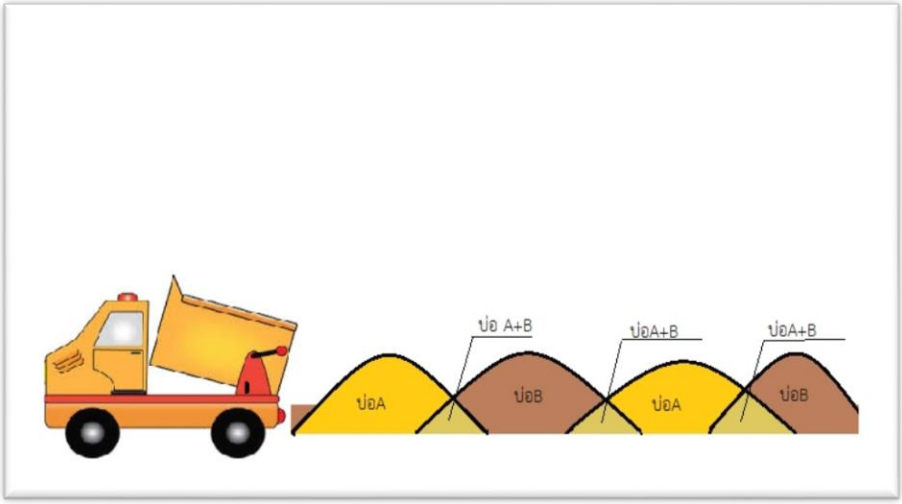
3.1.1 รายละเอียดของโครงการ และตัวอย่างศึกษาวัสดุรองพื้นทางโครงการก่อสร้างถนน สาย นย. 3001 แยก ทล.305 – บ.บางน้ำเปรี้ยว จังหวัดนครนายก, ฉะเชิงเทรา เป็นโครงการถนนผิวทางพาราแอสฟัลต์คอนกรีต ถนนมีโครงสร้างชั้นทางประกอบไปด้วย 1.ชั้นทรายถมคันทาง 2. ชั้นวัสดุรองพื้นทางหนา 0.25 เมตร 3. ชั้นพื้นทางหินคลุกหนา 0.25 เมตร 4. ชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 0.05 เมตร 5. ชั้นผิวทางพาราแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 0.05 เมตร ขนาด 4 ช่องจราจร ผิวจราจรกว้างช่องละ 3.50 เมตร ไหล่ทางกว้างข้างละ 2.50 เมตร บริเวณชุมชนมี ทางเท้ากว้าง 3.40 เมตร บนทางหลวงหมายเลข 305 บริเวณ กม.ที่ 0+000 ถึง กม. 33+050 เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้เส้นทางบริเวณจุดเริ่มต้นของโครงและส่งเสริมการเป็นโครงข่ายที่สมบูรณ์ โครงงานนี้ทำการศึกษาการตรวจรับคุณภาพวัสดุชั้นรองพื้นทาง(ลูกรัง)เพื่อให้ได้ตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบทที่ได้กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รูปตัดทั่วไปถนนโครงการก่อสร้างถนน สาย นย. 3001 แยก ทล.305 – บ.บางน้ำเปรี้ยว จังหวัดนครนายก

3.1.2 การเก็บตัวอย่างทรายถมคันทาง

การเก็บตัวอย่างลูกรังเนื่องจากดินลูกรังที่มาลงหน้างาน ลูกรังที่ใช้ก่อสร้างมีที่มาจาก 2 แหล่ง โดยไม่ทราบคุณสมบัติว่าได้ตามเกณฑ์มาตรฐานจึงต้องเก็บตัวอย่างลูกรังประมาณ 30-40 กิโลกรัมกลับมาเพื่อทดสอบคุณภาพของตัวอย่างลูกรังตั้งแต่ กม. 7+000 จนถึง 31+000 รวมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ่งจะมีการเก็บตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติ 1 ตัวอย่างต่อปริมาณลูกรัง 2000 ลูกบาศก์เมตร (คิดเป็น 1 ตัวอย่าง) จำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่างดังรูปในที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 3.3 รูปแสดงการลงลูกรังทั้ง2แหล่ง

รูปที่ 3.4 รูปการเก็บตัวอย่างลูกรัง

3.2 การรวบรวมข้อมูลผลทดสอบ

จากข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุชั้นรองพื้นทางในหน่วยงานนี้ โครงการได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของลูกรังประกอบไปด้วย

ตารางที่ 3.1 ตารางตัวอย่างผลการทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ (Sieve Analysis Test)

	สำนักก่อสร้างทาง **กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม**	วันที่ทดสอบ 28 กุมภาพันธ์ 2560 ตัวอย่างวัสดุ ลูกรัง
โครงการ	ถนนสาย นย.3001 แยก ทล.305 - บ.บางน้ำเปรี้ยว จ.นครนายก, ฉะเชิงเทรา	ผู้ทดสอบ
ควบคุมงาน	บริษัท วิชชากร จำกัด, เชนี เอนจิเนียริ่ง คอลซัลแตนท์ จำกัด	ผู้คำนวณ
ผู้รับจ้าง	บริษัท ยูนิค เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน)	ผู้ตรวจสอบ
แหล่งวัสดุ	กม. 21+750 LT ชั้นที่1 ใช้ก่อสร้างช่วง กม.-กม. กม.21+000 - 22+000	

SIEVE ANALYSIS (SOIL AGGREGATE)

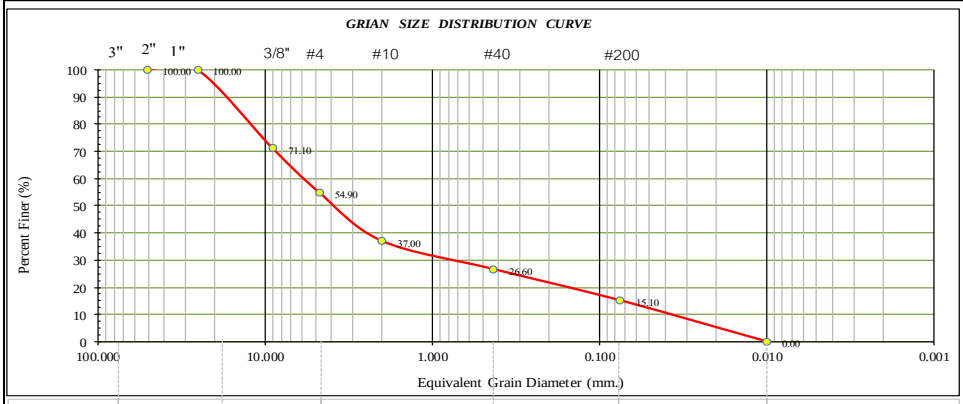
SAMPLE DATA

Container No.		2
Wt. Container + Dry Soil	(g)	1283.00
Wt. Container	(g)	283.00
Wt. Dry Soil in Test	(g)	**1000.00**

ตารางแสดงชั้นคุณภาพวัสดุ

ขนาดตะแกรง มาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ				
	ชนิด ก.	ชนิด ข.	ชนิด ค.	ชนิด ง.	ชนิด จ.
2”	100	100	-	-	-
1”	-	75-95	100	100	100
3/8”	30-65	40-75	50-85	60-100	-
เบอร์ 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100
เบอร์ 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
เบอร์ 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50
เบอร์ 200	2-8	5-20	5-15	10-25	6-20

Sieve No.	Sieve Openning (mm)	Wt. Sieve (g)	Wt. Sieve + Soil (g)	Wt. Soil Retained (g)	Percent Retained	Cumulative Percent Retained (%)	Percent Finer (Passing) (%)	เกณฑ์คัดสิน
No. 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	SPEC.ใช้งาน มทช. 202 - 2545 วัสดุรองพื้นทาง ชั้นคุณภาพวัสดุชนิด ข
No. 1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	
No. 3/8"	9.000	777.00	1066.00	289.00	28.90	28.90	71.10	
No. 4	4.750	776.00	938.00	162.00	16.20	45.10	54.90	
No. 10	2.000	693.00	872.00	179.00	17.90	63.00	37.00	
No. 40	0.430	573.00	677.00	104.00	10.40	73.40	26.60	
No. 200	0.075	514.00	629.00	115.00	11.50	84.90	15.10	
Pan		507.00	658.00	151.00	15.10	100.00		
Total Weight of Soil in Test (g):				1,000.00	**Loss (g):**	0.0	**Error (%):**	



AASHTO / ASTM	GRAVEL		SAND		SILT	CLAY
	COARSE 75-19 mm	FINE 19 - 4.75 mm	COARSE 4.75 - 0.425	FINE 0.425 - 0.075	0.075 →	0.01 →

หมายเหตุ

ตารางที่ 3.2 ตารางตัวอย่างผลการทดสอบการทดสอบหาค่าขีดเหลว (Liquid Limit, L.L,) การทดสอบกาขีดพลาสติก (Plastic Limit, P.L) และ การทดสอบหาค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plastic Index, P.I.)

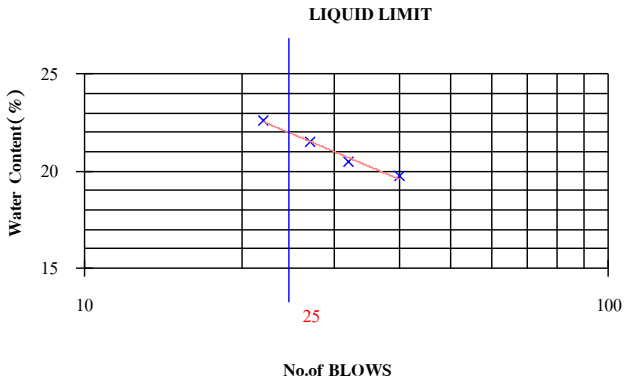
สำนักก่อสร้างทาง

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

ATTERBERG LIMIT TEST

โครงการ : ถนนสาย นย.3001 แยก ทล.305 - บ.บางน้ำเปรี้ยว จ.นครนายก, ฉะเชิงเทรา	**วันที่ :** 2/16/2560
แหล่งที่ : กม.6+200 LT	**ทดสอบโดย :**
ชนิดตัวอย่าง : ดินลูกรัง	**คำนวณโดย :**
ช่วงกม. : 6+000 ถึง 7+000	**ตรวจสอบโดย :**

		LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
DETERMINTION NO.		**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**
Can No.		4	8	7	5	12	15
Wt.Can + Wet Soil	(g)	65.15	65.27	57.74	58.27	50.57	57.95
Wt.Can + Dry Soil	(g)	61.75	61.60	55.35	55.62	49.67	56.45
Wt. WATER	(g)	3.40	3.67	2.39	2.65	0.90	1.50
Wt. Can	(g)	44.51	43.66	44.23	43.91	43.63	44.15
Wt. Day Soil	(g)	17.24	17.94	11.12	11.71	6.04	12.30
Water Content	%	19.72	20.46	21.49	22.63	14.90	12.20
No OF BLOWS		**40**	**32**	**27**	**22**	**Average P.L. =**	**13.55**



SUMMARY OF RESULT		
Liquid Limit	(%)	22.90
Plastic Limit	(%)	13.55
Plasticity Index	(%)	9.35

Remark : _____

ตารางที่ 3.3 ตารางตัวอย่างผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Compaction Test)

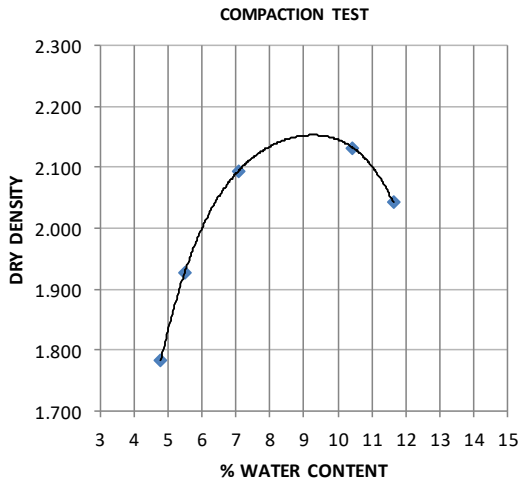
	สำนักก่อสร้างทาง กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม			COMPACTION TEST		
โครงการ	:	ก่อสร้างถนนสาย นย.3001 แยก ทล.305 - บ.บางน้ำเปรี้ยว จ.นครนายก, ฉะเชิงเทรา				
กม.ที่	:	7+750 RT	วันที่	:	21 ก.พ. 60	
ชนิดตัวอย่าง	:	ดินลูกรัง	ทดสอบโดย	:		
ช่วงกม.	:	7+000 ถึง 8+000	คำนวณโดย	:		
			ตรวจสอบโดย	:		
ประเภทของการบดอัด		☐ T99		☑ T180		
COMPACTION TEST		VOLUME OF MOLD =		947	cc.	
		WT. OF MOLF =		3654	gm.	

DENSITY

DETERMINATION No.		1	2	3	4	5
WT. OF MOLD + COMPACTED SOIL	gm.	5,423	5,578	5,777	5,884	5,813
WT. OF MOLD	gm.	3,654	3,654	3,654	3,654	3,654
WT. OF SOIL	gm.	1,769	1,924	2,123	2,230	2,159
WET DENSITY	gm./cc.	1.868	2.032	2.242	2.355	2.280
DRY DENSITY	gm./cc.	**1.783**	**1.926**	**2.094**	**2.132**	**2.042**

WATER CONTENT

CONTAINER No.		1	6	2	9	14
WT. OF CONTAINER + WET SOIL	gm.	119.23	120.75	124.56	117.45	111.45
WT. OF CONTAINER + DRY SOIL	gm.	115.76	116.76	119.26	110.53	104.43
WT. WATER	gm.	3.47	3.99	5.30	6.92	7.02
WT. CONTAINER	gm.	43.26	43.96	44.26	44.20	44.10
WT. DRY SOIL	gm.	72.5	72.8	75.0	66.3	60.3
WATER CONTENT	%	**4.79**	**5.48**	**7.07**	**10.43**	**11.64**



OPTIMUM MOISTURE CONTENT

O.M.C. = 9.40 %

MAXIMUM DRY DENSITY

Max γ_d = 2.153 gm./cc.

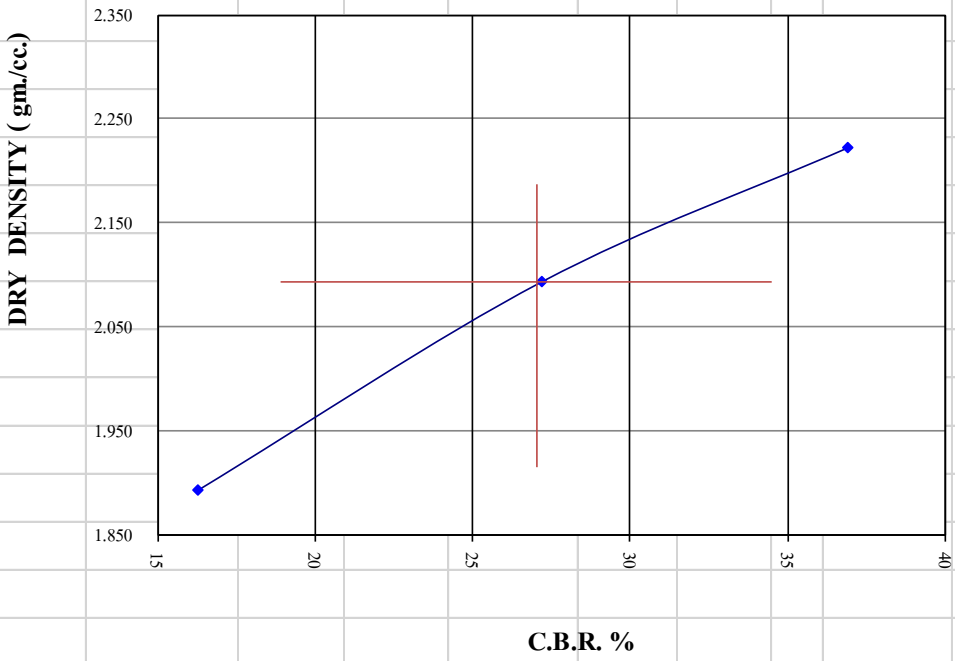
ตารางที่ 3.4 ตารางตัวอย่างผลการทดสอบหาค่า ซี.บี.อาร์. (C.B.R. Test)

	สำนักก่อสร้างทาง กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม	C.B.R. TEST

โครงการ :	ก่อสร้างถนนสาย นย.3001 แยก ทล.305 - บ.บางน้ำเปรี้ยว จ.นครนายก, ฉะเชิงเทรา		
กม.ที่ :	7+250 RT	วันที่ :	24 ก.พ. 60
ชนิดตัวอย่าง :	ดินลูกรัง	ทดสอบโดย :	
ช่วง กม. :	7+000 ถึง 8+000	คำนวณโดย :	
		ตรวจสอบโดย :	

BLOWS	C.B.R.	DENSITY	SWELL	REMARKS
12	16.29	1.893	2.65	
25	27.19	2.093	2.50	
56	36.90	2.222	2.36	

100%	Mod. PROCTOR	=	2.179	gm./cc.			
95%	Mod. PROCTOR	=	2.070	gm./cc.			
Optimum Moisture Content	9.30	%	Water Content of (molding) C.B.R. =			8.86	(avg.)%
Required Percent Compaction	95.00	%	C.B.R. =	**27.50**	%	**(Spce >25 %)**	



จากการทดสอบทั้ง 4 วิธีข้อมูลที่ต้องการเก็บรวบรวมคือ

1. ร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกิน(2/3) ของตะแกรงเบอร์ 40 ของรูปที่3.4
2. ค่าขีดเหลว (Liquid Limit, L.L) จะต้องไม่มากกว่า 35% และ ค่าความเป็นพลาสติก (Plastic Index, P.I) จะต้องไม่มากกว่า 11% ของรูป 3.5

3. ค่าความแน่นแห้งสูงสุดไม่น้อยว่า 2100 kg/m^3 ของรูปที่3.6

4. ค่า ซี.บี.อาร์ (ร้อยละ) ไม่น้อยกว่า 25% ของรูปที่ 3.7

3.3 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าที่เหมาะสมและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ

3.4.1 ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวนหากลุ่มประชากร ถนนกว้าง 3.5 เมตร 4ช่องจาราจร = 14 เมตร ความหนา 0.25 เมตร ระยะทางลูกรังตั้งแต่ กม. 7+000 จนถึง 31+000 ทั้งหมด 25 กิโลเมตร หรือ 25000 เมตร เก็บตัวอย่างทุกๆ 2000 ลูกบาก์ศเมตร เพราะฉะนั้น

$$N = \frac{14*0.25*25000}{2000} = 43.75 \text{ กลุ่มประชากร}$$

มี N = 43.75, x^2 = 3.841, e = ระดับคงามควาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ 10%หรือ (0.10), (ถ้าไม่ทราบให้กำหนด p = 0.5)

$$n = \frac{x^2Np(1-p)}{e^2(N-1)+x^2p(1-p)} = \frac{3.841*43.75*0.5(1-0.5)}{0.10^2(43.75-1)+3.841*0.5(1-0.5)}$$

n = 30.43 หรือ 30 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ในกรณีนี้ ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกับค่าเฉลี่ยของประชากรหรือกับเกณฑ์ ซึ่งมีขั้นตอน แสดงไว้ในบทที่ 2 [3]

ตัวอย่างที่ 1 โครงงานได้รวบรวมเอกสารผลการทดสอบหาค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์200 ของวัสดุรองพื้นทางของตัวอย่างลูกรังตั้งแต่ กม. 7+000 จนถึง 31+000 รวมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ซึ้งจะมีการเก็บตัวอย่างมาทดสอบคุณสมบัติ 1 ตัวอย่างต่อปริมาณลูกรัง 2000 ลูกบาศก์เมตร (คิดเป็นตัวอย่าง) จำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์และรวบรวมผลทดสอบ ค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จะต้องไม่มากกว่า (2/3) ของตะแกรงเบอร์40 คิดเป็น 20% จากผลทดสอบแต่ละฉบับ ได้ข้อมูลออกมา 30 ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างตารางคุณสมบัติของค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200

	ตัวอย่างการทดสอบ									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
ค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200										
	ตัวอย่างการทดสอบ									
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
	ตัวอย่างการทดสอบ									
	21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**

วิธีทำ ใช้ Z- test เมื่อตรวจสอบข้อมูลสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้น

1. ตั้งสมมุติฐาน H_0 : คุณสมบัติของลูกรังหน้างาน (μ) = คุณสมบัติของลูกรังทีบ่อดิน(μ_0)

H_1 : คุณสมบัติของลูกรังหน้างาน $(\mu) \neq$ คุณสมบัติของลูกรังทีบ่อดิน(μ_0)

2.วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติของค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มีดังสูตรที่ 15

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} = \frac{400}{30} = 13.33$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}} = \sqrt{\frac{5000-(400)^2/30}{30-1}}$$

$$= 3.4$$

3. เมื่อใช้สมมุติฐานการกระจายข้อมูลทางสถิติแบบ Z- test เพื่อตรวจรับคุณภาพวัสดุรองพื้นทางโดยใช้เกณฑ์ ค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์200 เฉลี่ยต่ำกว่า 20% (μ = 20) ด้วยค่านัยสำคัญα =**0.05** สามารถทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มเดียวโดยมีโจทย์ปัญหาที่ตั้งไว้คือผลสำรวจคุณภาพวั้สดุรองพื้นทาง(ลูกรัง)จำนวน 30 ตัวอย่าง มีค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์200เฉลี่ย ($\bar{X}$) =13.33 มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง (S) = 3.4 จะสรุปได้หรือไม่ว่า วัสดุรองพื้นทางนี้มีค่าร้อยละผ่านตะแกรงเบอร์200 เฉลี่ยต่ำกว่า 20%เมื่อทดสอบที่นัยสำคัญที่ α = 0.05 มีดังสูตรที่ 15

วิธีทำ $Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{13.33 - 20}{\frac{3.4}{\sqrt{30}}} = -10.74$

4. กำหนดขอบเขตวิกฤต โดยการหาค่า Z วิกฤต (จากตารางค่าวิกฤตของ Z)

5. ผลวิเคราะห์คือ ค่า Z ตกอยู่ในขอบเขตวิกฤต ดังนั้นจึงปฏิเสธ $\mathbf{H_0}$ หรืออาจใช้การเปรียบเทียบค่าสถิติโดยไม่คิดเครื่องหมายติดลบ พบว่า Z > Z วิกฤต (11.49> 1.645) ดังนั้นจึงปฏิเสธ $\mathbf{H_0}$และยอมรับ $\mathbf{H_1}$นั้นคือ วัสดุรองพื้นทาง (ลูกรัง) นี้ มีค่า % ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เฉลี่ยต่ำกว่า 20% และได้ตามเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวงชนบทที่ได้กำหนดไว้ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3.6 ตารางตัวอย่างการแสดงผลวิเคราะห์และตรวจสอบคุณสมบัติของลูกรัง

ตั้งสมมุติฐาน $\mathbf{H_0}$: คุณสมบัติของลูกรังหน้างาน (μ) = คุณสมบัติของลูกรังทีบ่อดิน(μ_0) $\mathbf{H_1}$: คุณสมบัติของลูกรังหน้างาน (μ) ≠ คุณสมบัติของลูกรังทีบ่อดิน(μ_0)			
ผลทดสอบ	**ลูกรังบ่อ A**	**ลูกรังบ่อ B**	**ผลวิเคราะห์และตรวจสอบจากหน้างาน**
Sieve Analysis (ร้อยละ)	13.32	14.45	10.74
Liquid Limit (ร้อยละ)			
Plastic Index (ร้อยละ)			
Compaction Test (g/cm^3)			
C.B.R Test (ร้อยละ)			

3.4 สรุปท้ายบท

จากขั้นตอนการดำเนินงานในบทนี้ ทำให้ได้วิธีการศึกษาข้อมูล การทดสอบในห้องทดลองสนาม และการเก็บรวบรวมข้อมูลของผลทดสอบวัสดุชั้นรองพื้นทาง รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของลูกรังในหน่วยงานที่ทดสอบได้ ด้วยหลักวิชาสถิติ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวัสดุตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้