بسـم الله الرحمن الرحيم

جامعة بولـيتكـنك فلسطــين
كـلية الهندسـة

مشروع تخرج بعنوان

(تصميم واعادة تأهيل وترميم شارع دير بحه)

مقدم الى دائرة الهندسة المدنية في كلية الهندسة

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص هندسة المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

أمل زاهدة **أمينة الشراونة**

اشراف

د. اعتصام ابو عزية

الخليل – فلسطين

/2023م

2024

جامعة بوليتكـنك فلسطـين
كـلية الهندسـة

مشروع تخرج بعنوان

(تصميم واعادة تأهيل وترميم شارع دير بحه)

فريق العمل

أمل زاهدة **أمينة الشراونة**

اشراف

د. اعتصام ابو عزية

بناء على توجيهات دكتور المشرف وبموافقة جميع أعضاء اللجنة الممتحنة تم تقديم مقدمة المشروع هذه الى دائرة الهندسة المدنية في كلية الهندسة للوفاء الجزئي بمتطلبات الحصول على درجة البكالوريوس.

توقيع مشرف المشروع ..... توقيع رئيس الدائرة .....

الإهداء

وأخيراً رفعت القبعة احتراماً لسنين مضت من الدراسة وقد ابتدأ الوداع مع كل ابتسامة مع كل لقطة اخذت بدء الوداع, في البداية الشكر لله اهدي تخرجي وثمرت تعبي خلال السنوات الدراسية كهدية متواضعة و بسيطة الى الشخص الذي مسك بيدي بقوة منذ صغري لم يسمح ان أقع أبدا الى قدوتي الأولى و نبرآسي الذي ينير دربي الى من علمني أن أصمد أمام أمواج البحر الثائرة الى من أعطاني و لم يزل يعطيني بلا حدود الى من رفعت راسي عاليا افتخاراً به إليك يا من أفديك بروحي الى حبيبي و قدوتي الى أبي العزيز و الغالي وأهدي مشروع تخرجي الى تلك المرأة العظيمة التي ربت وعلمت الى من تستقبلني بابتسامة وتودعني بدعوة أمي الغالية أسأل الله أن يحفظها لي التي لطالما نظرت لعينيها لأستمد منها قوتي لإكمال مسيرتي العلمية تقف كلماتي عاجزه عن شكرك يا حبيبة الى أمي الحنونة و الغالية. وبأصدق المشاعر وبأشدّ الكلمات الطيبة النابعة من قلب وفيّ أقدم شكري وامتناني لمن كانوا سبب في استمرار واستكمال مسيرة حياتي من وقفوا معي بأشدّ الظروف ومن حفزوني على المثابرة والاستمرار وعدم اليأس أقدم لكم أجمل عبارات الشكر والامتنان من قلب فاض بالاحترام والتقدير لكم, والى أساتذتي الذين أفاضوني بعلمهم لكم فائق الاحترام والتقدير .

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين الذي وفقنا وأعاننا على إنهاء هذا البحث والخروج به بهذه الصورة المتكاملة، فبالأمس القريب بدأنا مسيرتنا التعليمية، ونحن نتحسس الطريق برهبة وارتباك، فرأينا أن هندسة المساحة هدفًا ساميًا وحبًا وغاية تستحق السير لأجلها، وإن بحثنا يحمل في طياته طموح شباب يحلمون أن تكون أمتهم العربية كالشامة بين الأمم.

وانطلاقًا من مبدأ أنه لا يشكر الله من لا يشكر الناس، فإننا نتوجه بالشكر الجزيل للدكتور المهندس الاستاذ اعتصام ابو عزية الذي رافقنا في مسيرتنا لإنجاز هذا البحث، وكانت له بصمات واضحة من خلال توجيهاته وانتقاداته البناءة والدعم الأكاديمي، كما نشكر عائلاتنا التي صبرت وتحملت معنا وزودتنا بالكثير من الدعم على جميع الأصعدة، ونشكر الأصدقاء والأحباب وكل من قدم المعنوي، وأخيرًا نتوجه بشكر خاص لدكاترة ومهندسي الجامعة على مساندتهم ودعمهم بعلمهم وصبرهم لنا خلال السنوات الماضية .

نبذة مختصرة

يهدف المشروع الى تصميم الطريق الرئيسي الواصل بين منطقة دير بحه في مدينـة الخليل وانتهائـه عند مدينـة تفوح، وهو طريق بطول حوالي 1093م.

بالمزامنة مع ازدياد الازدحام المروري في مدينة الخليل؛ فإنه من الواجب إعادة تأهيل الطريق الواصل بين المنطقتين عين دير بحه و تفوح، لما فيه من خدمة لأهل المدينة وتخفيف الازدحام المروري من مناطق اخرى . و تكمن أهمية إعداد هذا المشروع لهذا الطريق إحياء المنطقة الرابطة بين المنطقتين و جعلها أكثر حيوية ، ومهم لتفادي الازدحامات المرورية في منطقة دير بحه و، كذلك هنالك أهمية للطريق لاختصار المسافة والوقت على سكان الخليل و تفوح.

سوف يتضمن تصميم هذا المشروع تنفيذ أعمال المسح لمشاريع الطرق، بالإضافة الى تصميم الطريق هندسياً و هيكلياً، و أيضاً متطلبات تصميم الطرق و تصريف مياه الأمطار وعبارات إن وجب، مع مراعاة قواعد الأمن و السلامة العامة لمستخدمي الطرق من المشاة و المركبات.

Abstract

Project name

(Design the road between Halhul and Ain Haskah)

Done By:

Amal Joudeh Zahdeh **Amena Jehad Sharawneh**

Supervisor:

Dr.Itissam Abo Uiziah

Abstract:

The project aims to design the main road connecting the Deir Bahha area in the city of Hebron and ending in the city of Taffouh, which is about 1,093 meters long.

In conjunction with the increase in traffic congestion in the city of Hebron; It is necessary to rehabilitate the road linking the two regions, Ain Deir Bahha and Taffouh, as it serves the people of the city and reduces traffic congestion from other areas. The importance of preparing this project for this road lies in reviving the area linking the two regions and making it more lively, and it is important to avoid traffic congestion in the Deir Bahha area. There is also the importance of the road to shorten the distance and time for the residents of Hebron and Tafuah.

The design of this project will include the implementation of survey work for road projects, in addition to the engineering and structural design of the road, as well as the requirements for road design, rainwater drainage, and culverts if necessary, taking into account the rules of public security and safety for road users, including pedestrians and vehicles.

المحتويات

الإهداء..... III
الشكر والتقدير IV
نبذة مختصرة..... V
Abstract..... VI
فهرس الجداول :..... XI
فهرس الصور: XIII

الفصل الأول : المقدمة

1.1 نظرة عامة -:..... 1
1.2 لمحة عن مدينة الخليل :..... 3
1.2.1 تاريخ المدينة :..... 3
1.2.2 السكان والمناخ :..... 3
1.3 فكرة المشروع :..... 3
1.4 منطقة المشروع :..... 4
1.5 هيكلية المشروع : 4
1.6 أهداف وأهمية المشروع :..... 4
1.7 طريقة البحث :..... 5
1.8 الدراسات السابقة : 5
1.9 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة : 6
1.10 الجدول الزمني للمشروع :..... 7

الفصل الثاني : الأعمال المساحية

..... 8
2.1 مقدمة :..... 9
2.2 دراسة المخططات:-..... 9
2.3 الأعمال الاستطلاعية (Reconnaissance Studies) :-..... 9
2.4 مرحلة الدراسة المساحية الأولية (Preliminary Survey):- 10
2.5 مرحلة الرفع التفصيلي:-..... 12
2.6 الأعمال المساحية النهائية:-..... 13
2.7 نظام تحديد الموقع بالاقمار الصناعية (GNSS) : 13
2.7.1 مقدمة : 13
2.7.2 أجزاء النظام : 13
2.7.3 طرق الرصد:..... 15

الفصل الثالث : العد المروري

3.1 مقدمة :- 20
3.2 الهدف من دراسة أحجام المرور :- 20
3.2.1 مفاهيم أساسية:- 20
3.3 عربات التصميم : 22
3.4 تعداد المركبات : 24
3.5 فترات التعداد : 24
3.5.1 أنواع التعداد على الطريق : 24
3.5.2 طرق حصر (تعداد) المرور : 24
3.5.3 حسابات العد المروي :- 25

الفصل الرابع: التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية

..... 29
الفصل الرابع: التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية 29
4.1.مقدمة 29
4.2.الأنواع الرئيسية للرصف 29
4.3.الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة 29
4.4. تصميم الرصفة المرنة..... 29
1.1.مقدمة 30
1.2.الأنواع الرئيسية للرصف 30
4.2.1 الرصف الصلب 30
4.2.2 الرصف المرن 31
4.2.2.1 طبقات الرصف المرن 31
4.2.3 الرصف المركب (Composite Pavement) 33
5.2الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة 33
4.3.1 التدرج الحبيبي للتربة 33
4.3.1 قوام التربة 36
4.3.2 دمك التربة 39
4.3.3 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(California Bearing Ratio Test) 44
5.1تصميم الرصفة المرنة 48
4.4.1 حساب قيمة Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load. (ESAL) 48

الفصل االخامس: التصميم الهندسي للطرق

5.2مقدمة..... 60
5.2التصميم الهندسي للطريق..... 60

5.2.1 السرعة التصميمية للطريق (Design Speed) 60
5.2.2 قطاع الطريق 61
5.2.3 عرض المسرب (Lane Width)..... 62
5.2.4 الميول العرضية 62
5.2.5 الميول الطولية..... 63
5.2.6 الميول الجانبية..... 63
5.2.7 الأرصفة (Sidewalks) 64
5.2.8 الأطاريف (الجبه)..... 65
2.1التخطيط الأفقي والرأسي..... 66
5.3.1التخطيط الأفقي للطريق..... 67
5.3.2 التخطيط الرأسي للطريق..... 69
5.4.ملخص التصميم الهندسي لمسار الطريق في المشروع 72

الفصل السادس: خدمات الطرق

6.1. مقدمة 74
6.2. الهدف من الإشارات..... 74
6.3. أنواع الإشارات..... 74
6.4. اللوحات المرورية والارشادية 76
6.5. مواصفات الإشارات..... 78
6.6. علامات المرور على الطريق 79
6.7. الشروط الواجب توفرها في علامات المرور 79
6.8. أنواع علامات المرور 80
6.9. الانارة على الشوارع والطرق 81

الفصل السابع : تصريف مياه المطر

7.1 مقدمة: 84
7.2 متطلبات صرف المياه من الطريق:..... 85
7.3 أنواع صرف المياه:..... 85
7.3.1 الصرف السطحي:..... 85
7.3.2 الصرف المغطى : 86
7.4 كمية مياه الأمطار : 86
7.5 تصميم شبكة التصريف : 88
7.5.1 أهم الامور التي تؤخذ عند التصميم..... 88
7.6 مراحل التصميم : 91

الفصل الثامن : النتائج والتوصيات

8.1. مقدمة عامة 93
8.2. تكلفة الطريق 93
8.3. النتائج العامة 93
8.4. التوصيات 95
المراجع : 96

فهرس الجداول :

جدول (1-1) : الجدول الزمني للمشروع (أ) 7
جدول (1-2) : الجدول الزمني للمشروع (ب) 7
جدول(2-1) : احداثيات نقاط control point 12
جدول(3-1):سعة الطريق حسب مواصفات AASHTO 22
جدول(3-2):الابعاد الرئيسية للمركباتAASHTO 23
جدول(3-3)التعداد المروري اليومي لأربعة أيام 26
جدول(4-4) : متوسط عدد المركبات لكل ساعة 26
جدول (4-5) : معاملات أنواع المركبات 27
جدول(4-6) : قيم k و D العامة 28
جدول4.1: التدرّج الحبيبي 35
جدول4.2: المحتوى المائي 37
جدول 4.3: حد اللدونة 38
جدول4.4:Density Determination 40
جدول 4.5: Moisture Determination 41
جدول 4.6: Result 41
جدول4.7: قيمة الحمل المسبب لاختراق العينة القياسية 45
جدول 4.8: تقييم نتائج فحص نسبة تحمل كاليفورنيا 46
جدول 4.9: المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والاردن 46
جدول4.10 : قيم الغرز والحمل وقراءات ال CBR 47
جدول4.11: نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية (fd) 50
جدول4.12: معامل النمو (Gf) 51
جدول 4.13: متوسط عدد المركبات لكل ساعة 52
جدول4.14 : قيمة CBR لكل طبقة 53
جدول4.15: قيمة المعامل المناخي 54
جدول4.16: قيمة المعامل a1 57
جدول4.17: قيمة المعامل a2 57
جدول4.18 : سماكة الطبقات 58
جدول 5.1: السرعة التصميمية 61
جدول 5.2: الميول الجانبية 64
جدول5.3: أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق 69
جدول 5.4: الحد الأدنى لأنصاف الأقطار على المنحنى 69
جدول 5.5: قيمة الثابت للمنحنيات الرأسية 72
جدول (7.1) :قيمة معامل الانسياب السطحي (C) 87

جدول 8.1: نتائج طبقات الرصف 93
جدول (8-2) ملخص كميات المشروع 94
جدول (8-3) الكميات الخاصة بمشروع تصميم الطريق الواصل من دير بحة الى بلدة تفوح 94

فهرس الصور:

صورة توضح عملية التربيط صورة اثناء اعمال الميدانية (Control Point) 11
شكل(2-1) : احداثيات نقاط control point 12
شكل (2-1) : المحطات الارضية لنظام GPS الامريكي 14
شكل (2-2) : أجهزة GPS 15
شكل(2-3) :طرق وأساليب الرصد المساحي 16
شكل (2-4) : عملية الرصد الثابت 17
شكل(2-6) : الرصد في الوقت الحقيقي 18
شكل (2-5) : نظام المحطة الافتراضية 18
شكل(3-1):انواع المركبات والاحمال الواقعة 23
الشكل 4.1 طبقات الرصفة المرنة 32
شكل 4.2: منحنى التدرج الحبيبي 34
شكل4.4: توضيح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة 39
شكل 4.5: العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة 43
شكل4.6: جهاز فحص CBR 45
شكل4.7 : العلاقة بين الاجهاد والغرز 48
شكل4.8: s- soil support value 54
شكل 4.9: قيمة المعامل SN 55
شكل 4.10: قيمة المعامل (SN) 56
شكل 5.1: قطاع الطريق 62
شكل5.2: الميول الطولية 63
شكل5.3: الأرصفة 65
شكل 5.4: الأطاريف (الجبه) 66
شكل 5.5: عناصر المنحنى الدائري البسيط 68
شكل 5.6: فرق الميل أو زاوية الميل 69
شكل 5.7: عناصر المنحنى الرأسي 70
شكل 6.1 : صورة توضح إشارات المرور الارشادية 75
شكل 6.2 : صورة توضح إشارات المرور التحذيرية 75
شكل 6.3[6]: صورة توضح العلامات 76
شكل6.5 : لوحة إشارات المرور 77
شكل6.4: صورة توضح مفهوم إشارات المرور 77
شكل6.6: صورة توضح مدلول الخطوط 80
شكل (7.1): كثافة الأمطار 88
شكل (7-2) : gutter inlet 89
شكل (7-3) :مكان وجود أنابيب الصرف 91

الفصل الأول: مقدمة

1-1 نظرة عامة

2-1 لمحة عن مدينة الخليل

1-2-1 تاريخ المدينة

2-2-1 السكان والمناخ

3-1 فكرة المشروع

4-1 منطقة المشروع

5-1 هيكلية المشروع

6-1 أهداف وأهمية المشروع

7-1 طريقة البحث

8-1 الدراسات السابقة

9-1 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة

10-1 الجدول الزمني

1.1 نظرة عامة -:

يعالج علم الطرق موضوع مسح المنطقة المراد إنشاء الطريق فيها ، ودراسة المنطقة طبوغرافيا وجيولوجيا ، و إعداد التصاميم ودراسة المواد وخواصها سواء كانت هذه الطرق تصل بين المدن أو بين الأقطار المجاورة ، أو 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 وعرض المسارب والانحدارات.

تبدأ عملية إنشاء أي طريق بعمل دراسة الجدوى التي تعني مدى الفائدة التي يقدمها الطريق المقترح مقارنة بالتكلفة . ولعمل هذه الدراسة نحتاج لتقدير عدد المركبات "تسمى بحجم المرور" التي يتوقع إن تستخدم الطريق ، حيث تستخدم عدة أساليب منها :

1- التقدير : وهو تقدير حجم المرور المتوقع حسب خبرات سابقة لمناطق مشابهة في الكثافة السكانية والمستوى المعيشي وما إلى ذلك حيث يتوقع للمناطق المتشابهة من حيث السكان أن تنتج أحجام مرورية متقاربة.

2- دراسات ميدانية : وذلك بإعداد استبيان مناسب لمستخدمي الطرق المجاورة للطريق المقترح لمعرفة نسبة الذين يفضلون استخدام الطريق الجديد في حال إنشائه "تسمى أيضا دراسات المنبع والمصب".

3- دراسات منزلية : وذلك بإعداد استبيانات منزلية في المناطق التي يتوقع ان تستفيد من الطريق المقترح لتقدير نسبة السيارات التي ستستخدم الطريق بالنسبة لعدد السكان الكلي "في المنطقة المجاورة للطريق".

4- التقدير الرياضي : ويتم بواسطة استخدام نموذج رياضي "معادلة رياضية خاصة" ينتج العدد المتوقع للمركبات في سنة معينة بناءً على بيانات الأعوام السابقة.

5- النمذجة الحاسوبية : يمكن تقدير حجم المرور المستقبلي أيضا بواسطة برامج خاصة تعمل على الاستفادة من البيانات الحالية والبيانات التاريخية وبعض القيم الأخرى مثل نوع التغير الذي يتوقع أن يحدث في المنطقة مستقبليا "مثل إنشاء مركز تجاري أو مدرسة..الخ" ويقوم الحاسوب بتقدير القيم المستقبلية بدقة أفضل من كل الطرق السابقة.

بعد معرفة حجم المرور ونوعية المركبات ، يتم حساب قيم خاصة مبنية على اوزان المركبات المتوقعة وعددها بحيث نحصل على قيمة تسمى وزن المحور المكافئ الذي يعتبر ذو قيمة كبيرة في مرحلة التصميم الإنشائي للطريق. بعد معرفة عدد مستخدمي الطريق وتكلفة إنشاءه ، يمكن عمل دراسة الجدوى "بناءً على نسبة التكلفة لعدد المستخدمين" التي بها يتخذ المسؤولون قرار إنشاء الطريق من عدمه.

بعد التأكد من جدوى إنشاء الطريق ، واكتمال إنشائه تبدأ المرحلة التشغيلية للطريق والتي تحتاج لمراقبة دائمة وتمثل هذه العملية المرحلة الأهم في الدول المتقدمة ، حيث ان كل التحديات الصعبة المتمثلة في الحاجة

الدائمـة للحفـاظ علـى مسـتوى الخدمـة المقبـول خصوصـا مـن ناحيـة زمـن الرحلـة الـذي يـزداد علـى الـدوام بسـبب زيـادة حجـم المـرور وبالتـالي يـزداد التـأخير عنـد التقاطعـات. تسـعى الجهـات المسـؤولة عـن المـرور علـى ضـمان انسـياب المـرور بشـكل مقبـول ، ولتحقيـق ذلـك تقـوم بمراقبـة حركـة المـرور بشـكل مسـتمر وتحديـد نقـاط الازدحـام والتـأخير وذلك بقياس عدة قيم أهمها :

1- زمـن الرحلـة بـين مكـانين : وذلـك لمقارنـة زمـن الرحلـة الحـالي مـع القـيم التـي تـم قياسـها فـي المواسـم أو الأعوام السابقة ، حيث إن زيادة زمن الرحلة يعني وجود مشكلة في نقطة ما على طول المسار.

2- طـول صـفوف العربـات عـن التقاطعـات : بمقارنـة طـول الصـفوف بـالقيم التـي تـم قياسـها سـابقا ، حيـث ان زيادة طول الصفوف يعني وجود مشكلة في هذه النقطة بالتحديد.

3- السـرعة : يـتم قيـاس سـرعة المركبـات عنـد نقـاط بعيـدة عـن التقاطعـات لمعرفـة مـا إذا كـان هنالـك تـأخير علـى طول الطريق مقارنة بالقيم التي تم قياسها سابقا.

4- حجـم التشـبع : هـو العـدد الأقصـى مـن المركبـات التـي يمكـن إن يمـر خـلال نقطـة معينـة فـي وقـت محـدد ، وتـتم مقارنـة القيمـة المقاسـة مـن الطريـق بـ 1800 مركبة\سـاعة حيـث يتوقـع ان نقصـان عـدد المركبـات عـن 1800 في الساعة "للحارة الواحدة" يعني حدوث ازدحام وتأخير.

5- درجـة التشـبع : وهـي معيـار سـعة الطريـق عنـد التقاطعـات ذات الإشـارة المروريـة وتحسـب مـن نسـبة حجـم المـرور لحجـم التشـبع مضـروبا فـي نسـبة زمـن الإشـارة الأخضـر لـزمن الإشـارة الكلـي . يتطلـب ذلـك عمـل دراسـات مروريـة للمنطقـة المـراد إنشـاء الطريـق فيهـا ، ويجـب مراعـاة أساسـيات الدراسـات المرويـة فيهـا ، وعادة ما يتم إجراء دراسات مرورية في فترات زمنية محددة وهي :

أ- أيام الأسبوع :

- الذروة الصباحية : من 7:00 إلى 10:00
- ما بين الذروات : من 10:00 إلى 1:00
- الذروة المسائية: من 16:00 إلى 19:00
- ما بعد الذروة المسائية : من 19:00 إلى 7:00

ب- أيام العطل ونهاية الأسبوع :

عـادة مـا يـتم إجـراء الدراسـات فـي فتـرة زمنيـة واحـدة مـا بـين السـاعة 10:00 إلـى 19:00 و قـد تختلـف هـذه الأزمـان قليلا حسب ظروف كل بلد ومواعيد الدوام والمدارس.

1.2 لمحة عن مدينة الخليل :

تقع مدينة الخليل على بعد حوالي 30 كم إلى الجنوب من مدينة القدس ويحدها من الشرق بلدة بني نعيم ومن الشمال بلدة حلحول، ومن الغرب بلدة تفوح ومدينة دورا ومن الجنوب مدينة يطا. تقع مدينة الخليل على خط طول 35.8 شرقي غرينتش وعلى دائرة عرض 31.31 شمال خط الاستواء وترتفع المدينة ما معدله 950م فوق سطح البحر (حوالي 1300 م فوق سطح البحر الميت)، ما يجعلها أعلى مدن المنطقة.

1.2.1 تاريخ المدينة :

الخليل مدينة عريقة تُعد من أقدم مدن العالم ، فقد استمر وجودها - ولا يزال - أكثر من أربعة آلاف سنة، وتعتبر من المدن العربية الإسلامية القليلة التي حافظت على نسيجها العمراني التاريخي ، ارتبطت شهرة المدينة بأبي الأنبياء سيدنا إبراهيم الخليل عليه السلام الذي حط ترحاله فيها، وأثر على تطورها لتحمل اسمه بعد الفتوحات الإسلامية وحتى الآن (خليل الرحمن) أو ليختصر الاسم لاحقاً بالخليل، وقد حملت المدينة قبل ذلك أسماء عدة اختُلفَ في معانيها، منها كريات اربع؛ أي قرية الأربع والتي قد تعني القبائل أو التلال الأربعة، ومن ثم اشتهرت باسم (حبرى) و (حبرون) ، مشتقة على الأغلب من فعل (حبر) بمعنى ربط ووثق وصادق، أي صفة الصداقة (خليل الله) التي تلقب بها سيدنا ابراهيم الخليل، ولقد ذكرت مصادر مختلفة تسميات أخرى وأصول واسباب إطلاق هذه المسميات على مدينة الخليل مثل : تربنتس (رامة الخليل)، بثنيم (بيت عينون) ، وكذلك ما يتعلق بالحرم الابراهيمي مثل : " الطبلخانة ، الجاولية، مدرسة السلطان حسن، القلعة، إضافة إلى بلدات وقرى وخرب منطقة الخليل. و نزلت في ديار مدينة الخليل العديد من القبائل مثل : جذام، لخم، بنوجرم، الخوارزميون التركمان، والأنباط، ويكفي هذه المدينة إجلالاً لأن نبي الله إبراهيم قد اختارها لتكون مدفن زوجته سارة، ومدفنه من بعد، لتتبعه ذريته وهم سيدنا اسحق وسيدنا يعقوب وزوجاتهما، لتحاط هذه الجمهرة من القبور على يد هيرودوس الملك، أو على الأقل باستخدام أسلوبه المعروف ب (الهيروديانى) بسور شامخ عظيم البنيان قاوم الدهر والحروب والدمار حتى اليوم.

1.2.2 السكان والمناخ :

تعتبر مدينة الخليل مركزاً لمحافظة الخليل، أكبر محافظات الضفة الغربية اليوم من حيث عدد السكان ,و بناءً على الإحصاء الذي قامت به السلطة الوطنية الفلسطينية 2007، فإن التعداد السكاني لمدينة الخليل حوالي 250 ألف نسمة. يعتبر مناخ المدينة معتدل، حيث يبلغ المعدل السنوي 15- 16 درجة مئوية. والمعدل الشتوي هو 7 درجات، والصيفي 21 درجة ، ويبلغ المعدل السنوي للأمطار فيها حوالي 489 ملم.

1.3 فكرة المشروع :

تشتمل فكرة المشروع على تصميم واعادة تأهيل وترميم شارع (دير بحه) والذي يربط المدينة مع بلدة تفوح ,والذي يعتبر حلا لبعض المشاكل والحد من الأخطار الناجمة عن الشاحنات التي قد تمر من والى المحاجر في بلدة تفوح ,كما ويوفر الأمان لسكان المنطقة ,ويساعد في تخفيف الضغط عن الشوارع الرئيسية الأخرى.

يهدف المشروع إلى وضع تصميم نموذجي آمن للطريق ، مع الأخذ بعين الاعتبار جميع أسس التصميم الهندسي ، إضافة إلى مراعاة الميول الجانبية اللازمة لعمل قنوات تصريف مياه الأمطار ، ثم تصميم القطاعات العرضية ونظام الإنارة على الطريق ونظام تصريف المياه والجدران الاستنادية إن وجدت .

1.4 منطقة المشروع :

يقـع هـذا الطريـق فـي منطقـة الغربيـة لمدينـة الخليـل – الجنـوب الغربـي لمستشـفى الاهلـي ,ويبلـغ طولـه حـوالي 1096 متر.

1.5 هيكلية المشروع :

يشتمل بحث المشروع على عدة فصول يتم العمل عليها وهي :

1. الفصـل الأول : يحتـوي علـى المقدمـة التـي توضـح موضـوع البحـث ، الأهميـة ، الأهـداف ، طريقـة البحـث ، هيكلية البحث ، العوائق والصعوبات ، الأجهزة المستخدمة والجدول الزمني للمشروع.
2. الفصل الثاني : الأعمال المساحية.
3. الفصل الثالث : العد المروري .
4. الفصل الرابع : التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية.
5. الفصل الخامس : التصميم الهندسي للطريق
6. الفصل السادس : خدمات الطريق
7. الفصل السابع : تصريف مياه الامطار
8. الفصل الثامن : النتائج والتوصيات

1.6 أهداف وأهمية المشروع :

1. خدمة المنطقة المار بها الطريق لجعل المنطقة أكثر حيوية ، وإعطاء طابع السلاسة في الحركة .

2. معالجـة مشـكلة ميـاه الأمطـار ، وذلـك بتصـميم الميـول الجانبيـة للطريـق وعمـل قنـوات التصـريف علـى أسـس هندسيه .
3. معالجة مشكلة الأسفلت المتكسر والمتشقق.
4. معالجة مشاكل المنحنيات من حيث التعلية ومقدار الكشف.
5. مراعاة سبل الأمان ، بتوفير الارصفه وممرات المشاة والإنارة والإشارات المرورية في حال الحاجه اليها.

1.7 طريقة البحث :

1. القيام بتحديد موضوع البحث (تصميم واعادة تأهيل وترميم شارع دير بحه) والاستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية الخليل وقد تم الحصول المواصفات التصميمية للطريق من بلدية الخليل - قسمي المساحة والطرق.
2. تحديد منطقة العمل ومن ثم القيام بزيارة استطلاعية للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم والتنفيذ من أجل الحصول على أفضل وأدق النتائج.
3. البدء بالبحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الاستفادة منها في هذا المشروع.
4. القيام بتنفيذ العمل الميداني عن طريق البدء بعمل نقاط الضبط بنظام تحديد الموقع بالاقمار الصناعية (GNSS) وذلك من أجل الحصول على أعلى دقة في العمل المساحي .
5. القيام بزيارة لبلدية الخليل من اجل التعرف على القوانين المتبعة في التخطيط والتصميم من حيث السرعة القصوى للمرور وعرض الحارة والارتدادات والأرصفة وغيرها من عناصر التصميم للطريق.
6. البدء بكتابة مقدمة المشروع مع مراعاة الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة و مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.
7. بعد الانتهاء من المقدمة وانتهاء الفصل الدراسي الاول يتم الاستمرار في عملية التصميم والبدء بكتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة والتعليمات المتبعة لمشاريع التخرج في كلية الهندسة .

1.8 الدراسات السابقة :

تعـد الدراسـات السـابقة مـن أهـم الركـائز والـدعائم الأساسـية عنـد التخطـيط للقيـام بدراسـة وتنفيـذ أي مشـروع ، لان ذلـك لـه فائـدة كبيـرة مـن حيـث التعـرف علـى الأفكـار المـراد عملهـا فـي هـذا المشـروع ومحاولـة الاسـتفادة منهـا ومحاولة تصحيح الأخطاء.

إن الدراسـات للطريـق غيـر متـوفرة بشـكل كـاف ، والمعلومـات الموجـودة هـي مـا تـم الحصـول عليـه مـن بلديـة الخليـل وهـو مخطـط يبـين المنطقـة التـي يمـر بهـا الطريـق وكـذلك تـم التوجـه إلـى المشـرف الـذي زودنـا بـالطرق الأساسـية

والتوجيهـات اللازمـة للقيـام بالإعمـال المسـاحية كمـا تـم الرجـوع إلـى مكتبـة الجامعـة التـي زودتنـا بالكتـب والمراجـع اللازمـة ، وسـنعمل جاهـدين علـى الاسـتفادة مـن هـذه المصـادر فـي تحسـين تصـميم هـذه الطريـق وفقـاً لمـا تـم ذكـره فـي هذه المراجع ووفقاً للمواصفات والمقاييس لإنجاز هذا المشروع بنجاح.

1.9 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة :

1. جهاز GPS
2. برنامج (Civil 3D)
3. برنامج (Arc Gis)

1.10 الجدول الزمني للمشروع :

جدول (1-1) : الجدول الزمني للمشروع (أ)

الأسبوع/النشاط	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
اختيار المشروع وجمع المعلومات															
المساحة الاستطلاعية															
تحديد المسار المقترح للطريق															
العمل الميداني (رفع الطريق)															
الرسم باستخدام الكمبيوتر															
الفحوصات المخبرية															

جدول (2-1) : الجدول الزمني للمشروع (ب)

الأسبوع/النشاط	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
الحسابات الانشائية															
التصميم باستخدام الكمبيوتر															
حساب الكميات															
تصميم الرصفة															
تجهيز التقرير الاولي															
تجهيز التقرير النهائي															
طباعة المشروع النهائي															

الفصل الثاني : الأعمال المساحية

2.1. مقدمة

2.2. دراسة المخططات

2.3. الأعمال الاستطلاعية (Reconnaissance Studies).

2.4. مرحلة الدراسة المساحية الأولية (Preliminary Survey).

2.5. مرحلة الرفع التفصيلي (Detailed lifting).

2.6. الأعمال المساحية النهائية (Final survey).

2.7. نظام تحديد الموقع بالأقمار الصناعية (GNSS).

2.1 مقدمة :

عند تصميم وإنشاء الطريق وفتحها للسيارات لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لضمان حسن الأداء ولمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشئت من اجله. لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أمور عدة مثل الاتجاهات والمسارب والإنعطافات والتقاطعات، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه لذلك يجب تصميمها جنبا إلى جنب أثناء تصميم الطريق. ومن الأمور الواجب مراعاتها عند فتح طريق جديدة أو تحسينها أن يكون هذا التحسين سيعود بالفائدة الإقتصادية والإجتماعية على المجتمع. لذلك يتم دراسة الجدوى الإقتصادية للطريق وأهميتها ومدى تلبية احتياجات المجتمع لفترة مستقبلية عند فتح وتحسين هذه الطريق، لذلك فهي بحاجة للدراسة والتطوير والصيانة.

من أهم الأمور الواجب مراعاتها عند تصميم الطريق اخذ النقاط التالية بعين الإعتبار:

1- أن يكون الميل مناسبا قدر الإمكان.

2- أن تكون الإستفادة من الطريق اكبر ما يمكن.

3- أن تكون التكلفة اقل ما يمكن.

2.2 دراسة المخططات:-

في أي مشروع يجب عمل دراسة ابتدائية لمخططات سابقة لهذا المشروع ، وذلك لفهم الطبيعة الموجودة قبل الانشاء وما يجب أن تكون عليه بعد عملية شق الطريق.ويتم الحصول على هذه المخططات من جهات رسمية مثل بلديات أو مكاتب معتمدة ، وقد تم الحصول عليها هنا في هذا المشروع من قسمي المساحة والطرق وقسم التخطيط في بلدية الخليل.

2.3 الأعمال الاستطلاعية (Reconnaissance Studies) :-

مهما كانت الخرائط بين يدي المهندسين كاملة ووافية وغنية بالمعلومات الا أنه من الضروري القيام بعملية استطلاعية, ان الغاية منها تحديد مسار أو أكثر يحقق غايات و أهداف الطريق و يتم هذا بالقيام بجولات استطلاعية من قبل أعضاء الفريق المساحي باستخدام المركبات المناسبة حسب أهمية الطريق و طبوغرافية المنطقة, بالإضافة الى السير على الأقدام و من المساعد و المهم جدا اصطحاب الخرائط المتوفرة للمنطقة الذي من شأنه أن يعين في البحث على الطبيعة عن الأماكن المناسبة لإمرار الطريق منها و المفاضلة بين خيار و اخر.

هنالك أمور عديدة يجب أخذها بعين الاعتبار في هذه المرحلة منها الأهمية الاقتصادية للطريق, والخدمات التي يقدمها الطريق أو يساهم في تطويرها. ميول الأرض التي سيمر منها الطريق بالإضافة الى المعلومات الفنية يمكن استنباطها من الخرائط والصور الجوية المتوفرة وربما أيضا من التقارير الفنية والبيانات الاحصائية المتعددة التي قد تتوفر عن منطقة المشروع

والمشاريع المشابهة أو المجاورة.

اختصارا وتسهيلا وزيادة في فعالية مرحلة الأعمال الاستطلاعية هذه, يلجأ المهندسون المصممون عادة الى البحث عن كل ما يتوفرمن خرائط وصور جوية وتقارير ومعلومات حول المنطقة المراد امرار الطريق منها, وإذا لم تتوفر المخططات أو الصور الجوية يتم اقتراح المسارات أثناء عملية الاستكشاف والسير المباشر في المنطقة مع الاستعانة بالطرق الموجودة أو مسارب المشاة.

- ❖ أما بالنسبة للأمور التي يجب مراعاتها عند اقتراح المسار فهي:

1- ارتباط الطريق بالطرق الأخرى.
2- تخفيض التكلفة مع عدم تقليل الأمان وذلك بأخذ أقصر مسار.
3- تأثير هذا المسار على المجتمع من حيث الخدمات التي سيقدمها.
4- مراعاة نواحي الأمان لكل مستخدمي الطريق.
5- تقليل عدد التقاطعات الموجودة في الطريق.

وقد قمنا قبل كل شيء بزيارة الموقع واستكشافه وعمل مسح استطلاعي للمنطقة للتعرف على طبيعة المنطقة وجيولوجيتها.

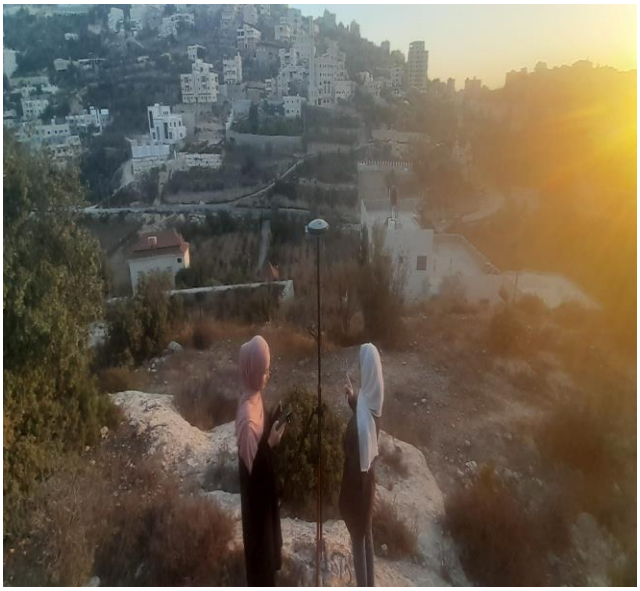
2.4 مرحلة الدراسة المساحية الأولية (Preliminary Survey):-

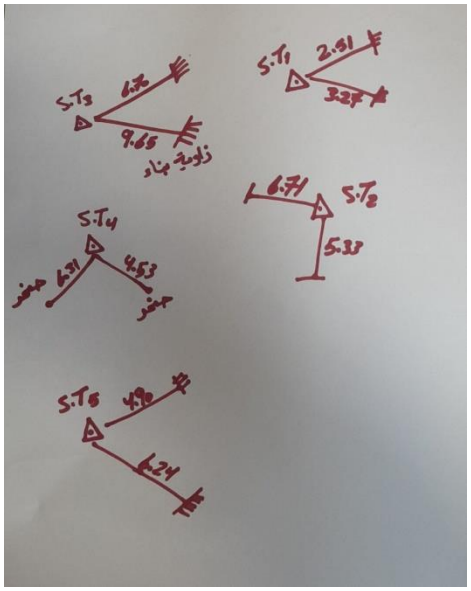
في هذه المرحلة يقوم الفريق المساحي بعمل مضلع يكشف قدر الامكان كل نقاط الطريق المفتوح حيث أن الهدف من وراء عمل مضلع يكشف نقاط الطريق هو تعيين احداثيات وبالتالي مواقع نقاط جديدة انطلاقا من واستنادا الى شبكة نقاط قديمة معلومة الاحداثيات بدقة كشبكة المثلثات أو المسح المثلثي أو نقاط ال GPS , وبهذا تساهم أعمال المضلعات في تكثيف شبكات النقاط المعلومة ومن ثم يسهل ربط أعمال المساحة الأخرى بشبكة الاحداثيات العامة للدولة.

يجب أن تكون دقة وشمولية العمل المساحي بحيث تسمح لتعيين أو اختيار محور الطريق الأفضل الذي يمكن أن يمر من خلال كل مسار من أجل تحقيق ذلك يري عادة قياس وحساب وتصحيح الاحداثيات لكافة نقاط المضلع. يتم بعد ذلك دراسة المخططات الطبوغرافية التي رسمت من الواقع ويتم تعديل المسارات حتى يتم التوصل الى أنسب مسار يحقق الشروط.

- ❖ و قد تم تنفيذ الأعمال التالية:

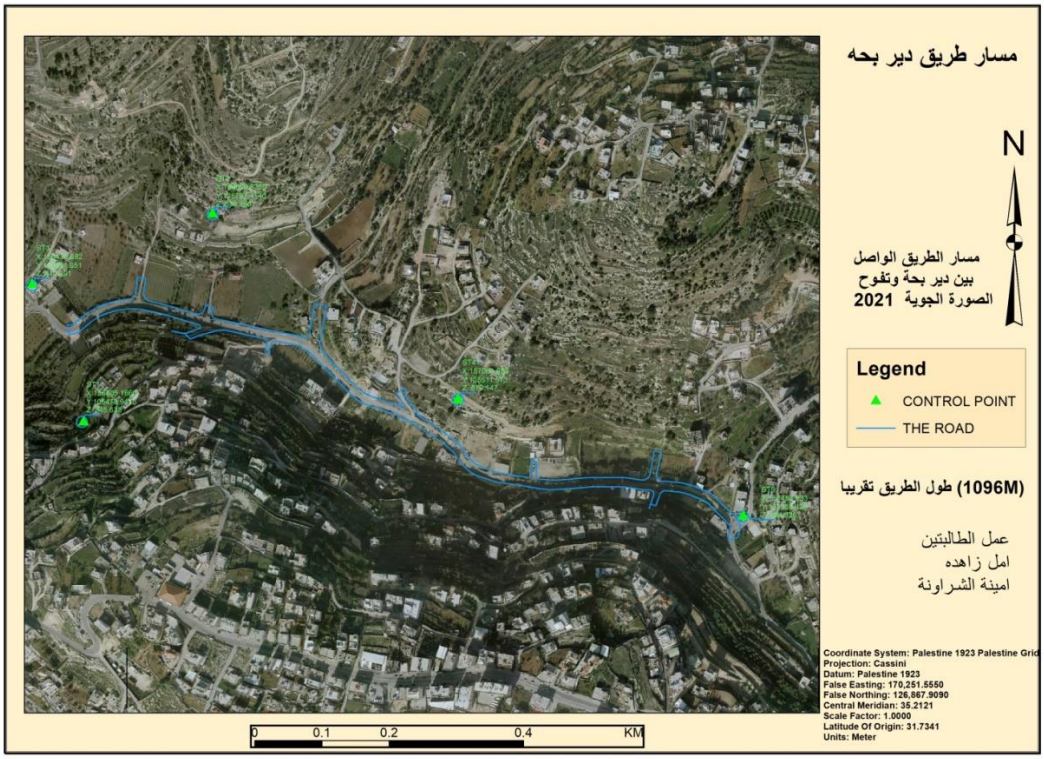
1. تم توزيع نقاط (Control Point) للطريق, ثم بدء رصد النقاط عن طريق (STATIC) على نقاط تغير المسار (Control Point) و تربيطها .





صورة توضح عملية التربيط صورة اثناء اعمال الميدانية (Control Point)

2. عمل رفع للطريق الموجودة و رفع التفاصيل الموجودة من أبنية و أعمدة هاتف و كهرباء و أسوار وسلاسل.
3. أخذ مقاطع عرضية للطريق عند كل 20 متر لحساب كميات الحفر والردم



شكل(2-1) : احداثيات نقاط control point

جدول(2-1) : احداثيات نقاط control point

Point	Easting	Northing	Elevation (h) above the reference ellipsoid
1	156505.166	105478.947	**845.638**
2	156699.835	105787.414	**838.466**
3	156430.692	105681.651	**810.391**
4	157064.853	105511.573	**879.147**
5	157488.833	105338.420	**864.326**

2.5 مرحلة الرفع التفصيلي:-

نقوم بالرفع التفصيلي في انشاء مشاريع هندسية (مباني –طرق –جسور و غيرها) وذلك لرفع معالم هذه المشاريع و عمل

المساحات المطلوبة, و يكون بجميع أجهزة المساحة: رفع مساحي بالشريط – رفع مساحي بالبوصلة – رفع مساحي بالثيودولايت – رفع مساحي بالمحطة الشاملة – رفع مساحي بال GPS - رفع مساحي بالصور الجوية – رفع مساحي بالأقمار الصناعية و غيره.

- ❖ يشمل الرفع المساحي على :

1. رفع حدود المشروع و الظواهر الطبيعية و البشرية.
2. رفع مناسيب المشروع.
3. رفع حدود المشروع في البداية يقوم المساح برسم كروكي للمشروع يحاكي كل ما هو موجود به حتى يتم تدوين كل البيانات المرفوعة و بالتالي يتمكن من رسم اللوحة على برنامج ال AutoCAD.
4. اختيار مسار الطريق بناء على ما هو موجود من معالم للطريق على أرض الواقع.

2.6 الأعمال المساحية النهائية:-

بعد أن يتم انجاز المخططات الأولية يصبح بوسع الفريق المصمم من استخدام هذه المخططات و المعلومات المساحية المختلفة في دراسة مختلف المسارات الممكنة بهدف اختيار المسار الافضل و الأمثل.

تتضمن هذه الدراسة عادة رسم المقاطع الطولية لعدة مسارات لغايات تقدير كمية الأعمال الترابية من حفر و ردم, تحديد مواقع الجسور و العبارات ...الخ, ذلك لا بد للفريق المصمم أن يأخذ بعين الاعتبار مختلف النواحي البيئية و الاجتماعية و الاقتصادية و الفنية التي تسهل عملية اختيار مسار الطريق.

2.7 نظام تحديد الموقع بالاقمار الصناعية (GNSS) :

2.7.1 مقدمة :

تعتبر الإشارات المرسلة من الأقمار الصناعية في منظومة (GNSS) من الإشارات المعقدة للغاية، حيث أنها تستخدم تقنيات عديدة لتشكيل هذه الإشارات وإرسالها للمستقبلات الأرضية . ان سبب التعقيدات في بنية اشارات اقمار (GNSS) هو ان هذه الاشارات يجب ارسالها من ارتفاع حوالي 20200 كم الى سطح الارض وبالتالي فاذا تم ارسال هذه الاشارات بالشكل المعتاد للمنظومات الارضية فانها ستصل الى الارض (ان وصلت) بشكل ضعيف مقارنة مع التشويش الموجود حول اجهزة الاستقبال وبالتالي لن تستطيع هذه الاجهزة استقبال المعلومات المفيدة من الاقمار ولن نستطيع تحديد احداثياتها المطلوبة.

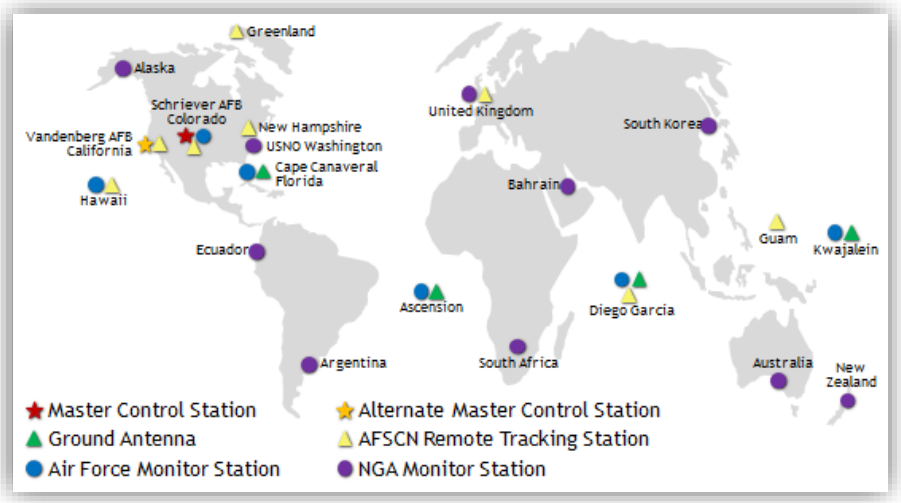
تستخدم هذه المستقبلات في اعمال المساحة العسكرية بكثرة حيث يتم مسح مناطق الاعمال المساحية القتالية وتحديد اهم نقاط العالم واحداثياتها، وكذالك في المساحة المدنية من اجل مسح المدن والاراضي والطرق المختلفة.

2.7.2 أجزاء النظام :

يتكون النظام من ثلاثة اجزاء رئيسية وهي :

- القمر الصناعي : وهو المسؤول عن ارسال الاشارات الى سطح الارض , وتدور الاقمار الصناعية في مدرات على ارتفاع 20,200 كيلومتر تقريبا.

- المحطات الارضية : وتقوم بعملية رصد ومراقبة حركة الاقمار الصناعية وارسال التصحيحات للازمة لتعديل مسار القمر الصناعي . يوجد محظات ارضية رئيسية وثانوية, وموزعة حول العالم كما في الشكل.



شكل (2-1) : المحطات الارضية لنظام GPS الامريكي

- جهاز المستخدم : وهو الجهاز الذي يقوم باستقبال الاشارات وتحليلها وقد يكون ذو استخدام عسكري او مدني . وتتفاوت دقة وتكلفة هذه الاجهزة مع التطبيق الذي تستخدم من اجله .

شكل (2-2) : أجهزة GPS

2.7.3 طرق الرصد:

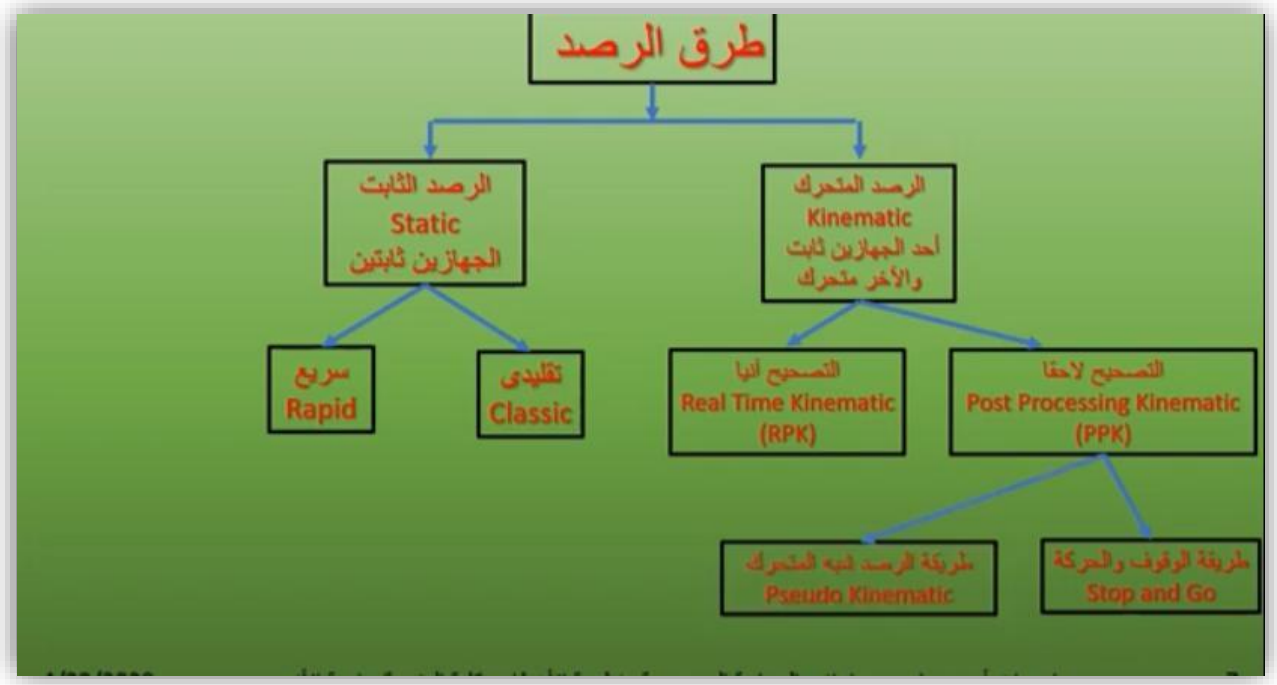
- طرق و أساليب الرصد المساحي باستخدام ال GPS.

يقصد بطريقة الرصد هي الطريقة التي يتبعها المساح في استخدامه للجهاز, و المساح وحده هو الذي يقرر

الطريقة التي يتبعها في الرصد تبعا للعوامل التالية:

- امكانية الجهاز المستخدم.
- عدد الأحهزة المتوفرة.
- الدقة المطلوبة في العمل.
- العدد المتوفر من المساحين.
- برنامج الحاسب الالي المستخدم لمعالجة الأرصاد.
- الوقت اللازم لانجاز المشروع.

و يمكن تقسيم طرق الرصد المساحي بواسطة GPS الى:

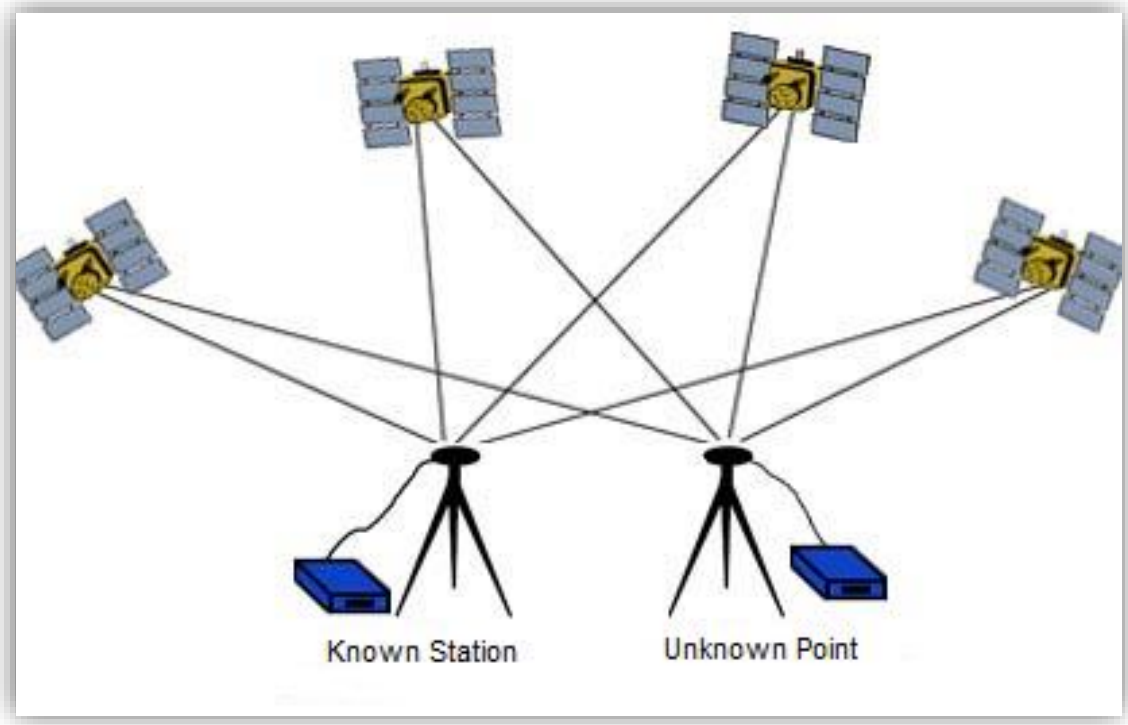


شكل(2-3) :طرق وأساليب الرصد المساحي

1- الرصد الثابت (Static Observations):

حيث يتم تثبيت المستقبل على النقطة المراد رصدها لفترة زمنية معينة حسب الدقة المطلوبة ،وطول خط القاعدة ما بين المسقبل والقاعدة المثبتة على نقطة معلومة الاحداثيات ،وكلما زاد طول الخط قلت الدقة وذلك لأن التصحيحات على القراءات التي ستؤخذ من القاعدة والتي تشمل (تصحيحات طبقات الغلاف الجوي –Ionosphere & Troposphere- وفرق الإحداثيات والتوقيت) تختلف من مكان لآخر وما زالت تعتبر هذه الطريقة أدق طرق الرصد وتستخدم في تحديد نقاط مرجعية

جديدة للشبكات الجيوديسية وأنظمة الإحداثيات ، وكذلك في المشاريع التي تحتاج لدقة كبيرة ، ويتم معالجة البيانات واستخراج الاحداثيات في المكتب(Post-Processing) كما في الشكل (2-2).



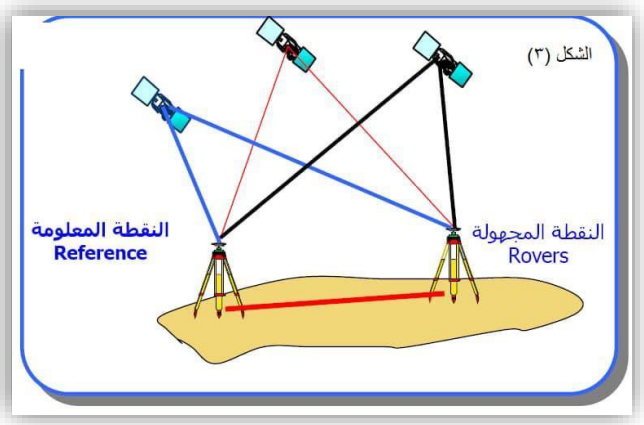
شكل (2-4) : عملية الرصد الثابت

2- الرصد الثابت السريع (Fast Static) :

تستخدم هذه الطريقة في حال كان طول خط القاعدة(Base-line) أقل من 8 كم وهذا يعتمد على طبيعة المنطقة والتغيرات في طبقات الغلاف الجوي ، وتتم مثل عملية الرصد الثابت التي تم ذكرها سابقا وفي أغلب الاوقات يكفي الرصد لمدة 20 دقيقة ، وقد تم استخدام هذه الطريقة في الرصد لتحديد نقاط الضبط للطريق.

3- الرصد في الوقت الحقيقي (Real Time Kinematic-RTK):

تمتاز هذه الطريقة بأنه يمكن الحصول على الاحداثيات في الموقع على شاشة معالج البيانات ، وتستخدم في المشاريع التي لا تحتاج دقة كبيرة (ضمن مدى 3 سم) ، وتستخدم عدة طرق لمعالجة البيانات لحظيا ومنها:



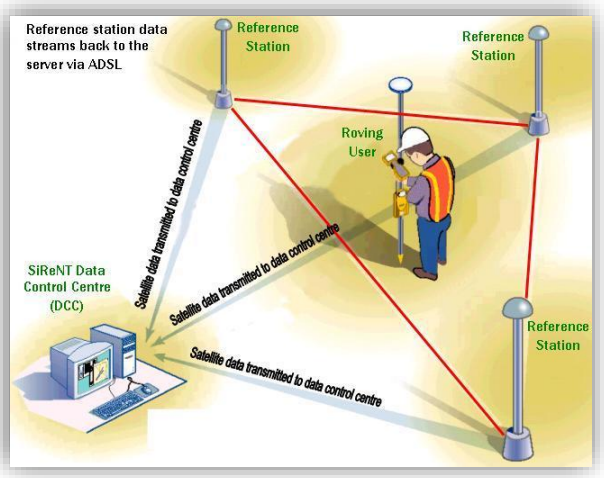
شكل(2-6) : الرصد في الوقت الحقيقي

- معاملات التصحيح بالاعتماد على المساحة المغطاة ((Area Correction Parameter (ACP):

يتم في هذه الطريقة توزيع مجموعة من القواعد على نقاط معلومة الاحداثيات ،بحيث تغطي كل واحدة مساحة محددة ، وفي حال تواجد الراصد في المساحة التي تغطيها القاعدة يتم ارسال التصحيحات له من أقرب قاعدة ، ويكون طول خط القاعدة أقل من 30 كم.

- المحطة الافتراضية ((Virtual Reference Station (VRS):

يستخدم هذا النظام مجموعة من القواعد الموزعة على شبكة تغطي المنطقة التي تخدمها ،حيث ترتبط جميعها بخادم واحد ترسل له التصحيحات في الوقت الحقيقي ،وعند بدأ المستخدم بالرصد يتم إرسال الموقع الأولي بدقة تصل إلى 10 م ، ثم يتم استخدام معلومات التصحيحات من القواعد وبعمل مقاربة رياضية نسبية يتم تصحيح الموقع واعتباره المحطة الفرضية التي يبدأ النظام باعتمادها وقياس طول خط القاعدة منها وارسال التصحيحات للمستخدم بناء عليها ، وتكمن فائدة هذا النظام في أنه يقلل طول خط القاعدة مما يقلل من الخطأ الناتج عن التغيرات في الغلاف الجوي. كما في الشكل (2-5).



شكل (2-5) : نظام المحطة الافتراضية

الفصل الثالث : العد المروري

3.1. مقدمة

3.2. الهدف من دراسة أحجام المرور

3.3. مفاهيم أساسية

3.4. عربات التصميم

3.5. تعداد المركبات

3.6. فترات التعداد

3.7. حسابات العد المروي

3.1 مقدمة :-

يساعد تحديد حجم المرور على الطريق على تصميم الطرق بالشكل الصحيح، وهذا تبعا لأهميته في عملية تخطيط وتصميم الطرق وتحديد عدد المسارب وعرضها وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية. فإذا كان الطريق مصمما على أرض الواقع يتم حساب حجم المرور اليومي المتوسط (ADT) وحجم المرور الساعي التصميمي (DHV) للمرور في الاتجاهين، ويتم معرفة حجم المرور و كثافته عن طريق معرفة عدد السيارات التي تستخدم هذا الطريق للسير عليه.

أما إذا أردنا فتح طريق جديدة فيتم حساب حجم المرور بالرجوع إلى دراسة المنطقة التي سوف يخدمها الطريق هل هي سكنية صناعية أم زراعية و على أساسها نقوم بتصميم الطريق ، و يتم ذلك عن طريق حساب المعدل اليومي و السنوي للمرور . يقاس حجم المرور على طريق ما بعدد المركبات التي تمر بنقطة أو محطة على الطريق خلال فترة زمنية محددة، ويعتبر من العوامل الرئيسية التي يتوقف عليها التصميم الهندسي للطرق على أن يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا. ويختلف حجم المرور عن كثافة المرور والتي تعرف على أنها معدل تواجد المركبات على طول معين من الطريق أثناء لحظة زمنية معينة.

بالإضافة إلى هذا فإنه يجب تحديد نسبة المرور لكل اتجاه خلال ساعة الذروة وخاصة للاتجاه السائد الذي يتراوح عادة بين (50-60)%من حجم المرور الكلي للاتجاهين.

3.2 الهدف من دراسة أحجام المرور :-

تهدف دراسة أحجام المرور إلى الحصول على بيانات فعلية عن حركة المركبات والأفراد في منطقة معينة أو نقاط محددة علي شبكة الطرق، ونظراً لان أحجام المرور لا تكون موزعة بالتساوي خلال ساعات اليوم فإنه يتم تصميم كافة عناصر الطريق والمرور علي أساس استيعاب أحجام المرور أثناء ساعة الذروة أو أثناء أعلى فترة.

3.2.1 مفاهيم أساسية:-

- المتوسط السنوي لحجم مرور اليومي (AADT) Annual Average Daily Traffic :

هو إجمالي حجم المرور اليومي خلال سنة مقسوماً علي عدد أيام السنة (وحدة القياس هي "مركبة / يوم"). ويمكن استخدام إجمالي حجم المرور السنوي في التعرف علي اتجاهات النمو في أحجام المرور وحساب معدلات الحوادث وتقدير العائد الاقتصادي لمستخدمي الطريق.

حجم المرور اليومي المتوسط = حجم المرور السنوي / 365

- حجم المرور اليومي المتوسط Average Daily Traffic (ADT) : هو إجمالي حجم المرور اليومي المقاس خلال فترة زمنية معينة (أكثر من يوم وأقل من سنة) مقسوماً علي عدد أيام حصر المرور.(وحدة القياس "مركبة / يوم") ..
- حجم المرور الساعي التصميمي-: يتم تحديد حجم المرور الساعي التصميمي بعمل منحنيات بين عدد الساعات التي تتساوى فيها كمية المرور كمحور أفقي وحجم المرور كنسبة مئوية من متوسط المرور اليومي كمحور رأسي.
- .حجم المرور المستقبلي - يزداد حجم المرور يوماً بعد يوم مع زيادة العمران وعدد السكان وعليه فإنه يجب مراعاة الزيادة المستقبلية في كمية المرور عند تصميم قطاع الطريق وأيضا مراعاة ما يلي:-

حجم المرور الحالي على الطريق :

الزيادة الطبيعية في عدد المركبات الناتجة عن الزيادة في عدد السكان والتطورات الاقتصادية والسياحية والزراعية والصناعية للمنطقة.

حجم المرور الناتج عن إنشاء الطريق :

إن الفترة الزمنية التي يتم التصميم على أساسها تعتمد على نسبة الزيادة في عدد المركبات وكما تعتمد على طبيعة المنطقة ونسبة الإقبال عليها مع مرور الزمن وعادة تكون هذه الفترة الزمنية من (15- 20) سنة.

إن التصميم على أساس حجم المرور اليومي المتوسط دون الأخذ في الاعتبار فترات الذروة قد يؤدي إلى الاختناق في المرور عند ساعات الذروة، كما أن تصميم أي طريق بحيث لا يكون مزدحماً على الإطلاق لن يكون اقتصاديا وعليه فإنه يجب اختيار حجم المرور التصميمي بعد دراسة مفصلة ودقيقة.

- سعة الطريق :- تعرف السعة للطريق على أنها العدد الأقصى من المركبات التي لها توقع معقول بالمرور على الطريق خلال فترة زمنية معطاة وتحت الظروف السائدة للطريق والمرور.

وتتوقف سعة الطريق على حجم وتركيبة المرور وعلى سرعة السير والتداخلات التي تتعرض لها حركة المرور، وتعتبر السعة من العناصر الأساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند تصميم القطاع العرضي للطريق لاستيعاب حجم المرور التصميمي المتوقع على الطريق والجدول (4-1) يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات (AASHTO). وتتأثر السعة بعدة عوامل منها:-

- التخطيط الأفقي والرأسي : حيث تتسبب المنحنيات الأفقية الحادة والمنحنيات الرأسية القصيرة في تقليل سرعة الطريق وذلك يؤدي إلى تخفيض السعة.
- عرض الحارة :- تتسبب الحارات والأكتاف الضيقة والعوائق على حافتي الطريق في تخفيض سعة الطريق .
- مركبات النقل : تقلل مركبات النقل من سعة الطريق وذلك بسبب تأثيرها على حركة المرور.

جدول(1-3):سعة الطريق حسب مواصفات AASHTO

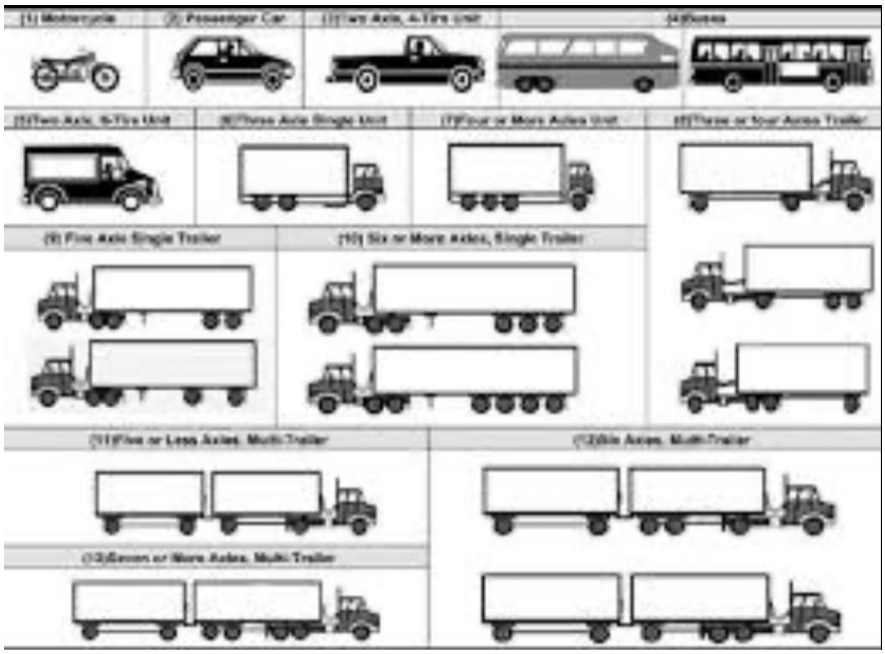
نوع الطريق	السعة(سيارة خاصة /ساعة)
طريق سريع	2000 (لكل حارة)
طريق بحارتين	3000 (الإجمالي في الاتجاهين)
طريق ذو ثلاث حارات	4000 (الإجمالي في الاتجاهين)

3.3 عربات التصميم :

هناك عدة أنواع من المركبات التي تسير على الطريق منها السيارات الخاصة وحافلات النقل والشاحنات الصغيرة والشاحنات الكبيرة وتختلف هذه المركبات عن بعضها بأبعادها وأحجامها وأوزانها، وعليه يلزم معرفة خصائصها لكي تأخذ بعين الاعتبار أثناء تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق، ومن الطبيعي أن يتم التركيز على خصائص المركبات الأكثر استخداما للطريق عند التصميم لأنها تشكل النسبة الأكبر من حجم المرور وتشمل هذه الخصائص :

- الطول الكلي للمركبة.
- العرض الكلي للمركبة.
- ارتفاع المركبة.
- وزن المركبة.
- قدرة المركبة.
- البعد بين العجل الأمامي والخلفي للمركبة.
- البعد بين مقدمة المركبة والعجل الامامي.
- البعد بين مؤخرة المركبة والعجل الخلفي.

وقد بينت الدراسات أن للشاحنات تأثيراً كبيراً على رصف الطريق ويزداد تأثيرها كلما زاد ثقلها ، فمن هنا كان لا بد من التعمق في دراسة أنواع مركبات النقل من حيث أبعادها وعدد محاورها ومدى تأثيرها على الرصف ويبين الشكل (3-1) الأحمال الواقعة على محاورها وجدول (3-2) الأبعاد الرئيسة للعربات الخاصة ومركبات النقل حسب مواصفات (AASHTO) ،



شكل(3-1):انواع المركبات والاحمال الواقعة

جدول(3-2):الابعاد الرئيسية للمركباتAASHTO

البعد	عربة خاصة	عربة نقل مسافرين	عربة نقل تجارية (بمقطورة)
الطول الكلي (m)	5.8	12.1	16.7
العرض الكلي (m)	2.1	2.6	2.6
الارتفاع (m)	1.3	4.1	4.1
البعد بين العجل الامامي والخلفي (m)	3.4	7.6	6.1
البعد بين مقدمة العربة والعجل الأمامي(m)	0.9	1.2	0.9
البعد بين مؤخرة العربة والعجل الخلفي(m)	1.5	1.8	0.6

3.4 تعداد المركبات :

تتم عملية التعداد وذلك بإحصاء عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة، وتتم عملية التعداد في ساعات وأيام مختلفة لمعرفة ساعات الازدحام (الذروة)، إلا أن عدد المركبات يختلف من فترة إلى أخرى باختلاف أيام السنة وهذا يؤثر على التصميم الهندسي للطريق، وتهدف المعلومات الإحصائية إلى معرفة :-

1. عدد السيارات على مدار ساعات وأيام السنة من اجل تحديد ساعات وأيام الازدحام.
2. حجم المرور اليومي المتوسط (Average Daily Traffic) و هو مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة مقسوما على عدد تلك الأيام .
3. المتوسط السنوي لحجم المرور اليومي (Annual Average Daily Traffic)
4. عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hourly Volume)

3.5 فترات التعداد :

إن إجراء التعداد على فترات مختلفة أمر في غاية الأهمية، وذلك من أجل الحصول على معلومات دقيقة يتم التصميم على أساسها ويمكن وضع فترات للتعداد كما يلي :-

- تعداد في ساعات الازدحام.
- تعداد في ساعات مختلفة من اليوم.
- تعداد في أيام العطل.
- تعداد أثناء إغلاق بعض الشوارع.

3.5.1 أنواع التعداد على الطريق :

- تعداد يجري على الطريق.
- تعداد يجري على التقاطعات.
- تعداد تصنيفي حسب أنواع المركبات.

3.5.2 طرق حصر (تعداد) المرور :

- العد الميكانيكي :-

تعتبر هذه الطريقة هي الأكثر تطورا وأسهل الطرق في عملية تعداد المركبات فهي لا تحتاج إلى جهد كبير حيث أنها تعتمد على الأجهزة الكهربائية و الكاشفات والكوابل الكهربائية التي توضع على الطريق، ولكن مهما بلغت دقة هذه الأدوات العصرية

الحديثة، فإن فيها سيئات لا تخدم المهندس المصمم إذ تحتاج إلى صيانة مستمرة وكذلك لا تقوم بالتمييز بين حافلة وشاحنة وهذا الأمر يؤثر في حساب عدد المسارب أو عرض الطريق و يستخدم هذا النوع كثيرا في الحالات التي تتطلب فيها حصر لأعداد المركبات لفترات طويلة أو بشكل مستمر.

- العد اليدوي : (الطريقة المستخدمة في المشروع)

وهي الطريقة المثالية لحصر أعداد المركبات وعدد الركاب وذلك في حالة وجود مسارب متعددة و حجم مرور كبير حيث يقف الراصد عند محطة الرصد المحددة فيقوم بتدوين كل سيارة واتجاهها ويفضل أن يكون معه جداول ليتم التعداد بسرعة وبدقة أكبر، وفي الوقت ذاته يقوم بتصنيف السيارات إلى سيارة صغيرة أو شاحنة أو حافلة وتمتاز هذه الطريقة بالبساطة والسهولة والدقة ولكنها بالمقابل تحتاج إلى فريق عمل كبير.

- العد بطريقة المركبة المتحركة :-

حيث تقوم هنا عربة متحركة على قطاع محدد خلال فترة زمنية محددة و بداخلها شخص يقوم بتعداد السيارات المارة في عكس اتجاه الحركة والعربات التي يتم التجاوز عنها بذلك يجب السير في عكس اتجاه المرور و مع اتجاه المرور مرة أخرى .

3.5.3 حسابات العد المروي :-

تم العد المروري على أربعة أيام متتالية ، من الاحد الى الأربعاء حيث يعني المشروع بإعادة تأهيل طريق دير بحة بالاعتماد على المخطط من بلدية الخليل وبالاعتماد على كود تصميمي (AASHTO 2004).

جدول(3-3)التعداد المروري اليومي لأربعة أيام

اليوم	الزمن	عدد المركبات	نوع المركبة		
			Truck	Bus	PC
الاحد 29-10 2023	7--8	44	7	1	25
	8--9	32	4	0	15
	9--10	30	3	2	20
	10--11	14	4	0	9
	11--12	13	9	1	10
	12--1	35	8	0	23
	1--2	20	5	1	15
الاثنين 30-10-2023	7--8	33	8	0	16
	8--9	12	3	1	10
	9--10	15	4	1	11
	10--11	14	5	0	8
	11--12	12	9	1	13
	12--1	31	10	1	20
	1--2	20	3	1	13
الثلاثاء 31-10-2023	7--8	43	6	1	29
	8--9	35	4	1	22
	9--10	15	5	0	15
	10--11	13	3	0	13
	11--12	12	9	1	9
	12--1	22	7	1	14
	1--2	17	4	1	15
الأربعاء 1/11/2023	7--8	33	6	1	18
	8--9	21	4	1	16
	9--10	16	3	1	11
	10--11	14	4	1	9
	11--12	11	7	0	5
	12--1	14	5	1	11
	1--2	13	2	0	14

جدول(4-4) : متوسط عدد المركبات لكل ساعة

الأيام	PC	Bus (3-axle)	Truck (2-axle)
الاحد	17	1	4
الاثنين	13	1	4
الثلاثاء	17	1	4
الأربعاء	12	1	3

جدول (4-5) : معاملات أنواع المركبات

Type of care	Factor
Passenger	1
2-axle	2.5
3-axle	3

عدد المركبات الكلي =عدد السيارات الصغيرة *1+ عدد الباصات * 2.5 + عدد الشاحنات *3

متوسط السيارات الصغيرة في الساعة = (12+17+13+17)*4/1

=14.75 سيارة صغيرة في الساعة

متوسط 2-axle single unit في الساعة = (3+4+4+4)*4/2.5

=24 شاحنة

متوسط 3-axle single unit في الساعة = (1+1+1+1)*4/3

=5.3 باص

مجموع عدد المركبات =5.3+24+14.75

=44 مركبة

معدل المرور اليومي AADT =24*44

=1056 سيارة/يوم

عند حساب عدد المسارب يتم حسابها وفقا لحجم المروري الحالي والمستقبلي ويكون المستقبلي في العادة خلال عشرون سنة حيث يتم ضرب المعدل المروري اليومي بمعامل يساوي 2.5

معدل المرور اليومي بعد مرور 20 سنة =1056*2.5

=2640 سيارة/يوم

بسبب عدم توفر المعلومات الدقيقة عن عدد المركبات في ساعات الذروة فانه تم اعتبار حجم المرور للتصميم يساوي نسبة من معدل المرور اليومي وهذه النسبة تتراوح(0.12 – 0.07)ويرمز لها بالرمز K لذلك فان معدل مرور المركبات للساعة التي تم اخذها بالتصميم يمكن إيجاده من المعادلة:

عدد المركبات في الساعة التصميمية D.H.V min =معدل المرور اليومي * D * K

0.55*0.07*2640=

=102سيارة/ساعة

2640* 0.12* 0.6= D.H.V max

=190 سيارة / ساعة

جدول(4-6) : قيم k و D العامة

Facility Type	Normal Rang of values	
	K-Factor	D-Factor
Rural	0.15-0.25	0.65-0.80
Suburban	0.12-0.15	0.55-0.65
Urban:	0.07-0.12	0.55-0.60
Radial Route		
Circumferential Route	0.07-0.12	0.50-0.55

وبما انه تم حساب عدد المركبات في الساعة التصميمي بناءا على المركبات التي تمر من خلال الطرق المؤدية الى هذه الطريق فانه تم مراقبة المركبات المتجهة من هذه الطرق وتم تسجيل المركبات التي يمكن ان تتخذ من خلال طريقنا مسلكا بديلا من الطرق المتبعة حاليا ووجد انها تكون بنسبة 50% من عدد المركبات الكلي . لذلك تكون:

المحصلة النهائية من عدد المركبات في الساعة التصميمية هي = 190*0.5

=95

بما ان الطرق في فلسطين هي طرق من الدرجة الثالثة فانه تم اعتماد السعة التصميمية للطريق تساوي 850 سيارة/ساعة ،حيث ان السعة التصميمية عبارة عن اقصى عدد من المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال ساعة تحت الظروف السائدة .

ان عدد المسارب المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة (N20) تعطى بالعلاقة :

D.H.V=N20 /السعة التصميمية

850/95=

=1 مسرب واحد في كل اتجاه

الفصل الرابع: التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية

4.1. مقدمة

4.2. الأنواع الرئيسية للرصف

4.3. الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

4.4. تصميم الرصفة المرنة

1.1. مقدمة

مع تزايد أهمية شبكات الطرق وتكلفتها العالية استوجب تطوير عدة أساليب لتصميم رصفات الطرق مع الأخذ بعين الاعتبار سلوك التربة ومواد الرصف تحت تأثير الأحمال الكبيرة والتأثيرات المناخية والبيئية المختلفة. يعمل التصميم الإنشائي للطريق على إيجاد مواصفات ومكونات طبقات الرصف ومنها تحديد سماكاتها وذلك بالاعتماد على نتائج الفحوصات المخبرية وعلى حجم المرور على الطريق.

1.2. الأنواع الرئيسية للرصف

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية للرصف المستعمل في الطرق وهما الرصف الصلب أو القاسي (Rigid Pavement) والرصف المركب (Composite Pavement) والرصف المرن (Flexible Pavement).

4.2.1 الرصف الصلب

يتم وضع بلاطة خرسانية توضع فوق طبقة الأساس يتراوح سمكها بين (15-30) سنتيمترات وقد تكون هذه الطبقة مسلحة أو غير مسلحة حسب الأحجام المرورية ونسبة الشاحنات الثقيلة وممكن أن يتم صبها بشكل كامل أو جزئي على شكل قطع بحيث يكون طول كل قطعة ما بين (50-20) متر للخرسانة الغير مسلحة وقد يصل هذا الطول إلى 300 متر للخرسانة المسلحة وذلك حسب طبيعة الطريق وينتشر هذا النوع من الرصف في المناطق الباردة (أوروبا وأمريكا الشمالية وروسيا) حيث تقاوم الفواصل الموجودة بين بلاطات الرصف التغيرات الحرارية الكبيرة بين الصيف والشتاء وكذلك بين الليل والنهار وتعتبر صلابة البلاطة الخرسانية العامل الأهم في التصميم ومن الضروري عمل طبقة أساس في حالة الرصف الصلب وذلك بسبب:

- التحكم بتسرب الأتربة والمياه الجوفية وذلك من خلال الفواصل الموجودة في البلاطة الخرسانية.
- التحكم في تأثير الصقيع في البلاد الباردة.
- تحسين تصريف مياه الامطار.
- تقليل حدوث الانكماش (Shrinkage) والانتفاخ (Swell).
- تسريع عملية الانشاء.

4.2.2 الرصف المرن

ويتكون من مجموعة من الطبقات وهي:

- طبقة التربة الأصلية (Sub grade).
- طبقة ما تحت الأساس (Sub base course)
- طبقة الأساس (Base course).
- الطبقة الإسفلتية أو السطحية (Surface course).

تتكون الطبقة السطحية من البيتومين وطبقة الأساس من الحصى المكسر والخائط الحصوية الرملية وينتقل تأثير الأحمال المرورية من خلال هذه الطبقات إلى التربة الطبيعية التي يفترض أن تكون قدرتها على التحمل عالية نسبيا بحيث يتم دمكها بشكل جيد وذلك لتحسين مواصفاتها (Compacted sub grade) وهذا النوع من الرصف تم استخدامه في مشروعنا.

4.2.2.1 طبقات الرصف المرن

1- **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 التي ترتكز عليها جميع طبقات الرصف.

2-طبقة ما تحت الأساس (Sub base course): وهي الطبقة التي تفرد مباشرة فوق السطح الترابي وتتألف من الحصى أو من الحصى المكسر المدكوك أو من الرمل الترابي وقد يكون السطح الترابي قويا أو ممكن أن يكون من تربة غير مستقرة تثبت بواسطة بعض مواد التثبيت ثم توضع وتفرش عليها طبقة ما تحت الأساس ويكمن الهدف من هذه الطبقة فيما يلي.

- عدم تأثر طبقة السطح الترابي بأي مؤثرات كالمياه والرطوبة والثلج... من الوصول الى السطح الترابي الذي قد يؤدي الى خرابه.
- توزيع الاحمال التي يتعرض لها سطح الطريق.
- تهيئة السطح لاستقبال الطبقات العلوية من الطريق. للتوفير في تكاليف مواد الرصف حيث ان المواد المستخدمة في طبقات تحت الاساس هي اقل جودة وأرخص ثمنا من المواد التي تعلوها.
- تمنع امتزاج مواد السطح الترابية مع طبقة الاساس.
- تعطي قوة أكبر للسطح الترابي بعد دحله جيدًا
- المواد المستخدمة في هذه الطبقة تكون رديئة للتوصيل بشكل عام.

ويجب أن تتوفر فيها المواصفات التالية:

1. أن تكون نسبة المواد الناعمة والمواد اللينة فيها قليلة.
2. ان تحتوي على تدرج حبيبي مناسب بحيث تبقى مستقرة
3. ألا تتجاوز نسبة التآكل لحبيباتها ٥٠%.
4. ألا يتجاوز حد الميوعة 25% ومعامل اللدونة 6%.

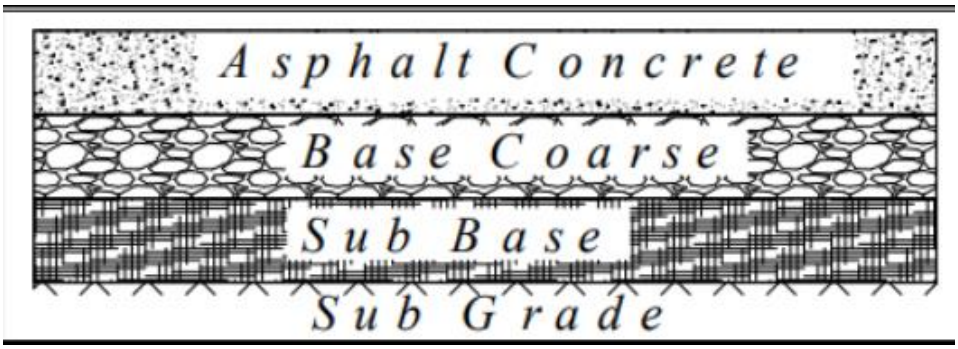
3-طبقة الاساس (Base course):

وهي الطبقة التي توضع فوق طبقة ما تحت الأساس أو على السطح الترابي مباشرة في حال كونه صلبا وتقوم هذه الطبقة بتحمل وتوزيع الأحمال على الطبقات الأدنى منها ويعتمد هذا على نوع المواد المستعملة المكونة من الحصى أو الدبش المكسر أو مخلطات الأفران المكسرة (حصمة صناعية) مع وجود مادة الرمل أو مجموعة متنوعة من المواد بدون تثبيت أو مع تثبيت بمواد مثبتة خاصة مثل الجير حيث أن الأساس يفرد على طبقة واحدة أو مجموعة من الطبقات حسب تصميم الطريق وتكون المواد الأقل جودة في الأسفل والأكثر جودة في الأعلى.

4-الطبقة الإسفلتية أو السطحية (Surface course):

وهي عبارة عن خليط من الحصمة والإسفلت السائل توضع فوق طبقة الأساس وتتكون من طبقة واحدة أو أكثر من الخلطات الإسفلتية الساخنة وتصمم هذه الخلطات حسب معايير معينه تأخذ بعين الاعتبار قوة الخلطة وثباتها ونسبه الفراغات فيها وتدرج الحصمة المستعملة (تفضل التدرج الكثيف المحتوى على حبيبات ذات حجم أقصى مقداره 25 ملم بالإضافة لتدرجات أخرى في خلطات الإسفلت الرملي) ويجب أن تتناسب مواد الرصفة مع متطلبات التصميم مثلا مقاومتها للتشققات المساحية وأيضا يجب أن تكون مقاومة للتشوه الثابت الناتج عن زيادة الأحمال المرورية، وتفرش الطبقة الإسفلتية بحيث يكون وجه تأسيسي(Prime coat) ووجه لاصق (Tack Coat)وذلك من أجل زيادة التثبيت ومقاومة تأثير الحت والبري والاهتراء وتامين مقاومة التزحلق الكافية والثابتة للربط بين السطح والأساس وللمساعدة كطبقة إنشائية واحدة في توزيع الأحمال.

والشكل التالي يبين طبقات الرصف المرن:



الشكل 4.1 طبقات الرصفة المرنة

4.2.3 الرصف المركب (Composite Pavement)

يحتوي هذا النوع من الرصفات على طبقات إسفلتية وخرسانية وتكون الطبقة الإسفلتية فوق البلاطة الخرسانية كطبقة إكساء (Overlay) بغية إعادة تأهيل أو إصلاح الرصفة وتستخدم الرصفات المركبة عند إعادة الانشاء لمقاومة الحمولات المرورية العالية في الطرق الاستراتيجية.

5.2 الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

التجارب المخبرية تهدف هذه التجارب إلى التركيز على اختبارات مواد الطرق الأساسية للحصول على النتائج الدقيقة المطلوبة التي تمكن من الحكم السليم على جودة المواد والأعمال المنفذة ومن ثم قبولها أو رفضها. وتشمل:

4.3.1 التدرج الحبيبي للتربة

تتكون التربة من حبيبات صلبة متفاوتة الأحجام، والتدرج الحبيبي للتربة هو الوسيلة التي تحدد نسبة تواجد الحبيبات ذات الأحجام المعينة في التربة الواحدة ولتحديد التدرج الحبيبي لنوع من التربة معمليا تأخذ عينة منها وتمرر على مجموعة من المناخل كل منها فتحات محددة الأبعاد ، ثم يحدد وزن ما تبقى على كل من هذه المناخل، وتمثل النتائج التي نحصل عليها بيانيا على محورين الأفقي توقع عليه الأحجام المختلفة لأحجام التربة والراسي توقع عليه نسب تواجد هذه الأحجام تقدر هذه النسب على أساس الوزن ويسمى المنحنى الناتج بمنحنى التدرج الحبيبي الشكل (4-2)، ويوضح هذا المنحنى أشياء كثيرة منها:

1. يعطي فكرة عن نسبة كل حجم من الأحجام.
2. يبين فيما إذا كانت العينة غنية بحجم معين مثل الطين والحصمة، أو ينقصها حجم معين.
3. يساعد على تصنيف التربة.
4. يسهل عملية مقارنة التربة مع بعضها البعض من جهة ومع المواصفات من جهة أخرى.
5. يعطي وصفا عن حالة التربة.

وعلى ضوء التدرج الحبيبي نستطيع أن نتوقع سلوكا معينا في التربة، فإذا كانت تحتوي جميع الأحجام فإننا نتوقع قوة لهذه العينة حيث أنها تكون ثابتة ميكانيكيًا، لان الأحجام الصغيرة تتداخل في فراغات الأحجام الكبيرة، وإذا كانت العينة ناقصة التدرج في حجم أو أكثر فإننا نتوقع ضعفا لهذه العينة.

ويمكن التعبير عن مستوى التدرج الحبيبي للتربة من خلال ثلاثة معايير هي:

1. **القطر المؤثر(Effective Diameter) (D10):** ويمثل قطر حبيبات التربة المناظر لما نسبته 10% من نسبة المار من عينة التربة والمبينة بمنحنى التدريج الحبيبي
2. **معامل الانتظام (Uniformity Coefficient) (Cu):** وهو يمثل النسبة بين حبيبات التربة المناظر لما نسبته 60% D60 إلى قطر حبيبات التربة المناظر لما نسبته 10 % D10 من نسبة المار من عينة التربة.

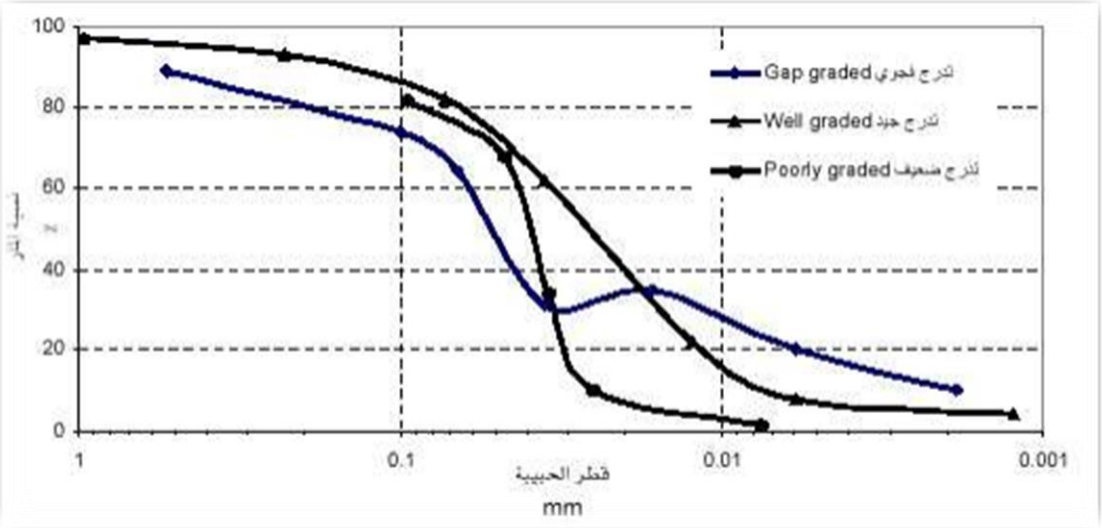
Cu = D60 / D10……(4-1)

3. **معامل التدرج (Cc) (Gradation Coefficient):** ويوجد حسب العلاقة التالية:

Cc = (D30)^2 / ((D10*D60)) ……(4-2)

قريبا من ١ كان التدريج جيدا أما إذا كان أقل أو أعلى من 1 بكثير فإن التدريج يكون Cc ضعيف.

أما بالنسبة للتربة الأكثر نعومة فإنه من الصعب فصل حبيباتها عن طريق المناخل، ولذلك فإننا نقوم بعملية التحليل بالترسيب، حيث تذوب الحبيبات الناعمة في سائل ويتم ملاحظة المعدل الذي تهبط وتترسب فيه، وظاهرة الهبوط مرتبطة بحجم الحبيبات حسب قانون (Stock's law)، الذي ينص على أن معدل هبوط جسم صلب خلال سائل يكون متناسب مع مربع القطر.



شكل 4.2: منحنى التدرج الحبيبي

وكانت النتائج كما هي مبينة بالشكل التالي:

جدول4.1: التدرّج الحبيبي

Sieve open		2"	1 1/5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#40	#200
Sieve size (mm)		50.4	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2	0.42	0.075
Passing (%)		100	94	80	…..	51	…..	29	18	9	4
Specifications Limits	Class A	80-100	70-90	55-90	…..	45-75	…..	30-60	20-48	10_30	5_10
	Class B	100	80-100	60-95	…..	47-80	…..	30-60	22-45	10_30	5_10

Sample calculation:

معامل الانتظام (Cu) uniformly coefficient:

Cu = D60 / D10

D10 = 0.450 ،،، D30 = 4.75 ،،، D60 = 25

Cu = 25 / 0.45

=55.56

Cc = (D30)^2 / (D60*D10)

= (4.75)^2 / (25*0.45)

= 2

عينة البيز كورس المفحوصة تطابق حدود التدرج Class (B) حسب المواصفة الفلسطينية ومواصفة ال (AASHTO-T 27-1993)

4.3.1 قوام التربة

يعتمد قوام التربة ومدى تماسك وارتباط حبيباتها على نسبة المحتوى المائي، فكلما زاد المحتوى المائي قل قوامها وضعف تحملها وتباعدت حبيباتها، والتربة المتماسكة لها حبيبات ناعمة توصف باللدونة وحسب محتواها المائي تقع في أربع حالات:

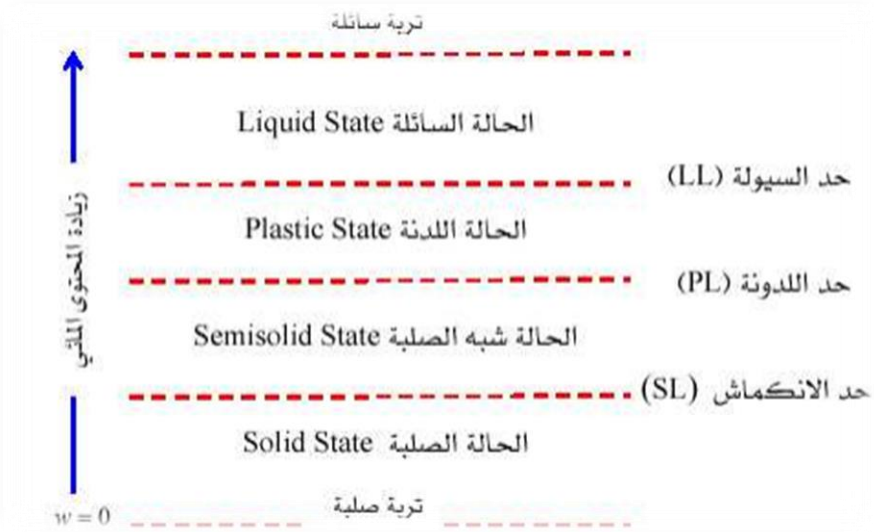
1. الحالة الصلبة (solid state)
2. الحالة شبه الصلبة (Semisolid state)
3. الحالة اللدنة (Plastic State)
4. الحالة شبه اللدنة (Liquid State).

وهي من المعايير المهمة في تحديد خواص التربة المتماسكة والمحتوى المائي هو عبارة عن النسبة بين وزن الماء داخل الفراغات إلى وزن المواد الصلبة لعينة التربة، والمحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من حالة إلى أخرى مجاورة بحدود اتربرغ موضحة في الشكل رقم (٦-٨). وهي على النحو التالي:

1. **حد السيولة (Liquid Limit (LL):** وهو عبارة عن المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة السائلة إلى الحالة اللدنة، وعمليا فإن المحتوى المائي الذي تقفل عنده العلامة المحددة على جهاز جازا جراند بعد ٢٥ ضربة.
2. **حد اللدونة (Plastic Limit (PL):** وهي الحالة التي تتحول عندها التربة من الحالة اللدنة إلى الحالة شبه الصلبة، وعمليا فإنه المحتوى المائي الذي تظهر عنده تشققات على خيط من التربة بعد دحرجته على لوح زجاجي قطره 3mm.
3. **حد الانكماش (Shrinkage limit (SL):** وهو عبارة عن المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة شبه الصلبة إلى الحالة الصلبة.

ويعرف الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة بمؤشر اللدونة (Plasticity Index) (PI):

$$PI = LL - PL$$



شكل4.3: المحتوى المائي

وكانت النتائج كما هي مبينة على النحو التالي:

المحتوى المائي (Water Content Test):

جدول4.2: المحتوى المائي

Determination No.	1	2	3
Container No.	24	D1	A2
Container Wt. m1	30.9	30.5	31.9
Wt. wet soil + container (gm) m2	76.9	84.6	93
Wt. wet soil (gm)	46	54.1	61.1
Wt. dry soil + container (gm) m3	67.8	75	82.7
Wt. dry soil (gm)	36.9	44.5	50.8
Wt. water (gm)	9.1	9.6	10.3
Water content w/c (%)	24.66	21.57	20.27
No. of blows	8	23	33

إيجاد نسبة الرطوبة للعينة في الجفنة الأولى:

$$W= ((m2 – m3) / (m3 – m1)) *100\%$$

$$W= ((76.9-67.8) / (67.8-30.9)) *100\%$$

$$= 24.66\%$$

- ✓ حد السيولة هو متوسط نسبة الرطوبة(LL)= (24.66+21.57+20.27) / 3
  = %22.16

حد اللدونة (Plastic Limit Test):

جدول 4.3: حد اللدونة

Determination No.	1
Container No.	A8
Container Wt.	25.9
Wt. wet soil + container (gm)	59.99
Wt. wet soil (gm)	34.09
Wt. dry soil + container (gm)	54.9
Wt. dry soil (gm)	29
Wt. water (gm)	5.09
Water content w/c (%)	17.55

حد اللدونة = 17.55 وهو نسبة الرطوبة للعينة

بعد إيجاد قيمة كل من حد السيولة وحد اللدونة يمكننا الان إيجاد مؤشر اللدونة:

$$PI = 22.16 – 17.55 = 4.61$$

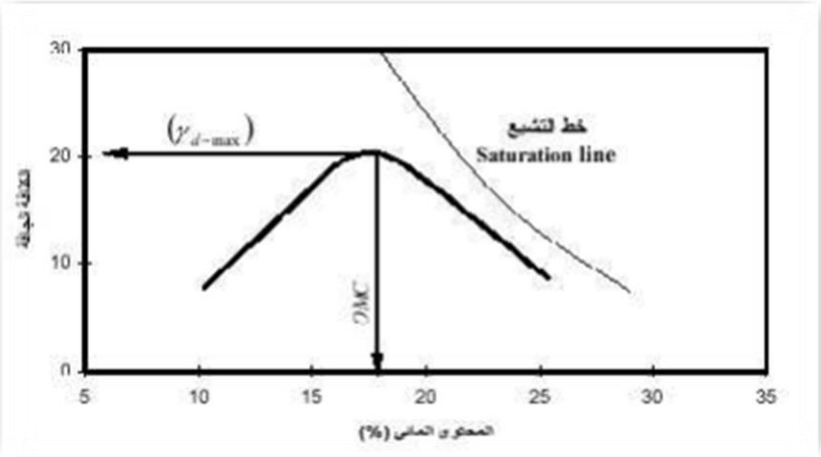
4.3.2 دمك التربة

الدمك هو عبارة عن طرد الهواء من فراغات التربة ميكانيكيا ينتج عنها زيادة في كثافة التربة وارتفاع في قدرة تحملها للإجهاد ومقاومتها للهبوط.

ويمثل دمك التربة أحد المتطلبات الرئيسة في المشاريع المرتبطة بالأعمال الترابية وأهم أعمال الطرق السدود، وأساس المنشئات. ويعرف بأنه الطريقة الميكانيكية التي تؤدي إلى زيادة كثافتها وطرد الهواء الموجود بين حبيباتها، كما وتهدف الى تحسين خواص التربة وتحقيق المتطلبات التالية:

1. زيادة مقدار تحمل التربة.
2. الحد من نسبة هبوط التربة والتقليل من نسبة الفراغات.
3. التحكم في التغيرات الحجمية للتربة من حيث الانكماش والانتفاخ.
4. خفض نفاذية المياه.
5. زيادة عامل الأمان.

ويحدث الدمك عند تعرضها لضغط ينتج عنه إعادة ترتيب الحبيبات تحت تأثير محتوى مائي محدد، ويكمن الغرض من الدمك إيجاد أقصى كثافة جافة (γd) بالإضافة إلى نسبة المياه الحرجة أو ما يعرف بمحتوى الماء الأمثل المبينة في الشكل رقم (4-4) وهي عبارة عن الحد الفاصل بين أن تكون التربة خشنة وصعبة الدمك وذات فراغات تؤدي إلى انخفاض كثافتها الجافة، أو أن تجعل التربة قابلة للحركة والانزلاق والتباعد.



شكل4.4: توضيح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة

ويعتبر اختبار بروكتور القياسي أو المعدل من أهم التجارب التي تجرى على دمك التربة معمليا عوضا عن دمكها في الحقل . ويعتمد دمك التربة عن طريق البركتور بشكل عام على الكثافة الجافة والمحتوى المائي والتوزيع الحبيبي للتربة، وكذلك طاقة الدمك المستعملة، ولكن من المستحيل الحصول على خط التشبع المبين في الشكل السابق وهذا يمثل أكبر قيمة للكثافة الجافة، وهذا يدل على zero air void ومن المستحيل الحصول عليها إلا نظريا، ولذلك منحنى الدمك لا يتقاطع مع خط التشبع.

ومن العوامل التي تعتمد عليها عملية الدمك:

1. **نوع التربة:** وتعتمد على نوع وخصائص حبيباتها مثل شكل الحبيبات وتوزيعها والوزن النوعي ونسبة المواد الطينية فيها، فالتربة ذات الخليط من الزلط والرمل لها أعلى كثافة جافة وأقل محتوى مائي بالمقارنة مع التربة الطينية الثقيلة التي لها أقل كثافة جافة وأعلى محتوى مائي.
2. **طاقة الدمك:** وهي من المعايير التي يمكن من خلالها الحكم على جودة دمك التربة، والزيادة في طاقة الدمك، يؤدي إلى الزيادة في الكثافة الجافة ونقصان في المحتوى المائي.
3. **المحتوى المائي:** هو العامل الرئيس للحصول على أعلى كثافة جافة للتربة تحت تأثير درجة دمك معينة، ويزيد المحتوى المائي لعينات التربة المستخدمة بهدف الحصول على نسبة المياه الحرجة والمثالية للدمك:
وكانت النتائج كما يلي:

❖ والجداول التالية تبين القراءات التي أخذت من التجربة والحسابات التي أجريت لإيجاد نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لطبقة Base Course.

جدول4.4:Density Determination

Test No.	1	2	3	4
Water Added (cc)	620	120	120	120
Wt. of cylinder + wet soil (gm)	9821	9962	10030	10040
Wt. of Cylinder (gm)	5092	5092	5092	5092
Wt. of wet soil (gm)	4729	4870	4938	4948
Wet density (gm/cc)	2.226	2.293	2.325	2.33

جدول 4.5: Moisture Determination

Dish No.	C13	B11	30	E14	6	A11	38	A13
Wt. of dish+ wet soil (gm)	279.6	285.7	241.5	253.2	285.6	263.8	282.7	269.2
Wt. of dish+ dry soil (gm)	260	266	222.3	233.6	261.9	241.2	257.2	245.5
Wt. of dish (gm)	30.5	31.8	31.3	31	30.3	29	31.7	31.7
Wt. of water (gm)	19.2	19.7	19.2	19.6	23.7	22.6	25.5	23.7
Wt. of dry soil (gm)	229.5	234.2	191	202.6	231.6	212.2	225.5	213.8
Moist content (%)	8.37	8.41	10.05	9.67	10.23	10.65	11.31	11.09
Ave. Moist Content (%)	8.39		9.86		10.44		11.2	
Dry density (gm/cm^3)	**2.054**		**2.091**		**2.105**		**2.095**	

جدول 4.6: Result

Test No.	1	2	3	4
Moist Content w/c (%)	8.39	9.86	10.44	11.2
Wet Density (gm/cm^3)	2.226	2.293	2.325	2.33
Dry Density (gm/cm^3)	2.054	2.091	2.105	2.095

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 = 2124 cm^3).

الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة / 1 + نسبة الرطوبة).

ترسم علاقة بيانية بين نسبة الماء والكثافة الجافة بناءاً على النتائج. ومنه تؤخذ الكثافة الجافة العظمى (Maximum Dry Density) ونسبة الماء المثالية (Optimum moisture content).

ارتفاع القالب = 11.65 ملم.

قطر القالب = 152.6 ملم.

حجم القالب = $(D^2\pi/4)$ × الإرتفاع

= 2124سم^3

حجم العينة = حجم القالب.

الكثافة الرطبة = كتلة التربة الرطبة /حجم القالب

= 2124/4729

= 2.22 غم/سم^3

نسبة الرطوبة = وزن الماء /وزن العينة الجاف

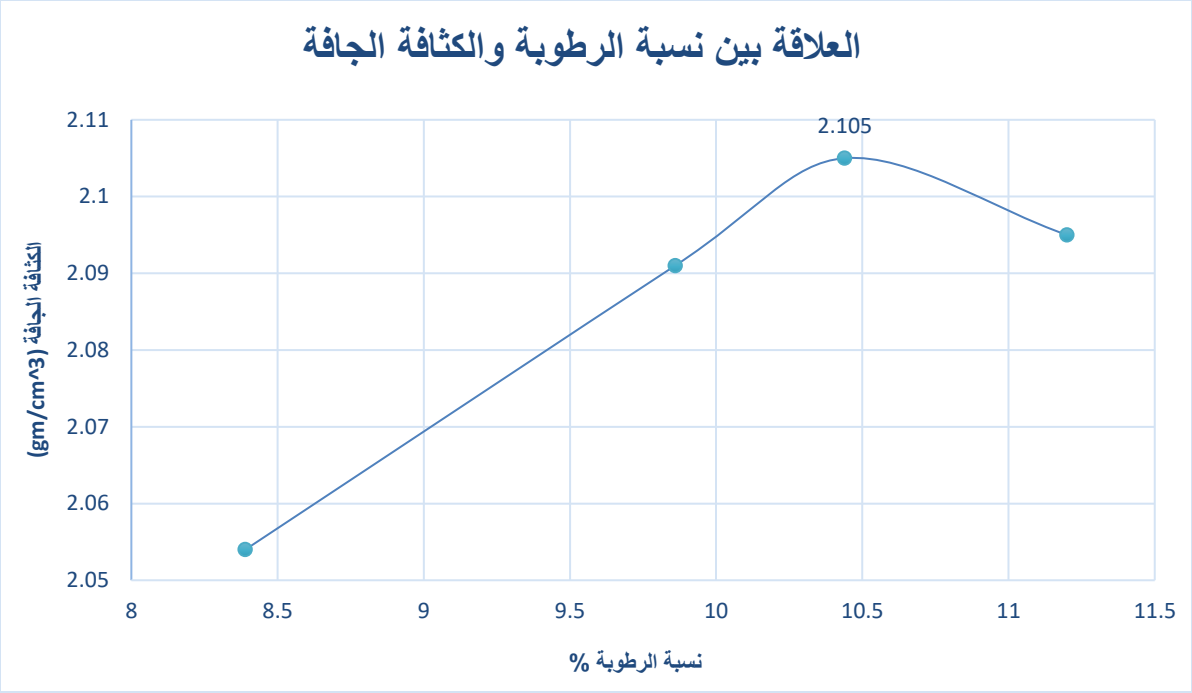
= (229.5/19.2) *100

=%8.37

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

= 2.226/ (1+0.0837)

=2.054 غم/سم^3



شكل 4.5: العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة

الشكل السابق يوضح العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لطبقة الأساس ومنه استطعنا الحصول على نسبة الماء المثالية والتي تكون عند قيمة اقصى كثافة جافة وكانت النتائج كالتالي:

- أقصى كثافة جافة (maximum density) = 2.105gm/cm^3
- نسبة الماء المثالية (O.M.C) = %10.44

4.3.3 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(California Bearing Ratio Test)

4.3.3.1 مقدمة

تجرى تجربة الـ CBR لمعرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس أسطواني وذلك يتم عندما نسلط عليه قوة منتظمة لكي تحدث هذا الغرز.

لأي مقدار في الغرز تعرف CBR بأنها العلاقة بين القوة التي أحدثت هذا الغرز والقوة القياسية اللازمة لاحداث هذا الغرز في عينة كاليفورنيا القياسية، وبغض النظر عن مساحة مقطع المكبس فان التجربة تصلح للمواد التي لا يزيد حجم حبيباتها عن 20 ملم.

4.3.3.2 الهدف

تهدف التجربة إلى إيجاد نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) لطبقات الرصفة من أجل معرفة قابلية التربة لأن تكون طبقة أساس (Base) أو طبقة أساس مساعد (Sub-Base).

4.3.3.3 الأدوات المستخدمة

1. منخل رقم 20 ملم ("3/4).
2. قالب معدني أسطواني قطرة الداخلي 152mm وارتفاعه الداخلي 3 178mm مع قاعدة وصفيحة علوية وحلقة إضافية ارتفاعها mm61.5 توضع في حالة تعبئة القالب أثناء الرص.
3. مكبس أسطواني معدني نهايته السفلية من المعدن الصلب بمساحة 1963 وطول 250 mm.
4. جهاز ضغط يعطي القوة المطلوبة على المكبس بمعدل منتظم، وجهاز لقياس القوة وجهاز آخر لقياس قيمة الغرز للمكبس بداخل العينة.
5. مطرقة بروكتور المعدلة التي وزنها 4.54kg (10 باوند).
6. ميزان يزن لغاية 25 كغم.
7. جهاز إخراج العينات.

4.3.3.4 طريقة العمل

1. تم اضافة المحتوى الرطوبي من الماء والذي تم الحصول عليه من التجربة السابقة الى العينة والذي يساوي 10.44% من وزن العينة.
2. تم خلط الماء بالعينة ومن ثم تجهيز القالب لوضع الطبقات داخله
3. تم اضافة الطبقات من العينة مع الضرب ب 56 ضربة بالمطرقة المعدلة لكل طبقة ومن ثم تسوية السطح

4. ثم وضع القالب تحت الجهاز وتصفير القراءات ومن ثم تشغيل الجهاز والبدء بملاحظة وتسجيل القراءات وتسجيلها في الجدول وهذا الجدول يوضح القراءات التي تم الحصول عليها وايضا نسبة تحمل كاليفورنيا عندما تكون نسبة الغرز 2.5 ملم وايضا 5 ملم.

شكل4.6: جهاز فحص CBR

الجدول التالي يعطي البيانات الخاصة بتجربة ال CBR على الأحجار المكسرة القياسية:

جدول4.7: قيمة الحمل المسبب لاختراق العينة القياسية

مقدار الاختراق (الغرز)		الحمل القياسي	
ملم	انش	كغم	باوند
2.5	0.1	1370	3000
5	0.2	2055	4500
7.5	0.3	2630	5800
10	0.4	3180	7000
12.5	0.5	3600	7900

جدول 4.8: تقييم نتائج فحص نسبة تحمل كاليفورنيا

نسبة التحمل (CBR)	التقدير	الاستعمال	حسب النظام الموحد (USC)	حسب نظام (AASHTO)
0-3	ضعيف جدا	طبقة التأسيس (Subgrade)	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
7_3	ضعيف الى معتدل	طبقة التأسيس	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
20-7	معتدل	أساس مساعد (Sub-base)	OH, CL, ML, SC, SM, SP, GP	A2, A4, A6, A7
50-20	جيد	أساس(course Base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1-B, A-2-5, A3, A-2-6
<50	ممتاز	أساس	CW, GM	A-1-a, A-2-4, A4

جدول 4.9: المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والاردن

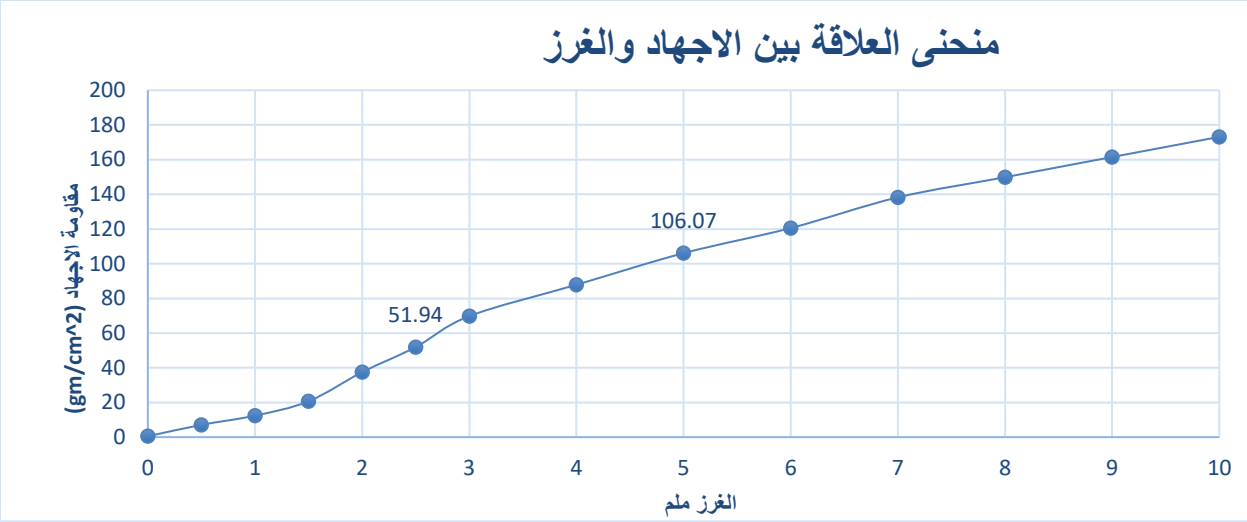
الطبقة	نسبة كاليفورنيا (%)
طبقة التأسيس (Subgrade)	8 حد أدنى
أساس مساعد (Sub-base course)	40 حد أدنى
أساس (course Base)	80 حد أدنى

ويتم تشغيل الجهاز وقراءة مقدار القوة عند مجموعة من قيم الغرز، ثم يتم تقسيم القوة عند الغرز 2.5 ملم و5 ملم على القيمة القياسية فتنتج قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا.

وكانت نتائج التجربة كالتالي:

جدول4.10 : قيم الغرز والحمل وقراءات ال CBR

Depth of Penetration	Standard Resistance to Penetration Kg/Cm^2	No. 3			
cm		Dial Reading	Resist Kg/Cm^2	Correct R Kg/Cm^2	CBR%
0		0	0.5		
0.5		55	7.1		
1		96	12.4		
1.5		160	20.67		
2		290	37.47		
2.5	70.35	402	51.94	51.94	73.8
3		540	69.77		
4		680	87.86		
5	105.35	821	106.07	106.07	100.7
6		933	120.54		
7		1070	138.24		
8		1160	149.87		
9		1250	161.5		
10		1340	173.13		



شكل4.7 : العلاقة بين الاجهاد والغرز

CBR = 100.7%

ملاحظة: عينة البيسكورس المفحوصة تطابق الحدود المطلوبة للكثافة الجافة العظمى كما حددت المواصفة

(AASHTOT 1993)

5.1 تصميم الرصفة المرنة

تم تصميم الرصفة المرنة بناء على نظام AASHTO

(American Association of State Highway and Transportation Officials)

4.4.1 حساب قيمة Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load. (ESAL)

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).

4.4.1.1 الحمل المكافئ لمحور مفرد

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

4.4.1.2 معامل حمل المحور المكافئ

المعامل المكافئ لحمل محور المركبة 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 بصلابة طبقة الرصف ويتم التعبير عن صلابة طبقات الرصف بالرقم الإنشائي (SN) ويكون مستوى الخدمة النهائي (PT) للطرق الرئيسية ذات المرور الثقيل مساويا" 2.5 والطرق 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 تبعاً 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 (pi) & terminal serviceability index (pt)

Pi= 4.5 للظروف الجيدة.

Pt= 2.5 للطرق الرئيسية و 2 للطرق متدنية المستوى.

$$APSI = pi - pt$$

$$= 4.5-2.5$$

$$= 2$$

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:

$$ESAL = f_d * G_f * AADT * 365 * N_i * f_E$$

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:

جدول4.11: نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية (fd)

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

الطريق المراد تصميمها تحتوي على مسرب في كل اتجاه، وبالتالي فإن قيمة (f_d) تكون المقابلة للرقم 2 من الجدول السابق أي (50%).

أما قيمة (G_F) فيتم الحصول عليها من الجدول التالي:

جدول4.12: معامل النمو (Gf)

Design period years	Annual Growth Rate (%)							
	No. growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.1
3	3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5	5.2	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6	6.31	6.63	6.8	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7	7.43	7.9	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8	8.58	9.21	9.55	9.9	10.26	10.64	11.44
9	9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.5	24.52
14	14	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15	17.29	20.02	22.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17	20.01	23.7	25.84	2.21	30.48	33.75	40.55
18	18	21.41	25.65	28.13	30.91	34	37.45	45.6
19	19	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20	24.3	29.78	33.06	36.79	41	45.76	57.28
25	25	32.03	41.65	47.73	51.86	63.25	73.11	98.35
30	30	40.57	56.08	66.44	79.05	94.46	113.28	164.49
35	35	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

عند تصميم الطرق يتم اعتبار ان صلاحية الطريق 20 عاما مستقبلا، وتوقع نسبة الزيادة السنوية 5% فتكون قيمة G_f = 33.06

وبعد ذلك يتم تحويل اوزان العربات إلى أحمال قياسية، ويتم الحصول على الأحمال القياسية لأنواع المركبات المختلفة كما يلي:

load equivalency factor for a cars (f_E(car)) = 0.0003135 (single axle)

load equivalency factor for a busses (f_E(bus)) = 0.198089 (tandem axle)

load equivalency factor for a trucks (f_E(truck)) = 0.29419 (tandem axle)

جدول 4.13: متوسط عدد المركبات لكل ساعة

Truck (2-axle)	Bus (3-axle)	PC	الأيام
4	1	17	الاحد
4	1	13	الاثنين
4	1	17	الثلاثاء
3	1	12	الأربعاء

أيضا تم الحصول من الفصل السابق على معدل المرور اليومي وكان 95 سيارة/يوم بعد ذلك تحسب قيمة ESAL لكل نوع من انواع المركبات حسب المعادلة التالية، وبعدها تجمع القيم الثلاث لنحصل على (Total ESAL):

$$ESAL = f_d * G_f * AADT * 365 * N_i * f_E$$

ESAL (Passenger):

=0.5*33.06*95*365*0.7564*2*0.0003135 =271.8368

ESAL (tow axle single unit trucks):

=0.5*33.06*95*365*0.1923.*2*0.1980889 = 43667.5416

ESAL (three axle single unit trucks):

=0.5*33.06*95*365*0.0512*2*0.29491 = 17309.271

Total ESAL =61248.6494

حساب سماكة طبقات الرصف:

ولحساب سماكة كل طبقة يتم الاعتماد على نتائج فحص كاليفورنيا حيث يجب ان لا تقل نسبة تحمل فحص كاليفورنيا لكل طبقة عن التالي:

جدول4.14 : قيمة CBR لكل طبقة

الطبقة	CBR	المادة المستخدمة
Base Coarse	**90**	**Crushed Stone**
Sub Grade	**35**	**Clay and Stone Soil**

ولحساب المعامل المناخي نستخدم المعادلة التالية:

$$\mathbf{R} = \frac{N_d}{12} * R_d + \frac{N_s}{12} * R_s$$

حيث أن:

R: Regional Factor

Nd: Number of dry months in a year

Rd: Regional Factor for soils dry

Ns: Number of saturated months in a year

Rs: Regional Factor for soils saturated

ولإيجاد قيمة ال Rd وRs يتم استخدام هذا الجدول:

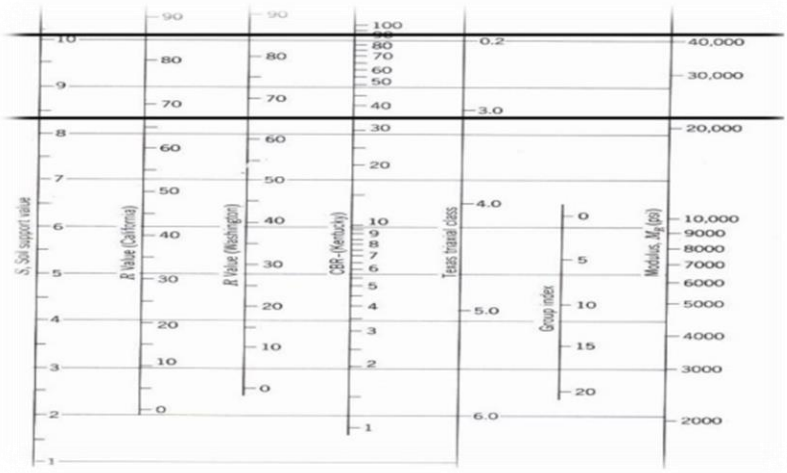
جدول4.15: قيمة المعامل المناخي

Case	Suggested Regional Factor
Roadbed soil frozen 5in or more	**0.2-1.0**
Roadbed soils dry	**0.3-1.5**
Roadbed soils saturated	**4.0-5.0**

بحسب دائرة الأرصاد الجوية الفلسطينية والمعلومات المتوفرة لديها فيمكن الجزم ان طقس محافظة الخليل يكون فيها 4 أشهر ماطرة ورطبة و8 أشهر جافة (بشكل تقريبي).

$$R = \frac{8}{12} * 0.9 + \frac{4}{12} * 4.5 = 2.1$$

بعد ذلك يتم إيجاد قيمة ال s-soil support value من خلال رسم توضيحي:



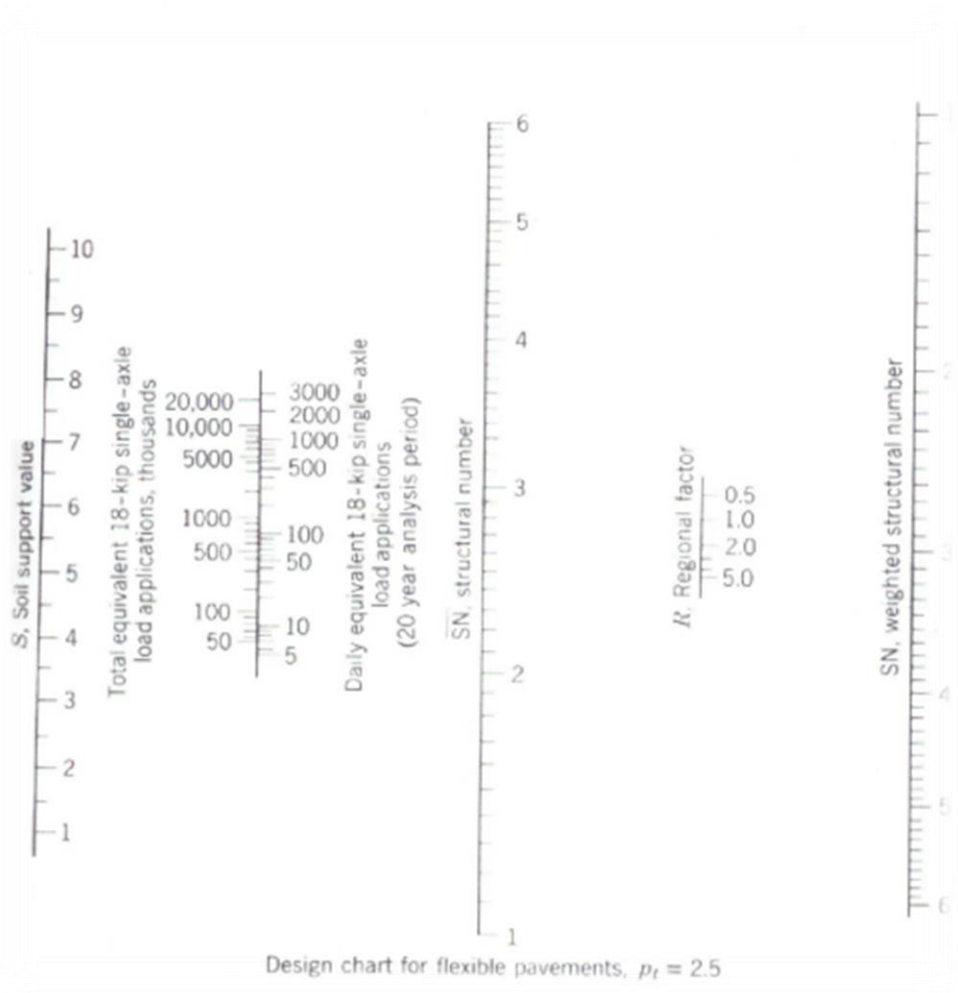
شكل4.8: s- soil support value

وبالتالي فإن:

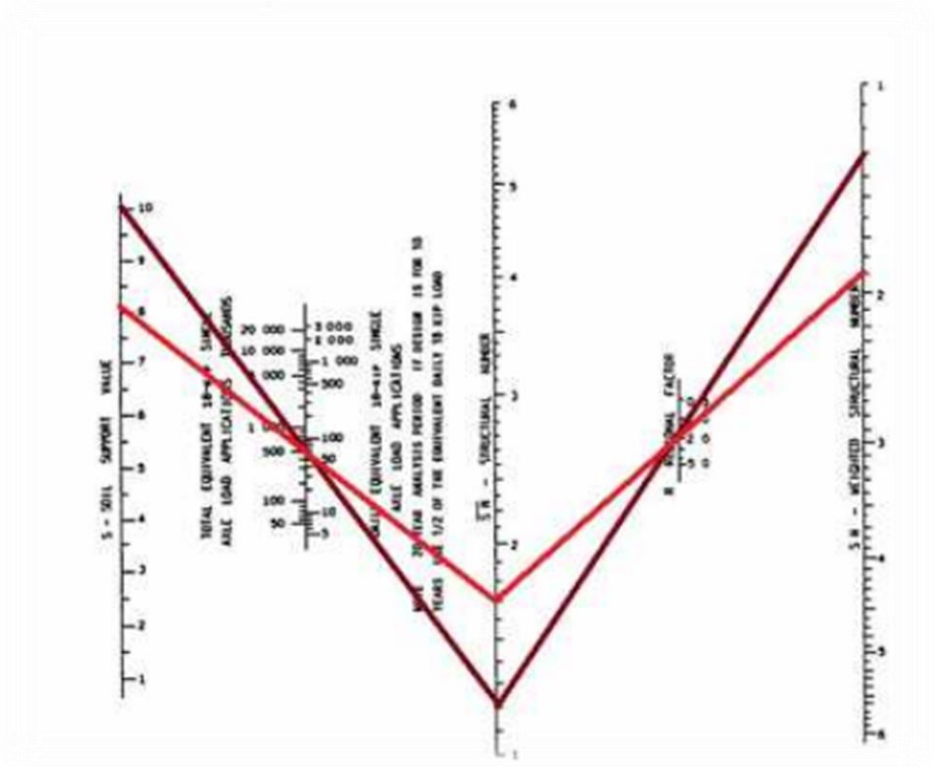
(S1-soil support value) = 10.1

(S2-soil support value) = 8.3

بعد ذلك سيتم حساب قيمة SN وذلك حسب الشكل:



شكل 4.9: قيمة المعامل SN



شكل 4.10: قيمة المعامل (SN)

SN (Asphalt) = 1.3

SN (Base course) = 1.95

بعد ذلك يتم حساب سمك كل طبقة حسب المعادلة التالية:

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * mi$$

حيث ان:

SN: Structural Number.

a1، a2: layer coefficients representative of surface، base course respectively.

D1، D2: actual thickness، of surface، base course respectively.

mi: drainage coefficient for layer i

يتم حساب قيمة (a2،a1) من الجداول:

جدول4.16: قيمة المعامل a1

Case of Pavement	a1 Suggested
Road mix (low stability)	0.2
Plant mix (high stability)	**0.44**
Sand Asphalt	0.4

جدول4.17: قيمة المعامل a2

Case of base course	a2 Suggested
sandy gravel	0.07
Crushed stone	**0.14**
Cement-treated (650psi or more)	0.23
Cement-treated(400-650psi)	0.2
Cement-treated (400psi or less)	0.15
Coarse-graded bituminous-treated	0.34
sand asphalt	0.3
Lime-treated	0.15-0.30

بناء على ما سبق، فان قيمة a1 = 0.44، وقيمة a2 = 0.14

اما بالنسبة لمعامل التصريف عند حد الاشباع (5-25%)، وبتصريف ضعيف فان قيمته 0.7، وبالتالي فان سمك الطبقات:

$$D1 = SN1 / a1$$

$$1.3/0.44 = 2.95 \text{ in } *2.54 = 7.5 \text{ cm selects } 8\text{cm}$$

$$D2 = (SN2 - SN1) / (a2*mi)$$

$$= (1.95-1.3)/ (0.14*0.7) = 6.63 \text{ in } * 2.54 = 16.84 \text{ select } 17\text{cm}$$

وبالتالي فان سماكة الطبقات كالتالي، كما هو موضح بالجدول:

جدول4.18 : سماكة الطبقات

الرصفة	السمك (سم)
طبقة الاسفلت	8
الأساس (course Base)	17

الفصل الخامس: التصميم الهندسي للطريق

5.1. مقدمة

5.2. التصميم الهندسي للطريق

5.3. التخطيط الأفقي والرأسي

5.4. ملخص التصميم الهندسي لمسار الطريق في المشروع

5.2مقدمة

يعرف التصميم الهندسي للطريق على أنه إيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل المسار ومسافات الرؤية والعروض والانحدارات وباقي عناصر الطريق. وبادئ ذي بدء يجب تصنيف الطرق من حيث كونها طرقا رئيسية أو فرعية أو محلية حتى يمكن تحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم بعد موازنة بعض العوامل مثل أهمية الطريق وتقدير حجم وخصائص المرور والتضاريس والأموال المتاحة. وتعتبر السرعة التصميمية والانحدار الحاكم هما بدورهما القاعدة الأساسية لوضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الرأسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم بالمحاولة والخطأ أن يطوع هذه الحدود أو أعلى منها للتضاريس من أجل التوصل إلى مسقط أفقي وقطاع طولي للطريق. ثم تأتي مرحلة تفاصيل الأبعاد الهندسية للتقاطعات ذات المستوى الواحد أو المستويات المتعددة ولطرق الخدمة ولغيرها من الملامح. وأخيرا لا بد 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. ويهدف هذا الفصل (التصميم الهندسي للطريق) إلى تحديد المعايير التصميمية الرئيسية للطرق لتحديد توافق التصميم الهندسي للطريق مع المتطلبات الهندسية المطلوبة.

5.2 التصميم الهندسي للطريق

حيث تتمحور عملية التصميم الهندسي للطريق في ثلاث أمور رئيسية وهي:

1) التصميم الأفقي (Horizontal Alignment): حيث يتم فيه بيان المنحنيات الأفقية وتحديد بداياتها ونهاياتها وكذلك تحديد أطوالها وزواياها ونقاط التقاطع فيها.
2) التصميم الرأسي للطريق (Vertical Alignment): يتمثل التصميم الرأسي للطريق في تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية و تحديد الارتفاع الجديد للطريق حيث يتم إظهار الطريق بالمستوى الرأسي و مشاهدة كيف ترتفع و تهبط و يمكن تحديد مناطق الحفر و الردم ، المنحنيات الرأسية و مسافات الرؤية .وسيتم مناقشة التصميم الأفقي و الرأسي في فصل قادم يتم تمثيل التصميم الأفقي والرأسي عن طريق وضع التصميمان في لوحة واحدة تسمى (Plan Profile)، حيث يكون التصميم الأفقي في الجزء العلوي من اللوحة و يكون التصميم الرأسي في الجزء السفلي من اللوحة.
3) أما المرحلة الثالثة من التصميم للطريق هي التصميم العرضي للطريق حيث يتم في هذه المرحلة من التصميم تحديد شكل مقطع الطريق وميولها الجانبية وكذلك بيان سطح الطريق وعرضه.

5.2.1 السرعة التصميمية للطريق (Design Speed)

تعتبر السرعة التصميمية العامل الأهم في عوامل التصميم وتعرف بأنها السرعة القصوى (الأمنة) التي يمكن المحافظة عليها فوق قطاع معين من الطريق عندما تكون الظروف ملائمة لدرجة تسمح للظواهر التصميمية للطريق بالتحكم

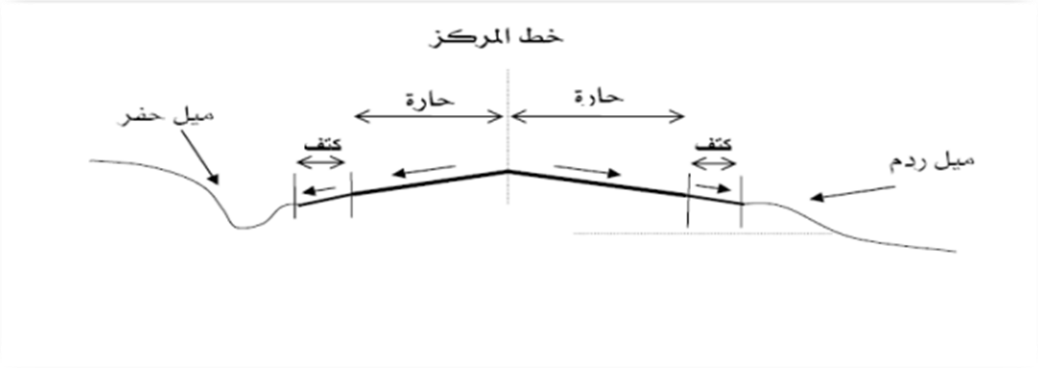
الكامل ، والسرعة التصميمية يجب ان تكون اكبر من الحقيقة ، ويعد اختيار السرعة أمرا بالغ الأهمية لارتباطه بسعة الطريق وأنصاف أقطار المنحنيات الأفقية وحدة الانحدارات ومسافة الرؤية وغيرها من العناصر التصميمية فكلما زادت السرعة التصميمية كلما كان الطريق متهيئا لاستيعاب اعداد كبيرة من المركبات بصورة مريحة. ويعتمد تحديد السرعة التصميمية على عدة عوامل اهمها طبيعة المنطقة وجغرافيتها وتركيبة المرور وحجم المرور الساعي.

جدول 5.1: السرعة التصميمية

السرعة التصميمية		
تصنيف الطريق	**السرعة الدنيا (كم/ساعة)**	**السرعة المرغوبة (كم/ساعة)**
طريق محلي (LOCAL)	30	50
طريق تجميعي (COLLECTOR)	50	60
شرياني – عام	80	100
أقل اضطراب	70	90
اضطراب ملموس	50	60
طريق سريع (Expressway)	90	120

5.2.2 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 أقطار كبيرة نسبيا وانحدارات طولية صغيرة لذلك يجب الاهتمام بأكتاف الطرق المتسعة وعمل الجزر الفاصلة بين اتجاهي المرور .



شكل 5.1: قطاع الطريق

5.2.3 عرض المسرب (Lane Width)

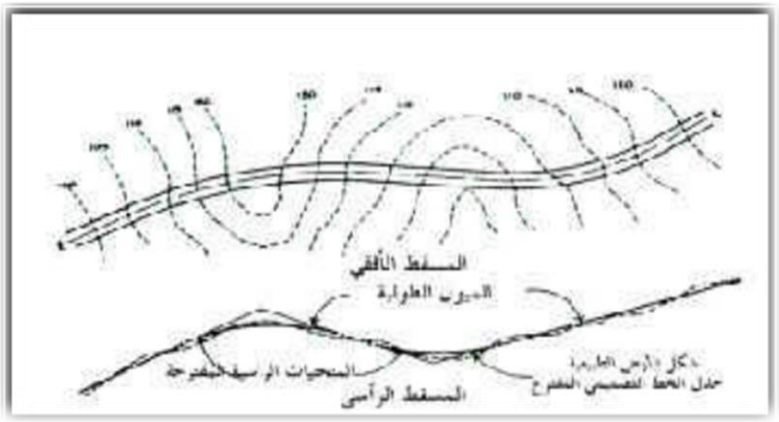
يتحدد عرض الرصف عن طريق عدد حارات المرور وعروضها ولا يوجد بين عناصر الطريق ما هو أكثر أثرا على الأمان وراحة السير من عرض الطريق وحالة سطحه. والحاجة ظاهرة إلى طرق ذات أسطح ناعمة غير زلقة وتلائم جميع الحالات لما له من دور مهم في سهولة القيادة ودرجة الأمان على الطريق. وتقل السعة الفعلية للطريق حينما توجد عوائق متاخمة للطريق مثل الحوائط الساندة أو سيارة متوقفة ولذا يجب المحافظة على الخلوص الأفقي بين حارات المرور وأي عائق جانبي حتى لا تؤثر بصورة كبيرة على سعة الطريق وبالتالي تؤثر على زيادة الحوادث وتقليل راحة المستخدم. ويعتبر عرض الحارة 3.65 متر مرغوباً و3.35 مقبولا في المناطق الحضرية ومن الضروري استخدام حارة مرور إضافية عند التقاطعات وعند التقاطعات الحرة لتسهيل حركة المرور وقد تم اختيار عرض الحارة في هذا الشارع 3.6 متر.

5.2.4 الميول العرضية

يتم تنفيذ الميول العرضية في مناطق المماسات والمنحنيات الأفقية المنبسطة وذلك بعمل تاج في منتصف الطريق وإجراء ميل في كلا الاتجاهين في الطريق للحارتين وذلك بهدف صرف المياه إلى جانبي الطريق. وبصفة عامة يتم عمل ميل عرضي للرصف بحيث يكون اتجاه الميل إلى أماكن تجميع وتصريف مياه الأمطار .والميول الجانبية الحادة غير مرغوبة في أماكن المماسات في التخطيط الأفقي لما يمكن أن تسببه من تأثير على إمكانية انسياقها إلى الحافة الهابطة للطريق. والميل العرضي حتى 1.5% حيث لا يلاحظه السائق ولا يؤثر على المركبة.

5.2.5 الميول الطولية

يجب ان تكون الميول الطولية ذات تصميم مريح ومقبول لتصريف المياه حيث انه في المناطق المستوية يتحكم نظام صرف الأمطار في المناسيب. وفي المناطق التي يكون فيها مستوى المياه في نفس مستوى الأرض الطبيعية فإن السطح السفلي للرصف يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه بحوالي 0.5 متر على الأقل. وفي المناطق الصخرية يقام المنسوب التصميمي بحيث تكون الحافة السفلية لكتف الطريق أعلى من منسوب الصخر بـ 0.3 متر على الأقل، وهذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير الضروري. ويعتبر الميل 0.25% هو أقل ميل لصرف الأمطار في الاتجاه الطولي للطريق.



شكل5.2: الميول الطولية

5.2.6 الميول الجانبية

يتم تصميم الميول الجانبية لضمان اتزان وثبات المركبات على الطريق ولإعطاء الفرصة لتأمين المركبات الخارجة عن السيطرة أي تحديد انحدار (ميلان) جانبي الطريق أي أن هذا الميلان له أثره على النواحي الاقتصادية ويتحكم في انجراف جسم الطريق كما يؤثر على الصيانة وثبات التربة وتصريف المياه .

ويوضح جدول رقم (4-1) العلاقة بين نوع الطبوغرافية وارتفاع الحفر أو الردم والميل العرضي الأقصى والمرغوب في الطرق ولميول الحفر أقل من أو تساوي (1:2) يعتمد على تحليل التربة.

جدول 5.2: الميول الجانبية

الميول الجانبية							
الميول الجانبية (الأفقي إلى الرأسي) لأنواع التضاريس ما عدا في الصخر							
الارتفاع(م)		مستوية		متموجة		جبلية	
		مرغوب	أقصى ميل	مرغوب	أقصى ميل	مرغوب	أقصى ميل
0-1	حفر	1:6	1:4	1:6	1:3	1:6	1:3
	ردم	1:6	6:1	4:1	4:1	4:1	4:1
1-3	حفر	1:4	1:3	1:3	1:2	1:3	1:2
	ردم	4:1	4:1	4:1	4:1	3:1	3:1
3-5	حفر	1:3	1:2	1:3	1:2	1:3	1:2
	ردم	4:1	3:1	4:1	3:1	3:1	1.5:1
5	حفر	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2	1:2
	ردم	3:1	1:2	1:3	1:2	1:2	1.5:1

كلما كان الميل قليلا كلما كان جسم الطريق أكثر ثبات إلا أن ذلك يعني زيادة عرض الطريق بازدياد ارتفاعها لذلك فإننا نلجأ إلى زيادة حدة ميل جانبي الطريق كلما زاد ارتفاع جسم الطريق حتى يبقى العرض الذي تحتله الطريق محصورا ضمن حرم الطريق.

5.2.7 الأرصفة (Sidewalks)

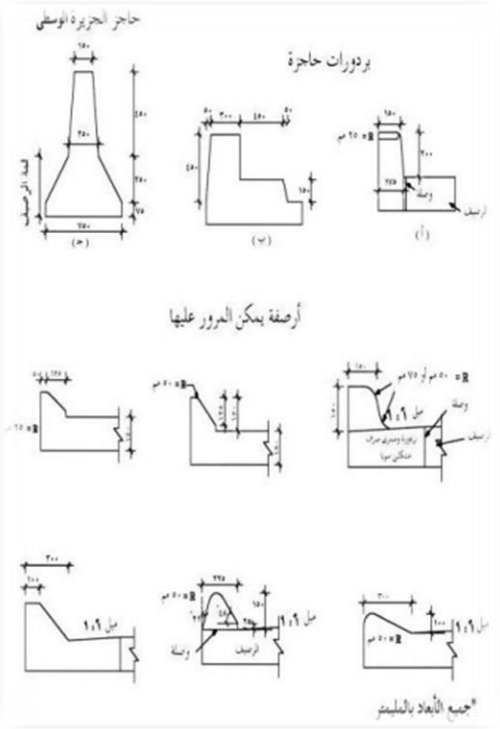
يعتبر الرصيف من اهم عناصر تصميم الطريق داخل المدن حيث يعتبر الجزء المكمل للشوارع ويجب ألا يقل عرض الرصيف عن 1.5متر ويعمل من مواد تعطي سطحاً ناعماً ومستوياً وسليمًا. ويجب أن يكون سطح الرصيف الذي يسير عليه المشاة مساوياً في الجودة أو أحسن حالة من سطح الرصف المخصص للمركبات كي يغري المشاة بالسير عليه .وعندما يكون رصيف المشاة قريباً من حافة الجزء المرصوف لمرور المركبات، يجب حمايته بجبه حاجزة وعند عدم استعمال جبه يجب أن تكون أرصفة المشاة بعيدة عن حافة الرصف المخصص للمركبات بثلاثة أمتار على الأقل .تعتبر الأرصفة داخل المدن جزء مكمل للشوارع. أما الشوارع المارة بالقرب من الضواحي عند مناطق المدارس والمصانع والأسواق فالحاجة إليها تكون ماسة. وبالطبع تعتبر الأرصفة حالة خاصة جدا ووجودها يتوقف على مرور المشاة وعلى سرعة وعدد العربات المارة هذا بالإضافة إلى إمكانية وجود خطر بالنسبة للمشاة في هذه المناطق.

شكل5.3: الأرصفة

5.2.8 الأطاريف (الجبه)

يتأثر السائقين كثيرا بنوع الأطاريف ومواقعها. وبالتالي فإن ذلك يؤثر على أمان الطريق والانتفاع به وتستخدم الأطاريف في تنظيم صرف المياه. ولمنع السيارات من الخروج عن الرصف في النقط الخطرة، وهي تحدد حافة الرصف وتحسن الشكل النهائي للطريق، كما أنها عامل في تجميل جوانب الطرق.

تقوم الأطاريف غالباً بغرض أو أكثر من هذه الأغراض. وتتميز الأطاريف بأنها بروز ظاهره أو حافة قائمة وتبدو الحاجة إليها كثيرا في الطرق المارة بالمناطق السكنية كما أن هناك مواقع بعض الحالات في الطرق الخلوية يلائمها بل ويجب أن يعمل لها الأطاريف.



شكل 5.4: الأطاريف (الجبه)

2.1 التخطيط الأفقي والرأسي

يواجه المهندس مهمة توصيل الخطوط المستقيمة والمتقاطعة بالمنحنيات الأفقية والرأسية غايتها تفادي التغير المفاجئ في الاتجاه لكثير من المشاريع الهندسية الحيوية كمشاريع الطرق والسكك الحديدية وقنوات الري وخطوط الأنابيب وخطوط النقل الكهربائية، وذلك بتوزيع هذا التغير على كامل المنحنى أو على مجموعات المنحنيات التي ستربط كل جزئيين مستقيمين متقاطعين .

حيث أن التخطيط الأفقي والرأسي للطريق يعدان من أهم أسس التصميم الهندسي وذلك لأن التخطيط الأفقي يشمل تحديد أطوال المسارات، الزوايا، نقاط التقاطعات، وتصميم المنحنيات الأفقية أما التخطيط الراسي يهدف إلى تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية وتحديد الانحدارات المناسبة وتصميم المنحنيات الراسية لتلائم مسافات الرؤية وحساب كميات الحفر والردم.

ونظرًا لأن التخطيط الأفقي والرأسي هما من أهم العناصر في تصميم الطرق فيجب تصميمها تصميم كامل. إذ أن البراعة في تصميمها والجمع بينهما يزيد الفائدة والأمان ويدعو إلى انتظام السرعة ويحسن النظر ويتحقق كل ذلك في غالب الأحيان دون زيادة في التكاليف.

5.3.1 التخطيط الأفقي للطريق

يتكون التخطيط الأفقي للطريق من سلسلة متكاملة من المماسات والمنحنيات ويتم أخذ محطات كل مسافة أفقية حسب دقة الطريق المطلوبة، ويفضل أن تكون المحطات في المنحنيات على مسافات متقاربة لزيادة الدقة وسهولة التوقيع في الواقع.

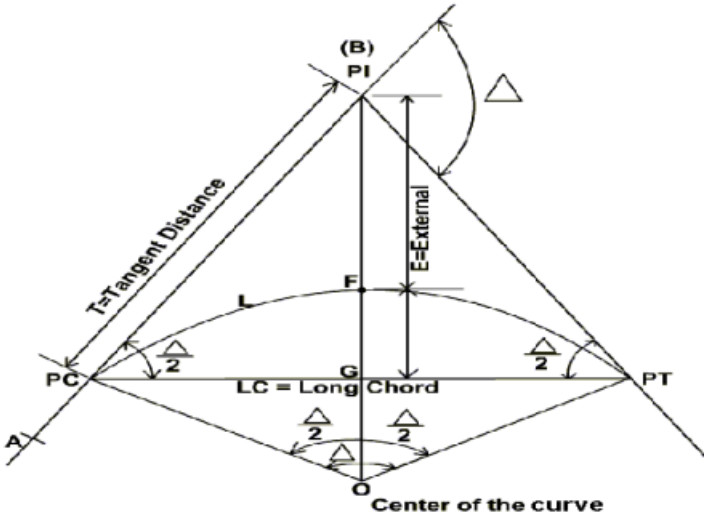
5.3.1.1 المنحنيات الأفقية:

هي تلك المنحنى الذي يقوم بربط ووصل الأجزاء المستقيمة مع بعضها البعض بشكل تدريجي لتفادي التغيرات المفاجئة التي تسبب الإزعاج للسائقين، ويجب تحديد بدايتها ونهايتها وأطوالها وزواياها ونقاط التقاطع فيها، أما بالنسبة لأنواع المنحنيات الأفقية فهي:

5.3.1.1.1 المنحنيات الدائرية (Circular Curves):

يوضح الشكل التالي عناصر المنحنى الدائري البسيط:

- PI: نقطة تقاطع المماسين.
- Deflection Angle (Δ): زاوية الانحراف و تساوي الزاوية المركزية المنشأ عليها المنحنى الدائري.
- The tow Tangent (T): المماسين حيث يسمى المماس على الجانب الأيسر لنقطة التقاطع PI بالمماس الخلفي، و المماس على الجانب الأيمن بالمماس الأمامي.
- Point of Curvature (PC): نقطة بداية المنحنى.
- Point of Tangency (PT): نقطة نهاية المنحنى.
- LC: الخط الواصل بين نقطتي التماس و يطلق عليه الوتر الطويل.
- Radius (R): نصف القطر.
- Length of curve (L): طول المنحنى.
- External Distance (E): المسافة بين (PI) و بين منتصف المنحنى الدائري.
- O: مركز المنحنى.
- Middle Ordinate (M) : المسافة بين نقطة منتصف المنحنى و منتصف الوتر الطويل و تسمى سهم القوس.



شكل 5.5: عناصر المنحنى الدائري البسيط

أما بالنسبة لمعادلات المنحنى الدائري البسيط فهي:

1. طول المماس (T).

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-1)$$

2. المسافة الخارجية (E).

$$E = R\left(\sec\frac{\Delta}{2} - 1\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-2)$$

3. سهم القوس (M).

$$M = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-3)$$

4. الوتر الطويل (LC).

$$LC = 2R\sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-4)$$

5. طول المنحنى (L).

$$L = \frac{\pi R\Delta}{180} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-5)$$

أما تصميم المنحنيات على التقاطعات حسب ال (AASHTO 2004)

جدول5.3: أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق

أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق		
POSITION	R-NORMAL	R-MIN
Garage entrance	6.0	5.0
Local roads	6.0	5.0
Collecting roads	8.0	6.0
Major roads (urban)	10.0	8.0
Major roads (rural)	20.0	10.0

جدول 5.4: الحد الأدنى لأنصاف الأقطار على المنحنى

الحد الأدنى لأنصاف الأقطار على المنحنى							
65	60	55	48	40	32	25	السرعة (كم/الساعة)
0.17	0.175	0.18	0.20	0.23	0.27	0.32	معامل الاحتكاك
0.09	0.085	0.08	0.06	0.04	0.02	0.01	ميلان السطح
140	120	100	75	50	30	15	الحد الأدنى لنصف القطر (م)

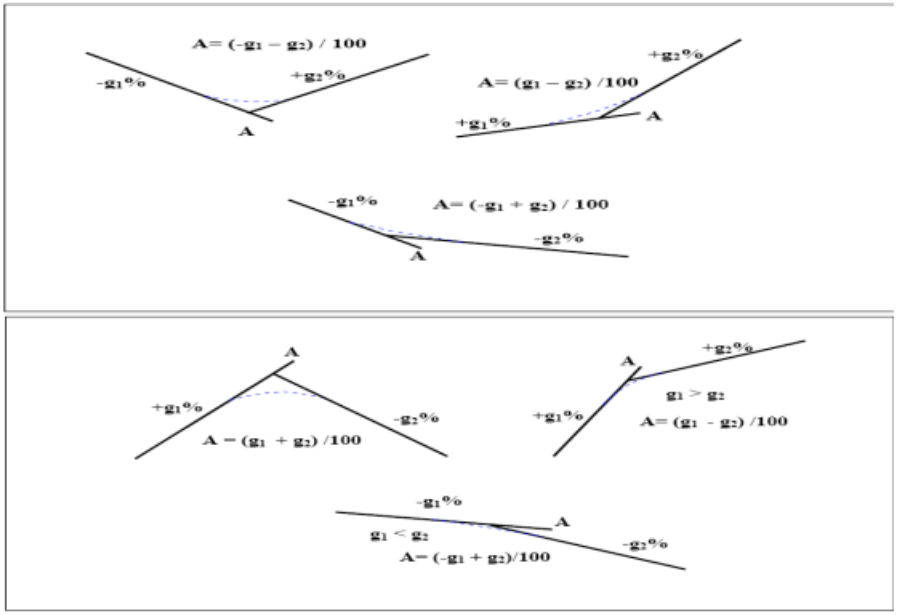
5.3.2 التخطيط الرأسي للطريق

يتكون التخطيط الرأسي للطرق من سلسلة من الميول الطولية متصلة مع بعضها بمنحنيات رأسية. ويتحكم في التخطيط الرأسي عوامل الأمان والتضاريس ودرجة الطريق والسرعة التصميمية والتخطيط الأفقي وتكلفة الإنشاء وخصائص المركبات وصرف الأمطار. ويجب أن يكون مدى الرؤية في جميع أجزاء القطاع الطولي مستوفيا لأقل مسافة لازمة للتوقف (ليس التجاوز) حسب السرعة التصميمية الموافقة لدرجة الطريق.

وعند المفاضلة بين تخطيطات طولية مترادفة يجب مقارنتها معاً من الناحية الاقتصادية وتحقيق الخدمة المطلوبة وسالمة الحركة المرورية وقد وضعت حدود قصوى للانحدارات تحقيقًا للاقتصاد والكفاءة في تشغيل المركبات على الطرق وفي نفس الوقت فإن تكاليف إنشائها تكون في الحدود المناسبة.

5.3.2.1 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).



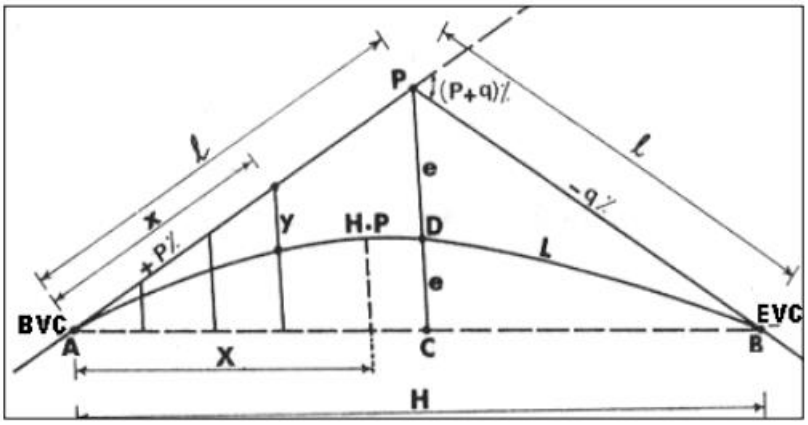
شكل 5.6: فرق الميل أو زاوية الميل

5.3.2.2 عناصر المنحنى الرأسي:

تتكون عناصر المنحنى الرأسي من:

- 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



شكل 5.7: عناصر المنحنى الرأسي

أما بالنسبة لمعادلات القطع المكافئ:

1. طول المنحنى الرأسي L يساوي مجموع طولي المماسين الخاصين بهذا المنحنى، حيث يكون طول المماس الخلفي يساوي l_1 وطول المماس الأمامي يساوي l2

$$L = l_1 + l2 \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-7)$$

2. الخط الرأسي المار من نقطة تقاطع المماسين ينصف الوتر AB ويكون PD، بحيث أن PD =e =DC، حيث C نقطة منتصف الوتر وD نقطة تقاطع الخط الرأسي من المنحنى وهذه النقطة أعلى أو أخفض نقطة في المنحنى في حالة المنحنيات المتناظرة.
3. وتر المنحنى ABيساوي مسقطه الأفقي H، ويساوي مجموع المماسين:

$$AB = H = L \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-8)$$

4. أطوال الأعمدة المأخوذة على المماس تتناسب مع مربعات المسافات المأخوذة على المماس المقاسة من A(بالنسبة للمماس الخلفي) أو من B (بالنسبة للمماس الأمامي):

$$y = aX^2 \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-9)$$

عندما يكون المماسان في اتجاهين مختلفين:

$$a = \frac{p+q}{400l}x^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-10)$$

عندما يكون المماسان في اتجاه واحد:

$$a = \frac{p-q}{400l}x^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-11)$$

e: أما بدلالة

عندما يكون المماس في اتجاهين مختلفين:

$$e = \frac{p+q}{400}l \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-12)$$

عندما يكون المماس في اتجاه واحد:

$$e = \frac{p-q}{400}l \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-13)$$

$$Y = e\left(\frac{X}{y}\right)^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-14)$$

$$k = \text{length}/_{|p-q|} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5-15)$$

جدول 5.5: قيمة الثابت للمنحنيات الرأسية

قيمة الثابت للمنحنيات الرأسية		
Speed	AASHTTO2004	
Kph	K(crest)min.	K(sag)min.
20	1	3
30	2	6
40	4	9
50	7	13
60	11	18
70	17	23
80	26	30
90	39	38
100	52	45
110	74	55
120	95	63
130	124	73

وهذه النسبة تقريبية ولكنها عمليا يؤخذ بها في تصميم الطرق السريعة والحضرية، وهي تعبر عن مدى انحناء المنحنى الرأسي فكلما زادت قيمة K يصبح المنحنى الرأسي أقرب إلى الانبساط بمعرفة قيمة الانحناء الأمامي أو الميل الأمامي والخلفي يتم حساب طول المنحنى الرأسي (4-15).

5.4. ملخص التصميم الهندسي لمسار الطريق في المشروع

1) أن يكون قطاع الطريق مكون من مسربين وكل مسرب يتكون من حارة واحدة بعرض 3.6م.

2) لم يتم عمل جزيرة وسطية وذلك لأن الشارع لا يمر بمنطقة تجارية.

3) عمل أرصفة للمشاة كون الطريق يمر بمنطقة سكنية وزراعية وأن يكون عرض الرصيف 1.4م.

4) عمل موقف للسيارات مسافة 3.6 م.

5) وضع جبه على طول الطريق.

6) عمل ميول عرضية على طول الطريق بمقدار (1.5-2) %.

7) عدم وضع أكتاف جانبية للطريق وذلك لوجود الجبة وأرصفة المشاة التي تعوض عن الأكتاف.

الفصل السادس: خدمات الطريق

\

6.1 .مقدمة

6.2 .الهدف من الإشارات

6.3 .أنواع الإشارات

6.4 .اللوحات المرورية والارشادية

6.5 .مواصفات الإشارات

6.6. علامات المرور على الطريق

6.7. الشروط الواجب توفرها في علامات المرور

6.8. أنواع علامات المرور

6.9. الانارة على الشوارع والطرق

6.1. مقدمة

يشمل علم الطرق هندسة الطرق وهندسة المرور. وعند تصميم وانشاء الطريق وفتحها للسيارات لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لتضمن حسن الأداء ولنمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشئت من اجله الطريق.

إن علم المرور يشمل العديد من الأمور كالاتجاهات والمسارب والانعطاف الى اليمين او اليسار والمسافات والتقاطعات والوقوف وغير ذلك، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه ولذلك يجب تصميمها جنبا الى جنب اثناء تصميم الطريق، كما يجب تنفيذها عند تنفيذ الطريق حتى تكون هذه الأمور جزء أساسي من هذا الطريق.

إن الإشارات والخطوط والتقاطعات واشارات الضوء والمواقف العامة وأماكن التوقف وغيرها من الأمور التي نراها على الطرق كان الهدف الأساسي منها تنظيم حركة السير على الطرق.

6.2. الهدف من الإشارات

تستعمل الإشارة لتوصيل المعلومات للسائق او الماشي، وتتألف من لوحات رسم عليها أسهم او كلمات او الاثنان معا، بحيث تكون المعلومات واضحة وتناسب حالة السير ونوع الطريق.

6.3. أنواع الإشارات

تقسم الإشارات الى أربعة أنواع رئيسية ولكل نوع من هذه الأنواع شكل خاص متعارف عليه حتى يسهل تفهمه من قبل السائق. وهذه الأنواع هي:

1- إشارات التحذير: كإشارة انحدار او منعطف خطر وتكون هذه الإشارات مثلثة الشكل.
2- إشارات الأوامر: كإشارة قف وتكون مستديرة.
3- إشارات المنع: كإشارة ممنوع المرور وتكون مستديرة.
4- إشارات التوجيه (التعليمات): كإشارات أماكن الوقوف والاستراحة وتكون مربعة الشكل او مستطيلة.
5- إشارات ارشادية: يجب استعمالها على التقاطعات.

شكل 6.1 : صورة توضح إشارات المرور الارشادية

شكل 6.2 : صورة توضح إشارات المرور التحذيرية

شكل 6.3[6]: صورة توضح العلامات

[اكتب اقتباساً من المستند أو من ملخص نقطة هامة. يمكنك وضع مربع النص في أي مكان في المستند. استخدم علامة التبويب "أدوات الرسم" لتغيير تنسيق مربع نص الاقتباس.]

6.4. اللوحات المرورية والارشادية

تستخدم اللوحات الارشادية والتحذيرية لتعريف الناس بالأماكن والاتجاهات والسماح بالمرور من عدمه والوقوف والدخول وغير ذلك من الأمور التي تنظم حركة الناس والمركبات، وهناك اعتبارات هامة يجب الاخذ بها عند تصميم وتركيب اللوحات الارشادية تتلخص في التالي:

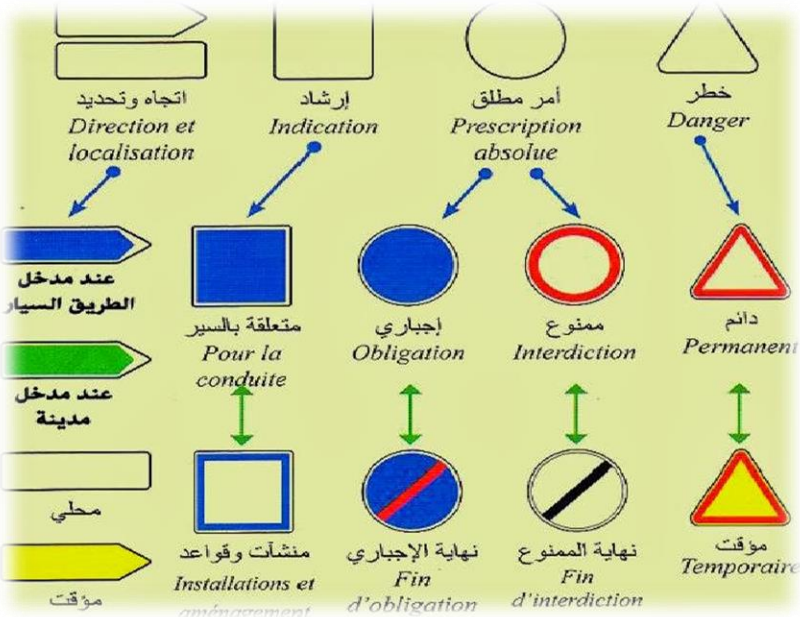
1-التوجيه الصحيح للوحة حسب الحاجة سواء كانت موازية او عمودية على حافة الرصيف.

2-يؤخذ بمتوسط مستوى الرؤية كمعيار لتحديد ارتفاع اللوحات الارشادية ويجب الا يقل ارتفاعها عن (2.1م) لتجنب اعاقتها لمرور المشاة.

3-يجب ان تكون اللوحات بسيطة المحتوى وواضحة ومباشرة المعنى

4-يجب ان تكون مثبتة بشكل صحيح وتصان دوريا

شكل6.4: صورة توضح مفهوم إشارات المرور



شكل6.5 : لوحة إشارات المرور

شكل6.5 : لوحة إشارات المرور

من الجدير بالذكر ان كل إشارات المرور تنحصر بين الدائرة والمثلث والمستطيل وكلا منهما يعبر عن شيء معين يخص الطريق.

6.5. مواصفات الإشارات

يجب ان يكون للإشارات مواصفات خاصة بها حتى تحقق الهدف المنشود منها، فالإشارة يجب ان تكون واضحة للسائق وتشد انتباهه قبل مسافة طويلة تزيد عن تلك المسافة اللازمة لرؤية الكتابة، كما يجب ان تكون الكتابة التي على الإشارة واضحة ومفهومة للسائق من مسافة طويلة كافية لكي يتصرف طبقا للإشارة بدون ان ينصرف انتباهه عن الطريق. وحتى يتحقق ذلك فانه لا بد من الانتباه الى الأمور الرئيسية التالية في الإشارة وهي:

1- ابعاد الإشارة: كلما كبرت الإشارة ضمن حدود المواصفات كلما تحسنت رؤية السائق لها.
2- تباين الألوان في الإشارة: ان التباين ضروري جدا لتحقيق غايتين هما ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها، وهذا التباين يتحقق باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعانات مختلفة، كان تكون الكتابة من لون فاتح واللوحة من لون داكن وان تكون اللوحة من لون يتباين مع لون الطبيعة المحيطة. فاذا كانت الإشارة كبيرة فيجب ان تكون الكتابة باللون الفاتح(ابيض) على أرضية زرقاء او خضراء او صفراء. أما إذا كانت الإشارة صغيرة فيجب ان تكون الكتابة بالألوان الداكنة على أرضية فاتحة.
3- الشكل: يجب ان تكون الإشارات منتظمة الشكل وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من اجله.
4- الكتابة: تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل هي نوع الكتابة، حجم الاحرف، وسماكة الخط، والفسحات بين الكلمات والاسطر وعرض الهامش. ويجب ان يتم اختيار الكتابة التي تناسب ذلك.
5- الصيانة: يجب صيانة الإشارة وتنظيفها وإعادة دهنها باستمرار حتى تبقى واضحة للسائق على مدار السنة.
6- الموقع: يجب ان تكون الإشارة في موقع وارتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية دون ان تضطره الى صرف انتباهه عن الطريق كما يجب ان توضع الإشارة قبل مسافة كافية –يحددها القانون – من المكان الذي تشير اليه ، وان تتناسب هذه المسافة مع سرعة السيارة .فاذا كانت الإشارة تدل على وجود مفرق طريق مثلا فانه يتوجب وضع الإشارة قبل المسافة القانونية من المفرق لكي تمكن السائق من تخفيف سرعته تمهيدا للدخول الى الطريق الفرعية ،والجدول التالي يعطي فكرة عن المسافة اللازمة للسائق ليرى الإشارة ويتصرف حسب تعليماتها.
7- الرؤية في الليل: حيث ان الإشارة مهمة للسائق في الليل والنهار فانه لا بد من تامين الإضاءة لها او جعلها عاكسة للأضواء بحيث يراها السائق ليلا ونهارا.
8- إشارات الطوارئ توضع إشارات مؤقتة عند وقوع حوادث او تعطيل سيارات او وجود ضباب وهذه الإشارات تكون متنقلة ويؤمن لها اضاءة كافية من بطاريات خاصة.

6.6. علامات المرور على الطريق

أهداف علامات المرور:

أن علامات المرور على الطريق عبارة عن خطوط متصلة او متقطعة مفردة او مزدوجة، بيضاء أو سوداء أو صفراء، كما انها قد تكون أسهمًا او كتابة (كلمات). اما اهداف علامات المرور فهي:

1- تحديد المسارب وتقسيمها
2- منع التجاوز
3- فصل السير الذاهب عن القادم
4- منع الوقوف او التوقف
5- تحديد أماكن عبور المشاة
6- تحديد أولوية المرور على التقاطعات
7- تحديد مواقف السيارات.
8- تعيين الاتجاهات باسهم (يمينا يسارا) لتحديد الأماكن التي يتجه اليها السائق.
9- تحديد جانبي الطريق.
10- إعطاء تعليمات ومعلومات الى السائق مثل اتجه الى اليمين، توقف وغير ذلك.

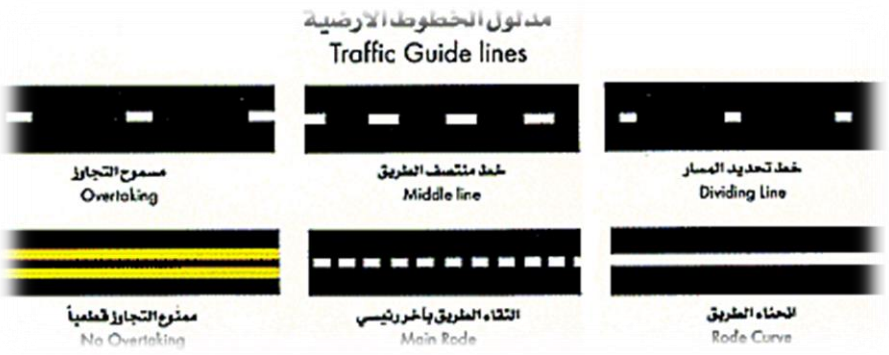
6.7. الشروط الواجب توفرها في علامات المرور

ان هذه العلامات تنظم حركة السير للسائق والماشي وتنقل التعليمات لهم، هذا ويراعي في هذه العلامات الأمور التالية

1- ان تكون صالحة للرؤية في الليل والنهار وواضحة في كافة الأوقات والظروف.
2- ان تتوافق فيها الألوان.
3- ان تكون من مواد تعمر طويلا وتقاوم التزحلق.
4- ان تكون تعليماتها سهلة الفهم ومرئية من مسافة كافية.

6.8. أنواع علامات المرور

1- الخطوط: تكون الخطوط بعرض 10 سم وهي متصلة او متقطعة، اما المتقطعة فتستعمل لتقسيم المسارب وفصل السير في الاتجاهين، اما المتصلة فتستعمل لفصل السير ومنع التجاوز في ان واحد. توضع بعض الخطوط العريضة عند ممرات المشاة كما توضع خطوط صفراء في المناطق التي يحظر على السيارات المرور فوقها.



شكل6.6: صورة توضح مدلول الخطوط

2- الكلمات: تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف او اتجه يمينا، وغير ذلك. ويجب ان تكون الكلمات كبيرة ومناسبة ليتسنى قراءتها ولا تزيد عن كلمة او كلمتين، كما يجب ان تكون الاحرف مناسبة لموقع السائق.

3- الأسهم: تستعمل الأسهم اما بدلا من الكلمات لتحديد الاتجاهات او مع الكلمات كسهم يتجه الى اليمين مع كلمة الى اليمين.

4- اللون: يستعمل اللون الأبيض في الخطوط التي تقسم المسارب ويستعمل اللون الأصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات الا انه يجب الاهتمام بتوافق لون الخط مع أرضية الشارع.

5- المواد العاكسة: تستعمل بعض المواد التي تساعد على انعكاس الضوء خاصة في أيام الضباب حيث يوضع مع الدهان بلورات زجاجية خاصة وهذا ضروري فالليل لكي يبين حدود المسرب. ان استعمال أدوات عاكسة كعيون القطط او غيرها عملية مفيدة جدا وتعكس الضوء من مسافات طويلة.

6.9. الانارة على الشوارع والطرق

فوائد الانارة:

ان اضاءة الشوارع تخفض من حوادث الطرق كما تساعد الإضاءة السائق على قيادة سيارته في الليل بنفس السرعة التي يقود بها نهارا، مما يقلل من وقت الرحلة. والاضاءة مفيدة للمشاة حيث تجنبهم الأخطاء وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح بالإضافة الى انها ضرورية من النواحي الأمنية.

تكلف الإضاءة أموالا كثيرة ثمنا للأعمدة والكوابل والتمديدات وثمنا للمصابيح الكهربائية وخلافها بالإضافة الى نفقات التشغيل اليومية ونفقات التنظيف والصيانة وغيرها. ولابد من عمل دراسات الجدوى الاقتصادية قبل المباشرة في اضاءة الطريق بحيث يكون المردود الاقتصادي الناتج عن الإضاءة (كالتوفير في الوقت وتخفيض الحوادث وحفظ الأمان للمشاة) يعادل او يفوق تكاليف الإضاءة والتشغيل.

مواصفات الانارة:

ان انارة الطريق عمل يتطلب دراسة وافية ومواصفات محددة مبنية على تجارب وابحاث سابقة. ولذلك يجب مراعاة ما يلي:

1- الاهتمام بمكان أعمدة الانارة من حيث تثبيتها في الجزيرة الواقعة في وسط الطريق او على الأرصفة فقط او على الأرصفة والجزيرة معا.
2- الاهتمام بأبعاد الاعمدة كارتفاعها واطوال أذرعها والمسافات بينها ودراسة هذه الأمور دراسة وافية.
3- الاهتمام بنوع المصابيح المستعملة، حيث ان لكل نوع مزاياه ونواقصه، فبعض المصابيح يتأثر بالأمطار والرياح والضباب وبعضها يحتاج الى صيانة مستمرة.
4- دراسة نوع سطح الطريق ومدى قدرته على عكس الإضاءة حيث ان نوع المصابيح وتوزيع الاعمدة وغير ذلك من الأمور التي تتأثر بنوع سطح الطريق ومقدرته على عكس الضوء.
5- الاهتمام بتوزيع الانارة حيث انها يجب ان توزع بانتظام لان ذلك يقرر توزيع الاعمدة وابعادها وقوة المصابيح وغير ذلك.

والخلاصة انه لا بد من دراسة كافة هذه الأمور عند المباشرة في إيصال التيار الكهربائي للطريق بالإضافة الى دراسة الجدوى الاقتصادية حتى تحقق النتائج المطلوبة والفوائد المرجوة.

ارتفاع أعمدة الانارة:

يختلف ارتفاع أعمدة الانارة حسب عرض الطريق، ونوعية المصابيح المستخدمة، وحسب سطح الطريق والمنطقة المحيطة بالأعمدة.

المسافة بين أعمدة الانارة:

حيث تختلف المسافة بين الاعمدة حسب العناصر التي تم ذكرها سابقا، وتستخدم نصف المسافة المستخدمة في الطريق على التقاطعات لتوفير الأمان والرؤية الكافية للجزر والاشارات.

أنواع المصابيح الرئيسية:

-مصابيح التنجستن (Tungsten Filament1)

2 -مصابيح الصوديوم (Sodium Vapor)

3-مصابيح الفلوريسنت (Tubular Fluorescent)

4-المصابيح الزنبقية (High-Pressure Mercury Lamps)

هناك بعض المصطلحات الأساسية المستخدمة في تصميم أعمدة الانارة للطرق:

1- المسافة بين مركز المصباح ومركز العامود (Out Reach)

2-المسافة بين العامود والعامود الذي يليه Spacing

3-المسافة بين مركز المصباح وطرف الرصيف الداخلي (Over Hang)

4- ارتفاع العامود عن سطح الأرض (H)

الفصل السابع: تصريف مياه الامطار

7.1 مقدمة

7.2 متطلبات صرف المياه من الطريق

7.3 أنواع صرف المياه

7.3.1 الصرف السطحي

7.3.1.1 تجميع المياه السطحية

7.3.2 الصرف المغطى

7.4 كمية مياه الأمطار

7.5 تصميم شبكة التصريف

7.5.1 أهم الامور التي تؤخذ عند التصميم

7.6 مراحل التصميم

7.1 مقدمة:

تعتبر عملية تصرف المياه من الطريق هي عملية التخلص من المياه و التحكم في مسيرها داخل نطاق حرم الطريق ، لذلك يجب عمل مصارف سطحية أو مغطاة عند التصميم والإنشاء.

فعندما تسقط الأمطار جزء من هذه المياه تسيل على الطريق والجزء الآخر 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.

وإذا كان سطح الطريق الإسفلتي مساميا 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 دك هذه التربة، حيث تقوم المياه بتشحيم حبات التراب و تسهيل حركتها أثناء الدك، وبعد انتهاء عملية الدمك 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:

1. زيادة نسبة الرطوبة يتسبب في تقليل قوة تحمل الرصف، وهذا يسبب زيادة عدم الإستقرار، وهذا ينعكس على قطاع الرصف ككل.
2. زيادة نسبة الرطوبة تؤدى إلى تغيرات ملحوظة في حجم بعض أنواع التربة، وأيضا هذا يؤدي إلى انهيار سريع في قطاع الرصف.
3. 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.
4. 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.
5. في حالة الجسور العالية ويتسبب سريان المياه السطحية في تآكلها والتعجيل في انهيارها نتيجة للنحر الشديد الذي قد تتعرض له.

7.2 متطلبات صرف المياه من الطريق:

1. 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 (التعلية – Super Elevation)، فيكون باتجاه واحد.
2. قطع الطريق أمام المياه السطحية المتجهة من الأراضي المحيطة إلى حرم الطريق.
3. تصميم وإنشاء الخنادق الجانبية الواسعة ذات الانحدار الكافي لتصريف المياه.
4. 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.
5. يجب أن يكون قطاع المصارف الجانبية المكشوفة ذات سعة وانحدار طولي مناسبين لصرف المياه المتجمعة.
6. يجب أن لا تتسبب المياه السطحية المارة على سطح الطريق وعلى الميول الجانبية في تكوين حفر عرضية أو نحر بالتربة.
7. يجب أن لا يزيد منسوب المياه الأرضية عن حد معين بالنسبة لأوطى نقطة لقطاع الرصف و المسافة الرأسية بين المنسوبين يجب أن لا تقل عن 1.2 متر .
8. منع وصول المياه للطريق من التلال و المساحات القريبة من المنطقة، وذلك بعمل أفنية طولية موازية للطريق تتجمع فيها المياه وتنقلها بعيدا عن الطريق.
9. بناء الاطاريف و البالوعات اللازمة في جمع وتصريف المياه.

7.3 أنواع صرف المياه:

7.3.1 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.

7.3.1.1 تجميع المياه السطحية :

المياه المتساقطة على سطح الرصف تسيل جانبا، بسبب وجود الميول العرضية لطبقة الرصف، ومقدار هذا الميل يتوقف على نوع الرصف وكمية الأمطار المتساقطة وهي تتراوح من 1.5% الى 3 % لسطح الطريق, و 4% الى 6% للكتف. وفي الطرق الخلوية فتسيل المياه عرضيا من على الرصف إلى الأكتاف قبل وصولها إلى المصارف الطولية. ولذلك يجب أن تميل هذه الأكتاف عرضيا بميل مناسب لسرعة التخلص من المياه، ومنع تجميعها على الأكتاف، وتعمل المصارف الطولية مكشوفة وعلى شكل شبه منحرف.

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.

7.3.2 الصرف المغطى :

يعزى التغير في كمية الرطوبة بالتربة على تذبذب سطح المياه الأرضية وتسرب المياه الأرضية وتسرب مياه الأمطار وحركة المياه الأرضية بالخاصية الشعرية أو التبخر، وفي حالة استخدام الصرف المغطى فإن التغير في نسبة الرطوبة بالتربة يبقى في حدود ضيقة جدا، ومع ذلك يتم صرف المياه الأرضية المتحركة تحت نطاق الجاذبية الأرضية فقط باستخدام المصارف المغطاة.

7.4 كمية مياه الأمطار :

ترتكز أنظمة تصريف مياه الأمطار لمنطقة معينة على الطبيعة الجغرافية والأحوال المناخية لتلك المنطقة ، وترتبط بكميات مياه الأمطار (Rainfall) وما تولده من مياه تنساب على سطح الأرض (Runoff) ، ومعرفة كميات مياه الأمطار الجارية على الأسطح هو أمر مهم لتصميم شبكة تصريف مياه الأمطار ، وهناك أكثر من طريقة لحساب كميات مياه الأمطار ومن أشهر هذه الطرق (Rational method):

$$Q = C\ I\ A$$

حيث ان :

Q: quantity of storm water (التدفق) (Liter /Second).

C: run off coefficient. (معامل الانسياب السطحي)

A: area (المساحة) (hectare).

I: rain fall intensity (كثافة المطر)(Liter/Second .hectare).

ويوجد لهذه النظرية كما النظريات الاخرى مجموعة فرضيات ، هذه الفرضيات قد لا تكون منطقية الا أنه اذا تم العمل عليها فيجب الاخذ بهذه الفرضيات:

توزيع الأمطار متساوي في كل المنطقة التي سيتم العمل عليها.

شدة الهطول متوزعة بشكل متساوي في كل فترة الهطول.

يتم إعتماد ما يسمى بـ (time concentration) في هذه النظرية ، وهو الوقت اللازم لجمع أبعد نقطة مطر وتصريفها (زمن الدخول وزمن التدفق):

$$tc = ti + tf$$

حيث ان :

ti : inlet time (5_15 min) , depend on ground slope and the nature of the ground.

tf : flow time = $length\ of\ pipe / velocity$.

بالنسبة لمعامل الانسياب السطحي(c) فيتم أخذه من الجدول:

جدول (7.1) :قيمة معامل الانسياب السطحي (C)

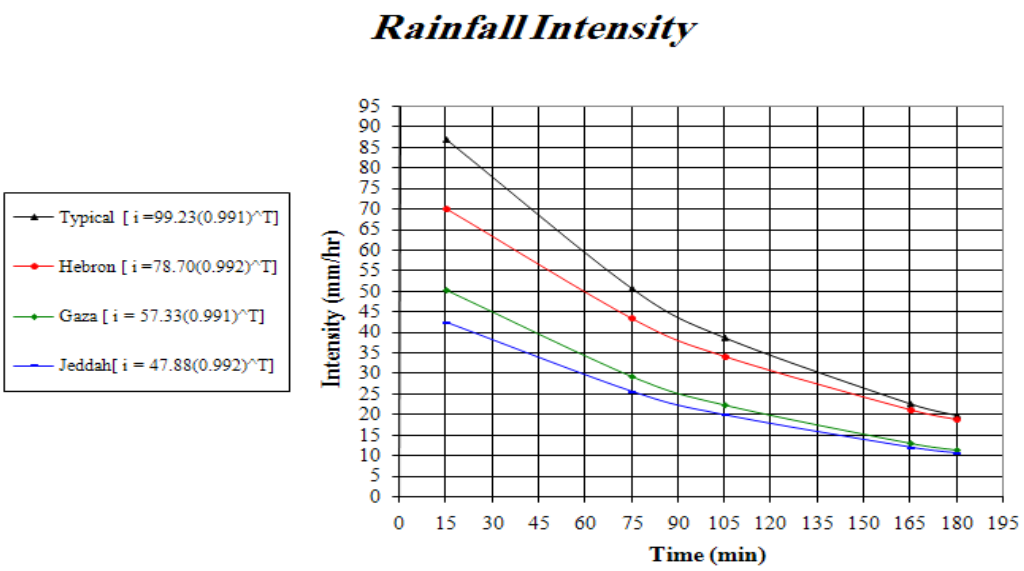
نوع السطح	قيمة معامل الانسياب السطحي (C)
أسطح المباني	0.95 – 0.75
شوارع ومسطحات مرصوفة رصف جيد	0.90 – 0.80
رصف بالطوب أو الحجارة بالمونه	0.85 – 0.75
رصف بالطوب أو الحجارة بدون مونه	0.70 – 0.50
طرق ترابية	0.60 – 0.25
طرق زلطية	0.30 – 0.15
طرق غير مرصوفة	0.30 – 0.10
أراضي عشبية ومساحات فارغة	0.20 – 0.10

في بلادنا يتم اعتماده عادة 0.7 .

وأما بالنسبة لكثافة المطر (I) : فتعتمد طريقة حساب شدة سقوط الامطار على مدة استمرار الهطول ، لذلك من المتوقع أن تكون غزارة المطر عالية عندما تكون الفترة قصيرة ، ومن المناسب تمثيل معلومات سقوط الأمطار على شكل منحنيات والتي تربط مدة سقوط الأمطار مع غزارتها لفترات دورية (25 , 10 , 5) سنة ، وهي تشمل اكبر كمية مياه أمطار سقطت خلال الفترات الدورية ، ويمكن استخدام المنحنيات المصممة على أساس 25 سنه في المناطق المعرضة إلى فيضانات.

أما القيمة الناتجة من المنحنى فتكون وحدتها (mm/hr) وبالتالي للحصول على الوحدة المطلوبة (L/S.ha) فيتم القسمة على 60 لتصبح القيمة بالدقائق (min) ، ثم نضرب بالرقم 166.7 لنحصل على الوحدة المطلوبة :

$$\frac{mm*\min*10000\ m^2*1000\ mm^2*1L}{\min*60S*ha*1000mm^3*1\ m^2} = 166.7\ L/S.ha$$



شكل (7.1): كثافة الأمطار

وبالتالي يتم حساب قيمة التدفق (Q) لكل مساحة من مساحات الطريق على حده.

7.5 تصميم شبكة التصريف :

7.5.1 أهم الامور التي تؤخذ عند التصميم

عند القيام بعمل التصميم للشبكة يجب أخذ بعين الاعتبار مجموعة أمور هامة :

1) Layout

حيث يتم تحديد أعلى نقاط محيطة بالمنطقة وتسمى الـ (water divider) ، وتحديد أعلى نقطة وأخفض نقطة و يتم التوصيل بينهما حسب الخارطة الكنتورية وتحديد اتجاه الحركة (flow direction) لتنتج الـ (catchment area) مع الاخذ بعين الاعتبار مجموعة أمور أهمها :

- تسيير الخط بأقل مسافة.
- يتم عمل النظام حسب الجاذبية الا اذا كانت التكلفة لشراء المضخات وتركيبها وصيانتها أقل من تكلفة الحفر.
- الـ (catchment area) يفضل أن تكون أكبر ما يمكن.

2) Inlets

وهي عبارة عن المدخل الخاص بمياه الامطار الى الشبكة ، ويتم وضعه اذا تحقق أحد الشروط :

1. عند تغير الميل.

2. عند تغير الاتجاه (حيث يجب أن تكون زاوية التغير أكبر من 90 درجة).
3. عند تغير قطر الـ (pipe).
4. اذا كانت المسافة (120_180) متر.

وفي مشروعنا فقد تم استخدام (gutter inlet).

شكل (2-7) : gutter inlet

Pipe diameter (3

وهو قطر الانبوب الذي سيتم استعماله في الشبكة.

D_{min} = 10 inch = 250 mm.

Velocity (4

حيث يتم الاهتمام بأقل سرعة وأعلى سرعة ، ويتم التحكم بها عن طريق تغيير الميل (S) في برنامج (Sewer cad) .

V_{min} = 1 m/s.

V_{max} = 5 m/s.

Slope (5

كما السابق يتم الاهتمام بأعلى وأقل ميل ، حيث أنهما مرتبطتين بشكل مباشر بالسرعة ،

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{.....6.6}$$

فعندما نريد ايجاد $S_{\min}$ نعوض V_{min} وعندما نريد ايجاد S_{max} نعوض V_{max}.

حيث ان :

- V : velocity of flow.
- n : manning coefficient = 1/75.
- R : hydraulic radius (by tables).
- s : design slope.

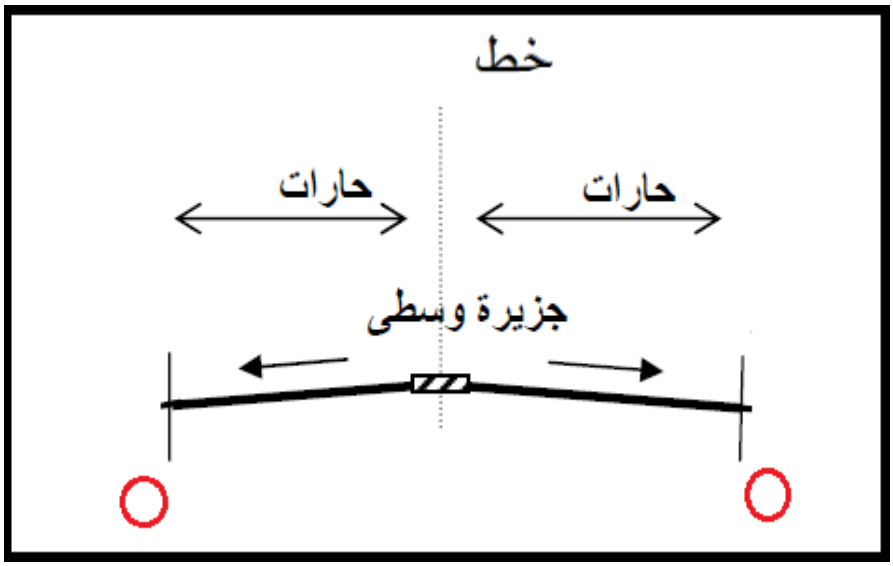
6) Depth of sewer (d_{min})

وهي أقل عمق للأنبوب عن سطح الارض ، وهو يساوي 1متر.

7) location of sewer pipes in road section

يتم وضع انابيب التصريف للمياه بإتجاه ميول المقطع العرضي للطريق.

وفي مشروعنا فان الميل سيكون من مركز الشارع نحو الاطراف ، لذا سيتم وضع الانابيب على جوانب الطريق:



شكل (7-3) :مكان وجود أنابيب الصرف

7.6 مراحل التصميم :

1. Lay out.
2. Calculate flow capacity (Q = CIA).
3. Calculate ground slope (G = $\frac{elevation\ of\ upper\ inlet - elevation\ of\ downer\ inlet}{distance}$).
4. Assume diameter (D = D_{min} = 10 inch).
5. Choose sewer slope : hear 4 cases :
   - I. G <$S_{\min}$→S = $S_{\min}$.
   - II. G = $S_{\min}$ → S = $S_{\min}$.
   - III. G >S_{max} → S = S_{max} .
   - IV. $S_{\min}$< G <S_{max} → S = G.

وفي مشروعنا تم تصميم انابيب تصريف مياة امطار في الجانب الايسر للطريق وتم استخدام قناة مفتوحة في الجانب الايمن تنقل الكمية التي تجمعها الى الانابيب عبر Inverted Siphon.

وتم تجهيز كافة المخططات وارفاقها في اللوحات المرفقة .

الفصل الثامن: النتائج والتوصيات

8.1. مقدمة عامة

8.2. تكلفة الطريق

8.3. النتائج العامة

8.4. التوصيات

8.1. مقدمة عامة

عند القيام بأي عمل سواء أكان هذا العمل هندسي أم غير هندسي ينتج عنه نتائج نهائية تحدد الأمور المطلوبة والتي لأجلها تم تنفيذ هذا العمل سواء بالإيجاب أو السلب.

يناقش هذا الفصل مجموعة النتائج التي تم التوصل اليها في عملية التصميم لهذا الطريق ويحتوي على مجموعة من التوصيات التي من شأنها إعطاء انطباع جيد عند التنفيذ لهذا المشروع.

8.2. تكلفة الطريق

يبلغ طول الطريق المقترح تصميمه في هذا المشروع حوالي 1096 م وكما هو موضح سابقا فان الرصفة من ثلاث طبقات وهي:

1- الاسفلت بكثافة 2.62 غم/سم3
2- البسكورس (الأساس) بكثافة 2.27 غم/سم^3.
3- طبقة ما تحت الأساس (sub base) بكثافة 1.71 غم /سم^3.

8.3. النتائج العامة

بعد المسح التفصيلي والتصميم الهندسي والانشائي للطريق فقد تم التوصل الى مجموعة من النتائج ، أهمها :

1. هذا الطريق له اهمية في ربط مدينة الخليل وقرية تفوح وفي خدمة المنطقة وجعلها اكثر حيوية.
2. كانت نتائج الطبقات الاربعة بعد القيام بكافة الحسابات اللازمة كما في الجدول (8.1):

جدول 8.1: نتائج طبقات الرصف

الرصفة	(سم) السمك
Pave1	3
Pave2	5
subbase	30
base	20

3. تم عمل تصميم لهذا الطريق بناء على النظام العالمي AASHTO(2011) ، وتم عمل التصميم على برنامج الـ (civil 3D)، وتم اخراج النتائج على المخططات المرفقة، وكانت الكميات:

جدول (8-2) ملخص كميات المشروع

الصنف	الكمية	الوحدة
حفر	29651	متر مكعب
ردم	18122	متر مكعب
أسفلت (طبقة 1)	11848	متر مربع
أسفلت (طبقة 2)	11848	متر مربع
طبقة الاساس (مدموك)	15358	متر مربع
طبقة الاساس (غير مدموك)	15358	متر مربع
جبهه	2190	متر طولي
ارصفة	3270	متر مربع

4. تم عمل تصميم لتصريف المياه السطحية على الطريق وتم ذلك عن طريق برنامج الـ (Civil 3D)، وتم اخراج النتائج كاملة على المخططات المرفقة.
5. تم تجهيز كافة التصميمات الأفقية والرأسية وكافة المعلومات اللازمة لتوقيعها.
6. تم اختيار مسار المشروع بناء على المخطط الهيكلي لمدينة الخليل.
7. تم وضع جميع الاشارات المرورية وفي موقعها المناسب.
8. تم حساب التكلفة التقديرية للمشروع وكانت:

جدول (8-3) الكميات الخاصة بمشروع تصميم الطريق الواصل من دير بحة الى بلدة تفوح

item No.	Description of Works تفصيل الأعمال	Quantity الكميات	Unit Of Measure وحدة القياس	Unit Cost USD السعر الأفرادي	price	Total Cost USD السعر الأجمالي
Cum. Cut	EARTHWORKS CUT	29651	M3		18	533718
Cum. Fill	EARTHWORKS FILL	18122	M3		18	326196
Base	STRUCTURE BASECORSE	15358	M2		18	276444
SubBase	STRUCTURE SUBBASE	15358	M2		14	215012
CURB	STRUCTURE CURB	2190	PICE		38	83220
SIDEWOLK	STRUCTURE SIDEWOLK	3270	M2		65	212550
Pave1	STRUCTURE PAVEMENT1	11848	M2		45	533160
PAVE2	STRUCTURE PAVEMENT2	11848	M2		41	485768
			جميع الأسعار شاملة الضريبة		SUM	2666068

8.4. التوصيات

1. يجب اخذ جميع اجرائات الامن والسلامة طوال فترة تنفيذ المشروع .
2. يجب ان يتم توريد مواد الردم حسب المواصفات سابقة الذكر والمتبعة في عملية التصميم.
3. يجب استخدام الجدران الساندة الخرسانة عند الحاجة , وتصمم حسب تعليمات المهندس الانشائي.
4. يجب ان يتم دمك طبقة الاساس جيداً.
5. يجب رش مادة البيتومين (Prime Coat) فوق طبقة الاساس وقبل وضع الطبقة الاولى من الاسفلت.
6. يجب رش مادة البيتومين (Tack Coat) فوق طبقة الاسفلت الاولى وقبل وضع الطبقة الثانية من الاسفلت.
7. التواصل مع بلدية الخليل أثناء تنفيذ المشروع لأي استشارة تطلبها.

المراجع :

1. البسيط في تصميم وإنشاء الطرق/ روحي الشريف و الموقع الالكتروني : http://ar.wikipedia.org/wiki/ هندسة_المرور الجزء الأول،عمان،الأردن،1981
2. محمود توفيق سالم ،هندسة الطرق ،1985.
3. معهد الأبحاث التطبيقية – القدس . دليل مدينة الخليل , 2009 .
4. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993
5. الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني , التعداد العام للسكان والمساكن والمنشآت, 2007.
6. الادارة العامة للأرصاد الجوية , كمية المطر السنوي في فلسطين حسب السنة وموقع المحطة، 2003-2013.
7. يوسف صيام، المساحة وتخطيط المنحنيات،عمان،1978
8. بلدية الخليل - قسم المساحة - المهندس عمار الجعبري و قسم الطرق – المهندس سامر العويوي
9. التصميم الانشائي للطرقhttp://www.survay-home.blogspot.com/2015/01/Structural-design-of-roads.html
10. https://issuu.com/20786/docs/californiabearingratiocbrtest
11. https://www.gis-zaghlol.com/2019/07/GPS1.html
12. وزارة النقل والمواصلات القانون الفلسطيني ولائحته التنفيذية
13. داود شحادة خلف، مبادئ الهندسة الصحية، عمان، الأردن، 1982
14. وزارة الحكم المحلي، دليل تخطيط الطرق والمواصلات في المناطق الحضرية، فلسطين،