بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنيك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

مشروع التخرج بعنوان:

إعادة تأهيل وتصميم طريق الحرايق الخليل "ميدان التحرير "

فريق العمل:-

محمود ابوعلان　　محمود الوحش　　محمد زعول

ايلد ذبالح

إشراف :-

م. مصعب شاهين

الخليل- فلسطين

بسم الله الرحمن الرحيم

إعادة تأهيل وتصميم طريق الحرايق الخليل "ميدان التحرير "

فريق العمل:-

محمود ابوعلان　　محمود الوحش　　محمد زعول

اياد ذهالج

إشراف :-

م.مصعب شاهين

تقرير مشروع التخرج

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

جامعـــة بوليتكنك فلسطيـــن

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص هندسة المساحة والجيوماتكس

كلية الهندسة و التكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية و المعمارية

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل- فلسطين

٢٠١٣

ملخص المشروع

إعادة تأهيل وتصميم طريق الحرايق الخليل "ميدان التحرير "

فريق العمل:-

محمود ابوعلان　　محمود الوحش　　محمد زعول

اياد ذبالح

إشراف :-

م.مصعب شاهين

تلخص فكرة هذا المشروع في توظيف الاعمال المساحية في اعادة تصميم وتأهيل الطريق الواصل بين ميدان التحرير و سدة الحرايق بحيث سيتم عمل تصميم للطريق يتماشى مع حاجة المواطنين من حيث عرض الطريق، المنحنيات الأفقية والرأسية فيها ، الميول الجانبية والأفقية اللازمة لتصريف مياه الامطار واستخدام الطريق بشكل امن. وسيتم التطرق الي التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية اللازمة.

وخلال العمل سيتم توظيف الكثير مما تعلمناه خلال الدراسة للقيام بالحسابات اللازمة بما فيها حساب الاحداثيات والارتفاعات وكميات الحفر والردم وحساب المضلعات وتصحيحها. وفي النهاية سيتم حساب التكلفة وتجهيز وثائق العطاء.

Abstract

rehabilitation of al tahreer street

Done by:

Mahmood abuallan

Mohammad zool

Mahmood al-wahesh

Iyad Thabalch

Palestine Polytechnic University

Supervisor

Eng. Musab Shahin .

The main idea of this project is to rehabilitation of al-tahrer road . The vertical and horizontal curves and super elevation shall be taken into consideration . Road safety will be considered, the structural design and lab tests will be made for the material of the construction .

During the work we will employ a lot of what we have been learned during the study to make the necessary calculations, including the calculation of coordinates,super elevations, cut and fill quantities and calculate and correct traverse . In the end, cost will be calculated & Processing of bid documents.

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الفصل الاول	1
١-١ نظرة عامة	2
١-٢ نبذه عن مدينة الخليل	3
١-٣ أهمية المساحة في تصميم الطرق	3
١-٤ فكرة المشروع	4
١-٥ منطقة الدراسة	4
١-٦ أهمية وأهداف المشروع	4
١-٧ طريقة العمل	5
١-٨ الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق	7
١-٨-١ المرحلة الاستطلاعية	7
١-٨-٢ المسح الميداني للطريق	7
١-٨-٣ التصميم النهائي للطريق	7
١-٩ نطاق عمل المشروع	8
١-١٠ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة	8
١-١١ العوائق والصعوبات	8
١-١٢ الجدول الزمنية لإعداد المشروع	9
الفصل الثاني	10
٢-١ المقدمة	11
٢-٢ أهمية أعمال المضلعات في الأعمال المساحية	11
٢-٣ أنواع المضلعات	11
٢-٣-١ المضلع المفتوح	11
٢-٣-٢ المضلع المغلق	12
٢-٤ قراءات المسافات والزوايا لمضلع المشروع باستخدام جهاز المحطة الشاملة	13
٢-٥ حساب إحداثيات النقاط قبل التصحيح	14
٢-٦ تصحيح الأخطاء للمضلع	16

٢-٦-١ الأخطاء في المسافات	16
٢-٦-٢ الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز	16
٢-٦-٣ أخطاء التوجيه	17
٢-٦-٤ الأخطاء في قياس الزوايا	18
٢-٧ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات	19
٢-٧-١ least square method	19
٢-٧-٢ Relative error ellipse	22
الفصل الثالث	27
٣-١ المقدمة	28
٣-٢ تعريف بالمشاكل	28
٣-٣ عيوب الرصفة الإسفلتية	29
٣-٣-١ الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل Alligator/Fatigue Cracking	29
٣-٣-٢ الشقوق الشبكية Block cracking	31
٣-٣-٣ الشقوق الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks	32
٣-٣-٤ الـرقـع Patching	34
٣-٣-٥ هبوط الأكتاف Lane Shoulder Drop	35
٣-٣-٦ الشقوق الإنزلاقية Slippage Cracks	37
٣-٣-٧ التطاير والتآكل Raveling and Weathering	38
٣-٣-٨ الشقوق الجانبية Edge Cracking	40
٣-٣-٩ الشقوق الانعكاسية Reflection Cracking	41
٣-٣-١٠ الحُفر Potholes	43
٣-٣-١١ رقع حفريات الخدمات Utility Cut Patch	45
٣-٤ طرق المعالجة	46
٣-٥ عرض الشارع	47
٣-٦ تجمع مياه الأمطار	48
٣-٧ مشكلة الإضاءة الغير كافية على الطريق	49

51	الفصل الرابع
53	٤-١ مقدمة
53	٤-٢ أسس عملية التصميم
53	٤-٢-١ حجم المرور Traffic volume
53	٤-٢-١ تركيب المرور Character of Traffic
53	٤-٢-٣ السرعة التصميمية Design speed
54	٤-٢-٤ قطاع الطريق
54	٤-٢-٥ عرض الحارة lane width
54	٤-٢-٦ الأرصفة Sidewalks
54	٤-٢-٧ الميول العرضية
55	٤-٢-٨ الميول الطولية
55	٤-٢-٩ الجزر الفاصلة بين الاتجاهين Medians
55	٤-٢-١٠ الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشادية Guardrails and Guide Posts
55	٤-٢-١١ الجدر الاستنادية
56	٤-٣ العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق
57	٤-٤ التخطيط الأفقي للطريق
57	٤-٤-١ المنحنيات الأفقية
57	٤-٤-١-١ المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves
59	٤-٤-١-٢ المنحنيات الانتقالية Transition Curves
60	٤-٤-١-٣ القوة الطاردة المركزية
62	٤-٤-٢ ارتفاع ظهر المنحنى (التعلية)
62	٤-٤-٢-١ زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات (التوسعة على المنحنيات)
62	٤-٤-٢-٢ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق(التعلية)
64	٤-٥ التخطيط الراسي للطريق Vertical Alignment

٤-٤-١ أنواع المنحنيات الرأسية	64
٤-٤-٢ عناصر المنحنى الرأسي	65
٤-٤-٣ الميول الرأسية العظمى	65
٤-٤-٤ طول المنحنى الرأسي	66
٤-٥ إشارات المرور المستخدمة	66
٤-٦-١ أنواع الإشارات	67
٤-٦-٢ مواصفات الإشارات	69
٤-٧ علامات المرور (Traffic Marking)	70
٤-٧-١ أهداف علامات المرور	70
٤-٧-٢ الشروط الواجب توفرها في العلامات	70
٤-٧-٣ أنواع علامات المرور في الطريق	71
الفصل الخامس	73
٥-١ مقدمة	74
٥-٢ العناصر الإنشائية للرصفة المرنة	74
٥-٢-١ طبقة التربة الأصلية (Sub Grade)	75
٥-٢-٢ طبقة ما تحت الأساس (Sub Base)	75
٥-٢-٣ طبقة الأساس (Base Course)	75
٥-٢-٤ الطبقة السطحية الإسفلتية (Surface Course)	75
٥-٣ الرصف	75
٥-٣-١ مقدمة	75
٥-٣-٢ أنواع الرصف المختلفة	76
٥-٣-٣ العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO	76
٥-٤ الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق	77
٥-٤-١ اختبارات الدمك المعملية	77

٣-٥-٢ اختبار بروكتور (Proctor Test)	77
٣-٥-٣ فحص الدمك في المختبر (Laboratory Compaction Test)	77
٣-٦ تصميم الرصفة المرنة	87
٣-٦-١ حساب قيمة (ESAL)	87
٣-٦-١-١الحمل المكافئ لمحور مفرد	87
٣-٦-١-٢معامل حمل المحور المكافئ	87
٣-٦-٢حساب سماكة طبقات الرصف	92
٣-٦-٢-١معامل الرجوعية (Mr)	93
٣-٦-٢-٢ الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة	94
٣-٦-٢-٣ الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation)	94
٣-٦-٢-٤ الرقم الإنشائي (SN)	95
٣-٦-٢-٥ موثوقية تصميم الرصفة المرنة	96
الفصل السادس	101
٦-١ مقدمة	102
٦-٢ حساب مساحة المقاطع العرضية	102
٦-٢-١ طريقة الإحداثيات	102
٦-٣ حساب الحجوم والكميات	104
٦-٣-١ حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقاطع الوسطى	104
٦-٣-٢ حالات المقاطع العرضية المتتالية	104
الفصل السابع	109
٧-١ مقدمة	110
٧-٢ أهمية صرف المياه	110
٧-٣ متطلبات صرف المياه من الطريق	111
٧-٤ أنواع صرف المياه	112

٧-٤-١ الصرف السطحي	112
٧-٤-٢ تجميع المياه السطحية	112
٧-٥ حسابات التصميم	112
الفصل الثامن	116
٨-١ مقدمة	117
٨-٢ مواصفات الإضاءة	117
٨-٣ أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة	117
٨-٤ طريقة توزيع الإضاءة على الشارع(Arrangement)	119
٨-٥ ارتفاع أعمدة الإنارة	120
٨-٦ المسافة بين أعمدة الإنارة	120
الفصل التاسع	123
٩-١ مقدمة	124
٩-٢ حساب تكلفة الطريق	124
٩-٢-١ تكلفة الحفر والردم	124
٩-٢-٢ حساب تكلفة طبقات الرصفة	124
٩-٢-٣ تكلفة الجبة الحجرية	126
٩-٢-٤ التكلفة المستقبلية لصيانة الطريق	126
الفصل العاشر	127
١٠-١ النتائج	128
١٠-٢ التوصيات	128

فهرس الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
١-٢	المراحل الزمنية لإعداد مقدمة المشروع	9
٢-٢	مراحل الزمنيه لاعداد المشروع	9
١-٣	قراءات المضلع (زوايا ومسافات)	13
٢-٣	القراءات بعد حساب الوسط الحسابي	14
٣-٣	الإحداثيات غير المصححة (الأولية) للمحطات في الميدان	15
٤-٣	الإحداثيات المعلومة إحداثيات (GPS)	15
٥-٣	قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية	17
٦-٣	معدل المسافات المقروءة بين المحطات و مقدار الخطأ في كل مسافة	18
٧-٣	الإحداثيات المصححة للمحطات في الميدان	22
٨-٣	قيم الأخطاء الناتجة	25
٩-٣	تحليل البيانات المدخلة	25
١٠-٣	أطوال الخطوط التي تربط كل محطتين والزوايا المحصورة بينها	26
١-٤	صيانة الشقوق التمساحية	30
٢-٤	صيانة الشقوق الشبكية	32
٣-٤	صيانة الشقوق الطولية والعرضية	33
٤-٤	صيانة الرقع	35
٥-٤	صيانة هبوط الأكتاف	36
٦-٤	صيانة الشقوق الإنزلاقية	38
٧-٤	صيانة التطاير والتآكل	39

٣-٨	صيانة الشقوق الجانبية	41
٣-٩	صيانة الشقوق الانعكاسية	43
٣-١٠	صيانة الحفر	44
٤-١	السرعة حسب تصنيف الطريق	53
٤-٢	أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق	58
٤-٣	الحد الأدنى لنصف القطر على المنحنى	59
٤-٤	المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة والتقاطع الذي تدل عليه الإشارة	70
٥-١	الكثافة الرطبة لعينة Base course	79
٥-٢	الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة Base course	79
٥-٣	الكثافة الرطبة لعينة sub grade	80
٥-٤	الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة sub-grade	80
٥-٥	بعض قيم نسبة التحمل (CBR)	82
٥-٦	المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن	83
٥-٧	حساب نسبة التحمل (CBR)	83
٥-٨	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب base coarse	85
٥-٩	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب sub grade	86
٥-١٠	نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية(f_d)	88
٥-١١	معامل النمو (G_f)	89
٥-١٢	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية(Load Equivalency factor)	90
٥-١٣	متوسط عدد المركبات لكل ساعة	91

١٤	معامل الطبقة لطبقة الأساس الحصوية (a2) المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات الرجوعية (Mr)	93
١٥	معامل طبقة الخلطة الإسفلتية (a1) المقابل لمعامل مرونة الطبقة الإسفلتية عند درجة حرارة 20C	94
١٦	الانحراف المعياري حسب نوع الطريق	94
١٧	تعريف جودة التصريف	95
١٨	معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi)	95
١٩	مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق	96
٢٠	سماكة طبقات الرصف	95
١	مساحات وحجوم المقاطع العرضية	107
٢	توضيحي لقيم معامل فائض مياه الأمطار ونوع السطح الذي تأثر فيه	112
٣	حسابات كمية مياه الأمطار	113
٤	مناسب المناهل والمسافات بين المناهل	114
٥	القيم الناتجة بعد اجراء عمليه تصميم تصريف الامطار	115
٦	العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطريق وارتفاع العمود والمسافة عن حافة الطريق	121

فهرس الاشكال و الصور

رقم الشكل- الصورة	اسم الشكل – الصورة	رقم الصفحة
١-١	منطقة المشروع	4
٢-١	خطوات عمل المشروع	6
١-٢	open traverse	11
٢-٢	Link traverse	12
٣-٢	Closed traverse	12
٤-٢	ellipse	24
١-٣	رسمة الشقوق التماسية	29
٢-٣	الشقوق التماسية	29
٣-٣	رسمة الشقوق الشبكية	31
٤-٣	الشقوق الشبكية	31
٥-٣	الشقوق الطولية والعرضية	32
٦-٣	الشقوق الطولية والعرضية	33
٧-٣	رسمة للرقع	34
٨-٣	الرقع	34
٩-٣	رسمة لهبوط الأكتاف	35
١٠-٣	هبوط الأكتاف	36
١١-٣	الشقوق الإنزلاقية	37
١٢-٣	الشقوق الإنزلاقية	37
١٣-٣	التطاير والتاكل	38
١٤-٣	الشقوق الجانبية	40
١٥-٣	الشقوق الجانبية	40

٣-١٦	رسمة للشقوق الانعكاسية	42
٣-١٧	الشقوق الانعكاسية	42
٣-١٨	رسمة للحفر	43
٣-١٩	الحفر	44
٣-٢٠	رسمة لرقع الحفريات	45
٣-٢١	رقع الحفريات	45
٣-٢٢	عرض الطريق	47
٣-٢٣	إقامة مجاري المياه تحت الأرصفة	48
٣-٢٤	إضاءة الطريق	49
٤-١	منحنى دائري بسيط	57
٤-٢	المنحنى الانتقالي	60
٤-٣	تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات	61
٤-٤	الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الأولى	63
٤-٥	الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الثانية	63
٤-٦	الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الثالثة	63
٤-٧	فرق الميل أو زاوية الميل	64
٤-٨	عناصر المنحنى الراسي	65
٤-٩	إشارات المنع المستخدمة في الطريق	67
٤-١٠	إشارات التوجيه المستخدمة في الطريق	67
٤-١١	إشارات إرشادية خاصة بالتقاطعات	68
٤-١٢	إشارات التحذير المستخدمة في الطريق	68
٤-١٣	إشارات الأوامر	68
٤-١٤	إشارة مثلث الطوارئ	69
٥-١	طبقات الرصفة المرنة	75
٥-٢	أدوات فحص الدمك	78

٣-٥	منحنى العلاقة بين رطوبة التربة وكثافتها الجافة	80
٤-٥	منحنى العلاقة ما بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة لعينة sub-grade	81
٥-٥	منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز	85
٦-٥	منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز	86
٧-٥	منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية(a_1)	96
٨-٥	معامل طبقة a_2(Base course)	97
٩-٥	منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN لطبقات الرصفة المرنة	97
١-٦	مقطع عرضي لطريق	103
٢-٦	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات	103
١-٨	أعمدة الإضاءة على الطريق	118
٢-٨	توزيع الأعمدة في جهة واحدة	119
٣-٨	توزيع الإنارة في المنتصف	119
٤-٨	توزيع الأعمدة بشكل ترنحي	119
٥-٨	ترتيب الإنارة بشكل تقابلي	120

١

الفصل الاول

المقدمة

١-١ نظرة عامة .

١-٢ نبذه عن مدينة الخليل .

١-٣ أهمية المساحة في تصميم الطريق .

١-٤ فكرة المشروع .

١-٥ منطقه الدراسة .

١-٦ أهمية وأهداف المشروع .

١-٧ طريقة العمل .

١-٨ الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق .

١-٨-١ المرحلة الاستطلاعية .

١-٨-٢ المسح الميداني للطريق .

١-٨-٣ التصميم النهائي للطريق .

١-٩ نطاق عمل المشروع .

١-١٠ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة .

١-١١ العوائق والصعوبات .

١-١٢ الجدول الزمني لإعداد المشروع .

الفصل الأول

المقدمة

١-١ نظرة عامة

يعالج علم الطرق موضوع مسح المنطقة المنوي فتح الطريق فيها، ودراسة المنطقة طبوغرافيا وجيولوجيا، و إعداد التصاميم ودراسة المواد وخواصها سواء أكانت هذه الطرق تصل بين المدن أو بين الأقطار المتجاورة، أو تصل بين المدن والقرى أو بين القرى نفسها، أو كانت توصل إلى المناطق السياحية والزراعية وغيرها للوصول إلى التصميم الهندسي المناسب للطريق حيث يعرف التصميم الهندسي للطريق على أنه عملية إيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل المسار ومسافات الرؤية والعروض والانحدارات... الخ.

وحتى نتمكن من تحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم بعد موازنة بعض العوامل مثل أهمية الطريق وتقدير حجم وخصائص المرور والتضاريس والتكلفة الممكنة، لا بد في البداية من تصنيف الطرق من حيث كونها طرقاً رئيسية أو فرعية أو محلية. وتعتبر السرعة التصميمية والانحدار الحاكم هما بدورهما القاعدة الأساسية لوضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الرأسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم أن يطوع هذه الحدود أو أعلى منها من أجل التوصل إلى مستقط أفقي وقطاع طولي للطريق. ثم تأتي مرحلة تفاصيل الأبعاد الهندسية للتقاطعات ذات المستوى الواحد أو المستويات المتعددة ولطرق الخدمة ولغيرها من الملامح.

ويبين علم الطرق أسس تخطيط الطرق حيث يطلق لفظ التخطيط عادة على عملية اختيار وتوقيع محور مسار الطريق على الطبيعة. والتخطيط الأفقي يشمل الأجزاء الأفقية (المماس) والأجزاء المنحنية (منحنيات أفقية). أما التخطيط الرأسي فيشمل الانحدارات والمنحنيات الرأسية.

وأخيراً لابد من تحديد تفاصيل العلامات والخطوط وإشارات المرور إن وجدت وغيرها من مقاييس التحكم في المرور. ويمكن الوصول إلى طريق لا يسبب حوادث ويحقق الانسياب السلس بجعل جميع عناصر الطريق تتمشى مع توقعات السائقين بتجنب التغيرات المفاجئة في مواصفات التصميم.

١-٢ نبذه عن مدينة الخليل

تاريخيا:

"مدينة فلسطينية ، ومركز لمحافظة الخليل . اول من سكنها الكنعانيون في ألاف الثالث قبل الميلاد ،ومر عليها العديد من الغزاة عبر التاريخ حيث تعرّضت الخليل هي وبقية فلسطين للغزو الأشوري والبابلي والفارسي والإغريقي والروماني والبيزنطي .فتحها العرب المسلمون في القرن السابع الميلادي. واحتلها الصليبيون عام1167 م وبنوا كنيسة فوق المسجد ولكن القائد صلاح الدين الأيوبي استردها منهم بعد معركة حطين سنة1187 م .تطورت المدينة في العهدين المملوكي والعثماني ، كما ازدهرت فلسطين حيث تأسست بلدية الخليل عام1927 م لتشرف على التنظيم المدني ودعمه بالمرافق اللازمة وتطوير منشآتها والحفاظ على بيئة مدنية مناسبة للسكان .وللخليل أهمية دينية للديانات الإبراهيمية الثلاث حيث يتوسط المدينة المسجد الإبراهيمي الذي يحوي مقامات للأنبياء إبراهيم، وإسحق، ويعقوب وزوجاتهم. كذلك للمدينة أهمية اقتصاديه حيث تُعتبر من أكبر المراكز الاقتصادية الفلسطينية." [1]

" تقع مدينة الخليل في الضفة الغربية إلى الجنوب من القدس بحوالي ٣٥ كم وتعتبر أكبر المدن الفلسطينية من حيث عدد السكان والمساحة بعد مدينة غزة حيث يبلغ عدد سكانها قرابة ٤٠٠ ألف نسمة وتبلغ مساحتها ٤٢ كم2، و يحدها من الشمال مدينة حلحول و مدينة سعير ومدينة بيت امر ،ومن الشرق مدينة بني نعيم ومدينة يطا ، ومن

الغرب مدينة ترقوميا ومدينة إذنا ومن الجنوب مدينة دورا ومخيم الفوار ". [2]

١-٣ أهمية المساحة في تصميم الطرق

تستند أعمال تصميم مشاريع الطرق على قدر هائل من المعلومات المهمة ، هذه المعلومات تحتاج إلى تصور حقيقي وحسابات دقيقة لتنتج تخطيط أفضل وتصميم أكثر تجاوبا مع الأهداف المطلوبة ، وغياب هذه المعلومات يؤدي إلى تخطيط عشوائي وخسارة فادحة ، لذا كان لابد من توفر أجهزة وبرامج تصميم خاصة لتغطية هذه الحسابات .

في العقود الثلاث الماضية ازداد الإقبال على أجهزة قياس المسافات الإلكترونية واستخدام وسائل المساحة الجوية ومعلومات الأقمار الصناعية بالنظر لما توفره هذه المصادر من توفير للوقت والجهد ودقة هائلة في القياس.

---

[1] موسوعة wikipedia، كتاب بلدية الخليل.

[2] موسوعة Wikipedia مدينة الخليل الموقع الجغرافي .

١-٤ فكرة المشروع

تشتمل فكرة المشروع في الأعمال المساحية اللازمة للتصميم الهندسي للطريق الواقع في جنوب مدينة الخليل ، وهو عبارة عن طريق معبد بطول حوالي ١ كم ، ونهدف من وراء هذا العمل القيام بوضع تصميم نموذجي لهذا الطريق، و الاهتمام قدر الإمكان بجميع عناصر الطريق من حيث التخطيط الافقي والتخطيط الراسي، ويشمل الرفع الجانبي للطريق الذي يعرف باسم (Super elevation)، وكذلك عمل الميول الجانبية والأقنية الجانبية وحل مشكلة تجمع مياه الامطار في فصل الشتاء، ومن ثم تصميم القطاعات العرضية وتحديد عرض الرصيف والأكتاف وارصفة المشاة والجزر الوسطية وحساب الكميات .

١-٥ منطقة الدراسة

تقع هذه الطريق في الجزء الجنوبي لمدينة الخليل في منطقة تسمى الحرايق ، وتعتبر مدخل رئيسي للمدينة ويبلغ طول الطريق المشمول في الدراسة حوالي ١٠٠٠ م وبعرض ٢٠ م .

الشكل (١-١) : منطقة المشروع .[٣]

١-٦ أهمية وأهداف المشروع

تعتبر المنطقة التي يقع فيها الطريق من المناطق الأكثر أهمية في مدينة الخليل كون هذه المنطقة تعتبر المدخل الرئيسي للمدينة من الجهة الجنوبية بالإضافة إلى أنها الطريق الواصل بين مدينة الخليل ومدينة الظاهرية ومدينة السموع ومخيم الفوار وبعض قرى مدينة دورا ، حيث يهدف هذه المشروع إلى إعطاء رونق خاص وأكثر ايجابية من الوضع الحالي ، كما يهدف المشروع إلى خدمة المنطقة السكنية الواقعة في منطقة المشروع وزيادة حيويتها ، بالإضافة إلى إتباع سبل الأمان على الشارع وإيجاد حلول لكافة المشاكل

[٣] صورة جوية لمنطقة المشروع

وتأهيل الطريق حسب المواصفات الفنية والهندسية طبقا للنظام المعتمد في وزارة الأشغال العامة المستخدم في الضفة الغربية.

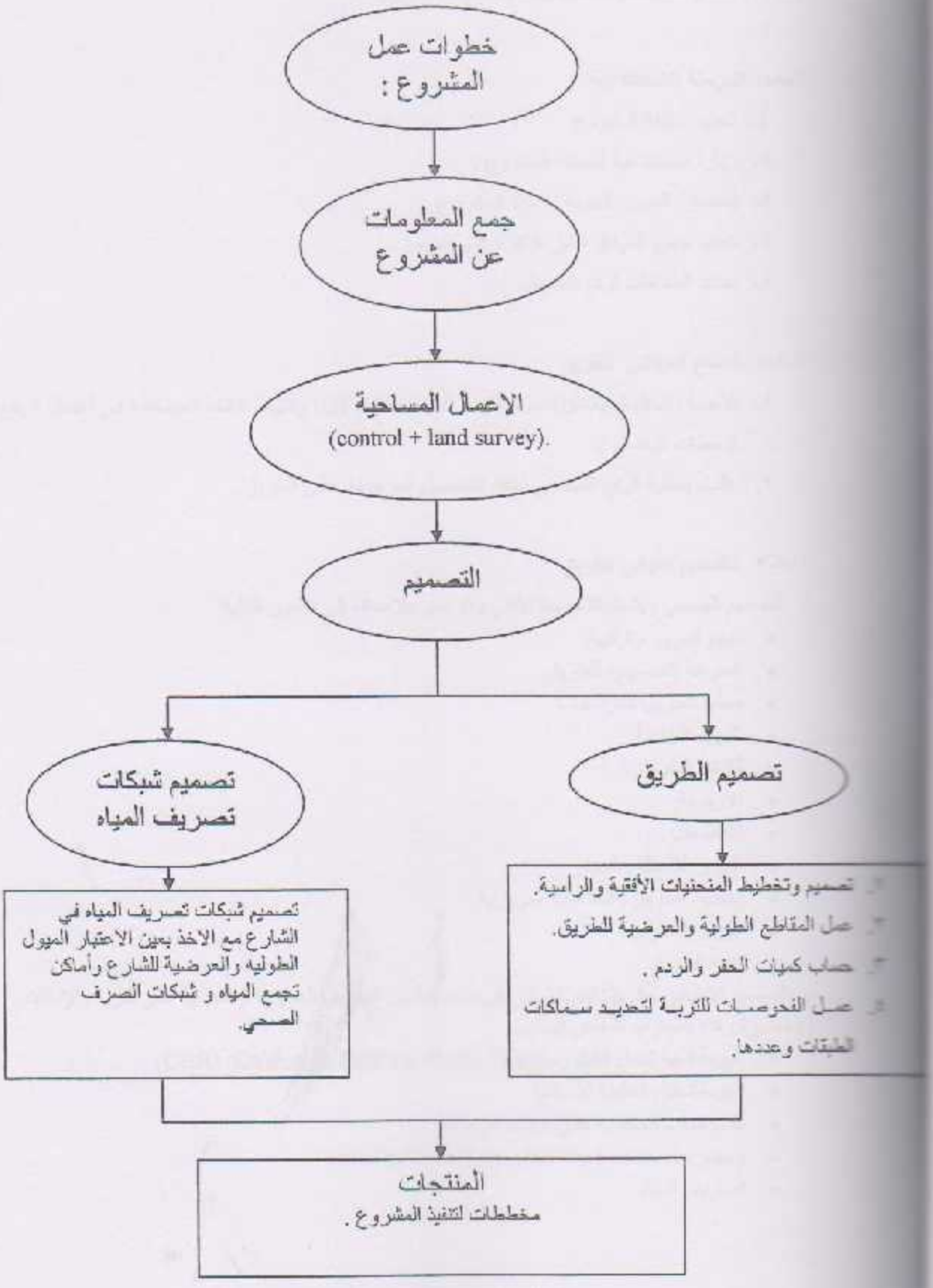
إن هذا المشروع يهدف الى عمل تصميم تفصيلي للطريق حيث يتضمن هذا التصميم ما يلي:

أ- التصميم الهندسي للطريق: الذي ويشمل التخطيط الأفقي والراسي، حجم المرور وتركيبه، السرعة التصميمية، عرض المسرب، إنارة الطريق. علامات المرور، وغيرها.

ب- التصميم الإنشائي للطريق: والذي يشمل على مجموعة من التجارب المخبرية والميدانية على التربة والإسفلت والحصى، ومن هذه التجارب تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا CBR وبعض الفحوصات المخبرية.

١-٧ طريقة العمل

- اختيار موضوع البحث (دراسة وتصميم شارع الحاووز – منده الحرايق) وبما أن المشروع هو طرق فقد قمنا بالبحث عن طريق مناسب يتوفر فيه عدة خصائص مناسبة للمشروع مثل الطول، المكان، الحاجة . فتم الاستفسار عن الموضوع ومناقشته مع المشرف للموافقة عليه .
- القيام بزيارة ميدانية (استطلاعية) للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم وتعيين نقاط المضلع الكاشفة لأجزاء الطريق (stations).
- البحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الاستفادة منها في المشروع .
- القيام بتنفيذ العمل الميداني مع مسح للشارع ورفع التفاصيل من اجل تجهيز المخططات اللازمة لعملية التخطيط والتصميم. وتبدأ عملية المسح الميداني من نقطة معلومة الإحداثيات مربوطة بمضلع مغلق (Traverse) ومعالجته من الأخطاء باستخدام Adjustment by Least Squares وذلك من اجل دقة العمل المساحي .
- عملية التخطيط والتصميم بمراحله المختلفة حسب المعطيات من العمل الميداني.
- كتابة المشروع مع مراعاة الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة مع مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.
- بعد الإنهاء من المقدمة وتسليمها يتم الاستمرار في عملية التصميم كتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة المتبعة في جامعة بوليتكنك فلسطين، حيث نبدأ أولا بالقراءة واستخلاص النتائج والمعلومات المفيدة من عملية التصميم ومن ثم المراجع وصياغتها وترتيبها بشكل مناسب.



الشكل (١-٢) : خطوات عمل المشروع .

١-٨ الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق

١-٨-١ المرحلة الاستطلاعية

١- تحديد منطقة المشروع .
٢- زيارة استطلاعية لمنطقة المشروع .
٣- إحضار الصور الجوية لمنطقة المشروع .
٤- تحديد جميع العوائق الغير ظاهرة على الصور .
٥- تحديد المحطات لرفع الطريق.

١-٨-٢ المسح الميداني للطريق

١. الأعمال الحقلية وتشمل تحديد النقاط المرجعية (GPS) وتثبيت النقاط المساعدة في أعمال الرفع (محطات المضلع).
٢. القيام بعملية الرفع المساحي لكافة التفاصيل الموجودة على الطريق .

١-٨-٣ التصميم النهائي للطريق

أ- التصميم الهندسي ويشمل التخطيط الأفقي والرأسي بالإضافة إلى الأمور التالية:

- حجم المرور وتركيبه.
- السرعة التصميمية للطريق.
- سطح الطريق المرصوف.
- الميول الجانبية.
- أكتاف الطريق.
- الأرصفة.
- التقاطعات .
- الجزر الفاصلة والجبه.
- تخطيط الطريق والعلامات المرورية.
- عرض المسرب.
- إنارة الطريق.

ب-التصميم الإنشائي للطريق الذي يشمل على مجموعة من التجارب المخبرية والميدانية على التربة والإسفلت والحصى، وهذه التجارب تتلخص فيما يلي:

- تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(California Bearing Ratio Test) (CBR).
- تجربة تحليل الخلطة الإسفلتية.
- الفحوصات المخبريه على طبقات الرصفة.
- وسيتم عمل حساب كميات للمشروع وإعداد وثائق العطاء .
- تصريف المياه .

١-٩ نطاق عمل المشروع

تم الاتفاق على أن تكون هيكلية المشروع موزعة كما يلي :

الفصل الأول : مقدمة عامة حيث تشمل نبذة تاريخية وفكرة المشروع وأهدافه وأهميته ومنطقة المشروع .

الفصل الثاني : المضلعات ويتضمن تعريف المضلعات وأنواعه وتصحيح المضلعات .

الفصل الثالث : مشاكل الطريق وحلول مقترحه لهذه المشاكل .

الفصل الرابع : أسس التصميم الهندسي للطريق ويشمل حجم المرور وتخطيط الطريق وتصميم المنحنيات الرأسية والأفقية وكذلك المقاطع العرضية والطولية.

الفصل الخامس: التصميم الإنشائي للطريق ويتضمن الفحوصات المخبرية وتصميم الطبقات وتحديد سماكاتها .

الفصل السادس : حساب كميات الحفر والردم.

الفصل السابع : تصميم شبكة تصريف المياه .

الفصل الثامن : الانارة على الطريق.

الفصل التاسع : التكلفة والعطاء

الفصل العاشر : النتائج والتوصيات .

١-١٠ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة

١. جهاز المحطة الشاملة Total Station.
ومرفقاته من (عواكس ، شواخص ، وشريط القياس، وعلبة الدهان، وأجهزة اللاسلكي).
٢. برنامج AutoCAD 2007.
٣. برنامج Adjust Computation.
٤. برنامج Arc GIS 9.2.
٥. AutoCAD Civil 3D 2012.

١-١١ المعوقات والصعوبات

١- صعوبة الحصول على المعلومات من الجهات الرسمية أثناء عملية جمع المعلومات.
٢- ازدحام المرور في تلك المنطقة كان له أثر كبير في صعوبة العمل الميداني.
٣- الأحوال الجوية الماطرة .
٤- وجود حاجز تفتيش لجيش الاحتلال في نهاية الطريق .

١-١٢ الجدول الزمنية لإعداد المشروع

جدول (١-١) المراحل الزمنية لاعداد مقدمة المشروع

الاسبوع / النشاط	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
اختيار المشروع و جمع المعلومات																
المساحة الاستطلاعية																
العمل الميداني وأخذ المحطات																
العمل المكتبي																
الرسم باستخدام الكمبيوتر																
تجهيز التقرير الأولي لمقدمة المشروع																
تجهيز التقرير النهائي لمقدمة المشروع																

الجدول (١-٢) مراحل الزمنيه لاعداد المشروع

الاسبوع / النشاط	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
حصر عدد المركبات السائرة على الطريق																
عمل تجربة الدمك على التربة																
عمل اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا																
العمل المكتبي																
اعداد المخططات التنسيبية للطريق باستخدام الكمبيوتر																
اعداد تقرير الحجوم والتثبيت																
اعداد تقرير تكلفة المشروع																
تجهيز التقرير النهائي للمشروع																

٢

الفصل الثاني

أعمال المضلعات " Traversing "

٢-١ مقدمه

٢-٢ أهمية أعمال المضلعات في الأعمال المساحية .

٢-٣ أنواع المضلعات.

٢-٣-١ المضلع المفتوح .

٢-٣-٢ المضلع المغلق.

٢-٤ القراءات

٢-٥ حساب إحداثيات النقاط قبل التصحيح

٢-٦ تصحيح الأخطاء للمضلع .

٢-٦-١ الأخطاء في المسافات .

٢-٦-٢ الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز .

٢-٦-٣ أخطاء التوجيه .

٢-٦-٤ الأخطاء في قياس الزوايا .

٢-٧ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات.

٢-٧-١ least square method .

٢-٧-٢ Relative error ellipse .

٢-٨ النتائج.

الفصل الثاني

أعمال المضلعات " Traversing "

٢-١ المقدمة

يعرف المضلع هو عبارة عن مجموعة من الخطوط المتصلة المتعرجة التي تحيط أو تخترق المساحة المطلوب رفعها ، حيث تقاس حقليا أطوال هذه الخطوط والزوايا بينها ومن ثم يتم تحديد المواقع النسبية لنقاط المضلع بالنسبة لبعضها البعض .وفي هذا المشروع تم اختيار المضلع من نوع (link traverses) وتم اختيار نقاط المضلع بحيث تكون كاشفة للنقطة التي تسبقها وكاشفة لمنطقة المشروع التي سنقوم لاحقا بمسحاتها مسحا تفصيليا وكان عدد النقاط التي تكشف منطقة المشروع ٥ نقاط بالاضافة الي ٤ نقاط GPS ، وفي عمليه رصد نقاط المضلع تم استخدام جهاز المحطة الشاملة من نوع (Total Stao n Leica TC605) .

٢-٢ أهمية أعمال المضلعات في الأعمال المساحية

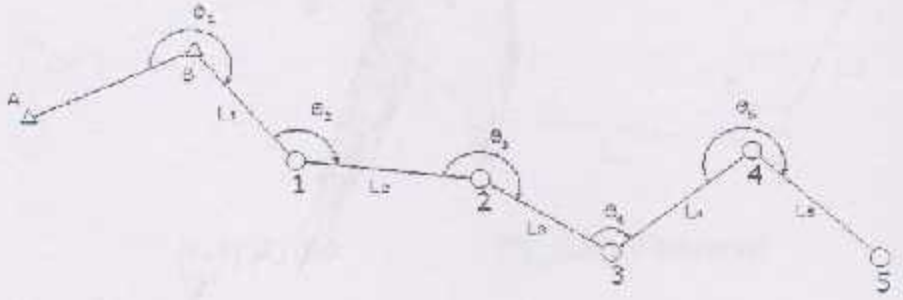
تعتبر أعمال المضلعات من أهم الأعمال المساحية التي تخدم اعمال الرفع المساحي اللازمة للمنشآت الهندسية ومواقع البناء وأعمال الطرق والسكك الحديدية أو المعالم الطبيعية (جبلية أو زراعية) وكذلك اعمال رسم الخرائط الطبوغرافية .

٢-٣ أنواع المضلعات

تنقسم المضلعات إلى :

٢-٣-١ المضلع المفتوح

وفيه تبدأ الأرصاد من نقطة معلومة الإحداثيات ولكن لا تنتهي عند نفس النقطة ولا ترتبط بنقطة اخرى معلومة الإحداثيات ، ولذلك لا يمكن التحقق من أرصاده.



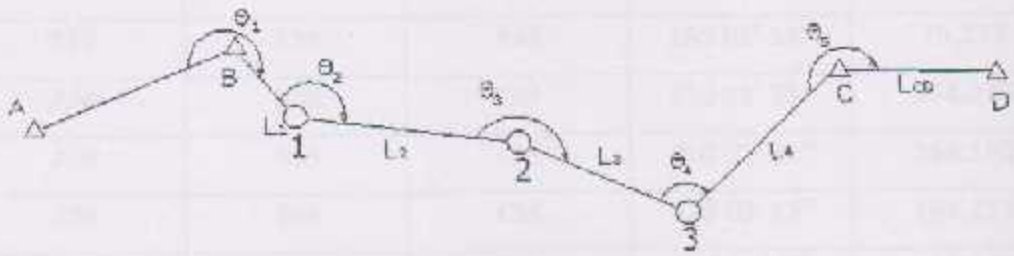
شكل رقم (٢-١) (١)_(open traverse)

٢-٣-٢ المضلع المغلق

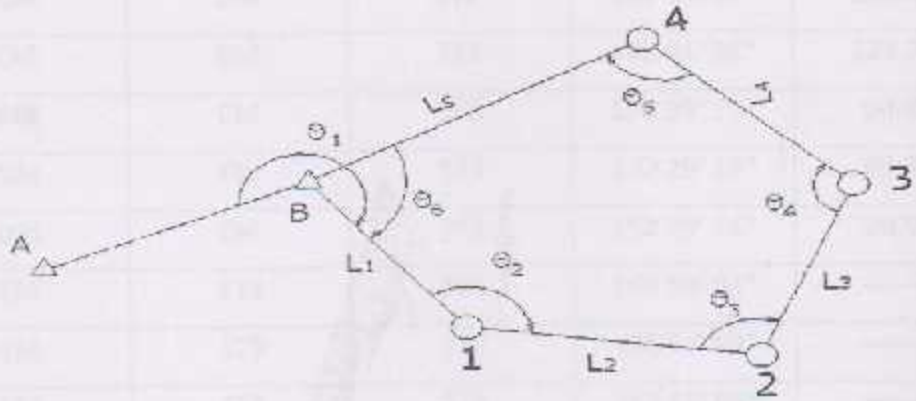
في هذا النوع من المضلعات ، يكون المضلع مغلقا من حيث عدد الأضلاع أو الشكل الخارجي ، حيث يبدأ بنقطتين معلومتين الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتين الإحداثيات وهو نوعين

١- إذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وعاد وانتهى بنفس النقطتين يسمى (closed loop traverse)

٢- اذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وعاد وانتهى بنقطتين جديدتين معلومات الإحداثيات أيضا يسمى (Closed traverses or link traverses) وهذا النوع الذي قمنا باستخدامه في هذا المشروع .



شكل رقم (٢-٢) (٢)_(Link traverse)



شكل رقم (٢-٣) (٣)_(Closed traverse)

٢-٤ قراءات المسافات والزوايا لمضلع المشروع باستخدام جهاز المحطة الشاملة

جدول (٢-١) قراءات المضلع (زوايا ومسافات)

Station Back sighted	Station Occupied	Station Foresighted	Angle	Distance
ST1	ST2	AM	165 43'28"	119.173
ST1	ST2	AM	165 42' 31"	119.195
ST1	ST2	AM	165 42' 48"	119.158
ST2	AM	BM	162 05' 29"	75.304
ST2	AM	BM	162 05' 22"	75.259
ST2	AM	BM	162 05' 19"	75.277
AM	BM	CM	210 01' 55"	164.205
AM	BM	CM	210 02' 31"	164.182
AM	BM	CM	210 02' 17"	164.211
BM	CM	DM	191 27'19"	248.869
BM	CM	DM	191 27'27"	248.890
BM	CM	DM	191 27'31"	248.948
CM	DM	EM	163 01' 33"	223.639
CM	DM	EM	163 01' 58"	223.687
CM	DM	EM	163 01' 32"	223.742
DM	EM	ST3	192 29' 11"	90.801
DM	EM	ST3	192 29' 39"	90.836
DM	EM	ST3	192 29' 51"	90.819
EM	ST3	ST4	165 55' 04"	---------
EM	ST3	ST4	165 55' 09"	---------
EM	ST3	ST4	165 55' 05"	---------

لو أخذنا على سبيل المثال الزاوية الأولى فان الوسط الحسابي للزاوية سيكون

$$\text{Mean} = \sum \frac{Di}{N} = (165^0\ 42'\ 28" + 165^0\ 42'\ 31" + 165^0\ 42'\ 48") / 3 = 165^0\ 42'\ 35.6"$$

أما بالنسبة للمسافة

$$Mean = \sum \frac{Di}{N} = (119.173 + 119.195 + 119.158)/3 = 119.175$$ والجدول التالي يبين الوسط الحسابي لجميع القراءات

جدول (٢-٢) القراءات بعد حساب الوسط الحسابي

Station Back sighted	Station Occupied	Station Foresighted	Angle	Distance
ST1	ST2	AM	$165^0\ 42'\ 35.6"$	119.175
ST2	AM	BM	$162^0\ 5'\ 23.33"$	75.28
AM	BM	CM	$210^0\ 2'\ 14.33"$	164.199
BM	CM	DM	$191^0\ 27'\ 25.6"$	248.902
CM	DM	EM	$163^0\ 1'41$	223.689
DM	EM	ST3	$192^0\ 29'\ 33.6"$	90.818
EM	ST3	ST4	$165^0\ 55'\ 6"$	----------

٢-٥ حساب إحداثيات النقاط قبل التصحيح

يتم حساب الانحراف للخطوط بناء على العلاقة التالية:

$$AZ_{(ST2-ST1)} = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} + C$$

$$Az_{(ST2-ST1)} = \tan^{-1}\frac{157477.983 - 157484.791}{101696.362 - 101759.173} = \tan^{-1}\frac{-6.808}{-62.811} = 186°11'09.83"$$

$$Az_{(ST2-n.a)} = Az_{(ST2-ST1)} + \text{int}\,angle = 186°11'09.83" + 165°42'35.6" = 171°53'30.8"$$

بعد حساب الانحراف لكل خط يتم حساب الإحداثيات غير المصححة لكل نقطة بناءً على العلاقات التالية:-

Δ Easting = Horizontal Distance × sin (azimuth)

Δ Northing = Horizontal Distance × Cos (azimuth)

Easting = easting B + Δ easting

Northing =Northing B + Δ northing

Δ Easting = 119.175*sin(171°53'30.8") = 16.808

Δ Northing = 119.175*cos(171°53'30.8")= -117.983

Easn g = 157477.983+16.808 = 157494.7916

Northing =101696.362-117.983= 101578.3783

لقد تم حساب الإحداثيات غير المصححة (الإحداثيات الأولية) عن طريق الحاسوب باستخدام برنامج (اوتودسك Autodesk) والجدول التالي يشمل النتائج :-

جدول (٢-٣) الإحداثيات غير المصححة (الأولية) للمحطات في الميدان

Station	Easting (m)	Northing (m)
A.M	157494.7916	101578.3783
B.M	157527.8186	101510.7300
C.M	157518.3334	101346.9332
D.M	157449.9679	101107.0419
E.M	157465.8755	100883.2299

لقد تم تصحيح المضلع بناءً على إحداثيات معلومة و صحيحة تم رصدها من جهاز ال GPS والجدول التالي يشمل هذه الإحداثيات :

جدول (٢-٤) الإحداثيات المعلومة إحداثيات (GPS)

Point	Easting	Northing
ST.1	157484.791	101759.173
ST.2	157477.983	101696.362
ST.3	157438.656	100794.586
ST.4	157443.724	100701.278

٢-٦ تصحيح الأخطاء للمضلع

الجهاز المستخدم في عملية الرصد هو جهاز المحطة الشاملة من نوع Total Station Leica (TC605) وقيم الأخطاء في هذا الجهاز هي كالتالي:

- الخطأ في الزاوية angular error = 5"
- الخطأ في المسافة distance error = ±3 mm + 2ppm

٢-٦-١ الأخطاء في المسافات

يتم حساب الأخطاء في المسافات بناءا على العلاقة التالية:

$$\sigma_D = \sqrt{(\sigma_i)^2 + (\sigma_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2}$$

حيث أن:

σ_D : الخطأ في المسافة المقاسة

σ_i : الخطأ في ضبط الجهاز

σ_t : الخطأ في وضعية العاكس

a, b : معاملات الجهاز

٢-٦-٢ الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز

وسببه ما يلي:-

- دقة الجهاز The Quality of Instrument
- دقة الحامل The Quality of Tripod
- مهارة الراصد الذي يعمل على الجهاز The Skill of the Observer

٢-٦-٣ أخطاء التوجيه

وهذه الأخطاء تكون ناجمة عن وضع العاكس بشكل غير قائم ويقدر هذا الخطأ بقيمة ٢ ملم

a, b وهذه معاملات الجهاز والتي يتم الحصول عليها من الكتيب المرافق حيث أن:

$3mm \pm 2ppm = a, b$

مثال على تصحيح الأخطاء في المسافات:

المسافة المقاسة بين المحطة ST2-3 = ٢٠٧.١٤٩

$$\sigma_D = \sqrt{(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2}$$

$$\sigma_D = \sqrt{(0.002)^2 + (0.002)^2 + (0.003)^2 + (119.175 \times 0.000002)^2} = 0.0036 lm$$

وهذا الخطأ مسموح حسب جدول المواصفات التالي حيث تم اعتماد (Less Important Area)

جدول رقم(٢-٥) الجدول يبين قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية (١)

	Allowable error	
	Important area (example : urban area)	Less important area (Example : rural area)
Measured distance	$\Delta L = .0005l + .03$ m	$\Delta L = .0007l + .03m$
Measured angles	$\Delta = 60"\sqrt{n}$	$\Delta = 90"\sqrt{n}$
Closer error	$€ = .0006\sum l + .20m$	$€ = .0009\sum l + .20m$
Where L= measured length, Δ= angle closure error in second n=number of measured angles,		

جدول (٢- ٦) معدل المسافات المقروءة بين المحطات و مقدار الخطأ في كل مسافة

Line	Distance (m)	Standard Diviation(Dis)	$\sigma_D(m)$
ST2-A.M	119.175	$\pm$ 0. 026	0.0036
A.M-B.M	75.28	$\pm$ 0. 032	0.00412
B.M-C.M	164.199	$\pm$ 0. 022	0.00413
C.M-D.M	248.902	$\pm$ 0. 058	0.00415
D.M-E.M	223.689	$\pm$ 0. 073	0.00414
E.M-ST3	90.818	$\pm$ 0. 025	0.00412

٢-٦-٤ الأخطاء في قياس الزوايا

إن الجهاز المستخدم في عملية الرصد هو جهاز المحطة الشاملة، لذلك فان الأخطاء في الزوايا يمكن جمعها ضمن خطأ واحد ناتج عن ما يلي:

- أخطاء في التوجيه Pointing Errors
- أخطاء في القراءة Reading Errors

والخطأ الناتج عنهما من الممكن حسابه وفق العلاقة التالية:

$$\sigma_{apr} = \frac{2\sigma_{DIN}}{\sqrt{n}}$$

حيث أن:

σ_{apr}: هو الخطأ الناتج عن التوجيه والقراءة.

σ_{DIN}: الخطأ الناتج عن جهاز المحطة الشاملة.

n : عدد مرات التكرار .

وقيمة هذا الخطأ تكون ثابتة تقريبا لجميع الزوايا وتساوي

$$\sigma_{apr} = \pm\frac{2\times 5''}{\sqrt{3}} = \pm 5.77$$

٢-٧ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات

هناك أكثر من طريقة لتصحيح إحداثيات المضلع منها :

1) Least Square Method .

2) Linear and Angular Misclosure Method .

لقد استخدمنا الطريقة الأولى في التصحيح و ذلك لأنها أدق طريقة وتصحح كل إحداثي حسب الخطأ الموجود فيه وكذلك تعطي معلومات عن مدى الدقة في المضلع .

هناك عدة أنواع من المضلعات وقد تم استخدام الضلع المتصل (Link Traverse) حيث انه انسب هذه الأنواع بالنسبة للمشروع .

٢-٧-١ least square method

المعادلة الرئيسية $X = (A^T A)^{-1} A^T L$

حيث أن:

Unknown matrix : X

Jacobean matrix :A

Observation matrix :L

Variance matrix : V

والصيغ التالية عبارة عن المصفوفات العامة لهذه الطريقة وقد تم تحديد صيغ المشتقات و الرتب للمصفوفات بناء على القراءات التي تم رصدها في الميدان و المجاهيل المراد حسابها (احداثيات المحطات):

The Jacobean Matrix A:

$$A=\begin{bmatrix}
\frac{\partial F_1}{\partial dx_{10}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{10}} & \frac{\partial F_1}{\partial dx_{11}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{11}} & \cdots\cdots & \frac{\partial F_1}{\partial dx_{14}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{14}} \\
\frac{\partial F_2}{\partial dx_{10}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{10}} & \frac{\partial F_2}{\partial dx_{11}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{11}} & \cdots\cdots & \frac{\partial F_2}{\partial dx_{14}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{14}} \\
\vdots & & & & & & \\
\vdots & & & & & & \\
\vdots & & & & & & \\
\vdots & & & & & & \\
\vdots & & & & & & \\
\vdots & & & & & & \\
(\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_{10}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_{10}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_{11}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_{11}}) & \cdots\cdots & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_{13}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_{14}}) \\
(\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_{10}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_{10}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_{11}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_{11}}) & \cdots\cdots & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_{13}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_{14}})
\end{bmatrix}_{13*10}$$

Distance observation reduction:-

$$F(x_i, y_i, x_j, y_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

Ilnearization:

Taking the derivatives of last equation:

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{x_i - x_j}{IJ}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_i} = \frac{y_i - y_j}{IJ}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_j} = \frac{x_j - x_i}{IJ}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_j} = \frac{y_j - y_i}{IJ}$$

Angle observation reduction:-

$$\theta = Az_{if} - Az_{ib}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D$$

Taking the derivatives of the last equation:-

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{yi - y_b}{IB^2} - \frac{yi - y_f}{IF^2}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_i} = \frac{x_b - x_i}{IB^2} - \frac{x_f - x_i}{IF^2}$$

The Observation Matrix L:-

$$L = \begin{bmatrix} F_{10} - F_{10a} \\ F_{11} - F_{11a} \\ F_{12} - F_{12a} \\ F_{13} - F_{13a} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ F_{06} - F_{06a} \end{bmatrix}_{13*1}$$

The Unknowns Matrix X:-

$$X = \begin{bmatrix} dx_{10} \\ dy_{10} \\ dx_{11} \\ dy_{11} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ dx_{14} \\ dy_{14} \end{bmatrix}_{10*1}$$

The Variance Matrix V:-

$$V = \begin{bmatrix} V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \\ \vdots \\ V_{13} \\ V_{14} \end{bmatrix}_{13*1}$$

لقد تم استخدام الإحداثيات غير المصححة كقيم ابتدائية في عملية الحل (X_0 ، Y_0) :

$$X = X_0 + dx$$
$$Y = Y_0 + dy$$

- وبعد إجراء العمليات الحسابية حسب العلاقة الرئيسية باستخدام برنامج ال (Autodesk) تم الحصول على الإحداثيات المصححة التي تظهر في الجدول التالي :

جدول (2-7) الإحداثيات المصححة للمحطات في الميدان

Station	Easting (m)	Northing (m)	StdDevEst	StdDevNth
A.M	157,494.8120	101,578.4003	0.04762	0.04787
B.M	157,527.8361	101,510.7801	0.06985	0.07131
C.M	157,516.3685	101,346.9956	0.07754	0.07767
D.M	157,450.0359	101,107.1882	0.09979	0.09981
E.M	157,455.9394	100,883.7269	0.04529	0.04613

٢-٧-٢ Relative error ellipse

في هذا النوع من التصحيح يلزم الأمور التالية:

- إحداثيات النقاط التي تصل الخط ، فمثلاً إذا كان لدينا الخط الذي يصل بين النقطتين ١ و ٢ نحتاج الى احداثياته:

(E_2, N_2) , (E_1, N_1)

حيث أن طريقة التعامل كانت E=X و N=Y

$$\Delta x = x_2 - x_1$$
$$\Delta y = y_2 - y_1$$

- كذلك يجب أن تتوفر لدينا (Qxx) covariance matrix .
- طريقة الحل باستخدام relative error ellipse حيث أن الخطأ في النقاط يكون على شكل ellipse وبذلك نعتمد على glopov والمعادلات التالية تبين طريقة الحل:

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = F \sum_{xx} F^T$$

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = \begin{bmatrix} s^2_{\Delta x} & s_{\Delta x \Delta y} \\ s_{\Delta x \Delta y} & s^2_{\Delta y} \end{bmatrix}$$

$$\Delta_x = x_2 - x_1$$
$$\Delta_y = y_2 - y_1 \ldots$$

$$\begin{bmatrix} s^2_{\Delta x} & s_{\Delta x \Delta y} \\ s_{\Delta x \Delta y} & s^2_{\Delta y} \end{bmatrix} = S_0^2 \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times Q_{xx} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\tan(2t) = \frac{2q_{\Delta x \Delta y}}{q_{\Delta y} - q_{\Delta x}} \ldots$$

$$q_{\Delta a} = q_{\Delta x} \sin^2(t) + 2q_{\Delta x \Delta y} \cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y} \cos^2(t)$$
$$q_{\Delta b} = q_{\Delta x} \cos^2(t) - 2q_{\Delta x \Delta y} \cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y} \sin^2(t).$$

$$S_u = S_0\sqrt{q_{\Delta n}}$$
$$S_v = S_0\sqrt{q_{\Delta v}}$$

$$relativeaccuracy = \frac{S_{u(\max)}}{D_i}$$

حيث أن:

Di : هي طول الخط الذي توجد عنده Su(max)

وقد تم الاعتماد على برنامج Adjust في معرفة Relative error ellipse وكانت النتائج كما هي موضحة بالشكل التالي:

الشكل رقم (٢-٤) ellipse

بعد إدخال القراءات التي تم رصدها إلى برنامج (Autodesk) ظهرت النتائج التالية :-

جدول(٢-٨) قيم الأخطاء الناتجة

Angular error	00-1-41.59
Angular error/se	0-00-14.51
Error North	0.0504
Error East	0.0715
Absolute error	0.0360
Error Direction	WS 8 3 48.02

جدول(٢-٩) تحليل البيانات المدخلة

Total # of unknown points	5
Total # of points	9
Total # of observations	13
Degree of freedom	12
Confidence level	95%
Number of iterations	2
Goodnees of fit Test	Fails at the 5% Level

جدول (٢-١٠) أطوال الخطوط التي تربط كل محطتين والزوايا المحصورة بينها.

Type	Pnt1	Pnt2	Pnt3	Measured	StdDev	Adjusted	Resid
Type	Pnt1	Pnt2	Pnt3	Measured	StdDev	Adjusted	Resid
DIST	ST2	A.M		119.175	0.026	119.1561	0.061
ANG	ST1	ST2	A.M	165 42 35.6	54.04	165 41 40.62	0.0857
DIST	A.M	B.M		75.28	0.032	75.2535	0.090
ANG	ST2	A.M	B.M	162 5 23.33	7.26	162 05 22.41	0.012
DIST	B.M	C.M		164.199	0.022	164.1855	0.044
ANG	A.M	B.M	C.M	210 02 14.33	25.66	210 02 05.50	0.137
DIST	C.M	D.M		248.902	0.058	248.8124	0.302
ANG	B.M	C.M	D.M	191 27 25.6	8.64	191 27 24.39	0.017
DIST	D.M	E.M		223.689	0.073	223.5393	0.481
ANG	C.M	D.M	E.M	163 01 41	20.83	163 01 29.30	0.199
DIST	E.M	ST3		90.818	0.025	90.8010	0.056
ANG	D.M	E.M	ST3	192 29 33.66	29.03	192 29 10.16	0.729
ANG	E.M	ST3	ST4	165 55 6	3.74	165 55 05.57	0.015

٣

الفصل الثالث

عيوب الطريق واساليب معالجتها

٣-١ المقدمة .

٣-٢ تعريف بالمشاكل .

٣-٣ عيوب الرصفة الإسفلتية .

٣-٣-١ الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل Alligator/Fatigue Cracking .

٣-٣-٢ الشقوق الشبكية Block cracking .

٣-٣-٣ الشقوق الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks .

٣-٢-٤ الـرقـع Patching .

٣-٢-٥ هبوط الأكتاف Lane Shoulder Drop .

٣-٢-٦ الشقوق الانزلاقية Slippage Cracks .

٣-٢-٧ التطاير والتآكل Raveling and Weathering .

٣-٢-٨ الشقوق الجانبية Edge Cracking .

٣-٢-٩ الشقوق الانعكاسية Reflection Cracking .

٣-٣-١٠ الحُفر Potholes .

٣-٣-١١ رقع حفريات الخدمات Utility Cut Patch .

٣-٤ طرق المعالجة .

٣-٥ عرض الشارع .

٣-٦ تجمع مياه الامطار .

٣-٧ مشكلة الاضاءة الغير كافية على الطريق .

الفصل الثالث

عيوب الطريق وأساليب معالجتها

٣-١ المقدمة

تُعتبر برامج الصيانة الخطوة الهامة والضرورية بعد إنشاء الطريق للمحافظة عليه، وذلك لتأمين عمليات مرور آمنة ومريحة. وقبل تنفيذها لا بد من إجراء تقويم شامل للطريق لمعرفة العيوب الموجودة فيه وأسباب هذه العيوب من أجل تحديد أفضل وسائل الصيانة. ووجود دليل موحد لإجراءات تقويم رصفات الطرق يُسهل عملية التشخيص الصحيح لحالة الرصفات بالأسلوب المنهجي ويُعتبر الحد الأدنى للمحافظة على شبكات الطرق وتوظيف مخصصات صيانتها بالشكل الصحيح.

لصيانة الطرق عدة أعمال منها ظاهرة أو غير ظاهرة.

- الظاهرة : كحفر الإسفلت أو التربة أو الكهرباء أو مصافي تصريف الماء أو الفاصل الخرساني.
- الغير ظاهرة: التمديدات الكهربائية، الطبقات الترابية، أنابيب المياه والصرف الصحي، عبارات تصريف مياه الشتاء، والهاتف.

تعاني الطرق من مشاكل عدة تنعكس على أمن وسلامة مستخدميه ،لذا كان من الضروري مناقشة المشاكل المتمثلة في طريق ميدان التحرير- سدة الحرايق والعمل جاهدين على إيجاد حلول لها ، فبعد القيام بالزيارة الميدانية للموقع ودراسة كافة الجوانب من ناحية هندسية سنعرض لكم بالصور هذه المشاكل مع شرح لكل منها والاقتراحات الممكنة لحل هذه المشاكل.

٣-٢ تعريف بالمشاكل

يعاني الطريق من المشاكل التالية:

- عيوب الرصفة الإسفلتية.
- ضيق الطريق.
- سوء تصريف مياه الأمطار وقلة عبارات تصريف مياه الأمطار.
- بسبب ضيق الطريق يظهر استغلال المركبات لجوانب الطريق الغير معبدة كجزء من الطريق .
- الإضاءة غير كافية على الطريق وهناك مسافة طويلة من الطريق لا يوجد فيها إضاءة .
- عدم وجود إشارات مرورية على الإطلاق.

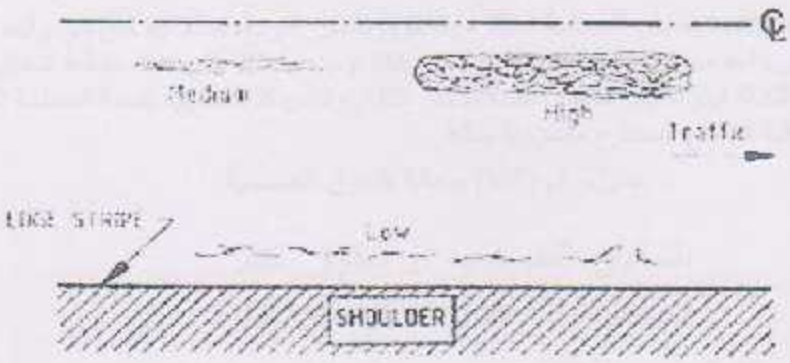
٣-٣ عيوب الرصفة الإسفلتية

٣-٣-١ الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل Alligator/Fatigue Cracking

الوصف:-

الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل عبارة عن شقوق متداخلة متوالية حدثت نتيجة انهيار الكلل للخرسانة الإسفلتية تحت تأثير الأحمال المتكررة. تبدأ هذه الشقوق تحت سطح الإسفلت حيث إجهاد وانفعال الشد عالى تحت الإطار، ثم تنتشر إلى السطح في شكل شقوق طولية متوازية. ونتيجة تأثير أحمال الحركة المتكررة تبدأ هذه التشققات في التواصل في كل الاتجاهات وفي شكل زوايا حادة مكونة شكلاً يشبه جلد التمساح ومن هنا جاءت تسميتها بالشقوق التمساحية.

تحدث هذه الشقوق دائماً في المواقع التي تكون فيها أحمال الحركة متكررة وخاصة في مسارات الإطارات. ويبين الشكل رقم (٣-١) رسماً لهذه الشقوق ومستويات الشدة وموقعها من الطريق.



الشكل رقم (٣-١) رسمة الشقوق التمساحية.

الشكل رقم (٣-٢) الشقوق التمساحية.

الأسباب المحتملة

تتضمن الأسباب المتوقعة للشقوق التمساحية سبب أو أكثر من الأسباب التالية:

١. تلف الطبقة الإسفلتية نتيجة تلف الطبقة السفلية بسبب الأحمال المرورية المتكررة.

٢. عدم ثبات حالة طبقة الأساس الإسفلتي أو طبقة تحت الأساس بسبب هبوط زائد للسطح.

٣. ضعف طبقة الأساس الحجري مما جعلها غير قادرة على الهبوط الزائد الناتج من الأحمال المرورية.

٤. تقادم المواد الإسفلتية بفعل الزمن.

٥. عدم كفاية سماكة طبقات الرصف.

٦. ضعف تصريف في طبقتي القاعدة وتحت الأساس.

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة للشقوق التمساحية حسب الشدة والكثافة.

طريقة القياس:

يتم قياس مستويات الشدة بحساب المساحة المتأثرة بالشقوق بالمتر المربع، فمثلا إذا كان شق واحد فمساحته هي طوله بعرض واحد متر، كما يتم تحديد كل مستوى شدة لوحده، أما إذا كان هناك منطقة تتداخل فيها مستويات الشدة الثلاثة فيتم اختيار مستوى الشدة الأكثر كثافة. وتقاس كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروبا بمائة .

جدول رقم (٣-١) صيانة الشقوق التمساحية .[1]

الشقوق التمساحية أو شقوق الكتل

Alligator/Fatigue Cracking

الكثافة / الشدة	منخفضة	متوسطة	عالية
	أقل من 10%	ما بين 11-50%	أكثر من 50%
منخفضة	لا تفعل شيئا Do Nothing	ملاط إسفلتي Slurry Seal	لا تفعل شيئا Do Nothing
متوسطة	ترقيع عميق* Deep Patching	ترقيع عميق* Deep Patching	ترقيع عميق* Deep Patching
عالية	ترقيع عميق* Deep Patching	ترقيع عميق* Deep Patching	إعادة إنشاء* Reconstruction

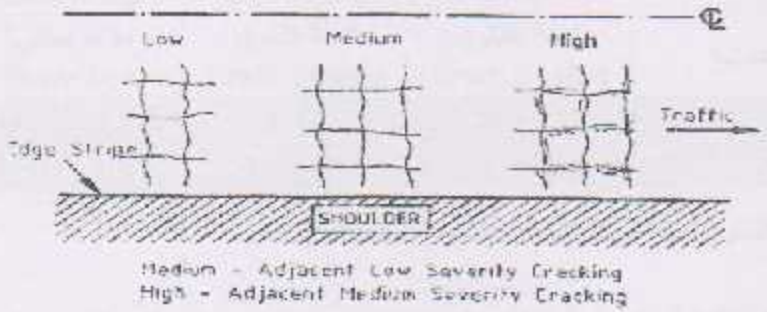
(*) في حالة تبين أن سبب الشقوق التمساحية هو ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية (الجوفية)، فإنه يجب إصلاح الطبقات الترابية (الأساس وما تحت الأساس) كما يجب عمل تصريف جيد للمياه حتى لا تصل إلى طبقات الرصف حسب البند الخاص بذلك في مواصفات الصيانة.

[1] دليل عيوب ومصفات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية

٣-٣-٢ الشقوق الشبكية Block cracking

الوصف:-

الشقوق الشبكية هي شقوق متداخلة تقسم الطبقة إلى قطع مربعة بأبعاد حوالي ٣٠x٣٠ سم إلى ٣x٣ متر. وتختلف الشقوق الشبكية عن الشقوق التمساحية بأن الأخيرة تكون بشكل قطع صغيرة وبعدة أضلاع وزوايا حادة وتوجد في مسارات الإطارات، بينما توجد الشقوق الشبكية في كل مكان على سطح الرصف. وتكثر الشقوق الشبكية في الطرق والشوارع ذات الأحجام المرورية المتدنية وفي ساحات مواقف السيارات.



الشكل رقم (٣-٣) رسمة الشقوق الشبكية.

الشكل رقم (٣-٤) الشقوق الشبكية.

الأسباب المحتملة

تُعتبر الشقوق الشبكية من العيوب الوظيفية والإنشائية والسبب الأساس لهذه الشقوق هو الانكماش الحراري للمواد الإسفلتية الرابطة نتيجة للانفعال والإجهاد الدوري، كما يشير ظهور هذه الشقوق إلى تصلب الإسفلت بدرجة كبيرة. غير أن الشقوق الشبكية من العيوب غير المتعلقة بالأحمال بالرغم من زيادة مستوى شدتها نتيجة لتأثير الأحمال، كما أن الخرسانة الإسفلتية الضعيفة تُعجل من بداية ظهور هذه الشقوق.

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة للشقوق الشبكية حسب الشدة والكثافة .

طريقة القياس :

تُقاس الشقوق الشبكية بالمتر المربع للمنطقة المتأثرة ولجميع مستويات الشدة. وتقاس كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروبا بمائة.

جدول رقم (٣-٢) صيانة الشقوق الشبكية .[٢]

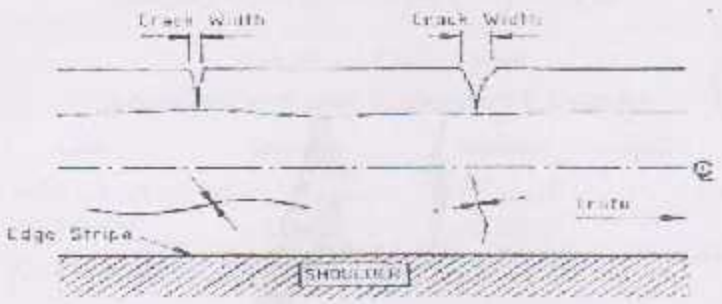
الكثافة	شقوق الشبكة Block cracking		
	منخفضة	متوسطة	عالية
الشدة	أقل من 10%	ما بين 11%-50%	أكثر من 50%
منخفضة	لا تفعل شيئا Do Nothing	لا تفعل شيئا Do Nothing	لا تفعل شيئا Do Nothing
متوسطة	تعبئة الشقوق Crack Sealing	تعبئة الشقوق Crack Sealing	ملاط إسفلتي* Slurry Seal
عالية	ملاط إسفلتي* Slurry Seal	ملاط إسفلتي* Slurry Seal	طبقة إسفلتية رقيقة* Thin Overlay

*يجب ملء الشقوق قبل تنفيذ الملاط الإسفلتي أو الطبقة الرقيقة.

٣-٣-٣ الشقوق الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks

الوصف:-

الشقوق الطولية هي شقوق تمتد موازية لمحور الطريق، أما الشقوق العرضية فهي تمتد بعرض الرصف تقريباً متعامدة مع محور الطريق. تعتبر هذه الشقوق عيوب إنشائية (ضعف طبقة الرصف) وعيوب وظيفية (خشونة سطح الرصف)، لذلك فهي من العيوب التي لا تتطق بالأحمال المرورية، لكن الأحمال والرطوبة تُعجل بتدهور هذه الشقوق.



الشكل رقم (٣-٥) رسمة الشقوق الطولية والعرضية.

[٢] دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية

الشكل رقم (٣-٦) الشقوق الطولية والعرضية.

الأسباب المحتملة

١. عدم جودة تنفيذ فواصل المسار (في حالة الشقوق الطولية) .

٢. انكماش سطح الطبقة الإسفلتية نتيجة لانخفاض درجة الحرارة أو تصلب الإسفلت .

٣. الشقوق الانعكاسية الناتجة عن الشقوق السفلية تحت الطبقة السطحية مثل شقوق البلاطات الخرسانية الأسمنتية (لكن لا تتضمن فواصل البلاطات الخرسانية).

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة للشقوق الطولية والعرضية حسب الشدة والكثافة.

طريقة القياس :

تقاس الشقوق الطولية والعرضية بحساب المساحة المتأثرة بالمتر المربع ويسجل كل مستوى من مستويات الشدة منفصلا عن الآخر في المقطع الواحد. فمثلا إذا كان شق واحد فمساحته هي طول الشق وبعرض متر واحد. وتحسب كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروباً بمائة.

جدول رقم (٣-٣) صيانة الشقوق الطولية والعرضية .[٣]

الشقوق الطولية والعرضية
Longitudinal and Transverse Cracks

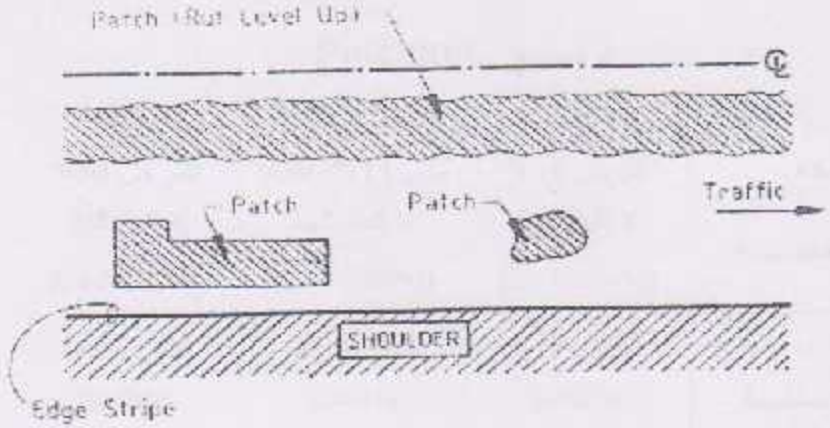
الكثافة / الشدة	منخفضة	متوسطة	عالية
منخفضة	أقل من 10% لا تتدخل (Do Nothing)	من 10%-30% لا تتدخل (Do Nothing)	أكثر من 30% لا تتدخل (Do Nothing)
متوسطة	تعبئة الشقوق Crack Sealing	تعبئة الشقوق Crack Sealing	تعبئة الشقوق Crack Sealing
عالية	ملاط إسفلتي Slurry Seal	ملاط إسفلتي Slurry Seal	طبقة إسفلتية رقيقة Thin Overlay

[٣] دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشؤون البلدية والقروية

٣-٣-٤ الـرقـع Patching

الوصف:-

يتضمن هذا النوع من العيوب الهبار مواقع صيانة وإصلاح طبقات الرصف الموجودة. وفي الحقيقة يُعتبر الترقيع عيباً بحد ذاته حتى لو كان أداؤه جيداً، وبشكل عام تتعلق بعض خشونة سطح الرصف بهذا العيب.



الشكل رقم (٣-٧) رسمة للرقع.

الشكل رقم (٣-٨) الرقع.

الأسباب المحتملة

تتضمن الأسباب المحتملة لعيب الترقيع الأحمال المرورية، عدم ضبط جودة المواد أو سوء تنفيذ إعادة الردم وسوء تشغيل الإسفلت .

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة للرقع حسب الشدة والكثافة.

طريقة القياس :

يقاس الترقيع بالمتر المربع للمنطقة المتأثرة لجميع مستويات الشدة، وإذا كان هناك مستويات شدة مختلفة في الترقيع الواحد فيجب قياس كل مستوى شدة على حده. أما إذا كان يوجد عيوب أخرى مع الترقيع فلا يتم تسجيل هذه العيوب كعيوب منفصلة. وتجدر الإشارة أنه في حالة إزالة مساحة كبيرة من طبقة الرصف واستبدالها بترقيع وخاصة في التقاطعات فهذا لا يُعتبر ترقيعاً. وتحسب الكثافة بقسمة المساحة المتأثرة على المساحة الكلية للمقطع الممسوح .

جدول رقم (٣-٤) صيانة الرقع .[٤]

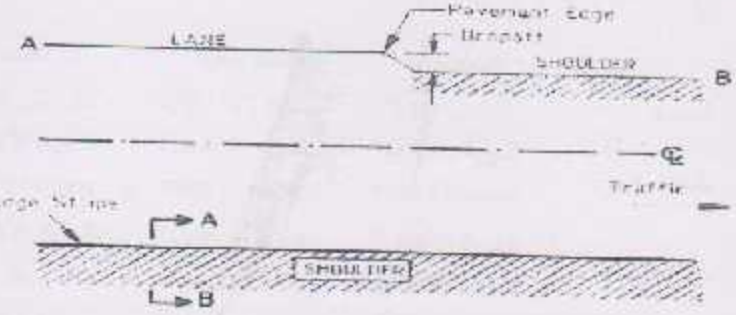
ترقيع Patching

الكثافة	منخفضة	متوسطة	عالية
الشدة	أقل من 10%	ما بين 11%-50%	أكثر من 50%
منخفضة	لا تعمل شيئا (Do Nothing)	لا تعمل شيئا (Do Nothing)	لا تعمل شيئا (Do Nothing)
متوسطة	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching
عالية	ترقيع عميق Deep Patching	ترقيع عميق Deep Patching	ترقيع عميق Deep Patching

٣-٣-٥ هبوط الأكتاف Lane Shoulder Drop

الوصف:-

هي اختلاف بين مستوى حافة الرصف وسطح الأكتاف، وعادة يكون مستوى الأكتاف أقل من مستوى المسار المجاور.



الشكل رقم (٣-٩) رسمة لهبوط الأكتاف.

[٤] دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية

الشكل رقم (٣-١٠) هبوط الأكتاف.

الأسباب المحتملة

تتضمن أسباب هبوط الأكتاف تعري وهبوط الأكتاف، أو تنفيذ المسارات الحاملة Carriageway بدون ضبط مستوى الأكتاف.

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة لعيب هبوط الأكتاف حسب الشدة والكثافة.

طريقة القياس

يُقاس هبوط أكتاف المسارات بالمتر الطولي. وتقاس المساحة المتأثرة لهذا العيب بطول المنطقة المتأثرة مضروبا بمتر واحد، وتحسب كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروبا بمائة.

جدول رقم (٣-٥) صيانة هبوط الأكتاف *

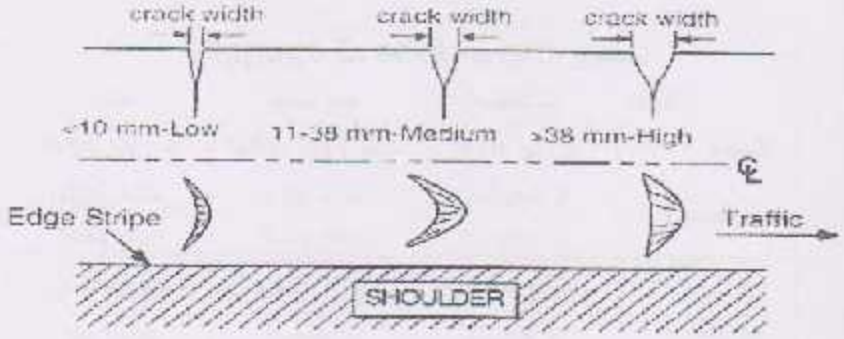
هبوط الأكتاف Lane Shoulder Drop			
الكثافة	منخفضة	متوسطة	عالية
المعدد	أقل من 10%	ما بين 11%-50%	أكثر من 50%
منخفضة	تسوية الأكتاف Refill Shoulder	تسوية الأكتاف Refill Shoulder	تسوية الأكتاف Refill Shoulder
متوسطة	تسوية الأكتاف Refill Shoulder	تسوية الأكتاف Refill Shoulder	تسوية الأكتاف Refill Shoulder
عالية	تسوية الأكتاف Refill Shoulder	تسوية الأكتاف Refill Shoulder	تسوية الأكتاف Refill Shoulder

* دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية

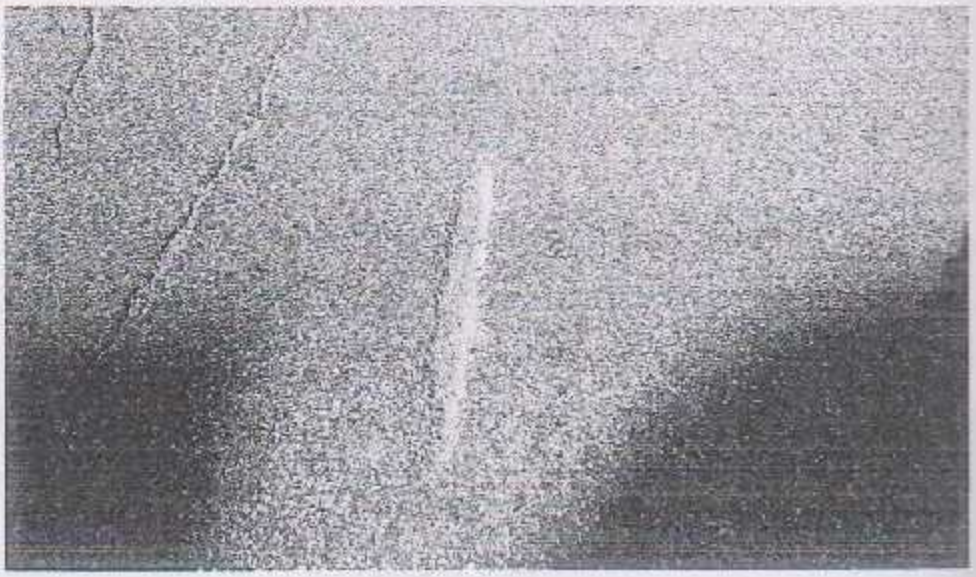
٣-٣-٦الشقوق الإنزلاقية Slippage Cracks

الوصف:-

هذه الشقوق لها شكل نصف هلال وتتمثل عادة باتجاه الحركة. وتظهر الشقوق الإنزلاقية في مواقع استعمال مكابح السيارات حيث تسبب انزلاق أو انهيار لطبقة الرصف.



الشكل رقم (٣-١١) الشقوق الإنزلاقية.



الشكل رقم (٣-١٢) الشقوق الإنزلاقية.

الأسباب المحتملة

١. ضعف الربط بين طبقة السطح والطبقات المتتالية لهيكل أو بناء الرصف.

٢. انخفاض مقاومة الخلطة الإسفلتية .

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة لتقاطع للشقوق الإنزلاقية حسب الشدة والكثافة .

طريقة القياس :

تقاس المساحة المتأثرة بالشقوق الإنزلاقية بالمتر المربع. وتحسب الكثافة بقسمة المساحة المتأثرة بالعيب على المساحة الكلية للمقطع الممسوح .

جدول رقم (٣-٦) صيانة الشقوق الإنزلاقية .[1]

الكثافة / الشدة	منخفضة	متوسطة	عالية
الشقوق الإنزلاقية Slippage Cracks			
منعدمة	أقل من 10%	من 11%-50%	أكثر من 50%
	لا تفعل شيئا Do Nothing	ملاط عازل Slurry Seal	ملاط عازل Slurry Seal
متوسطة	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching
عالية	ترقيع عميق Deep Patching	ترقيع عميق Deep Patching	ترقيع عميق Deep Patching

٣-٣-٧ التطاير والتآكل Raveling and Weathering

الوصف:

التطاير هو تفتت تدريجي لطبقة الرصف السطحية يعقبه طرد للحصى من مكانها وتتحول مواد الخلطة إلى مواد مفككة تشبه المواد الحجرية المفككة، أما التآكل فهو فقدان المواد الإسفلتية المغطية لسطح الطريق. تشير هذه العيوب إلى أن المواد الإسفلتية قد تصلبت أو أن الخلطة الإسفلتية المستعملة ضعيفة الجودة.

الشكل رقم (٣-١٣) التطاير والتآكل.

[1] دليل عيوب ومسببات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية

الأسباب المحتملة

يحدث التطاير للأسباب التالية :

١. إجهاد القص الأفقي نتيجة الحركة المرورية.

٢. تأكسد أو تقادم المواد الإسفلتية الرابطة وانفصال الحصى، ونقص المواد، والحرارة الزائدة للخلطة، وقلة المحتوى الإسفلتي وعدم كفاية الدمك واستخدام حصمة ضعيفة في الخلطة الإسفلتية.

٣. وجود الماء (الذي تخلل إلى داخل الطبقة عن طريق الفراغات) والذي يؤدي إلى ضغط هيدروستاتيكي عند تأثير الحركة .

٤. انبعاث المواد الهيدروكربونية لفترة طويلة من محركات السيارات (تعمل المواد الهيدروكربونية كمذيب للمواد الإسفلتية) .

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة للتطاير والتآكل حسب الشدة والكثافة .

طريقة القياس :
تقاس المساحة المتأثرة بالمتر المربع لكل مستوى شدة على حده. وتحسب الكثافة بقسمة مساحة المنطقة المتأثرة بالعيب على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروبا بمائة .

جدول رقم (٣-٧) صيانة التطاير والتآكل.[٧]

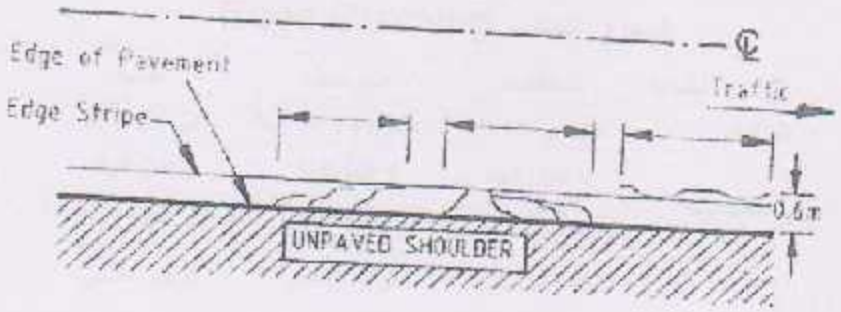
التطاير والتآكل Raveling and Weathering			
الكثافة	منخفضة	متوسطة	عالية
المبدد	اقل من 10%	ما بين 11%-50%	اكثر من 50%
منخفضة	لا تفعل شيئا Do Nothing	لا تفعل شيئا Do Nothing	لا تفعل شيئا Do Nothing
متوسطة	ملاط إسفلتي Slurry Seal	ملاط إسفلتي Slurry Seal	ملاط إسفلتي Slurry Seal
عالية	طبقة إضافية رقيقة Thin overlay	طبقة إضافية رقيقة Thin overlay	طبقة إضافية رقيقة Thin overlay

[٧] دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية

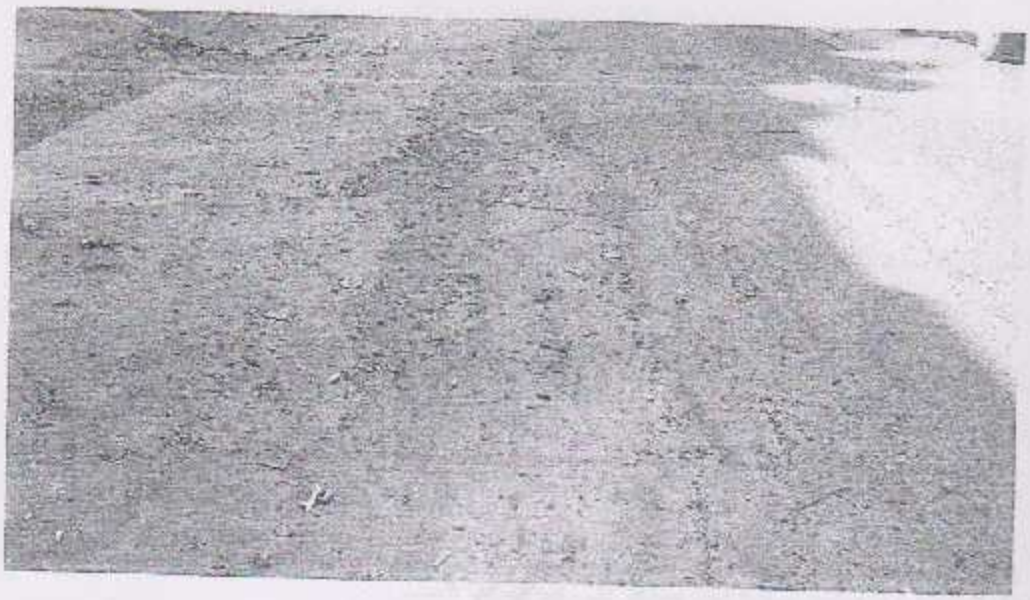
٣-٣-٨الشقوق الجانبية Edge Cracking

الوصف:-

تكون الشقوق الجانبية بشكل عام موازية لحافة الرصف وتبعد بمسافة تتراوح بين ٠.٣ - ٠.٥ متر من الحافة، وتمتد هذه الشقوق بالاتجاه الطولي والعرضي وتتفرع نحو الأكتاف. وتزداد الشقوق الجانبية نتيجة للأحمال المرورية، وتصنف المساحة المحصورة بين الشق وحافة الرصف بأنها متطايرة إذا حدث فيها تكسر.



الشكل رقم (٣-١٤) رسمة الشقوق الجانبية.



الشكل رقم (٣-١٥) الشقوق الجانبية.

الأسباب المحتملة

تظهر الشقوق الجانبية بسبب ضعف طبقتي الأساس والقاعدة بالقرب من حافة الرصف.

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة لعيب الهبوط حسب الشدة والكثافة .

طريقة القياس

تُقاس الشقوق الجانبية بالمتر الطولي لكل مستوى شدة على حده. وتقاس المساحة المتأثرة لهذا العيب بطول المنطقة المتأثرة مضروبا بمتر واحد، وتحسب كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروبا بمائة .

جدول رقم (٣-٨) صيانة الشقوق الجانبية.[٨]

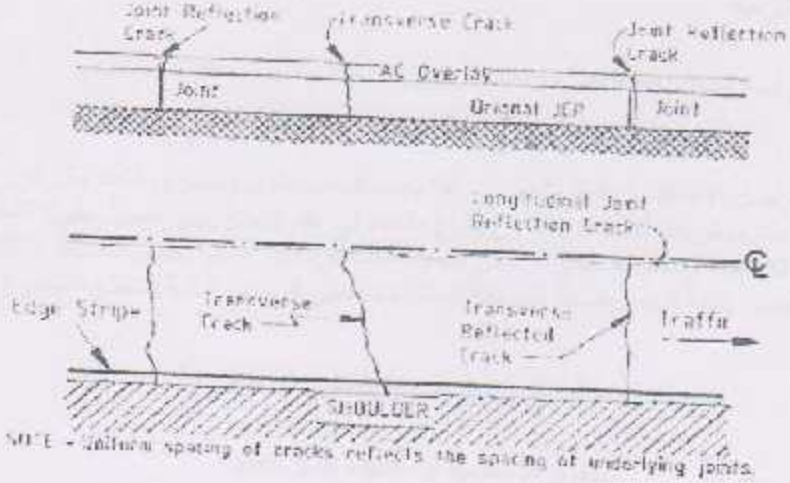
شقوق بجانب Edge Cracking			
الشدة	الكثافة منخفضة	متوسطة	عالية
منخفضة	أقل من 10%	بين 11%-50%	أكثر من 50%
	لا تفعل شيئا Do Nothing	لا تفعل شيئا Do Nothing	لا تفعل شيئا Do Nothing
متوسطة	تعبئة الشقوق Crack Sealing	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching
عالية	إصلاح الأكتاف* وترقيع عميق Repair Shoulder/Deep Patch	إصلاح الأكتاف* وترقيع عميق Repair Shoulder/Deep Patch	إصلاح الأكتاف* وترقيع عميق Repair Shoulder/Deep Patch

٣-٣-٩ الشقوق الانعكاسية Reflection Cracking

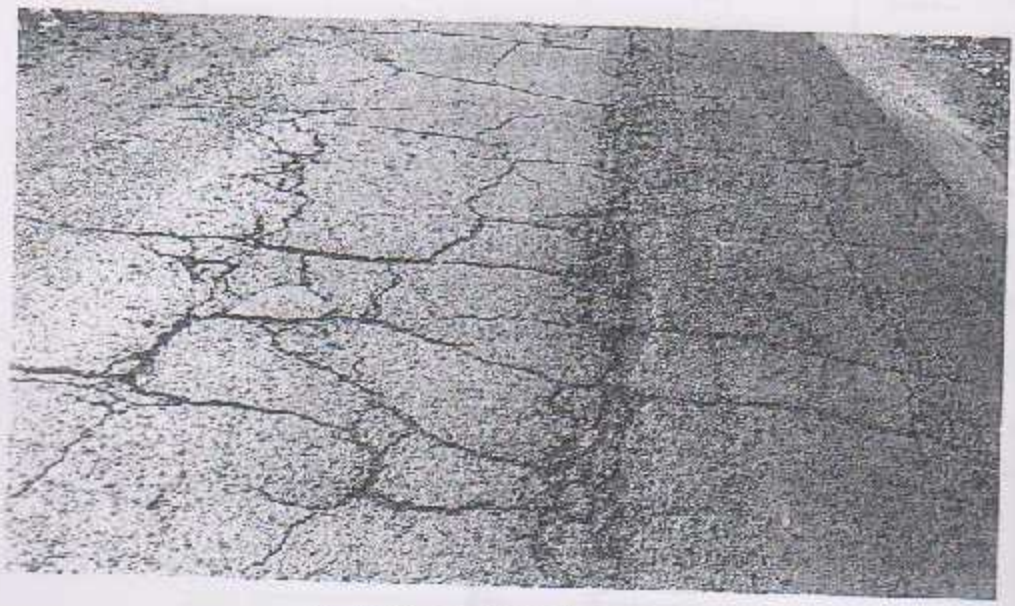
الوصف:-

تظهر هذه الشقوق فقط على السطوح الإسفلتية التي تنفذ على بلاطات خرسانة إسمنتية، ولا تتضمن شقوق انعكاسية من طبقات الأساس (بمعنى طبقات أساس إسمنتية أو جيرية محسنة). وتنشأ هذه الشقوق نتيجة للحركة المتولدة بالحرارة والرطوبة بين البلاطة الخرسانية الإسمنتية السفلية والسطح الإسفلتي، ولا يتعلق هذا العيب بالأحمال المرورية غير أن هذه الأحمال يمكن أن تسبب تكسر السطح الإسفلتي قرب الشقوق مما يتلفها. فإذا كانت أبعاد البلاطة الخرسانية السفلية فهذا يساعد على معرفة هذا العيب.

[٨] دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشؤون البلدية والقروية



الشكل رقم (٣-١٦) رسمة للشقوق الانعكاسية.



الشكل رقم (٣-١٧) الشقوق الانعكاسية.

الأسباب المحتملة

تعتبر حركة البلاطة الخرسانية الإسمنتية الناتجة عن الحرارة والرطوبة والتي بدورها تنعكس على سطح الرصف الإسفلتي هي السبب الرئيس لحدوث شقوق الفواصل الانعكاسية.

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة لعيب الشقوق الانعكاسية حسب الشدة والكثافة.

طريقة القياس

تقاس شقوق الفواصل الانعكاسية بالمتر الطولي، كما يجب تسجيل طول ومستوى الشدة لكل شق. توجد في بعض الحالات عدة مستويات للشدة مختلفة في قطاع واحد، في هذه الحالة يجب تسجيل طول الشقوق ومستوى الشدة لكل شدة وبشكل منفصل. وتقاس المساحة المتأثرة لهذا العيب بطول المنطقة المتأثرة مضروبا بمتر واحد، وتحسب كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة به على المساحة الكلية للمقطع الممسوح .

جدول رقم (٣-٩) صيانة الشقوق الانعكاسية.[٩]

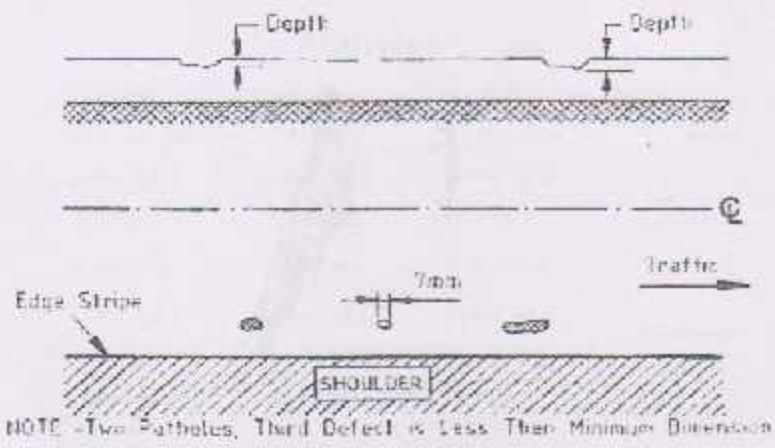
الشقوق الانعكاسية Reflection Cracking

الكثافة / الشدة	منخفضة (أقل من 10%)	متوسطة (بين 11%-50%)	عالية (أكثر من 50%)
منخفضة	لا تعمل شيئا Do Nothing	تعبئة الشقوق Crack Sealing	تعبئة الشقوق Crack Sealing
متوسطة	تعبئة الشقوق Crack Sealing	تعبئة الشقوق Crack Sealing	تعبئة الشقوق Crack Sealing
عالية	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching

٣-٣-١٠ الحُفر Potholes

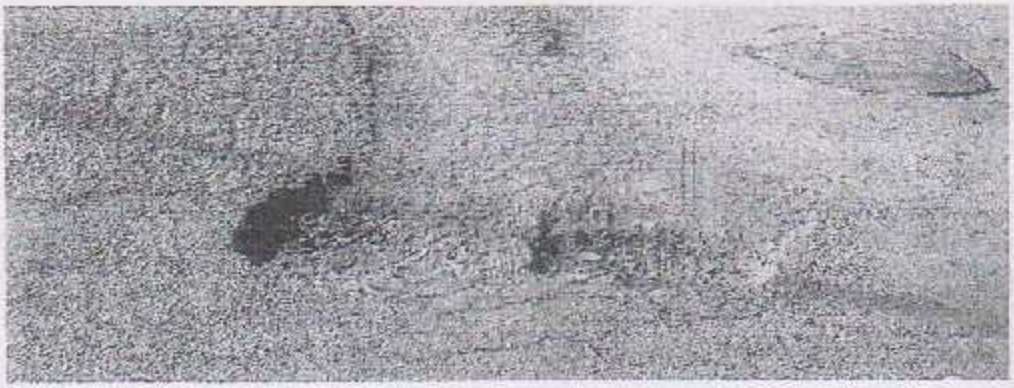
الوصف:-

تكون الحُفر عادة بشكل حوض قطره حوالي ٧٥٠ ملم، كما يكون لها أوجه رأسية بالقرب من أعلى الحفرة، وهي تحدث على سطح الطريق وتختلف في العمق والاتساع. فإذا حدثت الحُفر بسبب الشقوق التماسحية عالية الشدة فيجب تعريفها كحُفر وليس تطاير .يوضح الشكل رقم (٣-١٧) شكل الحُفر وموقعها في الطريق.



الشكل رقم (٣-١٨) رسمة للحُفر.

[٩] دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية



الشكل رقم (٣-١٩) الحُفَر.

الأسباب المحتملة

١. تكسر سطح طبقة الرصف نتيجة للشقوق التمساحية.

٢. التفتت الموضعي لسطح طبقة الرصف.

٣. وجود الرطوبة وفعل الحركة يُعجل من نشوء الحُفَر.

طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب الصيانة المقترحة للحُفَر حسب الشدة والكثافة.

طريقة القياس

إذا كان قطر الحُفَر أكثر من (٧٥٠) ملم فيتم قياس المساحة بالمتر المربع ثم تقسم على (٠.٥) نصف متر مربع لإيجاد عدد الحفر المكافئ، أما إذا كان عمق الحفر أقل من ٢٥ ملم فتعتبر متوسطة الشدة، وعالية الشدة في حالة عمقها أكثر من ٢٥ملم.

جدول رقم (٣-١٠) صيانة الحفر.[١٠]

Potholes الحفر

الكثافة	منخفضة	متوسطة	عالية
المعدد	أقل من 10%	50%	أكثر من 50%
منخفضة	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching
متوسطة	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع سطحي Surface Patching	ترقيع عميق Deep Patching
عالية	ترقيع عميق Deep Patching	ترقيع عميق Deep Patching	ترقيع عميق Deep Patching

[١٠] دليل عيوب رصفات الطرق - وزارة الشئون البلدية والقروية

٣-٣-١١ رقع حفريات الخدمات Utility Cut Patch

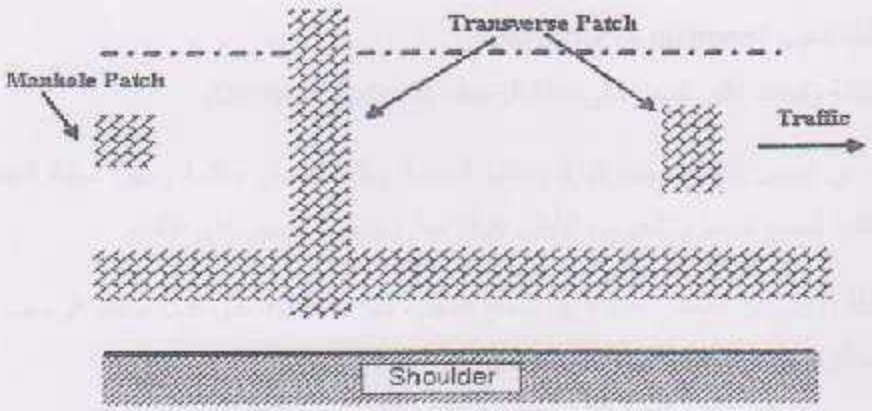
الوصف:-

تعتبر ترقيعات الخدمات من مظاهر الطرق الحضرية في مدن وقرى المملكة، والتي تشمل خدمات الهاتف والكهرباء والماء والصرف الصحي والتي تتميز بامتداد الطول الذي قد يصل إلى طول الطريق نفسه، إضافة إلى ترقيعات غرف تفتيش المجاري التي تكون موضعية ومنتشرة في أي مكان في سطح الطريق.

وتؤثر عيوب هذه الترقيعات على مستوى جودة القيادة وتشمل هذه العيوب ما يلي:

1. الشقوق الطولية والعرضية.
2. الهبوط.
3. الحُفر.
4. التآكل والتطاير.

ويمثل الشكل رقم (٣-٢٠) أشكال ترقيعات الخدمات وموقعها من الطرق.



الشكل رقم (٣-٢٠) رسمة لرقع الحفريات.

الشكل رقم (٣-٢١) رقع الحفريات.

طرق المعالجة المقترحة

يجب أخذ الحيطة والحذر في التعامل مع إجراءات الصيانة المتبعة في أسلوب علاج كل عيب من العيوب سابقة الذكر مع الأخذ بعين الاعتبار أن هذه الأجزاء من الطريق تحوي داخلها خدمات خطوط هامة، وبخاصة التي تتطلب ترقيع عميق أو إصلاح لطبقات ما تحت السطح حتى لا تتأثر خطوط هذه الخدمات.

٤-٣ طرق المعالجة

إجراء فحص للرصفات ويتم كالآتي

طرق وتوصيات الفحص

يتم تقييم حالة الرصف بالملاحظة البصرية وتسجيل أنواع العيوب الموجودة على سطح طبقة الرصف . وتشمل عناصر تقييم الحالة بصرياً ما يلي:

- نوع العيب (Type of distress).
- شدة العيب (Severity of distress).
- كثافة وامتداد تأثير العيب على طبقة الرصف (Density/ Extent).

قبل إجراء أي فحص للموقع يجب إتباع وسائل السلامة وذلك لضمان سلامة وسير عملية الفحص. وتوجد مرحلتين لتنفيذ المسح البصري للعيوب، الأولى بقيادة سيارة والثانية بالسير على الأقدام.

أثناء المرحلة الأولى من الفحص يقود فريق المسح السيارة بسرعة بطيئة على كامل منطقة الرصف ويتم تسجيل المناطق المتأثرة من الرصف بشكل تقريبي وعمل رسومات توضيحية .

المرحلة الثانية وهي مرحلة السير على الأقدام للمنطقة المدروسة، بهدف التعرف على مواقع العيوب .

وتتم عملية صيانة الطرق كالآتي :

أ- الحفر الإسفلتية:

يقوم المتعهد بتحديد مكان الإسفلت بواسطة منشار وظيفته فصل الإسفلت المستوجب عزله عن الإسفلت الجيد بشكل أفقي بمعدل ٩٠ درجة عن مسطح الطريق، بعد عزل الإسفلت نرص الطبقة الترابية التي يليها الإسفلت بواسطة آلة ميكانيكية يدوية رجراج حتى المنسوب المطلوب رصه كما يشير المختبر، ثم نرش الزفت السائل(كولاس) بمعدل ١ كغم في المتر المربع الواحد تحت حرارة لا تقل عن ٩٠ درجة مئوية وأن لا تزيد نسبة رطوبة الأرض عن ٣ % حتى لا تجعل لنا طبقة عازلة بين التربة والإسفلت، ويترك حتى تتدنى حرارته لتساوي حرارة الجو، ثم يلي ذلك وضع الإسفلت على الكولاس ويرص بواسطة مدحلة لا تقل زنتها عن ١٠ طن

ولا تزيد عن ١٥ طن بسرعة ٥ كلم في الساعة على أن ترطب العجلات بالماء حتى لا يتناثر الإسفلت عند رصه، ثم تفتح الطريق أمام المرور بعد تدني الحرارة لتساوي حرارة الجو.

ب ـ التربة:

إذا مر على الطريق عمر من الزمن ويوجد فيها تنوءات، تؤخذ عينات من الإسفلت والطبقات التي تليها إلى المختبر لفحصها وللحصول على نتائج تمكننا من معرفة إن كان لزوم نزع التربة أو صيانة الإسفلت فقط.

٣-٥ عرض الشارع

عرض الشارع الحالي قليل ولا يلبي الاحتياجات المنشودة حيث يعتبر هذا الشارع مدخل رئيسي للمنطقة الجنوبية في الخليل حيث إن عرض الطريق الحالي في بداية الطريق من جهة دوار التحرير مناسب ولكن كلما اتجهنا للجهة الغربية يضيق الطريق ويزيد خطر وقوع حوادث بسبب وجود كراجات تصليح سيارات على جانبي الطريق .

الشكل رقم (٣-٢٢) عرض الطريق.

طريقة المعالجة:

بعد الرفع التفصيلي للطريق وللأبنية المجاورة سيتم تصميم الطريق بعرض ٢٥ م .

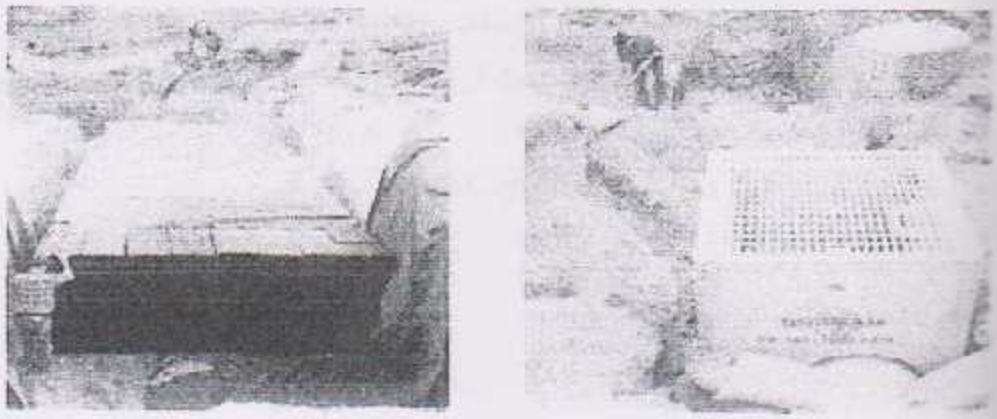
٣-٦ تجمع مياه الأمطار

إحدى المشاكل الرئيسية في الطريق هي مشكلة تجمع مياه الأمطار بكميات كبيره في عدة مناطق على الشارع حيث يشكل الماء خطرا كبيرا على الطريق سواء إذا سقط عليها مباشرة، أو سال عليها من الجوانب، فالماء الذي يسقط على سطح الطريق يخرب هذا السطح و يضعفه سواء كان السطح ترابيا أو حصويا أو إسفلتيا، فإذا سقط الماء على سطح الطريق فإنه قد يتغلغل ويتسرب بين الإسفلت و حبات الحصمة، ويشكل حاجز بينهما، فعند سير المركبات على هذا الطريق تصبح عملية اقتلاع الحصمة أكثر سهولة، وبتكرار هذه العملية، تغلغل للماء واقتلاع للحبيبات، يزداد الخراب ويستفحل، مما يحدث حفرا تتجمع فيها المياه في وسط الطريق.

وإذا كان سطح الطريق الإسفلتي مستويا أو متشققا، فإن الماء يتسرب من هذه الشقوق إلى السطح الترابي و يتسبب في إضعاف الأساس الترابي فيهبط هذا الأساس تحت ثقل السيارات، فمن المعروف أن التربة تكون قوية جدا وهي جافة، وضعيفة جدا وهي رطبة، لذلك فإننا نخلط التربة بالماء أثناء إنشاء الطريق، لتسهيل عملية دمك هذه التربة، حيث تقوم المياه بتشحيم حبات التراب و تسهيل حركتها أثناء الدمك، وبعد انتهاء عملة الدمك ننتظر حتى يتبخر الماء الموجود مع التربة.

طريقة المعالجة

فالطريقة العلمية لتصريف مياه الأمطار تبدأ من قبل أن ترصف الطرقات وتعبد بأن تقام مجاري مياه تحت الأرصفة إما من اليمين أو اليسار أو كليهما أو بالرصيف الوسطي فيما بين المسارين .وبعد أن ينتهي عمل تلك المجاري ، يجب أن تنشأ الطرقات بشكل مائل نحو تلك المجاري كما في الأشكال التالية :



الشكل(٣-٢٣) إقامة مجاري المياه تحت الأرصفة.

٣-٧مشكلة الإضاءة الغير كافية على الطريق :-

إن عدد حوادث التصادم المسيتة التي قد تقع في الليل هو ثلاثة أضعاف الحوادث التي تقع في ساعات النهار وكذلك القيادة في الليل أخطر لأن المسافة التي يمكن أن يراها السائق أمامه اقل بكثير.

الشكل(٣-٢٤) إضاءة الطريق.

طريقة المعالجة

تكثيف الإضاءة على الطريق لمساعدة السائقين على الرؤية بوضوح أثناء القيادة ليلا للتقليل من نسبة الحوادث وتوفير الأمن والسلامة للمشاة، ولا بد من مراعاة الشروط التالية بخصوص مواصفات الإضاءة:

- الاهتمام بمكان أعمدة الإضاءة من حيث تثبيتها على طرفي الطريق (الأرصفة) أو على الجزيرة الوسطية إن كان الطريق ذو مسارين.
- الاهتمام بأبعاد الأعمدة كارتفاعاتها والمسافات بينها وتوزيعها على طول الطريق .
- الاهتمام بنوع المصابيح المستعملة بحيث أن لا تكون مصنوعة من مواد سريعة التلف أو مواد تتأثر بالعوامل البيئية والجوية.
- دراسة مدى قدرة الطريق على عكس الإضاءة .

جامعة بوليتكنك فلسطين
Palestine Polytechnic University
(PPU)
The Library المكتبة
Acc. ١٢٩٦٢ الرقم التسلسل
Class. رقم التصنيف

أعمدة الكهرباء المستخدمة :

الشكل(٣-٢٥) إضاءة الطريق.

الفصل الرابع

التصميم الهندسي للطريق

٤-١ مقدمه.

٤-٢ أسس عمليه التصميم .

٤-٢-١ حجم المرور .

٤-٢-٢ تركيب المرور .

٤-٢-٣ السرعة التصميمية.

٤-٢-٤ قطاع الطريق .

٤-٢-٥ عرض الحارة .

٤-٢-٦ الأرصفة .

٤-٢-٧ الميول العرضية .

٤-٢-٨ الميول الطولية .

٤-٢-٩ الجزر الفاصلة بين الاتجاهين .

٤-٢-١٠ الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشاديه .

٤-٢-١١ الجدر الاستناديه .

٤-٣ العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق.

٤-٤ التخطيط الأفقي للطريق.

٤-٤-١ المنحنيات الأفقية.

٤-٤-١-١ المنحنيات الدائرية البسيطة.

٤-٤-١-٢ المنحنيات الانتقالية.

٤-٤-١-٣ القوة الطاردة المركزية.

٤-٤-٢ ارتفاع ظهر المنحنى (التعلية).

٤-٤-٢-١ زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات.

٤-٤-٢-٢ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق.

٤-٥ التخطيط الراسي للطريق.

٤-٥-١ أنواع المنحنيات الراسية.

٤-٥-٢ عناصر المنحنى الراسي.

٤-٥-٣ الميول الراسية العظمى.

٤-٥-٤ طول المنحنى الرأسي .

٤-٦ إشارات المرور .

٤-٦-١ أنواع الإشارات .

٤-٦-٢ مواصفات الإشارات .

٤-٧ علامات المرور .
٤-٧-١ أهداف علامات المرور .
٤-٧-٢ الشروط الواجب توفرها في العلامات .
٤-٧-٣ أنواع علامات المرور في الطريق .

الفصل الرابع
التصميم الهندسي للطريق

٤-١ مقدمة

يعتبر التصميم الهندسي من أهم مراحل التصميم لأي طريق، حيث أنه تكون هذه المرحلة من التصميم في المكتب وتسير جنبا إلى جنب مع عمليات المسح والعمل الميداني.

تتمثل عملية التصميم الهندسي للطريق في ثلاث أمور رئيسية وهي كالتالي:

١. التصميم الأفقي (Horizontal Alignment).
٢. التصميم الراسي للطريق (Vertical Alignment)
٣. التصميم العرضي للطريق حيث يتم في هذه المرحلة من التصميم تحديد شكل مقطع الطريق وميولها الجانبية،وكذلك بيان سطح الطريق وعرضه.

٤-٢ أسس عملية التصميم

تتوقف أسس التصميم على عوامل كثيرة منها:-

٤-٢-١ حجم المرور Traffic volume

يعتبر حجم المرور من الأمور الرئيسية التي يجب أن تأخذ في الاعتبار عند تصميم الطريق بحيث يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا.

٤-٢-٢ تركيب المرور (Character of Traffic)

يتم معرفة تركيب المروربتحديد نسبة عربات النقل والحقلات بالنسبة لحجم المرور الساعي التصميمي.

٤-٢-٣ السرعة التصميمية (Design speed)

هي السرعة التي نصمم على أساسها ، بالإضافة إلى تركيب المرور وحجم المرور الساعي.

جدول (٤-١) :السرعة حسب تصنيف الطريق[1]

تصنيف الطريق	السرعة الدنيا	السرعة المرغوبة
طريق محلي(LOCAL)	30	50
طريق تجميعي(COLLECTOR)	50	60
شرياني – عام	80	100
-أقل اضطراب	70	90
-اضطراب ملموس	50	60
طـريق سريع)	90	120

[1] السلامة وتخطيط المنحنيات . د. يوسف صيام

٤-٢-٤ قطاع الطريق

إن الاستفادة من الطريق تتوقف على تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق ، فالطرق التي يمر عليها عدد كبير من السيارات وبسرعة عالية يتطلب عدد كبير من حارات المرور ومنحنيات ذات أنصاف قطار كبيرة نسبيا وانحدارات طولية صغيرة لذلك يجب الاهتمام بأرصفة الطرق المتسعة وعمل الجزر الفاصلة بين اتجاهي المرور. وقد تم اختيار قطاع الطريق لهذا المشروع ٢٠ م.

٤-٢-٥ عرض الحارة (lane width)

يلعب عرض الحارة دورا مهما في سهولة القيادة ودرجة الأمان على الطريق ويجب أن لا يقل عرض المسرب عن ثلاثة أمتار ويفضل أن يؤخذ ٣.٥ أو ٣.٦ مترا، وفي الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض المسرب ٣.٧٥ مترا وذلك بسبب السرعة العالية في هذا النوع من الطرق. وقد تم اختيار عرض الحارة في هذا الشارع ٣.٥ متر.[٢]

٤-٢-٦ الأرصفة (Sidewalks)

تعتبر أرصفة المشاة جزءا مكملا لتصميم الطرق الحضرية، ولكن قلما تعتبر ضرورية في المناطق الخلوية، وعلى العموم فإنه يستحب عمل اطراف في الطرق التي يتوقع فيها حركة مرور مشاة كبيرة أو في المناطق التي قد يحدث فيها أخطار للمشاة مثلما يحدث قريبا من المدن والقرى ومواقع الأسواق والمصانع وغير ذلك، وينبغي ألا يقل عرض الرصيف عن ١.٥متر، ويعمل من مواد تعطي مسطحا ناعما ومستويا سليما، وهنا يجب الإشارة الى نقطة مهمة وهي أن يكون سطح الرصيف الذي يسير المشاة عليه مساويا في الجودة أو أحسن حالة من سطح الرصيف المخصص لطريق السيارات لجذب المشاة للسير عليه، وقد تم اختيار الارصفة في هذا المشروع ٢ متر.

٤-٢-٧ الميول العرضية

إن الميول العرضية يتم عملها للطريق من اجل تصريف المياه المتواجدة على سطح الطريق، حيث يجب عمل ميول عرضية من الجهتين بالنسبة لمحور الطريق و قد يعمل هذا الميل منتظما أو منحنيا على هيئة قطع مكافئ ، و في حالة وجود جزر وسطي فإن كل اتجاه يعمل بميل خاص كما لو كان من حارتين منفصلتين، وتبلغ قيمة الميول العرضية ٢% .

---

[٢] AASHTO

٤-٢-٨الميول الطولية

في المناطق المستوية يتحكم نظام صرف الأمطار في المناسيب، أما في المناطق التي يكون فيها مستوى المياه في نفس مستوى الأرض الطبيعية فإن السطح السفلي للرصيف يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه بحوالي (0.5م) على الأقل، و في المناطق الصخرية يقام المنسوب التصميمي بحيث تكون الحافة السفلية لكتف الطريق أعلى من منسوب الصخر بـ (0.3م) على الأقل، و هذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير الضروري، و يعتبر الميل (0.25%) هو اقل ميل لصرف الإمطار في الاتجاه الطولي للطريق .

٤-٢-٩الجزر الفاصلة بين الاتجاهين (Medians)

تعتبر الجزر فاصلة تفصل حركة المرور المعاكسة ،وتكون موجودة في كل الطرق الحديثة خصوصا إذا كانت من أربع حارات أو أكثر وعرض هذه الجزر يجب أن يكون كافيا وذلك لتأدية الغرض الذي وضعت من اجله ، ومن أهمها تقليل تأثير الأضواء المبهرة الصادرة من المرور المعاكس ليلا هذا بالإضافة إلى حماية السيارات القادمة من الاتجاه المعاكس من الاصطدام وللتحكم في المناطق المسموح فيها بالدوران في حالة التقاطعات السطحية، ويتراوح عرض الجزيرة من 1 إلى 3.5 مترا أو أكثر، وهذا طبعا ليس بعرض ثابت على طول الطريق وإنما يتغير حسب الحالة أو الضرورة بالإضافة إلى أن منسوب الطريق في الاتجاهين قد يكون مختلفا، وتم اختيار عرض الجزيرة في هذا الشارع ٢ متر .[٣]

٤-٢-١٠الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشادية (Guardrails and Guide Posts)

حيث تستخدم مثل هذه الحواجز والأعمدة في المناطق الخطرة التي يخشى فيها أن تخرج المركبات عن مسارها.

٤-٢-١١ الجدر الاستنادية

إن إنشاء الجدران الاستنادية على جوانب الطرق يكون بناءا على عوامل تحتم علينا إنشاؤها في تلك المناطق حيث انه إذا كان حرم الطريق ضيقا و كانت التربة لا تستطيع الثبات على ميول شديدة الانحدار فإنه لا بد من استعمال الجدران الاستنادية لمنع التربة من الانهيار و بالتالي منعها من الخروج عن حدود الطريق،

[٣] AASHTO

٤-٣ العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق

١. النقاط الحاكمة:

وهي النقاط الأساسية التي يمر بها مسار الطريق، وتقسم إلى قسمين:

أ- نقاط يجب أن يمر بها الطريق(إجبارية):

وهذه قد تتسبب في زيادة طول المسار والمرور في مناطق صعبة ، ومن أمثلة هذه النقاط: موقع جسر، ممر جبلي ، مدينة متوسطة،...الخ.

ب- نقاط يجب الابتعاد عنها:

وهذه المناطق يجب أن يبعد مسار الطريق قدر الإمكان عنها مثل مناطق العبادة، المدافن، المنشآت الضخمة عالية التكاليف.

٢. حجم المرور:

هو عبارة عن عدد المركبات التي تمر من خلال نقطة معينة خلال فتره زمنية معينة، سواء في الاتجاه الواحد أو الاتجاهين،ويجب الأخذ بعين الاعتبار عند تخطيط الطريق حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا، لذلك يجب عمل الدراسات اللازمة لعدد السيارات الحالي ونسبة الزيادة المتوقعة في عدد السيارات في المستقبل بالإضافة إلى تحديد أنواع السيارات المتوقع استخدامها للطريق لما له من أهمية كبيرة لمعرفة في تحديد حجم المرور.

٣. التصميم الهندسي للطريق :

من الأمور التي تتحكم في اختيار التصميم النهائي للمسار أسس التصميم الهندسي مثل الانحدارات وأنصاف أقطار المنحنيات ومسافة الرؤية.

٤. التكلفة :

يجب أن يراعى عند تصميم واختيار مسار الطريق التكلفة الكلية للمشروع بحيث تكون قليلة ما أمكن ويراعى أن تشمل التكلفة تكلفة الصيانة وتكلفة تشغيل وحدات السير.

٤-٤ التخطيط الأفقي للطريق

حيث يتم فيه بيان المنحنيات الأفقية وتحديد بداياتها ونهاياتها وكذلك تحديد أطوالها وزواياها ونقاط التقاطع فيها ،بالإضافة لذلك يتم بيان الجزر الوسطى وعرض الطريق والحواجز الجانبية ونقاط المضلع وكذلك تحديد اتجاه الطريق بالنسبة للشمال.

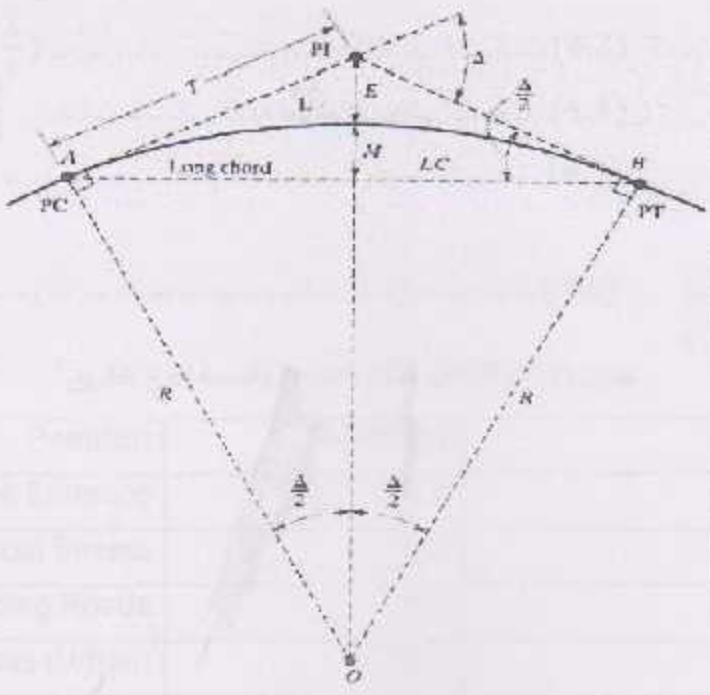
٤-٤-١ المنحنيات الأفقية

الهدف من استخدام المنحنيات هو وصل الأجزاء المستقيمة ببعضها بشكل تدريجي لتفادي التغيرات المفاجئة في الاتجاهات التي تسبب الإزعاج للسائقين، وهناك أنواع متعددة من المنحنيات التي يمكن استخدامها في وصل الخطوط المستقيمة المتقاطعةوسيتم في المشروع استخدام المنحنيات الأفقية الدائرية.

٤-٤-١-١المنحنيات الدائرية البسيطة(Simple Circular Curves)

عناصر المنحنى الدائري البسيط:-

الشكل التالي يوضح منحنى دائري بسيط، حيث انه يتكون من العناصر التالية:-



الشكل (٤-١) منحنى دائري بسيط [1]

[1] المساحة وتخطيط المنحنيات . د. يوسف صيام .

١. نصف قطر المنحنى	Radius of curve (R)
٢. زاوية الانحراف الكلية الزاوية المركزية للمنحنى	Deflection angle Δ
٣. طول المماس	Tangential length (T)
٤. طول المنحنى	Length of Curve (L)
٥. طول الوتر	Chord Length (LC)
٦. المسافة الوسطية	Middle Ordinate (M)
٧. المسافة الخارجية	External Distance (E)
٨. نقطة التقوس أو نقطة بداية المنحنى	Point of Curvature (PC)
٩. نقطة التقاطع	Point of intersection (PI)
١٠. نقطة التماس أو نقطة نهاية المنحنى	Point of tangency (PT)
١١. درجة التقوس	Degree of Curvature (D)

القوانين والعلاقات التي تربط عناصر المنحنى الدائري البسيط:

$$T = R \tan\frac{\Delta}{2} \quad \ldots\ldots (4.1)$$

$$E = R\left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}}\right) \quad \ldots\ldots (4.2)$$

$$M = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right) \quad \ldots\ldots (4.3)$$

$$LC = 2R \sin\frac{\Delta}{2} \quad \ldots\ldots (4.4)$$

$$L = \frac{\Delta}{180}\pi R \quad \ldots\ldots (4.5)$$

$$D = \frac{1718.873}{R} \quad \ldots\ldots (4.6)$$

جدول (٤-٢) أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق*.

Position	R-Normal	R-Min
Garage Entrance	6.0	5.0
Local Streets	6.0	6.0
Collecting Roads	8.0	6.0
Major Roads (Urban)	10.0	8.00
Major Roads(Rural)	20.0	10.0

* المساحة وتخطيط المنشئات . د. يوسف صيام .

وبالنسبة إلى تصميم المنحنيات على التقاطعات فإن الجداول التالية توضح أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق و للسرعة على المنحدر.

الجدول (٤-٣) الحد الأدنى لنصف القطر على المنحنى .[٦]

سرعة الدوران (كم / ساعة)	25	32	40	48	55	65
معامل الاحتكاك	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.17
ميلان سطح الطريق	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09
نصف القطر المستعمل(متر)	15	30	50	75	100	140

٤-١-٤-٢ المنحنيات الانتقالية (Transition Curves)

يستخدم المنحنى الانتقالي في جميع المنحنيات الأفقية وتأتي أهمية المنحنى الانتقالي من (اللولبية) بين المماس والمنحنى الدائري لنقل المركبة من طريق مستقيم إلى طريق منحني ، وفي المنحنى الانتقالي تتناسب درجة المنحنى مع طول اللولب وتزداد من صفر عند المماس لدرجة المنحنى الدائري عند النهاية . وعلى هذا فمن المستحسن عمل منحنيات انتقالية حتى يمكن للسائق أن يسير في حارته المرورية. فضلاً عن أن المنحنى الانتقالي يعطي للمصمم المجال لتطبيق التوسيع والرفع التدريجي للحافه الخارجية للرصف بمقدار الرفع المطلوب.

ويتم حساب طول المنحنى الانتقالي من خلال المعادلة التالية:

$$L = 0.0702\ V^3 / (RXC)$$

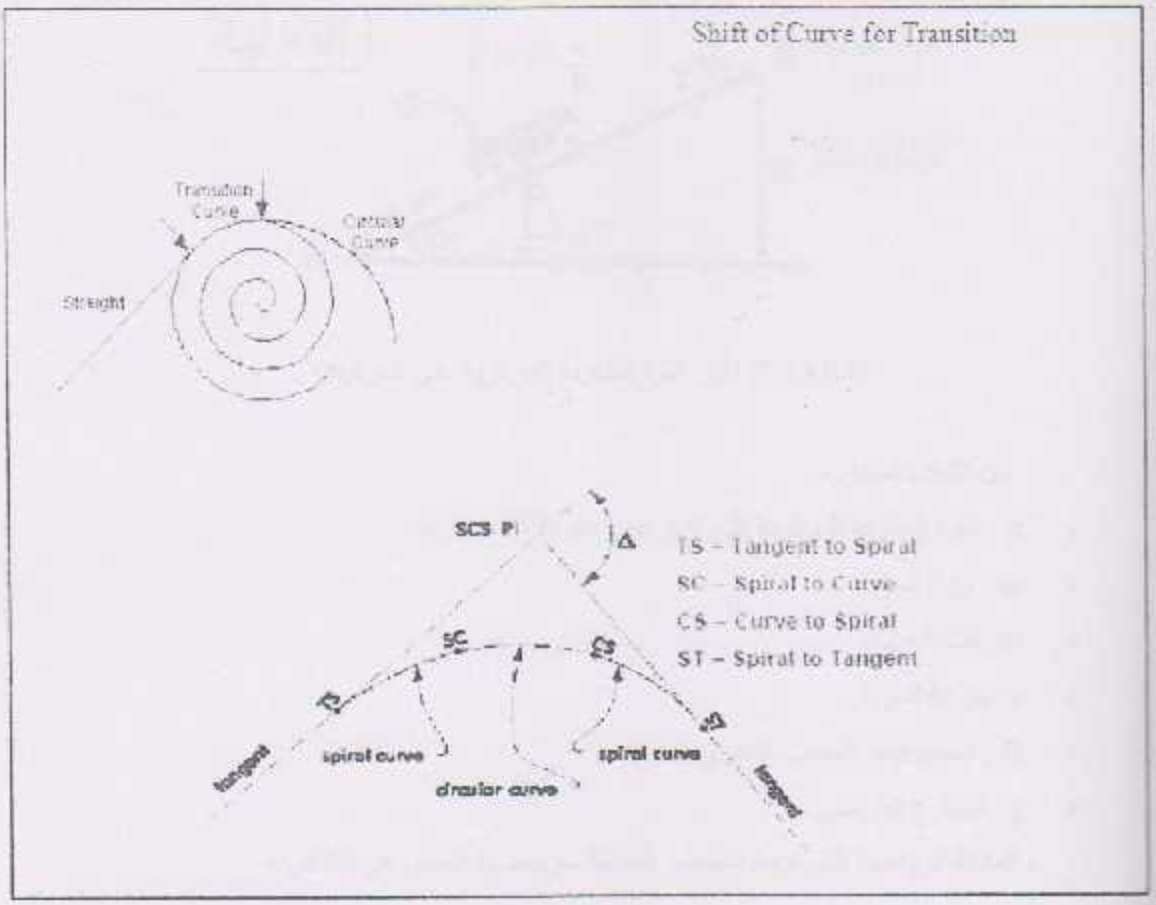
L= أقل طول للمنحنى الانتقالي

V = السرعة التصميمية (كم/ ساعة)

R = نصف قطر المنحنى الدائري (م)

C = معدل زيادة العجلة المركزية (م/ث٣)

[٦] المساحة وتخطيط المنحنيات . د. يوسف حبيام .

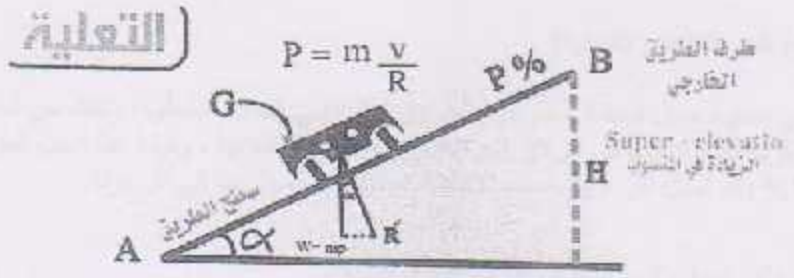


الشكل (٤-٢) المنحنى الانتقالي . [٧]

٤-٤-١-٣القوة الطاردة المركزية

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من اللانهاية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر، انظر العلاقة (٢-٩)، ولمنع تغير قيمة القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة لتشكل حلقة وصل بين الجزء المستقيم والمنحنى الدائري، وبالتالي تعمل على امتصاص القوة الطاردة المركزية بشكل تدريجي.

[٧] المساحة وتخطيط المنحنيات . د. يوسف صيام .



الشكل(٤-٣) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات[٨].

من الشكل السابق:-

- p : القوة الطاردة المركزية التي تؤثر على العربة أثناء سيرها.
- w : وزن العربة.
- m: كتلة العربة.
- v: سرعة العربة.
- R : نصف قطر المنحنى الدائري.
- g: التسارع الأرضي.

والعلاقة الرياضية التي تربط العناصر السابقة مع بعضها البعض هي كالتالي:-

$$P = \frac{wv^2}{gR} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{.....(٤.٧)}$$

يمكن كتابة العلاقات الرياضية التالية:-

$$\tan\alpha = P_1 = \left(\frac{mv^2}{r}\right)/(mg) = \frac{v^2}{gr} \quad \text{.....(٤.٨)}$$

حيث أن:-

r : نصف قطر المنحنى المتدرج في إحدى نقاطه

P_1 : الميل العرضي لسطح الطريق ضمن الجزء الخاص بالمنحنى المتدرج

α : الزاوية الراسية

[٨] المساحة وتخطيط المنحنيات . د. يوسف صيام .

٤-٤-٢ارتفاع ظهر المنحنى (التعلية)

التعلية هي عملية جعل الحافة الخارجية للطريق أعلى من الحافة الداخلية، وذلك من اجل تفادي القوة الطاردة المركزية التي تتسبب في انزلاق المركبة وقد تؤدي إلى انقلابها ، وقيمة هذا الميل العرضاني تتراوح من ٤% - ٧% وقد تصل إلى ٩% حسب الأنظمة المختلفة المعمول بها في كل دوله.

ويمكن حساب قيمة التعلية وفقا للمعادلات التالية:-

$$e+f=\frac{(0.75\times v)^2}{127\times R} \quad \text{.....(٤.٩)}$$

حيث أن:-

R : هي نصف القطر الدائري بالمتر.

V: هي سرعة المركبة ب كم/ ساعة، و هنا ضربنا السرعة ب 0.75 بسبب أن الطريق مختلطا (تسير عليه جميع أنواع المركبات).

e: أقصى معدل رفع جانبي بالمتر (ارتفاع ظهر المنحنى).

f: هي معامل الاحتكاك الجانبي، وأقصى قيمة يمكن قبولها هي 0.16، فإذا كانت قيمة f أكبر من قيمة f max ، فإننا نقوم بتثبيت قيم e , f عند قيمهم القصوى، ونحسب بالاعتماد عليهما قيمة السرعة المسموح بها، وتكون ملزمة لنا على المنحنى، ونحسب السرعة حسب القانون التالي:-

$$V=\sqrt{[127R(e\max+f\max)]} \quad \text{.....(٤-١٠)}$$

٤-٤-٢-١ زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات (التوسعة على المنحنيات)

يتم زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات حيث يتم زيادة الاتساع إما على الطرف الخارجي للمنحنى أو بتوزيعه على الطرفين الداخلي و الخارجي للمنحنى.

من الأسباب التي تدفعنا لتنفيذ التوسعة على المنحنيات هي:-

١ – عند المنحنى لا تتبع العجلات الخلفية العجلات الأمامية.

٢ – يزداد العرض مما يساعد على رؤية المركبة القادمة بسهولة.

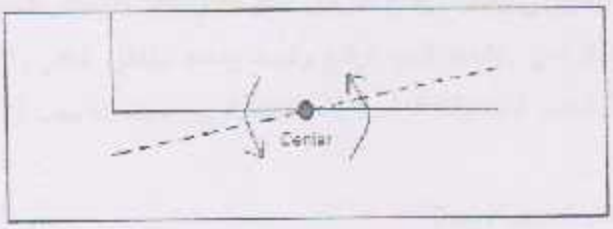
٣- لا تلتصق السيارة تماما بالرصيف على المنحنى.

٤-٤-٢-٢الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق(التعلية)

- الطريقة الأولى

يبقى محور الطريق ثابتا، ويبدأ جانب الطريق بالارتفاع والدوران حول المحور وبنفس الوقت يبقى الجانب الأخر ثابتا حتى يصبح كامل السطح على استقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالانخفاض، والجانب

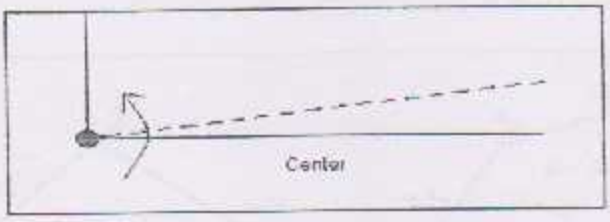
الأول بالارتفاع ويبقى سطح الطريق على استقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يتحقق الميلان المطلوب، وعند الخروج من المنعطف يعود السطح بالدوران حول المحور حتى يعود سطح الطريق مائلا بالاتجاهين المتعاكسين بنسبة 2% .



شكل (٤-٤)الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الأولى

- الطريقة الثانية:-

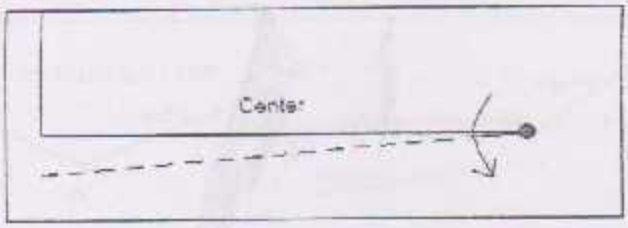
يرتفع الجانب الخارجي للطريق (ظهر المنعطف)، ويبقى الجانب الثاني ثابتا حتى يصبح كامل سطح الطريق على استقامة واحدة بميل 2%، عند ذلك يدور كامل سطح الطريق حول حافة الطريق الداخلية و(ليس حول محور)، بحيث أن كامل سطح الطريق يرتفع بدلا من ارتفاع نصفه حتى يصل السطح إلى الميلان المطلوب.



شكل (٤-٥)الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الثانية

- الطريقة الثالثة:-

يبدأ كامل سطح الطريق بالانخفاض و الدوران حول طرف الطريق الخارجي (ظهر المنعطف)، حتى يصبح سطح الطريق على استقامة واحدة، بعدها يحصل دوران لكامل السطح حتى يصل للميلان المطلوب.



شكل (٤-٦)الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الثالثة

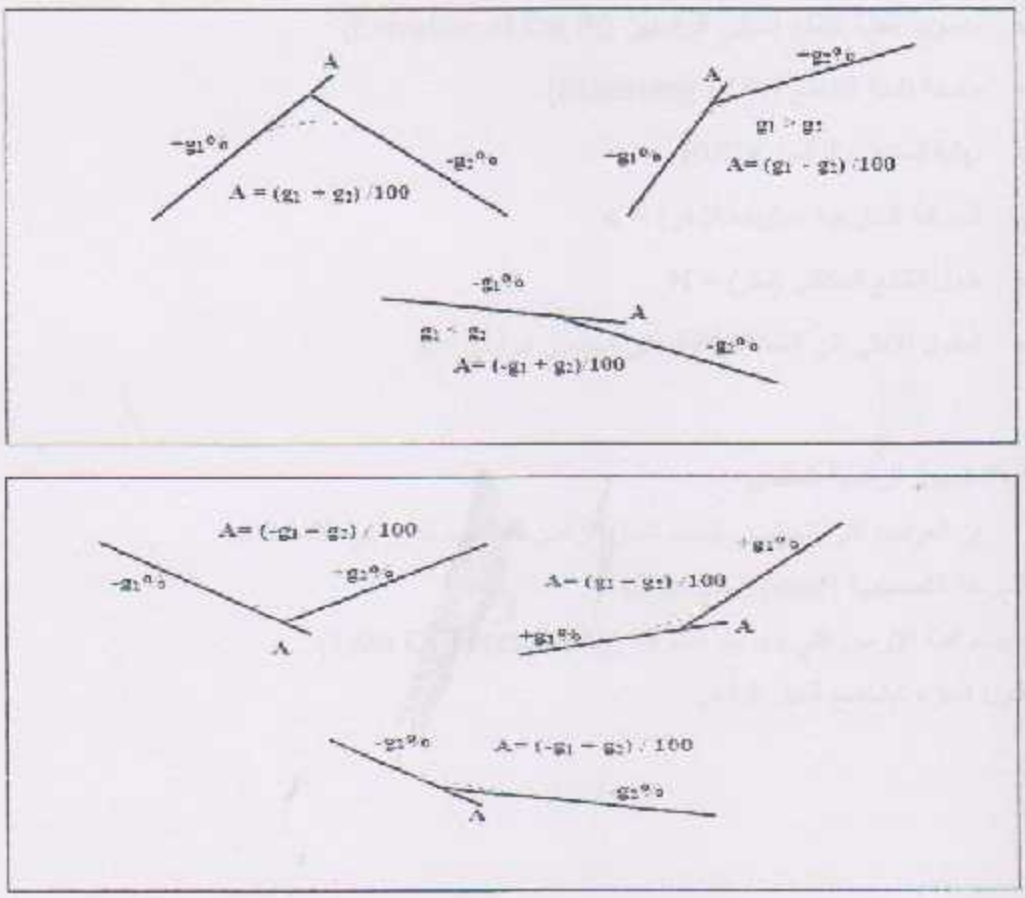
٤-٥ التخطيط الراسي للطريق(Vertical Alignment)

إن عملية الانتقال من اتجاه إلى اتجاه آخر في المستوى الرأسي تتم من خلال عمل منحنيات راسية تسهل هذه العملية، وهو يتمثل في تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية وتحديد الانحدار الجديد للطريق، حيث يتم بيان الطريق بالمستوى الرأسي ونشاهد كيف ترتفع وتهبط ونحدد مناطق الحفر والردم، وكذلك من التصميم الرأسي للطريق يتم تحديد المنحنيات الرأسية و مسافات الرؤية حيث انه يجب أن تتوافر المواصفات التالية في هذه المنحنيات:

١. أن يكون الانتقال تدريجيا وسهلا
٢. تحقيق شروط الرؤية بحيث يستطيع السائق رؤية أي حاجز أمامه من مسافة كافية

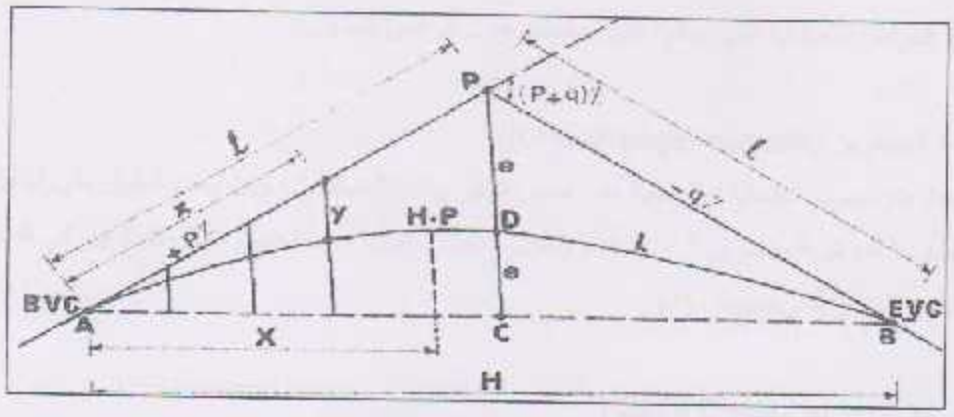
٤-٥-١ أنواع المنحنيات الرأسية

يحتوي خط منسوب الطريق على مجموعة خطوط مستقيمة ومتقاطعة (في المستوى الرأسي) حيث يتم ربط كل خطين متقاطعين بمنحنى رأسي مناسب، وتكون هذه المنحنيات على شكل منحنيات استدارة علوية (منحنيات رأسية محدبة)، أو منحنيات استدارة سفلية (منحنيات رأسية مقعرة).



الشكل (٤-٧) فرق الميل أو زاوية الميل

٤-٥-٢ عناصر المنحنى الرأسي



الشكل (٤-٨) عناصر المنحنى الراسي .

ومن الشكل السابق فان عناصر المنحنى الرأسي هي كالتالي:

- نسبة الميل = p & q
- بداية المنحنى الرأسي = BVC
- منسوب نقطة تقاطع الميلين الرأسيين (Elevation of the PI)
- محطة نقطة التقاطع (Stationing of PI)
- نهاية المنحنى الرأسي =EVC
- المسافة الخارجية المتوسطة(متر) = e
- طول القطع المكافئ (متر) = H
- الطول الأفقي إلى النقطة الأفقية على المنحنى الرأسي =X

٤-٥-٣ الميول الرأسية العظمى

إن العوامل التي تتحكم في تحديد الميل الرأسي للخطوط تظهر في النقاط التالية:

١- السرعة التصميمية (Design Speed).

٢- طبوغرافية الأرض التي يمر منا الطريق (Type Of Topography).

٣- طول الجزء الخاضع للميل الرأسي.

٤-٥-٤ طول المنحنى الرأسي

من العوامل الأساسية التي تحكم اختيار وتحديد طول الرأسي كما يلي:

أ-راحة المسافرين (of passenger comfort):

حيث يتم تصميم المنحنيات الراسية على أساس توفير راحة المسافرين: حيث يحدد الطول على اساس القوة الطاردة المركزية وتساوي ٠.٦ م/ ث^{2}، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما . (١)

ب- مسافة الرؤية (Sight Distance):

مسافة الرؤية هي المسافة التي يراها السائق أمامه على طول الطريق دون أية عوائق ومن الضروري جدا في التصميم توفر مسافة رؤية كافية لضمان أمان التشغيل وتحقيق مسافة الرؤية الكافية للوقوف ويجب أن توفر باستمرار بطول الطريق.

تعتمد مسافة الرؤية على عدة عوامل منها السرعة، تخطيط الطريق أفقيا ورأسيا ، وجود الأبنية والأشجار ونوعية السيارات التي ستستعمل الطريق ، وحالة الطقس والإضاءة ، وارتفاع عين السائق عن سطح الطريق (أي علو السيارة)، وارتفاع العوائق التي يراها السائق على الطريق.

ج- مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance):-

تعرف مسافة الرؤية التصميمية للتوقف الأمن بمقدار الحد الأدنى للمسافة الضرورية لتوقف مركبة تسير بسرعة تقترب من سرعة التصميم دون أن تصطدم بعائق يعترض خط سيرها (التوقف الأمن).

٤-٦ إشارات المرور المستخدمة

نظرا لأهمية تنظيم وتوحيد اساليب المرور في جميع دول العالم حتى يتفهمها الناس جميعا فقد اجتمعت الدول على توحيد وتنظيم علامات المرور وإشارات المرور عام ١٩٤٩ م، والغرض منها وضع سياسة موحدة لهذه العلامات حتى يمكن لسائقي السيارات إتباعها في جميع أنحاء العالم .

وقد أدخلت تحسينات على الاتفاقية دعت الأمم المتحدة خبراء النقل والمرور في الدول الأعضاء إلى الاجتماع وأسفر عنها الوصول إلى اتفاقية جديدة على ضوء ما يصحب النقل والمرور من تطوير وتقدم وزيادة في الحجم المروري .

تستعمل الإشارات المرورية لتوصيل المعلومات السائق و الراجل و تتألف من لوحات رسم عليها أسهم أو كلمات أو الاثنان معا بحيث تكون المعلومات واضحة و تناسب حالة السير و نوع الطريق .

٤-٦-١ أنواع الإشارات

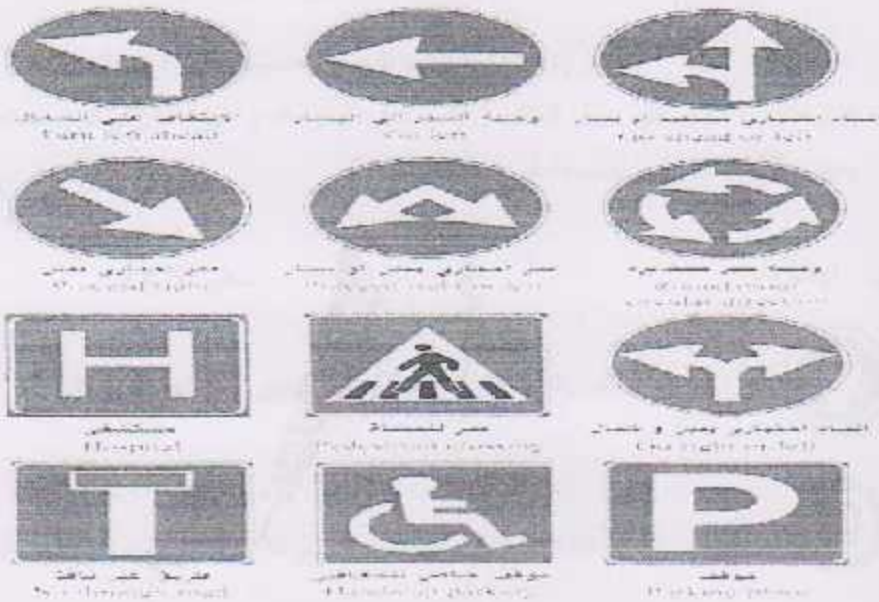
١- إشارات المنع :

الإشارات التي تأمر السائق بالعمل بها وإلا يعرض لعقوبة القانون وتتميز باللون الأحمر، على سبيل المثال ممنوع المرور، وتكون مستديرة الشكل كما هي موضحة في الشكل (٤- ٩).

الإشارة:			
معنى الإشارة:	ممنوع الدوران والرجوع للخلف	ممنوع تجاوز المركبات	ممنوع الدخول

الشكل (٤- ٩) إشارات المنع المستخدمة في الطرق[٩] .

٢- إشارات التعليمات (التوجيه):- مثل مكان وقوف، استراحة، وتكون مربعة أو مستطيلة الشكل كما هي موضحة في الشكل (٤- ١٠).



الشكل (٤- ١٠) إشارات التوجيه المستخدمة في الطريق [١٠].

[٩] موقع توريا فلسطين (http://www.stqou.com/paldriver/) .
[١٠] موقع توريا فلسطين (http://www.stqou.com/paldriver) .

٣- إشارات إرشادية، يجب استعمالها على التقاطعات كما هي موضحة في الشكل (٤- ١١).

الشكل (٤- ١١) إشارات إرشادية خاصة بالتقاطعات [١١].

٤- إشارات التحذير:

كإشارة انحدار حاد أو منعطف خطر و تكون هذه الإشارات مثلثيه الشكل كما هي موضحة في الشكل (٤- ١٢).

الإشارة						
معنى الإشارة	مفترق طرق أمامك (تفرع T)	أولاد على الشارع	أمامك ممر مشاة	احذر منعطف مزدوج يسار	انعطاف حاد نحو اليسار	انعطاف إلى اليمين

الشكل (٤- ١٢) إشارات التحذير المستخدمة في الطريق .

إشارات الأوامر: على سبيل المثال (قف، هدئ السرعة، و غير ذلك) وتكون مستديرة الشكل أو مستطيله الشكل كما هي موضحة في الشكل (٤- ١٣).

٥- : الإشارة معنى الإشارة

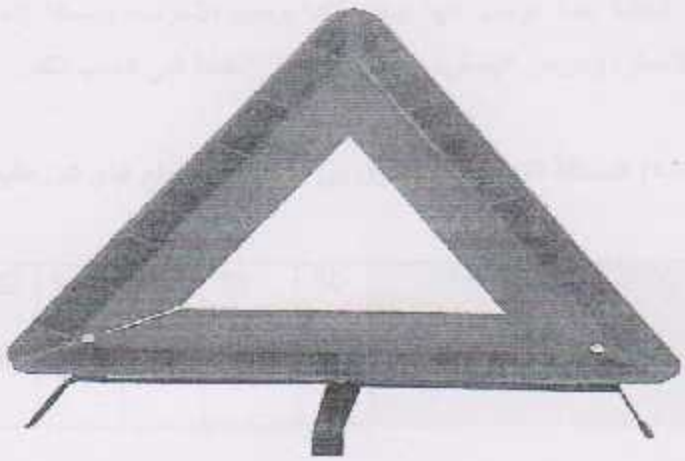
قف . أعط حق الأولوية لحركة السير على الجهة المقابلة

سرعة خاصة، لا يجوز السير بسرعة تزيد عن السرعة المحددة على

الشكل (٤- ١٣) إشارات الأوامر .

[١١] موقع توريا فلسطين (http://www.stqou.com/paldriver) .

٦ - إشارات الطوارئ: توضع إشارات مؤقتة عند وقوع حوادث أو تعطل سيارات أو وجود ضباب وهذه الإشارات تكون متنقلة ويزمن لها إضاءة كافية من بطاريات خاصة كما هو موضح بعضها في الشكل (٤- ١٤).



الشكل (٤- ١٤) إشارة مثلث الطوارئ [١٢].

٤-٦-٢ مواصفات الإشارات

يجب أن يكون للإشارات مواصفات خاصة بها حتى تحقق الهدف المنشود منها فالإشارة يجب أن تكون واضحة للسائق وتشد انتباهه قبل مسافة طويلة تزيد عن تلك المسافة اللازمة لرؤية الكتابة كما يجب ان تكون الكتابة على الإشارة واضحة ومفهومة للسائق لكي يتصرف طبقا للإشارة بدون أن ينصرف انتباهه عن الطريق.

وحتى يتحقق ذلك لابد من الانتباه إلى الأمور الرئيسية التالية في الإشارة :

١- أبعاد الإشارة:

كلما كبرت الإشارة ضمن حدود معقولة، تحسنت رؤية السائق لها.

٢- تباين الألوان في الإشارة:

من المهم جدا أن تكون الألوان في الإشارة متباينة ، و ذلك لكي تكون مميزة بالنسبة للمنطقة المحيطة بها و كذلك كي تكون الكتابة أو اي رمز واضح و مميز بالنسبة للإشارة ، و يتم الحفاظ على هذا العنصر باستخدام خصائص الألوان كأن تكون الكتاب على اللوحة فاتحة و خلفية للوحة بلون غامق على أن تختلف أيضا لون اللوحة عن البيئة المحيطة حتى تكون واضحة (التباين باستعمال الوان مختلفة ذات لمعان مختلف).

[١٢] موقع تورينا فلسطين (http://www.stqou.com/paldriver/) .

٣- الشكل:

يجب أن تكون الإشارات منتظمة الشكل تتناسب مع الهدف الذي وضعت من أجله.

٤- الكتابة:

تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل منها نوع الكتابة وحجم الأحرف، وسماكة الخط والفراغات بين الكلمات والأسطر، وعرض الهامش، و يجب أن نختار الكتابة التي تناسب ذلك.

الجدول (٤-٤) المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة والتقاطع الذي تدل عليه الإشارة .

سرعة السيارة (كم/ساعة)	50	65	80	95	120
المسافة بين الإشارة والتقاطع(متر)	45	90	150	220	300

٤-٧ علامات المرور (Traffic Marking)

يشمل علم الطرق هندسة الطرق وهندسة المرور. وعند تصميم الطرق وإنشائها وفتحها للسيارات لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لتضمن حسن الأداء و لتمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشأت من أجله الطريق.

وعلم المرور يتطرق إلى أمور عدة كالاتجاهات والمسارب و التقاطعات والانعطاف إلى اليمين أو اليسار والمسافات والوقوف وغير ذلك، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه ولذلك يجب تنفيذها عند فتح الطريق.

٤-٧-١ أهداف علامات المرور

إن علامات المرور على الطريق عبارة عن خطوط متصلة أو متقطعة، مفردة أو مزدوجة، يمكن أن تحمل اللون الأبيض أو الأسود أو الأصفر، كما يمكن أن تكون أسهما أو كتابة كلمات، و الهدف من وراء وضع هذه العلامات هي :-

١- تحديد المسارب وتقسيمها.
٢- فصل السير الذاهب عن القادم.
٣- منع التجاوز في المناطق الخطرة.
٤- منع الوقوف في المناطق التي لا يجوز فيها ذلك.
٥- تحديد أماكن عبور المشاة.
٦- تحديد أولوية المرور على التقاطعات.

٧- تحديد مواقف السيارات.

٨- تعيين الاتجاهات بالأسهم لتحديد الأماكن التي يتجه إليها السائق.

٩- تحيد جانبي الطريق.

٤-٧-٢ الشروط الواجب توفرها في العلامات

إن علامات المرور تنتظم حركة السير للسائق والمشاة وتنقل التعليمات لهم، هذا ويراعى في هذه العلامات ما يلي :

١. أن يتمكن السائق من رؤيتها في كافة الظروف سواء كانت ليلا أو نهارا
٢. أن تكون فيها الألوان منسجمة مع بعضها البعض و ملفتة للانتباه
٣. أن تخدم الطريق أطول فترة ممكنة و تكون من مواد جيده مقاومة للعوامل البيئية.
٤. أن يتمكن كافة مستخدميها من فهمها مع اختلاف مستواهم العلمي "سهلة الفهم".
٥. أن تكون هذه العلامات مرئية وواضحة من مسافة كافية حتى تحمي مستخدميها.

٤-٧-٣ أنواع علامات المرور في الطريق

١- الخطوط :

تكون الخطوط بعرض 10 سم، وهي إما متصلة أو متقطعة، حيث أن المتقطعة تستخدم لفصل المسارب و فصل السير في الاتجاهين، أما المتصلة تستخدم لفصل السير و منع التجاوز في آن واحد. على سبيل المثال، إذا كان التجاوز خطرا على السير الذاهب، يوضع خطان بحيث يكون الخط المتصل من جهة السير الذاهب، و المتقطع من جهة السير القادم.

توضع بعض الخطوط العريضة عند ممرات المشاة، كما توضع خطوط صفراء متقطعة في المناطق التي يحظر فيها على السيارات المرور فوقها حيث تقوم هذه الخطوط مقام الجزر أو قد تكون موضوعة على أماكن متغيرة المستوى كالموجودة لشد انتباه السائق على المطبات خوفا من المفاجئة .

٢- الكلمات:

تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف أو اتجه يمينا و غير ذلك. و يجب أن تكون الكلمة كبيرة ليتسنى قراءتها، وأن لا تزيد عن كلمة أو كلمتين حتى لا يفقد السائق السيطرة على المركبة نتيجة انتباهه لقراءة اللافتة ؛ كما يجب ان تكون الأحرف مناسبة لموقع العلائق.

٣- الأسهم:

قد تستعمل الأسهم بدلا عن الكلمات أو مع الكلمات كسهم يتجه رأسه لليمين مع كلمة اتجه لليمين، ويمكن أن تستعمل بدلا من الكلمات .

٤- اللون :

يستعمل اللون الأبيض في الخطوط التي تقسم المسارب ويستعمل اللون الأصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات، إلا أنه يجب الاهتمام بتوافق لون الخط مع أرضية الطريق.

٥- المواد العاكسة :

تستعمل بعض المواد التي تساعد على انعكاس الضوء خاصة في أيام الضباب، حيث يوضع مع الدهان بلورات زجاجية خاصة، و يمكن الاستفادة من بعض أنواع الركام و خاصة على الأكتاف لتأمين لون مخالف للون مسرب الطريق، و هذا ضروري في الليل لكي يبين حدود المسرب.

الفصل الخامس

التصميم الانشائي للطريق

٥-١ مقدمة .

٥-٢ العناصر الإنشائية للرصفة المرنة (Structural Components Of Flexible Pavement) .

٥-٢-١ طبقة التربة الأصلية (Sub Grade) .

٥-٢-٢ طبقة ما تحت الأساس (Sub Base) .

٥-٢-٣ طبقة الأساس (Base Course) .

٥-٢-٤ الطبقة السطحية الإسفلتية (Surface Course) .

٥-٣ الرصف .

٥-٣-١ مقدمة .

٥-٣-٢ أنواع الرصف المختلفة .

٥-٣-٣ العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO .

٥-٤ الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق .

٥-٤-١ اختبارات الدمك المعملية .

٥-٤-٢ اختبار بروكتور (Proctor Test) .

٥-٤-٣ فحص الدمك في المختبر (Laboratory Compaction Test) .

٥-٤-٤ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio Test (CBR) .

٥-٥ تصميم الرصفة المرنة .

٥-٥-١ حساب قيمة Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.(ESAL) .

٥-٥-١-١ الحمل المكافئ لمحور مفرد .

٥-٥-١-٢ معامل حمل المحور المكافئ .

٥-٥-٢ حساب سماكة طبقات الرصف .

٥-٥-٢-١معامل الرجوعية (Mr) .

٥-٥-٢-٢ الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة .

٥-٥-٢-٣ الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation) .

٥-٥-٢-٤الرقم الإنشائي (SN) .

٥-٥-٢-٥ موثوقية تصميم الرصفة المرنة .

الفصل الخامس

التصميم الإنشائي للطريق

٥-١ مقدمة

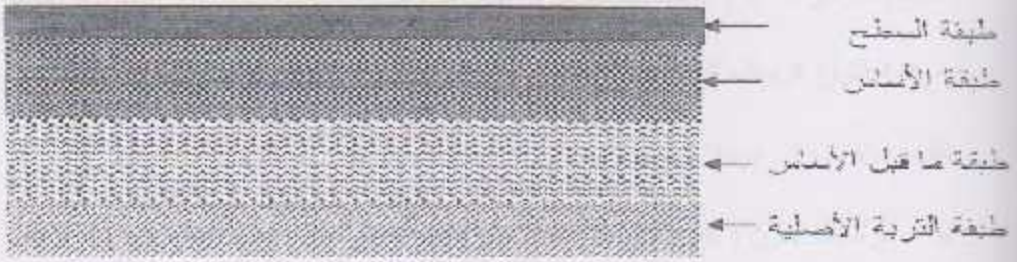
تحتوي جميع مشروعات الطرق على مقادير كبيرة من الأعمال الترابية التي تتعلق بعمليات الحفر والردم لإنشاء الجسور و القطوع وأعمال التسوية وإعداد تربة الأساس التي ترتكز عليها طبقات الرصف المختلفة. بالإضافة إلى أكتاف وجوانب الطريق التي عادة ما تتكون من مواد التربة. وتعد التربة الدعامة الإنشائية التي ترتكز عليها طبقات الرصف والقاعدة التي تقاوم أحمال المرور بمختلف أنواعها. ويتم بناء هيكل الطريق عموما من فتات الصخور المختلفة ومن تربة الردم بجميع أنواعها وتركيباتها. ففي قطاعات الردم مثلا تنشأ التربة الحاملة لطبقات الرصف المختلفة من مواد الردم المنقولة من قطاعات الحفر المجاورة لمسار الطريق أو من حفر استعارة وفي قطاع الحفر تكون التربة الحاملة لطبقات الرصف هي التربة الأصلية.

إن التربة هي أكثر المواد أهمية في إنشاء الطرق ويتطلب ذلك المعرفة الجيدة بالمسائل المتعلقة بها وفهم خصائصها وسلوكها. وإن أهم الخواص التي يراد تحديدها للتربة هي مقاومتها للإجهاد وخواصها للانضغاط وتأثيرها للرطوبة للتأكد من صلاحية الأرض للحفر والردم وشق الطريق بالإضافة إلى صلاحية المواد الموجودة لإنشاء الجسم الترابي للطريق.

إن عملية التصميم الإنشائي للطريق تهدف إلى إيجاد وتحديد مقدار السماكات لطبقات الرصف المختلفة ومعرفة مواصفاتها ومكوناتها لتتمكن من تحمل الأحمال المحورية للمركبات التي تسير على الطريق.

٥-٢ العناصر الإنشائية للرصفة المرنة (Structural Components Of Flexible Pavement)

يتكون هيكل الطريق من عدة طبقات يختلف سمكها باختلاف حجم المرور ونوع الرصف سواء كان صلبا أم مرنا. ويتكون الرصف عموما من عدة طبقات متسلسلة كما هو موضح بالشكل (٥-١) من حيث المقاومة من أعلى إلى أسفل وتسمى الطبقة العليا بالسطح وهي الأقوى والأمتن وتليها طبقة الأساس ثم طبقة ما تحت الأساس الموضوعة مباشرة على التربة الأصلية. وتقوم كل طبقة بحمل الثقل ونقله إلى الطبقة التي أسفل منها.



الشكل رقم (٥-١) طبقات الرصفة المرنة.

٥.٢.١ طبقة التربة الأصلية (Sub Grade)

وهي طبقة الأرض الطبيعية التي يتم وضع طبقات الرصف عليها بعد تمهيدها وتسويتها. وتعتبر التربة الأصلية الأساس الحقيقي لجسم الطريق حيث أنها القاعدة الأساسية التي ترتكز عليها جميع طبقات الرصف.

٥.٢.٢ طبقة ما تحت الأساس (Sub Base)

وهي الطبقة التي توضع بين الأساس والتربة الأصلية وتتكون من مواد ذات خواص ومواصفات أقل جودة من مواد الأساس وأعلى جودة من التربة الأصلية. وتساعد هذه الطبقة على تقوية التربة الأصلية وعلى نقل الأحمال إليها وكذلك على حماية طبقة الأساس من تدفق المياه الجوفية إليها.

٥.٢.٣ طبقة الأساس (Base Course)

وهي الطبقة التي يرتكز عليها سطح الطريق وتتولى بشكل رئيسي نقل وتوزيع الأحمال الناتجة عن المرور إلى الطبقات السفلية. كما أنها تساعد على حماية سطح الطريق من الخراب الناتج عن انتفاخ وهبوط التربة الأصلية وعن تسرب المياه الجوفية. وتعتمد قوة تحمله على زيادة الترابط والاحتكاك بين حبيباتها.

٥.٢.٤ الطبقة السطحية الإسفلتية (Surface Course)

وهي خلطة إسفلتية توضع فوق طبقة الأساس بعد رش طبقة تشريب (Prime Coat) .

٥-٣ الرصف

٥-٣-١ مقدمة

يتم تحضير السطح الترابي للطريق وتحسين خواص التربة الطبيعية بدمكها دمكا جيدا لأقصى كثافة عند كمية الماء المثالية أو تثبيتها بإضافة مواد مثبتة إذا تطلب الأمر ذلك لتقويتها وجعلها منتظمة. وبعد تحضير سطح الطريق الترابي توضع طبقة أو طبقات فوق هذا السطح تعرف بالرصف. ويكمن الغرض من وضع طبقات الرصف في تحمل كل الإجهادات الناتجة من حركة المرور ونقلها إلى طبقة التربة التي تعتبر الأساس

الحقيقي للطريق. وتصميم طبقات الرصف بحيث تكون قادرة على تحمل ثقل العربات وتوصيل الثقل إلى السطح الترابي بشكل لا يسبب أي هبوط أو انهيار للطريق.

٥-٣-٢ أنواع الرصف المختلفة

ينقسم الرصف إلى نوعان رئيسين هما :

- الرصف المرن (Flexible Pavement) .
- الرصف الصلب (Rigid Pavement) .

١- الرصف المرن

يعد هذا النوع من الرصف الأكثر استخداما ويطلق عليها أيضا الرصف الإسفلتي. حيث يتكون جسم الطريق من عدة طبقات توضع على سطح الأرض الطبيعية الواحدة فوق الأخرى وهي طبقة تحت الأساس وطبقة الأساس والطبقة السطحية.

ويتميز الرصف المرن بمقاومة قليلة نسبيا ضد الانحناء لهبوط أو لتغيير في شكل التربة الأصلية أو في طبقة الأساس التي يصاحبها تغيرا مماثلا في طبقة الرصف.

وتتلخص عملية إنشاء الرصف المرن في تحضير الأرضية ثم وضع الطبقات وفرشها ودمكها ورش الإسفلت التأسيسي ووضع الخلطة الإسفلتية ودمكها.

٢- الرصف الصلب

يطلق عليه أيضا الرصف الخرساني حيث يتكون من بلاطات خرسانية تتراوح سمكيا ما بين ١٥ و ٢٠ سم تصب مباشرة على سطح الأرض الطبيعية أو فوق طبقة أساس حصوية ويمتاز الرصف الصلب بمقاومته الكبيرة للانحناء حيث لا يسمح بهبوط السطح الترابي.

كذلك إن الرصف الصلب هو المناسب للتربة الضعيفة لأنه أقدر على تحمل الإجهادات العالية في حين يعتبر الرصف المرن مناسبا للتربة القوية نوعا ما. كما أن عمر الرصف الصلب أكبر من عمر الرصف المرن ولذلك فهو يستعمل بكثرة عند الأحمال الثقيلة مثل المطارات والطرق الهامة ومقاطع الأودية.

٥-٣-٣ العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO

١- حجم ونوع المرور (Traffic Volume).

٢- خصائص التربة والمواد المستخدمة في إنشاء طبقات التربة.

٣- عوامل أخرى مثل الأمطار والرياح وغيرها.

٥-٤ الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق

تشمل الفحوصات عدة اختبارات تجرى على مواد طبقات الرصف، ويتم من خلال هذه الاختبارات حساب المحتوى المائي، اختبار الدمك، نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR). وكذلك إجراء تجارب على الإسفلت واختبارات الخلطة الإسفلتية واختبارات تصميم الخلطة الخرسانية.

٥-٤-١ اختبارات الدمك المعملية

الدمك هو عملية طرد الهواء من فراغات التربة باستخدام وسائل ميكانيكية مختلفة ينتج عنها زيادة في كثافة التربة وقدرة تحملها للإجهاد ونقص في نسبة هبوطها. ويعد الدمك من أهم العمليات التي تستخدم في مجال الطرق لتثبيت تربة الأساس . وهناك العديد من الاختبارات المعملية التي تعتمد على طريقة ونوع الدمك وتهدف في مجملها إلى إيجاد قياس يكون أساسا لعملية الدمك في الموقع.

٥-٤-٢ اختبار بروكتور (Proctor Test)

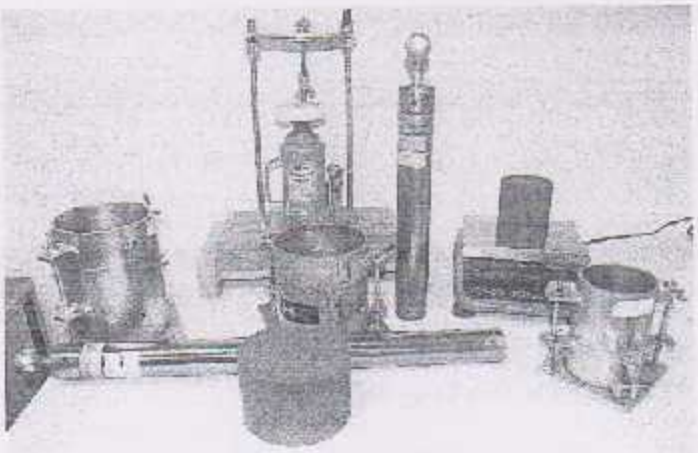
ويقوم مبدأ التجربة على أساس دمك التربة باستخدام اسطوانة معدنية (قالب بروكتور) حيث تدمك التربة على خمس طبقات متتالية ومتساوية بعد خلطها بالماء بنسب محسوبة حيث تدمك كل طبقة بمطرقة خاصة تابعة لقالب بروكتور وزنه ٤.٥٥ كغم تسقط من ارتفاع قدم واحد (٣٠.٥ سم).ويكون عدد الضربات ٥٥ ضربة.

مع زيادة حجم المرور وكبر حمولة العربات تبين أن الكثافة الجافة للتربة عن طريق اختبار بروكتور القياسية لا تعطي المقاومة الكافية لتحمل تلك الأثقال العالية.

٥.٤.٣ فحص الدمك في المختبر (Laboratory Compaction Test)

١- المواد اللازمة (Equipment):

١- قالب بروكتور المعدل مع الغطاء المتحرك.
٢- مطرقة بروكتور المعدلة والتي يساوي وزنها (٤.٥٤)كغم .
٣- وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء ومسطرة.
٤- منخل رقم٤" و ¾"
٥- جفنات صغيرة.
٦- ميزان وفرن للتجفيف.



الشكل رقم (٥-٢) أدوات فحص الدمك .

٢-الطريقة (Procedure):

١. يتم تجفيف العينة في الهواء (Air drying).
٢. تؤخذ عينة للفحص وزنها حوالي ٥ كيلوغرامات عند استعمال القالب الصغير(٤انش) وحوالي ٧ كيلو غرام عند استعمال القالب الكبير (٦انش). وتكون العينة من المواد المارة من المنخل رقم ٤.
٣. يتم فرش العينة في الوعاء المعدني وتضاف إليها الكمية الأولى من الماء (حوالي ١.٥ – ٢ بالمئة من وزن العينة)، وتخلط جيدا حتى تتجانس مع الماء.
٤. يتم دمك العينة داخل القالب على ٥ طبقات وبعدد من الضربات بواسطة المطرقة (٥٥ ضربة) .
٥. بعد الدمك يتم نزع غطاء (حلقة) القالب الأسطواني وتسوية سطح التربة في القالب، ويتم توزين القالب والتربة بداخله.
٦. . يتم تفريغ القالب من التربة وتؤخذ عينة فوراً لقياس محتوى الرطوبة فيها .
٧. يعاد خلط العينة بكمية إضافية من الماء (مساوية للكمية التي تمت إضافتها في المرة الأولى)، ويجري دمكها ثانية، وتعاد الخطوات ٥ و ٦ .
٨. يتم تكرار العملية مع زيادة الرطوبة في كل مرة حتى يُلاحظ أن وزن القالب والتربة بداخله قد أخذ بالنقصان (بسبب حلول الماء مكان حبيبات التربة بعد أن تكون التربة قد وصلت لدرجة قصوى من الدمك لم يعد معها مكان للماء في نسيج التربة).

- **الحسابات والنتائج :-**

تم استخدام القوانين التالية في عملية الحسابات :

نسبة الرطوبة = وزن الماء / وزن العينة جافة .

وزن الماء = وزن الجفنة مع العينة رطبة – وزن الجفنة مع العينة جافة .

وزن العينة جافة = وزن الجفنة مع العينة جافة – وزن الجفنة .

الكثافة الرطبة = وزن العينة رطبة / حجم العينة. (حجم العينة = حجم قالب بروكتور).

الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة / (١+ نسبة الرطوبة).

ترسم العلاقة البيانية بين نسبة الماء والكثافة الجافة بناء على النتائج ، ومنه تؤخذ الكثافة العظمى ونسبة الماء المثالية .

حجم القالب = ٢١٢٤ سم ^{3} وهو ثابت لجميع العينات .

وكانت نتائج التي ظهرت من إجراء تجربة بروكتور كما هي موضحة بالجداول التالية :

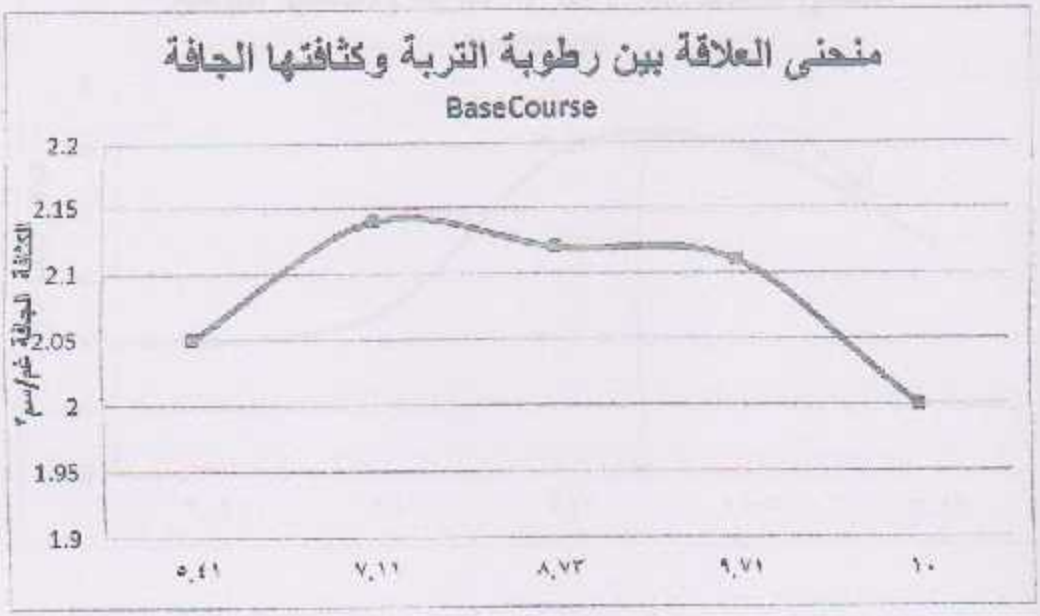
جدول (٥-١) الكثافة الرطبة لعينة Base course.

وزن العينة + القالب (غم)	وزن العينة (غم)	حجم القالب(سم ^{3})	الكثافة الرطبة (غم/سم^{3})
9855	4755.4	2124	2.23
9979.6	4880	2124	2.297
10090.2	4991	2124	2.349
10020.4	4920.8	2124	2.316
10000.4	4900.8	2124	2.3

جدول (٥-٢) الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة Base course .

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة +التربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم^{3}) γ_w	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة w_c	الكثافة الجافة (غم/سم٣) γ_d
1	B7	31.2	280.9	249	12	2.23	217.9	5.41	2.11
2	B9	31.2	250.9	236	15	2.297	205.1	7.11	2.14
3	C18	30.8	233.8	218	16	2.349	186.7	8.73	2.12
4	E11	31.8	334.6	308	27	2.316	276	9.71	2.11
5	E-13	30.77	337.1	309	28	2.3	278.33	10	2

تكمن أهمية الشكل التالي في أنه يتم رسم العلاقة بين نسبة الرطوبة وبين الكثافة الجافة لمعرفة نسبة الماء المثالية هذه النسبة يتم إضافتها إلى عينة أخرى من التربة ومن أجل عمل فحص كاليفورنيا لتعمل التربة.



شكل (٥-٣) منحنى العلاقة بين رطوبة التربة وكثافتها الجافة .

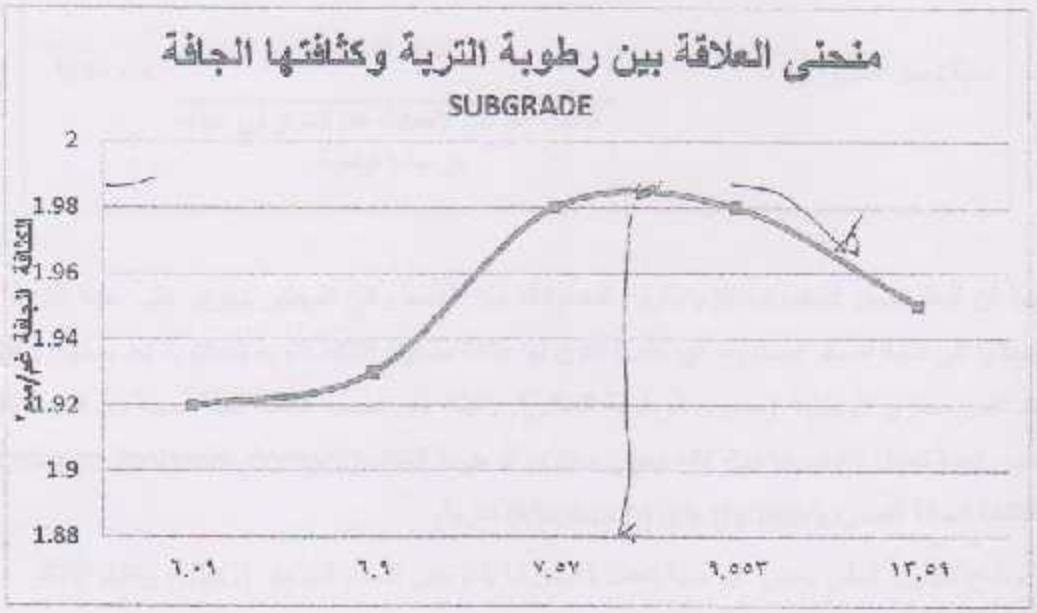
نسبة الماء المثالية = ٧.٥ % ، أعلى نسبة كثافة = ٢.١٤ غم\سم٣

الجدول (٥-٣) الكثافة الرطبة لعينة sub grade.

وزن العينة والقالب	وزن العينة(غم)	حجم القالب(سم ٣)	الكثافة الرطبة(غم/سم٣)
9858	4732	2124	2.22
9740	4614	2124	2.17
9598	4472	2124	2.1
9530	4404	2124	2.07

الجدول (٥-٤) الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة sub-grade.

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة والتربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة w_c	الكثافة الجافة (غم/سم٣) γ_d
1	B9	31	289.1	254.5	34.6	2.22	223.5	13.59	1.95
2	E11	32.4	243.1	221.9	21.2	2.17	189.5	9.553	1.98
3	C18	31.2	241.5	224.5	17	2.1	193.3	7.57	1.98
4	D-13	31.78	235.4	225	13.4	2.07	193.22	6.9	1.93
5	E-13	30.77	230	217.5	12.5	2.05	185.13	6.09	1.92



شكل (٤-٥) منحنى العلاقة ما بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة لعينة sub-grade .

نسبة الماء المثالية =٩%. ، أعلى كثافة جافة = ١.٩٩ غم/سم٣

٤-٤-٥ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio Test (CBR)

يعتبر فحص نسبة تحمل كاليفورنيا واحدا من الفحوصات الهامة التي تجري للتربة في هندسة الطرق.

ويرمي هذا الفحص إلى معرفة قابلية التربة لأن تكون طبقة أساس للطريق (Base) أو أساس مساعد (Sub-base) أو غيرها من الطبقات التي تتكون منها أي طريق.

وقد جاءت تسمية هذا الفحص نسبة إلى قسم الطرق في ولاية كاليفورنيا الأمريكية (California Division of highways)، الذي كان أول من أطلق هذا الفحص سنة ١٩٢٩.

ويمكن تلخيص مبدأ هذا الفحص كما يلي:

يتم غرز أداة قياسية أسطوانية الشكل (مكبس) في التربة وبسرعة محددة، ومن خلال العلاقة بين قوة الغرز أو مقاومة الغرز وقيمة الغرز (المسافة) (Load-Penetration relationship) يمكن إيجاد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR).

وتعرف قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR-value) بأنها النسبة بين الأحمال اللازمة لغرز المكبس الأسطواني (مساحته ٣ انش مربع) مسافة معينة داخل عينة مدموكة من التربة لها رطوبة وكثافة معينتين، وبين الأحمال القياسية اللازمة لغرز المكبس لنفس العمق في عينة قياسية من الأحجار المكسرة (Crushed stone)، اي أن:

$$\text{نسبة تحمل كاليفورنيا} = \frac{\text{الحمل الذي لزم لإحداث قيمة الغرز في المادة المدروسة}}{\text{الحمل القياسي لإحداث هذا الغرز في عينة من مادة قياسية}} \times 100\%$$

وبما أن قيمة تحمل كاليفورنيا تلزم للتربة المدموكة، فإن الفحص في المختبر يجري على عينة التربة بعد إيصالها إلى نسبة الدمك المطلوبة، أي عندما تكون لها كثافة مشابهة لكثافة التربة المطلوبة بعد دمكها، وكذلك، عند نفس محتوى الرطوبة (محتوى الرطوبة المثالي). ولهذا، فإن فحص الدمك لعينة معينة من التربة يسبق فحص نسبة تحمل كاليفورنيا لها، لأنه يعطي محتوى الرطوبة المثالي(Optimum moisture content) والكثافة الجافة القصوى(Maximum dry density) للتربة.

ويوضح الجدول التالي بعض قيم نسبة تحمل كاليفورنيا بناء على النظام الموحد (USC) ونظام الأشتو (AASHTO):

جدول رقم (٥-٥)بعض قيم نسبة التحمل (CBR).

نسبـــــــة التحمل(CBR)	تصنيف المواد	مجال الاستخدام	النظام الموحد USC	نظام الأشتو AASHTO
0-3	ضعيفة جداً	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A5 ,A6,A7
7-Mar	ضعيفة	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A4 , A5 A6,A7
20-Jul	مقبولة	تحت الأساس	OH,CH,MH,OL	A2 , A4 A6,A7
20-50	جيدة	أساس و تحت الأساس	GC,SW,GMSM ,SP,GP	A1b , A2 – 5, A3,A2-6
أكبر من ٥٠	ممتازة	أساس	GW ,GM	A1a A2-4,A3

والجدول التالي يبين المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن:

جدول (٥-٦) المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن .

الطبقة	نسبة تحمل كاليفورنيا (%)
طبقة التأسيس (Sub grade)	8 كحد أدنى
أساس مساعد (Sub –base course)	40 كحد أدنى
أساس (Base course)	80 كحد أدنى

وتستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل:

جدول(٥-٧) حساب نسبة التحمل (CBR).

وحدة الوزن القياسية (ميجا باسكال)	مقدار الاختراق (ملم)
6.9	2.5
10.3	5.00
13.00	7.5
16.00	10
18.00	12.7

١- الادوات اللازمة (Equipment):

أ- قوالب سي بي آر (CBR moulds).

ب- قرص معدني مُباعد (Spacer disc) قطره أصغر قليلاً من قطر القالب. وفي حالة استعمال القوالب ذات القطر ٧ انش، يكون القرص المباعد ذا ارتفاع ٢.٤١٦ انش للحصول على عينة داخل القالب ارتفاعها ٤.٥٨٤ انش.

ت- مطرقة (hammer) لدمك التربة.

ث- أوزان مولفة من حلقات معدنية مثقوبة من الوسط مجموع أوزانها حوالي ٤.٥٤كيلو غراما، وحلقات مثقوبة من الوسط ومفتوحة من الجانب وزن كل واحدة حوالي ٢.٢٧كيلو غراما.

ج- عمود أو مكبس اختراق (Penetration piston) قطره ٤٩.٦٣ ملمترا وطوله ١٠١.٦ ملمترا على الأقل (مساحة مقطع المكبس= ١٩٣٥ ملمترا مربعا).

ح- هيكل تحميل (Loading frame) خاص بقدرة لا تقل عن ٤٤.٥ كيلو نيوتن، وله رأس متحرك أو قاعدة متحركة بسرعة منتظمة مقدارها ١.٢٧ ملمترا الدقيقة.

خ- فرن تجفيف (Drying oven).

د- أدوات مختلفة مثل السكاكين وورق الترشيح والموازين وغيرها.

٢- طريقة العمل :-

تم عمل الاختبار بناء على الطريقة التالية:

١. نجهز حوالي 5 كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم 4 ونخلطها جيدا "مع كمية الماء المناسبة تبعا" للمحتوى المائي المطلوب.
٢. نأخذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي.
٣. نحسب وزن القالب الاسطواني (Mold) بدون الحلقة والقاعدة.
٤. نربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم نضع ورقة الترشيح.
٥. ندمك التربة حسب طريقة الدمك المعدلة التي تم إجراؤها في اختبار الدمك المعدل السابق.
٦. نفصل الحلقة المعدنية عن القالب الاسطواني ثم نزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب وفي حالة وجود فجوات نضيف تربة لسدها من نفس التربة.
٧. نفصل القاعدة والاسطوانة ثم نحسب وزن القالب الأسطواني مع التربة ، ومنه نحدد وزن وكثافة التربة .
٨. نضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم أقلب العينة وأربط القالب مع القاعدة.
٩. نضع العينة في آلة قياس الضغط ثم نضع أوزانا لا تزيد عن 4.5 كيلو جرام ونصفر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق.
١٠. نقوم بزيادة قيمة الضغط والاختراق للعينة.
١١. بعد انتهاء الاختبار نستخرج عينة التربة ثم نأخذ عينات من الثلث الأول والوسط والأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة.
١٢. نرسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم) ثم نسجل مقدار الاختراق عند 2.5ملم و 5ملم ثم نحدد قيمة التحمل باستخدام المعادلة السابقة.

- **النتائج والحسابات :-**

يتم رسم المنحنى بين القوة على المكبس وقسيمة الفرس المماثلة ، ومنه يتم الحصول على الحمل المسبب للاختراق عند ٢.٥ ملم في العينة عند التجربة ويكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الفرس وقوة الحمل المناظر لذلك اغرس متحدبا من الاعلى ، وفي بعض الحالات في بداية التجربة مقعرا الى الاعلى ثم ينعكس ، وفي هذه الحالة يجب عمل تصحيح للمنحنى حيث يرسم مماس في نقطة اعلى ميل ويستمر حتى يقطع المحور الافقي (محور الفرس) ثم يزاح المنحنى الى اليسار ، حتى تلتقي نقطة التقاطع هذه مع نقطة الأصل و وهذا يعطي المنحنى الذي يمكن اخذ قيمة ال CBR منه .

عند وضع العينة على جهاز الغرز فان الجهاز يعطينا قيمة الغرز مع القوة بوحدة Div ولتحويلها إلى Kg فإننا نقوم بضرب قيمة الغرز بوحدة Div بثابت الجهاز وهو 2.54 وللحصول على قيمة المقاومة بوحدة سم/^{2}كغم فإننا نقوم بقسمة الكتلة بالكيلو غرام على مساحة مقطع الجهاز وهي 19.40 سم^2.

وقد كانت نتائج تجربة كاليفورنيا كما هي موضحة بالجدول التالي :

الجدول (٥-٨) العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب base coarse .

الغرز (mm)	الحمل (Div)	المقاومة (كغم/سم٢)	المقاومة بعد تعديل المنحنى	CBR %
0	0	0.5		
0.5	50	6.45		
1	155	20.03		
1.5	235	30.36		
2	315	40.70		
2.5	390	50.39	50.39	٧١,١٧
3	474	61.25		
4	590	76.23		
5	727	93.92	93.92	88.4
6	855	110.47		
7	993	128.29		
8	1120	144.70		
9	1240	160.21		
10	1360	175.71		

شكل (٥-٥) منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز .

اعتمادا على ما لدينا من نتائج فان تربة البيسكورس حسب جدول (٥-٨) صالحة حيث ان الحد الادنى يجب ان يكون ٨٠% .

أما فحص CBR لتربة الموقع فقد كانت نتائجها كما يلي :-

جدول (٥-٩) :- العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب sub grade .

الغرز (mm)	الحمل	المقاومة (كغم/سم٢)	CBR
0	0	0.5	
0.5	20	2.58	
1	53	6.85	
1.5	95	12.27	
2	160	20.67	
2.5	270	34.88	49.26
3	360	46.51	
4	420	54.26	
5	475	61.37	57.78
6	518	66.93	
7	570	73.64	
8	610	78.81	
9	645	83.33	
10	675	87.21	

شكل (٥-٦) منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز .

٥-٥ تصميم الرصفة المرنة

تم تصميم الرصفة المرنة بناء على نظام AASHTO:
(American Association of State Highway and Transportation Officials)

٥-٥-١ حساب قيمة Equivalent Accumulated 18000 Single Axle (ESAL) Load.

عند تصميم أي طريق يجب أن تكون بيانات أحجام وأحمال المرور المتوقعة متوفرة لعملية التصميم الإنشائي للطريق وقد تم أخذ أحجام المرور الواقعة على طريق المشروع من الفصل السابق(حجم المرور).

٥-٥-١-١ الحمل المكافئ لمحور مفرد

يعرف الحمل المكافئ لمحور مفرد على أنه حمل قياسي على محور مفرد يسبب أثرا في الرصف عند موضع محدد فيه مساويا لما يسببه حمل المحور المعني في نفس الموضع المحدد.

٥-٥-١-٢ معامل حمل المحور المكافئ

المعامل المكافئ لحمل المحور لمركبة ما هو نسبة التأثير لكل مرة تمر فيها المركبة على رصف معين إلى التأثير الذي يحدثه مرور الحمل المحوري المفرد القياسي على نفس الرصف. ويتم التعبير عن عدد مرات تكرار الحمل الذي يؤدي إلى وصول الرصف لنهايته المقبولة بصلاية طبقة الرصف، ويتم التعبير عن صلاية طبقات الرصف بالرقم الإنشائي(SN) ويكون مستوى الخدمة النهائي (PT) للطرق الرئيسية (ذات المرور الثقيل) مساويا2.5والطرق المحلية والثانوية (ذات المرور المتوسط) مساويا" 2.00. بينما القيمة الابتدائية لدليل مستوى حالة الرصف بعد الانتهاء من تنفيذ الرصف مباشرة تتراوح قيمتها بين 4.2 إلى 4.5 تبعا لجودة التنفيذ.

القيمة النهائية هي أقل مستوى حالة يسمح به في نهاية فترة التحليل وذلك قبل اللجوء لعمل أي نوع من أنواع الصيانة الجسيمة كالتغطية أو إعادة الإنشاء .

حيث أن:

PSI= present Serviceability index

وتتراوح قيمتها من 0 إلى 5 وتشتمل على الآتي :

Initial serviceability index (p_i) & terminal serviceability index (p_t).

P_i=4.5 للظروف الجيدة.

Pt= 2.5 للطرق الرئيسية (for major highway) و 2 للطريق متدني المستوى (for lower class highway).

$\Delta PSI = pi - pt = 4.5 - 2.5 \rightarrow 2$ 5.1

أما المحور القياسي فمقداره 18000 رطل (80000 كيلو نيوتن) وباستخدام قيم المعاملات المكافئة لأحمال المحاور التي تمر على الطريق خلال الفترة التصميمية وتبعاً لمعامل النمو وحجم المرور اليومي مصنفاً حسب نوع المركبات ونسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية يتم حساب قيمة الحمل التصميمي المكافئ على الطريق من العلاقة التالية:

$$ESAL = f_d * G_f * AADT * 365 * N_i * f_E \quad \text{.....5.2}$$

حيث أن :

ESAL=Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.

f_d=Design lane factor

G_f=Growth factor

AADT =First year annual average daily traffic.

N_i= number of axles on each vehicle.

f_E= load equivalency factor.

- يتم الحصول على قيمة (f_d) من الجدول التالي[1]:

الجدول(٥-١٠) نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية(f_d).

عدد حارات الطريق في الاتجاهين	نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية من حجم مركبات النقل الكلي
2	50%
4	45%
6أو أكثر	40%

الطريق المراد تصميمها تحتوي على مسربين في كل اتجاه، وبالتالي فإن قيمة (f_d) تكون المقابلة للرقم ٤ من الجدول السابق أي(45%).

[1] AASHTO

- أما قيمة(G_f) فيتم الحصول عليها من الجدول التالي:

جدول (٥-١١) معامل النمو (G_f) .

Design period years	Annual Growth Rate (%)							
	No. growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	22.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	2.21	30.48	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	51.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.05	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

تم أخذ مدة التصميم المستقبلي 20 سنة ونسبة الزيادة المتوقعة في النمو (٥%) وبالتالي فإن قيمة (G_f) تكون مساوية (٣٠.٠٦%).

- بعد حساب قيمة (G_f) يتم تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية ،ويتم الحصول على الأحمال القياسية لأنواع المركبات من الجدول التالي:

جدول (٥-١٢) تحويل اوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factor) .

Gross Axle Load		Load Equivalency factor		Gross Axle Load		Load Equivalency factor	
KN	lb	Single Axle	Tandem Axle	KN	lb	Single Axle	Tandem Axle
4.45	1,000	0.00002		182.5	41,000	23.27	2.29
8.9	2,000	0.00018		187.0	42,000	25.64	2.51
13.35	3,000	0.00072		191.3	43,000	28.22	2.75
17.8	4,000	0.00209	0.0003	195.7	44,000	31.00	3.00
22.25	5,000	0.00500		200.0	45,000	34.00	3.27
26.7	6,000	0.01043	0.001	204.5	46,000	37.24	3.55
31.15	7,000	0.01960		209.0	47,000	40.74	3.85
35.6	8,000	0.03430	0.003	213.5	48,000	44.50	4.17
40.0	9,000	0.0562		218.0	49,000	48.54	4.51
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50,000	52.88	4.86
48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51,000		5.23
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52,000		5.63
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53,000		6.04
62.3	14,000	0.360	0.0270	240.2	54,000		6.47
66.7	15,000	0.478	0.0360	244.6	55,000		6.93
71.2	16,000	0.623	0.0472	249.0	56,000		7.41
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57,000		7.92
80.0	18,000	1.00	0.0773	258.0	58,000		8.45
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59,000		9.01
89.0	20,000	1.51	0.1206	267.0	60,000		9.59
93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61,000		10.20
97.8	22,000	2.18	0.180	275.8	62,000		10.84
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		11.52
106.8	24,000	3.03	0.260	284.5	64,000		12.22
111.2	25,000	3.53	0.308	289.0	65,000		12.96
115.6	26,000	4.09	0.364	293.5	66,000		13.73
120.0	27,000	4.71	0.426	298.0	67,000		14.54
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		15.38
129.0	29,000	6.14	0.572	307.0	69,000		16.26
133.5	30,000	6.97	0.658	311.5	70,000		17.19
138.0	31,000	7.88	0.753	316.0	71,000		18.15
142.3	32,000	8.88	0.857	320.0	72,000		19.16
146.8	33,000	9.98	0.971	325.0	73,000		20.22
151.2	34,000	11.18	1.095	329.0	74,000		21.32
155.7	35,000	12.5	1.23	333.5	75,000		22.47
160.0	36,000	13.93	1.38	338.0	76,000		23.66
164.5	37,000	15.50	1.53	342.5	77,000		24.91
169.0	38,000	12.20	1.70	347.0	78,000		26.22
173.5	39,000	19.06	1.89	351.5	79,000		27.58
178.0	40,000	21.08	2.08	365.0	80,000		28.99

من الجدول السابق تم الحصول على معامل الحمل المكافئ(Load equivalency factor) بناء على ان الحمل الواقع على (Passenger car) مساوي 10 KN/axle والحمل الواقع على (tow axle single unit trucks) مساوي 100Kn/axle والحمل الواقع على (three axle single unit trucks) مساوي110 KN/axle وبالتالي فإن قيم معامل الحمل المكافئ التي تم الحصول عليها من الجدول أعلاه كما يلي:

Load equivalency factor for Passenger car (f_E) =0.0003135

Load equivalency factor for tow axle single unit trucks (f_E) = 0.1980889

Load equivalency factor for three axle single unit trucks (f_E) = 0.29491

تم الحصول على عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات وتم وضعها في الجدول التالي:

جدول (٥-١٣) متوسط عدد المركبات لكل ساعة.

اليوم	متوسط عدد المركبات لكل ساعة					
	Passenger-%					
	1-Axel %		2-Axel %		3-Axel %	
السبت	٤٠٨	٨٩.٢٨	٤٤	٩.٦٣	٥	١.٠٩
الاحد	٣٥٠	٩٠.٢١	٣٥	٩.٠٢	٣	٠.٧٧
الاثنين	٤٠٠	٩٠.٥٠	٣٨	٨.٦٠	٤	٠.٩٠
الثلاثاء	٣٢٠	٨٧.٤٣	٤٠	١٠.٩٣	٦	١.٦٤
الأربعاء	٤٣٥	٩٢.٩٥	٣٠	٦.٤١	٣	٠.٦٤
الخميس	٣٠٠	٨٦.٩٦	٤٠	١١.٥٩	٥	١.٤٥
الجمعة	٢٥٠	٩١.٢٤	٢٠	٧.٣٠	٤	١.٤٦
المتوسط		٨٩.٧٩		٩.٠٧		١.٠٥

متوسط السيارات الصغيرة في الساعة=(408+350+400+320+435+300+250)/٧=309

متوسط السيارات المتوسطة في الساعة=(44+35+38+40+30+40+20)/٧=29.85

متوسط الشاحنات في الساعة=(٥+3+4+6+٢+5+٤)/٧=4.28

متوسط السيارات في الساعة=343 سيارة

- قمنا بإيجاد عدد السيارات في اليوم الواحد كما يلي:

(343*8) + (343*12*2.٠) =2744 سيارة/يوم.

- حساب قيمة (ESAL) حسب المعادلة (5.2):

ESAL (passenger):
=2744 *365*0.93*0.45*33.06*0.0003135*2= 8688.46

ESAL (busses):
=2744 *365*0.02*0.45*33.06*0.1980869*2= 116062.63

ESAL (trucks):
=2744 *365*0.05*0.45*33.06*0.29491*3= 659133.06

ESAL (total) =$0.78588415*10^6$

عدد حارات الطريق :

عند حساب عدد المسارب يتم حسابها وفقا لحجم المرور الحالي والمستقبلي ويكون المستقبلي في العادة خلال عشرين سنة حيث يتم ضرب معدل المرور اليومي بمعامل يساوي ٢.٥

معدل المرور اليومي بعد مرور ٢٠ سنة = ٢٧٤٤ *٢.٥ = ٦٨٦٠ سيارة \ يوم
بسبب عدم توفر معلومات دقيقة عن عدد المركبات في ساعات الذروة فانه تم اعتبار حجم المرور للتصميم ويتم k ويرمز لها بالرمز (0.24 – 0.12)يساوي نسبة من معدل المرور اليومي وهذه النسبة تساوي ، لذلك فان معدل مرور المركبات للساعة التي يتم أخذها بالتصميم يمكن إيجاده من العلاقة 0.16اخذها بالعادة التالية:

معدل المرور اليومي D.H.V = K*

= 0.16* 6860 = 1097.6 سيارة لكل يوم

بما إن الطرق في فلسطين هي طرق من الدرجة الثالثة فانه تم اعتماد السعة التصميمية للطريق تساوي ٨٥٠ سيارة \ ساعة ، حيث أن السعة التصميمية عبارة عن أقصى عدد من المركبات التي تمر من خلال نقطة معينة خلال ساعة تحت الظروف السائدة.

عدد المسارات المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة =
DHV \السعه التصميمية =
1097.6 \ 850 = 1.3 حارة وتم اخذها ٢ حاره على طول الطريق .

٥-٥-٢حساب سماكة طبقات الرصف

الهدف من طريقة التصميم المستخدمة هو إيجاد طبقات رصف لها رقم إنشائي (SN) كافي لتحمل الأحمال التي يتعرض لها الطريق.

٥-٥-٢-١ معامل الرجوعية (Mr)

يعتبر معامل الرجوعية مقياساً لمقاومة أي طبقة من طبقات القطاع الإنشائي للرصف والتي يمكن تحديدها بدءاً من طبقات تربة التأسيس فالأساس المساعد ثم الأساس فطبقات الرصف الإسفلتية حيث يتم إيجاد قيمة هذا المعامل عن طريق إجراء التجارب المخبرية المناسبة لكل طبقة وحسب نوع المواد المستخدمة في هذه الطبقات ،وعموماً في حالة عدم التمكن من إجراء مثل هذه التجارب يمكن تقدير قيمة تقديرية لهذه المعاملات بناء على نتائج اختبارات نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) والتي تعتبر من التجارب الشائعة في معظم معامل الطرق ، فبالنسبة لتربة التأسيس تكون العلاقة بين معامل الرجوعية (Mr) ونسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) كالآتي :

For CBR of 10 or less

M_r (lb/in^2) = 1500 CBR .....Equation 5.3

For R of 20 or less

M_r (lb/in^2) = 1000+ 555xR value .....Equation 5.4

حيث R: معامل الموثوقية.

ومما يجب التنبيه له أن هذه العلاقة قابلة للتطبيق للتربة التي تقل نسبة تحمل كاليفورنيا عن 10٪ وفي حالة كون CBR(10%) فأكثر فيمكن تحديدها بدقة عن طريق إجراء تجربة معامل الرجوعية وبالنسبة لطبقات الأساس من المواد الحصوية فيمكن استخدام قيم معامل الرجوعية المقابلة لنسب تحمل كاليفورنيا المقابلة لها والمبينة في الجدول التالي:

جدول رقم (٥-١٤) معامل الطبقة لطبقة الأساس الحصوية (a2) المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات الرجوعية (Mr).

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)	معامل قوة الأساس (a2)	Mr رطل / بوصة ٢
20	-	-
25	-	-
30	-	-
40	0.105	21000
55	0.120	25000
70	0.130	27000
100	0.140	30000

وبالنسبة لطبقات الرصف السطحية المكونة من الخلطات الإسفلتية يقدر معامل الرجوعية لها بناء على قيم الثبات لتجربة مارشال (Marshall) أو قيم التماسك في اختبار هفيم (Hveem) لهذه الطبقات حسب ما هو مبين في الجدول التالي:

جدول(٥-١٥)معامل طبقة الخلطة الإسفلتية (a1) المقابل لمعامل مرونة الطبقة الإسفلتية عند درجة حرارة 20C.

معامل المرونة رطل / بوصة٢	ثابت مارشال رطل	معامل قوة الطبقة الإسفلتية	التماسك Hveem
125.000	500	0.22	80
150000	750	0.25	95
200000	975	0.30	120
250000	1200	0.33	130
300000	1400	0.36	155
350000	1600	0.39	175
400000	1900	0.42	190

٥-٥-٢-٢ الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة:

- الأداء الإنشائي (Structural Performance) ويتمثل بقدرة الرصفة على مقاومة الدمار الذي يمكن إن تتأثر به من حركة المرور والعوامل البيئية ، بمعنى أنها تتمثل بالحالة الفيزيائية للرصفة من شقوق وهبوط.
- الأداء الوظيفي(Functional Performance) وتتمثل بان تلاءم الرصفة احتياجات مستخدمي الطريق من مقاومة الانزلاق وتوفير الأمان.

٥-٥-٢-٣ الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation)

ويعود إلى التباين في توقعات حركة المرور والاختلاف في أداء رصفه الطريق خلال فترة تجهيز التصميم ويتم الحصول عليها من الجدول التالي:

جدول (٥-١٦) الانحراف المعياري حسب نوع الطريق .

نوع الطريق	S_o
طريق مرنة(Flexible pavement)	0.4-0.5
طريق صلبة (Rigid Pavement)	0.3-0.4

وبما أن الطريق مرنة، تم اعتبار قيمة الانحراف المعياري مساوية (0.5).

٥-٥-٢-٤ الرقم الإنشائي (SN)

وهو عبارة عن رقم دليلي ناتج من تحليل المرور وتربة التأسيس والقدرة على تصريف المياه من الطبقات والذي يمكن تحويله إلى سمك الطبقات المختلفة لطبقات الرصف المرن عن طريق استخدام معاملات الطبقات والتي تعتمد على أنواع المواد المستخدمة في طبقات الرصف المختلفة ومعامل الطبقة يعرف برمز a1 , a2 لطبقات السطح والأساس على الترتيب وهو عبارة عن العلاقة بين الرقم الإنشائي للرصف وسمك الطبقة بالبوصة وهو يمثل القدرة النسبية للمادة المستخدمة في كل طبقة من طبقات الرصف والتي تشارك في القوة الإنشائية لقطاع الرصف ككل ويتم توزيع الرقم الإنشائي(SN) كالآتي:

$$SN = a1\ D1 + a2\ m2\ D2 + a3\ m3 D3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.5$$

حيث D1،D2 هي سمك الطبقات المختلفة بينما m2 تمثل معامل تصريف الأمطار من طبقة الأساس ومعامل الطبقة لطبقة الأساس (a2) يمكن ربطه مباشرة بنتائج اختبارات تحمل كاليفورنيا (CBR) والتي يتم إجراؤها تحت أسوأ الظروف المتوقعة في الموقع وذلك كما سبق ذكره في جدول رقم (٥-١٤) حيث يوضح قيم المعامل المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا لطبقة الأساس ، أما معامل الطبقة السطحية الإسفلتية فيتم ربطه بمقدار معامل الرجوعية لها عند درجة حرارة 20 مئوية . يبين جدول (٥-١٥) قيم هذا المعامل المقابل لقيم مختلفة من معامل المرونة أما المعامل m2 والذي يعكس مقدرة طبقتي الأساس على تصريف الأمطار فيتم تقديرها على أساس سرعة تصريف المياه من الطبقة وعموماً يمكن القول إن درجة التصريف جيدة إذا تم التخلص من المياه خلال 24 ساعة أما إذا احتفظت الطبقة بالمياه لمدة شهر فتعتبر درجة التصريف ضعيفة كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (٥-١٧) تعريف جودة التصريف.

تصريف الماء خلال:	جودة التصريف
ساعتين	ممتاز
يوم واحد	جيد
أسبوع واحد	مقبول
شهر واحد	ردئ
الماء لا تتصرف	ردئ جدا

أما قيمة(m2) فيتم تحديدها حسب ظروف التشغيل m2 كما هو مبين في الجدول التالي:

الجدول(٥-١٨) معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi).

percent of time pavement structure is exposed to moisture levels approaching saturation				
quality of drainage	less than 1 percent	1-5 percent	5-25 percent	greater than 25 percent
excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
very poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

بالنسبة لطريق المشروع تتصرف المياه عن سطح الطريق خلال أسبوع واحد وبمستوى رطوبة (Moisture level) مساوي 30% ، أي أن قيمة mi مساوية 0.8.

٥-٥-٢-٥ موثوقية تصميم الرصفة المرنة

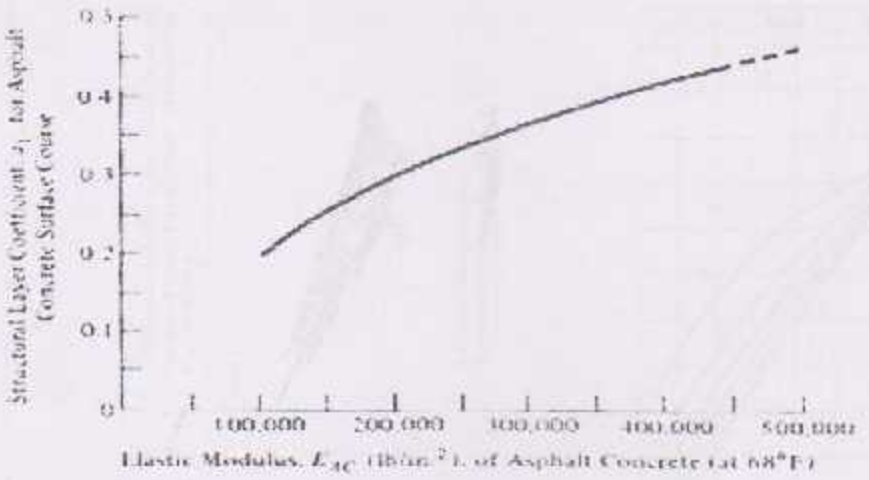
يرمز لها بالرمز R أي (Reliability) وهي التي تحدد مستويات الضمان لمقاطع الطريق المصممة لبقائها على قيد الحياة خلال الفترة التصميمية والجدول التالي يوضح مستويات الموثوقية لأنواع مختلفة من الطرق:

جدول (٥-١٩)مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق.

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85 - 99.9	80 - 99.9
Principal Arterials	80 – 99	75 – 95
Collectors	80 – 95	75 – 95
Local	50 – 80	50 – 80

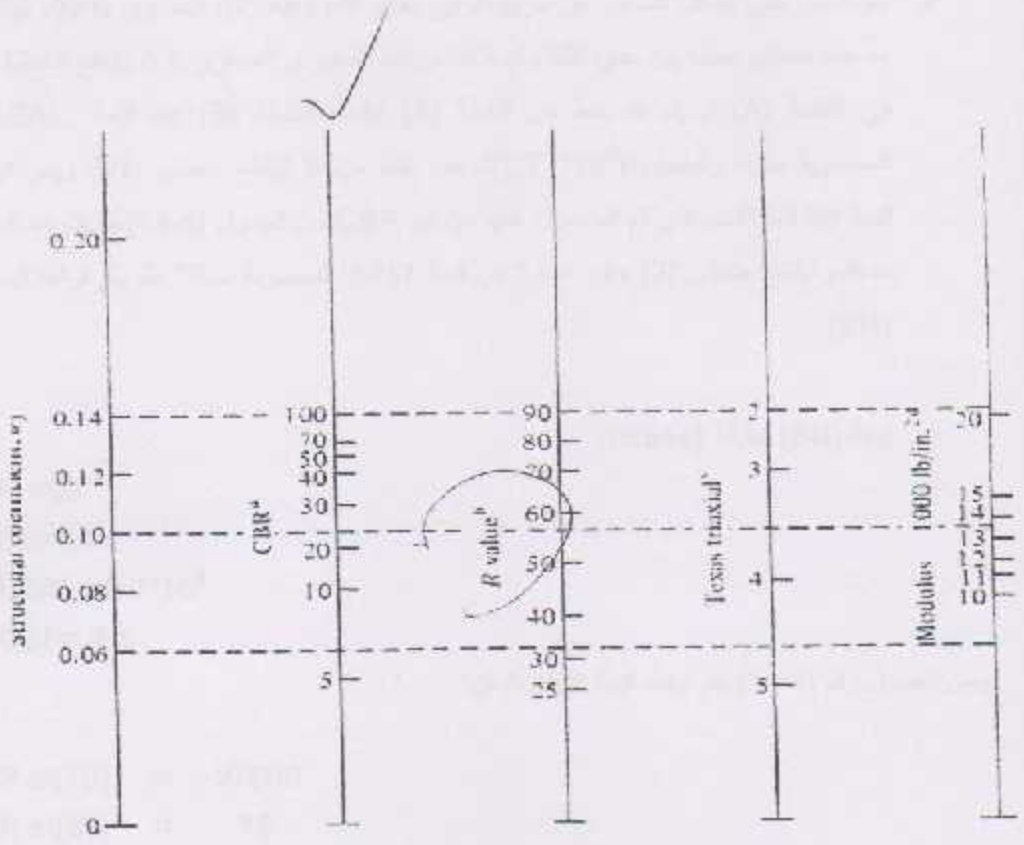
على اعتبار إن طريق التصميم طريق شرياني وبالتالي فان مستوى الموثوقية مساوي 99.

والشكلين التاليين معامل طبقة (Base coarse) وطبقة الإسفلت(asphalt):



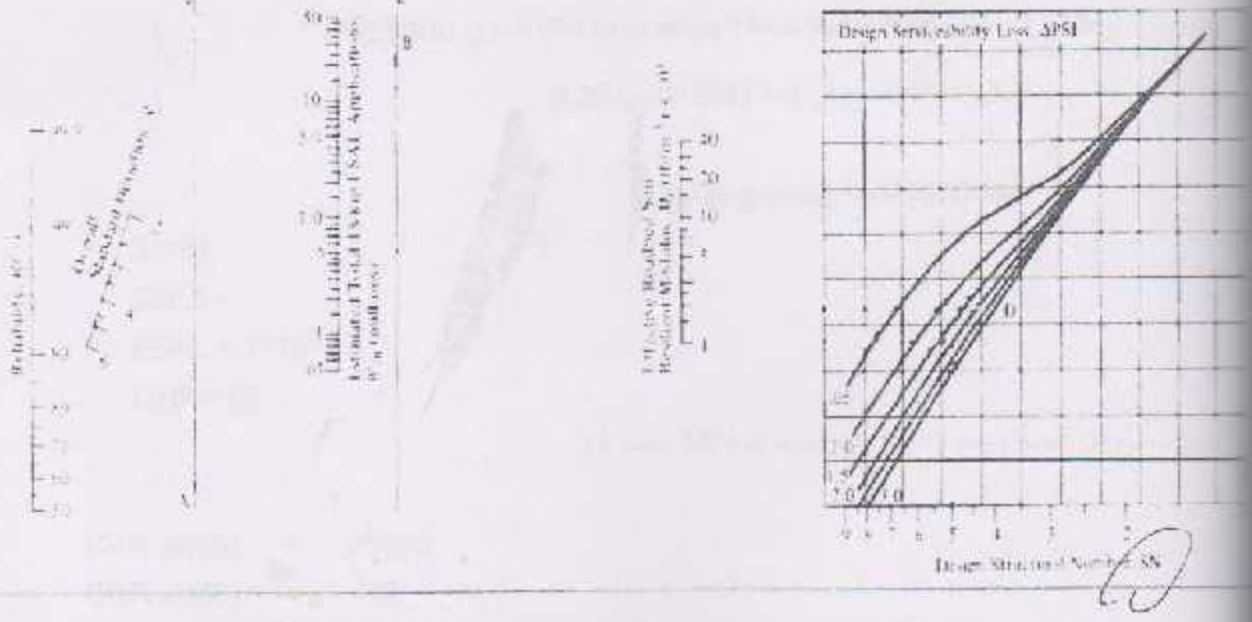
شكل (٥-٧) منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية(a_1).

حيث أن قيمة Elastic modules عند درجة حرارة 20 درجة سلسيوس أو 68 فهرنهايت تساوي 500000(lb/in^2) وبالتالي من الشكل السابق تبلغ قيمة **0.46** (a_1)



شكل (٥-٨) معامل طبقة (Base course) a_2 .

وبما أن قيمة (CBR)مساوية ٨٨،فان قيمة **a2** من الشكل السابق تكون مساوية **0.137**



الشكل(٥-٩) منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN لطبقات الرصفة المرنة.

- يتم العمل على الشكل السابق عن طريق توقيع مقدار الموثوقية (R) المساوي 99%، ثم تم مد خط مستقيم يصل بين مدى الثقة وقيمة الانحراف المعياري المساوي 0.5 ليقطع الخطTL في النقطة (A)،ثم يتم مد خط من النقطة (A) ليقطع النقطة (B) عند قيمة ESAL المحسوبة سابقا والمساوية(10^6* 0.7)ثم نمد خط من B ليقطع منحنى SN ونمر في قيمة Mr للطبقات والتي تم الحصول عليها من قيم CBR من الجدول (5-14)،ثم يتم مد خط مستقيم ليقطع منحنى (2) وهو عبارة عن قيمة ΔPSI المحسوبة سابقا" ،ثم يتم قراءة قيمة (SN).

- **إيجاد(SN) لطبقة (Base):**

R =99

S0=0.5

ESAL =0.7*10^6

CBR= 8 ٨

ومن الجدول رقم (٥-١٤) يتم ايجاد قيمة Mrحيث أن :

CBR at(70) = 27000

CBR at(88) = Mr

CBR at(100) = 30000

يتم إيجاد قيمة (Mr at CBR=80) عن طريق عمل (Interpolation) كما يلي:

$$\frac{100-70}{30000-27000} = \frac{88-70}{Mr-27000}$$

وبالتالي فإن قيمة (Mr) الناتجة لطبقة (Base coarse) تساوي Psi28800.

من الشكل(٥-٩) يتضح أن قيمة **SN1** تساوي **2.29**

- **إيجاد(SN) لطبقة (sub grade):**

R =99

S0=.5٠

ESAL =.7*$10^6$٠

CBR= 58

ومن الجدول رقم (٥-١٤) يتم إيجاد قيمة Mr ،حيث أن :

CBR at(55) = 25000

CBR at(58) = Mr

CBR at(70) = 27000

يتم إيجاد قيمة (Mr at CBR=80) عن طريق عمل (Interpolation) كما يلي:

$$\frac{70-55}{27000-25000}=\frac{58-55}{Mr-25000}$$

وبالتالي فان قيمة (Mr) الناتجة لطبقة (sub grade) تساوي Psi2 ٢٥٤٠٠ .

من الشكل السابق يتضح أن قيمة **SN2** تساوي **2.75**

$D1 = SN_1/a_1$

$D1=\frac{2.5}{0.46}$ →4.9 in.

D1= 4 in→4*2.54

D1=10 cm

SN1= a1*D1

SN1=0.46*4 →1.84in

$SN_2 = SN_1 + a2\ m\ D2$.....5.6

$D2=\frac{SN2-SN1}{a2m}$

=8.30in

→

$\frac{2.75-1.84}{0.137*0.8}$

D2= 8 in.

D2=8*2.54=20.32

D2=20cm.

SN2=(a2*m*D2)+ SN1

SN2=(0.137*0.8*20)+(1.84)

SN2=4.032 in.

والجدول التالي يمثل سماكات طبقات الرصف:

جدول (٥-٢٠) سماكة طبقات الرصف .

اسم الطبقة	السماكة (سم)
Asphalt	10
Base course	20

٦

الفصل السادس

حساب المساحات و الحجوم لكميات الحفر والردم

٦-١ مقدمة.

٦-٢ حساب مساحة المقاطع العرضية.

٦-٢-١ طريقة الإحداثيات.

٦-٣ حساب الحجوم والكميات.

٦-٣-١ حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقاطع الوسطى .

٦-٣-٢ حالات المقاطع العرضية المتتالية.

الفصل السادس

حساب المساحات و الحجوم لكميات الحفر والردم

٦-١ مقدمة

يلزم في المشاريع الهندسية كمشاريع الطرق والسكك الحديدية وغيرها حساب كميات الأعمال الترابية وذلك يهدف إلى إيجاد كميات الحفر و الردم للطريق المصممة وذلك من خلال معرف المساحة لكل مقطع وذلك حتى يتم الحصول على الحجم فلا نستطيع إيجاد الحجوم بدون المساحة، هناك مجموعة من الطرق لإيجاد المساحات و لكن في هذا المشروع تم الاعتماد على القياسات التي تم أخذها في عملية الرفع في الحقل بالرغم من أنها معقدة و لكنها أكثر دقة.

و يتم إيجاد القياسات من خلال اخذ مقاطع عرضية على طول الطريق و يمثل المقطع العرضي التغيرات العرضية في الطريق وذلك بأخذ المناسيب عند كل تغير و منسوب خط الإنشاء وذلك حتى يتم حساب كافة. وتحسب مساحات هذه المقاطع بمعرفة مناسيب وعناصر التصميم المختلفة، وإذا عرفت المساحات للمقاطع العرضية بالتالي يمكن حساب كميات الحفر والردم بين كل مقطعين متتاليين وبالتالي حساب كميات الحفر والردم لكل المشروع.

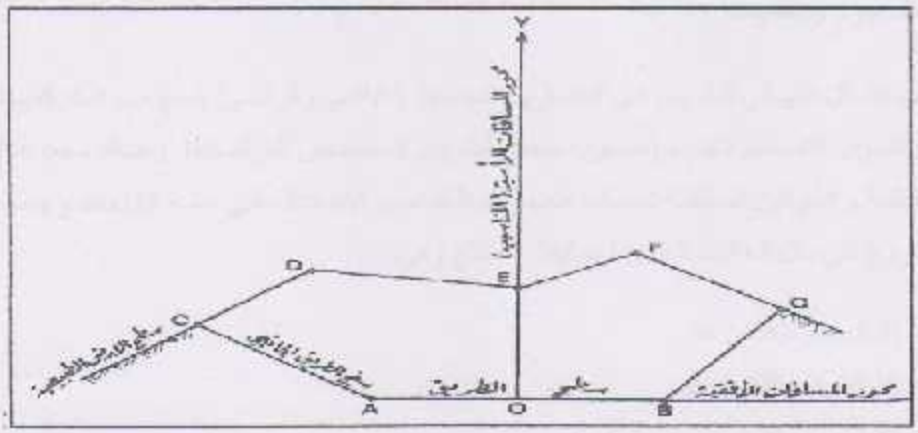
٦-٢ حساب مساحة المقاطع العرضية

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاث طرق رئيسية :-

- الطريقة الحسابية.
- الطريقة التخطيطية.
- الطريقة الميكانيكية.

٦-٢-١ طريقة الإحداثيات

تعتبر الطريقة الحسابية الأكثر شيوعا وانتشارا وذلك بسبب تطور الأجهزة الإلكترونية وانتشارها وهي تعتبر دقيقة جدا لكنها تأخذ وقتا وجهدا أكثر من تلك الطريقتين، وقد تم استخدام طريقة الإحداثيات التي هي جزء منها.



الشكل (٦-١) :- مقطع عرضي لطريق .

وللقيام بحساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل السابق يتم اختيار نظام معين مركزه النقطة O نقطة تقاطع الإحداثي السيني والإحداثي الصادي. وبمعرفة المسافات الأفقية ومناسيب النقاط الموضحة في الشكل (G F E D C) وكذلك معرفة عرض الطريق AB يمكننا تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع العرضي. ومن ثم يتم ترتيب إحداثيات النقاط على شكل بسط يمثل الإحداثي الصادي ومقام يمثل الإحداثي السيني وترتيبها في جدول كما ه موضح في الشكل التالي :

Point NO.	A	C	D	E	F	G	B	A
Y	y_A	y_C	y_D	y_E	y_F	y_G	y_B	y_A
X	x_A -	x_C -	x_D -	x_E	x_F	x_G	x_B	x_A -

الشكل (٦-٢) :- حساب المساحة بطريقة الإحداثيات .

وبعد ذلك يتم ضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري، وتجمع النتائج وبفرض أن مجموع الضرب يساوي ١∑، وكذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل سهم ونجمع النواتج وبفرض أن مجموع هذه الضرب يساوي ٢∑ فيتم حساب المساحة اعتمادا على العلاقة التالية :

$$Area = \frac{|\sum 1 - \sum 2|}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6.1)$$

٦-٣ حساب الحجوم والكميات

بعد تصميم الشكل النهائي للطريق في المسارين النهائيين (الأفقي والرأسي) ينتج من ذلك كميات حفر وردم للوصول إلى منسوب التصميم الجديد (منسوب سطح الطريق المخصص للمركبات). وهناك مجموعة من الطرق و الحالات المختلفة و القوانين المختلفة لحساب الحجوم وذلك حسب الاختلاف في حالة كل مقطع وسنعرض بعض النماذج من المشروع تفي بكل الحالات الخمس لحسابات المقاطع وهي:

- المقطع الأول حفر والثاني حفر.
- المقطع الأول ردم والثاني ردم.
- المقطع الأول ردم والأخر حفر(أو العكس).
- المقطع الأول حفر والأخر مختلط (أو العكس).
- المقطع الأول ردم والأخر مختلط(أو العكس).
- المقطعان مختلطان.

٦-٣-١ حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقاطع الوسطى

تعتمد هذه الطريقة على التغير المنتظم في سطح الأرض حيث يفترض أن ميل سطح الأرض منتظما بين كل مقطعين عرضيين متتاليين، ولذلك تم الرصد عند كل تغير أفقي ورأسي في الطريق ولحساب الحجم يتم أخذ معدل ما بين المساحتين للمقطعين المتتاليين ونضربها في المسافة بينهما.

٦-٣-٢ حالات المقاطع العرضية المتتالية

- **المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل أو ردم كامل**

حيث يتم تطبيق القوانين على المقطعين اللذين يقعان في منطقة حفر كامل كما وينطبق على المقاطع التي تكون تحوي ردم كامل ؛ في هذه الحالة تطبق العلاقة التالية :-

$$V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \text{......... ....} (6-2)$$

- المقطع الأول حفر كامل والآخر مختلط (أو العكس)

يتم حساب الكميات كما يلي :-

❖ الردم حسب العلاقة التالية :-

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1}) \times (D) \quad \ldots\ldots(6-3)$$

❖ الحفر حسب العلاقة التالية :-

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \quad \ldots\ldots(6-4)$$

حيث :-

- (V_{fill})ترمز إلى حجم الردم في المقطع .
- (V_{cut})ترمز إلى حجم الحفر في المقطع .
- (F_{i+1}) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.
- (C_i) ترمز إلى مساحة الحفر في متقطع الحفر الكلي.
- (C_{i+1}) ترمز إلى مساحة الحفر في المتقطع المختلط.
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

- المقطعان مختلطان :-

حيث يتم حساب الكميات كما يلي :-

❖ الحفر حسب العلاقة التالية :-

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \quad \ldots\ldots(6-5)$$

❖ الردم حسب العلاقة التالية :-

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) \times (D) \quad \ldots\ldots(6-6)$$

حيث :-

- (V_{cut}) ترمز إلى حجم الحفر في المقطع المختلط .
- (V_{fill}) ترمز إلى حجم الردم في المقطع المختلط .
- (F_i) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الأول.
- (C_i) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول.
- (F_{i+1}) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني.
- (C_{i+1}) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني.
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

ومن خلال برنامج (AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009) تم حساب كميات الحفر والردم الممثلة في الجدول التالي :-

الجدول (٦-١) :- مساحات وحجوم المقاطع العرضية .

Cum. Net Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Cut Area (Sq.m.)	St
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0+
2.86	0	2.86	2.86	0	0	2.86	2.86	0.29	0+
5.99	0	5.99	5.99	0	0	3.13	3.13	0.03	0+
7.13	0	7.13	7.13	0	0	1.14	1.14	0.09	0+
9.86	0	9.86	9.86	0	0	2.73	2.73	0.19	0+
12.68	0	12.68	12.68	0	0	2.82	2.82	0.1	0+
15.87	0	15.87	15.87	0	0	3.2	3.2	0.21	0+
21.98	0	21.98	21.98	0	0	6.11	6.11	0.38	0+
42.57	0	42.57	42.57	0	0	20.58	20.58	1.68	0+
75.34	0	75.34	75.34	0	0	32.78	32.78	1.6	0+
98.16	0	98.17	98.17	0	0	22.82	22.82	0.68	0+
105.21	2.37	107.58	107.58	2.37	0.24	9.41	9.41	0.26	0+
105.06	6.54	111.6	111.6	4.17	0.18	4.02	4.02	0.16	0+
104.52	9.23	113.75	113.75	2.69	0.08	2.15	2.15	0.05	0+
102.92	11.38	114.3	114.3	2.15	0.13	0.55	0.55	0	0+
101.73	12.68	114.41	114.41	1.3	0	0.11	0.11	0.01	0+
104.27	12.69	116.96	116.96	0	0	2.54	2.54	0.24	0+
106.82	15.8	122.62	122.62	3.11	0.31	5.67	5.67	0.32	0+
99.36	30.41	129.76	129.76	14.6	1.15	7.14	7.14	0.39	0+
72.18	65.95	138.13	138.13	35.54	2.4	8.37	8.37	0.45	0+
24.64	122.86	147.51	147.51	56.91	3.29	9.37	9.37	0.49	0+
-34.54	192.19	157.64	157.64	69.33	3.65	10.14	10.14	0.52	0+
-75.98	244.27	168.29	168.29	52.08	1.56	10.64	10.64	0.54	0+
-75.35	259.9	184.55	184.55	15.63	0	16.26	16.26	1.08	0+
-44.46	262.33	217.87	217.87	2.43	0.24	33.32	33.32	2.28	0+
35.76	269.48	305.24	305.24	7.15	0.47	87.37	87.37	6.46	0+
137.64	283.3	420.94	420.94	13.83	0.91	115.7	115.7	5.11	0+
208.01	300.47	508.48	508.48	17.17	0.81	87.54	87.54	3.65	0+
249.61	317.45	567.06	567.06	16.98	0.89	58.58	58.58	2.21	0+
262.81	326.29	589.1	589.1	8.84	0	22.04	22.04	0	0+
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+

262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+66
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+68
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+70
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+72
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+74
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+76
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+78
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+80
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+82
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+84
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+86
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+88
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+90
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+92
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+94
262.81	326.29	589.1	589.1	0	0	0	0	0	0+96

٧

الفصل السابع

شبكة تصريف مياه الامطار

٧-١ مقدمة.

٧-٢ أهمية صرف المياه.

٧-٣ متطلبات صرف المياه من الطريق.

٧-٤ أنواع صرف المياه.

٧-٤-١ الصرف السطحي.

٧-٤-٢ تجميع المياه السطحية.

٧-٥ حسابات التصميم.

الفصل السابع

شبكة تصريف مياه الامطار

٧-١ مقدمة

صرف المياه من الطريق هي عملية التخلص من المياه و التحكم في مسيرها داخل نطاق حرم الطريق، سواء كانت المياه مياه جوفية أو سطحية، لذلك يجب عمل مصارف سطحية أو مغطاة عند التصميم والإنشاء.

فعندما تسقط الأمطار جزء من هذه المياه تسيل على الطريق والجزء الأخر يتخلل طبقات التربة حتى يصل إلى المياه الجوفية، وعملية صرف أو إزالة المياه السطحية بعيدا عن حرم الطريق يسمى بالصرف السطحي Surface Drainage، وعملية توجيه و إزالة المياه المتشبعة بالتربة تسمى " الصرف المغطى" Sub-Surface Drainage.

٧-٢ أهمية صرف المياه

يشكل الماء خطرا كبيرا على الطريق سواء إذا سقط عليها مباشرة، أو سال عليها من الجوانب، فالماء الذي يسقط على سطح الطريق يخرب هذا السطح و يضعفه سواء كان السطح ترابيا أو حصويا أو إسفلتيا، فإذا سقط الماء على سطح الطريق فإنه قد يتغلغل ويتسرب بين الإسفلت و حبات الحصمة، ويشكل حاجز بينهما، فعند سير المركبات على هذا الطريق تصبح عملية اقتلاع الحصمة أكثر سهولة، وبتكرار هذه العملية، تغلغل للماء واقتلاع للحبيبات، يزداد الخراب ويستفحل، مما يحدث حفرا تتجمع فيها المياه في وسط الطريق.

وإذا كان سطح الطريق الإسفلتي مستويا أو متشققا، فإن الماء يتسرب من هذه الشقوق إلى السطح الترابي و يتسبب في إضعاف الأساس الترابي فيهبط هذا الأساس تحت ثقل السيارات، فمن المعروف أن التربة تكون قوية جدا و هي جافة، وضعيفة جدا وهي رطبة، لذلك فإننا نخلط التربة بالماء أثناء إنشاء الطريق، لتسهيل عملية رك هذه التربة، حيث تقوم المياه بتشحيم حبات التراب و تسهيل حركتها أثناء الرك، وبعد انتهاء عملة الرك ننتظر حتى يتبخر الماء الموجود مع التربة.

إن أثر الماء على الطريق يعتمد أيضا على نوع التربة والأحمال المارة وطبيعتها، أما أهمية صرف المياه تعود للأسباب التالية:

١- زيادة نسبة الرطوبة يتسبب في تقليل قوة تحمل الرصيف، وهذا يسبب زيادة عدم الإستقرار، وهذا ينعكس على قطاع الرصيف ككل.

٢- زيادة نسبة الرطوبة تؤدى إلى تغيرات ملحوظة في حجم بعض أنواع التربة، وأيضا هذا يؤدي إلى انهيار سريع في قطاع الرصيف.

٣- تواجد المياه السطحية على أكتاف الطريق و حواف الرصف يتسبب في مخاطر جسيمة قد تتمثل في التعجيل في بانهيار الميول الجانبية للطريق، حيث تقل قوى القص بينما تزداد القوة المسببة لإنزلاق الميول.

٤- في مناطق الصقيع و في حالة وجود المياه الأرضية قريبة من قطاع الرصف، يتعرض الطريق إلى حركة للأعلى خلال الشتاء، نتيجة لتجمد المياه وزيادة حجمها، وهذا يساعد في تشقق الرصف ويعجل بانهياره.

٥- في حالة الجسور العالية وبتسبب سريان المياه السطحية في تآكلها والتعجيل في انهيارها نتيجة للنحر الشديد الذي قد تتعرض له.

٧-٣ متطلبات صرف المياه من الطريق

١- تصريف الماء عن سطح الطريق وذلك بعمل ميلان في سطح الطريق (Cross Slope) و تكون نسبة الميلان عادة 2% وتزداد كلما كان السطح خشنا، أما ميلان سطح الطريق عند المنعطفات (التطية – Super Elevation)، فيكون باتجاه واحد.

٢- قطع الطريق أمام المياه السطحية المتجهة من الأراضي المحيطة إلى حرم الطريق.

٣- تصميم وإنشاء الخنادق الجانبية الواسعة ذات الانحدار الكافي لتصريف المياه.

٤- منع المياه المتساقطة على سطح الطريق من النفاذ إلى داخل جسم الطريق، وذلك بجعل سطح الطريق غير مسامي لا تنفذ من خلاله المياه مع إغلاق الشقوق التي تظهر في السطح بأسرع ما يمكن.

٥- يجب أن يكون قطاع المصارف الجانبية المكشوفة ذات سعة وانحدار طولي مناسبين لصرف المياه المتجمعة.

٦- يجب أن لا تتسبب المياه السطحية المارة على سطح الطريق وعلى الميول الجانبية في تكوين حفر عرضية أو نحر بالتربة.

٧- يجب أن لا يزيد منسوب المياه الأرضية عن حد معين بالنسبة لأوطى نقطة لقطاع الرصف و المسافة الرأسية بين المنسوبين يجب ان لا تقل عن 1.2 متر .

٨- منع وصول المياه للطريق من التلال و المساحات القريبة من المنطقة، وذلك بعمل اقنية طولية موازية للطريق تتجمع فيها المياه وتنقلها بعيدا عن الطريق.

٩- بناء الاطاريف و البالوعات اللازمة في جمع وتصريف المياه.

٧-٤ أنواع صرف المياه

٧-٤-١ الصرف السطحي

يتم تجميع المياه السطحية ثم التخلص منها بعد ذلك، ويتم التجميع أولا عن طريق مصارف طولية جانبية، ثم يتم التخلص منها بعد ذلك في أقرب مصرف عمومي أو مجرى مائي أو وادي .....إلخ، وقد يلزم الأمر للتخلص من هذه المياه إقامة بعض المنشآت الهيدروليكية البسيطة مثل العبارات.

٧-٤-٢ تجميع المياه السطحية

المياه المتساقطة على سطح الرصيف تميل جانبا، بسبب وجود الميول العرضية لطبقة الرصيف، ومقدار هذا الميل يتوقف على نوع الرصيف وكمية الأمطار المتساقطة وهي تتراوح من ١.٥% الى ٣ % لسطح الطريق، و ٤% الى ٦% للكتف.

وفي الطرق الخلوية فتسيل المياه عرضيا من على الرصيف إلى الأكتاف قبل وصولها إلى المصارف الطولية. ولذلك يجب أن تميل هذه الأكتاف عرضيا بميل مناسب لسرعة التخلص من المياه، ومنع تجميعها على الأكتاف.

في حالة الطرق في المناطق الحضرية (داخل المدن) فإنه نتيجة لوجود أرصفة للمشاة ووجود جزر فاصلة ووجود تقاطعات كثيره وعروض محدودة للشوارع فإنه يتعذر عمل مصارف مكشوفة والبديل هو مصارف تحت الأرض لصرف المياه السطحية.

٧-٥ حسابات التصميم

كمية مياه الأمطار $Qrain = C * I * A$

حيث أن :

Qrain : كمية مياه الأمطار التي تصل إلى خط الصرف.

I : كثافة سقوط مياه الأمطار (مم / ساعة).

A : المساحة التي يخدمها خط الانحدار.

C : معامل فائض مياه الأمطار ويتوقف على حالة الرصف للشوارع وعلى طبيعة التربة وحالة المنطقة السكنية وتؤخذ قيمة C من الجدول الآتي:-

جدول (٧-١) توضيحي لقيم معامل فائض مياه الأمطار ونوع السطح الذي تأثر فيه .

قيمة C	نوع السطح
٠.١-٠.٢	الاسطح والشوارع المرصوفة جيدا
٠.٣-٠.٥	التربة العادية والشوارع الغير مرصوفة
٠.٥-٠.٧	المناطق السكنية (مستوية)
٠.٥٥-٠.٦٥	المناطق السكنية (جبلية)
٠.٦-٠.٨	المناطق الصناعية (صناعات خفيفة)
٠.٧-٠.٩٥	المناطق الصناعية (صناعات ثقيلة)

تم ادخال قيمة Q والمسافات بين المنهل ومنسوب الأرض الطبيعية لكل منهل وكانت القراءات كتالي :

جدول (٧-٣) مناسب المناهل والمسافات بين المناهل .

رقم المنهل	مناسيب المناهل		المسافة بين المناهل m
1	886.68		
2	883.02	1_2	50
3	879.13	2_3	50.033
4	874.81	3_4	57
5	870.65	4_5	58.6
6	866.98	5_6	55.6
7	865.65	6_7	22.8
8	864.87	7_8	13.26
9	862.124	8_9	32.46
10	858.433	9_10	59.2
11	855.627	10_11	50
12	852.986	11_12	50
13	850.956	12_13	43
14	848.764	13_14	40
15	846.366	14_15	40
16	843.075	15_16	43.17
17	841.465	16_17	27.59
18	837.945	17_18	50
19	835.872	18_19	44

وبعد ادخال هذه القيم الى برنامج ال SewerCAD تم عمل تصميم للمناهل وللمواسير حيث كانت قيمت اقل سمك للماسورة 25 CM وكانت النتائج بعد عمل التصميم على البرنامج كالتالي :

جدول (٧-٤) القيم الناتجة بعد اجراء عمليه تصميم تصريف الامطار .

Label	Upstream M (m)	N (m)	Ground Elevation (m)	Rim Elevation (m)	Total Flow (l/s)	Hydraulic Grade Line In (m)	Hydraulic Grade Line Out (m)	Section Shape	Material	Section Size
P-1	MH-1	157,512.47	101,478.15	886.68	886.68	302.17	885.47	885.47	Circular	PVC	250 mm
P-2	MH-2	157,509.58	101,426.28	883.02	883.02	640.38	881.83	881.83	Circular	PVC	250 mm
P-3	MH-3	157,506.22	101,376.43	879.13	879.13	811.1	877.95	877.95	Circular	PVC	250 mm
P-4	MH-4	157,502.95	101,321.29	874.81	874.81	1,048.05	873.64	873.64	Circular	PVC	250 mm
P-5	MH-5	157,499.42	101,262.76	870.65	870.65	1,252.47	869.49	869.49	Circular	PVC	250 mm
P-6	MH-6	157,482.55	101,216.07	866.98	866.98	1,404.33	865.83	865.83	Circular	PVC	250 mm
P-7	MH-7	157,478.10	101,165.88	865.65	865.65	1,459.33	864.5	864.5	Circular	PVC	250 mm
P-8	MH-8	157,471.35	101,176.09	864.87	864.87	1,550.33	863.72	863.72	Circular	PVC	250 mm
P-9	MH-9	157,466.27	101,145.80	862.12	862.12	1,794.93	860.99	860.99	Circular	PVC	250 mm
P-10	MH-10	157,462.72	101,086.89	858.43	858.43	2,005.82	857.3	857.3	Circular	PVC	250 mm
P-11	MH-11	157,462.72	101,033.31	855.63	855.63	2,186.51	854.5	854.5	Circular	PVC	250 mm
P-12	MH-12	157,453.12	100,987.67	852.99	852.99	2,345.77	851.86	851.86	Circular	PVC	250 mm
P-13	MH-13	157,453.12	100,944.11	850.96	850.96	2,479.44	849.84	849.84	Circular	PVC	250 mm
P-14	MH-14	157,451.39	100,904.12	848.76	848.76	2,592.48	847.65	847.65	Circular	PVC	250 mm
P-15	MH-15	157,450.77	100,863.95	846.37	846.37	2,751.59	845.25	845.25	Circular	PVC	250 mm
P-16	MH-16	157,449.56	100,820.89	843.08	843.08	2,861.41	841.97	841.97	Circular	PVC	250 mm
P-17	MH-17	157,441.63	100,794.42	841.47	841.47	3,043.22	840.36	840.36	Circular	PVC	250 mm
P-18	MH-18	157,436.13	100,744.03	837.95	837.95	3,178.77	836.85	836.85	Circular	PVC	250 mm
P-19	MH-19	157,438.91	100,709.95	835.87	835.87	3,178.77	834.82	834.82	Circular	PVC	251 mm

٨

الفصل الثامن

الإنارة على الطريق

٨-١ مقدمة .

٨-٢ مواصفات الإضاءة .

٨-٣ أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة .

٨-٤ طريقة توزيع الإضاءة على الشارع .

٨-٥ ارتفاع أعمدة الإنارة .

٨-٦ المسافة بين أعمدة الإنارة .

الفصل الثامن

الإنارة على الطريق

٨-١ مقدمة

إن الإضاءة على الشوارع مهمة جدا حيث أنها تخفض من حوادث الطرق، كما تساعد الإضاءة السائق على قيادة سيارته في الليل بنفس السرعة التي يقود بها نهارا ، مما يقلل من وقت الرحلة .

حيث أن التوفير في الوقت و التخفيض من الحوادث لها مردود اقتصادي، و الإضاءة مهمة ومفيدة للمشاة حيث تجنبهم الأخطار وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح بالإضافة إلى أنها ضرورية للنواحي الأمنية.

٨-٢ مواصفات الإضاءة

الإضاءة على الطريق عمل يتطلب دراسة وافية ومواصفات محددة مبنية على تجارب وأبحاث سابقة ولذلك يجب مراعاة مايلي:

- الاهتمام بمكان أعمدة الإضاءة من حيث تثبيتها في الجزيرة الواقعة في وسط الطريق أو على الأرصفة فقط أو على الأرصفة والجزيرة معا.
- الاهتمام بأبعاد الأعمدة كارتفاعات وأطوال أذرعتها والمسافات بينها.
- الاهتمام بنوع المصابيح المستعملة حيث إن لكل نوع مزاياه ونواقصه، فبعض المصابيح يتأثر بالأمطار والرياح والضباب وبعضها يحتاج إلى صيانة مستمرة.
- دراسة نوع سطح الطريق ومدى مقدرته على عكس الإضاءة حيث إن نوع المصابيح وتوزيع الأعمدة وغير ذلك من الأمور تتأثر بنوع سطح الطريق ومقدرته على عكس الضوء.
- الاهتمام بتوزيع الإضاءة حيث إن الإضاءة يجب أن توزع بانتظام لأن ذلك يقرر توزيع الأعمدة وأبعادها وقوة المصابيح.

٨-٣ أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة

١. مصابيح التنجستن (Tungsten Filament).
٢. مصابيح الصوديوم (Sodium Vapour).
٣. مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent).
٤. المصابيح الزئبقية(High-Pressure Mercury Lamps) .

وسيتم توضيح خصائص كل نوع من هذه الأنواع على النحو التالي :

١- مصابيح التنجستن (Tungsten Filament):

تستخدم هذه المصابيح في إضاءة الشوارع والأرصفة وأماكن التسوق وتستخدم بكثرة لأنها ذات تكلفة معقولة وتعطي إضاءة جيدة .

٢- مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent):

يستخدم بكثرة في إضاءة الطرق ولكن هذا النوع من المصابيح ذات التكلفة العالية.

٣- مصابيح الصوديوم (Sodium Vapor):

تعطي إضاءة عالية وقوية وتكون مائلة اللون إلى الأصفر وهي أفضل الأنواع المستخدمة لإضاءة الطرق لان توهجها مناسب للعين ولا يسبب أي إزعاج لمستخدمي الطريق.

٤- المصابيح الزئبقية(High-Pressure Mercury Lamps) :

هذا النوع من المصابيح شبيه بمصابيح الصوديوم في الصناعة والتركيب إلا أن (Mercury) يحل محل Sodium وهي تعطي إضاءة بيضاء اللون وتستخدم في أماكن التسوق .

وهنا يجب التعرف على المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم الإضاءة على الطريق وهي كما يلي:

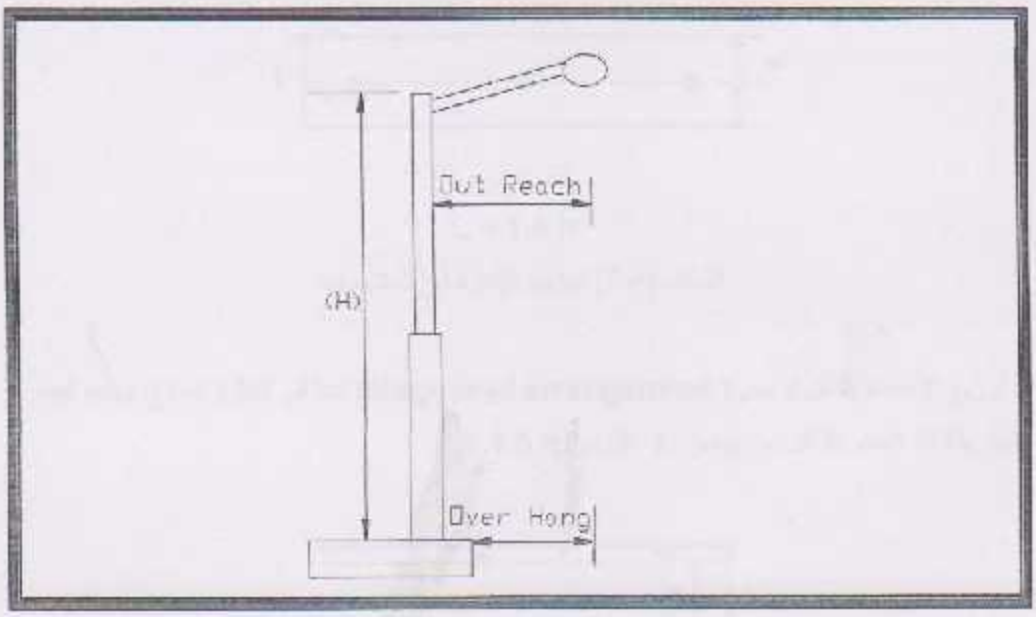
١-المسافة بين مركز المصباح ومركز العامود(.Out Reach)

٢- لمسافة بين مركز المصباح وطرف الرصيف الداخلي (Over Hang).

٣-المسافة بين العامود والعامود الذي يليه (Spacing) .

٤-ارتفاع العامود عن سطح الأرض(H).

كما هو موضح في الشكل (٩-١) .



الشكل (٨-١) أعمدة الإضاءة على الطريق .

٨-٤ طريقة توزيع الإضاءة على الشارع(Arrangement)

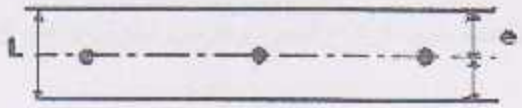
حيث يتم توزيع الإضاءة على الشوارع بعدة طرق منها:

١- التوزيع على جهة واحدة (single side) كما في شكل (٨-٢)، حيث يلجأ إلى هذا الترتيب إذا كان ارتفاع عمود الإنارة (h) اكبر من المسافة بين موضع العمود وطرف الشارع (e).

h > e

الشكل(٨-٢) توزيع الأعمدة في جهة واحدة .

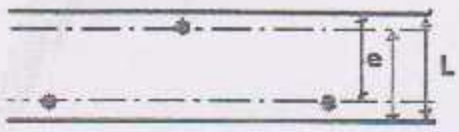
٢- توزيع الأعمدة في المنتصف (على جزيرة) (central arrangement)، كما في شكل (٨-٣)، حيث يلجأ لهذه الطريق إذا كان عرض الشارع (L) اقل من طول العمود مرة ونصف.



L < 1.5 h

الشكل (٨-٣) توزيع الإنارة في المنتصف .

٣- توزيع الأعمدة بشكل ترنحي(staggered arrangement) كما في شكل(٨-٤)، ويلجأ لهذه الطريقة إذا كانت h اقل من e، و L اقل من 1.5 h.

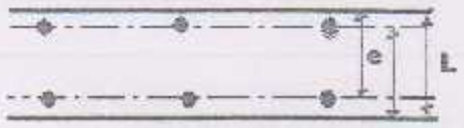


h < e

L < 1.5h

الشكل (٨-٤) توزيع الأعمدة بشكل ترنحي .

٤- توزيع الإنارة بشكل متقابل (opposite arrangement) كما في شكل (٨-٥)، ويستخدم هذا الترتيب عندما يكون L اكبر من h مرة ونصف، أو h اكبر نصف L.



L > 1.5 h

h > L / 2

الشكل (٨-٥) ترتيب الإنارة بشكل تقابلي .

٨-٥ ارتفاع أعمدة الإنارة

يختلف ارتفاع أعمدة الإنارة حسب عرض الطريق، نوعية المصابيح المستخدمة، حسب سطح الطريق، والمنطقة المحيطة بالأعمدة، وعادة يستخدم ارتفاع أعمدة الإنارة ٧,٥، ١٠، و١٢ متر والمسافة عن مركز المصباح إلى جانب الطريق (overhangs) ١,٥، ٢، ٢,٥ متر على الترتيب.

٨-٦ المسافة بين أعمدة الإنارة

حيث تختلف المسافة بين الأعمدة حسب ارتفاع العمود وعرض الطرق، وعادة تؤخذ من ٣ الى ٤ أضعاف ارتفاع العمود.

كما أن المسافة على التقاطعات تقل عن المسافة في الطريق الرئيسي وعادة تكون نصف المسافة المستخدمة.

ويوضح الجدول(٨-١) التالي العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطرق وارتفاع العمود.

الجدول(٨-١) العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطريق وارتفاع العمود والمسافة عن حافة الطريق .

Group	Mounting Height H m	Effective Width, W m										Max Overhang A m
		7.62	9.14	10.69	12.19	13.72	16.24	16.76	18.29	19.81	21.34	
		Maximum spacing , S m										
A1	7.26	30.5	25.3	21.3	18.3	16.8						1.5
	9.14	36.6	6	30.5	27.4	24.4	21.3	19.8				2.2
	10.69	42.7	36.6	42.7	38.1	33.5	30.5	27.4	24.4	22.9		2.5
	12.19	48.8	42.7	48.8	48.8	42.7	39.6	35.1	32.0	30.5	27.4	2.5
			48.8									
A2	7.62	33.5	30.5	25.9	22.9	19.8						1.5
	9.14	39.6	39.6	38.1	33.5	29.0	25.9	24.4				2.2
	10.69	47.2	47.2	47.2	45.7	39.6	36.6	33.5	30.5	27.4		2.5
	12.19	53.3	53.3	53.3	53.3	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5	2.5
A3	7.62	36.6	36.6	32.0	27.4	24.4						1.5
	9.14	44.2	44.2	44.2	39.6	35.1	32.0	29.0				2.2
	10.69	51.8	51.8	51.8	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5		2.5
	12.19	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	56.4	51.8	47.2	42.7	39.6	2.5

حيث:

A1 : الإنارة للشوارع الرئيسية ذات المرور الكثيف(Heavy traffic) .

A2: الإنارة للشوارع الرئيسية ذات المرور الطبيعي (Normal traffic) والتي يمر بها عربات كبيرة.

A3: الإنارة للشوارع ذات المرور المتوسط مثل الطرق الريفية الرئيسية (main rural roads) ، أو (minor urban roads).

- من محطة رقم ٠٠+٠ إلى ٠٩٤٠+٠ عرض الطريق ٧ م و، ويقع ضمن المجموعة A3 ، كما أن عرض الشارع (L) أصغر من 1.5h .

L <1.5 h

7 < 1.5 * 9.14

7.30 < 13.665 m

لذلك سنستخدم الطريقة الثالثة (staggered arrangement) في عملية توزيع أعمدة الإنارة، وذوبالاعتماد على الجدول (٨-١)، فسيكون توزيع الأعمدة على النحو التالي:

ارتفاع العمود: ٩.١٤ متر

المسافة بين الأعمدة: ٤٠ متر

المسافة من مركز المصباح إلى جانب الطريق(Overhang): ٢.٢٩متر

٩

الفصل التاسع

التكلفة والعطاء

٩-١ مقدمة .

٩-٢ حساب تكلفة الطريق .

٩-٢-١ حساب تكلفة الحفر والردم .

٩-٢-٢ حساب تكلفة طبقات الرصفة .

٩-٢-٣ تكلفة الجبة الحجرية .

٩-٢-٤ التكلفة المستقبلية لصيانة الطريق .

الفصل التاسع

التكلفة والعطاء

٩-١ مقدمة

تعتبر عملية حساب تكلفة المشروع ضرورية حيث يتم معرفة مقدار التكلفة لأي مشروع و ذلك لأن التكلفة تعتبر مهمة للتعرف على المبلغ المطلوب لتنفيذ هذا المشروع وكذلك تزويد الجانب الممول بكافة التكاليف الواجب تغطيتها للمشروع . و في هذا الفصل سوف يتم حساب تكلفة كل طبقة من طبقات الرصفة على طول الطريق كما ويتم حساب الحفر والردم .

٩-٢ حساب تكلفة الطريق

٩-٢-١ تكلفة الحفر والردم

حجم الحفر الكلي = 589.1 m^3

حجم الردم الكلي = 326.29 m^3

سعر المتر المكعب للحفر = 4.8$

سعر المتر المكعب للردم = 5.5$

تكلفة الحفر = حجم الحفر الكلي * سعر المتر المكعب للحفر

4.8* 589.1=

$ ٢٨٢٧.٦٨=

تكلفة الردم = حجم الردم الكلي * سعر المتر المكعب للردم

5.5* 326.29 =

$١٧٩٤.٥٩٥ =

تكلفة الحفروالردم الكلية = تكلفة الحفر + تكلفة الردم

٢٨٢٧.٦٨ + ١٧٩٤.٥٩٥ =

$ ٤٦٢٢.٢٧٥=

٩-٢-٢ حساب تكلفة طبقات الرصفة

يبلغ طول الطريق المراد تأهيله وتصميمه حوالي ١٠٠٠ م وهو يتكون من ٤ مسارب عرض كل مسرب ٣.٥م ، وكما هو تبين لنا أن الرصفة تتكون من طبقتين طبقة الاسفلت وطبقة البسكورس.

حساب مساحة المسارب = طول الطريق * عرض الطريق

٢٠* ١٠٠٠ =

٢٠٠٠٠ م2 =

بعد معرفة مساحة المسرب سوف يتم حساب حجم الإسفلت والبسكورس وطبقة ما تحت الأساس و موضحا كل طبقة على حدة كما يلي:

- **الطبقة الأولى : (الاسفلت Asphalt)**

حجم الإسفلت = مساحة المسارب × سمك طبقة الإسفلت .

= ٢٠٠٠٠ * 0.10 = ٢٠٠٠م3.

وزن الإسفلت = حجم الإسفلت × كثافة الإسفلت .

= 2000 × 2.24 = 4480 طن .

سعر واحد طن من الإسفلت المشغول = $ 35 .

تكلفة الإسفلت = وزن الإسفلت × سعر الطن الواحد من الإسفلت .

= 4480× 35 = 156800 $.

- **الطبقة الثانية : البسكورس Base Course**

حجم البسكورس = مساحة المسارب * سمك طبقة البسكورس .

= 20000 ×0.20 = 4000 م٣.

وزن البسكورس = حجم البسكورس × كثافة البسكورس .

= ٤٠٠٠ × 2.14 = ٨٥٦٠ طن .

سعر واحد طن من البسكورس المشغول = $ 7 .

تكلفة البسكورس = وزن البسكورس × سعر الطن الواحد من البسكورس .

= ٨٥٦٠ × 7 = ٥٩٩٢٠ $.

التكلفة الكلية للرصفة = تكلفة الإسفلت + تكلفة البسكورس+ تكلفة طبقة ما تحت الأساس .

= 156800 + ٥٩٩٢٠ = ٢١٦٧٢٠ $.

٩-٢-٣ تكلفة الجبة الحجرية

يوجد هناك جبة حجرية على الارصفة وعلى الجزيرة الوسطية ، حيث تحسب الجبة بالمتر الطولي لذلك تكون كمية الجبة الحجرية اللازمة لهذا المشروع كما يلي :

٤*١٠٠٠ = ٤٠٠٠ متر طولي .

٤٠٠٠*سعر المتر الطولي .

٩-٢-٤ التكلفة المستقبلية لصيانة الطريق

بما أن الطبقة الوحيدة التي من الممكن العمل عليها هي طبقة الإسفلت إذا فإن أعمال الصيانة تتم عليها كالتالي :-.

بعد الرجوع إلى البلدية لمعرفة التكلفة لصيانة المتر المربع من الاسفلت مع الأدوات و الأيدي العاملة فكانت هذه القيمة 14 $.

التكلفة الكلية للصيانة = مساحة الإسفلت × سعر صيانة المتر المربع للإسفلت

280000 $ = 20000 * 14 =

10

الفصل العاشر

النتائج والتوصيات

١٠-١ النتائج .

١٠-٢ التوصيات .

الفصل العاشر

النتائج والتوصيات

١٠-١ النتائج

١- عمل مضلع وحساب احداثياته وتصحيحه من أجل الانطلاق منه لرصد الطريق.

٢- تم تصميم الطريق حسب القوانين المتبعة وتجهيز كافة المعلومات الخاصة بالتصميم وعمل المخططات اللازمة

٣- قام فريق العمل برسم جميع المقاطع الطولية والراسية .

٤- تم حساب سمك طبقات الرصفة اللازمة للطريق .

٥- تم حساب المساحات والكميات (الحفر والردم ورسم مخططات المقاطع العرضية).

٦- حل المشاكل التي تم مناقشتها في الفصل الثالث .

١٠-٢ التوصيات

١. يجب العمل على إتباع المواصفات الخاصة بالطرق في الأراضي الفلسطينية.

٢. طرح مساقات جامعية وتدريب الطلبة على التطبيقات والبرامج الحديثة وخصوصا برنامج Civil 3D و Adjust غيرها من التطبيقات في التخصصات المختلفة

٣. نحث الجامعة على التواصل مع مؤسسات المجتمع المدني لطرح مشاريع تخرج تهم هذه المؤسسات .

٤. ندعو الى تدريب الطلبه على التطبيقات البرامجيه الحديثه في المجالات المختلفه عن طريق وجود مرونه في الخطط التدريسيه .

٥. ضرورة تكامل العمل بين التخصصات بحيث تكون مشاريع التخرج ذات التطبيق العملي .

المراجـــع :

١-روحي الشريف، البسيط في تصميم وانشاء الطرق، الجزء الأول، عمان، الأردن، ١٩٨١.

٢--روحي الشريف، البسيط في تصميم وانشاء الطرق، الجزء الثاني، عمان، الأردن، ١٩٨٥.

٣- فيضي شبانة، جامعة بوليتكنك فلسطين، دوسية هندسة مساحة ٢.

٤- محمود توفيق سالم، هندسة الطرق ١، منشورات الراتب للأبحاث والدراسات الجامعية، بيروت، لبنان، ١٩٨٤.

٥- د.نبيل الجولاني ، جامعة بوليتكنيك فلسطين، دوسية هندسة طرق،

٦- يوسف صيام، عبدا لله القرني ، سعد القاضي ، تغطية مساحية للطرق، دار مجدلاوي للنشر ، عمان ، الأردن ، ١٩٩٩.

٧- يوسف صيام، المساحة وتخطيط المنحنيات، عمان،١٩٧٨ .

8-Ministry of Public Work, High Design Manual , 1978.

9-Paul Wolf, Charles Ghlani, Adjustment Computations, New York, John Wiley, 1997.

10-http://www.momra.gov.sa/specs/internal.asp