بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة

مشروع تخرج بعنوان

تصميم وتأهيل طريق واد عزيز في مدينة الخليل

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص هندسة المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

انس أبوالضبعات

عزالدين الهور **عدي سليم**

إشراف

د. اعتصام أبو عزية

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

٢٠٢١-٢٠٢٢ م

مشروع تخرج بعنوان

تصميم وتأهيل طريق واد عزيز في مدينة الخليل

فريق العمل

أنس أبوالضبعات , عز الدين الهور , عدي سليم

المشرف

د. اعتصام ابو عزية

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

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

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

٢٠٢١-٢٠٢٢

الإهداء

أيام مضت من عمرنا بدأناها بخطوة وها نحن اليوم نقطف ثمار مسيرة أعوام كان هدفنا فيها واضحا وكنا نسعى في كل يوم لتحقيقه والوصول له مهما كان صعبا

وها نحن اليوم نقف أمامكم وها نحن وصلنا وبيدينا شعلة علم وسنحرص كل الحرص عليها حتى لاتنطفئ

نشكر الله أولا وأخير على أن وفقنا وساعدنا على ذلك

ثم نتقدم بالشكر إلى مخرج البشرية جمعاء من الظلمـــــات إلى النور محمـــــد ﷺ

ثم إلى القلب الحنون من كانت بجانبنا بكل المراحل التي مضت من تلذذت بالمعاناة وكانت شمعه تحترق لتنير دربنا

إلى أمهاتنا الحبيبات

وإلى من علمنا أن نقف وكيف نبدأ الألف ميل بخطوة إلى يدنا اليمنى إلى من علمنا الصعود وعيناه تراقبنا والدنا العزيز....

لمن أمسك بيدينا وعلمنا حرفا ..حرفا ..سنهدي له نجاحنا اليوم إلى من كانوا سندا لنا

إلى من لهم الفضل بإرشادنا إلى طريق العلم والمعرفة إلى أساتذتنا الأفاضل كم نحن فخورون بكم

أصدقائنا وأحبتنا ومن سهروا معنا في مسيرتنا العلمية إلى من مدوا أياديهم البيضاء في ظلام الليل وكانوا عونا لنا

أيام جميله قضيناها نعيشها الآن لحظة... بلحظة ونشعر وكأنها شريط يمر بمخيلتنا من جديد

عام ..وعام يوما.... ويوم

لن ننساكم ماحيينا

... ولن ننسى هذا المكان الذي جمعنا بمقاعده وأبوابه حتى فنائه إلى كل جزء به
ولن ننسى وطننا المعبق بأريج الحب ورائحة الشهداء

لن ننساه وسنقدم كل ما بوسعنا له وسنجعل كل ركن به يشهد بما سنقدم وسنكون كالمطر ولن نبخل بما تعلمنا وسنكون كالماء أينما وقعنا نفعنا

نشكركم بكل متحمله كلمة شكر من معنى ونهدي لكم كل عمرنا يا أجمل ما مضى به
نشكركم تنطقها قلوبنا على ألسنتنا نشكركم كلمة تعني لنا الكثير وتحمل من الشعور الكثير
تخوننا كل عبارات الشكر في تقديم ما يليق بكم لن ننسى الفضل ولن ننساكم أبدا .

الشكر والتقدير

تكـــاد شمـــــــوع الشكـــــر تحـــترق خجلاً لتضيء كلمـــات عـــجز اللســـان والقـــلم عنهـــا

تحـــــية إجـــــلال نـــقدمـهـــــا إلى كـــــل مـــــن لـــه حـــق علـينا في مسيرتنـا التعليمية

إلى كـــــل مـــــن قـــــدم لـــنـــا مـــــعلومـــة نبقـــــــا ممتنـــين لـــــه بـــاقي حياتنـــا

إلـــــــــــــــــــــــى أســـــــاتـــــــــذتـــنـــــا جـــــمـــــيـــــعـــــــــــــــاً

إلى الدكتور القدير اعتصام ابو عزية الـــــــذي لـــــم يبخـــل علينـــا بأي معلومة أو مساعدة

إلى بلدية الخليل ممثـــلـــة بـرئيسهـا وأعـضائها مـــن مهندسين وعاملين

إلى جـــــــامعتنـــــــا الـــــتـــــي أعـــــطتنـــا الـفرصـــــــة لـنكون مـــــــــــن

روادها

لـــــــــــهم جـــــــميعـــــــــــــــاً نـــــــــــقدم جـــزيـــــــل الشكـــــــــــــــر

والامتنان

نبذة مختصرة

اسم المشروع

(تصميم وتأهيل طريق واد عزيز في مدينة الخليل)

بواسطة :-

أنس أبوالضبعات

عز الدين الهور

عدي سليم

المشرف :-

د. اعتصام ابو عزية

نبذة مختصرة :-

الهدف الرئيس للمشروع هو إعادة تأهيل وتصميم طريق واد عزيز في مدينة الخليل ،وهي طريق فرعية تربط مع الشارع أبو كتيلا الرئيسي وشارع فرش الهوا وهي طريق تربط مع المجمعات السكنية وعديد من المدارس وتخدم العديد من السكان ويبلغ طول الطريق ١١٥٦ متر.

وسيتضمن المشروع تصميم البنية التحتية ,ونظام تصريف مياه الإمطار، وتصميم المنحنيات الرأسية والأفقية ووضع نظام نقل ومرور مناسب بالاعتماد على المواصفات والمعايير الهندسية.

كذلك نريد عمل نظام جيد لتصريف المياه السطحية عن حرم الطريق من خلال عمل الأقنية الجانبية والميول العرضية وكذلك وضع العبارات في الأماكن المناسبة، كذلك نهدف إلى تصميم التقاطعات بشكل يوفر الأمن للمواطنين والمركبات على حد سواء, ونهدف أيضا إلى وضع علامات وإشارات المرور في الأماكن الصحيحة.

Abstract

Project name

(Design and rehabilitation of Wad Aziz road in the city of Hebron)

By: -

Anas Abu Dabat

Ezz –al dein Al Hour

Oday Saleem

Supervisor:

Dr. Itissam Abuiziah

Abstract: -

The main objective of the project is to rehabilitate and design Wad Aziz Road in the city of Hebron, which is a secondary road that connects with the main Abu Katila Street and Farsh Al-Hawa Street, which is a road that connects with residential complexes and many schools and serves many residents. The length of the road is ١١٥٦ meters.

The project will include the design of the infrastructure, the rainwater drainage system, the design of vertical and horizontal curves, and the development of an appropriate transportation and traffic system based on engineering specifications and standards.

We also want to create a good system for the drainage of surface water from the right-of-way by making side channels and transverse slopes, as well as placing ferries in the appropriate places

الصفحات التمهيدية

الغلاف : I

شهادة تقديم المشروع : II

الإهداء : III

الشكر والتقدير : IV

الملخص باللغة العربية : V

الملخص باللغة الانجليزية : VI

فهرس المحتويات : VII

قائمة الأشكال : IX

قائمة الجداول : X

الفصل الأول : المقدمة

١-١ نظرة عامة : ١

١-٢ لمحة عن مدينة الخليل : ٣

١-٢-١ تاريخ المدينة : ٣

١-٢-٢ السكان والمناخ : ٤

١-٣ أهمية الطرق في مجالات التنمية الحيوية ٤

١-٤ فكرة المشروع : ٤

١-٥ منطقة المشروع : ٥

١-٦ صورة جوية عامة للشارع والمنطقة : ٥

١-٧ هيكلية المشروع : ٦

١-٨ أهداف وأهمية البحث : ٦

١-٩ طريقة البحث : ٧

١-١٠ الدراسات السابقة : ٧

١-١١ الاجهزة المساحية والبرامج المستخدمة : ٨

١-١٢ الجدول الزمني : ٨

الفصل الثاني : الأعمال المساحية

٢-١ مقدمة : ١٠

٢-٢ دراسة المخططات : ١٠

٢-٣ الأعمال الاستطلاعية : ١٠

٢-٤ مرحلة الرفع التفصيلي : ١١

٢-٥ النقاط المرجعية (control points) : ١١

٢-٦ نظام تحديد الموقع بالاقمار الصناعية (GNSS) : ١٢

٢-٦-١ مكونات نظام تحديد المواقع : ١٣

٢-٦-٢ دور الاقمار الصناعية في تحديد المواقع : ١٣

٢-٦-٣ طريقة عمل النظام : ١٣

٢-٦-٤ مصادر الاخطاء في نظام (GNSS-GPS) : ١٣

٢-٦-٥ طرق الرصد : ١٤

الفصل الثالث : المشاكل و العوائق في الطريق

٣ -١ مقدمة : ١٦

٣-٢اصناف الطرق : ١٦

٣-٣ الاهداف المرجوة من تشخيص المشاكل ووضع الحلول اللازمة : ١٨

٣ -٣-١ عرض الطريق غير مناسب : ١٨

٣-٣-٢ عدم وجود تصريف جيد لمياه الامطار: ١٨

٣-٣-٣ عدم وجود ارصفة:..... ١٩

٣-٣-٤ وجود حفر بكثرة في الطريق :..... ٢٠

٣-٣-٥ تشقق الاسفلت في الجزء المعبد من الطريق : ٢١

٣-٣-٦ عدم وجود اضاءة على الطريق : ٢٢

٣-٣-٧ عدم وجود اشارات ارشادية وتحذيرية على الطريق :..... ٢٣

الفصل الرابع : العد المروري

٤-١ حجم المرور:..... ٢٥

٤-١-١ مقدمة: ٢٥

٤-١-٢ الهدف من دراسة احجام المرور : ٢٥

٤-١-٣ مفاهيم اساسية : ٢٦

٤-١-٤ عربات التصميم :..... ٢٧

٤-١-٥ تعداد المركبات : ٢٩

٤-١-٥-١ فترات التعداد : ٢٩

٤-١-٥-٢ انواع التعداد على الطريق :..... ٢٩

٤-١-٥-٣ طرق حصر (تعداد) المرور : ٢٩

٤-٢ حسابات العد المروري :..... ٣٠

٤-٢-١ طريقة ترتيب العد : ٣٠

٤-٢-٢ العد المروري الخاص بالمشروع بالاضافة للحسابات الخاصة بالعد:..... ٣١

الفصل الخامس : التصميم الانشائي للطريق و الفحوص المخبرية

٥-١ مقدمة: ٣٥

٥-٢ الانواع الرئيسة للرصف ٣٥

٥ -٢ -١ الرصف الصلب..... ٣٥

٥ -٢ -٢ الرصف المرن..... ٣٥

٥ -٢ -٢-١ طبقات الرصف المرن..... ٣٦

٥-٢ -٣ الرصف المركب..... ٣٧

٥-٣ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة ٣٨

٥-٣-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test) ٣٨

٥-٣-٢نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio)..... ٤٢

٥-٤تصميم الرصفة المرنة..... ٤٨

٥-٤-١حساب قيمةEquivalent Accumulated 18000 Single Axle Load(ESAL). ٤٨

٥-٤-١-١الحمل المكافئ لمحور مفرد..... ٤٨

٥-٤-١-٢معامل حمل المحور ا..... ٤٨

٥-٤-٢حساب سماكة طبقات الرصف. ٥٣

الفصل السادس : خدمات الطريق

٦-١ مقدمة..... ٥٨
٦-٢ علامات المرور على الطريق (Traffic Marking) ٥٨
٦-٢-١ أهداف علامات المرور ٥٨
٦-٢-٢ الشروط الواجب توافرها في العلامات..... ٥٩
٦-٢-٣ أنواع علامات المرور..... ٥٩
٦-٢-٣-١ الخطوط..... ٥٩
٦ -٢-٣-٢ الكلمات ٦٠
٦-٢-٣-٣ الاسهم..... ٦٠
٦-٢-٣-٤ اللون..... ٦٠
٦-٢-٣-٥ المواد العاكسة..... ٦٠
٦-٢-٣-٥ الاشارات..... ٦٠
٦-٢-٣-٥-١ الهدف من الاشارات..... ٦٠
٦-٢-٣-٥-٢ أنواع الاشارات..... ٦٠
٦-٢-٣-٥-٣ مواصفات الاشارات..... ٦١
٧ – الرؤية في الليل..... ٦٢
٦-٣ الإنارة على الشوارع والطرق..... ٦٥
٦-٣-١ فوائد الانارة ٦٥
٦-٣-٢ مواصفات الإنارة ٦٥
٦-٣-٢-١ ارتفاع أعمدة الإنارة..... ٦٦
٦-٣-٢-٢ المسافة بين أعمدة الإنارة..... ٦٦
٦-٤ المواقف ٦٨
٦-٤-١ أهمية المواقف ٦٨
٦-٤-٢ انواع المواقف ٦٨
٦-٤-2-١ مواقف على الشارع..... ٦٨

٦-٤-٣ تطوير المواقف..... ٦٩

الفصل السابع : التصميم الهندسي للطريق

٧-١ مقدمة..... ٧١
٧-٢ أسس التصميم الهندسي للطريق ٧١
٧-٣ المنحنيات ٧٩
٧-٣-١ المنحنيات الأفقية ٧٩
٧-٣-٢ المنحنيات الرأسية..... ٨٢
٧-٤ القوة الطاردة المركزية ٨٦
٧-٥ التعلية (Super Elevation) ٨٧
٧-٥-١ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق (التعلية) ٨٩
٧-٦ تصريف مياه الأمطار والمياه السطحية عن الطريق..... ٩١
٧-٧ التقاطعات ٩١
٧-٨ طبقات الشارع (الرصفات) ٩٢
٧-٨-1 أنواع الرصفات..... ٩٢
٧-٨-١-١ الإسفلتية أو المرنة (Flexible Pavements) ٩٢
٧-٨-١-٢ الخرسانية أو الصلدة (Rigid Pavements) ٩٢
٧-٨-١-٣ المركبة أو المختلطة (Composite Pavements) ٩٣
٧-٨-٢ عوامل التصميم (Design Factors) ٩٣

الفصل الثامن : التكلفة والعطاء

8-1المقدمة ٩٤
8-1-1التكلفة النهائية للمشروع ٩٤
8-1-2ملخص التكلفة الكلية للمشروع..... ٩٤
8-2العطاء..... ٩٥
8-3الوثائق المكونة للعقد ٩٥

8-3-1خطاب الدعوة ٩٥
8-3-2تعليمات الى المقاولين ٩٥
8-3-3العرض او صيغة المناقصة ٩٥
8-3-4الاتفاقية ٩٥
8-3-5شروط العقد ٩٥
8-3-5-1الشروط الخاصة وتشمل ٩٦
8-3-5-2الشروط العامة وتشمل ٩٦
8-3-6الجداول الملحقة بشروط العقد ٩٦
8-3-7المواصفات ٩٧
8-3-8الرسومات ٩٧
8-3-9جداول الكميات ٩٧
8-3-10تقرير عن حالة التربة ٩٧

الفصل التاسع : النتائج والتوصيات

9-1مقدمة ٩٨
9-2النتائج ٩٨
9-3التوصيات ٩٨
المراجع : ٩٩

قائمة الأشكال

شكل (١-١) : موقع المشروع : ٥
شكل (٢-١) : منظومة الاقمار الصناعية فيمدارتها حول الارض: ١٢
شكل (٢-٢) : عملية الرصد الثابت : ١٤
شكل (٢-٣) : نظام المحطة الافتراضية: ١٥
شكل (٣-١) : انواع الطرق الحضرية: ١٦
شكل (٣-٢) : تصنيف الطرق في محافظة الخليل: ١٧
شكل (٣-٣) : عدم وجود تصريف لمياه الامطار: ١٩

شكل (٣-٤) :عدم وجود ارصفة في الطريق : ٢٠
شكل (٣-٥): وجود الحفر في الطريق :..... ٢١
شكل (٣-٦) :عيوب التشققات في الطريق :..... ٢٢
شكل (٣-٧) :عدم وجود مصابيح انارة في الطريق :..... ٢٤
شكل (٣-٨) :خلو الشارع من الاشارات : ٢٤
شكل (٣-٩) :قائمة الاشارات :..... ٢٥
شكل (٤-١) : أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها: ٢٨
شكل (٤-٢) : اتجاه المركبات الداخلة الي الطريق من جهة المفرق ابو كتيلا: ٣٠
شكل (٤-٣) : اتجاه المركبات الداخلة الى الطريق من جهة مفرق بئرعركة:..... ٣١

الشكل (٥-١) طبقات الرصفة المرنة..... ٣٧
الشكل(٥-٢)العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(base course)..... ٤٠
الشكل(٥-٢)العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(base course)..... ٤٢
شكل (٥-٤) الجهاز المستخدم في تجربة(CBR)..... ٤٤
شكل (٥-٥)العلاقة الغرز والمقاومة عند ٦٥ضربات لطبقة(Base Course)..... ٤٦
شكل (٥-٦)العلاقة بين المقاومة والغرز عند ٣٠ضربات لعينة (Sub grade)..... ٤٧
شكل(٥-٧) :S-soil support value ٥٤
شكل(٥-٨): قيمة المعاملSN..... ٥٥
الشكل (٦-١): انواع الخطوط في علامات المرور..... ٥٩
الشكل (٦-٢) مفهوم إشارات المرور..... ٦٢
الشكل (٦-٣) موقف موازي على الشارع..... ٧٠
شكل (٧-١) مقطع عرضي لطريق من حارتين..... ٧٣
شكل (٧-٢) الميول الطولية ٧٤
شكل (٧-٣) كتف الطريق..... ٧٥
شكل (٧-4) الأطاريف..... ٧٦
شكل (٧-5) الأرصفة..... ٧٧

شكل (٧-6) الجزر الفاصلة..... ٧٨
شكل (٧-8) عناصر المنحنى الدائري البسيط..... ٧٩
شكل (٧-9) المنحنى الانتقالي..... ٨٢
شكل (٧-10) المنحنى الرأسي المحدب..... ٨٣
شكل (٧-١١) المنحنى الرأسي المقعر..... ٨٣
شكل (٧-12) عناصر المنحنى الرأسي..... ٨٣
شكل (٧-13) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات..... ٨٦
شكل (٧-١٤) التعلية..... ٨٨
شكل (٧-١٥) تطبيق التعلية على المنحنيات..... ٨٩
شكل (٧-١٦) الدوران حول المحور..... ٨٩
شكل (٧-١٧) الدوران حول الحافة الداخلية..... ٩٠
شكل (٧-١٨) الدوران حول الحافة الخارجية..... ٩٠

قائمة الجداول

جدول (١-١) : الجدول الزمني لمقدمة المشروع: ٨
جدول (١-٢) : الجدول الزمني المتوقع للمشروع: ٩
جدول (٤-١) : سعة الطريق حسب مواصفات (AASHTO):..... ٢٧
جدول (٤-٢) : الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات (AASHTO): ٢٨
جدول (٤-٣) : التعداد المروري اليومي لمدة أربع أيام متفرقة: ٣٢
جدول (٤-٤) : متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع :..... ٣٢
جدول (٤-٥) : معاملات انواع المركبات وفقا للمواصفات الاردنية:..... ٣٣
جدول (٤-٦) قيم Kو Dالعامة : ٣٤
جدول (٥-٢)الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة..... ٣٩
جدول (٥-٣) الكثافة الرطبة لعينة..... ٤١
جدول (٥-٤)الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة..... ٤١

جدول رقم (٥-٥)يوضح بعض قيم نسبة التحمل..... ٤٣
جدول(٥-٦)١ المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن..... ٤٣
جدول (٥-٧)حساب نسبة التحمل..... ٤٣
الجدول (٥-٨) العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٦٥ضربة لطبقة(Base course) ٤٥
جدول (٥-١٠)نسبة كاليفورنيا لكل طبقة..... ٤٨
الجدول(٥-١١) نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية(fd) ٤٩
جدول (٥-١٢) معامل النمو(*Gf*). ٥٠
جدول (٥-١٣)تحويل أوزان المركبات الى أحمال قياسية(Load Equivalency factor)..... ٥١
جدول (٥-١٤) : متوسط عدد المركبات ونسبة المركبات لكل ساعة..... ٥٢
جدول(5-15) [١] : قيمة ال CBRلكل طبقة..... ٥٣
جدول(٥-16) [١] : قيمة المعامل المناخي..... ٥٤
جدول(5-17):قيمة المعامل(a1) ٥٦
جدول(5-17):قيمة المعامل(a1) ٥٦
جدول(5-19) [١]:سماكة الطبقات..... ٥٧
جدول (٦-١) العلاقة ما بين سرعة السيارة و المسافة بين الاشارة والتقاطع التي تدل عليه الاشارة..... ٦١
جدول (٦-٢) إشارات المشروع..... ٦٤
جدول (٦-٣) الخطوط المستخدمة في المشروع..... ٦٤
جدول (٦-٢) إشارات المشروع..... ٦٤
جدول (٦-٣) الخطوط المستخدمة في المشروع..... ٦٥
جدول (٦-٤) توزيع الأعمدة حسب عناصر الطريق..... ٦٧
جدول (٧-١) السرعة التصميمية للطرق الحضرية..... ٧٢
جدول (٧-٢) أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق..... ٨١
جدول (٧-٣) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار على المنحنى..... ٨١
جدول (٧-٤) قيمة الثابت k في المنحنيات الرأسية[١]..... ٨٥
جدول(8-1): التكلفة الكلية التقديرية للمشروع..... ٩٤

[١] AASHTO (2011)

الفصل الاول : المقدمة

1-1 نظرة عامة

2-1 لمحة عن مدينة الخليل

1-2-1 تاريخ المدينة

2-2-1 السكان والمناخ

3-1 اهمية الطرق في مجالات التنمية الحيوية

4-1 فكرة المشروع

5-1 منطقة المشروع

6-1 صورة جوية عامة للشارع والمنطقة

7-1 هيكلية المشروع

8-1 أهداف واهمية البحث

9-1 طريقة البحث

10-1 الدراسات السابقة

11-1 الاجهزة المساحية والبرامج المستخدمة

12-1 الجدول الزمني

1-1 نظرة عامة [1]:-

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 إعادة تأهيل أي طريق بعمل دراسة الجدوى التي تعني مدى الفائدة التي يقدمها الطريق المعدل مقارنة بالتكلفة . ولعمل هذه الدراسة نحتاج لتقدير عدد المركبات "تسمى بحجم المرور" التي توقع ان 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 إن 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 بأعداد 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.

[1] هندسة المرور , http://ar.wikipedia.org/wiki/ البسيط في تصميم وإنشاء الطرق/ روحي الشريف و الموقع الالكتروني : 15-6-2015

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 المسئولون قرار إنشاء الطريق من عدمه.

بعد التأكد من جدوى إعادة تأهيل الطريق ، واكتمال اعادة تصميمه , تبدأ المرحلة التشغيلية للطريق والتي تحتاج لمراقبة دائمة وتمثل هذه العملية المرحلة الأهم في الدول المتقدمة ، حيث ان كل التحديات الصعبة المتمثلة في الحاجة الدائمة للحفاظ على مستوى الخدمة المقبول خصوصا من ناحية زمن الرحلة الذي يزداد على الدوام بسبب زيادة حجم المرور وبالتالي يزداد التأخير عند التقاطعات. تسعى الجهات المسؤولة عن المرور على ضمان انسياب المرور بشكل مقبول ، ولتحقيق ذلك تقوم بمراقبة حركة المرور بشكل مستمر وتحديد نقاط الازدحام والتأخير وذلك بقياس عدة قيم أهمها :-

1- زمن الرحلة بين مكانين :- وذلك لمقارنة زمن الرحلة الحالي مع القيم التي تم قياسها في المواسم أو الأعوام السابقة ، حيث إن زيادة زمن الرحلة يعني وجود مشكلة في نقطة ما على طول المسار.

2- طول صفوف العربات عن التقاطعات :- بمقارنة طول الصفوف بالقيم التي تم قياسها سابقا ، حيث ان زيادة طول الصفوف يعني وجود مشكلة في هذه النقطة بالتحديد.

3- السرعة :- يتم قياس سرعة المركبات عند نقاط بعيدة عن التقاطعات لمعرفة ما إذا كان هنالك تأخير على طول الطريق مقارنة بالقيم التي تم قياسها سابقا.

4- حجم التشبع :- هو العدد الأقصى من المركبات التي يمكن إن يمر خلال نقطة معينة في وقت محدد ، وتتم مقارنة القيمة المقاسة من الطريق بـ 1800 مركبة\ساعة حيث يتوقع ان نقصان عدد المركبات عن 1800 في الساعة "للحارة الواحدة" يعني حدوث ازدحام وتأخير.

5- درجة التشبع :- وهي معيار سعة الطريق عند التقاطعات ذات الإشارة المرورية وتحسب من نسبة حجم المرور لحجم التشبع مضروبا في نسبة زمن الإشارة الأخضر لزمن الإشارة الكلي . يتطلب ذلك عمل دراسات مرورية للمنطقة المراد إنشاء الطريق فيها ، ويجب مراعاة أساسيات الدراسات المرورية فيها ، وعادة ما يتم إجراء دراسات مرورية في فترات زمنية محددة وهي :-

أ- أيام الأسبوع :-

الذروة الصباحية :- من 7:00 ص إلى 10:00 ص

ما بين الذروات :- من 10:00 ص إلى 1:00 ص

الذروة المسائية:- من 4:00 م إلى 7:00 م

ما بعد الذروة المسائية :- من 7:00 م إلى 7:00 ص

ب- أيام العطل ونهاية الأسبوع :-

عادة ما يتم إجراء الدراسات في فترة زمنية واحدة ما بين الساعة 10:00 ص إلى 7:00 م و قد تختلف هذه الأزمان قليلا حسب ظروف كل بلد ومواعيد الدوام والمدارس.

2-1 لمحة عن مدينة الخليل :-

الخليل مدينة فلسطينية، ومركز محافظة الخليل .تقع في الضفة الغربية إلى الجنوب من القدس بحوالي 35 كم، وتقع إلى الغرب من بيت اولا و دورا ،و يحدها من الشرق بني نعيم ،و من الشمال حلحول ، ومن الجنوب يطا.

تقع مدينة الخليل بين خط طول (35.5°) شرقي غرينتش وبين دائرتي عرض (31.5) شمال خط الاستواء ,وترتفع مدينة الخليل حوالي 900 م عن سطح البحر .

1-2-1 تاريخ المدينة [2]:-

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. [3]

---

[2] معهد الأبحاث التطبيقية – القدس . دليل مدينة الخليل , 2009 .

[3] الدباغ، مصطفى مراد. بلادنا فلسطين. جـ1، قسم 5، ص 12، (22-23)، 40، 52.

2-2-1 السكان والمناخ :-

الخليل أكبر مدن الضفة الغربية، حيث يبلغ عدد سكانها عام (2016) 215,000 نسمة (بحسب بلدية الخليل). ويذكر بأن عدد سكان الخليل مع مطلع القرن العشرين كان قد قدر بحوالي 8000 – 10000 نسمة فقط.

وقد بلغ عدد سكانها عام 1922 م حوالي 16577 نسمة منهم 430 يهودياً وعام 1945 م حوالي 24560 نسمة وبلغ عدد سكانها عام 1967 م بعد الاحتلال حوالي 38300 نسمة ارتفع إلى 79100 نسمة عام 1987 م.
يسود في الخليل مناخ متوسطي معتدل، ذو صيف حار وجاف، وشتاء بارد ممطر. يحل فصل الربيع في أواخر شهر مارس (آذار) وأوائل أبريل (نيسان)، ويعتبر شهرا يوليو (تموز) وأغسطس (آب) أحرّ شهور السنة، حيث يصل معدل درجات الحرارة فيهما إلى 28.9 ° مئوية (84 ° فهرنهايت)، أما أكثر الأشهر برودة فهو يناير (كانون الثاني)، ويصل فيه معدل درجة الحرارة إلى 3.9 ° مئوية (39 ° فهرنهايت).

أما بالنسبة لمعدلات الأمطار فتكون معدومة في بعض الأشهر مثل يونيو ويوليو وأغسطس. بينما يتساقط بين شهريّ أكتوبر (تشرين الأول) وأبريل (نيسان) عادةً، ويبلغ معدل التساقطات السنوي 589 مليمتراً (23.2 إنش)، وتكون في أعلى معدلاتها في شهري يناير وفبراير حيث يمكن أن يصل مستواها إلى أكثر من 170 ميليمتر.

3-1 اهمية الطرق في مجالات التنمية الحيوية :-

الطرق عنصر ضروري للمجتمع في مجالات التنمية الحيوية ،فهي تؤثر على مواقع الانشطة الانتاجية والترفيهية وانتشارها ، وانشار البضائع والخدمات المتوفرة للاستهلاك ،والمساعدات المتعلقة بالدفاع المدني والصحة والشرطة والتعليم والبريد وزيادة قيمة الاراضي التي تصلها الطرق ، فهي تساهم في رفع مستوى المعيشة للمواطنين.

تمثل الطرق العمود الفقري للبلاد والتي تتمحور حوله وحدة البلاد ونموها وتطورها ، فهي تلعب الدور الاهم في تحريك الاقتصاد الوطني ، والطرق لها الدور الكبير في الدفاع عن البلاد ووحدتها السياسية .

وتؤدي الطرق داخل المدن دورا حيويا بالنسبة للنقل السطحي فهي :

1- تربط المناطق السكنية ببعضها البعض .
2- تربط المناطق السكنية بمركز المدينة الرئيسي والمراكز الفرعية .
3- تربط مركز المدينة الرئيسي بالمراكز الفرعية .

4-1 فكرة المشروع : -

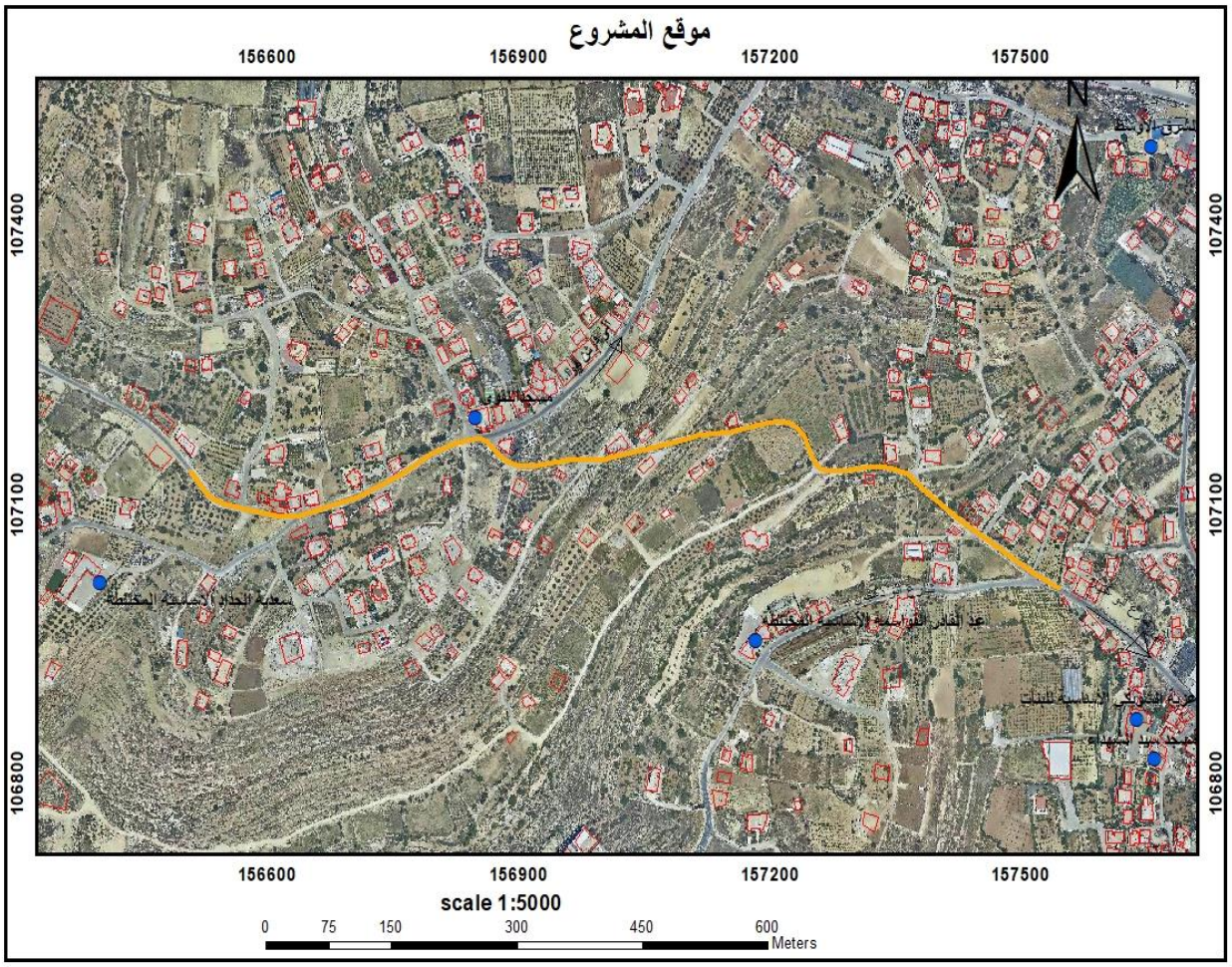
تشتمل فكرة المشروع على تصميم طريق (واد عزيز) الذي يقع بين مفرق ابو اكتيلا وحتى مفرق فرش الهوا في المنطقة الغربية من مدينة الخليل ويعتبر هذا الطريق رابطا بين العديد من التجمعات السكنية والعديد من المدارس والمناطق الحيوية في المدينة .

يهدف المشروع الى وضع تصميم نموذجي آمن للطريق ، مع الأخذ بعين الاعتبار جميع أسس التصميم الهندسي ، إضافة الى مراعاة الميول الجانبية اللازمة لعمل قنوات تصريف مياه الامطار ، ثم تصميم القطاعات العرضية والاكتاف ونظام الانارة على الطريق ونظام تصريف المياه والجدران الإسنادية ان وجدت .

5-1 منطقة المشروع :-

يقع هذا الطريق في المنطقة الغربية من مدينة الخليل وتحديدا بين مفرق ابو اكتيلا ومفرق فرش الهوا ويبلغ طول الطريق 1156م.

6-1 صورة جوية عامة للشارع والمنطقة :



شكل (1-1) :- موقع المشروع.

7-1 هيكلية المشروع :-

يشتمل بحث المشروع على عدة فصول يتم العمل عليها وهي على مرحلتين من الفصول الدراسية :-

الفصل الدراسي الصيفي :-

1. الفصل الأول :- يحتوي على المقدمة التي توضح موضوع البحث ، الأهمية ، الأهداف ، طريقة البحث ، هيكلية البحث ، العوائق والصعوبات ، الأجهزة المستخدمة والجدول الزمني للمشروع.
2. الفصل الثاني :- الأعمال المساحية.
3. الفصل الثالث :- المشاكل والعوائق في الطريق
4. الفصل الرابع :- العد المروري

الفصل الدراسي الاول:-

5. الفصل الخامس :- الفحوصات اللازمة للطريق مثل : (فحوصات التربة وفحوصات الإسفلت ..) .
6. الفصل السادس :- خدمات الطريق ، الذي يشمل إشارات المرور إن وجدت والإنارة على الطريق وتخطيط الطريق.
7. الفصل السابع :- التصميم الإنشائي وتصميم شبكة الصرف للطريق.
8. الفصل الثامن :- النتائج والتوصيات .

8-1 أهداف وأهمية المشروع :-

- خدمة المنطقة المار بها الطريق لجعل المنطقة أكثر حيوية ، وإعطاء طابع السلاسة في الحركة .
- معالجة مشكلة مياه الإمطار ، وذلك بتصميم الميول الجانبية للطريق وعمل قنوات التصريف على أسس هندسية .
- معالجة مشكلة الأسفلت المتكسر والمتشقق.
- معالجة مشاكل المنحنيات من حيث التعلية ومقدار الكشف.
- مراعاة سبل الأمان ، بتوفير الأرصفة وممرات المشاة والإنارة والإشارات المرورية في حال الحاجة اليها.

9-1 طريقة البحث :-

- القيام بتحديد موضوع البحث (اعادة تصميم وتأهيل طريق واد عزيز) والاستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية الخليل التصميمية للطريق من بلدية الخليل - قسمي المساحة والطرق والتخطيط[4].

- 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.
- البدء بالبحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الاستفادة منها في هذا المشروع.
- القيام بتنفيذ العمل الميداني عن طريق البدء بعمل مضلع الاسناد ب نظام تحديد الموقع بالأقمار الصناعية (GNSS) وذلك من أجل الحصول على أعلى دقة في العمل المساحي .
- 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.
- البدء بكتابة مقدمة المشروع مع مراعاة الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة و مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.
- بعد الانتهاء من المقدمة وانتهاء الفصل الدراسي الصيفي يتم الاستمرار في عملية التصميم والبدء بكتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة والتعليمات المتبعة لمشاريع التخرج في كلية الهندسة .

10-1 الدراسات السابقة :-

تعد الدراسات السابقة من أهم الركائز والدعائم الأساسية عند التخطيط للقيام بدراسة وتنفيذ أي مشروع ، لان ذلك له فائدة كبيرة من حيث التعرف على الأفكار المراد عملها في هذا المشروع ومحاولة الاستفادة منها ومحاولة تصحيح الأخطاء.

إن الدراسات للطريق غير متوفرة بشكل كاف ، والمعلومات الموجودة هي ما تم الحصول عليه من بلدية الخليل وهو مخطط يبين المنطقة التي يمر بها الطريق وكذلك تم التوجه إلى المشرف الذي زودنا بالتوجيهات اللازمة للقيام بالإعمال المساحية كما تم الرجوع إلى مكتبة الجامعة التي زودتنا بالكتب والمراجع اللازمة ، وسنعمل جاهدين على الاستفادة من هذه المصادر في تحسين تصميم هذه الطريق وفقاً لما تم ذكره في هذه المراجع ووفقاً للمواصفات والمقاييس لإنجاز هذا المشروع بنجاح.

[4] بلدية الخليل – قسم المساحة – المهندس عمار الجعبري , قسم الطرق – المهندس مهدي الكركي.

11-1 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة :-.

1- جهاز (GPS) وما يلزم معه مثل (عواكس ، أجهزة لاسلكية ، شريط قياس مسافات ، علبة دهان لتعليم النقاط ، مسامير...الخ) ، لأجل اغراض الرصد المساحي .
2- برنامج (ESRI ArcGIS 10.8) .
3- برنامج (Autodesk Civil 3D) .
4- برنامج (Autodesk AutoCAD) .

12-1 الجدول الزمني: -

الأسبوع / النشاط	1	2	3	4	5	6	7	8
اختيار المشروع و جمع المعلومات								
المساحة الاستطلاعية								
العمل الميداني								
العمل المكتبي								
الرسم باستخدام الكمبيوتر								
تجهيز التقرير الأولي لمقدمة المشروع								
تجهيز التقرير النهائي لمقدمة المشروع								

جدول (1-1):- الجدول الزمني لمقدمة المشروع

الأسبوع / النشاط	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
الفحوصات المخبرية															
التصميم و الحسابات اللازمة															
تجهيز التقرير الأولي للمشروع															
التسليم الاولي للمشروع															
التسليم النهائي للمشروع															
طرح العطاء															

جدول (1-2) الجدول الزمني المتوقع للمشروع

الفصل الثاني : الاعمال المساحية

2-1 مقدمة

2-2 دراسة المخططات

2-3 الأعمال الاستطلاعية

2-4 مرحلة الرفع التفصيلي

2-5 النقاط المرجعية (control points)

2-6 نظام تحديد الموقع بالاقمار الصناعية (GNSS)

2-6-1 مكونات نظام تحديد المواقع

2-6-2 دور الأقمار الصناعية في تحديد المواقع

2-6-3 طريقة عمل النظام: -

2-6-4مصادر الأخطاء في نظام GNSS-GPS

2-6-5 طرق الرصد

2-1 مقدمة :-

عند اعادة تصميم وتأهيل الطريق لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لضمان حسن الأداء ولمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أهّلت من اجله. لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أمور عدة مثل الاتجاهات والمسارب والانعطافات والتقاطعات، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه لذلك يجب تصميمها جنبا إلى جنب أثناء إعادة تصميم الطريق. ومن الأمور الواجب مراعاتها عند فتح طريق جديدة أو تحسينها أن يكون هذا التحسين سيعود بالفائدة الاقتصادية والاجتماعية على المجتمع. لذلك يتم دراسة الجدوى الاقتصادية 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 الاعتبار:-

1- أن يكون الميل مناسبا قدر الإمكان.
2- أن تكون الاستفادة 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 إعادة التصميم وما يجب أن تكون عليه بعد عملية إعادة تأهيل 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 :-

مهما تكن الخرائط لدى المهندس دقيقة إلا أنه يجب زيارة الموقع لمعرفة وضع الطريق وجمع المعلومات التالية :-

- جميع العوائق غير الموضحة على الخرائط والصور الجوية.
- عدد ونوع المنشآت اللازمة لصرف المياه السطحية.
- نوع وطبيعة التربة للموقع المقترح للمسار.

هذا وقد تم زيارة الموقع وعمل مسح استطلاعي للمنطقة للتعرف على طبيعة المنطقة وجيولوجيتها، كما تم التعرف على الانحدارات في الشارع، وأماكن تجمع المياه وذلك لمعرفة الأماكن التي تحتاج إلى عبارات عندها، والأماكن الضعيفة التي حدث لها هبوط .

4-2 مرحلة الرفع التفصيلي :-

يتم الوصول إلى هذه المرحلة بعد عمل مجموعة خطوات :-

1) المسح الابتدائي :- في هذه المرحلة يقوم فريق العمل بتحديد نقاط الضبط والتي من أهم مواصفاتها أنها تكشف أكبر قدر ممكن من الطريق المراد عمله ، وبعد عملية اختيار أماكن هذه النقاط يتم قراءة إحداثياتها بأدق ما يمكن (وقد تم أخذ إحداثيات هذه النقاط في هذا المشروع عن طريق جهاز التوقيع (GPS) بطريقة (fast static) واكمال نقاط الربط في الشارع وذلك لربط كل نقاط المشروع مع نظام الإحداثيات للدولة لتسهيل التعامل معها ويتم بعد ذلك تربيط وتوثيق هذه النقاط بالصور، وبعد ذلك يتم رفع الطريق بكل تفاصيلها وأخذ مقاطع عرضية بمسافة مناسبة لاختيار الميول المناسبة.
2) المسح الإنشائي :-
   1. تثبيت جميع أوتاد الطريق و تثبت على بعد 20 أو 25 متر على امتداد المحور الطولي للطريق مع تثبيت بداية المنحنى و نهاية ونقاط التقاطع والربط.
   2. تثبيت أوتاد الميول الجانبية .
   3. تثبيت أوتاد حدود حرم الطريق و هو العرض المخصص لكامل جسم الطريق مع أي توسعات في المستقبل و تثبيت الأوتاد هنا على حدود الأرض المملوكة و المخصصة للطريق و توسيعاتها
3) الأعمال المساحية النهائية :- بعد أن قام فريق العمل بعمل جميع المخططات الأولية يقوم بهذه المرحلة بدراسة هذه المخططات ، وبالتالي فإن هذه المرحلة تتضمن رسم مقاطع طولية وحساب كميات تقديرية للحفر والردم .

5-2 النقاط المرجعية (control points) :-

النقاط المرجعية او control points :هي نقاط معلومة الاحداثيات وتستخدم لربط مشروع ما بنظام الاحداثيات المحلي ومن مواصفاتها يجب ان تكون في منطقة واضحة وبعيدة عن العوامل التي قد تؤثر عليها ويجب ان تكون كل نقطة كاشفة للنقطة التي تليها والتي تسبقها وذلك من اجل امكانية استخدام جهاز (total station).

يوجد ثلاث انواع للنقاط المرجعية:

1. Full control point :

وهي نقاط معلومة الاحداثيات (X,Y,Z).

2. Horizontal Control Point :

وهي نقاط معلومة الاحداثيات (X,Y) ومجهولة الارتفاع(Z).

3. Vertical Control Point :

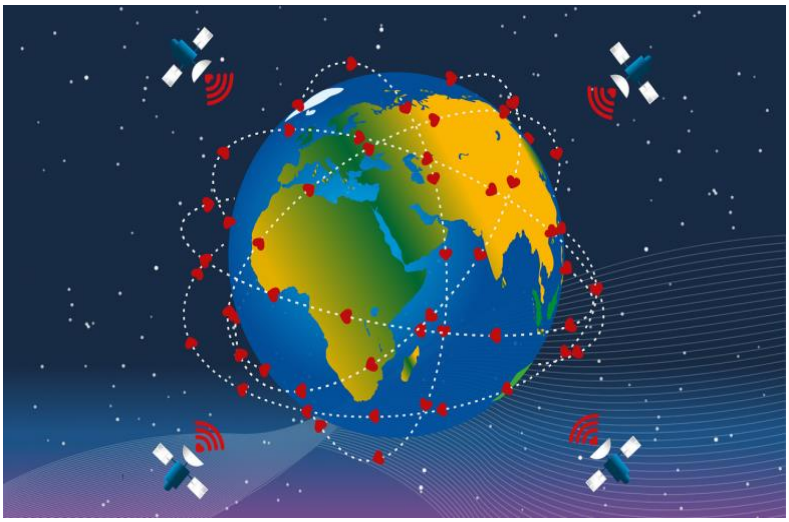
وهي نقاط معلومة الارتفاع(Z) ومجهولة (X,Y).

6-2 نظام تحديد الموقع بالأقمار الصناعية (GNSS[1]) :-

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 فأنها 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، وكذلك في المساحة المدنية من اجل مسح المدن والاراضي والطرق المختلفة.



شكل (2-1) :- منظومة الأقمار الصناعية في مداراتها حول الأرض.

[5] Global Navigation Satellite System (GNSS)

2-6-1 مكونات نظام تحديد المواقع:-

يتكون النظام من ثلاث وحدات رئيسة هي:

1- الأقمار الصناعية.
2- نظام التحكم الأرضي.
3- جهاز الاستقبال.

2-6-2 دور الأقمار الصناعية في تحديد المواقع:-

يتمثل دور القمر الصناعي في تحديد المواقع من خلال الوظائف التالية :-

1- استقبال وتخزين البيانات المرسلة من محطة التحكم.
2- الحصول على التوقيت الدقيق عن طريق الساعة الذرية (الروبيديوم والسنيزيوم).
3- إرسال المعلومات للمستخدم عن طريق إشارات مختلفة .
4- المناورة لتعديل المدار عن طريق التحكم الأرضي.

2-6-3 طريقة عمل النظام: -

سوف نقدم شرح مبسط لتقريب طريقة عمل النظام ، فنحن نسعى في النهابة من استخدام هذا إلى معرفة إحداثيات المستخدم إي معرفة موقعه على سطح الكرة الأرضية.

بما أن موقع كل قمر صناعي معلوم في مداره وبما انه يوجد لدينا أربعة أقمار صناعية على الأقل معلومة الإحداثيات ،إذا لو لستطعنا حساب المسافات ما بين المستقبل (المستخدم) وكل قمر صناعي لأصبحت لدينا مسألة رياضية تعرف في المساحة بالتقاطع العكسي وفيها نجد إحداثيات نقطه مجهولة بنقطة معلومة إحداثيات مجموعة من النقاط والمسافات بينها.

إذ ما يقوم بهي جهاز الاستقبال لدى المستخدم هو حساب المسافات إلى كل قمر صناعي وبمعلومة هذه المسافات وبمعلومة مواقع الأقمار الصناعية نستطع حساب موقع المستقبل (X , Y , Z).

2-6-4مصادر الأخطاء في نظام GNSS-GPS:-

هناك مصادر عديدة للأخطاء في نظام GPS وهي :

1-أخطاء من القمر الصناعي.

- استقرار ساعة القمر .
- انحراف القمر عن مساره .

2- أخطاء من محطات المراقبة والتحكم.

- خطأ التنبؤ بالإحداثيات.

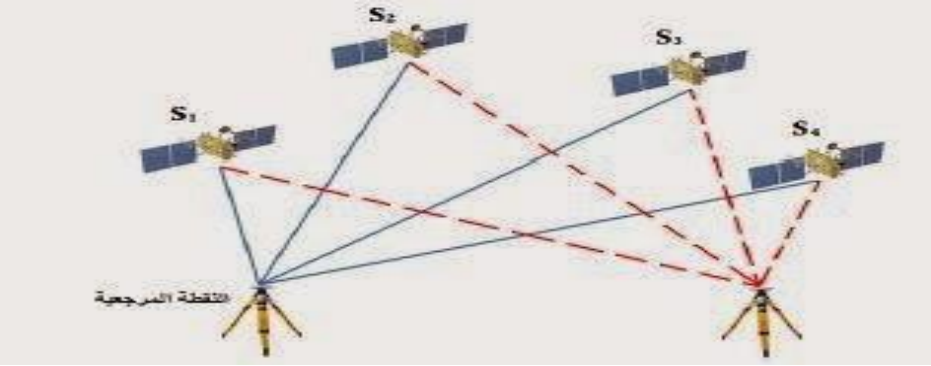
3-أخطاء من جهاز الاستقبال.

- تأخر الايونوسفير .
- تأخر التروبوسفير .
- ضجيج المستقبل.
- الانعكاسات الجانبية.

2-6-5 طرق الرصد :-

1- الرصد الثابت (Static Observations) :-

حيث يتم تثبيت المستقبل على النقطة المراد رصدها لفترة زمنية معينة حسب الدقة المطلوبة ،وطول خط القاعدة ما بين المستقبل 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 (2-2) :- 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 .

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

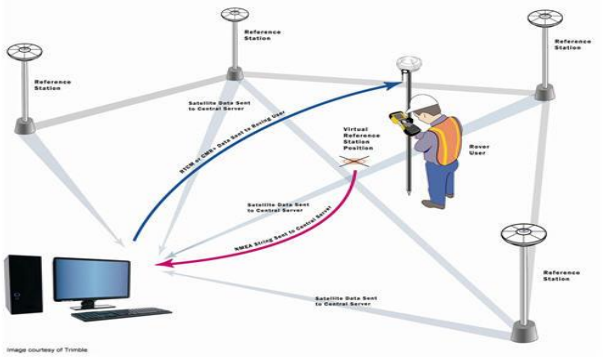
تمتاز هذه الطريقة بأنه يمكن الحصول على الاحداثيات في الموقع على شاشة معالج البيانات ، وتستخدم في المشاريع التي لا تحتاج دقة كبيرة (ضمن مدى 3 سم) ، وتستخدم عدة طرق لمعالجة البيانات لحظيا ومنها:

- 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 (2-3).



شكل (2-3) :- نظام المحطة الافتراضية

الفصل الثالث: المشاكل وعوائق الطريق

1-3 مقدمة

1-1-3 أصناف الطرق.

2-3 تعريف بالمشاكل والعوائق الخاصة بالطريق والحلول المقترحة لها .

3 -1-2- الأهداف المرجوة من تشخيص المشاكل ووضع الحلول الملائمة لها

2-2-3 عرض الطريق غير مناسب

3-2-3 عدم وجود تصريف جيد لمياه الامطار

4-2-3 عدم وجود ارصفة

5-2-3 وجود حفر بكثرة في الطريق

6-2-3 تشقق الإسفلت في الجزء المعبد من الطريق

7-2-3 عدم وجود اضاءة على الطريق

8-2-3 عدم وجود اشارات ارشادية وتحذيرية على الطريق

1-3 مقدمة :-

تعتبر برامج وضع الحلول المناسبة للمشاكل الموجودة في الطريق خطوة هامة وضرورية لتأمين عمليات مرور آمنة ومريحة, وقبل تنفيذها لا بد من إجراء تقويم شامل للطريق لمعرفة العيوب الموجودة فيه وأسباب هذه العيوب من أجل تحديد أفضل الطرق لحل هذه المشاكل.

يعاني شارع واد عزيز من بعض المشاكل والعوائق التي تعيق عملية اعادة التصميم للطريق وتنعكس على التخطيط الهيكلي والتنظيمي للطريق ، لذا كان من الضروري مناقشة المشاكل والعوائق في الشارع والعمل جاهدين على إيجاد الحلول لها ، حيث تمثل عملية دراسة وإيجاد الحلول لعوائق اعادة التصميم أولى الخطوات لوضع التصميم السليم للطريق من جميع النواحي الفنية والإنشائية والمرورية وضمان خدمة المنطقة لأطول فترة زمنية ممكنة , فبعد القيام بالزيارة الميدانية للموقع ودراسة كافة الجوانب من ناحية هندسية سوف نعرض هذه العوائق والمشاكل مع شرح لكل منها والاقتراحات الممكنة لحلها .

ولكن في البداية لا بد لنا من معرفة تصنيفات الطرق : -

2-3 أصناف الطرق:-

يوجد صنفان عامان للطرق حسب مواقعها وهي :-

طرق حضرية :

تتواجد الطرق الحضرية داخل المدن والبلدات والقرى (أي ضمن الحدود التنظيمية للهيئات المحلية) , ويتم تصنيف الطرق الحضرية إلى الطرق الشريانية والطرق التجميعية . والطرق المحلية ويمكن التنويه الى أنه توجد في المناطق الحضرية أحيانا طرق زراعية ايضا هدفها خدمة الاراضي الزراعية الموجودة فيها ، وتعتبر هذه الطرق طرقا محلية ، ولا يوجد حد أدنى لعرض حرم هذه الطرق ، ولكن يفضل ان لا يقل عن 6 متر ، والشكل (3-1) يبين انواع الطرق الحضرية [1].

الشكل (3-1) أنواع الطرق الحضرية.

[1] وزارة الحكم المحلي ، دليل تخطيط الطرق والمواصلات في المناطق الحضرية ، فلسطين 2013

طرق ريفية :

تتواجد الطرق الريفية خارج حدود المدن والبلدات، وتصنف هذه الطرق بناء على ما تم اعتماده في مجلس التنظيم الأعلى عام 1998 في جلسة رقم 98/ 4 حول مشروع الطرق الإقليمية الفلسطيني والنظام المرافق له ،ويستند هذا التصنيف عموما إلى بنية الشبكة وأهمية الطرق. ويتم تصنيف الطرق الريفية الى الطرق السريعة والطرق الرئيسية والطرق الإقليمية والطرق المحلية كما في الشكل (2-3)[2].

الشكل (2-3) تصنيف الطرق في محافظة الخليل .

[2] وزارة الحكم المحلي ، دليل تخطيط الطرق والمواصلات في المناطق الحضرية ، فلسطين 2013

3-3 الأهداف المرجوة من تشخيص المشاكل ووضع الحلول الملائمة لها :

1. إطالة العمر التشغيلي للطريق .
2. تقليل تكلفة النقل على الطريق .
3. تأمين سطح الطريق بحالة تشغيلية جيدة .

1-3-3 عرض الطريق غير مناسب :-

توضيح المشكلة :-

المشكلة الاولى في طريق واد عزيز هي ان عرض الطريق غير كافي حيث يبلغ عرض الطريق في اغلب المناطق من (4-6) متر وهو غير كافي لمرور المركبات بأمان بسبب وجود العديد من المدارس و تجمعات سكانية ومحلات تجارية موجود بالمنطقة وايضا يعتبر طريق غير آمن حيث لا يترك مساحة للمشاة ولا يوجد عرض كافي للرصيف وهذه تعتبر مشكلة كبيرة حيث ان الطريق يخدم عدة مدارس موجودة فيه ومعظم الاطفال والطلاب يستخدمون هذه الطريق للوصول مشياً على الاقدام للمدرسة.

الحلول المقترحة :-

لحل هذه المشكلة يجب زيادة عرض الطريق الى 14 متر على الاقل وهو الطريق المقترح من البلدية وعمل مساحات للمشاة على عرض 2 متر.

2-3-3 عدم وجود تصريف جيد لمياه الامطار :-

الشكل (3-3) : عدم وجود تصريف لمياه الامطار

توضيح المشكلة :-

الخليل منطقة جبلية وتستقبل الكثير من الامطار سنويا والشارع الموجود غير مهيأ لاستقبال الامطار وتصريفها بشكل صحيح وهندسي بسبب الحفر الموجودة في الطريق وعدم تأهيله بشكل جيد ولا يوجد مصارف للمياه في المناطق المنخفضة التي يتشكل فيها سيول في الشتاء التي قد تؤدي لانجراف التربة والطريق وايضا قد تؤدي الى نزول المواد الترابية والاحجار المجانبة للشارع الى الطريق وتشكيل خطر على المركبات والمشاة.

الحلول المقترحة :-

يجب عمل احتياطات في التصميم لتصريف مياه الامطار وذلك عن طريق عمل ميلان في الطريق وعمل قنوات جانبية وقنوات عرضية في المناطق المنخفضة لتصريف المياه وايضا عمل حماية للطريق من الاراض المحاذية ذات المستوى الاعلى من الطريق لمنع انجراف التربة الى الطريق.

3-3-3 عدم وجود ارصفة :-

توضيح المشكلة :-

الطريق لا يوجد فيه رصيف ولا مساحة مخصصة للمشاة وهي مشكلة كبيرة كما ذكرنا لان الشارع يستعمله عدد كبير من المشاة خصوصا للوصول الى المدارس ويضطر المشاة للمشي في الشارع بشكل اساسي .

و الصورة التالية تبين عدم وجود الارصفة بالطريق :-

الشكل (3-4) : عدم وجود ارصفة بالطريق

الحلول المقترحة :-

تصميم رصيف مناسب من الجهتين للمشاة وبعرض مناسب وباستعمال مواد مناسبة كالأحجار او الباطون وحمايته من المياه والانجرافات.

3-3- 4 وجود حفر بكثرة بالطريق :-

توضيح المشكلة :-

الشارع مليئ بالحفر الموجودة على الطرق و بسبب هذه الحفر تسير السيارات بشكل بطيء مما يؤدي لخلق الازمة بالطريق و ايضا بالشتاء تمتلي هذه الحفر بالماء و نتيجة ذلك لا يعرف السائق عمق الحفرة فتتعطل سيارته بسببها و ايضا ممكن ان تكون سيارة قادمة بسرعة كبيرة فيفقد السائق التحكم نتيجة محاولة الابتعاد عن الحفرة و يعرض السيارات و المشاة للخطر الكبير و حدوث الحوادث.

و الصور التالية تبين وجود الحفر بالطريق :-

الشكل (3-5) : وجود الحفر بالطريق

الحلول المقترحة :-

اعادة تصميم الطريق و تعبيدها بوضع طبقات من البيس كورس والاسفلت بسمكات مناسبة لضمان طريق مناسبة ويخدم مدة طويلة السكان الموجودين .

5-3-3 تشقق الإسفلت في الجزء المعبد من الطريق :-

توضيح المشكلة :-

يعاني الجزء المعبد من الطريق من العديد من العيوب والمشاكل المتمثلة في الإسفلت والتي تجعل الطريق غير امن وغير سليم للاستخدام وبالتالي تؤثر سلبا على استخدام الطريق من قبل المواطنين وعلى السلامة العامة , حيث تتمثل عيوب التشققات في الطريق بما يلي :-

1) الشقوق الشبكية.
2) الشقوق الطولية والعرضية.
3) الهبوطات.
4) الشقوق الجانبية.

والاشكال التالية توضح عيوب التشققات الموجودة في الطريق :-

الشكل (3-6) : عيوب التشققات في الطريق

الحلول المقترحة :-

يجب عمل فحص للرصفات ويتم كالآتي :-

1) قبل إجراء أي فحص للموقع يجب إتباع وسائل السلامة وذلك لضمان سلامة وسير عملية الفحص، وتوجد مرحلتين لتنفيذ المسح البصري للعيوب، الأولى بقيادة سيارة والثانية بالسير على الأقدام.
2) أثناء المرحلة الأولى من الفحص يقود فريق المسح السيارة بسرعة بطيئة على كامل منطقة الرصف ويتم تسجيل المناطق المتأثرة من الرصف بشكل تقريبي وعمل رسومات توضيحية.
3) المرحلة الثانية وهي مرحلة السير على الأقدام للمنطقة المدروسة، بهدف التعرف على مواقع العيوب.

وتتم عملية صيانة الطرق كالآتي :-

1) الحفر الإسفلتية :- يقوم المتعهد بتحديد مكان الإسفلت بواسطة منشار وظيفته فصل الإسفلت المستوجب عزله عن الإسفلت الجيد بشكل أفقي بمعدل 90 درجة عن مسطح الطريق، بعد عزل الإسفلت ترص الطبقة الترابية التي يليها الإسفلت بواسطة آلة ميكانيكية يدوية رجراج حتى المنسوب المطلوب رصه كما يشير المختبر، ثم نرش الإسفلت السائل(كولاس) بمعدل 1 كغم في المتر المربع الواحد تحت حرارة لا تقل عن 90 درجة مئوية وأن لا تزيد نسبة رطوبة الأرض عن 3 % حتى لا تجعل لنا طبقة عازلة بين التربة والإسفلت، ويترك حتى تتدنى حرارته لتساوي حرارة الجو، ثم يلي ذلك وضع الإسفلت على الكولاس السائل ويرص بواسطة مدحلة لا تقل زنتها عن 10 طن ولا تزيد عن 15 طن بسرعة 5 كلم في الساعة على أن ترطب العجلات بالماء حتى لا يتناثر الإسفلت عند دمكه ، ثم تفتح الطريق أمام المرور بعد تدني الحرارة لتساوي حرارة الجو.
2) التربة :- إذا مر على الطريق عمر من الزمن ويوجد فيها نتوءات ، تؤخذ عينات من الإسفلت والطبقات التي تليها إلى المختبر لفحصها وللحصول على نتائج تمكننا من معرفة إن كان يجب نزع التربة أو صيانة الإسفلت فقط

6-3-3 عدم وجود اضاءة على الطريق:-

توضيح المشكلة :-

يعاني الطريق من عدم وجود إنارة فيه وهذا يؤثر على رؤية السائقين والمشاة في الليل مما يؤدي إلى كثرة الحوادث إذ أن الحوادث التي تحدث ليلا في حال عدم توفر الإضاءة قد تكون كارثية .

الحلول المقترحة :-

وضع أعمدة الإضاءة بحيث يكون توزيعها متناسب لإضاءة كامل الطريق لمساعدة السائقين على الرؤية بوضوح إثناء القيادة ليلا للتقليل من نسبة الحوادث وتوفير الأمن والسلامة للمشاة ولا بد من مراعاة الشروط التالية بخصوص مواصفات الإضاءة .

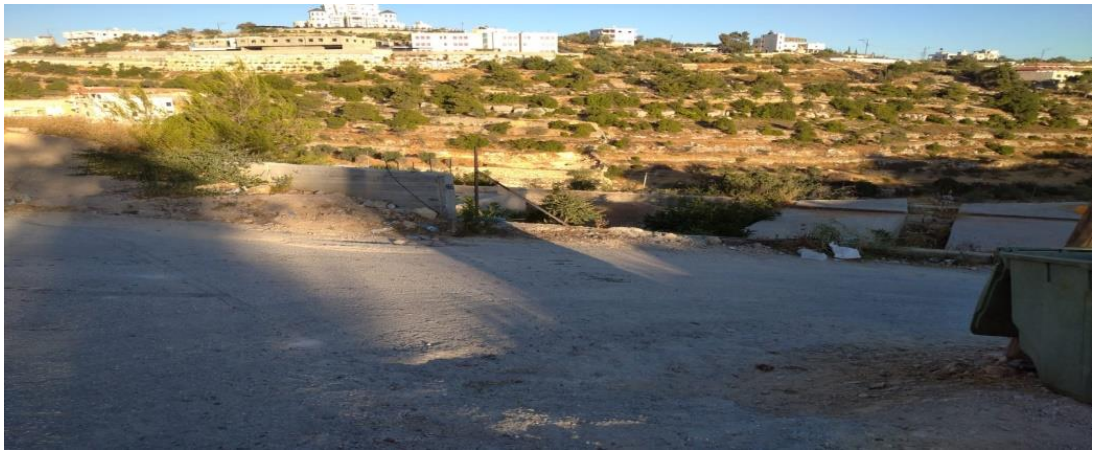
1) مكان وضع أعمدة الإضاءة حيث تثبت على جوانب الطريق (الأرصفة ان وجدت).
2) مراعاة إبعاد الأعمدة حيث الارتفاع والمسافات بينها بحيث تغطي الطريق بشكل كامل .
3) الاختيار الأمثل لنوع المصابيح المستعملة بحيث أن لا تكون مصنوعة من مواد سريعة التلف أو تتأثر بالعوامل البيئية والجوية .
4) وضع الإشارات العاكسة يساعد على رؤية حواف الطريق وتحديد مساره.
5) دارسة مدى قدرة الطريق على عكس الاضاءة .

الشكل (3-7) يوضح عدم وجود مصابيح انارة في الطريق .

7-3-3 عدم وجود اشارات ارشادية وتحذيرية على الطريق:-

توضيح المشكلة : -

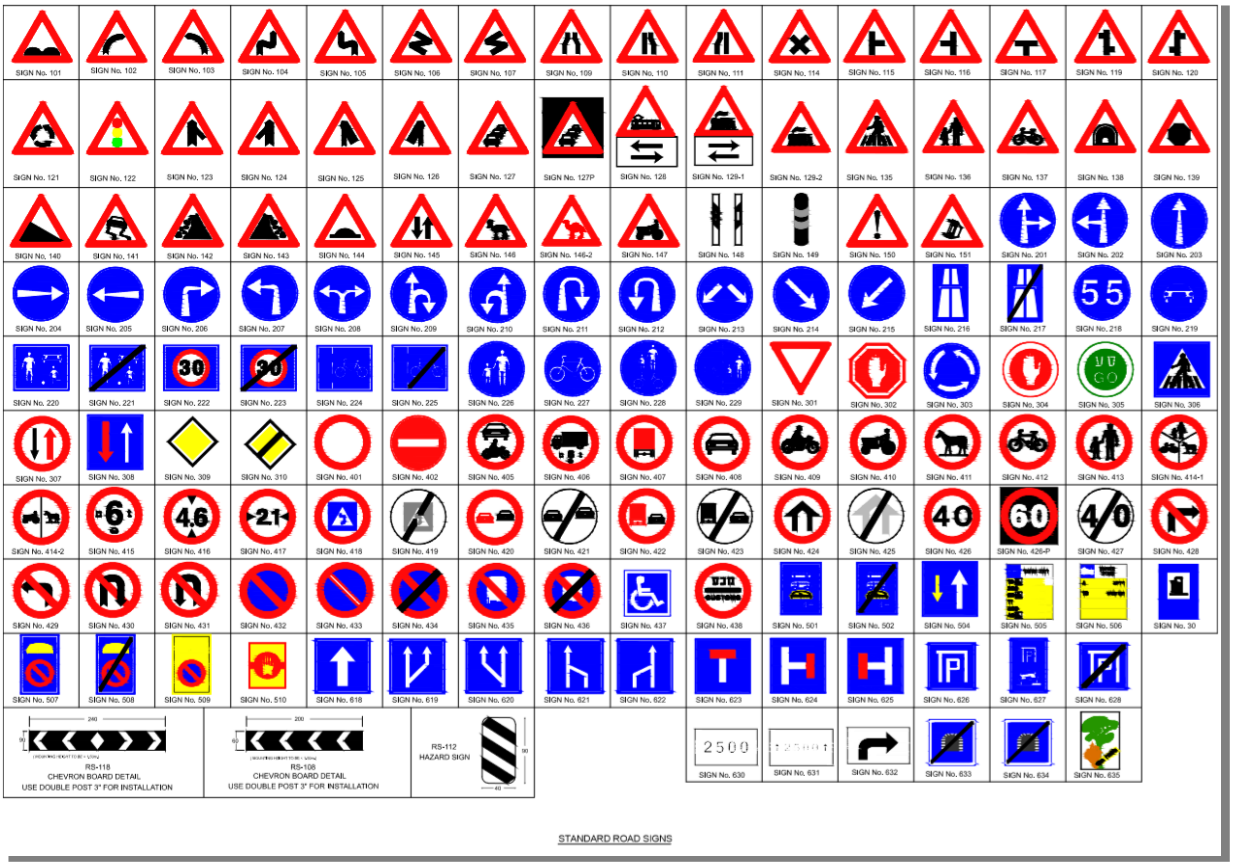
يهدف وضع اللوحات الإرشادية وعلامات المرور إلى تحقيق أقصى حد ممكن من الأمن والسلامة وإزالة التعارض والتأخير المحتملين وتأمين انسياب الحركة المرورية حيث إن الطريق لا يحتوي على اللافتات إذ يعاني الطريق من كثرة المنعطفات وعدم وجود لافتات تحذر من تلك المنعطفات مما يهدد بحدوث تصادم بين المركبات أو خروجها عن مسارها فعلامات المرور عبارة عن خطوط متصلة أو متقطعة مفرده أو مزدوجة أو قد تكون كلمات أو خطوط كما هو في ممر المشاة .



الشكل (3-8) يوضح خلو الشارع من الاشارات .

الحلول المقترحة :-

يكون الحل بوضع اللافتات الإرشادية أو التحذيرية في الأماكن الصحيحة وخاصة عند المنعطفات, أو علامات يتم ترسيمها على الشارع, متمثلة بالخطوط البيضاء والأسهم والألوان للبردوارت والخط المتقطع والمتصل في وسط الطريق, والإشارات العاكسة.



الشكل (3-9) يوضح قائمة الاشارات .

الفصل الرابع : العدد المروري

1-4 حجم المرور

1-1-4 مقدمة

2-1-4 الهدف من دراسة أحجام المرور

3-1-4 مفاهيم أساسية

4-1-4 عربات التصميم

5-1-4 تعداد المركبات

1-5-1-4 فترات التعداد

2-5-1-4 أنواع التعداد على الطريق

3-5-1-4 طرق حصر (تعداد) المرور

2-4 حسابات العد المروي

1-2-4 طريقة ترتيب العد

2-2-4 العد المروري الخاص بالمشروع بالإضافة للحسابات الخاصة بالعد

1-4 حجم المرور[1] :-

1-1-4 مقدمة:-

يساعد تحديد حجم المرور على الطريق على تصميم الطرق بالشكل الصحيح، وهذا تبعا لأهميته في عملية تخطيط وتصميم الطرق و تحديد 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 وعلى 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 علي 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.

2-1-4 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 لأن 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.

[1] التصميم الإنشائي للطرق www.survay-home.blogspot.com/2015/01/Structural-design-of-roads.html

3-1-4 مفاهيم أساسية:-

1. **المتوسط السنوي لحجم المرور 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.

2. **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") .
3. **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.
4. **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.

5. **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.

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)

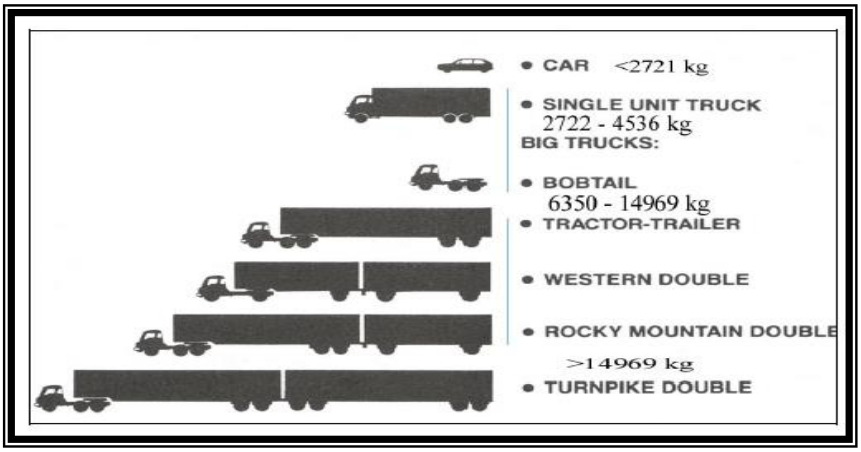
جدول (4-1) : سعة الطريق حسب مواصفات (AASHTO).

4-1-4 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 الأمامي.
- 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 (4-1) يبين الأحمال الواقعة على محاورها وجدول (4-2) الأبعاد الرئيسة للعربات الخاصة ومركبات النقل حسب مواصفات (AASHTO) ،



شكل (4-1) : أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها.

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 الأمامي 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

جدول (4-2) : الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات (AASHTO).

5-1-4 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) وهو 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).

1-5-1-4 فترات التعداد:-

إن إجراء التعداد على فترات مختلفة أمر في غاية الأهمية، وذلك من اجل 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.

2-5-1-4 أنواع التعداد على الطريق :-

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

3-5-1-4 طرق حصر (تعداد) المرور :-

1. **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 و شاحنة 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.

2. **العد اليدوي :- (الطريقة المستخدمة في المشروع)**

وهي الطريقة المثالية لحصر أعداد المركبات و عدد الركاب و ذلك 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 و بدقة 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.

3. **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 .

2-4 حسابات العد المروي :-

1-2-4 طريقة ترتيب العد :-

قمنا بترتيب تقسيم العد المروري للشارع على جزئيين.

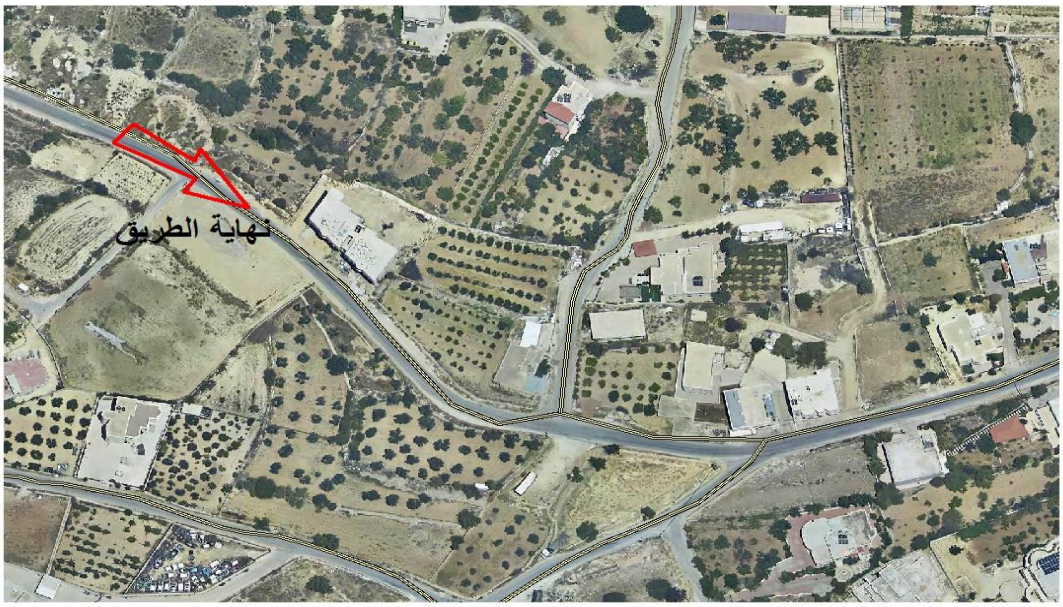
الجزء الأول :- بداية الطريق من مفرق أبو كتيلا وقد تم العد فيه للمركبات الداخلة الى الطريق كما في الصورة التالية :-

بداية الطريق من مفرق أبو كتيلا وقد تم العد فيه للمركبات الداخلة

شكل (4-2) : اتجاه المركبات الداخلة الي الطريق من جهة مفرق أبو كتيلا.

الجزء الثاني :- نهاية الشارع عند مفرق بير عركة , وقد تم عد فيه المركبات الداخلة الى الطريق كما في الصورة التالية :-

نهاية الشارع عند مفرق بير عركة



شكل (4-3) : اتجاه المركبات الداخلة الى الطريق من جهة مفرق بير عركة.

4-2-2 العد المروري الخاص بالمشروع بالإضافة للحسابات الخاصة بالعد :-

و بالنسبة للعد المروري الخاص بمشروعنا حيث تم العد لشارع مكافئ لشارع من واد عزيز من حيث الاهمية والحيوية والمناطق التي يغديها نظرا لان شارع واد عزيز غير مؤهل جيدا ،والشارع الذي تم العد المروري له وهو شارع ابو كتيلا على اربعة ايام متتالية, من الاحد الى الاربعاء

حيث يعني المشروع بإعادة تأهيل طريق واد عزيز بالاعتماد على المخطط الهيكلي من بلدية الخليل وبالاعتماد على كود تصميمي AASHTO 2004.

اليوم	الزمن	عدد المركبات	نوع المركبة		
			3-axle	2-axle	passenger
الأحد 11/7/2021	7-8	373	1	42	331
	8-9	385	2	43	340
	9-10	383	1	41	342
	11-10	371	0	45	326
	12-11	382	2	51	331
	1-12	400	1	53	346
	2-1	394	2	49	345
الاثنين 12/7/2021	7-8	378	0	43	335
	8-9	386	1	41	345
	9-10	384	0	42	342
	11-10	388	1	52	336
	12-11	395	2	45	348
	1-12	387	0	41	346
	2-1	405	2	54	349
الثلاثاء 13/7/2021	7-8	380	0	45	335
	8-9	395	0	47	348
	9-10	388	1	43	345
	11-10	392	1	52	339
	12-11	404	1	58	346
	1-12	391	0	43	348
	2-1	386	1	41	345
الأربعاء 14/7/2021	7-8	384	1	47	336
	8-9	387	0	42	345
	9-10	393	1	46	346
	11-10	390	2	51	339
	12-11	394	1	48	345
	1-12	397	1	46	351
	2-1	403	0	51	352

جدول (4-3) : التعداد المروري اليومي لمدة اربعة أيام متفرق

الايام	passenger	axle 2-	3-axle
الاحد	384	46	1
الاثنين	389	45	1
الثلاثاء	390	47	1
الاربعاء	392	47	1

جدول (4-4) : متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع.

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

جدول (4-5) : معاملات انواع المركبات وفقا للمواصفات الاردنية .

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

متوسط السيارات الصغيرة في الساعة = (392+390+389+384) *1 /4

=388.75سيارة صغيرة في الساعة

متوسط 2-axle single unit في الساعة = (47+47+45+46)*2.5/ 4

=115.62 باص

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

= 4شاحنة

مجموع عدد المركبات = 4+115.62+388.75

=508.37مركبة

معدل المرور اليومي AADT= 508.37*24

= 12200.88 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 = 12200.88*2.5

=30502.2 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 بالرمزk, 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 *K*D

30502.2*0.07*0.55=

=1174.33 سيارة / ساعة

30502.2*0.12*0.60 =D.H.V max

=2196.15 سيارة / ساعة

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: *Radial Route*	0.07-0.12	0.55-0.60
Circumferential Route	0.07-0.12	0.50-0.55

جدول (4-6) : قيم Kو D العامة .

وبما انه تم حساب عدد المركبات في الساعة التصميمي بناءا على المركبات التي تمر من خلال الطرق المؤدية الى هذه الطريق , فانه تم مراقبه 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=2196.15*.5

1098 =

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

إن عدد المسارات المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة(N_{20}) تعطى بالعلاقة :

N_{20}= D.H.V / السعة التصميمية

=850/1098

=1مسرب في كل اتجاه

الفصل الخامس : التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية

٥-١ مقدمة .

٥-٢ الانواع الرئيسة للرصف.

٥ -٢ -١ الرصف الصلب.

٥ -٢ -٢ الرصف المرن.

٥ -٢ -٢-١ طبقات الرصف المرن.

٥-٢ -٣ الرصف المركب.

٥-٣ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة .

٥-٣-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test) .

٥-٣-٢نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio) .

٥-٤تصميم الرصفة المرنة.

٥-٤-١حساب قيمة (ESAL)Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.

٥-٤-١-١الحمل المكافئ لمحور مفرد.

٥-٤-١-٢معامل حمل المحور المكافئ.

٥-٤-٢حساب سماكة طبقات الرصف.

٥-١ مقدمة:-

تعتبر عملية التصميم الإنشائي للطريق عبارة عن إيجاد سمكات طبقات الرصف ومكوناتها ومواصفاتها حتى تتمكن من تحمل أوزان المركبات التي تسير على هذه الطرق ويوجد ثلاثة أنواع رئيسية للرصف وهي الرصف المرن والرصف الصلب والرصف المركب.

٥-٢ الانواع الرئيسة للرصف.

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

٥ -٢ -١ الرصف الصلب.

يتم وضع بلاطة خرسانية توضع فوق طبقة الأساس, يتراوح سمكها بين (٣٠-١٥) 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 (٢٠-٥٠) متر للخرسانة الغير مسلحة وقد يصل هذا الطول إلى٣٠٠ 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.

٥ -٢ -٢ الرصف المرن.

ويتكون من مجموعة من الطبقات وهي:

- طبقة التربة الأصلية (Sub grad).
- طبقة ما تحت الأساس.(Sub base course) .
- طبقة الاساس (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.

٥ ـ ٢ ـ ٢ـ١ طبقات الرصف المرن.

١ـ **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.

٢ـ **طبقة ما تحت الأساس (Sub base course) :** وهي الطبقة التي تفرض 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.
- لتوفير في تكاليف مواد الرصف حيث ان المواد المستخدمة في طبقات تحت الاساس هي اقل جودة وارخص ثمنا من المواد التي تعلوها .
- تمنع امتزاج مواد السطح الترابية مع طبقة الاساس.
- تعطي قوة اكبر للسطح الترابي بعد دحله جيدا .
- المواد المستخدمة في هذه الطبقة تكون رديئة للتوصيل بشكل عام .

ويجب أن تتوفر فيها المواصفات التالية:

١. أن تكون نسبة المواد الناعمة والمواد اللينة فيها قليلة.
٢. ان تحتوي على تدرج حبيبي مناسب بحيث تبقى مستقرة
٣. أن لا تتجاوز نسبة التآكل لحبيباتها٥٠% .
٤. أن لا يتجاوز حد الميوعة 25%ومعامل اللدونة 6%.

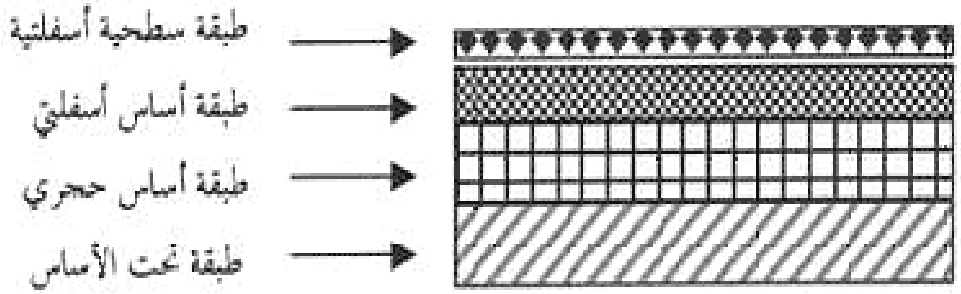
٣ـ طبقة الاساس (Base course).

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 يفرض على طبقة واحدة أو مجموعة من الطبقات حسب تصميم الطريق وتكون المواد الأقل جودة في الأسفل والأكثر جودة في الأعلى.

٤- 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 ٢٥ملم 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(Coatوذلك من أجل زيادة التثبيت ومقاومه تأثير الحت والبري والاهتراء وتامين مقاومة التزحلق الكافية والثابتة للربط بين السطح والأساس ولمساعده كطبقه إنشائية واحده في توزيع الأحمال.

والشكل التالي يبين طبقات الرصف المرن:



الشكل (٥-١) طبقات الرصفة المرنة.

٥ -٢ -٣ 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 الإنشاء لمقاومة الحمولات المرورية العالية في الطرق الاستراتيجية.

٥-٣ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة .

قمنا بأجراء هذه التجارب في مختبر التربة في جامعة بوليتكنك فلسطين وتتضمن التجارب التالي:

٥-٣-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test) :

إن كثافة التربة تعتبر دليلا لأغلب صفاتها , ومن أجل تحسين خصائص التربة يجب زيادة كثافتها وتثبيتها بعملية الرص بالات الرص المختلفة، ونسبة الماء الموجودة في التربة أثناء رصها لها تأثير كبير على الكثافة المطلوبة حيث وجد انه بزيادة نسبة الماء في التربة الجافة تدريجيا ورصها فإن الكثافة تزداد تدريجيا حتى تصل

إلى نقطة تبدأ بعدها الكثافة بالنقصان عند زيادة كمية الماء وتسمى الكثافة عند هذه النقطة بالكثافة العظمى (Density) Maximum ونسبة الماء التي تعطي هذه الكثافة تسمى نسبة الماء المثالية(Optimum Moisture Content)حيث أنه في هذه التجربة تكون التربة خالية تماما من الهواء ومشبعة بالماء وبالتالي فإن الهدف الرئيسي من هذه التجربة هو تحديد نسبة الكثافة القصوى الجافة (ɣd) ونسبة الماء المثالية(OM) .

قمنا بإجراء هذه التجربة مرتين مرة على طبقة (Sub grade) ومرة على طبقة(Base Course) وأثناء إجراء التجربة قمنا باستخدام الأدوات التالية:

١. قالب بروكتور المعدل مع الغطاء المتحرك.
٢. مطرقة بروكتور المعدلة والتي يساوي وزنها (١٠) باوند ويتم إسقاط هذه المطرقة عن ارتفاع ١٨إنش.
٣. وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء ومسطرة.
٤. منخل رقم 4"و¾".
٥. جفنات صغيرة.
٦. ميزان وفرن للتجفيف.

وتم عمل هذه التجربة بناء على المواصفات الفنية(AASHTOT–99.....ASTMD-698-78) باستخدام الخطوات التالية:

١. نجهز حوالي ٥كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم ٤والي يتم تحديد نسبة الرطوبة الطبيعية لها , ثم يضاف لها الماء للحصول على محتوى مائي (٤%) ثم نخلط التربة جيدا.
٢. نقوم بقياس وزن قالب الدمك مع القاعدة.
٣. نقوم بدمك التربة على خمس طبقات, وندمك كل طبقة 01ضربة وأثناء تجهيز الطبقات نقوم بتهشير سطح كل طبقة باستخدام المسطرة الحديدية وذلك حتى تتماسك الطبقات مع بعضها البعض.
٤. افصل الحلقة عن القالب وباستخدام المسطرة أزل التربة الزائدة لتتساوي مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات أضف مواد ناعمة أو خشنة لملء الفراغات.
٥. نقيس وزن القالب القياسي مع القاعدة والتربة المدموكة.
٦. نفصل القاعدة ثم أستخرج عينة التربة.
٧. نأخذ عينة من التربة المدكوكة من أسفل ووسط وأعلى القالب (حوالي ١٠٠غرام) لتحديد المحتوى المائي.
٨. أمزج التربة مع التربة المتبقية وأضف % ٢من الماء وأخلطها جيدا".
٩. أكرر الخطوات من (٤-٨)عدة مرات حتى الأحظ أن وزن القالب مع القاعدة والتربة بدأ يقل رغم زيادة الماء ثم أسجل بعدها محاولتين.
١٠. بعد حساب الكثافة الجافة للتربة نقوم برسم منحنى العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي على رسم بياني والكثافة الجافة القصوى تمثل أعلى نقطة من المنحنى ويمثل المحتوى المائي لهذه النقطة المحتوى الرطوبة الأمثل.

وتضمنت هذه التجربة القوانين والحسابات التالية:

✓نسبة الماء = Wc

✓وزن القالب فارغ = ٧٧٤٧غرام.

✓نسبة الماء= وزن الماء

وزن العينة الجافة

✓الكثافة الرطبة = وزن العينة الرطبة

حجم القالب

✓الكثافة الجافة= الكثافة الرطبة

(نسبة الماء/١٠٠)+١

✓وزن الماء= (وزن العينة الرطبة مع القالب – وزن العينة الجافة مع القالب.)

✓وزن العينة الجافة =(وزن العينة الجافة مع القالب – وزن القالب).

✓قطر القالب =١٥.٢سم .

✓ارتفاع القالب = ١١.٥٨ سم .

✓حجم القالب= (نصف القطر)^٢ * π* الارتفاع وبالتالي فإن حجم القالب يساوي)

= (٧.٦)^٢ * π* ١١.٥٨ = ٢١٠١.٢٨ سم

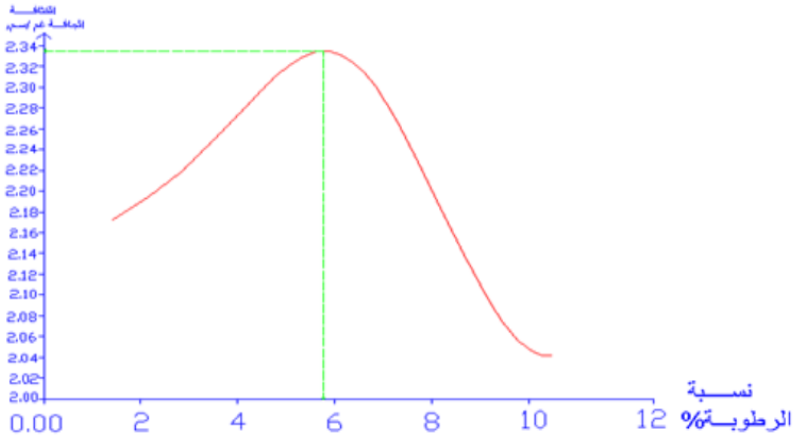
✓تجربة بروكتور المعدلة عند 11ضربة للبيزكورس

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

وزن العينة + القالب(غم)	وزن العينة رطبة (غم)	وزن القالب(غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)
١٢٣٩٦	٤٥٥٠	٢١٠١.٢٨	٢.٢١٣
١٢٥٥٦	٤٨١٠	٢١٠١.٢٨	٢.٢٨٩
١٢٩٣٠	٥١٨٤	٢١٠١.٢٨	٢.٤٦٧
١٢٥٥٨	٤٨١٢	٢١٠١.٢٨	٢.٢٩
١٢٤٩٥	٤٧٤٩	٢١٠١.٢٨	٢.٢٦

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

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة والتربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)	وزن التربة الجافة	نسبة الرطوبة Wc	الكثافة الجافة (غم/سم٣)
١	B-5	٣١.٢٣	٢٢٨.٣٧	٢٢٤.٩٦	٣.٤١	٢.٢١٣	١٩٣.٧٣	١.٧٦	٢.١٧
٢	B-6	٣١.٦٥	٢٨٥.٩	٢٧٨.٢٥	٧.٦٥	٢.٢٨٩	٢٤٦.٦	٣.١	٢.٢٢
٣	A-6	٣١.٢	٢٨٠.٧٣	٢٦٧.١٤	١٣.٥٩	٢.٤٦٧	٢٣٥.٩٤	٥.٧٦	٢.٣٣
٤	D-13	٣١.٧٨	٢٦٩.٢٦	٢٤٨.٧٣	٢٠.٥٣	٢.٢٩	٢١٦.٩٥	٩.٤٦	٢.٠٩
٥	E-13	٣٠.٧٧	٣٢٨.٦٥	٢٩٩.٩٥	٢٨.٧	٢.٢٦	٢٦٩.١٨	١٠.٦٦	٢.٠٤



الشكل(٥-٢)العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(base course).

ومن الشكل السابق يتبين أن نسبة الرطوبة المثالية = ٥.٧٦%

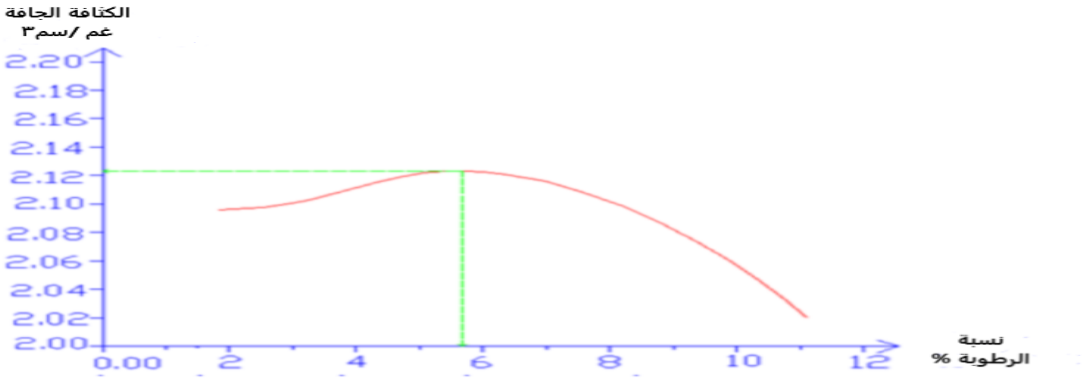
✓تجربة بروكتور المعدلة عند 11ضربة لعينةSub grad:

جدول (٥-٣) الكثافة الرطبة لعينة (sub grade course).

وزن العينة + القالب(غم)	وزن العينة رطبة (غم)	وزن القالب(غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)
١٢٢٦٢	٤٥١٦	٢١٠١.٢٨	٢.١٤٩
١٢٣٢٧	٤٥٨١	٢١٠١.٢٨	٢.١٨
١٢٤٥٣	٤٧٠٧	٢١٠١.٢٨	٢.٢٤
١٢٥١٠	٤٧٦٤	٢١٠١.٢٨	٢.٢٦٧
١٢٤٩٣	٤٧٤٧	٢١٠١.٢٨	٢.٢٥٩

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

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة والتربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)	وزن التربة الجافة	نسبة الرطوبة Wc	الكثافة الجافة (غم/سم٣)
١	B-5	٣١.٢٣	٢٤٠.٩٧	٢٣٥.٦٩	٥.٢٤	٢.١٥	٢٠٤.٤٦	٢.٥٦	٢.١٠
٢	B-6	٣١.٦٥	٢٧٧.٦٥	٢٦٨.٨٦	٨.٧٩	٢.١٨	٢٣٧.٢١	٣.٧١	٢.١٠
٣	A-6	٣١.٢	٢٩٢.٢١	٢٧٨.٢١	١٤.٠٠	٢.٢٤	٢٤٧.٠١	٥.٦٧	٢.١٢
٤	D-13	٣١.٧٨	٢٩٩.٢٧	٢٧١.٦٥	٢٧.٦٢	٢.٢٨	٢٣٩.٨٧	١١.٥٢	٢.٠٣
٥	E-13	٣٠.٧٧	٣٣٥.٨٧	٣٠٣.٥٣	٣٢.٣٤	٢.٢٦	٢٧٢.٧٦	١١.٨٦	٢.٠٢



الشكل (٥-٣) العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(sub grade course).

٥-٣-٢نسبة تحمل كاليفورنياCBR (California Bearing Ratio):

وهو عبارة عن قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة، وحساب نسبة هذا الحمل أو الضغط إلى الحمل أو الضغط القياسي عند الغرز للإبرة مقدار ٢.٥ملم أو٥ملم ويعطي هذا الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الإسفلت (مواد الأساس) ، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل, ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل.

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

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

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

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

جدول(٥-٦)١ المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن. .

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

وتستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل:

جدول (٥-٧)حساب نسبة التحمل(CBR).

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

١ https://issuu.com/20786/docs/californiabearingratiocbrtest

والشكل التالي يبين الجهاز المستخدم في إجراء هذه التجربة:

شكل (٥-٤) الجهاز المستخدم في تجربة(CBR).

لقد تم إجراء الاختبار بناء على المواصفات الفنية(ASTM D – 1883 - 87)و(AASHTO T – 193- 81)
وباستخدام الأدوات التالية:

١- قالب الدمك الأسطواني(Mold) المستخدم في اختبار الدمك المعدل.

٢- حلقة Collar وقاعدة Base plate.

٣-مطرقة الدك Rammerاليدوية.

٤-آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق.

٥-ميزان وفرن تجفيف.

تم عمل الاختبار بناء على الطريقة التالية:

1-نجهز حوالي 1كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم 4ونخلطها جيدا" مع كمية الماء المناسبة تبعا للمحتوى المائي المطلوب.

2-نأخذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي.

3-نحسب وزن القالب الاسطواني(Mold) بدون الحلقة والقاعدة.

4-نربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم نضع ورقة الترشيح.

5-ندمك التربة حسب طريقة الدمك المعدلة التي تم إجراؤها في اختبار الدمك المعدل السابق.

6-نفصل الحلقة المعدنية عن القالب الاسطواني ثم نزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب وفي حالة وجود فجوات نضيف تربة لسدها من نفس التربة.

7--نفصل القاعدة والاسطوانة ثم نحسب وزن القالب الأسطواني مع التربة ، ومنه نحدد وزن وكثافة التربة.

8-نضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم أقلب العينة وأربط القالب مع القاعدة.

9-نضع العينة في آلة قياس الضغط ثم نضع أوزاناً لا تزيد عن ٤.١كيلو جرام ونصفّر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق.

10-نقوم بزيادة قيمة الضغط والاختراق للعينة.

11-بعد انتهاء الاختبار نستخرج عينة التربة ثم نأخذ عينات من الثلث الأول والوسط والأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة.

12-نرسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم) ثم نسجل مقدار الاختراق عند 2.5ملم و٥ملم ثم نحدد قيمة التحمل باستخدام المعادلة التالية:

نسبة تحمل كاليفورنيا(CBR) = مقدار الضغط في الاختبار * ١٠٠%

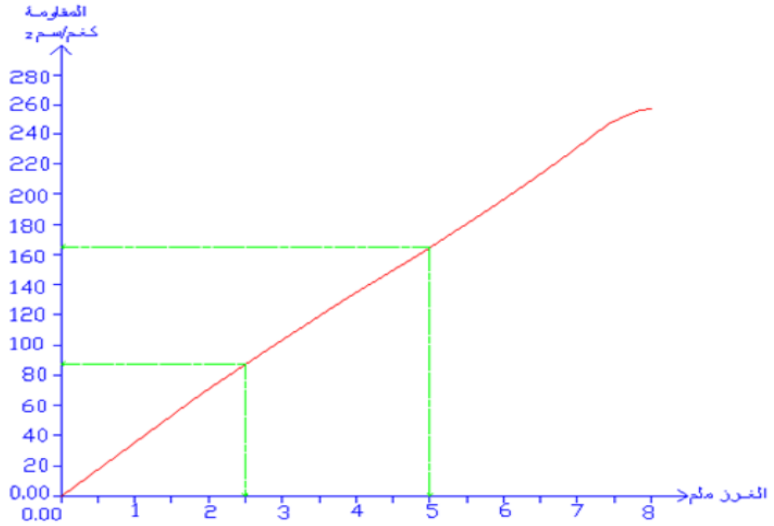
مقدار الضغط القياسي

✓الجداول والأشكال التالية تم الحصول عليها بعد إجراء التجربة:

الجدول (٥-٨) العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٦٥ضربة لطبقة(Base course).

الغرز (mm)	Load(kg)	المقاومة بعد تعديل المنحنى (kg/cm2)
٠.٥	٣٧٠.٤٤	١٩.١٤٤
١	٧٠٠.٥٦	٣٦.٢٠٥
١.٥	١٠٣٣.٢	٥٣.٣٩٥
٢	١٣٨٩.٢٤	٦٥.١٢٢
٢.٥	١٦٦٩.٢٣	٨٦.٢٧١
٣	٢٠٣٢.٨٣	٨٣.٥٦١
٣.٥	٢٣٢٨.٤٨	١٢٠.٣٣٥
٤	٢٦٣٥.٩٢	١٣٦.٢٢٣
٤.٥	٢٩١٧.٤٤	١٨٥.٣٣١
٥	٣٢٣٣.١٦	١٦٧.٠٨٨
٥.٥	٣٧٥١.٥٦	١٨٠.٤٥٣

٦	٤٠٥٧.٢	٢٠١.٦٧٤
٦.٥	٤١٦١.٢٤	٢١٩.٢٥٣
٧	٤٤٩٨.٢	٢٣٢.٤٦٥
٧.٥	٤٨٣٨.٥٨	٢٥٨.٧٢٣
٨	٤٩٨٩.٦	٢٦٠.٨٦٠



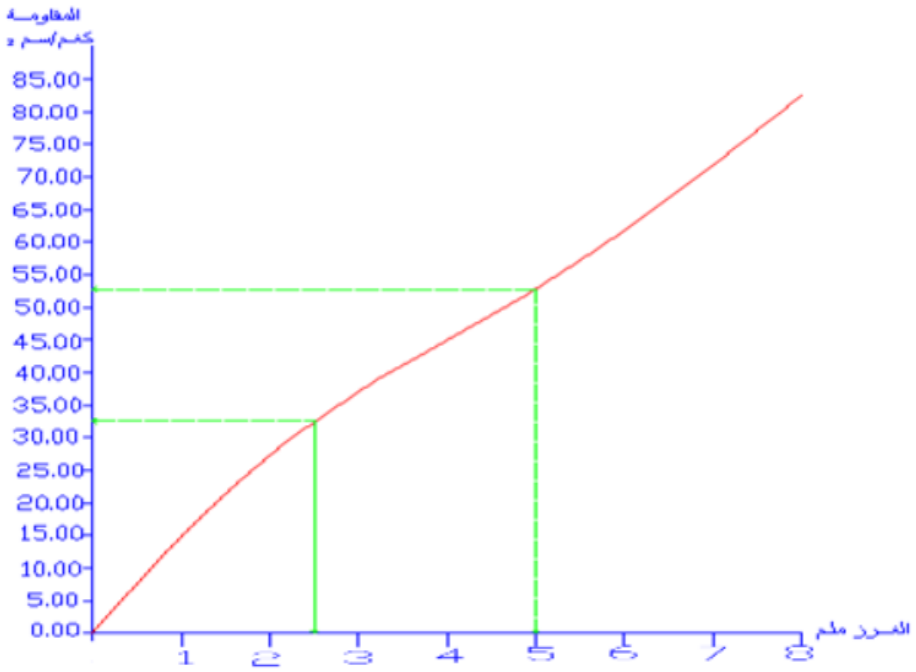
شكل (٥-٥)العلاقة الغرز والمقاومة عند ٦٥ضربات لطبقة(Base Course).

✓يتم حساب قيمةCBR عند كثافة 95%من أعلى قيمة للكثافة الجافة أي عند 55ضربة وتساوي ٢.٢١ وذلك حسب المواصفات الأردنية المتبعة في فلسطين حيث أنها تساوي.

الجدول (٥-٩) العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند 65ضربات لطبقة(sub grade).

الغرز (mm)	Load(kg)	المقاومة بعد تعديل المنحنى (kg/cm2)
٠.٥	١٤٥.٢٩١	٧.٥٠٩
١	٢٩٠.١٤٣	١٥.٠٠٨
١.٥	٤٢٥.٨٣٢	٢٢.٠٠٧
٢	٥٣٢.٣١٣	٢٧.٥١٠
٢.٥	٦٣٩.٢٦٧	٣٣.٠٣٧

٣	٧٢٥.٧٣٥	٣٧.٥٠٥٦
٣.٥	٨٠٢.٧٥١	٤١.٤٨٦
٤	٨٧٠.٧٩٩	٤٥.٠٠٣
٤.٥	٩٤٩.٧٣٠	٤٩.٠٨٠
٥	١٠٣٤.٨٤٧	٥٣.٤٨١
٥.٥	١١١٣.٩٤	٥٧.٥٦٨
٦	١٢١٠.١٦٣	٦٢.٥٤١
٦.٥	١٢٨٦.٧٤٩	٦٦.٥٠١
٧	١٣٩٨.٤٢٤	٧٢.٢٧٠
٧.٥	١٤٧٨.٣٩٤	٧٦.٤٠٣
٨	١٥٩٦.٤٨٥	٨٢.٥٠٦



شكل (٥-٦)العلاقة بين المقاومة والغرز عند ٣٠ضربات لعينة (Sub grade):

✓يتم حساب قيمةCBR عند كثافة 51%ممن أعلى قيمة للكثافة الجافة عند 55ضربة= 2.01وذلك حسب المواصفات الأردنية المتبعة في فلسطين حيث أنها تساوي

جدول (٥-١٠)نسبة كاليفورنيا لكل طبقة.

الطبقة	CBR
Base course	١٠٠
Sub grade	٣٥

٥-٤تصميم الرصفة المرنة.

تم تصميم الرصفة المرنة بناء على نظامAASHTO:

(American Association of State Highway and Transportation Officials)

٥-٤-١حساب 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).

٥-٤-١-١الحمل 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.

٥-٤-١-٢معامل حمل المحور المكافئ:

المعامل المكافئ لحمل المحور لمركبة ما هو نسبة التأثير لكل مرة تمر فيها المركبة على رصف معين إلى التأثير الذي يحدثه مرور الحمل المحوري المفرد القياسي على نفس الرصف. ويتم التعبير عن عدد مرات تكرار الحمل الذي يؤدي إلى وصول الرصف لنهايته المقبولة بصلابة طبقة الرصف, ويتم التعبير عن صلابة طبقات الرصف بالرقم الإنشائي(SN)ويكون مستوى الخدمة النهائي(PT) للطرق الرئيسية (ذات المرور الثقيل) مساويا" ٢.٥والطرق المحلية والثانوية (ذات المرور المتوسط) مساويا"2.00.بينما القيمة الابتدائية لدليل مستوى حالة الرصف بعد الانتهاء من تنفيذ الرصف مباشرة تتراوح قيمتها بين ٤.٢إلى٤.٥تبعاً 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 ان:

PSI= present Serviceability index

وتتراوح قيمتها من 0إلى 5,وتشتمل على الآتي:

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

P_t = ٤.٥للظروف الجيدة.

P_t =2.5للطرق الرئيسية و ٢ للطرق متدني المستوى.

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

أما المحور القياسي فمقـداره ١٨٠٠٠رطل (٨٠٠٠٠كيلو 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 ان:

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:

الجدول(٥-١١) نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية(f_d) .

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

الطريق المراد تصميمها تحتوي على مسرب في كل اتجاه, وبالتالي فإن قيمة(fd) تكون المقابلة للرقم 2 من الجدول السابق أي(٥٠%).

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

جدول (٥-١٢) معامل النمو(G_f).

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

تم أخذ مدة التصميم المستقبلي 20سنة ونسبة الزيادة المتوقعة في النمو (٤%) وبالتالي فإن قيمة(G_f) تكون مساوية(٢٩.٧٨%).

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

جدول (٥-١٣)تحويل أوزان المركبات الى أحمال قياسية(Load Equivalency factor).

Cross Axel Load		Load Equivalency Factor		Cross Axel Load		Load Equivalency factor	
KN	lb	Single Axle	Tandem Axel	KN	lb	Single Axle	Tandem Axel
4.45	1,000	0.00002		182.5	41,000	23.27	**2.29**
8.9	2,000	0.00018		187	42,000	25.64	**2.51**
13.35	3,000	0.00072		191.3	43,000	28.22	**2.75**
17.8	4,000	0.00209		195.7	44,000	31	**3**
22.25	5,000	0.005		200	45,000	34	**3.27**
26.7	6,000	0.01043		204.5	46,000	37.24	**3.55**
31.15	7,000	0.0196		209	47,000	40.74	**3.85**
35.6	8,000	0.0343		213.5	48,000	44.5	**4.17**
40	9,000	0.0562		218	49,000	48.54	**4.51**
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50,000	52.88	**4.86**
48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51,000		**5.23**
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52,000		**5.63**
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53,000		**6.04**
62.3	14,000	0.36	0.027	240.2	54,000		**6.47**
66.7	15,000	0.478	0.036	244.6	55,000		**6.93**
71.2	16,000	0.623	0.0472	249	56,000		**7.41**
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57,000		**7.92**
80	18,000	1	0.0773	258	58,000		**8.45**
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59,000		**9.01**
89	20,000	1.51	0.1206	267	60,000		**9.59**
93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61,000		**10.2**
97.8	22,000	2.18	0.18	275.8	62,000		**10.84**
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		**11.52**
106.8	24,000	3.03	0.26	284.5	64,000		**12.22**
111.2	25,000	3.53	0.308	289	65,000		**12.96**
115.6	26,000	4.09	0.364	293.5	66,000		**13.73**
120	27,000	4.71	0.426	298	67,000		**14.54**
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		**15.38**
129	29,000	6.14	0.572	307	69,000		**16.26**
133.5	30,000	6.97	0.658	311.5	70,000		**17.19**
138	31,000	7.88	0.753	316	71,000		**18.15**
142.3	32,000	8.88	0.857	320	72,000		**19.16**
146.8	33,000	9.98	0.971	325	73,000		**20.22**

151.2	34,000	11.18	1.095	329	74,000	**21.32**
155.7	35,000	12.5	1.23	333.5	75,000	**22.47**
160	36,000	13.93	1.38	338	76,000	**23.66**
164.5	37,000	15.5	1.53	342.5	77,000	**24.91**
169	38,000	12.2	1.7	347	78,000	**26.22**
173.5	39,000	19.06	1.89	351.5	79,000	**27.58**
178	40,000	21.08	2.08	365	80,000	**28.99**

من الجدول السابق تم الحصول على معامل الحمل المكافئ(Load equivalency factor)بناء على أن الحمل الواقع على(Passenger car) مساوي Kn/axle 10والحمل الواقع على(tow axle single) مساوي ١٠٠ Kn/axle

وحمل الواقع على (three axle single unit trucks) مساوي Kn/axle 110وبالتالي فإن قيم معامل الحمل المكافئ التي تم الحصول عليها من الجدول أعلاه كما يلي:

Load equivalency factor for Passenger car (f_E) =0.0003135
Load equivalency factor for tow axle single unit trucks (f_E) = 0.1980889
Load equivalency factor for three axle single unit trucks (f_E) = 0.29491

جدول (٥-١٤) : متوسط عدد المركبات ونسبة المركبات لكل ساعة.

الايام	passenger	axle 2-	3-axle
الاحد	٣٨٤	٤٦	١
الاثنين	٣٨٩	٤٥	١
الثلاثاء	٣٩٠	٤٧	١
الاربعاء	٣٩٢	٤٧	١
النسبة المئوية من العدد الكلي	٨٩.١٦	١٠.٦٠	٠.٢٤

ايضا تم الحصول من الفصل السابق(حجم المروري) على معدل المرور اليومي وكان(1098) سيارةايوم

وبعد ذلك تحسب قيمة(ESAL) لكل نوع مد أنواع المركبات حسب المعادلة التالية كل على حده ومن ثم تجمع القيم الثلاث لنحصل عل (Total ESAL) كما في المعادلة:

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

ESAL (passenger):
=0.5*29.78*1098*365*0.8916*2*0.0003135→3336.011
ESAL (tow axle single unit trucks):
=0.5*29.78*1098*365*0.106*2*0.1980889 →250602.79

ESAL (three axle single unit trucks):
=0.5*29.78*1098*365*0.0023*2*0.29491→8095.38
ESAL (total) = 262034.181

٥-٤-٢حساب سماكة طبقات الرصف :

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

ولي حساب سماكة كل طبقة يتم الاعتماد على نتائج فحص كاليفورنيا حيث يجب ان لا قل نسبة تحمل فحص كاليفورنيا لكل طبقة عن التالي:

جدول(5-15) [1] **:** قيمة ال CBRلكل طبقة.

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

ولحساب المعامل المناخي نستخدم المعادلات التالية:

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

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

[1] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

ولإيجاد قيمة ال (Rd) و (Rs) يتم استخدام الجدول:

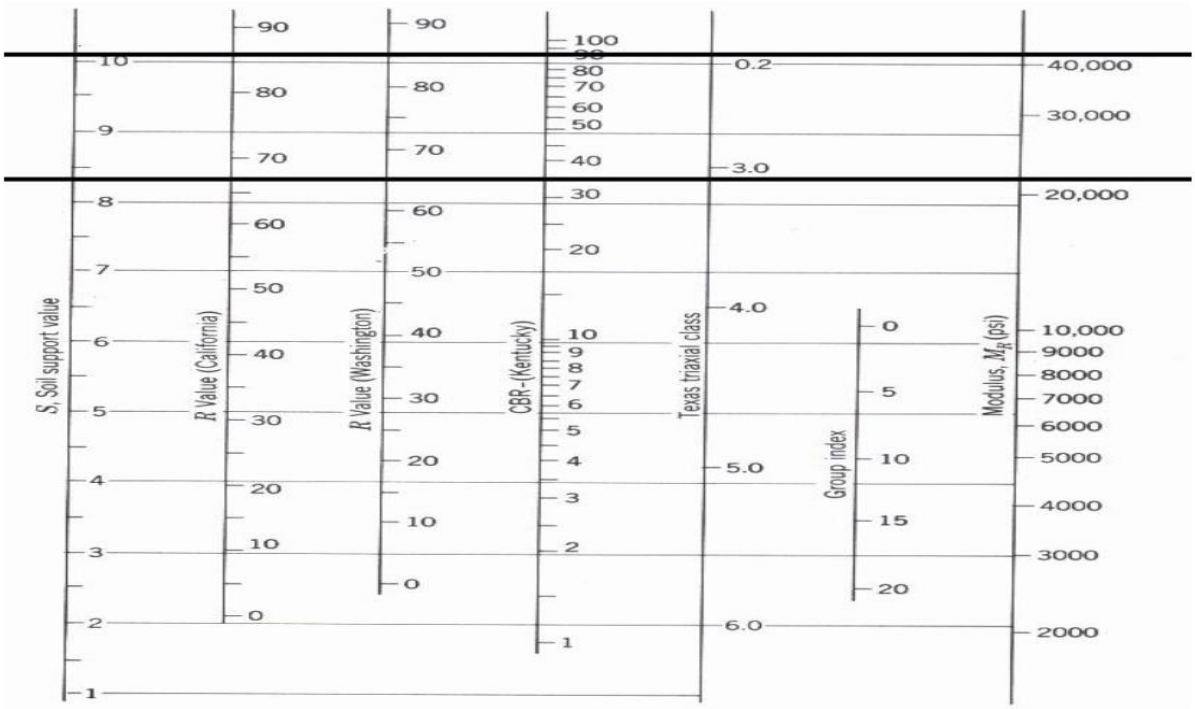
جدول(٥-16) [١] : قيمة المعامل المناخي

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

وبأخذ بعين الاعتبار أن منطقة الخليل يكون فيها 4أشهر رطبة و ٨أشهرجافة (بشال تقريبي حسب الدراسات):

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

بعد ذلك يتم ايجاد قيمة ال S-soil support valueمن خلال الشكل:



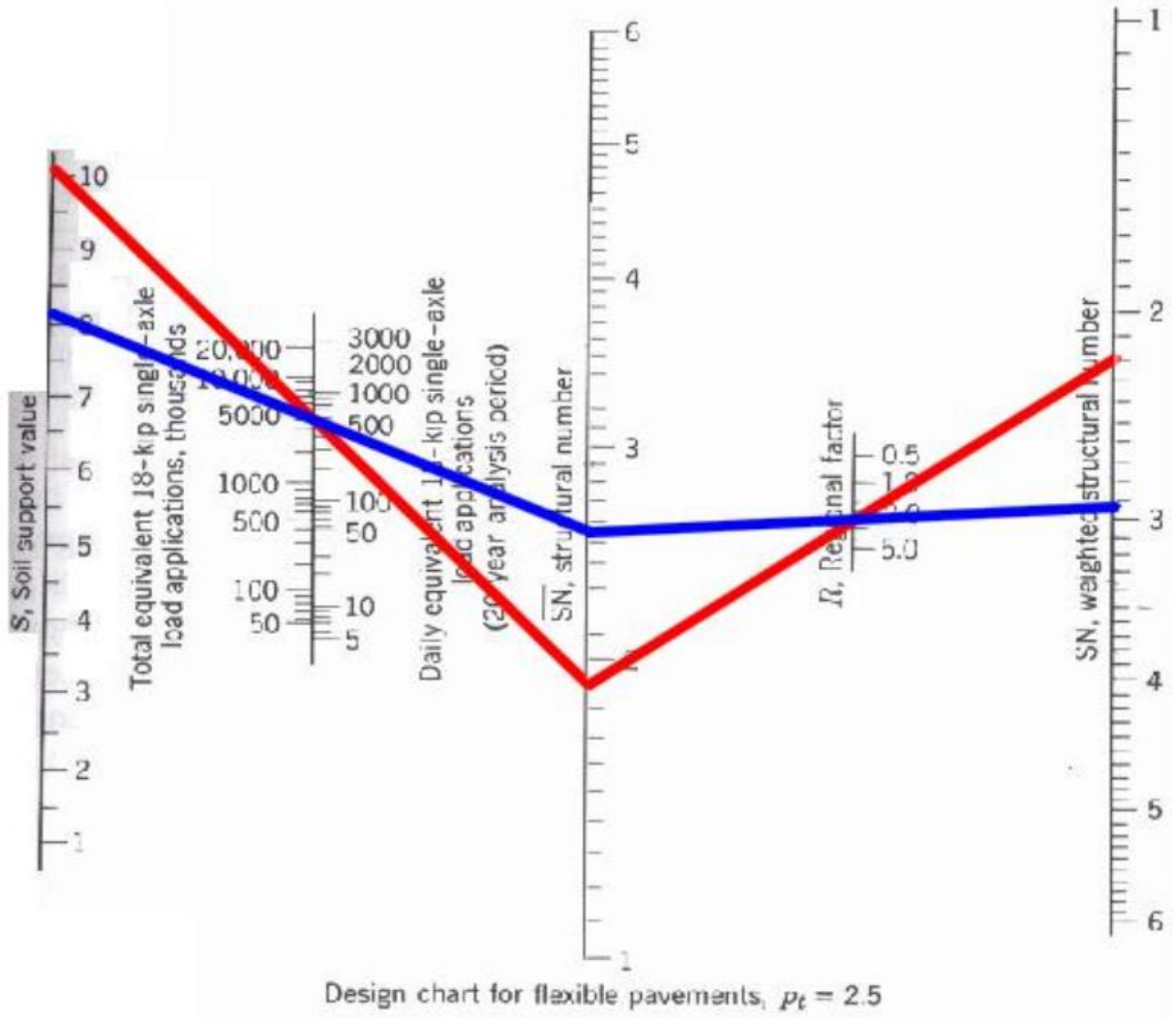
S-soil support value: **شكل(٥-٧)**

[١] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

وبالتالي فإن:

(S1-soil support value) = 10.1
(S2-soil support value) = 8.3

بعد ذلك سيتم حساب قيمة ال SNوذلك حسب الشكل:



شكل(٥-٨): قيمة المعاملSN

SN (Asphalt) = 2.2 SN (Base Course)= 2.93

بعد ذلك يتم حساب سمكة كل طبقة وذلك حسب المعادلة:

- SN: Structural Number.
- a_1, a2 : layer coefficients representative of surface, base course respectively.
- D_1, D2: actual thickness, of surface, base course respectively.
- Mi: drainage coefficient for layer i.

حيث يتم حساب قيمة ال(a1, a2 ,a3) من الجداول:

1)قيمة المعامل**a1**

جدول(5-17):قيمة المعامل(a1)

Case of Pavement	a_1 suggested
Road mix (low stability)	0.20
Plant mix (high stability)	0.44
Sand Asphalt	0.40

*وبناء على ما سبق فإن قيمةa1= 0.44.

٢)قيمة المعامل**a2**

جدول(5-18) :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)	0.20
Cement- treated (400psi or less)	0.15
Coarse- graded bituminous-treated	0.34
Sand asphalt	0.30
Lime -treated	0.15-0.30

*وكما تم الاسلاف فإن قيمة a2 =٠.١٤ .

أما بالنسبة لمعامل التصريف عند حد الإشباع (٢٥-٥%)،وبتصريف ضعيف فإن قيمته تساوي ٠.٧.

وبالتالي فإن سمك الطبقات:

1- D1 =2.20= 5.0 in = 5.0 *2.54 = 12.7 cm Select 13 cm

0.44

2- D2=2.93-2.20 = 7.4 in = 7.4 *2.54 = 18.8 cm Select 20 cm

0.7*0.14

وبالتالي فإن سماكة الطبقات تكون كالتالي:

جدول(5-19) [1]:سماكة الطبقات.

الرصفة	السمك (سم)
اسفلت (Wearing Course)	٦
اسفلت (Binder Course)	٧
الاساس (Base Course)	٢٠

بالنسبة لطبقات الأسفلت(Binder Course) تكون بحجم حبيبي ١انش وطبقة الاسفلت (Wearing Course) بحجم ٤/٣ انش.

وبالنسبة لمواد الردم فيجب استخدام مصاد مختارة قريبة من تكوين طبقة الأساس عبارة عن مزيج من الصخور خالية من التربة العضوية (الحمراء) ولا تقل نسبة تحمل كاليفورنيا لها عن٣٥.

[1] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

الفصل الخامس : التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية

٥-١ مقدمة .

٥-٢ الانواع الرئيسة للرصف.

٥ -٢ -١ الرصف الصلب.

٥ -٢ -٢ الرصف المرن.

٥ -٢ -٢-١ طبقات الرصف المرن.

٥-٢ -٣ الرصف المركب.

٥-٣ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة .

٥-٣-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test) .

٥-٣-٢نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio) .

٥-٤تصميم الرصفة المرنة.

٥-٤-١حساب قيمة (ESAL)Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.

٥-٤-١-١الحمل المكافئ لمحور مفرد.

٥-٤-١-٢معامل حمل المحور المكافئ.

٥-٤-٢حساب سماكة طبقات الرصف.

٥-١ مقدمة:-

تعتبر عملية التصميم الإنشائي للطريق عبارة عن إيجاد سمكات طبقات الرصف ومكوناتها ومواصفاتها حتى تتمكن من تحمل أوزان المركبات التي تسير على هذه الطرق ويوجد ثلاثة أنواع رئيسية للرصف وهي الرصف المرن والرصف الصلب والرصف المركب.

٥-٢ الانواع الرئيسة للرصف.

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

٥ -٢ -١ الرصف الصلب.

يتم وضع بلاطة خرسانية توضع فوق طبقة الأساس, يتراوح سمكها بين (٣٠-١٥) 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 (٢٠-٥٠) متر للخرسانة الغير مسلحة وقد يصل هذا الطول إلى٣٠٠ 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.

٥ -٢ -٢ الرصف المرن.

ويتكون من مجموعة من الطبقات وهي:

- طبقة التربة الأصلية (Sub grad).
- طبقة ما تحت الأساس.(Sub base course) .
- طبقة الاساس (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.

٥ ـ ٢ ـ ٢ـ١ طبقات الرصف المرن.

١ـ **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.

٢ـ **طبقة ما تحت الأساس (Sub base course) :** وهي الطبقة التي تفرض 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.
- لتوفير في تكاليف مواد الرصف حيث ان المواد المستخدمة في طبقات تحت الاساس هي اقل جودة وارخص ثمنا من المواد التي تعلوها .
- تمنع امتزاج مواد السطح الترابية مع طبقة الاساس.
- تعطي قوة اكبر للسطح الترابي بعد دحله جيدا .
- المواد المستخدمة في هذه الطبقة تكون رديئة للتوصيل بشكل عام .

ويجب أن تتوفر فيها المواصفات التالية:

١. أن تكون نسبة المواد الناعمة والمواد اللينة فيها قليلة.
٢. ان تحتوي على تدرج حبيبي مناسب بحيث تبقى مستقرة
٣. أن لا تتجاوز نسبة التآكل لحبيباتها٥٠% .
٤. أن لا يتجاوز حد الميوعة 25%ومعامل اللدونة 6%.

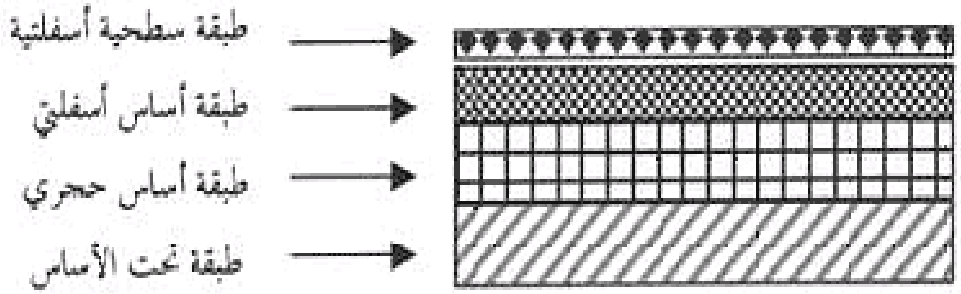
٣ـ طبقة الاساس (Base course).

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 يفرض على طبقة واحدة أو مجموعة من الطبقات حسب تصميم الطريق وتكون المواد الأقل جودة في الأسفل والأكثر جودة في الأعلى.

٤- 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 ٢٥ملم 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(Coatوذلك من أجل زيادة التثبيت ومقاومه تأثير الحت والبري والاهتراء وتامين مقاومة التزحلق الكافية والثابتة للربط بين السطح والأساس ولمساعده كطبقه إنشائية واحده في توزيع الأحمال.

والشكل التالي يبين طبقات الرصف المرن:



الشكل (٥-١) طبقات الرصفة المرنة.

٥ -٢ -٣ 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 الإنشاء لمقاومة الحمولات المرورية العالية في الطرق الاستراتيجية.

٥-٣ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة .

قمنا بأجراء هذه التجارب في مختبر التربة في جامعة بوليتكنك فلسطين وتتضمن التجارب التالي:

٥-٣-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test) :

إن كثافة التربة تعتبر دليلا لأغلب صفاتها , ومن أجل تحسين خصائص التربة يجب زيادة كثافتها وتثبيتها بعملية الرص بالات الرص المختلفة، ونسبة الماء الموجودة في التربة أثناء رصها لها تأثير كبير على الكثافة المطلوبة حيث وجد انه بزيادة نسبة الماء في التربة الجافة تدريجيا ورصها فإن الكثافة تزداد تدريجيا حتى تصل

إلى نقطة تبدأ بعدها الكثافة بالنقصان عند زيادة كمية الماء وتسمى الكثافة عند هذه النقطة بالكثافة العظمى (Density) Maximum ونسبة الماء التي تعطي هذه الكثافة تسمى نسبة الماء المثالية(Optimum Moisture Content)حيث أنه في هذه التجربة تكون التربة خالية تماما من الهواء ومشبعة بالماء وبالتالي فإن الهدف الرئيسي من هذه التجربة هو تحديد نسبة الكثافة القصوى الجافة (ɣd) ونسبة الماء المثالية(OM) .

قمنا بإجراء هذه التجربة مرتين مرة على طبقة (Sub grade) ومرة على طبقة(Base Course) وأثناء إجراء التجربة قمنا باستخدام الأدوات التالية:

١. قالب بروكتور المعدل مع الغطاء المتحرك.
٢. مطرقة بروكتور المعدلة والتي يساوي وزنها (١٠) باوند ويتم إسقاط هذه المطرقة عن ارتفاع ١٨إنش.
٣. وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء ومسطرة.
٤. منخل رقم 4"و¾".
٥. جفنات صغيرة.
٦. ميزان وفرن للتجفيف.

وتم عمل هذه التجربة بناء على المواصفات الفنية(AASHTOT–99.....ASTMD-698-78) باستخدام الخطوات التالية:

١. نجهز حوالي ٥كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم ٤والي يتم تحديد نسبة الرطوبة الطبيعية لها , ثم يضاف لها الماء للحصول على محتوى مائي (٤%) ثم نخلط التربة جيدا.
٢. نقوم بقياس وزن قالب الدمك مع القاعدة.
٣. نقوم بدمك التربة على خمس طبقات, وندمك كل طبقة 01ضربة وأثناء تجهيز الطبقات نقوم بتهشير سطح كل طبقة باستخدام المسطرة الحديدية وذلك حتى تتماسك الطبقات مع بعضها البعض.
٤. افصل الحلقة عن القالب وباستخدام المسطرة أزل التربة الزائدة لتتساوي مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات أضف مواد ناعمة أو خشنة لملء الفراغات.
٥. نقيس وزن القالب القياسي مع القاعدة والتربة المدموكة.
٦. نفصل القاعدة ثم أستخرج عينة التربة.
٧. نأخذ عينة من التربة المدكوكة من أسفل ووسط وأعلى القالب (حوالي ١٠٠غرام) لتحديد المحتوى المائي.
٨. أمزج التربة مع التربة المتبقية وأضف % ٢من الماء وأخلطها جيدا".
٩. أكرر الخطوات من (٤-٨)عدة مرات حتى الأحظ أن وزن القالب مع القاعدة والتربة بدأ يقل رغم زيادة الماء ثم أسجل بعدها محاولتين.
١٠. بعد حساب الكثافة الجافة للتربة نقوم برسم منحنى العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي على رسم بياني والكثافة الجافة القصوى تمثل أعلى نقطة من المنحنى ويمثل المحتوى المائي لهذه النقطة المحتوى الرطوبة الأمثل.

وتضمنت هذه التجربة القوانين والحسابات التالية:

✓نسبة الماء = Wc

✓وزن القالب فارغ = ٧٧٤٧غرام.

✓نسبة الماء= وزن الماء

وزن العينة الجافة

✓الكثافة الرطبة = وزن العينة الرطبة

حجم القالب

✓الكثافة الجافة= الكثافة الرطبة

(نسبة الماء/١٠٠)+١

✓وزن الماء= (وزن العينة الرطبة مع القالب – وزن العينة الجافة مع القالب.)

✓وزن العينة الجافة =(وزن العينة الجافة مع القالب – وزن القالب).

✓قطر القالب =١٥.٢سم .

✓ارتفاع القالب = ١١.٥٨ سم .

✓حجم القالب= (نصف القطر)^٢ * π* الارتفاع وبالتالي فإن حجم القالب يساوي)

= (٧.٦)^٢ * π* ١١.٥٨ = ٢١٠١.٢٨ سم

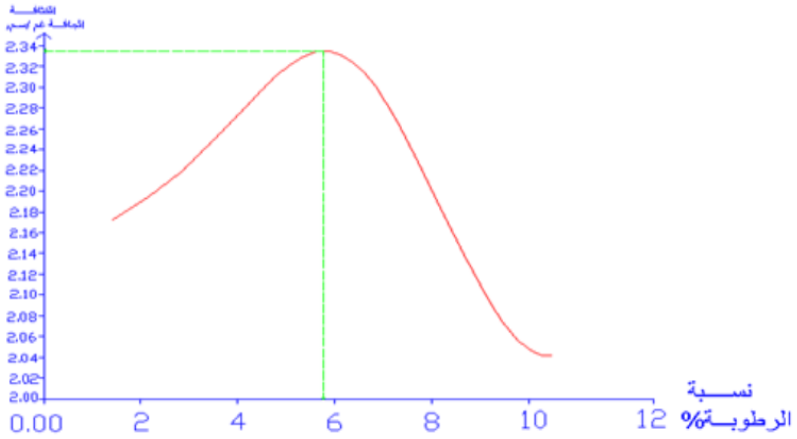
✓تجربة بروكتور المعدلة عند 11ضربة للبيزكورس

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

وزن العينة + القالب(غم)	وزن العينة رطبة (غم)	وزن القالب(غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)
١٢٣٩٦	٤٥٥٠	٢١٠١.٢٨	٢.٢١٣
١٢٥٥٦	٤٨١٠	٢١٠١.٢٨	٢.٢٨٩
١٢٩٣٠	٥١٨٤	٢١٠١.٢٨	٢.٤٦٧
١٢٥٥٨	٤٨١٢	٢١٠١.٢٨	٢.٢٩
١٢٤٩٥	٤٧٤٩	٢١٠١.٢٨	٢.٢٦

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

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة والتربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)	وزن التربة الجافة	نسبة الرطوبة Wc	الكثافة الجافة (غم/سم٣)
١	B-5	٣١.٢٣	٢٢٨.٣٧	٢٢٤.٩٦	٣.٤١	٢.٢١٣	١٩٣.٧٣	١.٧٦	٢.١٧
٢	B-6	٣١.٦٥	٢٨٥.٩	٢٧٨.٢٥	٧.٦٥	٢.٢٨٩	٢٤٦.٦	٣.١	٢.٢٢
٣	A-6	٣١.٢	٢٨٠.٧٣	٢٦٧.١٤	١٣.٥٩	٢.٤٦٧	٢٣٥.٩٤	٥.٧٦	٢.٣٣
٤	D-13	٣١.٧٨	٢٦٩.٢٦	٢٤٨.٧٣	٢٠.٥٣	٢.٢٩	٢١٦.٩٥	٩.٤٦	٢.٠٩
٥	E-13	٣٠.٧٧	٣٢٨.٦٥	٢٩٩.٩٥	٢٨.٧	٢.٢٦	٢٦٩.١٨	١٠.٦٦	٢.٠٤



الشكل(٥-٢)العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(base course).

ومن الشكل السابق يتبين أن نسبة الرطوبة المثالية = ٥.٧٦%

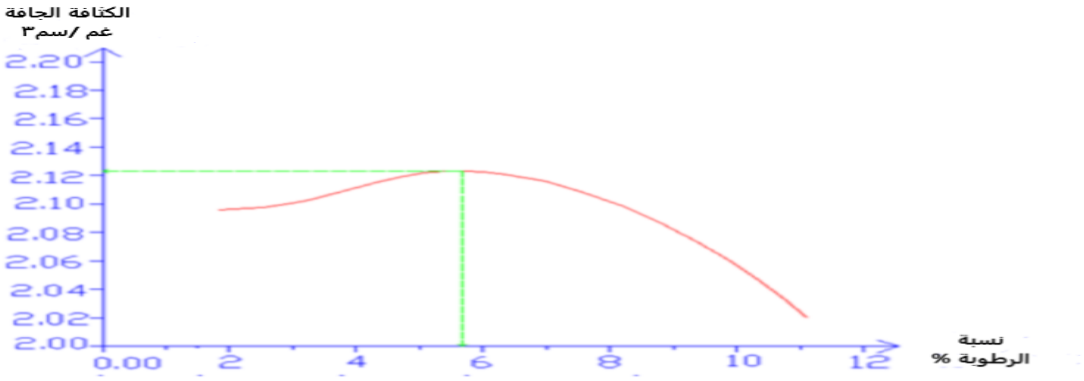
✓تجربة بروكتور المعدلة عند 11ضربة لعينةSub grad:

جدول (٥-٣) الكثافة الرطبة لعينة (sub grade course).

وزن العينة + القالب(غم)	وزن العينة رطبة (غم)	وزن القالب(غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)
١٢٢٦٢	٤٥١٦	٢١٠١.٢٨	٢.١٤٩
١٢٣٢٧	٤٥٨١	٢١٠١.٢٨	٢.١٨
١٢٤٥٣	٤٧٠٧	٢١٠١.٢٨	٢.٢٤
١٢٥١٠	٤٧٦٤	٢١٠١.٢٨	٢.٢٦٧
١٢٤٩٣	٤٧٤٧	٢١٠١.٢٨	٢.٢٥٩

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

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة والتربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)	وزن التربة الجافة	نسبة الرطوبة Wc	الكثافة الجافة (غم/سم٣)
١	B-5	٣١.٢٣	٢٤٠.٩٧	٢٣٥.٦٩	٥.٢٤	٢.١٥	٢٠٤.٤٦	٢.٥٦	٢.١٠
٢	B-6	٣١.٦٥	٢٧٧.٦٥	٢٦٨.٨٦	٨.٧٩	٢.١٨	٢٣٧.٢١	٣.٧١	٢.١٠
٣	A-6	٣١.٢	٢٩٢.٢١	٢٧٨.٢١	١٤.٠٠	٢.٢٤	٢٤٧.٠١	٥.٦٧	٢.١٢
٤	D-13	٣١.٧٨	٢٩٩.٢٧	٢٧١.٦٥	٢٧.٦٢	٢.٢٨	٢٣٩.٨٧	١١.٥٢	٢.٠٣
٥	E-13	٣٠.٧٧	٣٣٥.٨٧	٣٠٣.٥٣	٣٢.٣٤	٢.٢٦	٢٧٢.٧٦	١١.٨٦	٢.٠٢



الشكل (٥-٣) العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(sub grade course).

٥-٣-٢نسبة تحمل كاليفورنياCBR (California Bearing Ratio):

وهو عبارة عن قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة، وحساب نسبة هذا الحمل أو الضغط إلى الحمل أو الضغط القياسي عند الغرز للإبرة مقدار ٢.٥ملم أو٥ملم ويعطي هذا الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الإسفلت (مواد الأساس) ، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل, ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل.

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

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

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

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

جدول(٥-٦)١ المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن. .

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

وتستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل:

جدول (٥-٧)حساب نسبة التحمل(CBR).

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

١ https://issuu.com/20786/docs/californiabearingratiocbrtest

والشكل التالي يبين الجهاز المستخدم في إجراء هذه التجربة:

شكل (٥-٤) الجهاز المستخدم في تجربة(CBR).

لقد تم إجراء الاختبار بناء على المواصفات الفنية(ASTM D – 1883 - 87)و(AASHTO T – 193- 81)
وباستخدام الأدوات التالية:

١- قالب الدمك الأسطواني(Mold) المستخدم في اختبار الدمك المعدل.

٢- حلقة Collar وقاعدة Base plate.

٣-مطرقة الدك Rammerاليدوية.

٤-آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق.

٥-ميزان وفرن تجفيف.

تم عمل الاختبار بناء على الطريقة التالية:

1-نجهز حوالي 1كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم 4ونخلطها جيدا" مع كمية الماء المناسبة تبعا للمحتوى المائي المطلوب.

2-نأخذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي.

3-نحسب وزن القالب الاسطواني(Mold) بدون الحلقة والقاعدة.

4-نربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم نضع ورقة الترشيح.

5-ندمك التربة حسب طريقة الدمك المعدلة التي تم إجراؤها في اختبار الدمك المعدل السابق.

6-نفصل الحلقة المعدنية عن القالب الاسطواني ثم نزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب وفي حالة وجود فجوات نضيف تربة لسدها من نفس التربة.

7--نفصل القاعدة والاسطوانة ثم نحسب وزن القالب الأسطواني مع التربة ، ومنه نحدد وزن وكثافة التربة.

8-نضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم أقلب العينة وأربط القالب مع القاعدة.

9-نضع العينة في آلة قياس الضغط ثم نضع أوزاناً لا تزيد عن ٤.١كيلو جرام ونصفّر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق.

10-نقوم بزيادة قيمة الضغط والاختراق للعينة.

11-بعد انتهاء الاختبار نستخرج عينة التربة ثم نأخذ عينات من الثلث الأول والوسط والأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة.

12-نرسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم) ثم نسجل مقدار الاختراق عند 2.5ملم و٥ملم ثم نحدد قيمة التحمل باستخدام المعادلة التالية:

نسبة تحمل كاليفورنيا(CBR) = مقدار الضغط في الاختبار * ١٠٠%

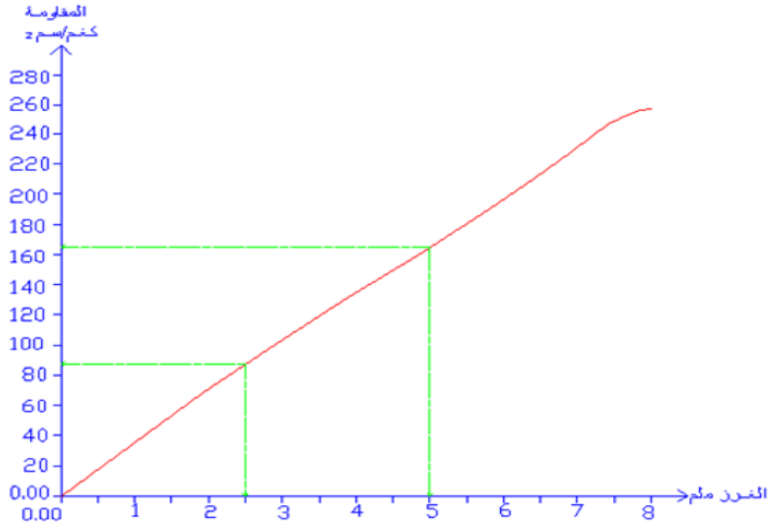
مقدار الضغط القياسي

✓الجداول والأشكال التالية تم الحصول عليها بعد إجراء التجربة:

الجدول (٥-٨) العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٦٥ضربة لطبقة(Base course).

الغرز (mm)	Load(kg)	المقاومة بعد تعديل المنحنى (kg/cm2)
٠.٥	٣٧٠.٤٤	١٩.١٤٤
١	٧٠٠.٥٦	٣٦.٢٠٥
١.٥	١٠٣٣.٢	٥٣.٣٩٥
٢	١٣٨٩.٢٤	٦٥.١٢٢
٢.٥	١٦٦٩.٢٣	٨٦.٢٧١
٣	٢٠٣٢.٨٣	٨٣.٥٦١
٣.٥	٢٣٢٨.٤٨	١٢٠.٣٣٥
٤	٢٦٣٥.٩٢	١٣٦.٢٢٣
٤.٥	٢٩١٧.٤٤	١٨٥.٣٣١
٥	٣٢٣٣.١٦	١٦٧.٠٨٨
٥.٥	٣٧٥١.٥٦	١٨٠.٤٥٣

٦	٤٠٥٧.٢	٢٠١.٦٧٤
٦.٥	٤١٦١.٢٤	٢١٩.٢٥٣
٧	٤٤٩٨.٢	٢٣٢.٤٦٥
٧.٥	٤٨٣٨.٥٨	٢٥٨.٧٢٣
٨	٤٩٨٩.٦	٢٦٠.٨٦٠



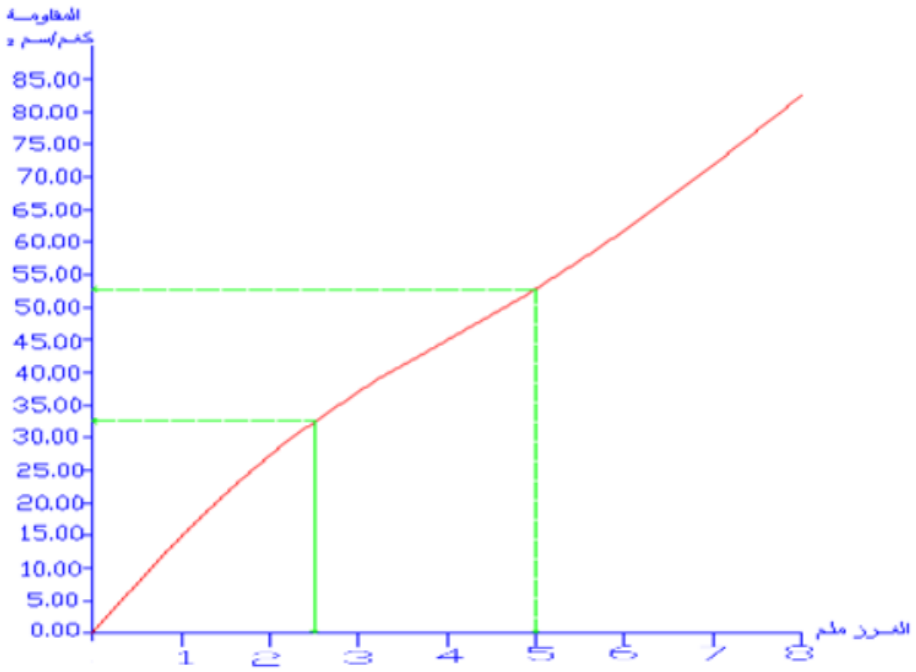
شكل (٥-٥)العلاقة الغرز والمقاومة عند ٦٥ضربات لطبقة(Base Course).

✓يتم حساب قيمةCBR عند كثافة 95%من أعلى قيمة للكثافة الجافة أي عند 55ضربة وتساوي ٢.٢١ وذلك حسب المواصفات الأردنية المتبعة في فلسطين حيث أنها تساوي.

الجدول (٥-٩) العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند 65ضربات لطبقة(sub grade).

الغرز (mm)	Load(kg)	المقاومة بعد تعديل المنحنى (kg/cm2)
٠.٥	١٤٥.٢٩١	٧.٥٠٩
١	٢٩٠.١٤٣	١٥.٠٠٨
١.٥	٤٢٥.٨٣٢	٢٢.٠٠٧
٢	٥٣٢.٣١٣	٢٧.٥١٠
٢.٥	٦٣٩.٢٦٧	٣٣.٠٣٧

٣	٧٢٥.٧٣٥	٣٧.٥٠٥٦
٣.٥	٨٠٢.٧٥١	٤١.٤٨٦
٤	٨٧٠.٧٩٩	٤٥.٠٠٣
٤.٥	٩٤٩.٧٣٠	٤٩.٠٨٠
٥	١٠٣٤.٨٤٧	٥٣.٤٨١
٥.٥	١١١٣.٩٤	٥٧.٥٦٨
٦	١٢١٠.١٦٣	٦٢.٥٤١
٦.٥	١٢٨٦.٧٤٩	٦٦.٥٠١
٧	١٣٩٨.٤٢٤	٧٢.٢٧٠
٧.٥	١٤٧٨.٣٩٤	٧٦.٤٠٣
٨	١٥٩٦.٤٨٥	٨٢.٥٠٦



شكل (٥-٦)العلاقة بين المقاومة والغرز عند ٣٠ضربات لعينة (Sub grade):

✓يتم حساب قيمةCBR عند كثافة 51%ممن أعلى قيمة للكثافة الجافة عند 55ضربة= 2.01وذلك حسب المواصفات الأردنية المتبعة في فلسطين حيث أنها تساوي

جدول (٥-١٠)نسبة كاليفورنيا لكل طبقة.

الطبقة	CBR
Base course	١٠٠
Sub grade	٣٥

٥-٤تصميم الرصفة المرنة.

تم تصميم الرصفة المرنة بناء على نظامAASHTO:

(American Association of State Highway and Transportation Officials)

٥-٤-١حساب 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).

٥-٤-١-١الحمل 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.

٥-٤-١-٢معامل حمل المحور المكافئ:

المعامل المكافئ لحمل المحور لمركبة ما هو نسبة التأثير لكل مرة تمر فيها المركبة على رصف معين إلى التأثير الذي يحدثه مرور الحمل المحوري المفرد القياسي على نفس الرصف. ويتم التعبير عن عدد مرات تكرار الحمل الذي يؤدي إلى وصول الرصف لنهايته المقبولة بصلابة طبقة الرصف, ويتم التعبير عن صلابة طبقات الرصف بالرقم الإنشائي(SN)ويكون مستوى الخدمة النهائي(PT) للطرق الرئيسية (ذات المرور الثقيل) مساويا" ٢.٥والطرق المحلية والثانوية (ذات المرور المتوسط) مساويا"2.00.بينما القيمة الابتدائية لدليل مستوى حالة الرصف بعد الانتهاء من تنفيذ الرصف مباشرة تتراوح قيمتها بين ٤.٢إلى٤.٥تبعاً 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 ان:

PSI= present Serviceability index

وتتراوح قيمتها من 0إلى 5,وتشتمل على الآتي:

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

P_t = ٤.٥للظروف الجيدة.

P_t =2.5للطرق الرئيسية و ٢ للطرق متدني المستوى.

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

أما المحور القياسي فمقـداره ١٨٠٠٠رطل (٨٠٠٠٠كيلو 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 ان:

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:

الجدول(٥-١١) نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية(f_d) .

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

الطريق المراد تصميمها تحتوي على مسرب في كل اتجاه, وبالتالي فإن قيمة(fd) تكون المقابلة للرقم 2 من الجدول السابق أي(٥٠%).

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

جدول (٥-١٢) معامل النمو(G_f).

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

تم أخذ مدة التصميم المستقبلي 20سنة ونسبة الزيادة المتوقعة في النمو (٤%) وبالتالي فإن قيمة(G_f) تكون مساوية(٢٩.٧٨%).

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

جدول (٥-١٣)تحويل أوزان المركبات الى أحمال قياسية(Load Equivalency factor).

Cross Axel Load		Load Equivalency Factor		Cross Axel Load		Load Equivalency factor	
KN	lb	Single Axle	Tandem Axel	KN	lb	Single Axle	Tandem Axel
4.45	1,000	0.00002		182.5	41,000	23.27	**2.29**
8.9	2,000	0.00018		187	42,000	25.64	**2.51**
13.35	3,000	0.00072		191.3	43,000	28.22	**2.75**
17.8	4,000	0.00209		195.7	44,000	31	**3**
22.25	5,000	0.005		200	45,000	34	**3.27**
26.7	6,000	0.01043		204.5	46,000	37.24	**3.55**
31.15	7,000	0.0196		209	47,000	40.74	**3.85**
35.6	8,000	0.0343		213.5	48,000	44.5	**4.17**
40	9,000	0.0562		218	49,000	48.54	**4.51**
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50,000	52.88	**4.86**
48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51,000		**5.23**
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52,000		**5.63**
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53,000		**6.04**
62.3	14,000	0.36	0.027	240.2	54,000		**6.47**
66.7	15,000	0.478	0.036	244.6	55,000		**6.93**
71.2	16,000	0.623	0.0472	249	56,000		**7.41**
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57,000		**7.92**
80	18,000	1	0.0773	258	58,000		**8.45**
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59,000		**9.01**
89	20,000	1.51	0.1206	267	60,000		**9.59**
93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61,000		**10.2**
97.8	22,000	2.18	0.18	275.8	62,000		**10.84**
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		**11.52**
106.8	24,000	3.03	0.26	284.5	64,000		**12.22**
111.2	25,000	3.53	0.308	289	65,000		**12.96**
115.6	26,000	4.09	0.364	293.5	66,000		**13.73**
120	27,000	4.71	0.426	298	67,000		**14.54**
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		**15.38**
129	29,000	6.14	0.572	307	69,000		**16.26**
133.5	30,000	6.97	0.658	311.5	70,000		**17.19**
138	31,000	7.88	0.753	316	71,000		**18.15**
142.3	32,000	8.88	0.857	320	72,000		**19.16**
146.8	33,000	9.98	0.971	325	73,000		**20.22**

151.2	34,000	11.18	1.095	329	74,000	**21.32**
155.7	35,000	12.5	1.23	333.5	75,000	**22.47**
160	36,000	13.93	1.38	338	76,000	**23.66**
164.5	37,000	15.5	1.53	342.5	77,000	**24.91**
169	38,000	12.2	1.7	347	78,000	**26.22**
173.5	39,000	19.06	1.89	351.5	79,000	**27.58**
178	40,000	21.08	2.08	365	80,000	**28.99**

من الجدول السابق تم الحصول على معامل الحمل المكافئ(Load equivalency factor)بناء على أن الحمل الواقع على(Passenger car) مساوي Kn/axle 10والحمل الواقع على(tow axle single) مساوي ١٠٠ Kn/axle

وحمل الواقع على (three axle single unit trucks) مساوي Kn/axle 110وبالتالي فإن قيم معامل الحمل المكافئ التي تم الحصول عليها من الجدول أعلاه كما يلي:

Load equivalency factor for Passenger car (f_E) =0.0003135
Load equivalency factor for tow axle single unit trucks (f_E) = 0.1980889
Load equivalency factor for three axle single unit trucks (f_E) = 0.29491

جدول (٥-١٤) : متوسط عدد المركبات ونسبة المركبات لكل ساعة.

الايام	passenger	axle 2-	3-axle
الاحد	٣٨٤	٤٦	١
الاثنين	٣٨٩	٤٥	١
الثلاثاء	٣٩٠	٤٧	١
الاربعاء	٣٩٢	٤٧	١
النسبة المئوية من العدد الكلي	٨٩.١٦	١٠.٦٠	٠.٢٤

ايضا تم الحصول من الفصل السابق(حجم المروري) على معدل المرور اليومي وكان(1098) سيارةايوم

وبعد ذلك تحسب قيمة(ESAL) لكل نوع مد أنواع المركبات حسب المعادلة التالية كل على حده ومن ثم تجمع القيم الثلاث لنحصل عل (Total ESAL) كما في المعادلة:

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

ESAL (passenger):
=0.5*29.78*1098*365*0.8916*2*0.0003135→3336.011
ESAL (tow axle single unit trucks):
=0.5*29.78*1098*365*0.106*2*0.1980889 →250602.79

ESAL (three axle single unit trucks):
=0.5*29.78*1098*365*0.0023*2*0.29491→8095.38
ESAL (total) = 262034.181

٥-٤-٢حساب سماكة طبقات الرصف :

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

ولي حساب سماكة كل طبقة يتم الاعتماد على نتائج فحص كاليفورنيا حيث يجب ان لا قل نسبة تحمل فحص كاليفورنيا لكل طبقة عن التالي:

جدول(5-15) [1] **:** قيمة ال CBRلكل طبقة.

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

ولحساب المعامل المناخي نستخدم المعادلات التالية:

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

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

[1] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

ولإيجاد قيمة ال (Rd) و (Rs) يتم استخدام الجدول:

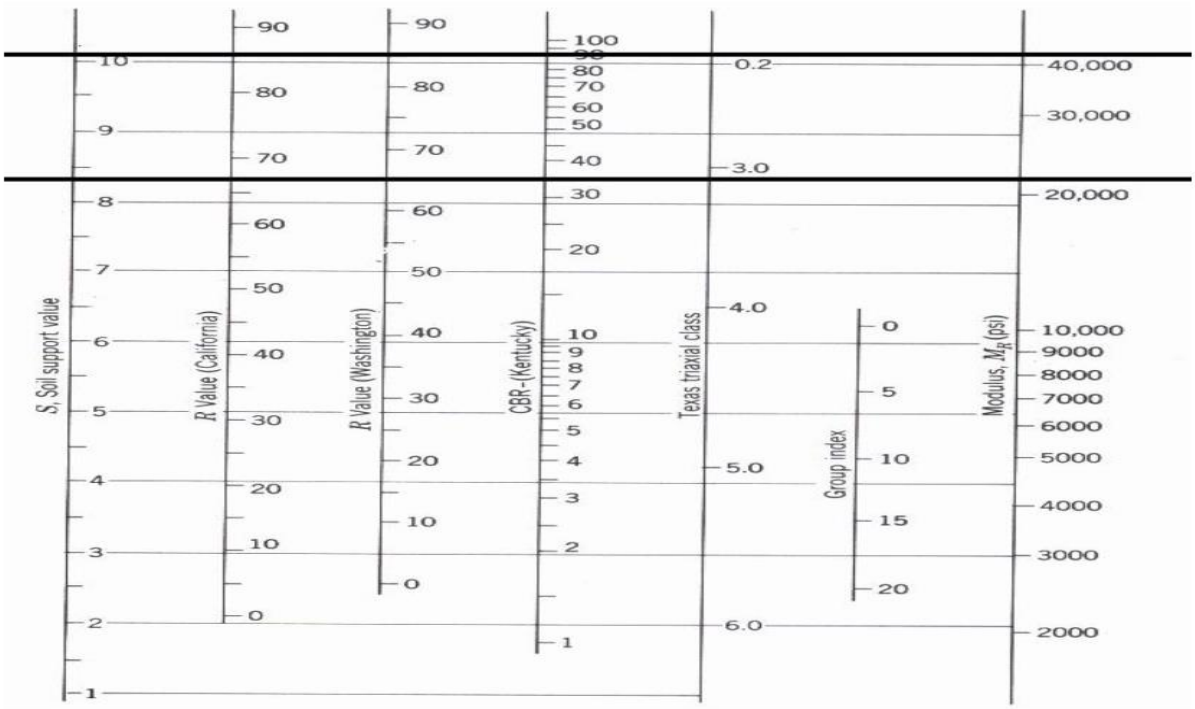
جدول(٥-16) [١] : قيمة المعامل المناخي

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

وبأخذ بعين الاعتبار أن منطقة الخليل يكون فيها 4أشهر رطبة و ٨أشهرجافة (بشال تقريبي حسب الدراسات):

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

بعد ذلك يتم ايجاد قيمة ال S-soil support valueمن خلال الشكل:



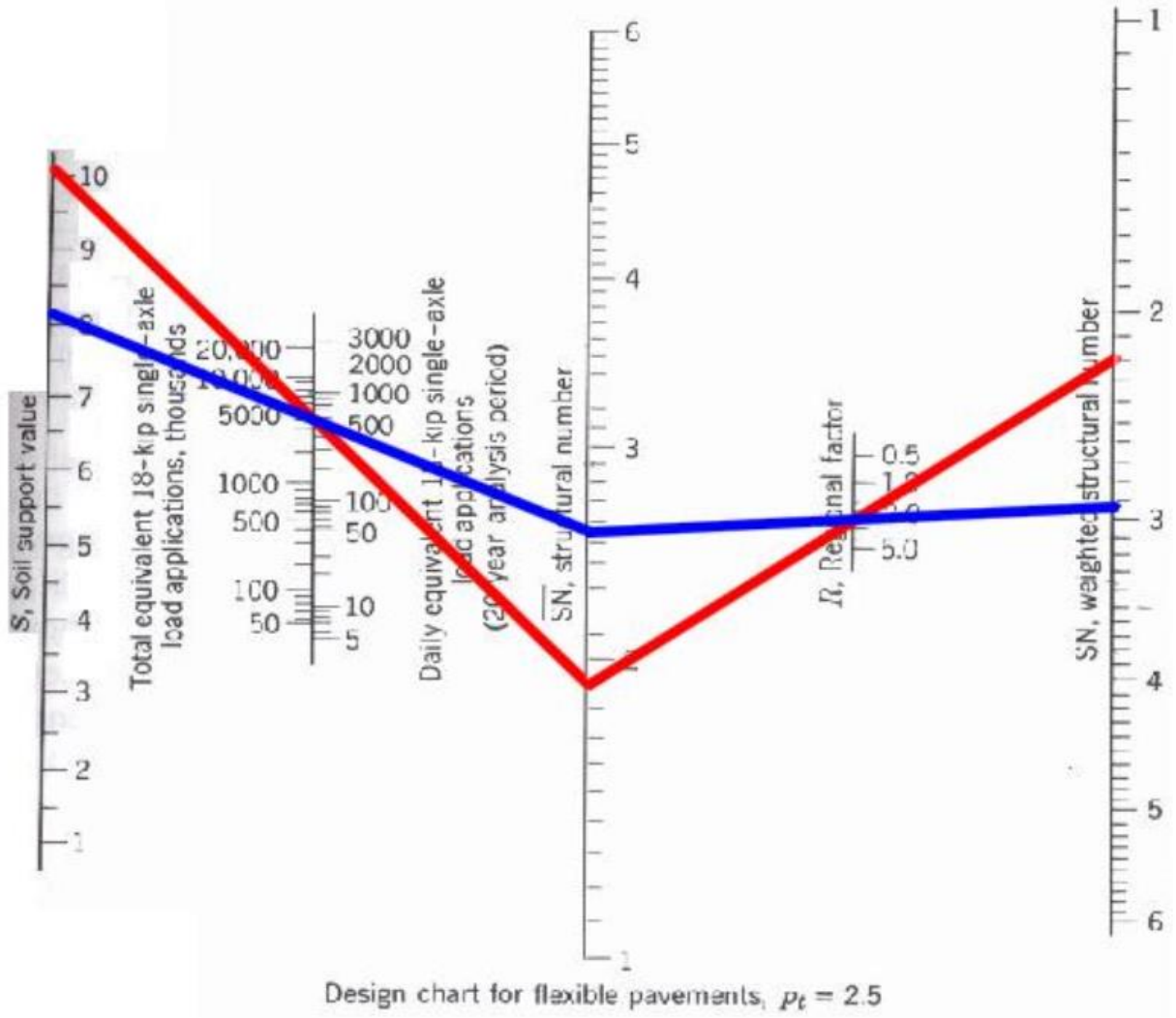
S-soil support value: **شكل(٥-٧)**

[١] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

وبالتالي فإن:

(S1-soil support value) = 10.1
(S2-soil support value) = 8.3

بعد ذلك سيتم حساب قيمة ال SNوذلك حسب الشكل:



شكل(٥-٨): قيمة المعاملSN

SN (Asphalt) = 2.2 SN (Base Course)= 2.93

بعد ذلك يتم حساب سمكة كل طبقة وذلك حسب المعادلة:

- SN: Structural Number.
- a_1, a2 : layer coefficients representative of surface, base course respectively.
- D_1, D2: actual thickness, of surface, base course respectively.
- Mi: drainage coefficient for layer i.

حيث يتم حساب قيمة ال(a1, a2 ,a3) من الجداول:

1)قيمة المعامل**a1**

جدول(5-17):قيمة المعامل(a1)

Case of Pavement	a_1 suggested
Road mix (low stability)	0.20
Plant mix (high stability)	0.44
Sand Asphalt	0.40

*وبناء على ما سبق فإن قيمةa1= 0.44.

٢)قيمة المعامل**a2**

جدول(5-18) :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)	0.20
Cement- treated (400psi or less)	0.15
Coarse- graded bituminous-treated	0.34
Sand asphalt	0.30
Lime -treated	0.15-0.30

*وكما تم الاسلاف فإن قيمة a2 =٠.١٤ .

أما بالنسبة لمعامل التصريف عند حد الإشباع (٢٥-٥%)،وبتصريف ضعيف فإن قيمته تساوي ٠.٧.

وبالتالي فإن سمك الطبقات:

1- D1 =2.20= 5.0 in = 5.0 *2.54 = 12.7 cm Select 13 cm

0.44

2- D2=2.93-2.20 = 7.4 in = 7.4 *2.54 = 18.8 cm Select 20 cm

0.7*0.14

وبالتالي فإن سماكة الطبقات تكون كالتالي:

جدول(5-19) [1]:سماكة الطبقات.

الرصفة	السمك (سم)
اسفلت (Wearing Course)	٦
اسفلت (Binder Course)	٧
الاساس (Base Course)	٢٠

بالنسبة لطبقات الأسفلت(Binder Course) تكون بحجم حبيبي ١انش وطبقة الاسفلت (Wearing Course) بحجم ٤/٣ انش.

وبالنسبة لمواد الردم فيجب استخدام مصاد مختارة قريبة من تكوين طبقة الأساس عبارة عن مزيج من الصخور خالية من التربة العضوية (الحمراء) ولا تقل نسبة تحمل كاليفورنيا لها عن٣٥.

[1] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

الفصل الخامس : خدمات الطريق

٦-١ مقدمة

٦-٢ علامات المرور على الطريق (Traffic Marking)

٦-٢-١ أهداف علامات المرور

٦-٢-٢ الشروط الواجب توافرها في العلامات

٦-٢-٣ أنواع علامات المرور

٦-٣ الإنارة على الشوارع والطرق

٦-٣-١ فوائد الانارة

٦-٣-٢ مواصفات الإنارة

٦-٤ المواقف

٦-٤-١ أهمية المواقف

٦-٤-٢ انواع المواقف

٦-٤-٣ تطوير المواقف

٦-١ مقدمة

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

ان علم المرور يتطرق الى امور عدة كالاتجاهات والمسارب والانعطاف الى اليمين او اليسار والمسافات والتقاطعات والوقوف وغير ذلك , وهذه الامور لا تقل اهمية عن الطريق نفسه ولذلك يجب تصميمها جنبا الى جنب اثناء تصميم الطريق , كما يجب تنفيذها عند تنفيذ الطريق حتى تكون هذه الامور جزءا لا يتجزأ من هذا الطريق.

ان الاشارات والخطوط والتقاطعات والاشارات الضوئية والمواقف العامة واماكن التوقف وغير ذلك من الامور التي نراها على الطرق وضعت من اجل تنظيم حركة السير على الطرق . وسيتم التعرض لها بشيء من التفصيل في الفقرات التالية.

٦-٢ علامات المرور على الطريق (Traffic Marking):

٦-٢-١ أهداف علامات المرور :

ان علامات المرور على الطريق عبارة عن خطوط متصلة او متقطعة ,مفردة او مزدوجة ,بيضاء او سوداء او صفراء ,كما انها قد تكون اسهما او كتابة (كلمات) . اما اهداف هذه العلامات هي :

١- تحديد المسارب وتقسيمها.
٢- فصل السير في الاتجاهيين.
٣- منع التجاوز .
٤- منع الوقوف او التوقف.
٥- تحديد اماكن عبور المشاة.
٦- تحديد اولوية المرور على التقاطعات.
٧- تحديد مواقف السيارات .
٨- تعيين الاتجاهات بالاسهم (يمينا, يسارا ,الى الامام) لتحديد الاماكن التي يتجه اليها السائق.
٩- تحديد جانبي الطريق .
١٠-اعطاء تعليمات ومعلومات الى السائق بكلمات مثل : اتجه الى اليمين , توقف , اعط اولوية وغير ذلك .

٦-٢-٢ الشروط الواجب توافرها في العلامات :

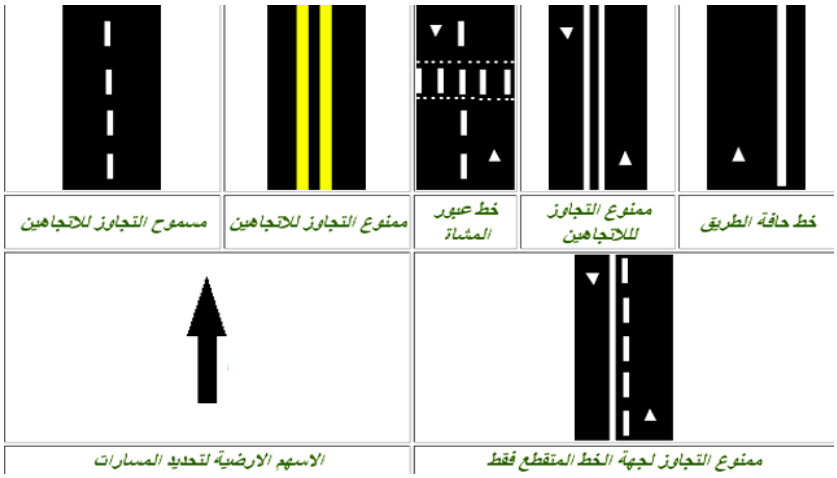
١- ان هذه العلامات تنظم حركة السير للسائق والمشاة وتنقل التعليمات لهم , هذا ويراعى في هذه العلامات ما يلي :
٢- ان تكون صالحة للرؤية في الليل والنهار,وواضحة في كافة الاوقات والظروف.
٣- ان تتوافق فيها الالوان .
٤- ان تكون من مواد تعمر طويلا وتقاوم التزحلق.
٥- ان تكون تعليماتها سهلة الفهم ومرئية من مسافة كافية.

٦-٢-٣ أنواع علامات المرور :

٦-٢-٣-١ الخطوط:

تكون الخطوط بعرض ١٠ سم وهي اما متصلة او متقطعة , اما المتقطعة فتستعمل لتقسيم المسارب وفصل السير في الاتجاهين , اما المتصلة فتستعمل لفصل السير ومنع التجاوز في ان واحد . فاذا كان التجاوز خطرا على السير الذاهب يوضع خطان بحيث يكون الخط المتصل من جهة السير الذاهب والمتقطع من جهة السير القادم .واذا كان التجاوز خطرا على السير الذاهب والقادم معا يصبح الخطان متصلان. ويستعمل الخط المتصل كذلك عند التقاطع لكي يبين حدود المنطقة التي يحظر الدخول اليها قبل التاكد من خلوها من السيارات .

توضع بعض الخطوط العريضة عند ممرات المشاة كما توضع خطوط صفراء متقاطعة في المناطق التي يحظر على السيارات المرور فوقها حيث تقوم هذه الخطوط مقام الجزر , كما تحدد الخطوط مواقف السيارات .



الشكل (٦-١): انواع الخطوط في علامات المرور[1]

[1] http://allmobilephoneprices.blogspot.com/2012/03/blog-post_9948.html

٦-٢-٣-٢ الكلمات :

تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف او اتجه يمينا , اتجه يسارا , اعط اولوية , وغير ذلك. ويجب ان تكون الكلمات كبيرة لكي يتسنى قراءتها , والا تزيد عن كلمة او كلمتين , كما يجب ان تكون الاحرف مناسبة لموقع عين السائق.

٦-٢-٣-٣ الاسهم :

تستعمل الاسهم اما بدلا من الكلمات لتحديد الاتجاهات او مع الكلمات مثل سهم يتجه الى اليمين مع كلمة الى اليمين

٦-٢-٣-٤ اللون :

يستعمل اللون الابيض في الخطوط التي تقسم المسارب ويستعمل اللون الاصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات الا انه يجب الاهتمام بتوافق لون الخط مع ارضية الطريق .

٦-٢-٣-٥ المواد العاكسة :

تستعمل بعض المواد التي تساعد على انعكاس الضوء خاصة في ايام الضباب حيث يوضع مع الدهان بلورات زجاجية خاصة .ويمكن الاستفادة من بعض انواع الحصمة وخاصة على الاكتاف لتأمين لون مخالف للون مسرب الطريق , وهذا ضروري في الليل لكي يبين حدود المسرب . ان استعمال ادوات عاكسة كعيون القطط وغيرها عملية مفيدة جدا وتعكس الضوء من مسافات طويلة .

٦-٢-٣-٥ الاشارات :

٦-٢-٣-٥-١ الهدف من الاشارات :

تستعمل الاشارة لتوصيل المعلومات للسائق او الماشي , وتتالف من لوحات رسم عليها اسهم او كلمات او الاثنان معا , بحيث تكون المعلومات واضحة وتناسب حالة السير ونوع الطريق .

٦-٢-٣-٥-٢ أنواع الاشارات :

تقسم الاشارات الى اربعة انواع رئيسية ولكل نوع من هذه الانواع شكل خاص متعارف عليه حتى يسهل تفهمه من قبل السائق . وهذه الانواع هي:

١- اشارات التحذير : كاشارة انحدار او منعطف خطر وتكون هذه الاشارات مثلثلة الشكل .

٢- اشارات الاوامر : كاشارة قف وتكون مستديرة .

٣- اشارات المنع : كاشارة ممنوع المرور وتكون مستديرة.

٤- اشارات التوجيه (التعليمات): كاشارات اماكن الوقوف والاستراحة وتكون مربعة الشكل او مستطيلة.

٦-٢-٣-٥-٣ مواصفات الاشارات :

يجب ان يكون للاشارات مواصفات خاصة بها حتى تحقق الهدف المنشود منها , فالاشارة يجب انو تكون واضحة للسائق وتشد انتباهه قبل مسافة طويلة تزيد عن تلك المسافة اللازمة لرؤية الكتابة , كما يجب ان تكون الكتابة على الاشارة واضحة ومفهومة للسائق من مسافة طويلة كافية لكي يتصرف طبقا للاشارة بدون ان ينصرف انتباهه عن الطريق . وحتى يتحقق ذلك فانه لا بد من الانتباه الى الامور الرئيسية التالية في الاشارة وهي :

١- أبعاد الاشارة : كلما كبرت الاشارة ضمن حدود المواصفات كلما تحسنت رؤية السائق لها .

٢- تباين الالوان في الاشارة : ان التباين ضروري جدا لتحقيق غايتين هما ظهور الاشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للاشارة نفسها ,وهذا التباين يتحقق باستعمال الوان 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 الاشارة كبيرة فيجب ان تكون الكتابة باللون الفاتح (أبيض) على ارضية زرقاء او خضراء او صفراء . اما اذا كانت الاشارة صغيرة فيجب ان تكون الكتابة بالالوان الداكنة على ارضية فاتحة.

٣- الشكل : يجب ان تكون الاشارات منتظمة الشكل وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من اجله .

٤- الكتابة : تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل هي نوع الكتابة , حجم الاحرف , وسماكة الخط , والفسحات بين الكلمات والأسطر وعرض الهامش . ويجب ان يتم اختيار الكتابة التي تناسب ذلك .

٥ - الصيانة :يجب صيانة الاشارة وتنظيفها واعادة دهنها باستمرار حتى تبقى واضحة للسائق على مدار السنة .

٦ - الموقع :

يجب ان تكون الاشارة 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 . فإذا كانت الإشارة تدل على وجود مفرق طريق مثلا فانه يتوجب وضع الاشارة 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 .

سرعة السيارة كم/ساعة	٥٠	٦٥	٨٠	٩٥	١٢٠
المسافة بين الإشارة والتقاطع الذي تدل عليه الإشارة (م)	٤٥	٩٠	١٥٠	٢٢٠	٣٠٠

جدول (٦-١) العلاقة ما بين سرعة السيارة و المسافة بين الاشارة والتقاطع التي تدل عليه الاشارة[١]

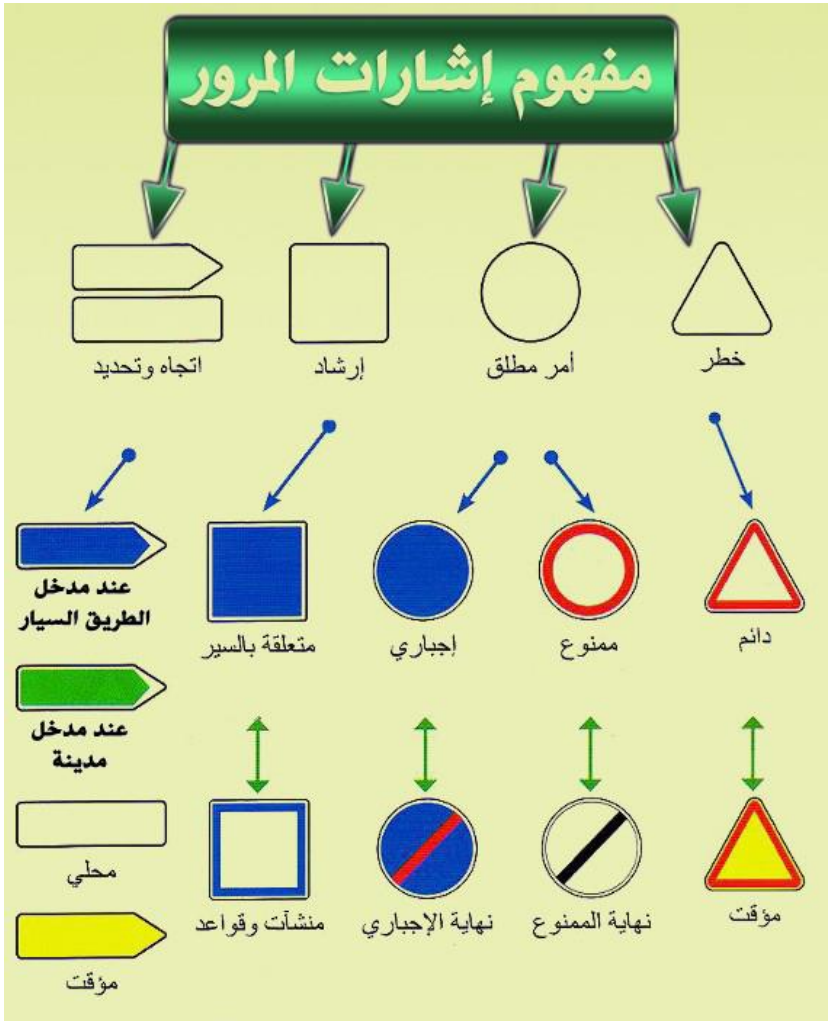
[١] حسب القانون الفلسطيني ولائحته التنفيذية

٧ – الرؤية في الليل :

حيث ان الاشارة مهمة للسائق في الليل والنهار فانه لا بد من تأمين الاضاءة لها او جعلها عاكسة للاضواء بحيث يراها السائق ليلا نهارا.

٨- اشارات الطوارىء :

توضع اشارات مؤقتة عند وقوع حوادث او تعطيل سيارات او وجود ضباب وهذه الاشارات تكون متنقلة ويؤمن لها اضاءة كافية من بطاريات خاصة .



الشكل (٦-٢) مفهوم إشارات المرور[١]

[١] http://allmobilephoneprices.blogspot.com/2012/03/blog-post_9948.html

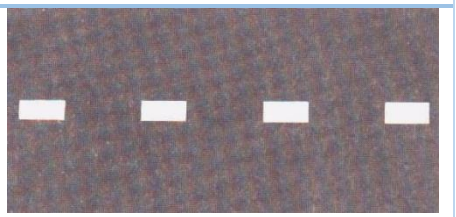
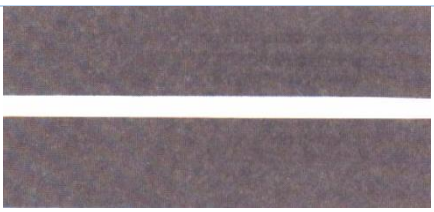
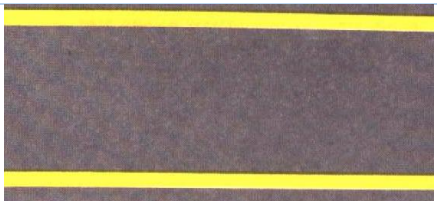
أما بالنسبة لبعض الإشارات التي سيتم استخدامها في شارع أبو العصا حسب قانون المرور الفلسطيني ولائحته التنفيذية فهي كالتالي :

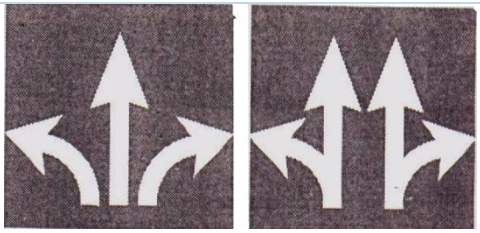
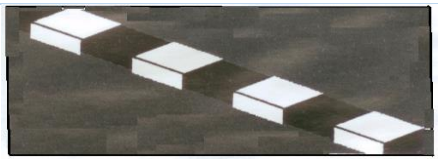
الإشارة	المدلول
	أولاد بالقرب من المكان
	انعطاف حاد نحو اليسار
	مفترق تقاطع طرق
	مفترق تقاطع طرق لليسار
	مفترق تقاطع طرق لليسار
	أعط حق الأولوية لحركة السير أمامك
	ممنوع التجاوز
	ممنوع التجاوز بالنسبة للشاحنات التي تزيد عن ٤ طن

	يوجد ممر مشاة بالقرب من المكان
	ممر مشاة

جدول (٦-٢) إشارات المشروع

أما بالنسبة لبعض الخطوط التي سيتم استخدامها في شارع أبو العصا فهي كالتالي :

الإشارة	المدلول
	خط متقطع : خط محور الشارع أو خط مسلك ، على من يسوق مركبة أو حيوان أن يسوق مركبته أو الحيوان في المسلك الأيمن الأقصى ولا يجوز له عبور الخط بجسم المركبة أو بقسمٍ منه إلا من اجل التجاوز أو من اجل تنفيذ أمرٍ قانوني
	خط فاصل متواصل : إذا وُسم الشارع بخط فاصل متواصل فعلى السائق أن يسوق مركبته أو يقود الحيوان على الجانب الأيمن للخط ولا يجوز له عبور الخط بجسم المركبة أو بقسمٍ منه
	خط حدود : يشير الخط إلى حافة الشارع في المكان التي لا توجد فيه أحجار حافة . على سائق المركبة الميكانيكية أن يسوق مركبته على الجانب الأيسر للخط ولا يجوز له العبور إلى يمين الخط إلا من اجل منع وقوع حادث أو منع عرقلة لحركة السير

	أسهم للسير في المفترق يجوز عبور المفترق من المسلك الموسوم بالسهم فقط باتجاه السهم.
	أحجار الحافة مدهونة باللون الأسود والأبيض لإظهار وإبراز الحافات أو الفواصل أو الجزر المبنية

جدول (٦-٣) الخطوط المستخدمة في المشروع

٦-٣ الإنارة على الشوارع والطرق :

٦-٣-١ فوائد الانارة :

إن إضاءة الشوارع تخفض من حوادث الطرق كما تساعد الاضاءة السائق على قيادة سيارته في الليلة بنفس السرعة التي يقود بها نهارا , مما يقلل من وقت الرحلة . والاضاءة مفيدة للمشاة حيث تجنبهم الاخطاء وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح بالاضافة الى انها ضرورية من النواحي الامنية .

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

٦-٣-٢ مواصفات الإنارة :

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

١- الاهتمام بمكان اعمدة الانارة من حيث تثبيتها في الجزيرة الواقعة في وسط الطريق او على الارصفة فقط او على الارصفة والجزيرة معا .

٢- الاهتمام بابعاد الاعمدة كارتفاعها واطوال اذرعها والمسافات بينها ودراسة هذه الامور دراسة وافية .

٣- الاهتمام بنوع المصابيح المستعملة , حيث ان لكل نوع مزاياه ونواقصه , فبعض المصابيح يتأثر بالامطار والرياح والضباب وبعضها يحتاج الى صيانة مستمرة .

٤- دراسة نوع سطح الطريق ومدى قدرته على عكس الاضاءة حيث ان نوع المصابيح وتوزيع الاعمدة وغير ذلك من الامور التي تتاثر بنوع سطح الطريق ومقدرته على عكس الضوء .

٥- 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 الامور عند المباشرة في ايصال التيار الكهربائي للطريق بالاضافة الى دراسة الجدوى الاقتصادية حتى تحقق النتائج المطلوبة والفوائد المرجوة .

٦-٣-٢-١ ارتفاع أعمدة الإنارة:

يختلف ارتفاع أعمدة الإنارة حسب عرض الطريق، ونوعية المصابيح المستخدمة،و حسب سطح الطريق، والمنطقة المحيطة بالأعمدة، وعادة يستخدم ارتفاع أعمدة الإنارة(٧.٦٢- ١٠.٦٩-١٢.١٩) متر والمسافة عن مركز المصباح إلى جانب الطريق (overhangs) ١.٥، ٢، ٢.٥ متر على الترتيب.

٦-٣-٢-٢ المسافة بين أعمدة الإنارة:

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

ويوضح الجدول التالي العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطريق وارتفاع العمود.

GROUP	MOUNTING HEIGHT H M	EFFECTIVE WIDTH, W(M)										MAX OVERHANG (M)
		7.62	9.14	10.69	12.19	13.72	15.24	16.76	18.29	19.81	21.34	
		Maximum spacing , S (m)										
A1	7.26	30.5	25.36	21.3	18.3	16.8						1.82
	9.14	36.6	36.6	30.5	27.4	24.4	21.3	19.8				2.29
	10.69	42.7	42.7	42.7	38.1	33.5	30.5	27.4	24.4	22.9		2.59
	12.19	48.8	48.8	48.8	48.8	42.7	39.6	35.1	32.0	30.5	27.4	2.90
A2	7.62	33.5	30.5	25.9	22.9	19.8						1.82
	9.14	39.6	39.6	38.1	33.5	29.0	25.9	24.4				2.29
	10.69	47.2	47.2	47.2	45.7	٣٩.٦	36.6	33.5	30.5	27.4		**2.59**
	12.19	53.3	53.3	53.3	53.3	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5	2.90
A3	7.62	36.6	36.6	32.0	27.4	24.4						1.82
	9.14	44.2	44.2	44.2	39.6	35.1	32.0	29.0				2.29
	10.69	51.8	51.8	51.8	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5		2.59
	12.19	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	56.4	51.8	47.2	42.7	39.6	2.90

جدول (٦-٤) توزيع الأعمدة حسب عناصر الطريق.[١]

حيث:

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

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

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

وبما أن عرض الشارع الذي نقوم بتصميمه حوالي 10 مترا، وتم اختيار ارتفاع العمود ١٠.٦٩م ويقع الطريق ضمن المجموعة A2،وبناء على ما سبق فإن المسافة بين كل عامود إنارة والآخر ستكون 39.6 م (40 متر للتقريب) والمسافة من مركز المصباح إلى جانب الطريق2.59 متر.

[١] كتاب الانارة العامة انارة الشوارع – رافت حلمي .

٦-٤ المواقف:

٦-٤-١ أهمية المواقف:

عندما تصل السيارة إلى واجهتها فإنها تتوقف إما للعمل ,أو للنزهة, أو للتحميل أو التنزيل أو لأخذ ركاب وبالتالي فإنها تحتاج إلى مواقف. إن عدم توفير الموقف للسيارات يؤدي إلى ازدحام وخطر على حياة المواطنين.

ان مشكلة ايجاد مواقف للسيارات خاصة داخل المدن مشكلة معقدة وتزداد تعقيدا يوما بعد يوم خاصة وان عدد السيارات اخد بالازدياد .

وحتى يتم حل هذه المشكلة فانه لا بد من جمع معلومات وإجراء مسوحات للمنطقة التي تتواجد فيها هذه المشكلة لمعرفة مساحة المواقف المطلوبة ,ومساحة الأماكن المتوفرة كمواقف , من ثم توزيع المواقف المتوفرة وتنظيمها بالإضافة إلى بناء وتهيئة ما يلزم من مواقف إضافية لسد النقص .

٦-٤-2 انواع المواقف:

٦-٤-2-١ مواقف على الشارع:

وهو الاكثر شيوعا واكثرها قبولا عند الناس الا ان مثل هذا النوع من المواقف له مساوئه وهي :

أ- تعطيل السير وتاخيره وتخفيض سرعته اذا كان هناك صفا طويلا من السيارات الواقفة على جانبي الطريق .

ب – خفض سعة الشارع من حيث استيعابه لعدد السيارات التي ستمر فيه .

ج – تزداد حوادث الطرق بوجود السيارات الواقفة على جانب الطريق.

ان للوقوف على جانبي الشارع مزايا منها انه يسهل على المواطنين حركتهم وقضاء مصالحهم ولا يتسبب ذلك في اضرار اذا توفرت الشروط التالية :

١- اذا كان الشارع عريض.
٢- اذا كان عدد السيارات الذي تستعمله قليل.
٣- اذا كان السير باتجاه واحد.
٤- اذا كان الوقوف على جانب واحد من الطريق فقط وهو الجانب الاقل كثافة من حيث حركة السير .
٥- اذا كانت حركة المشاة على الطريق قليلة .
٦- اذا سمح بالوقوف في اوقات وايام محددة تكون فيها حركة السير قليلة .

٦-٤-٢-٢ المواقف خارج الشارع :

اصبح الوقوف على جانب الشارع امرا صعبا خاصة في المدن ولذلك فقد اوجدت مواقف اخرى غير الشارع وهي :

١- الساحات
٢- الموقف المتعدد الطوابق
٣- المواقف تحت الأرض
٤- المواقف على الأسطح
٥- الكراجات الميكانيكية

٦-٤-٣ تطوير المواقف:

عند تصميم وتخطيط مواقف للسيارات يجب اخذ ظروف المنطقة التي ينشا الموقف لها بعين الاعتبار . وهناك عدة امور لابد من القيام بها وهي :

١- موقع الموقف: يجب ان يكون الموقف في مركز المنطقة التي تم انشاؤه فيها الا انه يجب ان لا يقع الموقف في منطقة حركة السيارات حتى لا يعيق حركتها وحركة المشاة ويشكل خطرا عليها .

٢- المدخل والمخرج : يجب الانتباه الى المدخل والمخرج بحيث يكونا من مناطق الشوارع ذات الاتجاه الواحد حتى تسهل حركة السير كمان يجب ان يتم توفير مدخل امن للمشاة .

٣- التحميل والتنزيل: تسبب الشاحنات إعاقة للسير وتعرض السيارات للخطر اثناء التحميل والتنزيل امام المخازن حيث لم يهيأ لها المكان المناسب , وعليه فان التحميل والتنزيل يجب ان يكون خارج الشارع وفي اماكن خاصة للمخازن خاصة الشاحنات الكبيرة والتي تكون حركتها صعبة .

اما بالنسبة للمواقف التي سيتم عملها في المشروع هي من النوع الذي يكون على جانب الطريق بعرض يبلغ ٢م على كل جانب.

اما في المشروع فتم استخدام مواقف موازية على الشارع كما في الشكل, حيث ان عرض الشارع وحركة السير تسمح بذلك .

الشكل (٦-٣) موقف موازي على الشارع [١]

[١] الموقع الالكتروني : http://www.chandigarhtrafficpolice.org

الفصل السابع : التصميم الهندسي للطريق

٧-١ مقدمة

٧-٢ أسس التصميم الهندسي للطريق

٧-٣ المنحنيات

٧-٣-١ المنحنيات الأفقية

٧-٣-٢ المنحنيات الرأسية

٧-٤ القوة الطاردة المركزية

٧-٥ التعلية (Super Elevation)

٧-٥-١ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق (التعلية)

٧-٦ تصريف مياه الأمطار والمياه السطحية عن الطريق

٧-٧ التقاطعات

٧-٨ طبقات الشارع (الرصفات)

٧-٨-1 أنواع الرصفات

٧-٨-١-١ الإسفلتية أو المرنة (Flexible Pavements)

٧-٨-١-٢ الخرسانية أو الصلدة (Rigid Pavements)

٧-٨-١-٣ المركبة أو المختلطة (Composite Pavements)

٧-٨-٢ عوامل التصميم (Design Factors)

٧-١ مقدمة :

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

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

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

عند التصميم الهندسي يجب مراعاة مجموعة أمور من أهمها:

١. التصميم بأقل التكاليف وأفضل ما يمكن (الجدوى الاقتصادية).
٢. حفظ السلامة والأمن على الطريق لكل مستخدميه.
٣. التماشي مع حجم المرور المتوقع عليه وخاصة أوقات الذروة.
٤. تجنب التغييرات المفاجئة على الطريق.
٥. أن يكون شامل للوسائل الضرورية من تخطيط وإشارات وأمور أخرى.

٧-٢ أسس التصميم الهندسي للطريق :

من أهم أسس التصميم الهندسي للطريق ما يلي:

١) حجم المرور :

هو عدد المركبات التي تمر عند نقطة معينة خلال فترة زمنية محددة.

٢) تركيب المرور :

يتمثل تركيب المرور في تحديد نسبة عربات النقل و سيارت الاجرة بالنسبة لحجم المرور الساعي، حيث يتم عمل تحديد نسب كل العربات التي يتوقع أن تستخدم هذا الطريق (عربات صغيرة , حافلات , عربات تجارية ، عربات ثقيلة) .

٣) السرعة التصميمية :

هي أعلى سرعة مستمرة يمكن أن تسير بها السيارة على طريق رئيسي بأمان عندما تكون أحوال الطقس مثالية و كثافة المرور منخفضة، و تعتبر السرعة التصميمية مقياسا لنوع الخدمة التي يوفرها الطريق، و كذلك يمكننا من خلال السرعة التصميمية توقع السرعة و طبيعة الحركة على الشارع المراد إجراء التصميم له، و من مواصفات السرعة التصميمية يجب أن تكون خصائص التصميم الهندسي للطريق متناسبة مع السرعة التصميمية المختارة و المتوقعة للظروف البيئية و طبيعة التضاريس، حيث يجب على المصمم اختيار السرعة التصميمية بناءا على درجة الطريق المخططة و طبيعة التضاريس و حجم المرور و الاعتبارات الاقتصادية, والجدول التالي يبين السرعة التصميمية للطرق الحضرية .

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

جدول (٧-١) السرعة التصميمية للطرق الحضرية[١]

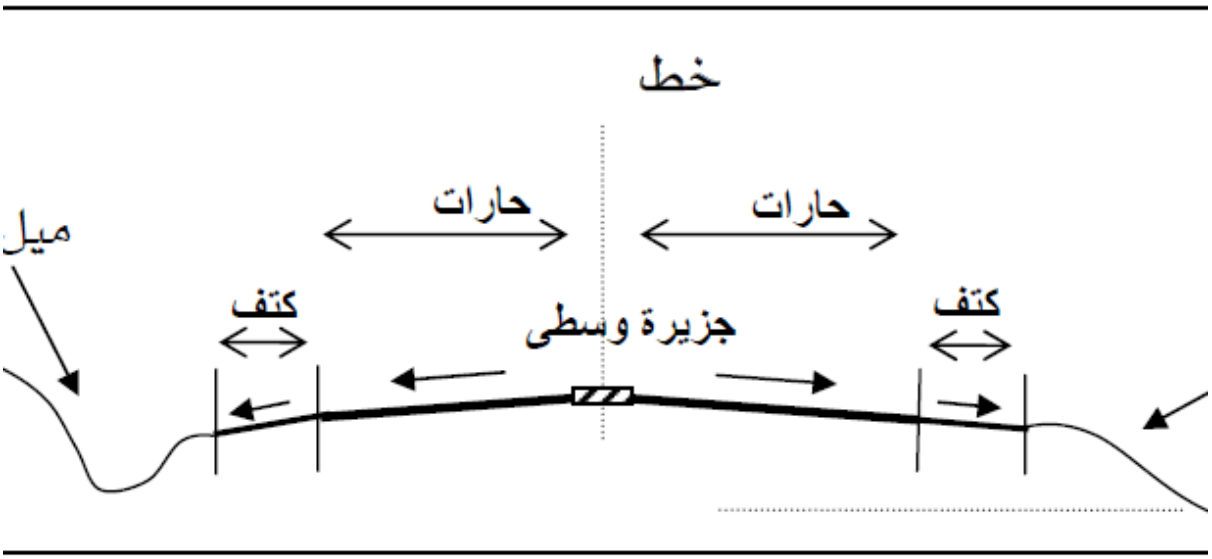
إن تحديد سرعة التصميم يعتبر ذات أهمية كبيرة في التصميم حيث يتم تحديد الانحدار و الصعود و أنصاف أقطار المنحنيات و أطوالها و مسافة الرؤية اللازمة للوقوف و للتجاوز و عدد المسارب و سعة كل مسرب، و بناءا على ذلك فإنه كلما زادت سرعة التصميم زاد استيعاب الطريق للسيارات و أصبحت منحنياتها واسعة و أنصاف أقطارها كبيرة و انخفضت حدة انحداراتها و زادت فيها مسافة الرؤية للتوقف أو للتجاوز.

تم تصنيف شارع ابو العصا وهو طريق محلي(local) بالاستناد الى الجدول السابق وكذلك بالنظر الى طبيعة وتضاريس الطريق تم اعتماد سرعة (40).

١. Highway engineering.

٤) قطاع الطريق :

إن قطاع الطريق يتمثل في تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق و هذا يتوقف على كيفية الاستفادة من هذا الطريق، فالطريق التي يمر عليها عدد كبير من العربات و بسرعة عالية يتطلب عدد كبير من المسارات و انحدارات طولية خفيفة أو قليلة و كذلك يتطلب أنصاف أقطار كبيرة نسبيا مقارنة مع الطرق التي يمر عليها قليل من المركبات عند سرعات صغيرة ، ففي الحالة الأولى يجب الاهتمام بأكتاف الطريق و عمل الجزر الفاصلة بين اتجاهي المرور مع تخصيص مسارات إضافية عند مناطق الدوران.



شكل (٧-١) مقطع عرضي لطريق من حارتين

٥) عرض المسارب و الطريق :

إن عرض المسرب الواحد يختلف حسب درجة و مستوى و نوعية الطريق ، حيث يلعب عرض المسار دورا كبيرا في سهولة القيادة و درجة الأمان على الطريق,فبعد رسم سطح الطريق يتم تحديد عرض هذا السطح حيث يجب أن لا يقل عرض المسار عن (3م) في جميع الأحوال. و في حالة الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض الحارة (3.75م) نظرا لمرور عربات النقل و السرعة الكبيرة بشكل عالي، حيث كلما أردنا أن نزيد سرعة السيارات و الشاحنات التي تسير على المسرب توجب علينا أن نزيد عرض المسارب. بالإضافة إلى المسارب الأساسية في الطرق هنالك أنواع أخرى من المسارب و هي كالتالي:

١. مسرب التسارع: هو مسرب جانبي تقوم السيارات بالتسارع فيه قبل الدخول إلى الطريق الرئيسي بحيث تصبح سرعتها فيه مماثلة لسرعة السيارات في الطريق.

٢. مسرب التباطؤ: هو مسرب جانبي تسلكه السيارات أثناء مغادرتها الطريق الرئيسي لتتمكن فيها من تخفيض سرعتها بدون أن تعرقل سير السيارات الموجودة على الطريق.
٣. مسرب الصعود: هو مسرب إضافي في الطريق يخصص للشاحنات التي تسير ببطء أثناء صعودها حتى تفسح المجال للسيارات التي خلفها لتجاوزها.
٤. مسرب الوقوف: هو المسرب الأوسط اللازم للانعطاف يسارا أو لتجاوز السيارات ، و هناك المسرب المساعد و هو مجاور للمسرب الرئيسي و يساعد على تصريف السير.

وفي مشروعنا تم اعتماد عرض المسرب الواحد (٥ م) , وذلك لان ٥م هي عرض كافي لسير المركبات بحرية تامة وبدون اعاقة .

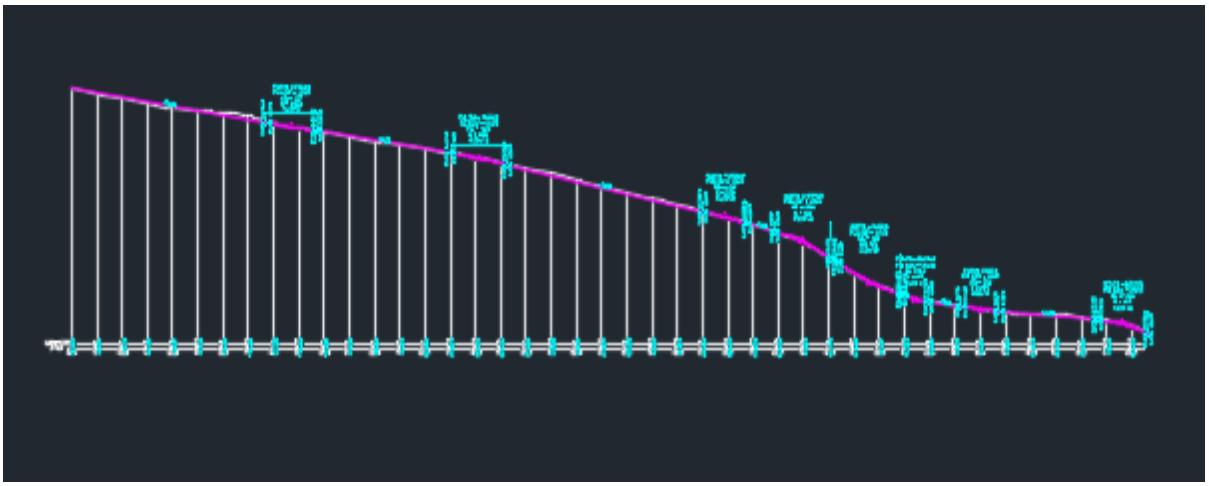
٦) الميول العرضية :

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

تم اعتماد ميول جانبية بمقدار ٢% وذلك لتصريف مياه الامطار .

٧) الميول الطولية :

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



شكل (٧-٢) الميول الطولية

٨) اكتاف الطريق:

إن الطرق الخلوية تزود بأكتاف جانبية تستخدم لتوقف المركبات بشكل طارئ و كذلك للمحافظة على طبيعة الأساس و الأسطح الخاصة بالطريق، و الحاجة للأكتاف و نوعها يتوقف على نوع الطريق و جسم و سرعة العربات و تركيب المرور و طبيعة المنطقة التي يمر فيها الطريق، و يتراوح عرض الكتف بين (1.25-3.6م) للطرق السريعة و (2.5-3.6م) للطرق التي يزيد حجم المرور الساعي التصميمي فيها عن (100) عربة، و يجب أن تزود الأكتاف بميول عرضيه كافية لتصريف المياه من الطريق، و لكن يجب أن لا يزيد هذا الميل عن الحد الذي قد يسبب خطورة على المركبات التي تتوقف على الطريق، حيث يوجد عدة أنواع من أكتاف الطريق فمنها أكتاف ترابية أو مصبوبة أو اسفلتيه و يختلف نوع سطحها حسب سطح الطريق الرئيسي.

شكل (٧-٣) كتف الطريق[1]

فوائد الأكتاف للطريق:-

١. تستخدم لتوقف المركبات بشكل طارئ .
٢. شعور السائق بالأمان و حماية السيارات عندما تنحرف عن مسارها بسبب السير بسرعات عالية.
٣. تساعد على تصريف المياه عن سطح الطريق.
٤. تستعمل الأكتاف لتوسيع الطريق في المستقبل.
٥. تستعمل الأكتاف لمنع انهيار جسم الطريق كما تصلح لوضع الإشارات عليها.

[1] http://lgam.wikidot.com/road-shoulder

٩) الأطاريف :

الأطاريف مهمة في زيادة الأمان على الطريق وتصريف المياه ومنع السيارات من الخروج عن الطريق في الأماكن الخطرة ، ويكون لونها له معنى خاص ، وهي تحدد حافة الرصيف وتعطي الطريق الشكل النهائي.وتستخدم داخل التجمعات السكنية لتحدد الرصف الخاص بالمشاة.

شكل (٧-4) الأطاريف

أما أنواعها فهي:

١- الأطاريف الحاجزة :هي ذات وجه جانبي حاد الميل ومرتفع نسبيا وهي مصممة لمنع المركبات من الخروج عن الرصيف ، ويكون ارتفاعها (١٥-٢٣)سم ، وتستخدم في الطرق التي تكون سرعة المركبات فيها قليلة لحماية المشاة ومنع اصطدام المركبات بالمنشآت المجاورة للشارع في حال خروجها عن مسارها.

٢- الأطاريف الغاطسة : وهي مصممة بحيث يسهل على المركبات تجاوزها دون ارتجاج أو إخلال بالقيادة ، ويكون ارتفاعها (١٠-١٥)سم وميل الوجه ١:١ أو ١:٢ ، وتستخدم في الغالب في الجزر الوسطية وفي التقسيم القنواتي في التقاطعات.

تم استخدام اطاريف حاجزة وغاطسة وباللونين الاحمر والابيض وكذلك الاسوض والابيض حسب ما تقتضيه حركة السير والمحلات التجارية والكراجات الموجودة بجانب الطريق .

١٠) الأرصفة :

تكمن أهمية هذا البند في المدن وفي بعض المناطق التي تكون فيها الإضاءة الخافتة وسرعة المركبات قد تتسبب بأذى للمشاة.

وتنبع أهمية الأرصفة في توفير الأمان لأحد مستخدمي الطريق (المشاة) ، حيث تزداد الحاجة لها بالقرب من المدارس والمستشفيات والأسواق والأماكن العامة,و يتراوح عرض الرصيف (1.5-3م) و يتوقف ذلك على عدة أمور منها توفر المساحة على جانبي الطريق و وجود أشجار مزروعة على الأرصفة وفي مشروع شارع ابو العصا تم اختيار رصيف للمشاه بعرض ١.٥م على جانبي الطريق .

شكل (٧-5) الأرصفة

١١) الجزر الفاصلة :

يتم عمل الجزر الفاصلة لفصل الحركة بالاتجاه المعاكس وذلك لتقليل الأخطار وإمكانية حصول الحوادث ، وتقليل تأثير الضوء المنبعث من الاتجاه الآخر ليلاً. ومن الواضح أن معظم الطرق في أيامنا هذه تحتوي على جزر فاصلة ، ويكون عرضها متر فما أكثر, ولكن عرض الشارع لا يسمح باستخدام مثل هذا النوع .

شكل (٧-6) الجزر الفاصلة

٧-٣ المنحنيات :

في الوضع الطبيعي يجب أن تكون الطريق مستقيمة قدر الإمكان والابتعاد عن المنحنيات ، لكن هذا الأمر واقعيا غير موجود ، فمن غير الممكن الحصول على طريق مستقيم تماما وخالي من المنحنيات ، وذلك بسبب طبيعة المكان حيث كما ذكرنا سابقا إلى أننا نهدف إلى الوصول إلى القدر الأعلى من الأمان بأقل تكلفة اقتصادية ، ومن هنا جاءت الحاجة الملحة إلى وجود هذه المنحنيات.

من الممكن أن تكون المنحنيات منقسمة إلى:

١- منحنيات في الاتجاه الأفقي.
٢- منحنيات في الاتجاه الرأسي.

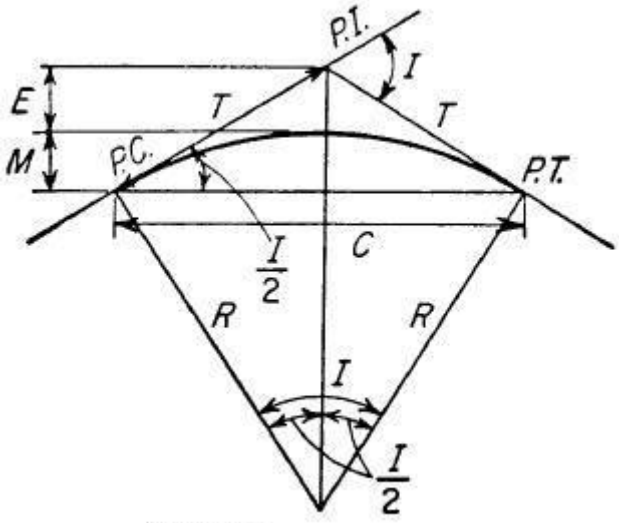
حيث يكون لكل نوع منهما حاجة وظروف لاستخدامه.

٧-٣-١ المنحنيات الأفقية :

هي تلك المنحنيات التي تقوم بربط ووصل الأجزاء المستقيمة مع بعضها البعض بشكل تدريجي لتفادي التغيرات المفاجئة والتي تتسبب بمشاكل على الطريق ، ويجب تحديد بدايتها ونهايتها وأطوالها وزواياها ونقاط التقاطع فيها ، أما بالنسبة لأنواع المنحنيات الأفقية فهي :

١) المنحنى الدائري البسيط:

يوضح الشكل التالي عناصر المنحنى الدائري البسيط



Circular curve.

شكل (٧-8) عناصر المنحنى الدائري البسيط[١]

- PI : نقطة تقاطع المماسين.
- I : زاوية الانحراف ، وتساوي الزاوية المركزية.
- T : المماسين.
- PC : نقطة بداية المنحنى.
- PT : نقطة نهاية المنحنى .
- C : الخط الواصل بين نقطتي التماس ويطلق عليه الوتر الطويل.
- R : نصف القطر.
- L : طول المنحنى .
- E : مسافة المنتصف للمنحنى الدائري ونقطة تقاطع المماسين .
- M : المسافة بين نقطة منتصف المنحنى ومنتصف الوتر الطويل و تسمى سهم القوس .
- O : مركز المنحنى.

أما بالنسبة لمعادلات المنحنى الدائري البسيط فهي:

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

$$E = R\left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1\right) \ldots\ldots\ldots\ldots ٢..$$

$$M = R\left(1-\cos\frac{\Delta}{2}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots ٣..$$

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

$$L = \frac{\pi R\Delta}{180} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5$$

[١] يوسف صيام , المساحة وتخطيط المنحنيات .

أما تصميم المنحنيات على التقاطعات حسب (AASHTO 2011):

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 (٧-٢) أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق[1]

أما الحد الأدنى لأنصاف الأقطار فهي:

السرعة(كم/الساعة)	٢٥	٣٢	٤٠	٤٨	٥٥	٦٥
معامل الاحتكاك	٠.٣٢	٠.٢٧	٠.٢٣	٠.٢٠	٠.١٨	٠.١٧
ميلان السطح	٠.٠١	٠.٠٢	٠.٠٤	٠.٠٦	٠.٠٨	٠.٠٩
الحد الأدنى لنصف القطر (م)	١٥	٣٠	٥٠	٧٥	١٠٠	١٤٠

جدول (٧-٣) الحد الأدنى لأنصاف الأقطار على المنحنى[2]

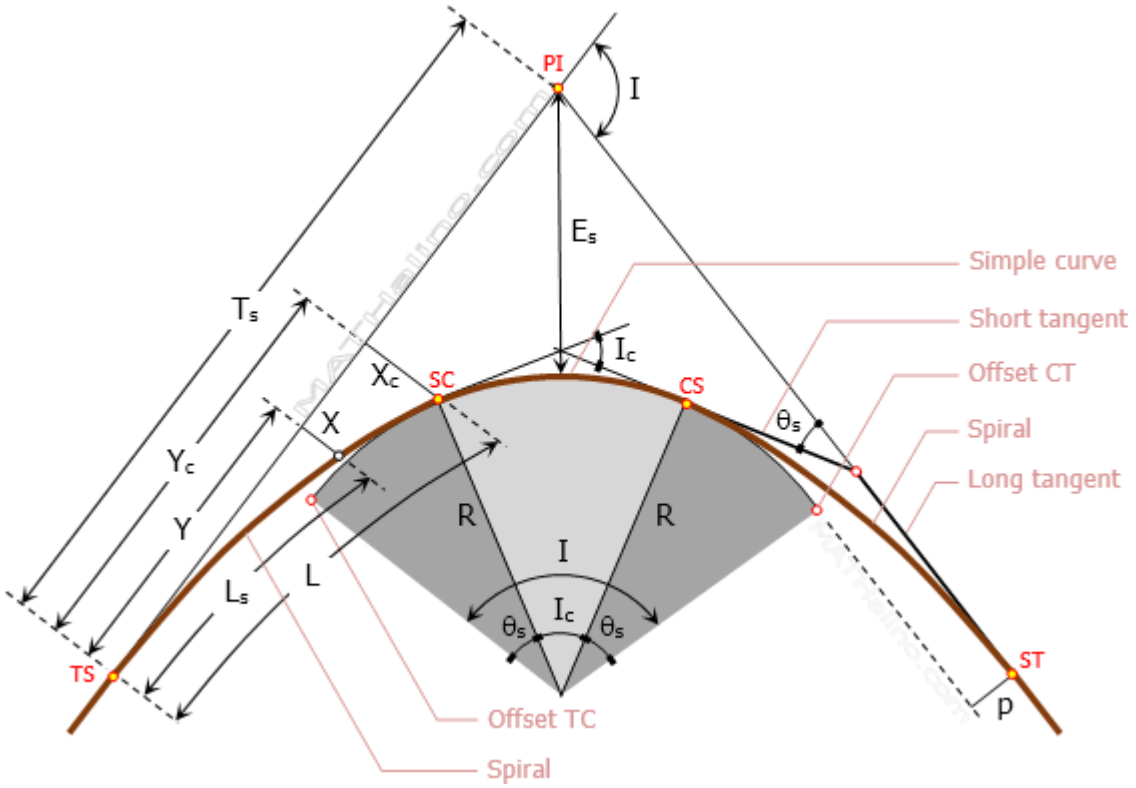
٢) المنحنى الانتقالي:

يستخدم هذا النوع من المنحنيات في جميع المنحنيات الأفقية وتأتي أهميته من اللولبية بين المماس والمنحنى الدائري لنقل المركبة من الطريق المستقيم إلى المنحني والعكس أيضاً ، وتتناسب درجته مع طوله وتزداد من الصفر وحتى درجة المنحنى الدائري عند النهاية.وبناء على السابق فإن المنحنى الانتقالي مهم لأنه ينقل السائق بشكل سلس من والى المنحنى دون مشاكل ، ولأنه يعطي المهندس المصمم المجال في الرفع التدريجي للحواف حتى الوصول إلى الارتفاع المطلوب.

أما طوله فيحسب:

[1] AASHTO (2011).
[2] AASHTO (2011).

$$L= (\frac{V^3}{a*R})\text{.....6}$$



شكل (٧-9) المنحنى الانتقالي[١]

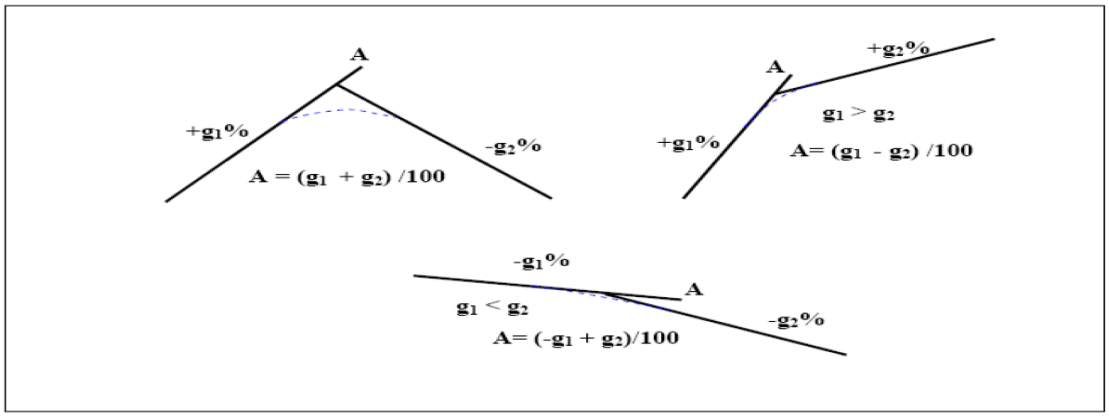
٧-٣-٢ المنحنيات الرأسية :

هي تلك المنحنيات التي من خلالها يتم الانتقال من منسوب إلى منسوب آخر ، حيث يتم تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية والميل الجديد المطلوب إنشاءه ، وعند عمل وإنشاء المنحنى الرأسي يجب مراعاة تحقيق هذه الشروط:

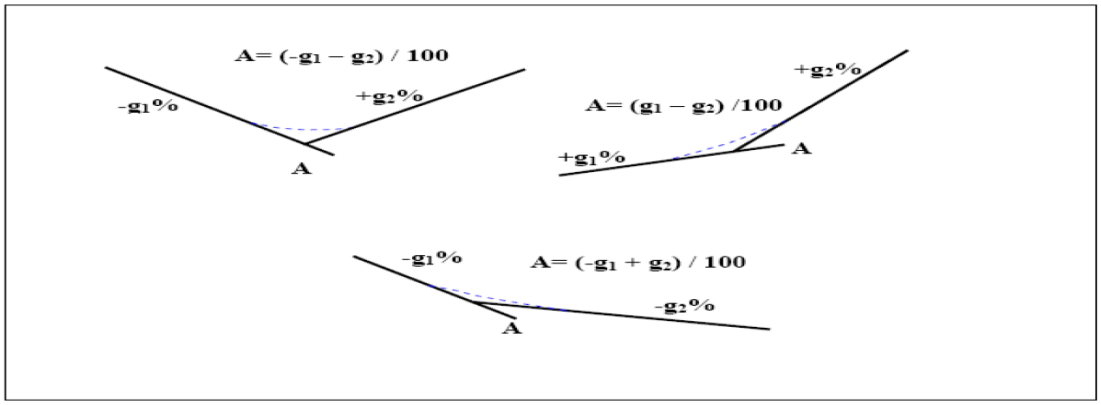
١- تحقيق شرط الرؤية ، بحيث يستطيع السائق رؤية السيارات أو العوائق التي أمامه.
٢- أن يكون تدريجياً وسهلاً.

المنحنى الرأسي إما أن يكون منحنى على شكل استدارة علوية (محدب) أو منحنى على شكل استدارة سفلية (مقعر):

[١] يوسف صيام , المساحة وتخطيط المنحنيات.

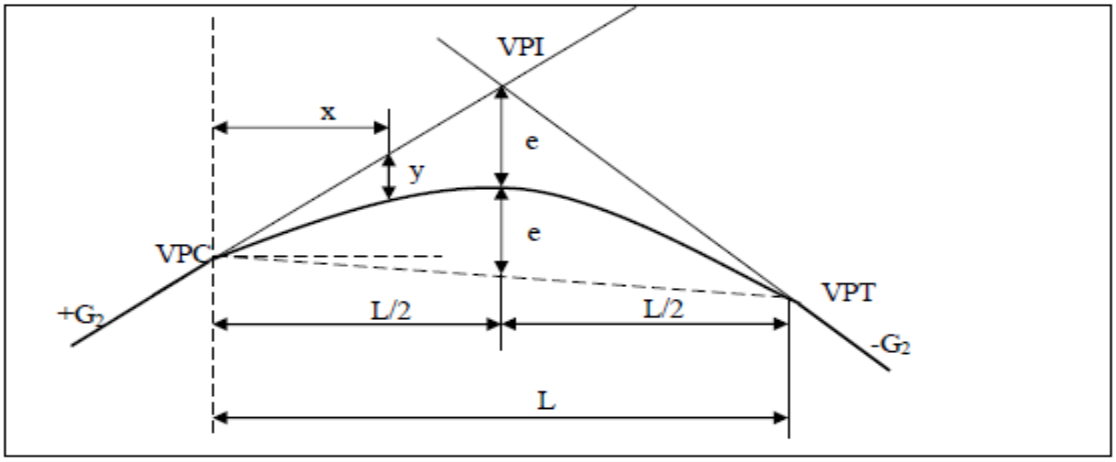


شكل (٧-10) المنحنى الرأسي المحدب



شكل (٧-١١) المنحنى الرأسي المقعر[١]

أما بالنسبة لأجزاء وعناصر المنحنى الرأسي:



شكل (٧-12) عناصر المنحنى الرأسي

[١] يوسف صيام , المساحة وتخطيط المنحنيات.

- BVC : بداية المنحنى الرأسي.
- p- ، q : نسبة الميل.
- PI : نقطة تقاطع المنسوبين.
- EVC : نهاية المنحنى الرأسي.
- E : المسافة الخارجية المتوسطة.
- H : طول القطع المكافئ.
- X : الطول الأفقي إلى النقطة الأفقية على المنحنى الرأسي.

معادلات القطع المكافئ:

١- طول المنحنى الرأسي L يساوي مجموع طولي المماسين الخاصين بهذا المنحنى ، حيث يكون طول المماس الخلفي يساوي l_1 وطول المماس الأمامي يساوي l_2

$$L=l_1+ l_2 \text{.....7}$$

٢- الخط الرأسي المار من نقطة تقاطع المماسين ينصف الوتر AB ويكون PD ، بحيث أن PD = e = DC ، حيث C نقطة منتصف الوتر و D نقطة تقاطع الخط الرأسي من المنحنى وهذه النقطة أعلى أو أخفض نقطة في المنحنى في حالة المنحنيات المتناظرة.

٣- وتر المنحنى AB يساوي مسقطه الأفقي H ، ويساوي مجموع المماسين:

$$AB = H = 2*l = L \text{.....8}$$

٤- أطوال الأعمدة المأخوذة على المماس تتناسب مع مربعات المسافات المأخوذة على المماس المقاس من A (بالنسبة للمماس الخلفي) أو من B (بالنسبة للمماس الأمامي):

$$y = ax^2 \text{.....9}$$

عندما يكون المماسان في اتجاهين مختلفين:

$$a = \frac{p+q}{400\,l}x^2 \text{.....10}$$

عندما يكون المماسان في اتجاه واحد:

$$a = \frac{p-q}{400\,l}x^2 \text{.....11}$$

أما بدلالة e :

عندما يكون المماس في اتجاهين مختلفين:

$$e = \frac{p+q}{400}\,l \text{.....12}$$

عندما يكون المماس في اتجاه واحد:

$$e = \frac{p-q}{400}l \text{.....13}$$

$$y = e\left(\frac{x}{y}\right)^2 \text{.....14}$$

Speed	*AASHTTO2011*	
kph	*K(crest)*	*K(sag)*
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*

جدول (٧-٤) قيمة الثابت k في المنحنيات الرأسية[١]

$$K = {length}/{|p-q|} \ldots\ldots\ldots 15$$

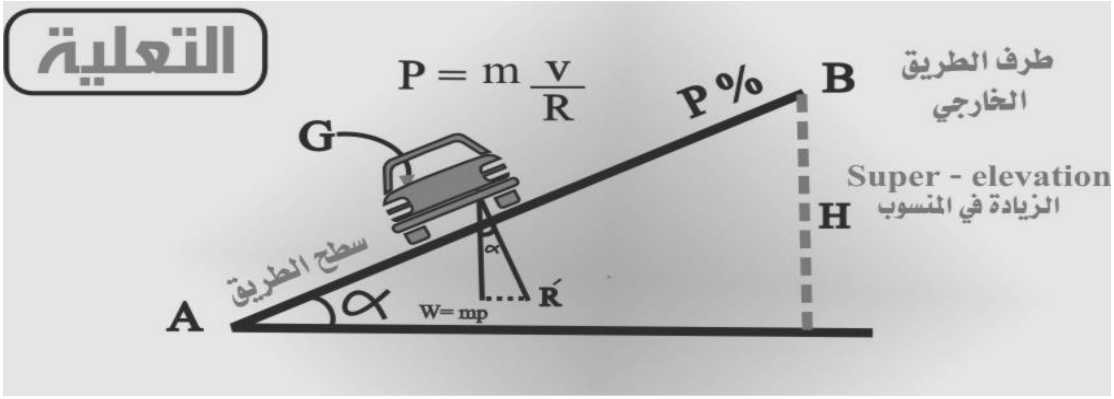
وهذه النسبة تقريبية ولكن عمليا يؤخذ بها في تصميم الطرق السريعة والحضرية ، وهي تعبر عن مدى انحناء المنحني الرأسي ،فكلما زادت قيمة K يصبح المنحنى الرأسي اقرب إلى الانبساط بمعرفة قيمة الانحناء الأمامي أو الميل الأمامي والخلفي يتم حساب طول المنحنى الرأسي من العلاقة (٣.١٥) .

[١] AASHTO (2011)

٧-٤ القوة الطاردة المركزية :

هي قوة فيزيائية تظهر خلال حركة الأجسام بشكل دائري أو منحني بسبب ميلان الأجسام للبقاء في حالة اتزان . وقد تكون من أهم القوى الكونية وذلك لتدخلها في اغلب المكونات المادية له , فتظهر هذه القوة جلية في الذرات من خلال حفاظها على الالكترونات في مداراتها حول النواة ، والنتوء الاستوائي للأرض لها دور كبير فيه ، كما تحافظ على القمر في مداره حول الأرض وتحول دون سقوطه فيها بسبب الجاذبية ، كما أنها تساعد في الحفاظ على مكونات المجرة من نجوم ومنظومات منتشرة بشكل ثابت دون أن تتجمع في قلبها ، والكثير الكثير من الظواهر الفيزيائية التي تلعب فيها دورا أساسيا .

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من اللانهاية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر، انظر العلاقة (3.16)، ولمنع تغير قيمة القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة لتشكل حلقة وصل بين الجزء المستقيم والمنحنى الدائري، وبالتالي تعمل على امتصاص القوة الطاردة المركزية بشكل تدريجي.



شكل (٧-13) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات

حيث أن :-

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

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

$$P = \frac{wv^2}{gR} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{.....٧.١٦}$$

يمكن كتابة العلاقات الرياضية التالية:-

$$\tan\alpha = P_1 = \left(\frac{mv^2}{r} \right) / (mg) = \frac{v^2}{gr} \quad \text{.....٧.١٧}$$

حيث أن:-

r : نصف قطر المنحنى المتدرج في إحدى نقاطه.

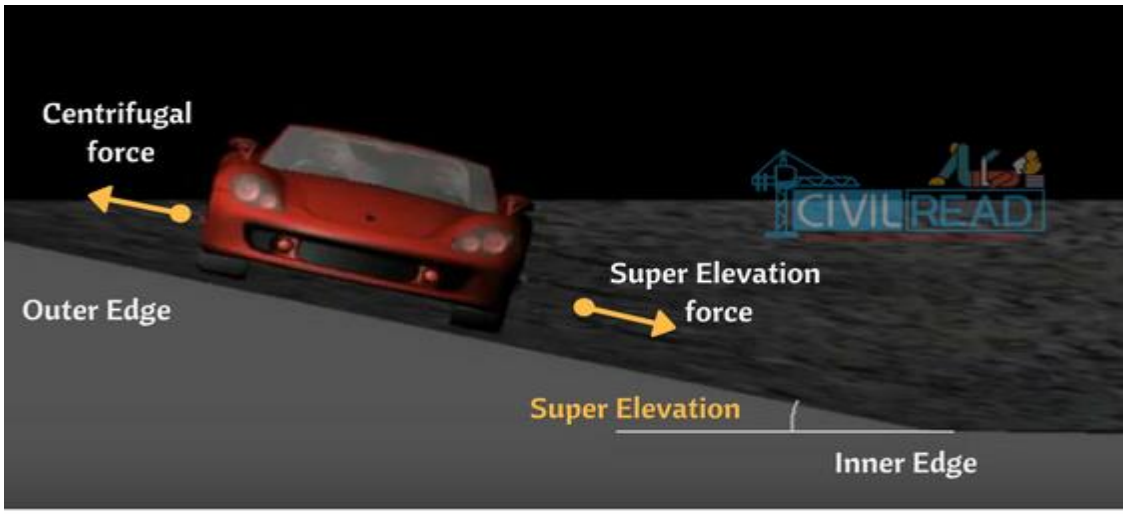
P_1 : الميل العرضي لسطح الطريق ضمن الجزء الخاص بالمنحنى المتدرج.

α : الزاوية الراسية[١]

٧-٥ التعلية (Super Elevation) :

التعلية هي عملية جعل الحافة الخارجية للطريق أعلى من الحافة الداخلية، وذلك من أجل تفادي القوة الطاردة المركزية التي تتسبب في انزلاق المركبة وقد تؤدي إلى انقلابها،وقيمة هذا الميل الجانبي للطريق تتراوح من ٤% - ٨% وقد تصل إلى ١٢% حسب الأنظمة المختلفة المعمول بها في كل دوله , تم اختيار تعلية بقمدار ٤% في شارع ابو العصا .

[١] يوسف صيام , المساحة وتخطيط المنحنيات , صفحة ١٦١ .



شكل (٧-14) التعلية .

ويمكن حساب قيمة التعلية وفقا للمعادلات :

$$e + f = \frac{V^2}{gR} = \quad e + f = \frac{(0.75 \times v)^2}{127 \times R} \quad \text{.....١٨}$$

حيث أن:

R : هي نصف القطر الدائري بالمتر.

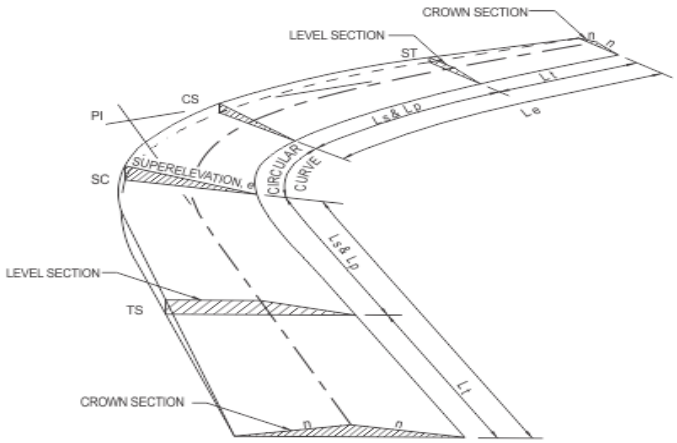
v : هي سرعة المركبة بالـ كم/ ساعة، و هنا ضربنا السرعة ب 0.75 بسبب أن الطريق مختلطا (تسير عليه جميع أنواع المركبات).

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

f: هي معامل الاحتكاك الجانبي، وأقصى قيمة يمكن قبولها هي 0.16، فإذا كانت قيمة f أكبر من قيمة f max ، فإننا نقوم بتثبيت قيم e ، f عند قيمهم القصوى، ونحسب بالاعتماد عليهما قيمة السرعة المسموح بها، وتكون ملزمة لنا على المنحنى، ويتم تحديد السرعة على أساس قيمة f التي يتم حسابها من :

$$V = \sqrt{[127\,R(e\max + f\ \max)]} \quad \text{.....١٩}$$

والشكل التالي يظهر تطبيق التعلية على المنحنيات:

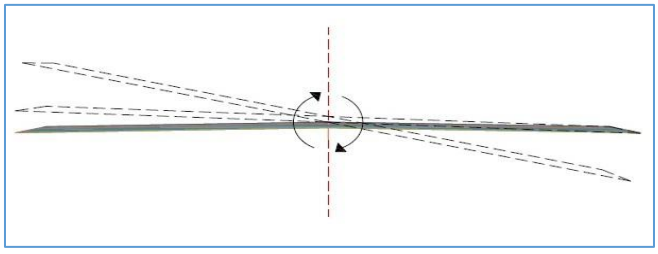


شكل (٧-15) تطبيق التعلية على المنحنيات[١].

٧-٥-١ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق (التعلية) :

- **الطريقة الأولى :**

في هذه الطريقة يبقى محور الطريق ثابت لايتغير ويبقى الجانب الآخر من الطريق ثابت ونبدأ في رفع جانب الطريق حتى يتساوى جانبي الطريق وبعد ذلك يستمر جانب الطريق بالارتفاع ويبدأ الجانب الثابت بالانخفاض بنفس النسبة حتى يتحقق الميلان المطلوب ، وبعد الانتهاء من المنحنى تعود العملية عكسية حتى يعود الشارع إلى وضعه الطبيعي و هو بميول ٢% تقريبا لتصريف مياه سطح الطريق ، وهذه الطريقة التي سيتم استخدامها في المشروع .

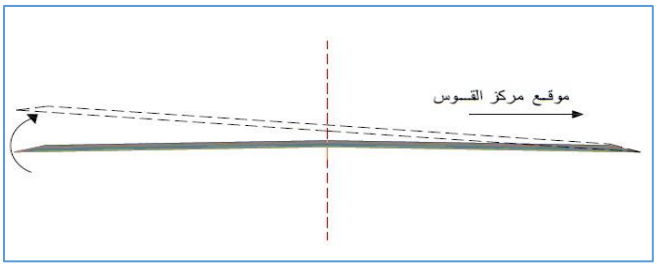


شكل (٧-16) الدوران حول المحور.[٢]

[١] شبكة المهندسين العرب , الموقع الالكتروني : http://www.arab-eng.org
[٢] شبكة المهندسين العرب , الموقع الالكتروني : http://www.arab-eng.org

- **الطريقة الثانية :**

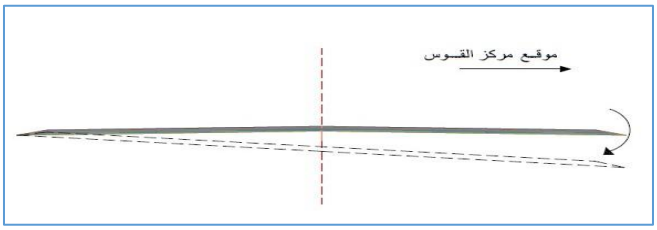
في هذه الطريقة يبقى احد جانبي الطريق ثابتا وليس المحور ، حيث يتم تثبيت احد جانبي الطريق ونعمل على رفع الجانب الآخر من الطريق حتى يساوي ارتفاع الجانب الأول من الطريق وبعد ذلك نستمر في رفع جانبي الطريق للوصول إلى الميلان المطلوب .



شكل (٧-17) الدوران حول الحافة الداخلية

- **الطريقة الثالثة :**

في هذه الطريقة نعمل على خفض كامل سطح الطريق والدوران حول الحافة الخارجيه حتى يصبح سطح الطرق على استقامه واحدة وبعد ذلك نستمر في الانخفاض للوصول الى الميلان المطلوب .



شكل (٧-18) الدوران حول الحافة الخارجية

- **التخطيط الرأسي للطريق :**

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

١. أن يكون الانتقال تدريجيا وسهلا.

٢. تحقيق شروط الرؤية ، بحيث يستطيع السائق رؤية أي حاجز أمامه أو مركبة متحركة باتجاهه من مسافة كافية.

٧-٦ تصريف مياه الأمطار والمياه السطحية عن الطريق :

صرف المياه من الطريق هي عملية التخلص من المياه و التحكم في مسيرها داخل نطاق حرم الطريق، وهي تلك المياه السطحية التي تجري فوق سطح الطريق ، لذلك يجب عمل مصارف سطحية عند إعادة تأهيل الطريق.

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).

- **أهمية تصريف المياه :**

إن بقاء الماء فوق سطح الطريق يسبب خطرا كبيرا سواء على حياة الناس (حيث يؤدي إلى حوادث بسبب عدم السيطرة على السيارات)أو على بنية الطرق (حيث إن بقاء الماء على سطح الطريق سيؤدي إلى تفكك جزيئات الإسفلت وتصبح سهلة الاقتلاع و مع مرور المركبات فوق هذا السطح سيؤدي ذلك إلى اقتلاع الإسفلت ، وتعمل التربة على امتصاص الماء الأمر الذي يؤدي إضعاف التربة وهي التي تشكل طبقة الأساس للإسفلت حيث أن التربة تكون قوية جدا وهي جافة وضعيفة وهي رطبة الأمر الذي يؤدي إلى دمار طبقة الأساس وبالتالي انهيار الشارع والذي يصبح غير صالح للاستخدام) .

وبذلك تظهر أهمية تصريف المياه في المحافظة على حياة الناس و بنية الطريق واستمراريته لمدة أطول .

٧-٧ التقاطعات :

التقاطع هو المساحة الناتجة عن التقاء شارعين أو أكثر، ويوجد نوعان من التقاطعات:

١- التقاطعات السطحية : وهي التقاطعات في المستوى نفسه ،حيث يكون التقاطع جزء من كل طريق ، وهذا النوع الذي يتواجد في مشروعنا حيث يوجد ٣ تقاطعات

٢- التقاطعات في مستويات مختلفة : وهي التقاطعات التي يكون فيها كل طريق في منسوب مختلف بحيث لا يحدث تعارض لحركة المرور فيما بينها، حيث يفصلها مجموعة من الجسور ،ولا يستخدم هذا النوع من التقاطعات إلا في الطرق السريعة ذات الحجم المروري العالي.

٧-٨ طبقات الشارع (الرصفات) :

تعتبر الرصفات من الأمور المهمة في الطريق ، حيث ان المحافظة على هذه الرصفات يساعد على بقاء الطريق لمده أطول.

٧-٨-١ أنواع الرصفات :

٧-٨-١-١ الإسفلتية أو المرنة (Flexible Pavements)

يوجد ثلاثة أساليب لإنشاء هذا النوع من الرصفات:

١. الرصفات الإسفلتية التقليدية (Conventional Flexible Pavement)

وتتكون من ثلاث طبقات وهي الطبقة السطحية والتي تتكون من أفضل نوعية للمواد من حيث القدرة على التحمل ، وطبقة الأساس وطبقة ما تحت الأساس حيث تستقبل الحمولات المرورية من الطبقة السطحية .

٢. الرصفات الإسفلتية (Full-Depth Asphalt Pavement).

وتتكون من طبقة أوأكثر من الخلطات الإسفلتية الساخنة ويتم إنشاؤها مباشرة فوق التربة الطبيعية أو المحسنة وتعد من أفضل الطبقات قدرة على تحمل الشاحنات الثقيلة ولاتحتوي على طبقات تحتجز المياه لمده طويلة ولاتتأثر بالرطوبة .

٣. الرصفات الإسفلتية الحاضنة (Contained Rock Asphalt Mats-CRAM).

وتتكون من أربع طبقات العليا والسفلى من الخلطات الإسفلتية الساخنة والثانية والثالثة من مواد حصوية، هذا الأسلوب الإنشائي ميزته أن الطبقة الإسفلتية السفلى تساهم بشكل ملحوظ في تقليل تأثير الإجهاد الرأسي على التربة والذي يسبب هبوط التربة.

ومن مميزاتها :

- التحكم بتصريف مياه الأمطار بوجود الطبقة الحصوية العالية النفاذية.
- منع تلوث الحصمة بالأتربة القادمة من طبقة التربة الطبيعية.
- تقلل من حدوث التشققات من خلال استخدام إسفلت قليل اللزوجة.

٧-٨-١-٢ الخرسانية أو الصلدة (Rigid Pavements)

يتكون هذا النوع من بلاطة خرسانية يتم إنشاؤها مباشرة على التربة الطبيعية أو يوضع تحتها طبقة أساس حصوية والعامل المهم في التصميم هي قدرة الأرض الطبيعية على التحمل ، ينتشر هذا النوع من الرصفات

في المناطق الباردة (أوروبا وروسيا وأمريكا الشمالية) حيث تقاوم الفواصل الموجودة بين بلاطات الرصفة التغيرات الحرارية الكبيرة بين الصيف والشتاء أو بين الليل والنهار.

قد تكون هذه الرصفات مسلحة أو غير مسلحة وذلك حسب الحجوم المرورية ونسبة الشاحنات الثقيلة.

٧-٨-١-٣ المركبة أو المختلطة (Composite Pavements)

يحتوي هذا النوع من الرصفات على طبقات إسفلتية وخرسانية وتكون الطبقة الإسفلتية فوق البلاطة الخرسانية

كطبقة إكساء (Overlay) بغية إعادة تأهيل أو إصلاح الرصفة، تستخدم الرصفات المركبة عند إعادة الإنشاء لمقاومة الحمولات المرورية العالية في الطرق الإستراتيجية.

٧-٨-٢ عوامل التصميم (Design Factors):

أ- الحجوم والحمولات المرورية (Traffic and Loading).

- تقدير الحمولات المحورية يتم باستخدام الحمل المحوري القياسي المساوي وهذا يستلزم معرفة أنواع وعدد المركبات المتوقع مرورها على الطريق خلال العمر التصميمي .
- عند تصميم رصفة الطريق يلزم معرفة مساحة منطقة التماس بين عجلات المركبة وسطح الرصفة .
- يقل تأثير حمولة المركبات على رصفة الطريق بازدياد السرعة ولذلك تزيد سماكة الرصفة في مواقف الشاحنات والتقاطعات.

ب- البيئة المحيطة (Environment).

أهم العوامل البيئية التي تؤثر على تصميم الرصفات:

- تغير درجات الحرارة الذي يسبب حصول التشققات.
- زيادة معدل هطول المطر وتراكم الثلوج ترفع نسبة الرطوبة في طبقات الرصفة السفلية وتعمل على ارتفاع مستوى المياه الجوفية التي يجب أن تبقى على عمق ٩٠سم على الأقل من سطح الرصفة.

ت- مواد الرصفة (Pavement Materials).

يجب توفر الخصائص التالية في المواد المكونة لطبقات الرصفة المرنة:

- يجب أن تتحمل الخلطات الإسفلتية التغير في درجات الحرارة.
- تناسب مواد الرصفة مع متطلبات التصميم مثلاً تكون مقاومة للتشققات أو تكون الطبقات السفلية للرصفة تقاوم التشوه الثابت الناتج عن زيادة الحمولات المحورية.
- دراسة إمكانية تحسين خصائص التربة الطبيعية عن طريق معالجتها بالإسمنت أو الجير أو أية مثبتات أخرى .

الفصل الثامن : التكلفة والعطاء

8-1المقدمة

8-1-1التكلفة النهائية للمشروع

8-1-2ملخص التكلفة الكلية للمشروع

8-2العطاء

8-3الوثائق المكونة للعقد

8-3-1خطاب الدعوة

8-3-2تعليمات الى المقاولين

8-3-3العرض او صيغة المناقصة

8-3-4الاتفاقية

8-3-5شروط العقد

8-3-5-1الشروط الخاصة وتشمل

8-3-5-2الشروط العامة وتشمل

8-3-6الجداول الملحقة بشروط العقد

8-3-7المواصفات

8-3-8الرسومات

8-3-9جداول الكميات

8-3-10تقرير عن حالة التربة

8-1المقدمة:

إن موضوع التكلفة والعطاء بالغ الأهمية , لتأثيره على تنفيذ المشاريع الهندسية حيث ان هدفه الأساسي هو وضع القواعد التعاقدية والقيام بالأعمال الهندسية وفقاً لهذه القواعد , الأمر الذي يساعد كثيراً على انجاح تنفيذ المشاريع الهندسية ضمن المدة والكلفة والجودة المطلوبة والابتعاد عن المنازعات والخلافات بين أطراف العقد.

8-1-1التكلفة النهائية للمشروع:

تعتبر عملية حساب المشروع ضرورية , حيث يتم معرفة مقدار التكلفة لأي مشروع وذلك لأن التكلفة تعتبر مهمة للتعرف على المبلغ المطلوب لتنفيذ هذا المشروع وكذلك تزويد الجانب الممول بكافة التكاليف الواجب تغطيتها للمشروع.

وفي هذا الفصل سوف يتم حساب كل طبقة من طبقات الرصف على طول الطريق وكما سيتم حساب الحفر والردم والعناصر الانشائية للطريق.

8-1-2 ملخص التكلفة الكلية للمشروع:

و الجدول (8-1)يبين التكاليف التقديرية للمشروع:

الصنف	الكمية	الوحدة	السعر في السوق الفلسطيني ($)	التكلفة
الحفر	٩٠٦٠	متر مكعب	٦.٨	٦٠٧٠٢
الردم	٥٨٦١	متر مكعب	٥	٢٩٣٠٥
اسفلت (الطبقة الاولى)	١١١٨٤	متر مربع	١٥	١٦٧٧٦٠
اسفلت (الطبقة الثانية)	١١١٨٤	متر مربع	١٥	١٦٧٧٦٠
طبقة الاساس	٢٢٣٧	متر مكعب	٤.٥	١٠٠٦٧
طبقة ما تحت الاساس	٢٢٣٧	متر مكعب	٣	٣٧١١
جبهة	٤٩١٠	متر طولي	٢٠	٩٨٢٠٠
الرصيف	٤١٨٤	متر مربع	٢٣	٩٦٢٣٢
التكلفة الكلية	٦٣٣٧٣٧			

جدول(8-1): التكلفة الكلية التقديرية للمشروع.

8-2العطاء:

يتم اعداد العقود الهندسية بصيغ مختلفة حسب نوع العمل المتعاقد عليه وظروفه , وتختلق تلك العقود في درجة تعقيدها من اتفاقية بسيطة يتم فيها عرض وقبول الى عقد طويل معقد يتكون من عدد كبير من الوثائق , تحدد تفاصيل العلاقة التعاقدية من النواحي القانونية والمالية والفنية.
وكلما كان العقد وشروطه ومواصفاته ورسوماته وبقية وثائقه واضحة ودقيقة في تحديدها لواجبات ومسؤوليات وحقوق الأطراف المتعاقدة , كلما قلت احتمالات الاختلاف في وجهات النظر ازاء تفسير تلك الوثائق.

8-3الوثائق المكونة للعقد:

تختلف الوثائق لأي عقد هندسي كماً وكيفاً من مشروع لآخر تبعاً لعدة عوامل , كما تختلف وثائق العقد تبعاً لحجم المشروع فكلما صغر حجم المشروع , كلما كان نوع العلاقة بين المالك والمقاول أسهل والعكس صحيح فالغرض الأساسي من وجود وثائق العقد هو تحديد العلاقة بين الطرفين أو الأطراف المتعاقدة بصورة دقيقة تحدد حقوق وواجبات كل طرف منهما بموجب العقد وبشكل عام لا بد من وجود الوثائق التالية:

8-3-1خطاب الدعوة:

وهي عبارة عن رسالة موجهة من صاحب العمل تصف العمل المراد انشاؤه بشكل مختصر وتدعو المقاول الموجهة اليه الدعوة لتقديم عطائه لتكلفة المشروع.

8-3-2تعليمات الى المقاولين:

وهذه تعطي معلومات أكثر تفصيلاً الى المقاولين بغرض تمكينهم من تقديم عطاءاتهم على أسس سليمة.

8-3-3العرض او صيغة المناقصة:

وتحدد هذه الوثيقة رغبة المقاول واستعداده لتنفيذ المشروع بسعر معين وفي وقت محدد ويوقع عليها المقاول , تختم بختمه الرسمي والعرض من هذه الوثيقة توحيد صيغ العقود.

8-3-4الاتفاقية:

وهذه وثيقة قانونية (تسمى أحياناً صيغة العقد) تلزم كل من المالك والمقاول بالتزامات معينة وتحدد عادةً نوع الالتزام وقيمة العقد وزمن تنفيذه بالإضافة الى عدد آخر من البنود الهامة.

8-3-5شروط العقد:

8-3-5-1الشروط الخاصة وتشمل:

1- أسماء طرفي العقد وتاريخ تعاقدهما.

2- محل العقد.

3-المبلغ الأسمى للعقد: وهو المبلغ المحدد بالاستناد الى الكميات المقدرة في جدول الكميات بالاستناد الى جدول الأعمال المنفذة فعلاً.

4-مدة العمل.

5-جزاء التأخير.

6-التأمينات.

7-طريقة الدفع.

8-التوقيفات(النسبة المئوية التي تستقطع من المستخلصات).

9-الاستلام (وتشمل المؤقت والنهائي).

10-نظام العقود .

8-3-5-2الشروط العامة وتشمل:

١-الإلتزامات العامة للمتعهد.

2-الضمانات.

3-العمال ووكلاء المقاول والإدارة.

4-تنفيذ العمل.

5-التأخير والقصور في القيام بالالتزامات.

6-التنازل عن العقد.

7-حل الخلافات.

8-أحكام متفرقة.

8-3-6الجداول الملحقة بشروط العقد:

وهذه في الغالب تصف بعض الصيغ التي يتم بموجبها تقديم طلب ما او إرسال اشعار من طرف الى آخر وكذا صيغة القبول او الرفض

8-3-7المواصفات:

وهذه الوثيقة تصف الجانب الهندسي او الفني من المشروع وكيفية تنفيذه , حيث يكون هناك تحليل ووصف تفصيلي لكافة مواد البناء التي تلزم للمشروع وتكون ملزمة للمقاول.

8-3-8الرسومات:

تصف الرسومات الأبعاد الحقيقية وكذلك التفصيلات كما وتشمل الطريقة الفنية التي سيقام بموجبها المشروع.

8-3-9جداول الكميات:

يسرد في هذه الوثيقة جميع أنواع المواد أو الوحدات القياسية لكل جزء من أجزاء المشروع وتسعيرة كل منها بالوحدة أو حسب القيام الطولي او المربع أو المكعب , ويعتبر جدول الكميات من أهم وثائق العقد.

8-3-10تقرير عن حالة التربة:

يتم إعداد هذا التقرير عادةً بواسطة شركة متخصصة في شؤون التربة والجيوتكنلوجيا ويعطي هذا التقرير وصفاً لنوع التربة في موقع العمل وقوة تحملها وغير ذلك من المعلومات الهامة عنها.

الفصل التاسع : النتائج والتوصيات

9-1مقدمة
9-2النتائج
9-3التوصيات

9-1مقدمة:

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

9-2النتائج:

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 النتيجة تصميم هندسي بالاعتماد علو مواصفات AASHTO 2011بسرعة تصميمية تساوى ٤٠ كم/ساعة.

٣.رفع الطريق بشكل كامل والحصول على مخططات تفصيلية للطريق.
٤.القيام بعمل الفحوصات المخبرية لطبقات الاساس.

٥.رسم المقطع التصميمي الطولي والعرضي للطريق.

٦.حساب حجوم الكميات من حفر وردم ,وحجوم طبقت الإسفلت ورسم المنحنى الكمي التراكمي.
٧.حساب التكلفة التقديرية وتجهيز وثائق العطاء.

9-3التوصيات:

١.يجب اخذ جميع اجراءات 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.
٥.يجب رش مادة البيتومين (Prime Coat) فوق طبقة الاساس وقبل وضع الطبقة الاولى من الاسفلت.
٦.يجب رش مادة البيتومين (Tack Coat) فوق طبقة الاسفلت الاولى وقبل وضع الطبقة الثانية من الاسفلت.
7.التواصل مع بلدية الخليل أثناء تنفيذ المشروع لأى استشارة تطلبها.

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

المراجع

١- البسيط في تصميم وإنشاء الطرق/ روحي الشريف و الموقع الالكتروني :
http://ar.wikipedia.org/wiki/هندسة_المرور

٢- معهد الأبحاث التطبيقية – القدس . دليل مدينة الخليل , ٢٠٠٩.

٣- الدباغ، مصطفى مراد. بلادنا فلسطين. جـ١، قسم ٥، ص ١٢، (٢٢-٢٣).

٤- الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني , التعداد العام للسكان والمساكن والمنشآت.

٥- بلدية الخليل – قسم المساحة – المهندس عمار الجعبري , قسم الطرق – المهندس همام النتشة

٦- الادارة العامة للأرصاد الجوية , كمية المطر السنوي في فلسطين حسب السنة وموقع المحطة.

٧- أنواع الرصد بالGPS. الموقع الالكتروني :

http://www.sirent.inlis.gov.sg/body/technology.php

٨- التصميم الانشائي للطرق . الموقع الالكتروني :

https://survey-home.blogspot.com/2015/01/Structural-design-of-roads.html

٩- المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن.

https://issuu.com/20786/docs/californiabearingratiocbrtest

١٠- AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

١١- انواع الخطوط في علامات المرور.

http://allmobilephoneprices.blogspot.com/2012/03/blog-post_9948.html

١٢- حسب القانون الفلسطيني ولائحته التنفيذية.

١٣- كتاب الانارة العامة انارة الشوارع – رافت حلمي .

١٤- انواع المواقف.

http://www.chandigarhtrafficpolice.org

١٥- Highway engineering .

١٦- فوائد الأكتاف للطريق.

http://lgam.wikidot.com/road-shoulder

١٧- يوسف صيام , المساحة وتخطيط المنحنيات .

١٨- AASHTO (2011). .

١٩- شبكة المهندسين العرب , الموقع الالكتروني .

http://www.arab-eng.org