بسم الله الرحمن الرحيم

مشروع التخرج بعنوان

إعادة تأهيل الطريق الواصلة بين مدخل الارتباط ومحطة النخبة للمحروقات

مقدم الى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة المدنية والبنى التحتية

فريق العمل

ولاء برادعيه

روان العدم

إشراف

م. فيضي شبانة

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

٢٠١٩-٢٠٢٠

الملخص

تم في هذا المشروع انجاز ستة فصول، وهي كالتالي: مقدمة، خطة السلامة (Safety Plan)، الأعمال المساحية، التصميم الهندسي، التصميم الإنشائي و النتائج والتوصيات.

في الفصل الأول تم ذكر مقدمة بسيطة عن الطرق في فلسطين، ومشكلة الطرق في الخليل الكامنة في عدم وجود مخطط هيكلي للمدينة، ثم تم التطرق الى جزء من العيوب التي قد تحدث في الطرق وتستدعي عمل إعادة تأهيل للطريق، ومن ثم تم عرض العيوب الموجودة في الطريق الذي سيتم إعادة تأهيله مع الصور.

اما الفصل الثاني وهو فصل خطة السلامة للمشروع (Safety Plan)، في البداية تطرقنا قليلا الى موضوع السلامة المهنية، وأهم المخاطر الموجودة في المشاريع الانشائية، ثم تم تحديد المراحل المتوقعة لتنفيذ المشروع، وتحديد المسؤوليات الواقعة على كل شخص لتنفيذ خطة السلامة، وفي النهاية تم ذكر تعليمات السلامة اللازمة لكل مرحلة من مراحل المشروع لوحدها، ومن الجدير بالذكر أن الخطة ليست ثابتة ويمكن حدوث تجديد عليها وفقا للتطورات التي قد تحدث في المشروع.

في الفصل الثالث وهو فصل الأعمال المساحية تم انجاز مراحل الاعمال المساحية التي تشمل دراسة المخططات، والمساحة الاستطلاعية، وأعمال الرفع التفصيلي للشارع، وتم الشرح عن الأجهزة التي استخدمناها بالرفع المساحي مع ذكر اسمائها مع شرح مبسط لكيفية عمل نظام الجي بي اس ويتم العمل على انجاز مسقط افقي للمشروع (Plan).

في الفصل الرابع تم التطرق الى موضوع التصميم الهندسي للطريق من حيث: السرعة، عدد المسارب، المنحنيات الأفقية والعمودية، وفي النهاية تم التطرق الى موضوع خدمات الطريق من إشارات، مواقف سيارات، وإنارة.

اما في الفصل الخامس فقد تم شرح عملية التصميم الإنشائي للطريق، حيث تم في البداية توضيح أنواع الرصفات، ثم اجراء الاختبارات اللازمة للطريق وهي: تجربة الكثافة العظمى و CBR، ثم إيجاد سماكة كل طبقة من طبقات الطريق باستخدام الاشتو.

والفصل السادس والأخير تم ذكر نتائج المشروع، حيث تم التذكير بسماكة كل طبقة من طبقات المشروع، ثم تم إيجاد التكلفة الكلية التقديرية للمشروع، وتم إعطاء بعض التوصيات بخصوص المشروع بشكل خاص ومشاريع التخرج بشكل عام.

Abstract

In this project, six parts were accomplished. They are as follows: Introduction, Safety Plan, survey work, engineering design, structural design, results and recommendations.

In the first chapter, a simple introduction was mentioned about the roads in Palestine, and the problem of the roads in Hebron inherent in the absence of a structural plan for the city, then a part of the defects that may occur in the roads and calling for rehabilitation of the road was presented, and then the faults in the road were presented To be rehabilitated with photos.

The second chapter, which is the chapter of the Safety Plan for the project, at the beginning we touched a little on the issue of occupational safety and the most important risks in construction projects, then the expected stages of implementing the project were identified, and responsibilities for each person to implement the safety plan were identified, and in the end it was mentioned Safety instructions necessary for each stage of the project alone, and it is worth noting that the plan is not fixed and renewal may be made according to developments that may occur in the project.

In the third chapter, which is the separation of survey works, the stages of survey work have been completed, which includes studying plans, exploratory area, and detailed street lifting works. The devices that we used to survey with their names have been explained with a simplified explanation of how the GPS system works and work is done to accomplish Muscat Horizontal for the project (Plan).

In the fourth chapter, the topic of road engineering design was discussed in terms of: signs, parking lots and lighting, covered speed, number of lanes, horizontal and vertical curves, and in the end the topic of road services.

In the fifth chapter, the structural design process of the road was explained, where the types of pavements were initially clarified, then the necessary road tests were conducted, which are experimenting with maximum density and CBR, then finding the thickness of each road layer using the winter.

In addition, the sixth and final chapter mentioned the results of the project, where the thickness of each layer of the project was recalled, then the estimated total cost of the project was found, and some recommendations were given regarding the project in particular and graduation projects in general.

الإهداء

اهداء الى من بذل حياته حبا وعطاءً لي ولإخوتي وكانت أيامه كفاحا وتضحيةً فرسم لنا بجهده طريق النجاح

إليك حبيبي . . . إليك أبي

إلى روحي وربيع حياتي الدائم

صديقة عمري وأنيسة وحشتي

إلى أمي ومأمني وأماني وأمتي

إلى إخوتي

إلى من هم قطعة مني وجزء لا يتجزأ من نفسي بسعادتهم تكتمل فرحتي وبعطائهم تحققت آمالي

إلى من جمعتني بهم أجمل الذكريات

إلى ضحكات الرفاق والقلوب الدافئة التي رافقتني طيلة سنوات

ستبقى تذكرنا بابتسامة اللقاء ومتاعب الامتحان القلب ينبض بكم ويحيى بذكركم

ومن جعل الحمد خاتمة النعمة، جعلها الله فاتحة المزيد

فالحمد لله الذي تتم بنعمته الصالحات

الشكر والتقدير

الحمدلله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان الى يوم الدين وبعد:

قال تعالى: {يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ} [المجادلة: ١١]

فإننا نشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لنا انجاز هذا العمل بفضله فله الحمد أولا وآخرا

ورسالة شكر وتقدير وعرفان نهديها

لمن كان الرفيق والصديق الدائم لنا خلال مسيرتنا التعليمية . . . الى الدكتور اعتصام أبو عزية

لمن كان نعم الأب والمشرف والرفيق والمرشد . . . الى الأستاذ فيضي شبانة

لمن كان رفيق المشقة والتعب . . . الى الأستاذ أحمد الحرباوي

لمن كان له كبير الدور في انجازنا المشروع (رفيق برنامج Civil 3D) . . . الى الأستاذ مصعب شاهين

والى كل من تعب واجتهد لأجلنا ولأجل ان نصل الى ما نحن عليه الآن . . . الى الكادر التعليمي لدائرة الهندسة المدنية والمعمارية

ولا ننسى من كانوا لنا سندا طوال سنين حياتنا وحصدوا الأشواك عن دربنا ليمهدوا لنا طريق العلم . . . الى جنة الله في الأرض أهلنا الكرام

لائحة المحتويات

الصفحات التمهيدية

صفحة الغلاف.....VII

الملخص VII

Abstract.....IV

الإهداء VI

الشكر والتقدير VII

لائحة المحتويات VIII

لائحة الصور XIV

لائحة الجداول XVII

الفصل الأول: المقدمة

١-١ الطرق في فلسطين ١

١-٢ الطرق في مدينة الخليل ٢

١-٣ عيوب الرصفات الأسفلتية ٢

١-٣-١ الشقوق المسامية أو شقوق الكتل ٢

١-٣-٢ الشقوق الشبكية ٣

١-٣-٣ الشقوق الطولية والعرضية ٤

١-٣-٤ الرقع ٥

١-٣-٥ الهبوطات ٦

١-٣-٦ التخدد ٦

١-٣-٧ التطاير ٧

١-٣-٨ بري أو صقل الحصى ٨

١-٣-٩ الشقوق الجانبية ٩

١-٤ منطقة المشروع ٩

١-٥ أهمية طريق المشروع ١٠

١-٦ مشكلة طريق المشروع ١٠

١-٧ الجداول الزمنية لإنجاز المشروع ١٣

الفصل الثاني: خطة السلامة (Safety Plan)

٢-١ مقدمة.....١٥

٢-٢ المخاطر الهندسية.....١٦

٢-٣ مراحل تنفيذ المشروع..... ١٨

٢-٤ المسؤوليات.....١٩

٢-٥ التبليغ عن الحوادث والإجراءات والخدمات الطبية المتبعة عند حدوثها.....٢١

٢-٦ التعليمات الواجب اتباعها لكل مرحلة من مراحل المشروع.....٢٢

٢-٦-١ التعليمات الواجب اتباعها اثناء اعداد التصاميم وطرح العطاء.....٢٢

٢-٦-٢ التعليمات الواجب اتباعها اثناء عملية الرفع المساحي والعد المروري..... ٢٣

٢-٦-٣ التعليمات الواجب اتباعها اثناء إزالة الاسفلت القديم.....٢٣

٢-٦-٤ التعليمات الواجب اتباعها اثناء عملية الحفر.....٢٤

٢-٦-٥ التعليمات الواجب اتباعها اثناء تمديد شبكات المياه والصرف الصحي..... ٢٨

٢-٦-٦ التعليمات الواجب اتباعها اثناء عملية الردم.....٢٩

٢-٦-٧ التعليمات الواجب اتباعها اثناء وضع طبقة جديدة من الأسفلت.....٢٩

٢-٦-٨ التعليمات الواجب اتباعها اثناء وضع خدمات الطريق.....٣٠

٢-٧ تحديث خطة السلامة والصحة المهنية.....٣٠

الفصل الثالث: الأعمال المساحية

٣-١ المقدمة.....٣١

٣-٢ مراحل الأعمال المساحية.....٣١

٣-٢-١ دراسة المخططات.....٣١

٣-٢-٢ المساحة الاستطلاعية.....٣٢

٣-٢-٣ الرفع التفصيلي..... ٣٢

٣-٣ نظام تحديد المواقع بالأقمار الصناعية (GPS).....٣٣

٣-٣-١ المقدمة.....٣٣
٣-٣-٢ مكونات نظام تحديد المواقع.....٣٣
٣-٣-٣ دور الأقمار الصناعية في تحديد المواقع.....٣٣
٣-٣-٤ طريقة عمل النظام.....٣٤
٣-٤ العمل الميداني للأعمال المساحية.....٣٥
٣-٤-١ الأدوات والأجهزة المستخدمة في الأعمال الميدانية للرصد المساحي.....٣٥
٣-٤-٢ خطوات ما قبل العمل والتخطيط للعمل.....٣٦
٣-٤-٣ خطوات العمل في الميدان.....٣٦

الفصل الرابع: التصميم الهندسي

٤-١ مقدمة..... ٣٨
٤-٢ معايير التصميم الهندسي..... ٣٨
٤-٢-١ أساسيات التصميم الهندسي للطريق..... ٣٨
٤-٢-٢تصنيف الطرق..... ٣٩
٤-٢-٣مستوى الخدمة (Level Of Service "LOS") ٤٠
٤-٢-٤ما هو الفرق بين السرعة التصميمية (Design Speed) والسرعة المسموح بها (Speed Limit)؟ ٤١
٤-٢-٥مسافة الرؤية (Sight Distance) ٤١
٤-٢-٥-١مسافة الرؤية اللازمة للتوقف (Stopping Sight Distance: SSD) ٤١
٤-٢-٥-٢مسافةالرؤيةاللازمةللتجاوز (Passing Sight Distance: PSD) ٤٣
٤-٣تصميمالمقاطعالعرضية..... ٤٥
٤-٣-١مساربالحركة (Travel Lanes) ٤٥
٤-٣-١-١ايجادPHF..... ٤٦
٤-٣-١-٢ايجاد DDHV..... ٤٨
٤-٣-١-٣ايجاد SFL..... ٥٠

٤-٣-١-٤ايجاد f_E ٥١
٤-٣-٢أكتاف الطريق (Shoulders)..... ٥٢
٤-٣-٣الجزيرة الوسطى (Median)..... ٥٢
٤-٣-٤أرصفة المشاة (Sidewalks)..... ٥٣
٤-٤تصميم المنحنيات الأفقية..... ٥٧
٤-٤-١أنواع المنحنيات الأفقية..... ٥٧
٤-٤-١-١المنحنى البسيط..... ٥٨
٤-٤-١-٢عناصر المنحنى البسيط ومعادلاته..... ٥٩
٤-٤-٢الارتفاع في المنحنى الأفقي (Superelevation)..... ٦٠
٤-٤-٣مسافة الرؤية في المنحنى الأفقي..... ٦١
٤-٥تصميم المنحنيات العمودية..... ٦٢
٤-٥-١أنواع المنحنيات العمودية..... ٦٢
٤-٥-٢عناصر المنحنيات العمودية..... ٦٣
٤-٥-٣معادلات المنحنى العمودي..... ٦٤
٤-٥-٤مسافة الرؤية في المنحنيات العمودية..... ٦٥
٤-٦خدمات الطريق..... ٦٦
٤-٦-١أجهزة التحكم المروري..... ٦٦
٤-٦-١-١الشواخص المرورية (Signs)..... ٦٦
٤-٦-١-٢علامات الطرق (RoadMarkings) ٧٠
٤-٦-١-٣الإشارات الضوئية (TrafficSignals) ٧٨
٤-٦-٢تهدئة السير (TrafficCalming) ٧٨
٤-٦-٣ مواقف المركبات (Parking) ٨٣
٤-٦-٣-١تصميم مواقف المركبات الخاصة..... ٨٤
٤-٦-٣-٢تصميم مواقف النقل العام..... ٨٧

٤-٦-٤الإنارة على الطرق..... ٨٧

الفصل الخامس: التصميم الإنشائي

٥-١ مقدمة..... ٩٣

٥-٢ الأنواعالرئيسيةللرصف..... ٩٣

٥-٢-١ الرصفةالقاسية (RigidPavement) ٩٣

٥-٢-٢الرصفة المرنة (FlexiblePavement) ٩٣

٥-٢-٢-١العناصر الانشائية للرصفة المرنة..... ٩٤

٥-٢-٢-٢المبدأالذييرتكزعليهتصميمالرصفةالمرن..... ٩٥

٥-٣ الفحوصاتالمخبريةعلىطبقاتالرصفة..... ٩٦

٥-٣-١تجربةالكثافةالعظمى..... ٩٦

٥-٣-٢تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا (CaliforniaBearingRatioTest) (CBR) ٩٩

٥-٤تصميمالرصفةحسبنظامالاشتوAASHTO..... ١٠٣

الفصل السادس: النتائج والتوصيات

٦-١ مقدمة..... ١١٧

٦-٢النتائج..... ١١٧

٦-٣ التوصيات..... ١١٨

المراجع.....١١٩

لائحة الصور

الفصل الأول: المقدمة

صورة(١-١): شقوق تمساحية عالية الشدة.....٣

صورة(١-٢): شقوق شبكية منخفضة الشدة..... ٤

صورة(١-٣): شقوق طولية وعرضية عالية الشدة.....٥

صورة(١-٤): رقع عالية الشدة..... ٥

صورة(١-٥): هبوطات متوسطة الشدة..... ٦

صورة(١-٦): تخدد متوسط الشدة.....٧

صورة(١-٧): تطاير وتآكل متوسط الشدة.....٨

صورة(١-٨): بري أو صقل الحصى..... ٨

صورة(١-٩): شقوق جانبية متوسطة الشدة.....٩

صورة(١-١٠): صورة جوية للطريق.....١٠

صورة(١-١١): شقوق تمساحية عالية الشدة في طريق المشروع.....١١

صورة(١-١٢): شقوق تمساحية عالية الشدة في طريق المشروع.....١١

صورة(١-١٣): شق طولي متوسط الشدة في طريق المشروع..... ١٢

صورة(١-١٤): شق عرضي متوسط الشدة في طريق المشروع.....١٢

صورة(١-١٥): الرقع باستخدام مادة غير الأسفلت في طريق المشروع..... ١٣

صورة(١-١٦): شقوق جانبية عالية الشدة في طريق المشروع..... ١٣

الفصل الثاني: خطة السلامة (Safety Plan)

صورة(٢-١): تمييل جوانب الحفر.....٢٧

صورة(٢-٢): نظام تدعيم الجوانب في الحفر..... ٢٧

الفصل الثالث: الأعمال المساحية

صورة(٣-١): اعمال المساحة الاستطلاعية.....٣٢

صورة(٣-٢): حساب موقع المستخدم بمعلومية إحداثيات ثلاثة نقاط.....٣٤

صورة(٣-٣): جهاز Gps sp60..... ٣٥

صورة(٣-٤): جهاز Total Station focus8 ..... ٣٦

الفصل الرابع: التصميم الهندسي

صورة(٤-١): مستوى الخدمة للطريق (LOS) ٤٠

صورة(٤-٢): مسافة الرؤية اللازمة للتجاوز (PSD) ٤٣

صورة(٤-٣): أنواع مختلفة منحواجز الحماية ٥٣

صورة (٤-٤): مقطع عرضي نموذجي لطريق مكون من مسربين اثنين في منطقة ريفية ٥٤

صورة(٤-٥): مقطع عرضي نموذجي لطريق مكون من مسارات متعددة مفصولة بجزيرة وسطى في منطقة ريفية ٥٤

صورة(٤-٦): مقاطع عرضية نموذجية لطرق شريانية في المناطق الحضرية ٥٥

صورة(٤-٧): مقاطع عرضية نموذجية لطرق شريانية في المناطق الحضرية ٥٦

صورة(٤-٨): منحنى بسيط ٥٧

صورة(٤-٩): منحنى مركب ٥٧

صورة(٤-١٠): منحنى عكسي ٥٧

صورة(٤-١١): الفرق بين D_a و D_c ٥٨

صورة(٤-١٢): عناصر المنحنى البسيط ٥٩

صورة(٤-١٣): الارتفاع في الرصفة ٦٠

صورة(٤-١٤): مسافة الرؤية في المنحنى الأفقي ٦١

لائحة الجداول

الفصل الأول: المقدمة

جدول(١-١): الجدول الزمني لمقدمة مشروع التخرج..... ١٣

الفصل الثاني: خطة السلامة (Safety Plan)

جدول(٢-١): تمييل جوانب الحفر..... ٢٥

الفصل الرابع: التصميم الهندسي

جدول (٤-١): تصنيف الطرق ٣٩

جدول (٤-٢): إيجادمسافةالتجاوز ٤٥

جدول (٤-٣): العد المروري للطريق ٤٧

جدول (٤-٤): إيجاد ساعة الذروة ٤٧

جدول (٤-٥): إيجاد معامل ساعة الذروة (PHF) ٤٨

جدول (٤-٦): إيجاد المعاملات Kو D ٤٩

جدول (٤-٧): إيجاد قيمة SFL ٥٠

جدول (٤-٨): إيجاد معامل التعديل f_E ٥١

جدول (٤-٩): إرشادات عامة تتعلق بأماكن وضع الشواخص التحذيرية ٦٧

جدول (٤-١٠): ارتفاع العمود ونوع اللمبة ٩٢

الفصل الخامس: التصميم الإنشائي

جدول (٥-١): قراءاتالكثافةالعظمىللعينة ٩٧

جدول(٥-٢): قراءاتالكثافةالعظمى (تحديدالكثافة) ٩٨

جدول (٥-٣): المحتوىالرطوبي ٩٨

جدول (٥-٤):قيمتحملكاليفورنياحسبالنظامالموحدونظاماشتو (AASHTO) ١٠١

جدول (٥-٥): المواصفاتالمطلوبةلنسبةتحملكاليفورنياالطبقاتالطرقفيفلسطينو الأردن ١٠١

جدول (٥-٦): قراءاتتجربة (CBR) ١٠٣

جدول (٥-٧): نسبةالمركباتفيالمسربالواحد ١٠٤

جدول(٥-٨): growth factor (G_f) ١٠٥

جدول (٥-٩) تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية(Load Equivalency factor) ١٠٦

جدول (٥-١٠): نسبةكاليفورنياونوعكلطبقةمنطبقاتالرصفة..... ١٠٩

جدول (٥-١١): قيمةمعاملاتتصريفالمياه..... ١١٠

جدول (٥-١٢): قيمةمعاملدرجةالثقة (Reliability(R) ١١١

جدول (٥-١٣): Surfacelayercoefficient(a_1)..... ١١٣

جدول (٥-١٤): سماكةالرصفاتللمشروع..... ١١٦

الفصل السادس: النتائج والتوصيات

جدول (٦-١): سماكةالرصفاتللمشروع..... ١١٧

جدول (٦-٢): حسابالتكلفةالإجمالية..... ١١٨

الفصل الأول

المقدمة

1-1 الطرق في فلسطين[1]

تطورت شبكات النقل والمواصلات عبر التاريخ من طرق ضيقة وممرات بدائية إلى طرق معبدة في القرن التاسع عشر إبان الحكم العثماني وكان أول هذه الطرق طريق يافا – القدس التي بنيت في العام 1867، وطريق نابلس – رام الله – القدس الذي أنشئ في بداية القرن العشرين، ومن ثم إنشاء طرق تربط بين المدن الفلسطينية والتجمعات القروية الكبيرة، وفي عام 1978 تم فصل الضفة الغربية عن قطاع غزة وعن باقي الشبكة الموجودة في الجزء الذي احتل عام 1948، بالإضافة الى قيام إسرائيل بشق وبناء الطرق التي تخدم أهدافها الاستيطانية. وأما بالنسبة للطرق التي تم شقها في الأراضي الفلسطينية لم يتم بناؤها على أساس الجدوى الاقتصادية ولم تأخذ بعين الاعتبار أقصر المسافات بين التجمعات السكانية، وبالتالي أصبحت شبكات الطرق في المناطق الفلسطينية ضعيفة ولا تمتاز بالكفاءة. وتنقسم الطرق في المناطق الفلسطينية الى طرق رئيسية وإقليمية ومداخل قرى والتفافية (صممتها إسرائيل بما يخدم أهدافها):

1-**الطرق الرئيسية** ويبلغ طولها 936كم جميعها معبدة، وتربط بين المدن الرئيسية وتكون عادة من أربع حارات في اتجاهين وحركة المرور على الطريق عالية والسرعات عالية نسبيا يمكن تحديدها ب 50كم/ساعة في المناطق المأهولة. ومن هذه الطرق طريق جنين – نابلس – القدس –الخليل، طرق قلقيلية –نابلس.

2-**الطرق الإقليمية** ويبلغ طولها 782كم جميعها معبدة، وتربط بين محافظات الضفة الغربية والأراضي الفلسطينية وقد بنيت في ظل الاحتلال الإسرائيلي وتستخدم لخدمة المستوطنات، وتتكون عادة من أربع حارات أو أكثر في اتجاهين، وحجم المرور فيها عادة مرتفع وكثافتها عالية والسرعة المسموحة بها بين 90كم/ساعة الى 120كم/ساعة.

3-**الطرق الدائرية** وهي طرق رئيسية تم بناؤها حول المدن لتلافي الدخول الى مراكزها، وخاصة للمرور الطولي أو العابر والطرق المجمعة تستخدم عادة لتجميع وتوزيع حركة المرور من والى الشوارع المحلية ولضمان حرية الوصول للطرق الرئيسية، كثافاتها اقل والسرعات المسموحة بها تصل الى 45كم/ساعة، وفي العادة تكون من حارتين أو أربع حارات.

[1] وزارة النقل والمواصلات-"الاستراتيجية القطاعية للنقل والمواصلات"-2011-2013.

4-الطرق المحلية ويبلغ طولها مع الطرق الدائرية 4150كم والمعبد منها 2308كم فقط، تستخدم لتقديم الخدمات للمرور المحلي بالمناطق والأحياء وحجم المرور عليها منخفض والسرعات المسموحة أقل قد تصل الى 35كم/ساعة وفي العادة تكون من حارتين.

5-**الطرق الالتفافية** ويبلغ طولها 974كم جميعها معبدة.

ليصبح مجموع أطوال شبكة الطرق في الضفة الغربية 6874 كم ويبلغ طول الشبكة المعبدة 5000 كم، وتقدر المبالغ المطلوبة لإجراء صيانة دورية للطرق بحوالي 80 مليون دينار في السنة.

1-2 الطرق في مدينة الخليل

تفتقر مدينة الخليل الى مخطط هيكلي يوضح تقسيماتها ويساعد في تحديد آلية تطور المدينة وتقدمها، حيث أن آخر مخطط هيكلي انجز لمدينة الخليل في العام 1944م، وتم بدأ العمل على مخطط هيكلي جديد في العام 2018م، بالتالي فأن خلال هذه الفترة حدثت العديد من التجاوزات والاخطاء في التنظيم في المدينة، لذلك نلاحظ نوع من العشوائية في المدينة، ولكن من الملاحظ أن بلدية الخليل تعمل في السنوات الأخيرة على إعادة تأهيل الطرق خصوصا الرئيسية منها بالإضافة الى شق طرق جديدة حولها وتنظيمها في محاولة منها لتخفيف الأزمات الموجودة في الطرق الرئيسية مثل طريق عين سارة.

1-3 عيوب الرصفات الاسفلتية[2]

هناك العديد من الشقوق أو المشاكل التي قد تحدث في الرصفة الإسفلتية، ومن أهم هذه العيوب وأكثرها انتشاراً:

1-3-1 الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل (Alligator/Fatigue Cracking)

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

[2] مركز اختبارات التربة (GTC) بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة"

تحدث هذه الشقوق دائماً في المواقع التي تكون فيها أحمال الحركة متكررة وخاصة في مسارات الإطارات، وتصنف هذه الشقوق الى ثلث مستويات شدة، وهي مستوى الشدة المنخفضة، المتوسطة والعالية.

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

1. تلف طبقة الخرسانة الإسفلتية نتيجة لتلف الطبقة السفلية بسبب الأحمال المرورية المتكررة.
2. عدم ثبات حالة طبقة الأساس الأسفلتي أو طبقة تحت الأساس بسبب هبوط زائد للسطح.
3. ضعف طبقة الأساس الحجري مما جعلها غير قادرة على الهبوط الزائد الناتج من الأحمال المرورية.
4. تقادم المواد الإسفلتية بفعل الزمن.
5. عدم كفاية سماكة طبقات الرصف.
6. ضعف تصريف في طبقتي القاعدة وتحت الأساس.

صورة (1-1): شقوق تمساحية عالية الشدة[3]

1-3-2 الشقوق الشبكية (Block cracking)

هي شقوق متداخلة تقسم الطبقة إلى قطع مربعة بأبعاد حوالي 30×30 سم إلى 3×3 متر. وتختلف الشقوق الشبكية عن الشقوق التمساحية بأن الأخيرة تكون بشكل قطع صغيرة وبعدة أضلاع وزوايا حادة وتوجد في مسارات الإطارات، بينما توجد الشقوق الشبكية في كل مكان على سطح الرصف. وتكثر الشقوق الشبكية في الطرق والشوارع ذات الأحجام المرورية المتدنية وفي ساحات مواقف السيارات. وهي أيضاً تقسم الى ثلث مستويات شدة (منخفضة، متوسطة وعالية)

[3] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

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

صورة (1-2): شقوق شبكية منخفضة الشدة[4]

1-3-3 الشقوق الطولية والعرضية (Longitudinal and Transverse Cracks)

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

ومن الأسباب المحتملة لحدوث هذا النوع من الشقوق:

1. عدم جودة تنفيذ فواصل المسار (في حالة الشقوق الطولية).
2. انكماش سطح الخرسانة الإسفلتية نتيجة لانخفاض درجة الحرارة أو تصلب الإسفلت.
3. الشقوق الانعكاسية الناتجة عن الشقوق السفلية تحت الطبقة السطحية مثل شقوق البلاطات الخرسانية الإسمنتية (لكن لا تتضمن فواصل البلاطات الخرسانية).

[4] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

صورة(1-3) شقوق طولية وعرضية عالية الشدة[5]

1-3-4 الـرقـع (Patching)

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

يتم تصنيف شدة الرقع تبعاً لمستوى تأثيره على جودة القيادة على الطريق وعلى حالة الترقيع. وتتضمن الأسباب المحتملة لعيب الترقيع الأحمال المرورية، عدم ضبط جودة المواد أو سوء تنفيذ إعادة الردم وسوء تشغيل الإسفلت.

صورة (1-4): رقع عالية الشدة[6]

[5] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

[6] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

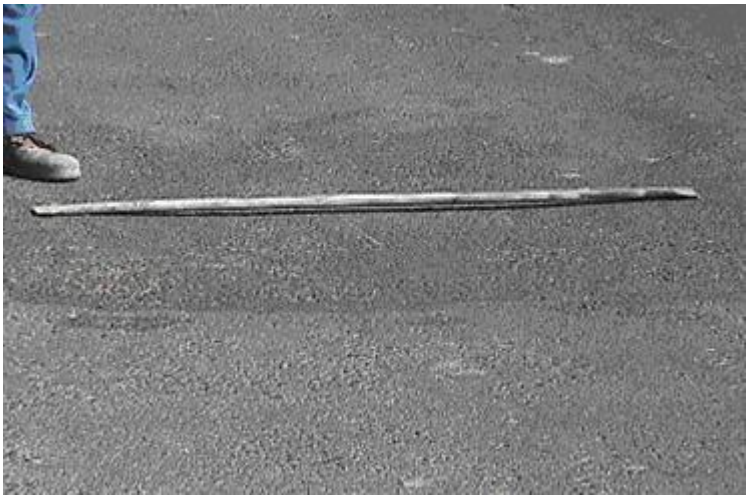
1-3-5 الهبوطات (Depression)

الهبوط هو انخفاض قليل في منطقة من سطح الرصف، وفي معظم الأحيان تلاحظ الهبوطات الخفيفة بعد هطول الأمطار، كما تلاحظ في مواقع وجود بقع الزيوت المتساقطة من المركبات، وتُعتبر الهبوطات من العيوب الوظيفية. ويمكن تلخيص الأسباب المحتملة للهبوطات بالنقاط التالية:

1. تحدث الهبوطات نتيجة لهبوط طبقات الأساس الترابي أو ينشأ أثناء الإنشاء.

2. بسبب هبوط الأساس الترابي نتيجة للأحمال الزائدة التي تضغط الأساس فتهشمه أو بسبب الهبوط الفوري الذي يحدث أثناء التنفيذ نسبة للحركة العليا على الطبقات الدنيا، وعدم مقدرة طبقة القاعدة على تحمل الأحمال من أسباب الهبوطات.

3. الأحمال المرورية، الحرارة، المواد وعيوب التنفيذ كلها عوامل تُسهم في نشوء الهبوطات وتُعجل في انتشارها.



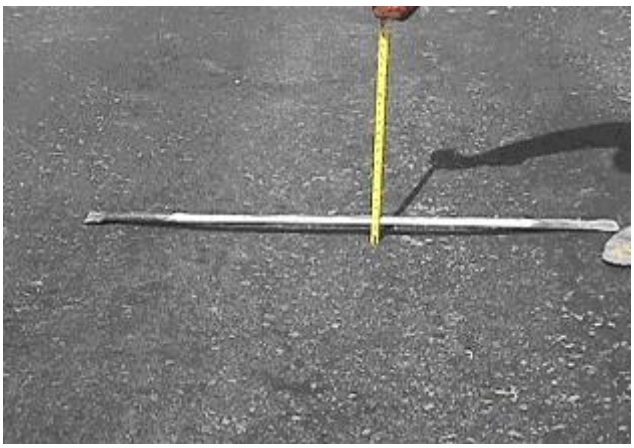
صورة (1-5): هبوطات متوسطة الشدة[7]

1-3-6 التخدد (Rutting)

التخدد هو هبوط في سطح الطريق (بشكل قنوات) في منطقة مسار إطارات السيارات، ويُعتبر التخدد من العيوب الوظيفية (functional) في الرصفات، ولكن يدخل ضمن العيوب الإنشائية في حالة مستوى التخدد عالي الشدة. ويتعلق التخدد بالأحمال، وسماكات الرصف والمواد ويحدث نتيجة الدك والحركة المرنة العرضية لطبقة ما أو لكل طبقات الرصف بما فيها طبقة القاعدة. وتحدث الحركة الرأسية لطبقة الرصف على طول جوانب التخدد، ويظهر التخدد بعد هطول الأمطار عندما تمتلئ مسارات الإطارات بالماء مما تسبب خطورة على الحركة، كما تنشأ خطورة أخرى عندما يكون التخدد عميق ويصعب التحكم في توجيه السيارة. ويُساهم ضعف المواد أو ضعف مواد تصميم الخلطة في انضغاط الطبقات، إضافة إلى عدم كفاية

[7] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

الدك أثناء التنفيذ، نعومة الخلطة الإسفلتية، ليونة مواد الطبقات السفلية نتيجة لتسرب المياه أو صدمات الإطارات (Studded tires)، سماكات طبقات الرصف كلها من مسببات التخدد.



صورة (1-6): تخدد متوسط الشدة[8]

1-3-7 التطاير والتآكل (Raveling and Weathering)

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

يحدث التطاير للأسباب التالية:

1. إجهاد القص الأفقي نتيجة الحركة المرورية.

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

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

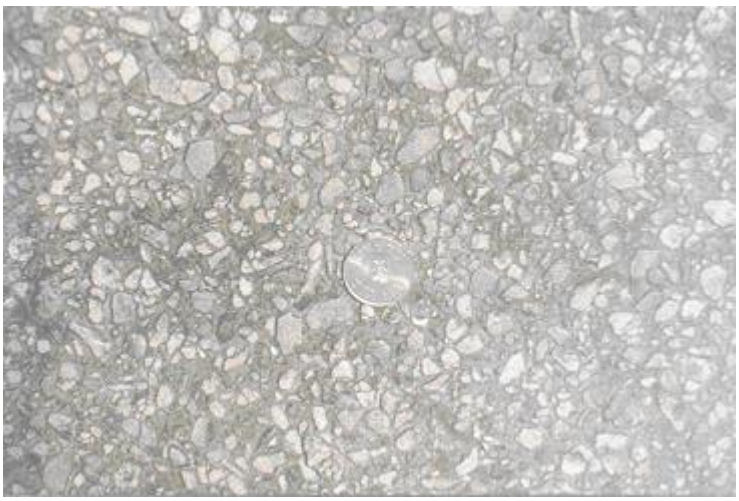
4. انبعاث المواد الهيدروكربونية لفترة طويلة من محركات السيارات (تعمل المواد الهيدروكربونية كمذيب للمواد الإسفلتية).

[8] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

صورة (1-7): تطاير وتآكل متوسط الشدة[9]

1-3-8 بري أو صقل الحصى (Polished Aggregate)

هو تعري الحصى من المادة الإسفلتية وزيادة نعومتها بسبب احتكاك عجلات السيارات مما يؤدي إلى صقل الحصى وتناقص حجمها وبالتالي ضعف مقاومة الانزلاق. ويُعتبر صقل الحصى من العيوب الوظيفية التي يكون فيها الركام على سطح الرصف إما صغيراً جداً أو غير خشن وبدون حواف (أملس) حيث تضعف مقاومته للانزلاق في هذه الحالة. ومن الأسباب المحتملة له، الأحمال المرورية المتكررة.



صورة (1-8): بري أو صقل الحصى[10]

[9] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

[10] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

1-3-9 الشقوق الجانبية (Edge Cracking)

تكون الشقوق الجانبية بشكل عام موازية لحافة الرصف وتبعد بمسافة تتراوح بين 0.3-0.5 متر من الحافة، وتمتد هذه الشقوق بالاتجاه الطولي والعرضي وتتفرع نحو الأكتاف. وتزداد الشقوق الجانبية نتيجة للأحمال المرورية، وتصنف المساحة المحصورة بين الشق وحافة الرصف بأنها متطايرة إذا حدث فيها تكسر. وتظهر الشقوق الجانبية بسبب ضعف طبقتي الأساس والقاعدة بالقرب من حافة الرصف.

صورة (1-9): شقوق جانبية متوسطة الشدة[11]

1-4 منطقة المشروع

يقع الطريق الذي نعمل على إعادة تصميمه وتأهيله في المنطقة الممتدة بين مدخل الارتباط الى محطة النخبة الواقعة بجانب جامعة بوليتكنك فلسطين، كما هو موضح في الصورة التالية:

[11] "بالرياض-"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة (GTC) مركز اختبارات التربة

صورة (1-10): صورة جوية للطريق[12]

1-5 أهمية طريق المشروع

يعتبر الطريق الموجود في المشروع جزء مهم من الطريق الواصل بين المنطقة الصناعية ومركز مدينة الخليل، وهذا يعني أن الطريق يعتبر مسار لعدد كبير من الشاحنات بالإضافة الى وجود جامعة بوليتكنك فلسطين فيه وبالتالي وجود عدد كبير من السيارات العمومية فيه، ولا ننسى أيضا أنه يمر من منطقة سكنية.

1-6 مشكلة طريق المشروع

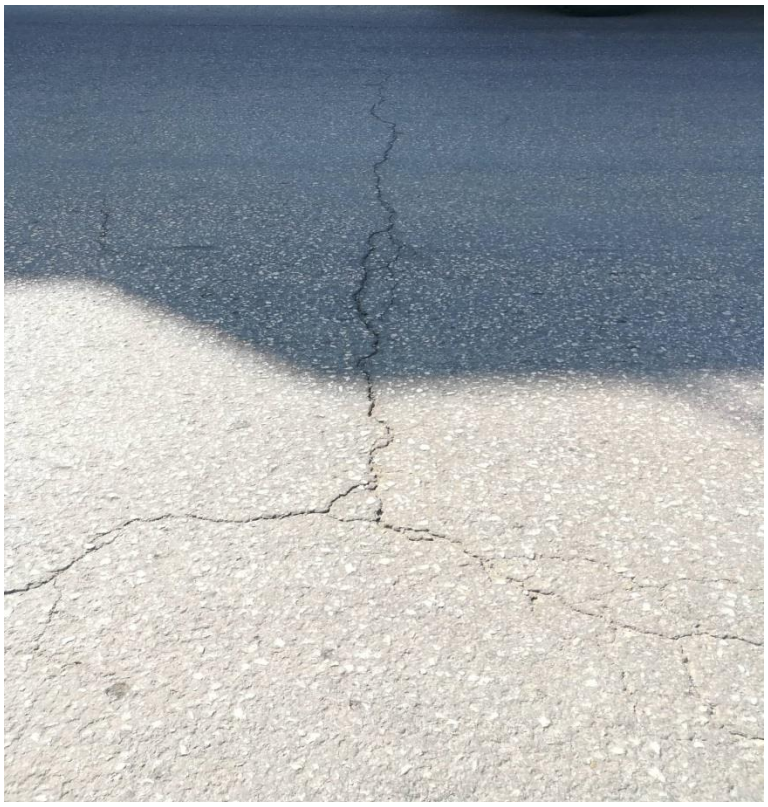
رغم الأهمية الكبيرة للطريق الا أن الطريق فيه عدد كبير من العيوب والشقوق كما هو واضح في الصور التالية:

[12] "وزارة الحكم المحلي الفلسطينية-"موقع جيومولغ

صورة (1-11): شقوق تمساحية عالية الشدة في طريق المشروع

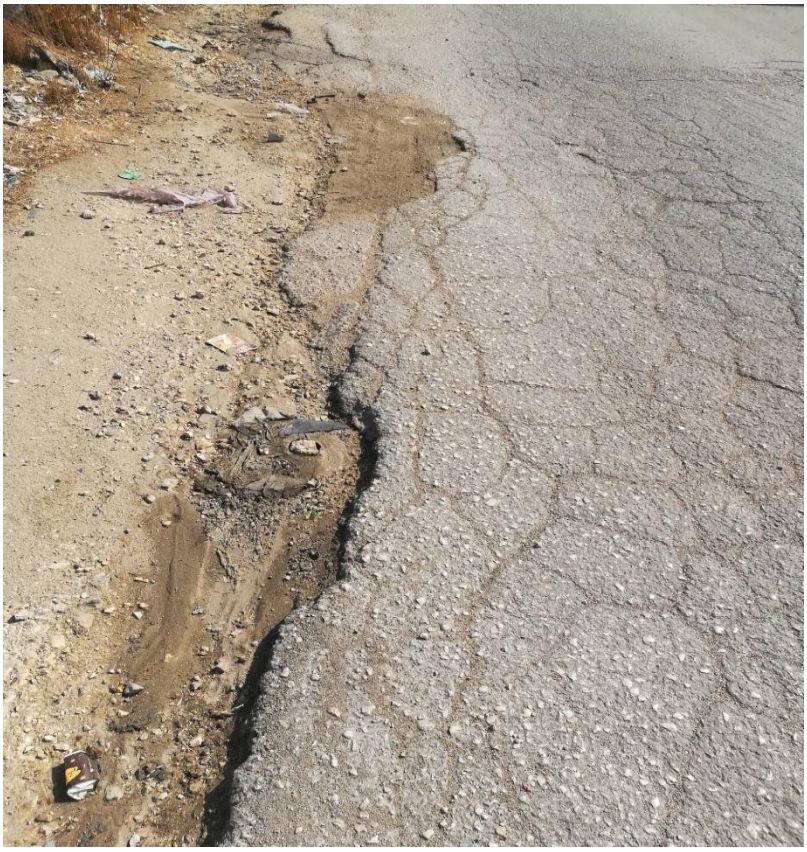
صورة (1-12): شقوق تمساحية عالية الشدة في طريق المشروع

صورة (1–13): شق طولي متوسط الشدة في طريق المشروع



صورة (1–14): شق عرضي متوسط في طريق المشروع

صورة (1–15): الرقع باستخدام مادة غير الأسفلت في طريق المشروع



صورة (1–16): شقوق جانبية عالية الشدة في طريق المشروع

1-7الجداول الزمنية لإنجاز المشروع

جدول(1-1): الجدول الزمني لمقدمة مشروع التخرج

النشاط / الاسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
اختيار المشروع واختيار موقع العمل															
المساحة الاستطلاعية															
العمل الميداني															
كتابة النص															
الرسم باستخدام برنامج ال civil3D															
التجهيز للطباعة الأولية															
التجهيز للطباعة															

جدول (1-2): الجدول الزمني لمشروع التخرج

النشاط / الأسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
التعديل على المقدمة															
التصميم الهندسي															
تجهيز نصوص التصميم الهندسي															
التصميم الانشائي															
تجهيز نصوص التصميم الانشائي															
التصميم على Civil 3D															
حساب الكميات															
تجهيز النصوص كاملة															
التجهيز للطباعة															

الفصل الثاني

خطة السلامة (Safety Plan)

2-1 مقدمة[13]

ما هي السلامة والصحة المهنية؟

السلامة والصحة المهنية: هو العلم الذي يهتم بالحفاظ على سلامة وصحة الإنسان في مجال العمل وذلك بتوفير بيئة عمل آمنة وخالية من مسببات الحوادث أو الإصابات أو الأمراض المهنية ويحافظ على المهمات ومكونات وبيئة العمل.

أو بعبارة أخرى. هي مجموعة من الإجراءات والقواعد والنظم في إطار تشريعي تهدف إلى الحفاظ على الإنسان من خطر الإصابة والحفاظ على الممتلكات من خطر التلف والضياع.

السلامة في مجال العمل: هي حماية العامل من الإصابات التي قد يتعرض لها العامل بسبب مزاولته العمل.

الصحة المهنية: هي سلامة العامل من أي مرض قد يصيبه بسبب مزاولته للمهنة التي يمارسها بمعنى " لو لم يكن العمل ما وجدت الإصابة ". والأمراض المهنية بعدد "33 " مرض مهني وتم تحديدها بمعرفة اللجنة الطبية المتخصصة والتابعة للتأمين الصحي. على أن يكون المرض له علاقة بطبيعة العمل الذي يمارسه العامل.

إذن للحفاظ على سلامة العامل من أي إصابات أو أمراض مهنية يلزمها تشريعات وقوانين ولوائح للحفاظ أولاً على سلامته ثم الحفاظ على سلامة المهمات.

فإذا كان رؤية (Vision) إدارة الشركة تهدف إلى الوصول إلى أعلى معدلات إنتاج مع أقل تكلفة وأقل فاقد.

فإن رؤية إدارة السلامة والصحة المهنية هي الحفاظ وحماية العامل من خطأ نفسه أو خطأ الأخرين وهي من أسمى الأعمال مجتمعياً ومؤسسيا واقتصاديا.

فالعامل هو العمود الفقري لأي مؤسسة وهو الأساس في قوة الأداء وعامل الكهرباء هو من يقوم بأخطر الأعمال على الإطلاق واجبنا جميعا توعيته وإرشاده بتعليمات الأمان عند العمل على مكونات شبكات التوزيع تدريبه قبل تكلفه بأي أعمال. ومتابعة أداء أعماله بصفة دوريه، والتأكد من عدم تكليفه بأي أعمال لا تناسب قدراته الفنية وتدبير مهمات الأمان اللازمة له. هذه هي الرسالة الأسمى للعمل.

13 م. أمين عبده بشارة-"مفهوم الصحة والسلامة المهنية"

إن الأهداف العامة التي تسعى إدارة السلامة والصحة المهنية إلى تحقيقها، هي:

1-حماية العنصر البشري من الإصابات الناجمة عن مخاطر بيئة العمل وذلك بمنع تعرضهم للحوادث والإصابات والأمراض المهنية.

2-الحفاظ على مقومات العنصر المادي من أجهزة ومعدات من التلف نتيجة للحوادث.

3-توفير وتنفيذ كافة اشتراطات السلامة والصحة المهنية التي تكفل توفير بيئة آمنة تحقق الوقاية من المخاطر للعنصرين البشري والمادي طبقا لقانون العمل 203 لسنة 2003 وقرار وزير القوى العاملة رقم 134لسنة 2003

ما هي خطة السلامة؟ [14]

خطة السلامة والصحة المهنية: هي خطة يتم اعدادها بعد دراسة مراحل وطرق تنفيذ المشروع لتأمين الأعمال وتحديد متطلبات التأمين في كل مرحلة.

تركز خطة السلامة على المخاطر المرتبطة بكل خطوة في المشروع ومصادر تلك المخاطر وكيفية منعها او التحكم فيها.

يتم وضع إجراءات التامين في خطة السلامة والصحة المهنية بشكل عام ويتم تحديد طريقة تنفيذ تلك الإجراءات.

يتم تحديد المسؤوليات في خطة الطوارئ وبيانات الاتصال المطلوبة في حالات الطوارئ.

2-2 المخاطر الهندسية

هناك العديد من المخاطر التي قد يتعرض لها العاملين في المجال الهندسي سواء مهندسين أو عمال أو حتى زائرين للورشات الهندسية، وفيما يلي شرح بسيط عن أهم المخاطر التي قد تواجه العاملين في هذا المشروع:

اولاً: المخاطر الكهربائية[15]

تعتبر الكهرباء من أهم مصادر الطاقة والقوى المحركة، وتستخدم في معظم أوجه الحياة ولكن على الرغم من الفوائد الكثيرة للكهرباء، إلا ان لها بعض المخاطر على الانسان والمواد إذا لم يتم استخدامها حسب الأصول الفنية السليمة، وحسب تعليمات

[14] م. ناصر محمود-"اعداد خطة السلامة والصحة المهنية للمشروعات"

[15] ادم البربري-"دليل السلامة والصحة المهنية"

السلامة الخاصة بها، حيث أن أي تهاون اتخاذ احتياطات الأمان والسلامة الخاصة بالكهرباء قد يؤدي الى حوادث جسيمة للأفراد والمنشآت، وقبل أن نشير الى المخاطر الكهربائية، يجب أن نعلم أن هناك نوعين من الكهرباء هما:

-الكهرباء التيارية (الديناميكية): وهي التي تنتج عن المولدات الكهربائية، والبطاريات بأنواعها المختلفة، في صورة تيار كهربائي متغير (متردد) أو تيار مستمر، ويسري التيار الكهربائية في مسالك محددة كالأسلاك والكابلات.

-الكهرباء الاستاتيكية: وهي التي تنشا عن احتكاك جسمين غير موصلين للكهرباء، أو جسم موصل وآخر غير موصل، وتتولد على شكل شحنات مختلفة تتجمع على أسطح هذه الأجسام، ومن أمثلة المعدات والتجهيزات التي تتولد فيها هذا النوع من الكهرباء، هي: السيور (هو حلقة من مادة مرنة تستخدم لربط اثنين أو أكثر من البكرات الدائرية) الناقلة للحركة، والسيور المتحركة، والخلاطات الكهربائية في مجالات صناعة البويات، وأحبار الطباعة، وحركة بعض السوائل داخل المواسير وأثناء الشحن والتفريغ للمواد البترولية، واحتكاك بعض أنواع الملابس المصنوعة من الخيوط الصناعية بجسم الانسان.

وتنقسم المخاطر الكهربائية حسب تأثيرها الى قسمين أساسيين:

1-مخاطر تؤثر على الانسان: نتيجة ملامسته لأجزاء حاملة للتيار الكهربائي اثناء وقوفه فوق الأرض، أو ملامسته لبعض أجزاء من مبنى، وحينئذ يكمل الدائرة الكهربائية، ويسري فيه التيار الكهربائي، وينتج عنها:

- صدمات كهربائية قد تؤدي للوفاة، وتختلف شدة الصدمة التي يتعرض لها الانسان على عدة عوامل، منها:
  - شدة ونوع التيار المار بالجسم (فالتيار المستمر أقل تأثيراً من التيار المتغير)
  - مدة سريان التيار في الجسم، فكلما زادت مدة سريان التيار في الجسم زاد تأثيره الضار
  - العضو الذي يسري فيه التيار فالجهاز العصبي والقلب أكثر الأجزاء تأثراً بالكهرباء
  - حالة الجلد، فالجلد الجاف أكثر مقاومة للإصابة بالكهرباء من الجلد الرطب
  - مدى مقاوم الشخص لتأثير الكهرباء

- حروق: تختلف شدتها من حروق بسيطة تنشا عن تيارات ضعيفة الى حروق شديدة تنشأ عن تيارات ذات ضغط عالي، والتي تؤدي الى تدير لمعظم طبقات الجلد.

- انبهار العين: ينتج عن الصدمة الكهربائية فتحدث عتمة في العدسة كنتيجة لدخول أو سريان التيار المباشر-وينتج عن تعرض العين للوميض الكهربائي التهابات كما يحدث لعالم اللحام بالكهرباء.

2-مخاطر تؤثر على المنشآت والمواد: وفي هذه الحالة قد تحدث انفجارات وحرائق، أو تلف بالمعدات بسبب سوء استخدام الكهرباء، ولقد دلت الإحصائيات على ان أسباب الحوادث الناجمة عن استعمال الكهرباء تنحصر فيما يلي:

- التحميل الزائد-قصور الدائرة
- استعمال معدات أو مهمات كهربائية تالفة

- سوء الاستعمال للمعدات والمهمات الكهربائية
- لمس أجزاء مكهربة
- عدم توصيل الأجهزة والمعدات بالأرضي

ثانياً: المخاطر الميكانيكية[16]

يعتبر من المخاطر الميكانيكية كل ما يتعرض له العنصر البشري في مكان العمل من الاصطدام، او الاتصال بين جسمه وبين جسم صلب، ويكون ذلك أثناء حركة أحدهما، فالعامل الذي يسقط على الأرض يكون في حركة بينما الأرض ثابتة. كذلك الرايش المتناثر من المخرطة أو المثقاب، والذي كثيراً ما يسبب إصابة العامل، ويمكن أن يكون اتصال جزء من جسم العامل بجزء متحرك سبباً مباشراً للإصابة كإدخال الأصابع بين التروس (المسنن)، أو اتصال ملابس العامل بجزء دائر في الآلات كأعمدة المحاور والبكرات،

فينجذب العامل الى الآلة وتحدث الإصابة، ويمكن حصر الحركات الميكانيكية في ثلاث أشكال هي:

- الحركة الدائرية
- الحركة الانزلاقية أو الترددية
- نقط تداخل الحركة

ثالثاً: المخاطر الانشائية[17]

تشكل صناعة البناء إحدى الصناعات الرئيسية في العالم، حيث إن هناك نسبة مرتفعة من حوادث البناء تنشأ عن سقوط أو اصطدام العاملين بالمواد والمعدات وكثيراً ما يكون الموقع ذو التخطيط السيء وعدم الترتيب من المسببات الرئيسية في وقوع مثل هذه الحوادث فقبل ان يبدأ العمل في الموقع يجب توجيه الاهتمام الى تأمين حركة العمال والمواد في الموقع.

2-3 مراحل تنفيذ المشروع

1-الرفع المساحي والعد المروري للطريق

2-اعداد التصاميم اللازمة وطرح العطاء

3-إزالة الاسفلت القديم

---

16 "ادم البربري-"دليل السلامة والصحة المهنية

17 "م . نافذ الشعراوي-"السلامة والصحة المهنية في المنشآت الصناعية

4-أعمال الحفر

5-اعمال الشبكات (مياه وصرف صحي)

6-اعمال الردم

7-إعادة وضع طبقة جديدة من الاسفلت

8-اعمال خدمات الطريق

4-2 المسؤوليات

يتطلب تنفيذ خطة السلامة والأمن ومتابعتها معرفة كل من له علاقة بها، بالمسؤوليات المناطة به، والواجبات المترتبة عليه سواء كان المعني بالأمر قسم السلامة والأمن، حيث يجب عليهم متابعة التطبيق والتأكد من سلامة الإجراءات أو من العاملين على اختلاف مواقعهم حيث يجب عليهم التقيد بالتعليمات ومراعاة أصول السلامة، وتحديد المسؤوليات كالتالي(8):

مدير المشروع[18]

1-مسؤول عن توفير بيانات المشروع وطريقة التنفيذ وتسليمها لمدير السلامة في المشروع

2-توفير متطلبات السلامة والصحة المهنية اللازمة من معدات ومهمات حماية شخصية وغيرها

3-توفير العدد المطلوب من افراد السلامة لمتابعة الأعمال وتأمينها

4-توفير الاعتمادات المالية اللازمة للسلامة والصحة المهنية

5-تنفيذ متطلبات خطة السلامة والصحة المهنية مع فريق العمل من مهندسي ومشرفي وعمال التنفيذ

6-اصلاح حالات عدم المطابقة المكتشفة وتحديد موعد الإصلاح والسؤول عن الإصلاح

7-إزالة أي عقبات تعوق تنفيذ خطة السلامة والصحة المهنية بالشكل اللازم

8-التنسيق بين الإدارات المختلفة لتسهيل دور فريق السلامة والصحة المهنية وتقديم الدعم اللازم

[18] "م. ناصر محمود-"اعداد خطة السلامة والصحة المهنية للمشروعات

مسؤوليات ضابط السلامة والأمن[19]

1-الاشراف التام على جميع متطلبات السلامة والأمن في الموقع ومتابعتها وإجراء التفتيش للتأكد من تطبيقها مع تقديم تقارير دورية بذلك الى مدير المشروع

2-تقديم المشورة الفنية والتوصيات حول أفضل الطرق لتطبيق مبادئ السلامة والأمن مع تحديد مكان الخطر ومصادره وكيفية تقليل نسب احتمالية وقوع الحوادث

3-مراجعة إجراءات وقواعد السلامة والأمن بصفة دائمة لتحسينها وإدخال المستجدات عليها

4-التحقيق في الحوادث وإعداد التقارير حولها مع إيجاد السجلات الخاصة بها والمحافظة عليها

5-ترؤس اجتماعات السلامة والأمن والاعداد الجيد لها

6-الإعداد والإشراف لخطة التوعية لكل العاملين في الموقع فيما يخص السلامة مع توجيههم

7-التعاون التام مع جميع المسؤولين من مهندسي الميدان ومهندسي الإشراف

8-الإشراف والمتابعة لمقاولي الباطن للتأكد من تطبيقهم لإجراءات السلامة والأمن

9-توجيه خطابات الشكر للمحافظين على السلامة والذين لم تسجل عليهم مخالفات، وفي المقابل توجيه إنذارات للمخالفين او المتعاونين للإجراءات/مع الرفع بذلك لمدير المشروع

10-توجيه خطابات الإيقاف عن العمل للأشخاص الذين تسببوا في الخطر، وإبعاد المعدات التي تشكل خطرا

11-الإشراف على حراس الأمن وعلى تطبيق إجراءات الدخول الى الموقع والخروج منهم

مسؤوليات مراقبو السلامة والأمن[20]

1-تقع على عاتقهم المسؤولية أمام ضابط السلامة والأمن عن تطبيق إجراءات السلامة والأمن كل في موقعه وتخصصه

2-التفتيش على الأعمال والمواقع حسب التخصص والمسؤولية للتأكد من سلامة الإجراءات المتبعة

3-الرفع عن أي مخالفة أو حوادث فور علمه بحدوثها الى ضابط السلامة والأمن، مع قيامه باتخاذ الإجراءات المناسبة ضمن صلاحياته

4-التصديق على سلامة الإجراءات المتبعة كل حسب تخصصه

[19] "م. نافذ الشعراوي-"الكتاب الخاص بمادة الجودة والصحة والسلامة المهنية

[20] "م. نافذ الشعراوي-"الكتاب الخاص بمادة الجودة والصحة والسلامة المهنية

5-مساعدة ضابط السلامة والأمن في القيام بواجباته ومسؤولياته

مسؤوليات مهندسو الموقع والمراقبون[21]

1-تقع على عاتقهم مسؤولية التأكد من تطبيق مرؤوسيهم لإجراءات السلامة والأمن وكذلك سلامتهم

2-الإبلاغ عن أي حادث أو وجود خطر محتمل في المواقع التي تحت اشرافهم مع تعبئة نموذج تقرير خاص بذلك

3-المسؤولية عن سلامة المعدات والآلات والعدد المصروفة لمرؤوسيهم وكذلك الاحتفاظ بتلك الأشياء في حالة جيدة

4-المسؤولية عن تقيد مرؤوسيهم باستخدام معدات السلامة كالملابس الواقية والخوذ وغيرها

مسؤوليات العاملون في الموقع[22]

1-التقيد بكل إجراءات السلامة والأمن لحماية أنفسهم وغيرهم وكذلك الممتلكات

2-استخدام جميع وسائل وأدوات السلامة المتاحة لهم، والإبلاغ الفوري لمراقبي السلامة والأمن عن أي حادث أو مكان خطر

3-الإبلاغ عن أي معدة أو جهاز لا يعمل حسب الأصول الصحيحة والذي قد يؤدي إلى وقوع ضرر

4-عدم التدخل في عمل حراس الأمن أو إعاقتهم عن تأدية واجبهم

5-التقيد بتعليمات اللوحات الإرشادية والتحذيرية الموجودة في الموقع

مسؤوليات مقاولو الباطن[23]

1-تقديم خطة لإجراءات السلامة والأمن لمن يتبعه من أشخاص وأعمال، تكون مبينة على خطة المقاول الرئيسي للسلامة والأمن

2-تعيين شخص يكون مسؤولاً عن تطبيق الخطة ومنسقاً لها يرتبط بضابط السلامة والأمن للمقاول الرئيسي

[21] "م. نافذ الشعراوي-"الكتاب الخاص بمادة الجودة والصحة والسلامة المهنية

[22] "م. نافذ الشعراوي-"الكتاب الخاص بمادة الجودة والصحة والسلامة المهنية

[23] "م. نافذ الشعراوي-"الكتاب الخاص بمادة الجودة والصحة والسلامة المهنية

2-5 التبليغ عن الحوادث، والإجراءات والخدمات الطبية المتبعة عند حدوثها(8)

يجب التبليغ عن الحوادث فور وقوعها ومباشرة التحقيق في أسبابها، ويجب تبليغ إدارة الإشراف على التنفيذ شفهياً حال وقوع الحادث، ثم كتابياً بالإصابات الخطرة والإصابات التي تستدعي عناية طبية، والعطب الذي يحدث للمعدات الرئيسية، والحوادث الأمنية.

تتمثل الإجراءات عند وقوع الحوادث في عمل الإسعافات الأولية للمصاب وإعطاؤه العناية اللازمة قبل التحقيق في الحادث وتسجيل إفادة المصاب وكيفية حدوث الإصابة، عزل مكان الحادث عن بقية أعمال المشروع، الاستماع لأقوال شهود العيان وتدوين اقوالهم، فحص مكان الحادث لمعرفة أسباب وقوعه، تدوين وقت حدوث الحادث، الحالة القائمة قبيل وقوع الحادث ومعرفة إذا ما كان هناك شخص أو اشخاص آخرون لهم علاقة بما حدث، مدى توافر أدوات الوقاية والحماية وعملها بشكل جيد، ومدى صحة طريقة الاستخدام، تحديد من هو المخبر عن الحدث، الحصول على تقرير طبي عن تشخيص الحالة مع تقارير دورية اذا استدعت الحالة فترة علاج طويلة، التأكد من أن أرقام الهواتف المهمة كالطوارئ والإطفاء مدونة في لوحة تعليمات السلامة والأمن.

أما الخدمات الطبية فهي توفير خدمة طبية في الموقع بصفة دائمة مع حقائب طبية للإسعافات الأولية، والاحتفاظ بسجل طبي لكل العاملين بالموقع، وتدوين الحوادث على اختلاف أنواعها وما يتم بخصوصها.

وبصفة عامة يتم التعاقد مع مستشفى ومركز صحي على الأقل في أقرب مكان من موقع المشروع لاستقبال وعلاج المرضى والمصابين من العاملين في المشروع.

2-6 التعليمات الواجب اتباعها لكل مرحلة من مراحل المشروع

2-6-1 التعليمات الواجب اتباعها أثناء اعداد التصاميم وطرح العطاء[24]

1-التأكد من التراخيص والموافقات الحكومية اللازمة

2-إعداد التصاميم مع الاخذ بعين الاعتبار متطلبات السلامة

3-إعداد ميزانية معدات ومهمات وأجهزة الأمن والسلامة اللازمة

4-تشكيل لجنة السلامة والصحة المهنية

5-إعداد خطة التدريب والتوعية خلال مراحل المشروع

24 "م. ناصر محمود-"اعداد خطة السلامة والصحة المهنية للمشروعات

6-وضع أعداد وأنواع معدات الطوارئ والحريق المطلوبة وخريطة توزيعها

7-إعداد نماذج السلامة والصحة المهنية المطلوب استخدامها

8-تحديد المواصفات الفنية المطلوبة للمعدات والمهمات والآلات لتحقيق التأمين اللازم

2-6-2 التعليمات الواجب اتباعها أثناء عملية الرفع المساحي والعد المروري

1-ارتداء سترات عاكسة

2-ارتداء قبعات ونظارات للحماية من أشعة الشمس

3-وضع إشارات تحذيرية إذا لزم الأمر

2-6-3 التعليمات الواجب اتباعها أثناء إزالة الأسفلت القديم

1-التأكد من اغلاق الطريق أثناء العمل

2-التأكد من وضع إشارات توضح أن الطريق مغلق على بعد كافي عن موقع العمل

3-وضع شخص مدرب عند بداية ونهاية الطريق المغلق للتأكد من عدم مرور سيارات أو أشخاص

4-وضع حواجز على الأرصفة تمنع الأشخاص من الاقتراب من منطقة العمل

5-التأكد من عملية النقل الأمن للأسفلت القديم من منطقة العمل الى منطقة آخرى

ويجدر الذكر أن هناك تعليمات لحركة الاليات التي تقوم بنقل الأسفلت الذي تم ازالته، أو حتى الطمم الذي سيتم ازالته من عمليات الحفر، ونقل المعدات اللازمة أثناء جميع مراحل العمل، حيث أن **العمل على المركبات الانشائية يتطلب منا اتباع التعليمات التالية[25]:**

1-يجب أن يكون السائقين مدربين بشكل جيد، وعليهم ان يحملوا رخصة قيادة صالحة في حال قيادتهم هذه المركبات على الطرق العامة.

2-عدم تحميل حمولة زائدة وتوزيع الحمل بشكل متوازن وبشكل مأمون.

3-يجب أن تكون الطرقات مستوية ومزودة بالإشارات ومخطط لها بطريقة يمكن من خلالها تجنب كل الاخطار المحتملة، مثل: خطوط الكهرباء الهوائية.

[25] "م . نافذ الشعراوي-"السلامة والصحة المهنية في المنشآت الصناعية

4-يجب أن نفرض حدود للسرعة، وتوضع إشارات تدل عليها بشكل واضح.

5-ولحماية العاملين من الاصطدام بالمركبات أثناء الرجوع الى الخلف يجب أن يكون هناك عامل لإعطاء إشارات للسائق وكذلك تركيب زامور خاص للتنبيه والتحذير.

6-صيانة الأدوات بشكل دوري للتأكد من سلامتها.

وتقسم الصيانة: -

1-الفحص الذي يقوم به السائق يوميا لتنفيذ ستة أمور: الماء، والزيت، والوقود، والأضواء، والاطارات، والفرامل.

2-الفحص الأسبوعي بواسطة ميكانيكي.

3-الصيانة الدورية تبعا لمتطلبات المصنع.

4-يجب الاحتفاظ بسجل إجراءات الصيانة والإصلاحات.

التحميل: -

يجب أن توزع الاحمال على قدر سعة المركبات بشكل متوازن وان تثبت ولا تبرز على نطاق السطح المستوى للعربة نفسها، وإذا لم يكن هناك مناص من بروز الحمولة بعض الشيء، فأنه لا بد من وضع رابة تشير الى ذلك يمكن رؤيتها بوضوح أن الحمولة غير متوازنة يمكن أن تؤدي الى فقدان السيطرة على المركبات عند الانعطاف او استعمال الفرامل، كما يمكن للحمولات غير المثبتة أن تنحرف أو تسقط على المركبة خلال سيرها.

2-6-4 التعليمات الواجب اتباعها أثناء عملية الحفر[26]

<u>يجب الأخذ بالاعتبار العوامل الأتية عند التخطيط لأية أعمال حفر:</u>

1-حالة المرور بالقرب من مكان الحفر.
2-المباني والمنشآت المجاورة لمكان الحفر.
3-نوع التربة.
4-مستوى المياه الجوفية في مكان الحفر.
5-الخدمات العلوية والمدفونة تحت الأرض.
6-الأحوال الجوية.

[26] OSHA (Occupational Safety and Health Administration)

تأمين سلامة المرور في منطقة العمل

1-وضع لوحة إرشادية بطول (1متر×60سم) على أول الحفرية وآخرها وعند التقاطعات الرئيسية، ويكتب على اللوحة المعلومات الآتية:

أ-اسم الشركة أو المؤسسة المنفذة ورقم هاتفها والجهة التابعة لها.

ب-اسم الاستشاري ورقم المشروع.

ج-رقم هاتف مكتب التنسيق والمتابعة أو الجهة التنسيقية المسئولة.

2 -يتم تقسيم مناطق الحفريات في الطريق إلى (منطقة تحذير إشعار متقدم – منطقة حماية منطقة عمل – منطقة إعادة المرور إلى حالة الطريق العادي).

3 -توزيع اللوحات الإرشادية على طول الحفر بالمسافات المناسبة لكل عمل وبأماكن ظاهرة.

4 -عدم خروج ناتج الحفر (الأتربة) أو المعدات عن العرض المسموح به في الفسح.

5 -الإضاءة الليلية الجيدة ووضع الأسهم المضيئة والعلامات الفسفورية العاكسة وإضاءة الفلشر عند بداية ونهاية مكان العمل.

6 -مراعاة رش الأتربة ونواتج الحفر بالماء أثناء العمل منعاً لإثارتها حتى لا تتسبب في منع الرؤية.

7 -يتم وضع أجهزة امتصاص الصدمات في الأماكن التي يحتمل وقوع اصطدام مثل أعمدة جسر أو أعمدة إنارة.

8 -يمكن استخدام الحواجز الخرسانية المطلية بألوان أو شرائط عاكسة في الموقع بالشوارع الرئيسية.

9 -يلتزم المقاول بأن يزيل الأتربة وناتج الحفر في نهاية يوم العمل، ولا يتم وضعه بجانب الحفر، وأن يحافظ على نظافة الموقع.

10 – في الطرق السريعة يجب أخذ احتياطات أكثر بالنسبة لوضع العلامات والمسافة اللازمة قبل موقع العمل.

11-وضع جسور لعبور المشاة بحيث لا تتجاوز المسافة بين كل جسرين 100 متر في حالة الشوارع الآهلة بالسكان و200 متر للأماكن غير الآهلة بالسكان على أن يحدد مكتب التنسيق والمتابعة بالبلدية تحديد الشوارع الآهلة أو غير الآهلة. (دليل أعمال التمديدات/وزارة الشؤون البلدية والقروية/الرياض)

قبل المباشرة بأعمال الحفر يتم إتباع التعليمات الأتية:

1-يجب الحصول على معلومات كاملة عن جميع الخدمات الموجودة أسفل مكان الحفر، مثال ذلك (التمديدات الكهربائية – خطوط الأنابيب – أسلاك التليفونات – أنابيب المجاري) ويجب تحديد أماكن هذه الخدمات بمنتهي الدقة، ويرجع في ذلك إلى الرسومات الهندسية الخاصة بالموقع أو بحفر حفر الاختبار.

2-تعيين شخص معتمد وموثوق به (Competent Person) يقوم بإجراء الفحص يوميا على منطقة الحفر للتأكد من عدم وجود انهيارات للجوانب، فشل لوسائل الحماية، أو عدم وجود أية ظروف عمل غير آمنة بمكان الحفر.

3-يجب تسوير منطقة الحفر لمنع سقوط الأفراد أو المعدات أو المواد إلى الحفرة، كما يجب وضع إشارات ضوئية للتحذير أثناء الليل.

4-يجب ترك مسافات آمنة بين العاملين أثناء الحفر حتى لا يتعرضوا للإصابة

5-في حالة الحفر لعمق 125 سم (4 قدم) أو أكثر يجب إتباع التعليمات التالية:

أ-يجب تجهيز الحفرة بممرات آمنة وسلالم بحيث لا تزيد المسافة التي يقطعها العامل للوصول إلى السلم عن 25 قدم (6و7 مترا) لاستخدامها بواسطة العاملين أثناء قيامهم برفع الأتربة خارج الحفرة.

ب-يجب منع تراكم الأتربة المرفوعة من الحفرة على جانبيها بل يجب أن يبعد ناتج الحفر إلى مسافة 60 سم من حافة الحفرة على الأقل حتى لا يسقط إلى داخل الحفرة ويتسبب في إصابة العاملين داخلها.

ج–يجب ألا يزيد ارتفاع ناتج الحفر على جانبي الحفرة عن مرة ونصف المسافة بين ناتج الحفر والحفرة (ألا يزيد عن 90 سم).

د–يتم فحص نسبة الغازات السامة والقابلة للاشتعال يوميا قبل مباشرة الحفر للتأكد من عدم تراكم هذه المواد داخل الحفرة.

أنواع التربة المختلفة:

1–التربة الصخرية

2–التربة نوع A

3–التربة نوع B

4–التربة نوع C

التربة الصخرية:

أنواع التربة الصلبة التي يمكن ترك جوانبها على شكل زاوية قائمة والتي تحتفظ بقوتها طوال عمليات الحفر. (صخور الجرانيت)

التربة نوع A:

هي أنواع التربة التي تتحمل قوة ضغط مقدارها 1.5 طن لكل قدم مربع. (التربة الطفلية Clay)

التربة نوع B:

هي أنواع التربة التي تتحمل قوة ضغط أكثر من 0.5 طن على القدم المربع وأقل من 1.5 طن على القدم المربع (التربة الطينية)

التربة نوع C:

هي أنواع التربة التي تتحمل قوة ضغط أقل من 0.5 طن على القدم المربع (التربة الرملية).

وسائل منع انهيار جوانب الحفر:

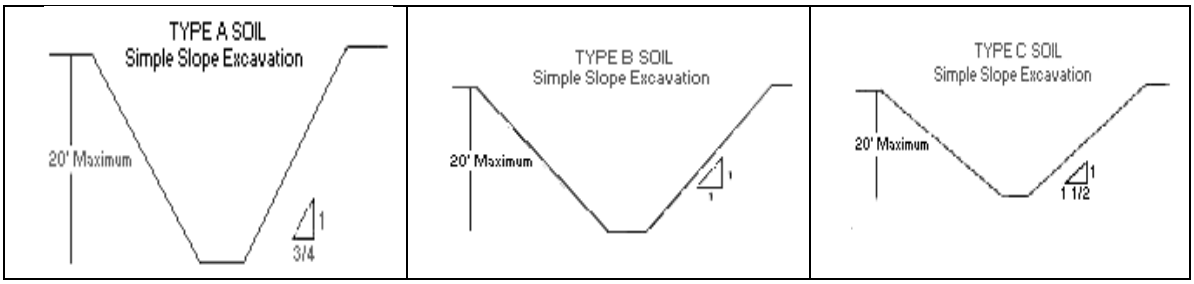
يجب منع انهيار جوانب الحفرة على العاملين داخلها وذلك باتباع إحدى الطرق الأتية:

1–تمييل جوانب الحفرة إلى الخارج بما يتناسب مع عمقها ونوع التربة.

تعتمد زاوية ميل جوانب الحفرة على نوع الحفرة (في حالة الحفر التي لا يزيد عمقها عن 20 قدم (6متر) وذلك على النحو الاتي:

جدول(2–1): تمييل جوانب الحفر[27]

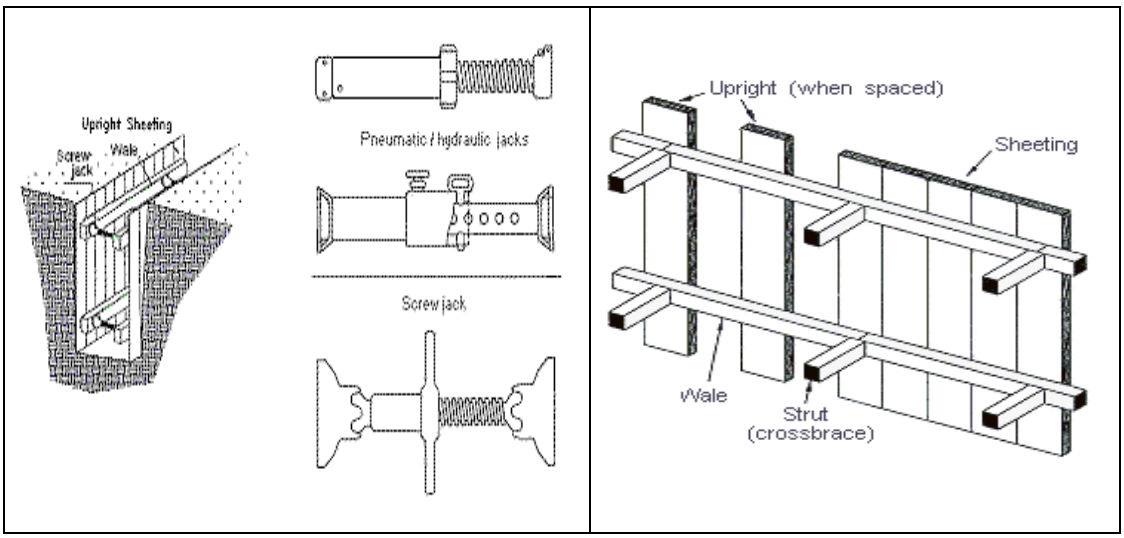
نوع التربة	الارتفاع / العمق	زاوية الميل
التربة الصخرية	عمودي مستقيم	90 درجة
التربة نوع A	1 : ¾	53 درجة
التربة نوعB	1 : 1	45 درجة
التربة نوع C	1 : 1½	34 درجة



صورة (2–1): تمييل جوانب الحفر[28]

2–تدعيم وتقوية جوانب الحفرة بألواح خشبية طولية وعرضية وتثبيتها بمسامير لمقاومة الضغط المحيط بالتربة.

في هذا النظام يتم تثبيت ألواح من الخشب أو من الألومنيوم على جوانب الحفر لمنع انهياره ويستخدم هذا النظام عندما يكون من غير العملي استخدام نظام تمييل الجوانب.



صورة (2–2): نظام تدعيم الجوانب في الحفر[29]

[27] OSHA (Occupational Safety and Health Administration)

[28] OSHA (Occupational Safety and Health Administration)

[29] OSHA (Occupational Safety and Health Administration)

3-استخدام الحواجز سابقة التصنيع (Shields)

وهي من أفضل وسائل الحماية من انهيار الجوانب في أعمال الحفر حيث يتم استخدام حواجز تناسب حجم الحفرة ويتم إنزالها داخل الحفرة فتوفر الحماية اللازمة للعاملين.

2-6-5 التعليمات الواجب اتباعها أثناء تمديد شبكات المياه والصرف الصحي

هناك العديد من المخاطر التي قد تحدث أثناء عملية التمديدات الصحية، ويمكن تقسم هذه المخاطر الى:

اولاً: المخاطر أثناء نقل التمديدات الصحية وقد تم ذكر تعليمات العمل على المركبات سابقاً.

ثانياً: المخاطر أثناء تركيب التمديدات وهذه المخاطر يمكن وضعها تحت بند العمل في الأماكن المحصورة، ويمكن وضع التعليمات لها وفقاً للتالي[30]:

1-عدم دخول أي مكان أو حيز محصور دون الحصول على إذن المشرف.

2-يجب أن تستمر المراقبة في الوقت الذي يعمل فيه العمال في الداخل ومغادرة المكان مباشرة إذا طلب ذلك.

3-يجب أن تكون جميع معدات السلامة والإنقاذ متوفرة في الموقع وفي مكان العمل الفعلي.

4-يجب ألا يعمل أقل من عاملين في الاعمال التي تتم في الأماكن المحصورة، ويكون أحد العاملين خارج الحيز من أجل الإنقاذ والمساعدة

5-يجب توفير سيارة اسعاف مجهزة في حالات الطوارئ والحوادث.

ثالثاً: المخاطر أثناء عملية لحام التمديدات الصحية، ويمكن تجنب مخاطر اللحام كالتالي[31]:

1-ملابس الوقاية في عملية اللحام

تهدف ملابس الوقاية الى حماية جسم عامل اللحام من الاشعاعات والشرر المتطاير وقطرات اللحام، ويجب أن تكون مقاومة للاشتعال ومتينة ومريحة وبدون جيوب أو ثنايات تفاديا لسقوط الشرر المتطاير والمعدن المنصهر فيها، وتصنع عادة من الجلد، وتكون الملابس الوقاية عبارة عن:

- مريول اللحام الجلدي لحماية الجسم وملابس عامل اللحام
- صدرية أو جاكيت اللحام مع الاكمام لحماية الصدر والاذرع
- كفوف جلدية لحماية الايدي

30 "م . نافذ الشعراوي-"السلامة والصحة المهنية في المنشآت الصناعية

31 "م . نافذ الشعراوي-"السلامة والصحة المهنية في المنشآت الصناعية

- حذاء سلامة وأغطية للساقين

2-نظارات اللحام والقص

تستخدم النظارات الواقية للعينين في حالة اللحام والقص بالغاز (الاوكسي استيلين) لحماية العينين من الحرارة والضوء الساطع الناتج عن لهب اللحام وبه فتحات خاصة للتهوية، وعادة ما يمكن استخدام هذه النظارات فوق النظارات الطبية لعامل اللحام.

يستخدم في النظارة زجاج معتم قابل للاستبدال يغطيه زجاج عادي (أبيض شفاف) لحماية الزجاج المعتم من الشرر المتطاير ويمكن استبداله كلما دعت الحاجة، وتعتمد درجة تعتيم الزجاج المعتم على نوع العملية المطلوبة (لحام أو قص) وعلى سمك المعدن المراد قصه.

3-كمامة اللحام

تستخدم كمامة اللحام لوقاية عامل اللحام من الغبا والابخرة الناتجة عن انصهار المعادن في اثناء عملية اللحام، وبشكل خاص عند لحام بعض المنتجات الفولاذية المطلية بالزنك عند درجة 950°م حيث يتحد الزنك مع الاكسجين في الهواء المحيط ويكون غبار الزنك الذي يبقى عالقا في الهواء على شكل أبخرة، ويؤدي استنشاقه من قبل عامل اللحام الى اصابته بحمى مؤقتة تزول خلال 24 ساعة.

ويفضل في هذه الحالات توفير تهوية جيدة، ولكن إذا كانت التهوية غير كافية فيتم استخدام الكمامة والتي يمكن استخدامها سواء مع نظارات اللحام أو تحت وجه اللحام.

2-6-6 التعليمات الواجب اتباعها أثناء عملية الردم

1-يجب ألا تتم عملية الردم الا بموافقة المهندس المشرف وبعد التأكد من سلامة التمديدات الصحية وأنها ضمن المواصفات وحسب المخططات الموضوعة للمشروع.

2-يجب القيام بعملية الردم أولاً بأول بعد عمل التمديدات الصحية ووفق المواصفات المطلوبة، وعدم ترك الحفر والتمديدات الصحية مكشوفة ليوم آخر.

3-يجب التأكد من عدم وجود معدات أو أشخاص مكان الردم.

2-6-7 التعليمات الواجب اتباعها أثناء وضع طبقة جديدة من الاسفلت

1-التأكد من ارتداء العمال لمعدات السلامة اللازمة أثناء التعامل مع الأسفلت.

2-وضع إشارات تحذيرية، واغلاق الطريق أثناء عملية وضع الأسفلت.

3-التأكد من أن العمال بعيدين كفاية عن المركبات التي تعمل على نقل، وفرد، ودمك الأسفلت.

4-يجب على المركبات العاملة في وضع طبقة جديدة من الأسفلت الالتزام بتعليمات السلامة للمركبات في المشروع والتي تم ذكرها سابقاً

2-6-8 التعليمات الواجب اتباعها أثناء وضع خدمات الطريق

1-يجب على العاملين في وضع خدمات الطريق ارتداء سترات عاكسة.

2-يجب وضع إشارات تحذيرية مكان العمل.

2-7 تحديث خطة السلامة والصحة المهنية[32]

يتم تحديث خطة السلامة في الحالات الآتية:

1-تغيير أي من الافراد المسؤولين عن تنفيذ خطة السلامة

2-تغيير بيانات الاتصال

3-تغيرر إجراءات العمل أو طريقة تنفيذ بنود الأعمال

4-تغيير معدات العمل أو استخدام معدات جديدة

5-صدور قوانين جديدة تتعلق بطبيعة العمل

6-عند طلب الجهة المالكة للمشروع

[32] "م. ناصر محمود-"اعداد خطة السلامة والصحة المهنية للمشروعات

الفصل الثالث

الأعمال المساحية

3-1 المقدمة

عند القيام بتصميم طريق، لا بد من دراسة الطريق وأهميتها وحجم السير فيها، ودراسة الأهداف والغايات من إعادة تأهيل هذا الطريق وما تعود به من نفع على المناطق المحيطة بها والمناطق المجاورة له، لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أمور تصميمية عدة منها المسارب والاتجاهات والتقاطعات والانعطافات وتحديد سرعة السيارات عليها وأنصاف أقطار منحنياتها الأفقية وأطوال منحنياتها الرأسية وميول سطحها ويجب أخذها بعين الاعتبار أثناء تصميم الطريق. وبعد ذلك لا بد من القيام بأعمال مساحية متعددة ودراسة المخططات للمنطقة على ارض الواقع ومن ثم تثبيت محور الطريق النهائي على الأرض وعمل مسح مناسيب طولية وعرضية وعمل التصميم الرأسي والأفقي للطريق ومن ثم القيام بالمسح التفصيلي حتى يكتمل تصميم الطريق أفقيا ورأسيا وتتلخص الأعمال المساحية التي تتطلبها دراسة طريق معين على المراحل الرئيسية التالية:

المرحلة الأولى: دراسة المخططات

المرحلة الثانية: أعمال استطلاعية

المرحلة الثالثة: الرفع التفصيلي

3-2 مراحل الاعمال المساحية

3-2-1 دراسة المخططات:

من خلال الخرائط يمكن وضع وتحديد مسار الطريق وتحديد موقعه على الخرائط مع مراعاة ضرورة الرجوع إلى الطبيعة وذلك للتعرف على الشكل الواقعي والفعلي للطريق.

3-2-2 المساحة الاستطلاعية:

تجري الأعمال الاستطلاعية الأولية للطريق بالقيام بجولات استطلاعية للطريق المراد العمل عليه من قبل فريق العمل وذلك لمعرفة الأهمية الاقتصادية للطريق والخدمات التي يوفرها أو يساهم في تطويرها ، وكذلك لمعرفة الميول التي سيمر منها الطريق بالإضافة إلى المعلومات الفنية التي يمكن استنباطها من الخرائط والصور الجوية المتوفرة ، بالإضافة إلى دراسة العوائق والمشاكل على الطريق التي تعيق عملية إنشاء الطريق وعملية التصميم ومعرفة وتصميم المنشآت اللازمة لتصريف مياه الأمطار والمياه السطحية ونوع وطبيعة التربة والإسفلت في الموقع من تشققات وانهيار في التربة والإسفلت.

والصورة (3-1) تم اخذها اثناء عملية المساحة الاستطلاعية.

صورة رقم (3-1) أعمال المساحة الاستطلاعية

3-2-3 الرفع التفصيلي:

في عملية المسح التفصيلي نقوم بالأعمال التالية:

- عمل مسح مبدأي للطريق المختارة بعد عملية الاستطلاع.

- دراسة العوائق على الطريق والتي تعيق عملية التصميم.
- عمل رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية وأعمدة هاتف وكهرباء وأسوار وسلاسل وغيرها من التفاصيل حيث تم عمل الرفع التفصيلي للطريق الموجود وتمت بواسطة جهاز GPS sp60 و Total station focus8 .
- اختيار مسار الطريق بناءاً على المخطط الهيكلي للبلد.

3-3 نظام تحديد المواقع بالأقمار الصناعية(GPS):

3-3-1المقدمة

نظام تحديد المواقع العالمي عبارة عن نظام ملاحي يؤمن تحديد الموقع بأبعاده الثلاثية (x ,y ,z) أو خط الطول والعرض والارتفاع بالإضافة إلى تحديد الزمن والسرعة للمستخدمين سواء كان المستخدم للنظام على البر أو البحر أو الجو سواء كان ليلا أم نهارا.

ويعد النظام احد الثورات التي استحدثت في علوم المساحة، وقد أطلق عدد من الأجيال المختلفة من أقمار النظام الكوني لتحديد المواقع. حيث بدأ ذلك في عام 1978م. وهنا حاليا 24 قمرا صناعيا في حالة تشغيلية على مدار 24 ساعة وفي شتى الأحوال الجوية مغطية كل بقاع الكرة الأرضية وتسير هذه الأقمار في مدارات شبه دائرية على ارتفاع يقدر بنحو 20200 كم فوق سطح الارض، وأرصاد هذه الأقمار تتم في المرجع الجيوديسي الكوني المعروف باسم (WORID GEODETIC)، الذي يمكن تحويل معلوماته على المراجع الإسنادية الإقليمية أو الوطنية أو المحلية.

3-3-2 مكونات نظام تحديد المواقع:

يتكون النظام من ثلاث وحدات رئيسية هي:

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

3-3-3 دور الأقمار الصناعية في تحديد المواقع:

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

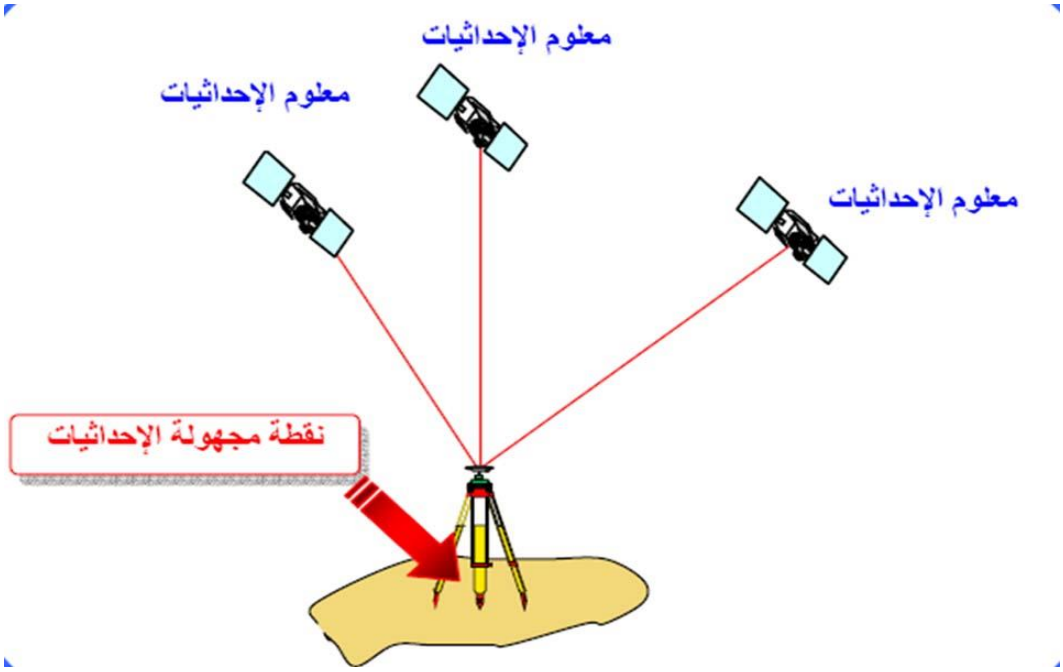
1. استقبال وتخزين البيانات المرسلة من محطة التحكم.
2. الحصول على التوقيت الدقيق عن طريق الساعة الذرية (الروبيديوم والسنيزيوم).
3. إرسال المعلومات للمستخدم عن طريق إشارات مختلفة.
4. المناورة لتعديل المدار عن طريق التحكم الأرضي.

3-3-4 طريقة عمل النظام:

سوف نقدم شرح مبسط لتقريب طريقة عمل النظام فنحن نسعى في النهاية 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 استطعنا حساب المسافات ما بين المستقبل (المستخدم) وكل قمر صناعي لأصبحت لدينا مسألة رياضية تعرف في المساحة بالتقاطع العكسي وفيها نجد إحداثيات نقطه مجهولة بمعلومية إحداثيات مجموعة من النقاط والمسافات بينها .

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

والصورة (3-2) توضح طريقة عمل النظام.



صورة(3-2) حساب موقع المستخدم بمعلومية إحداثيات ثلاثة نقاط[33]

[33] http://aseelaalfzari2012.blogspot.com/p/blog-page.html

3-4 العمل الميداني للاعمال المساحية

3-4-1 الأجهزة والأدوات المستخدمة في الأعمال الميدانية للرصد المساحي

1- جهاز GPS sp60 و Total station focus8، والصور (3-3) و (3-4) توضح الأجهزة.

2- شريحة انترنت.

3- حامل أجهزة (شاخص).

4- شريط قياس(متر).

5- دفتر ملاحظات ورسومات.

6- خريطة جوية وخريطة هيكلية للموقع.

صورة (3-3): جهاز Gps sp60[34]

[34] http://www.jordangps.com/spectra-precision-sp60/

صورة (3-4): جهاز Total Station focus8[35]

3-4-2 خطوات ما قبل العمل والتخطيط للعمل

1-جمع الخرائط الأولية وهي خريطة جوية للموقع وتحديد نقطة بداية ونهاية المشروع عليها.

2-تحديد الجهاز المراد استخدامه وطريقة العمل للرصد ، حيث تم استخدام جهاز GPS sp60 و Total station focus8.

3-تقسيم المهام على المجموعة وإعطاء كل فرد مهمته من رصد بالجهاز، وتسجيل ملاحظات، ورسم سكيتشات للنقاط (control point)، وتحديد نقاط الرصد والتأكد من عدم نسيان أي نقطة.

4-التأكد من الجهاز قبل الخروج والتأكد من شحن البطارية وأنها تكفي لمدة العمل.

5-تجهيز وتأمين طرق المواصلات والذهاب والعودة من الموقع بأمان.

6- اتخاذ اجراءات السلامة اللازمة للحفاظ على سلامة الافراد والمعدات،

7-الانطلاق إلى الموقع.

3-4-3 خطوات العمل في الميدان

1-تثبيت الجهاز على الحامل وتثبيت جامع المعلومات عليه.

[35] Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia-"Geometric Design of Roads"

2-توصيل الجهاز بالانترنت.

3-ضبط مشروع عمل على الجهاز وتم تسميته باسم المشروع وتم ضبط المشروع على نظام الإحداثيات الفلسطيني Palestine Grid 1923.

4-التأكد من الاتصال والتأكد من الدقة المعطاة من الجهاز.

5-بدء عملية الرصد لكل المعالم الموجودة على الطريق مثل الاسفل القائم والجدران وأعمدة الكهرباء وأعمدة الهاتف والسلاسل القائمة والسياج والأبنية،

6-تم عمل وصف داخل الجهاز لكل نقطة تم رصدها وعمل سكتشات للمناطق المعقدة حتى لا يكون هناك خلل عند توصيل النقاط.

7-التأكد من الدقة وقوة الإشارات من الأقمار الصناعية من فترة لفترة.

8-في أماكن البنايات العالية تم اخذ نقطتين بديلتين وتم القياس من النقطة الأولى إلى زاوية البناية ومن النقطة الثانية إلى نفس الزاوية وعمل كروكي مع سكتش لكل زاوية وذلك لتفادي الأخطاء الناتجة من انعكاس الإشارات وعدم الدقة في الرصد.

9-عند الانتهاء من الرصد تم إغلاق الجهاز وترتيبه في مكانه المخصص في الصندوق.

10-البدء بإجراء الأعمال المكتبية فور الانتهاء من رصد النقاط.

11- العمل المكتبي كان عبارة عن تنزيل النقاط إلى صيغة csv ، وتنزيلها إلى برنامج civil 3d.

12- بعد تنزيل النقاط تم التوصيل بينها وعمل ألوان وترتيب للمعالم المرصودة.

13-اقتراح center line مبدأي للطريق لمعرفة طول الطريق وتحديد المشاكل الموجودة على الطريق عند كل محطة من محطات الطريق،

الفصل الرابع

التصميم الهندسي

4-1مقدمة

يعتبر التصميم الهندسي للطريق من أهم مراحل تصميم الطرق، حيث يهتم بتصميم كل ما تراه العين على الطريق (تصميم الشكل الخارجي للطريق)، حيث يتم تصميم عدد المسارب على الطريق اعتمادا على الحجم المروري للطريق، بالإضافة الى تصميم وإخراج المقاطع الأفقية وتحديد الميول العرضية للطريق، وتصميم المقاطع الطولية ومسافات الرؤية، وتصميم المنحنيات على الطريق سواء كانت المنحنيات الأفقية أو العمودية، ويجدر الإشارة الى أن التصميم سوف يكون باستخدام برنامج (Civil 3D) ولكن سيتم شرح الطريقة اليدوية للتصميم.

4-2معايير التصميم الهندسي

4-2-1أساسيات التصميم الهندسي للطريق[36]:

حتى يتم التصميم الهندسي للطريق لا بد من توفر البيانات التالية:

1-الحصول على المخططات الطبوغرافية للمنطقة لمعرفة تضاريس ومناسيب المنطقة المنوي انشاء الطريق فيها

2-القيام بزيارة ميدانية للمنطقة المنوي تنفيذ الطريق فيها، لمعرفة الطرق القائمة والتقاطعات التي لها تأثير على المشروع المنوي تنفيذه.

3-تصنيف الطرق حسب موقعها ووظيفتها وما يحيط بها.

4-السرعة التصميمية للطريق (V_D).

5-السرعات الأخرى التي تتحرك بها المركبات على الطريق.

6-حجم المرور وكثافة المركبات بالإضافة الى سعة الطريق وبالتالي تحديد مستوى الخدمة (LOS)، حيث يتم استنتاج عدد المسارات اللازمة للطريق من خلال هذه البيانات.

[36] Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia-"Geometric Design of Roads"

4-2-2تصنيف الطرق[37]:

يتم تصنيف الطرق الى خمس مجموعات رئيسية كما هي موضحة في الجدول (4-1):

جدول (4-1): تصنيف الطرق[38]

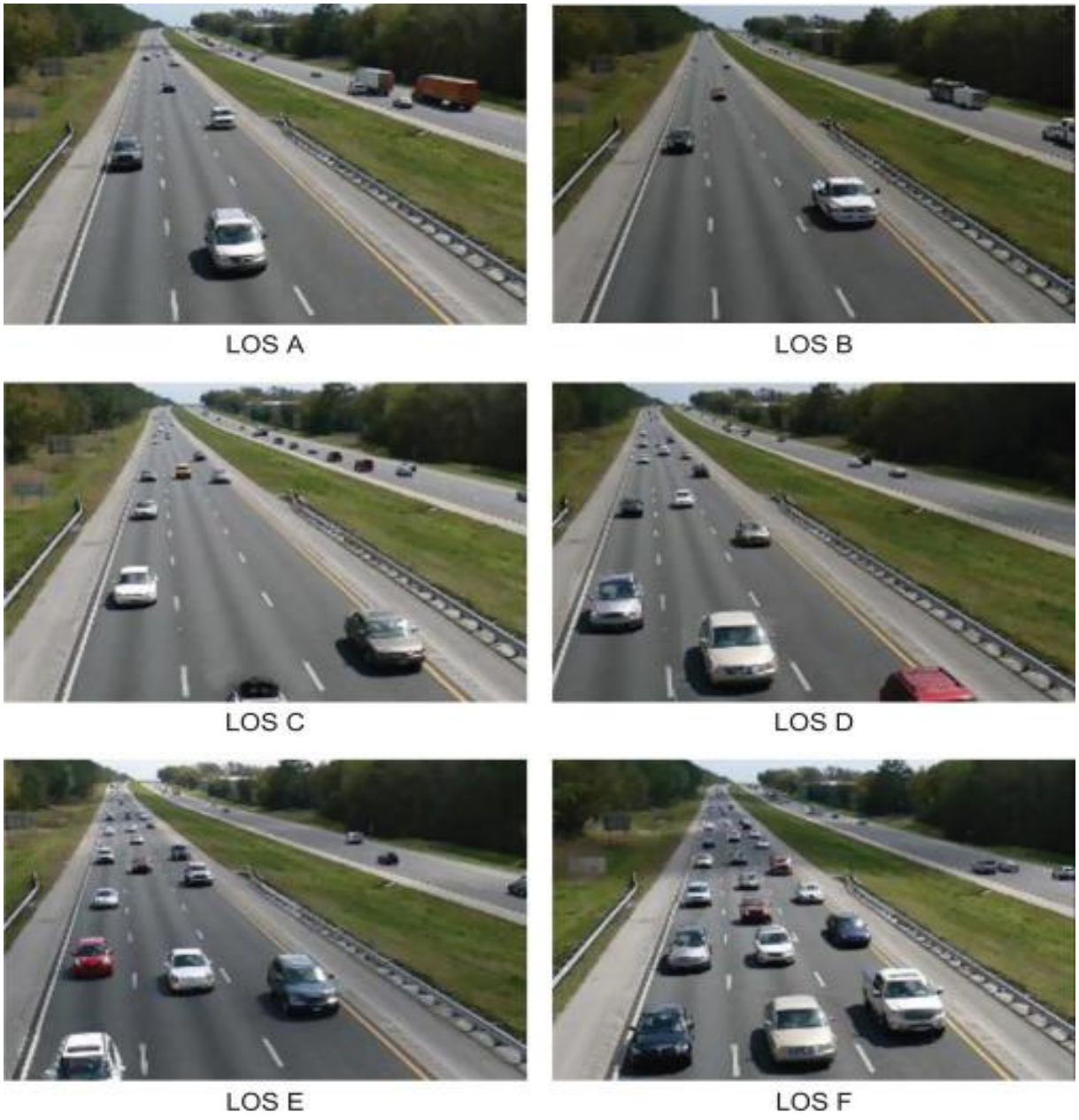
اسم المجموعة	الوظيفة	الموقع	جانبي الطريق	السرعة التصميمية
المجموعة (A)	الربط بين المدن الكبيرة	خارج المدن	خالية من البناء	أكثر من (100km/h)، وتكون المسافة بين التقاطعات كبيرة في هذه المجموعة
المجموعة (B)	الربط بين المراكز والقرى، أو ربط هذه المناطق بطرق المجموعة (A)	داخلية (حضرية)	خالية من البناء	من (50-80km/h) ويرجع ذلك لتكرر التقاطعات التي تمر بهذا الطريق
المجموعة (C)	طرق تجميعية أو رئيسية يغلب عليها صفة الربط ويتبع هذه امتداد الطرق التابعة للمجموعتين المجموعة أيضا A،B والتي تمر في المدن حيث أنها مبنية الجانبين.	داخلية (حضرية)	مبنية أو مهيأة للبناء	عادةً (50km/h)
المجموعة (D)	يغلب عليها وظيفة التجميع، تخدم المشاة وسائقي الدرجات.	داخلية (حضرية)	مبنية	(50km/h)
المجموعة (E)	خدمة المرور في الأماكن السكنية والمشاة وسائقي الدراجات، ونسبة المركبات فيها ضعيفة.	داخلية	مبنية	أقصى سرعة هي (30km/h)

[37] Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia-"Geometric Design of Roads"

[38] Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia-"Geometric Design of Roads"

4-2-3مستوى الخدمة (Level Of Service "LOS") [39]

مستوى الخدمة هو الذي يعبر عن مدى حرية الحركة للمركبات التي تمر في الطريق وعن حجم وعدد ونوع المركبات التي تمر في الطريق (أي أنه تصنيف للطرق من الناحية المرورية من حيث السرعات المسموحة للعربات أن تتحرك بها بحرية وعدد ونوع المركبات الموجودة في الطريق) حيث ينقسم مستوى الخدمة الى 6 مستويات أساسية مقسمة من A (أكبر حرية حركة وأقل حجم مروري) إلى F (أقل حرية حركة، أكبر حجم مروري وعربات ثقيلة) حيث توضح الصورة (4-1) مستويات الخدمة:



صورة (4-1): مستوى الخدمة للطريق (LOS)[40]

[39] Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia-"Geometric Design of Roads"

[40] Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia-"Geometric Design of Roads"

4-2-4ما هو الفرق بين السرعة التصميمية (Design Speed) والسرعة المسموح بها (Speed Limit)؟[41]

السرعة التصميمية (V_D): هي أقصى سرعة يمكن للسائق أن يسير عليها بأمان دون وقوع حوادث، شريطة أن تكون الظروف المحيطة كالطقس والرؤية وحالكة المركبة مواتية. ويتم تقدير السرعة التصميمة حسب نوع الطريق (Category A,B,C,D and E) وهي قيمة مهمة جدا حيث نعتمد عليها بشكل أساسي في عملية التصميم الأفقي للطريق من خلال تحديد أنصاف أقطار المنحنيات الدائرية وحساب مسافة الرؤية وغيرها، وبالتالي فهي السرعة القصوى والتي يتم تصميم الطريق بناءً عليها وغير مسموح للسائق أبداً تجاوزها في أي حال من الأحوال.

السرعة المسوح بها: هي أقصى سرعة مسموح للسائق أن يسير عليها ولا يسمح له بتجاوزها وهي أقل من السرعة التصميمة (وهذا معامل أمان) على سبيل المثال: اذا كانت السرعة التصميمة 100km/h فانه يتم تحديد اقصى سرعة مسموح بها 90km/h مثلاً، وذلك في حال عدم التزام السائق بهذه السرعة (90) يبقى بأمان من وقوع حوادث إلى أن يصل إلى السرعة (100).

بناءً على ما ذُكر سابقاً يمكن تصنيف الطريق وهو في أسوء حالاته على أنه من المجموعة (C)، ومستوى الخدمة (LOS E)، وبالتالي فإن السرعة التصميمية له هي (50km/h) ويمكن اعتبار السرعة المسموح بها هي (40km/h).

4-2-5مسافة الرؤية (Sight Distance)

تعرف مسافة الرؤية بأنها أقل مسافة تحتاجها المركبة للتوقف وهي تسير بسرعة تقترب من سرعة التصميم في حالة التوقف، أو أقل مسافة كافية لإتمام التجاوز بأمان للمركبات في حالة التجاوز.

وتؤثر مسافة الرؤية تأثيراً مباشراً على سلامة المرور وعلى سعة الطريق، وعليه فإن على المصمم أن يوفر مسافة رؤية كافية للتوقف والتجاوز، وتعد المنحنيات الأفقية والعمودية والتقاطعات من أكثر العوائق التي تؤثر على مسافة الرؤية، وفيما يلي معادلات لحساب مسافة الرؤية للتوقف والتجاوز:

4-2-5-1مسافة الرؤية اللازمة للتوقف (Stopping Sight Distance: SSD)

يفضل أن تكون مسافة الرؤية أطول ما يمكن، ولكن بكل الأحوال يجب ألا تقل عن المسافة اللازمة للتوقف، وتشمل هذه المسافة جزأين هما:

[41] Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia-"Geometric Design of Roads"

1–مسافة ردة الفعل (d_r): وهي المسافة اللازمة لشعور السائق بالخطر وضغطه الفرامل، حيث يؤخذ زمن رد فعل السائق 2.5 ثانية، وتؤخذ هذه المسافة ضمن المعادلة:

$$d_r = 1.47 \times S \times t$$

حيث: d_r: مسافة ردة الفعل (ft)

S: سرعة المركبة (mi/hr)

t: وقت ردة الفعل (s)، وتُأخذ 2.5 ثانية.

2–مسافة الفرملة (d_b)، وتؤخذ وفق المعادلة التالية:

$$d_b = \frac{S_i^2 - S_f^2}{30\ (f \pm 0.01G)}$$

حيث: d_b: مسافة الفرملة (ft)

S_i^2: السرعة الابتدائية (mi/hr)

S_f^2: سرعة المركبة (mi/hr)

f: معامل الاحتكاك بين اطار السيارة وسطح الطريق (وتُأخذ 0.348)

G: درجة الانحدار، ولها ثلاثة حالات، وهي: 1–في حالة الصعود ← +

2–في حالة النزول ← −

3–في حالة طريق مستوية ← 0

بالتالي فإن مسافة التوقف (d_T)، تحسب من المعادلة التالية:

$$d_T = d_r + d_b$$

$$d_T = 1.47 \times S_i \times t + \frac{S_i^2 - S_f^2}{30\ (f \pm 0.01G)}$$

إذن على اعتبار ان السرعة الابتدائية هي السرعة التصميمية 50 km/hr أي ما يعادل 30 mi/hr، والسرعة النهائية هي 0 mi/hr، وقيمة معامل الاحتكاك بين اطار السيارة والاسفلت هي 0.348، وعلى اعتبار أن الطريق مستقيمة، يمكن حساب المسافة اللازمة لتوقف المركبة كما يلي:

$$d_T = 1.47 \times 30 \times 2.5 + \frac{30^2 - 0}{30\ (0.348 \pm 0.01(0))}$$

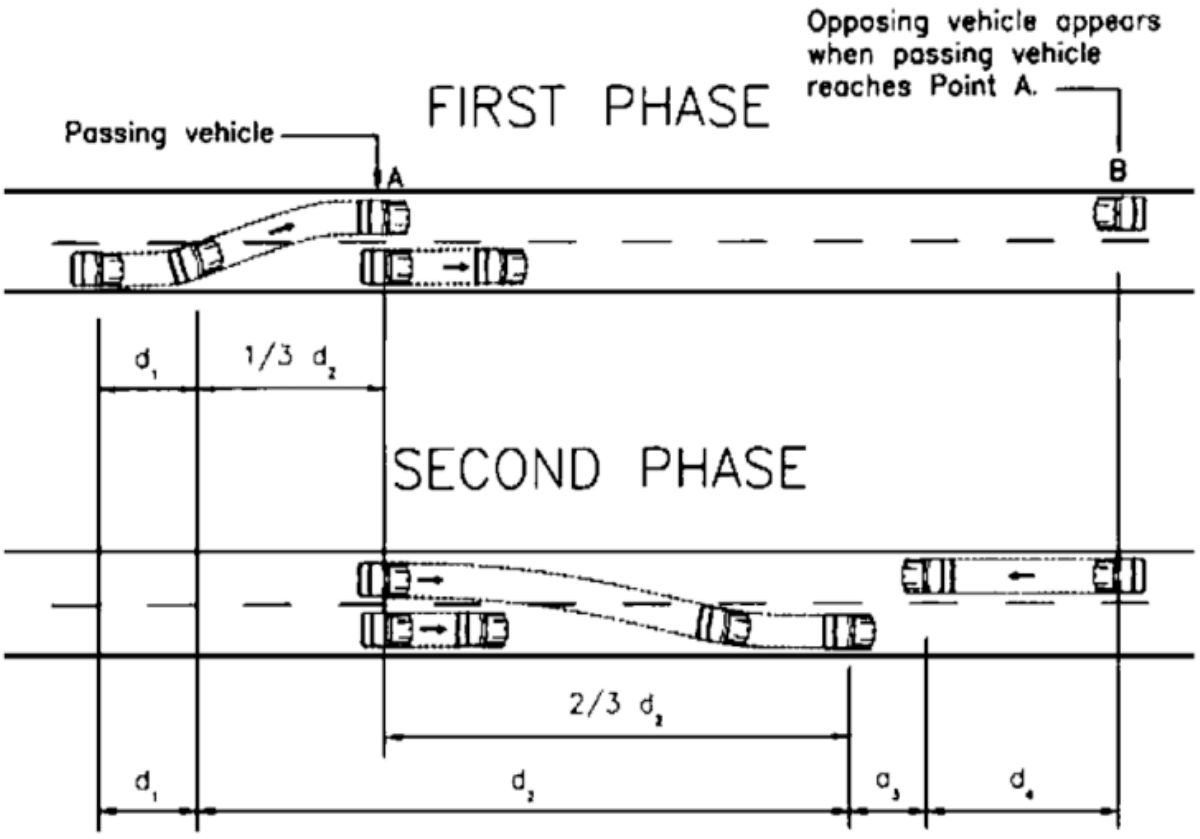
$$d_T = 110.25 + \frac{900}{10.44}$$

$$d_T = 196.5 \text{ ft}$$

$$d_T = 59.9 \text{ m} \approx 60 \text{ m}$$

4-2-5-2مسافة الرؤية اللازمة للتجاوز (Passing Sight Distance: PSD)

من الضروري جداً حساب مسافة الرؤية اللازمة لتجاوز المركبات بأمان، والصورة (4-2) توضح آلية حدوث التجاوز والمسافات التي يجب حسابها.



صورة (4-2): مسافة الرؤية اللازمة للتجاوز (PSD)[42]

[42] Czarnecki, Krzysztof-" Automated Driving System (ADS) High-Level Quality Requirements Analysis - Driving Behavior Comfort "

وتستخدم المعادلات التجريبية التالية لحساب هذه المسافات:

$$\mathrm{d}_1 = 1.47\ \mathrm{t}_1 \left(\mathrm{V} - m + \frac{\mathrm{at}_1}{2}\right)$$

$$d_2 = 1.47\ V\ t_2$$

$$\mathrm{d}_3 = \text{from Table } (4-2)$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

حيث أن:

d_1: المسافة التي تقطعها المركبة المتجاوزة خلال التردد في العبور (ft)

d_2: المسافة التي تقطعها المركبة في التجاوز (المسافة من وقت مغادرة مسرب الحركة الأيمن الى وقت العودة اليه) (ft)

d_3: المسافة المتبقية بين المركبة المتجاوزة والمركبة التي تسير بالاتجاه المعاكس (ft)

d_4: المسافة التي قطعتها المركبة التي تسير في الاتجاه المعاكس خلال فترة التجاوز (ft)

V: متوسط سرعة المركبة المتجاوزة (mi/hr)

m: الفرق في السرعة بين السيارة المتجاوزة والسيارة المتجاوز عنها، وتُأخذ بمقدار 10

a: معدل التسارع للمركبة المتجاوزة ويأخذ من الجدول (2−4)

$\mathrm{t}_2, \mathrm{t}_1$: الزمن، ويُأخذ من الجدول (2−4)

وبذلك يتم حساب مسافة الرؤية اللازمة للتجاوز وفق المعادلة التالية:

$$\mathrm{d}_\mathrm{T} = \mathrm{d}_1 + \mathrm{d}_2 + \mathrm{d}_3 + \mathrm{d}_4$$

وفيما يلي الجدول (2−4)، والذي يساعد في إيجاد مسافة التجاوز:

جدول (4-2): إيجاد مسافة التجاوز[43]

Speed Group (mi/hr) Average Passing Speed (mi/hr)	30-40 34.9	40-50 43.8	50-60 52.6	60-70 62.0
Initial Maneuver:				
a = Av. Acceleration (mi/hr per s)	1.40	1.43	1.47	1.50
t_1 = Time (s)	3.6	4.0	4.3	4.5
d_1 = Distance Traveled (ft)	145	215	290	370
Occupation of Left Line:				
t_2 = Time (s)	9.3	10.0	10.7	11.3
d_2 =Distance Traveled (ft)	475	640	825	1030
Clearance Length:				
d_3 = Distance Traveled (ft)	100	180	250	300
Opposing Vehicle:				
d_4 = Distance Traveled (ft)	315	425	550	680
Total Distance:				
$d_1 + d_2 + d_3 + d_4$ (ft)	1035	1460	1915	2380

بما أن السرعة التصميمية للطريق هي 50 Km/hr وهي ما يعادل 31 mi/hr، يمكن أخذ أن المسافة اللازمة للتجاوز على الطريق هي 1035 ft وهي ما يعادل 315.5m.

4-3تصميم المقاطع العرضية

4-3-1مسارب الحركة (Travel Lanes)

يعتمد حساب عدد المسارب اللازمة للطريق على الحجم المروري للطريق، ويتم حسابه عن طريق عد المركبات التي تستخدم الطريق خلال فترة زمنية محددة للطريق المراد تأهيله، اما عند انشاء طريق جديد فيتم العد على طريق مشابه للطريق المراد انشاءه أو عن طريق تقدير الحجم المروري حسب المنطقة والاستخدام للطريق، ولكن يجدر الإشارة الى أن موقع الطريق نفسه قد يحد من عدد المسارب، فقد يكون الطريق محصورا بين أبنية مما يجعل من الصعب وضع عدد المسارب اللازم، وفي هذه

[43] Czarnecki, Krzysztof-" Automated Driving System (ADS) High-Level Quality Requirements Analysis - Driving Behavior Comfort "

الحالة يتم اللجوء الى حلول أخرى مثل عمل الانفاق والجسور أو تغيير مسار الطريق في حال كان من الصعب جدا التقليل من عدد المسارب للطريق.

أما بالنسبة لعرض المسرب نفسه فيجب أن يكون أقل عرض لمسرب الحركة أعرض من عرض المركبة التصميمية للشاحنات والحافلات (2.6م)، ويفضل ألا يقل عن 3.0م، أم العرض الأمثل (خاصة على الطرق السريعة) فهو 3.6م، ويجدر الإشارة الى ان زيادة عرض مسرب الحركة عن 3.75م يؤثر سلباً على السلامة المرورية لأن ذلك يتيح لأكثر من مركبة باستخدام المسرب في نفس المقطع في نفس الوقت.[44]

وإيجاد عدد مسارب الحركة يكون وفق المعادلة التالية[45]:

$$N = \frac{DDHV}{SFL * f_E * PHF}$$

حيث أن:

N: عدد مسارب الحركة

DDHV: التصميم المباشر للساعة (Direct Design Hourly Volume)

SFL: معدل تدفق الخدمات للتخطيط والتطوير

f_E : عامل تعديل

PHF: معامل ساعة الذروة

4-3-1-1ايجاد PHF

في البداية سوف يتم إيجاد معامل ساعة الذروة (PHF)، ولإيجاده لا بد من القيام بعملية عد مروري لإيجاد ساعة الذروة.

والجدول (4-3) يوضح العد المروري للطريق المراد إعادة تأهيله في المشروع، حيث تم العد في أحد أيام العمل وخلال أكثر الساعات نشاطاً على الطريق.

[44] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[45] Eng. Haytham Besaiso-" http://site.iugaza.edu.ps/hbesaiso/files/of-Lanes.pdf"

جدول (4-3): العد المروري للطريق

Time		Volume
From	To	(Veh.)
12:00 pm	12:15 pm	211
12:15 pm	12:30 pm	184
12:30 pm	12:45 pm	174
12:45 pm	1:00 pm	202
1:00 pm	1:15 pm	195
1:15 pm	1:30 pm	209
1:30 pm	1:45 pm	178
1:45 pm	2:00 pm	234

Time		Volume
From	To	(Veh.)
7:00 am	7:15 am	74
7:15 am	7:30 am	128
7:30 am	7:45 am	208
7:45 am	8:00 am	293
8:00 am	8:15 am	231
8:30 am	8:30 am	165
8:30 am	8:45 am	174
8:45 am	9:00 am	198

ولإيجاد ساعة الذروة (Peak Hour)، وهي الساعة التي يكون فيها أكبر حجم مرور خلال اليوم، يجب إيجاد عدد المركبات خلال الساعة الواحدة أثناء العد، كما هو موضح في الجدول(4-4):

جدول (4-4): إيجاد ساعة الذروة

Time		Volume (Veh.)	Sum of volume in hour	Time		Volume (Veh.)	Sum of volume in hour
From	To			From	To		
12:00 pm	12:15 pm	211	-	7:00 am	7:15 am	74	-
12:15 pm	12:30 pm	184	-	7:15 am	7:30 am	128	-
12:30 pm	12:45 pm	174	-	7:30 am	7:45 am	208	-
12:45 pm	1:00 pm	202	771	7:45 am	8:00 am	293	703
1:00 pm	1:15 pm	195	755	8:00 am	8:15 am	231	860
1:15 pm	1:30 pm	209	780	8:15 am	8:30 am	165	897
1:30 pm	1:45 pm	178	784	8:30 am	8:45 am	174	863
1:45 pm	2:00 pm	234	816	8:45 am	9:00 am	198	768

من الجدول السابق نجد **أن ساعة الذروة هي من الساعة 7:30 am الى الساعة 8:30 am**، ومنها يجب إيجاد معامل ساعة الذروة ({PHF} Peak Hour Factor)، ويتم ايجاده وفق المعادلة:

$$\mathrm{PHF} = \frac{\text{volume during peak hour}}{4 \times \mathrm{V}_{15}(\text{peak rate of flow within peak hour})}$$

والجدول (4–5) يساعد في إيجاد معامل سعة الذروة (PHF):

جدول (4–5): إيجاد معامل ساعة الذروة (PHF)

Time		Volume (Veh.)	Rate of flow (Volume×4)
From	To		
7:30 am	7:45 am	208	832
7:45 am	8:00 am	293	1172
8:00 am	8:15 am	231	924
8:15 am	8:30 am	165	660
		∑Volume = 897	

بالتالي فإن معامل ساعة الذروة يكون:

$$\mathrm{PHF} = \frac{897}{1172} = 0.77$$

4–3–1–2إيجاد DDHV

بعد إيجاد معامل ساعة الذروة، يجب إيجاد (DDHV)، ويكون ايجاده وفق المعادلة التالية:

$$\mathrm{DDHV} = \mathrm{AADT} * \mathrm{K} * \mathrm{D}$$

حيث أن:

AADT: متوسط عدد المركبات على مدار السنة

K: النسبة المئوية من AADT والتي تحدث خلال ساعة الذروة

D: النسبة المئوية من حركة المرور خلال ساعة الذروة في اتجاه واحد

ويمكن إيجاد المعاملات K و D من الجدول (4–6):

جدول (4-6): إيجاد المعاملات K و D

طبيعة الطريق	K	D
حضري	0.1-0.09	0.5
شبه حضري	0.15-0.1	0.6
قروي	0.2-0.15	0.65

وعلى اعتبار أن الطريق شبه حضاري يمكن أخذ أم قيمة K تساوي 0.125، وقيمة D تساوي 0.6.

أما بالنسبة لمتوسط عدد المركبات على مدار السنة (AADT)، ويسمى (Average Annual Daily Traffic)، فيتم ايجاده بإيجاد مجموع السيارات الكلي على مدار السنة ثم قسمته على عدد أيام السنة، وبسبب صعوبة ايجاده وذلك لأنه يحتاج الى عد المركبات طوال اليوم، وعلى مدار السنة فسوف نقوم بعمل حسابات بسيطة لمحاولة إيجاد رقم تقريبي.

بما ان عدد المركبات في ساعة الذروة يقارب ال 900 مركبة، وعلى اعتبار وجود ساعات تقل فيها الذروة كثيراً مثل ساعات الليل، يمكن اعتبار أن متوسط عدد المركبات في الساعة الواحدة هو 250 مركبة، ولإيجاد عدد المركبات على مدار اليوم نضرب الرقم في عدد ساعات اليوم وهو 24 ساعة، فيكون متوسط عدد المركبات في اليوم هو 6000 مركبة، ولو ضربنا هذا الرقم في عدد أيام السنة وهو 365 يكون عدد المركبات على مدار السنة هو 2190000 مركبة، إذا يمكن إيجاد متوسط عدد المركبات على مدار السنة وفق المعادلة التالية:

$$\text{AADT} = \frac{2190000}{365} = 6000 \text{ vpd} \text{ (Vehicle per Day)}$$

بما أن التصميم لن يكون للسنة الحالية فقط، فلا بد من إيجاد متوسط عدد المركبات على مدار السنة (AADT) للسنوات التصميمية، وفق المعادلة التالية:

$$\text{AADT}_f = \text{AADT}_n(1 + i)^n$$

حيث أن:

AADT_f: متوسط عدد المركبات على مدار السنة المستقبلي

AADT_n: متوسط عدد المركبات على مدار السنة الحالي

i: معدل النمو السنوي

n: عدد السنوات التصميمية

وعلى اعتبار أن التصميم سيكون لعشرين سنة قادمة، وأن معدل النمو 4% فيكون متوسط عدد المركبات على مدار السنة وفق المعادلة التالية:

$$AADT_f = 6000\ (1 + 0.04)^{20}$$

$$AADT_f = 13146.74\ \text{vpd}$$

اذاً يمكننا الان إيجاد قيمة DDHV، وفق المعادلة التالية:

$$DDHV = AADT * K * D$$

$$DDHV = 13146.74 * 0.125 * 0.6$$

$$DDHV = 986\ \text{vph}\ \text{(vehicle per hour)}$$

4-3-1-3 إيجاد SFL

اما بالنسبة لإيجاد قيمة معدل التدفق للتخطيط والتطوير (SFL)، فيكون من الجدول (4-7):

جدول (4-7): إيجاد قيمة SFL[46]

LOS	Percent Trucks									
	0	2	4	5	6	8	10	12	15	20
	Level Terrain									
A	700	700	700	700	650	650	650	650	650	600
B	1100	1100	1050	1050	1050	1050	1000	1000	1000	1000
C	1400	1400	1350	1350	1350	1350	1300	1300	1250	1250
D	1750	1750	1700	1700	1650	1650	1650	1600	1600	1550
E	2000	2000	1950	1950	1900	1900	1850	1850	1800	1750
	Rolling Terrain									
A	700	650	600	600	600	550	550	500	500	500
B	1100	1050	1000	950	950	900	850	800	800	700
C	1400	1300	1250	1200	1200	1150	1100	1050	1000	900
D	1750	1560	1550	1500	1500	1400	1350	1300	1250	1100
E	2000	1900	1800	1750	1700	1600	1550	1500	1450	1250
	Mountainous Terrain									
A	700	600	550	500	500	450	400	400	350	300
B	1100	950	850	800	700	700	650	600	550	450
C	1400	1250	1100	1050	1000	900	850	750	700	600
D	1750	1550	1350	1300	1250	1100	1050	950	850	750
E	2000	1750	1550	1500	1400	1250	1200	1100	1000	850

[46] Eng. Haytham Besaiso-" http://site.iugaza.edu.ps/hbesaiso/files/of-Lanes.pdf"

كما هو واضح من الجدول فإننا نحتاج الى تحديد نوع تضاريس الطريق، وطريق المشروع ليست مستوية تماما وليست جبلية كثيراً، لذلك فإنها متوسطة الميول (Rolling Terrain)، اما بالنسبة لنسبة الشاحنات التي تمر في الطريق، فقد تم ايجادها اثناء العد المروري على الطريق، وكانت نسبة الشاحنات تساوي تقريباً 5%، وقد تم التحدث سابقاً عن مستوى الخدمة (LOS)، واخذنا أن الطريق في أسوء حالته يكون ضمن مستوى الخدمة E، بالتالي يمكن إيجاد القيمة SFL من الجدول.

$$\mathrm{SFL} = 1750$$

4-1-3-4 ايجاد f_E

يتبقى إيجاد معامل التعديل f_E، ويتم ايجاده من الجدول (4-8):

جدول (4-8): إيجاد معامل التعديل f_E[47]

نوع الطريق	متعدد المسارات	غير متعدد المسارات
قروي	1	0.95
حضاري وشبه حضاري	0.9	0.8

إذاً:

$$f_E = 0.9$$

الآن نستطيع إيجاد عدد المسارات من المعادلة التالية:

$$\mathrm{N} = \frac{\mathrm{DDHV}}{\mathrm{SFL} * \ \mathrm{f_E} * \mathrm{PHF}}$$

$$\mathrm{N} = \frac{986}{1750 * \ 0.9 * 0.77}$$

$$\mathrm{N} = 0.81 \ \mathrm{Lane}$$

إذاً عدد المسارات اللازمة هو مسربين، بحيث يكون عرض المسرب 3m.

[47] Eng. Haytham Besaiso-" http://site.iugaza.edu.ps/hbesaiso/files/of-Lanes.pdf"

4-3-2أكتاف الطريق (Shoulders)[48]

كتف الطريق هو ذلك الجزء من مقطع الطريق المحاذي لحافة مسرب الحركة الخارجي. إن الأكتاف مخصصة للطرق الريفية، أما الطرق الحضرية فيفضل أن يكون لها أرصفة مشاة. وفي حال وجود طريق يحتوي على جزيرة وسطى، يجري توفير كتف للطريق أيضا بين حافة المسرب الداخلي والجزيرة الوسطى. وفضلا عن الأهمية الإنشائية لأكتاف الطريق لتدعيم مسارب الحركة والجسم الإنشائي للطريق، إلا أنها أيضا تستخدم لأغراض تخدم السلامة المرورية، التي من أبرزها:

- توفير مكان لتوقف المركبات بشكل طارئ عند تعطلها أو عند توقفها لأي سبب آخر.
- توفير حيز لسير المركبات عليه عند الضرورة (خاصة سيارات الشرطة والطوارئ).
- توفير هامش جانبي يمكن المركبة من السير عليه في حالة انحرافها أو خروجها عن السيطرة.

إن أكتاف الطريق تلعب دورا مهما في تعزيز الأمان والسلامة المرورية للطريق. هذا فضلا عن المساهمة في زيادة سعة الطريق وتوفير حيز لوضع الإشارات المرورية والإنارة الجانبية.

إن الحد الأدنى الموصى به لعرض كتف الطريق هو ما بين 2.0م-3.0م، وذلك بالاعتماد على صنف الطريق والمنطقة التي يمر بها، وحجم المرور، ومركبة التصميم وطبيعة التضاريس. وقد يكون الكتف أحيانا معبدا برصفة إسفلتية، وبخاصة للطرق ذات التصنيف المرتفع، أو يجب توفير طبقة أساس أو حصى مدموكه ملائمة يراعى ألا تكون منخفضة عن حافة مسرب الحركة للحفاظ على المستوى المطلوب من الأمان.

إن تحزيز الأكتاف (shoulders milling strips) بشرائح بعرض 30-50 سم بمعدات خاصة تعمل على دمك وتخفيض مستوى الرصفة بخطوط متوازية عرضية وبعمق حوالي 0.1 سم هي من أفضل الوسائل لتقليل حوادث انحراف المركبة عن الطريق، خاصة الطريق السريع. إن هذه الوسيلة تعطي السائق تحذير حسي وسمعي ناتج من ذبذبات عجلات المركبة فوق الخطوط الارتجاجية.

4-3-3الجزيرة الوسطى (Median)[49]

تؤدي الجزيرة الوسطى للطريق دورا مهما في توفير الأمان على الطرق متعددة مسارب الحركة، إذ أنها:

1-تفصل اتجاهات السير المتعاكسة بشكل تام ولا تسمح بتداخلها، مما يقلل من حوادث المرور وخطورتها.

2-توفر ملاذا آمنا يلجأ إليه عند الضرورة.

3-تخفف من تأثير الانبهار نتيجة الضوء العالي للمركبات في الاتجاه المقابل.

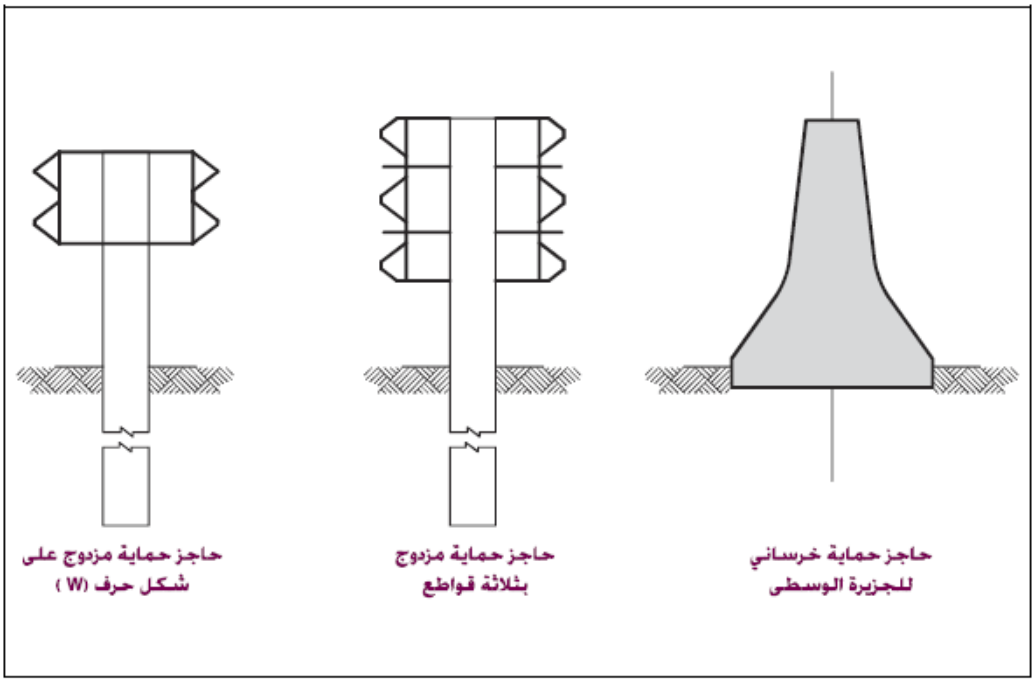
---

[48] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[49] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

4-توفر الحيز اللازم لسلامة تشغيل المركبات التي تعبر منطقة الجزيرة الوسطى عند الانعطاف على التقاطعات.

لذا يوصى بتوفير جزيرة وسطى عند تصميم الطرق التي تشتمل على أربع مسارب فأكثر. إن الحد الأدنى الموصى به لعرض الجزيرة الوسطى هو 1.0م، بينما القيمة المفضلة لا تقل عن 5.0م، وإذا تحتم استخدام الحد الأدنى لعرض الجزيرة الوسطى بسبب محدودية حرم الطريق، فيجب أن تكون الجزيرة مرتفعة والأفضل أن تحوي حاجز حماية كما في الصورة (4-2). وفي الحالات التي توفر فيها جزيرة وسطى بعرض كاف، فإنه يمكن زراعتها بنباتات ملائمة تسهم في الحد من الانبهار نتيجة الضوء العالي الصادر من المركبات القادمة من الاتجاه المقابل.



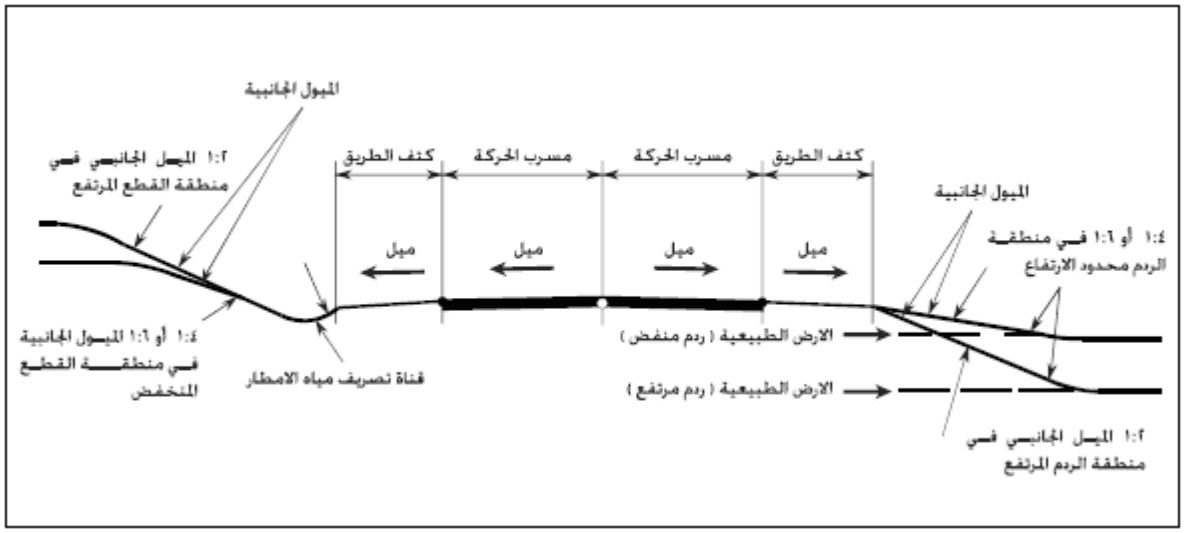
صورة (4-3): أنواع مختلفة من حواجز الحماية[50]

4-3-4أرصفة المشاة (Sidewalks)

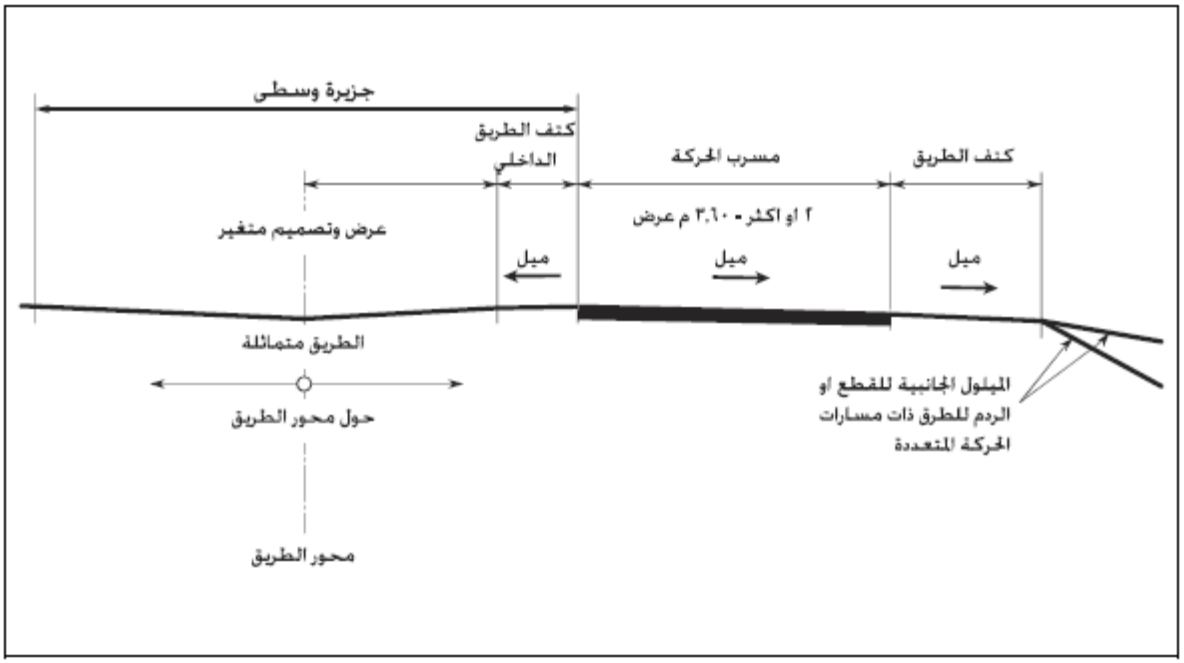
توفر أرصفة المشاة مكان آمن لحركة المشاة بمحاذاة مسارب الحركة أو حارات وقوف المركبات في المناطق الحضرية وهي بديل عن أكتاف الطريق. وتعمل أرصفة المشاة على فصل حركة المشاة عن حركة المركبات، وبذلك تحد من عملية التداخل بين حركتي المشاة والمركبات، وبالتالي فهي تعد ملجأ آمنا للمشاة وتمثل الدعامة الأساسية لسلامة المشاة.

وفيما يلي مقاطع عرضية نموذجية لعدة أنواع من الطرق:

[50] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.



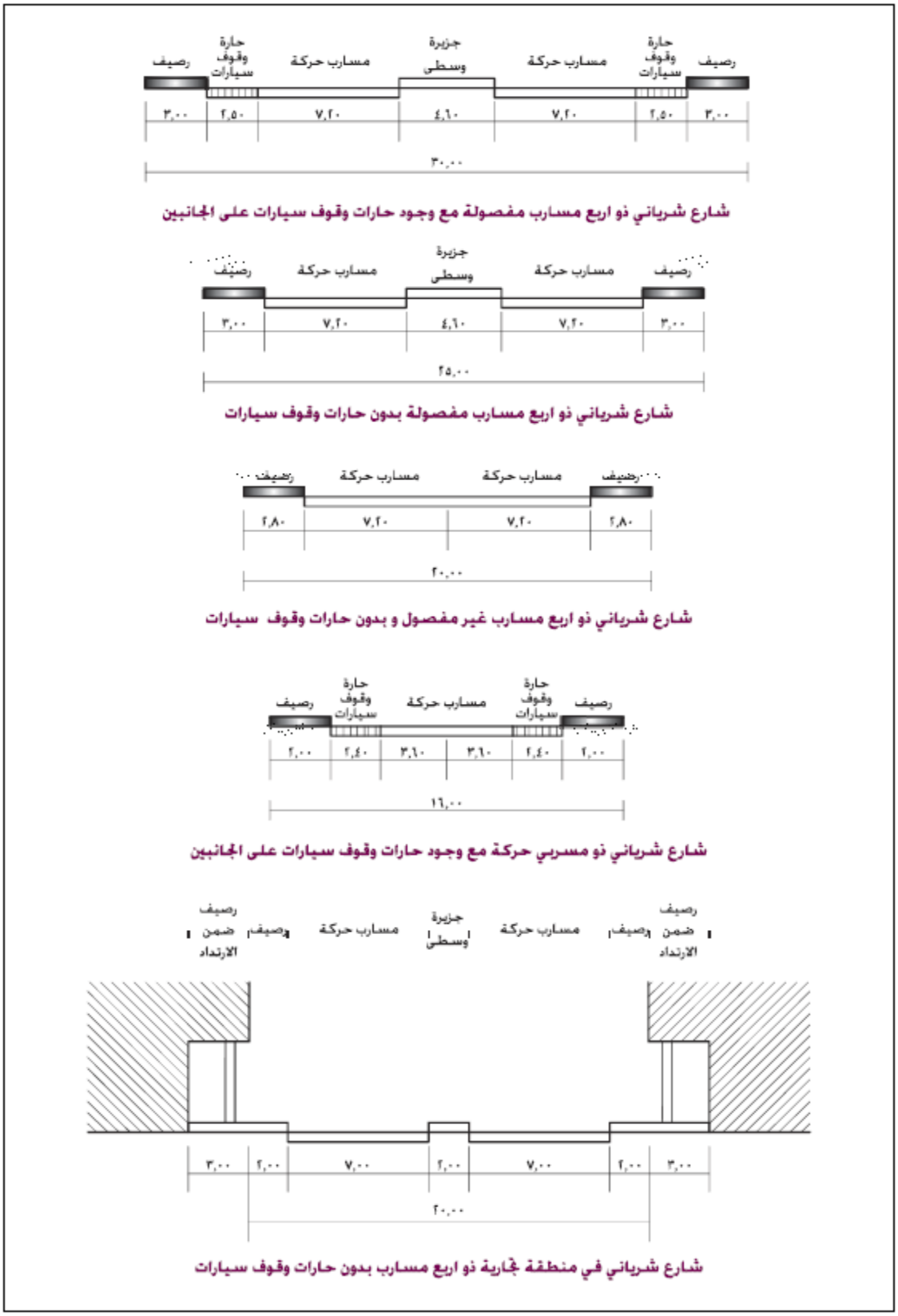
صورة (4–4): مقطع عرضي نموذجي لطريق مكون من مسربين اثنين في منطقة ريفية[51]



صورة (4–5): مقطع عرضي نموذجي لطريق مكون من مسارات متعددة مفصولة بجزيرة وسطى في منطقة ريفية[52]

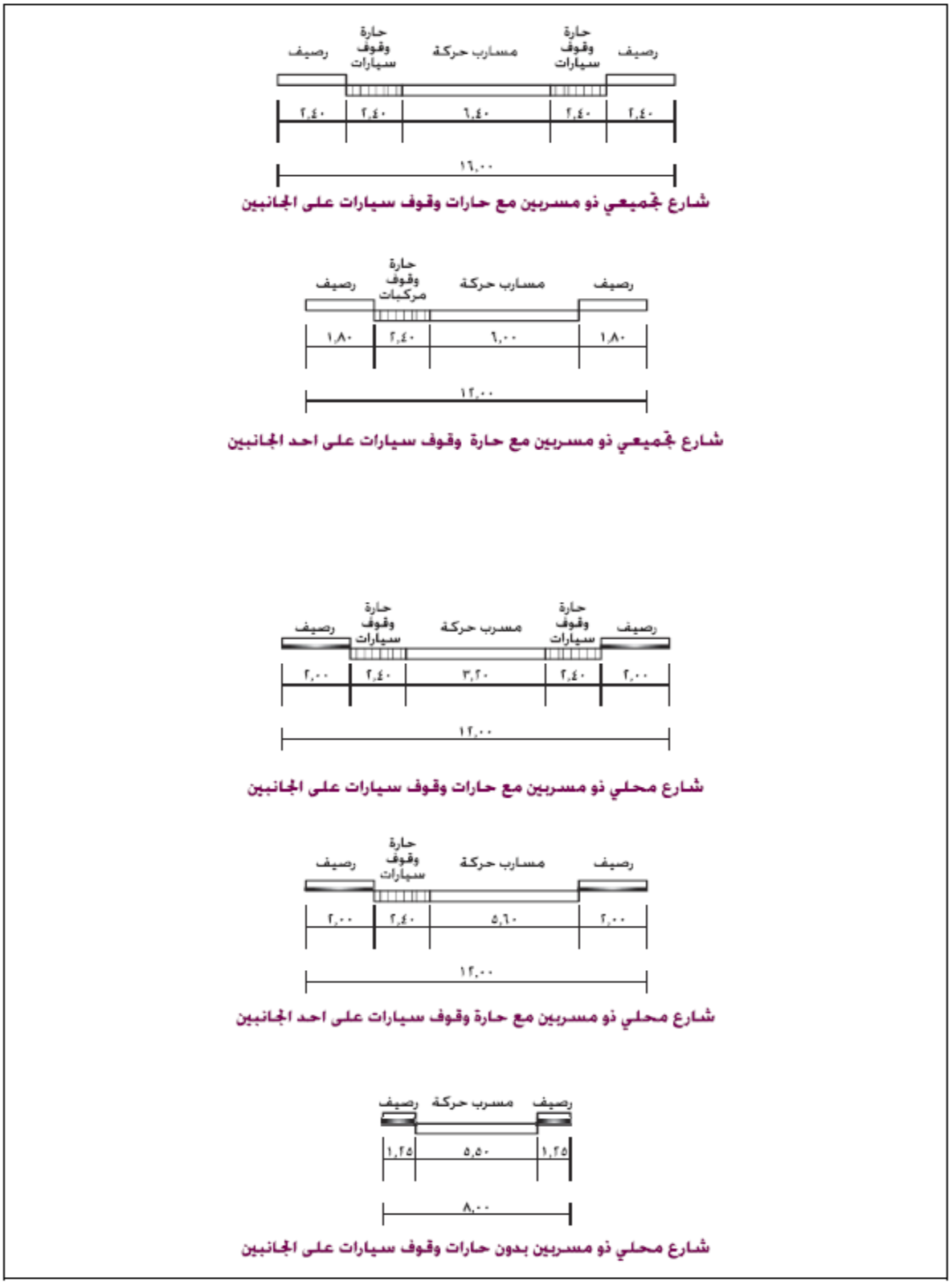
[51] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[52] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.



صورة (4–6): مقاطع عرضية نموذجية لطرق شريانية في المناطق الحضرية[53]

[53] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.



صورة (4-7): مقاطع عرضية نموذجية لطرق تجميعية ومحلية في المناطقة الحضرية[54]

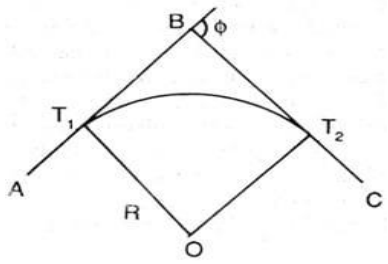
[54] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

4-4تصميم المنحنيات الأفقية

4-4-1أنواع المنحنيات الأفقية

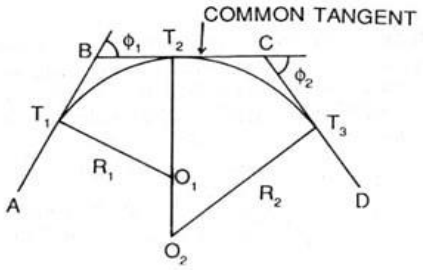
يتم تصميم المنحنيات الأفقية في الطرق لتجنب التغيير المفاجئ في الاتجاه، حيث يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من المنحنيات الأفقية، وهي:

1-المنحنى البسيط



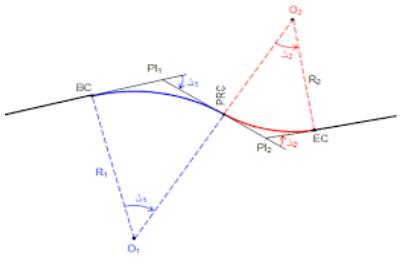
صورة (4-8): منحنى بسيط[55]

2-المنحنى المركب



صورة (4-9): منحنى مركب[56]

3-المنحنى العكسي



صورة (4-10): منحنى عكسي[57]

---

[55] https://theconstructor.org/

[56] https://theconstructor.org/

[57] https://theconstructor.org/

4-4-1-1المنحنى البسيط

للمنحنى البسيط عنصرين رئيسيين، هما:

1-القطر (Radius)

2-درجة الانحناء (Degree of curvature)

يمكن قياس درجة الانحناء بطريقتين:

1-D_a: درجة الانحناء بالاعتماد على طول القوس(Arc)، ويتم حسابها وفق المعادلة التالية:

$$D_a = \frac{5729.58}{R}$$

حيث أن:

R: طول القطر (بوحدة القدم)

2-D_c: درجة الانحناء بالاعتماد على طول الوتر (Chord)، ويتم حسابها وفق المعادلة التالية:

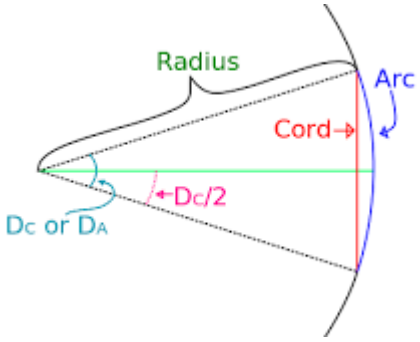
$$D_c = 2\sin^{-1}(\frac{x}{2R})$$

حيث أن:

X: طول المحطة (بوحدة القدم)

وتؤخذ المحطات عند التغير في الخصائص أو الاتجاه، واذا لم يكن هناك تغيير تؤخذ كل 100قدم. ويجدر الإشارة الى أن الاشتو يعتمد على المسافة 100 قدم، لحساب درجة الانحناء.

والصورة (4-9)، توضح الفرق بين D_a و D_c

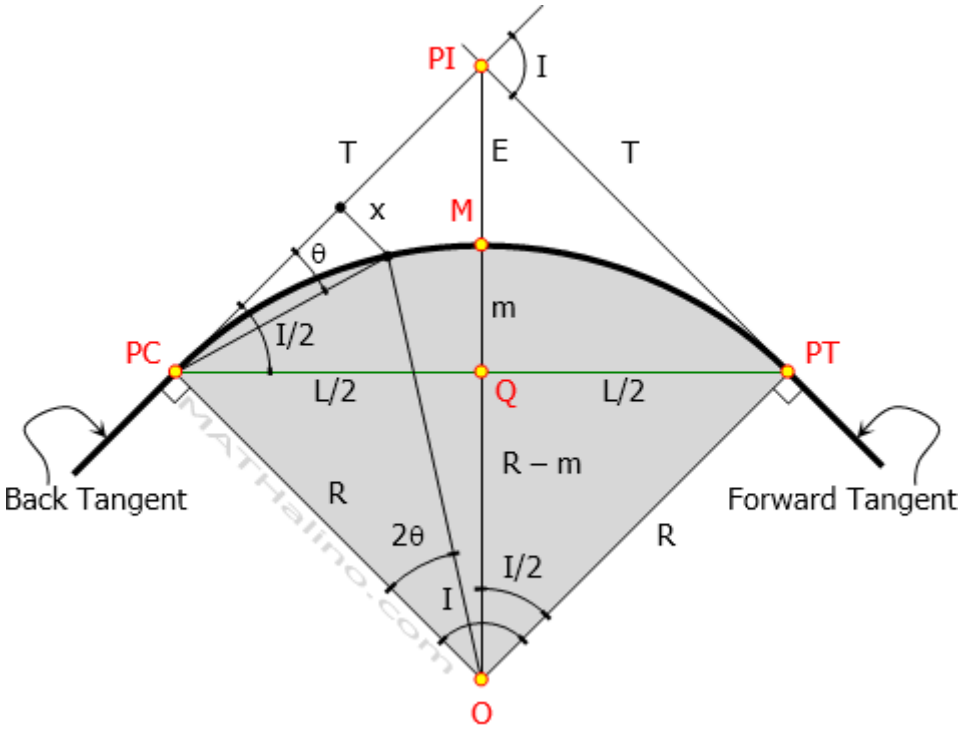


صورة (4-11): الفرق بين D_a و D_c[58]

[58] https://theconstructor.org/

4-4-1-2عناصر المنحنى البسيط ومعادلاته

الصورة (4-10)، توضح عناصر المنحنى الأفقي البسيط:



صورة (4-12): عناصر المنحنى البسيط[59]

حيث أن:

PI: نقطة التقاطع (Point of intersection)، وهي نقطة تقاطع المماسين.

PC: نقطة الانحناء (Point of curvature)، وهي نقطة بداية المنحنى.

PT: نقطة التماس (Point of tangency)، وهي نقطة نهاية المنحنى.

T: طول المماس (Length of tangent).

E: المسافة الخارجية (External distance)، وهي المسافة من PI الى اقرب نقطة في المنحنى (منتصف المنحنى).

M: المسافة المتوسطة (Middle distance)، وهي المسافة من منتصف المنحنى الى منتصف الوتر.

Lc: طول الوتر (Length of chord)

I : زاوية الانحراف (Deflection angle)، وهي زاوية تقاطع المماس، وتسمى ايضاً زاوية التقاطع أو الزاوية المركزية.

[59] https://theconstructor.org/

R: قطر المنحنى (Radius of curvature)

L: طول القوس (Length of arc)

وفيما يلي المعادلات المرتبطة بالمنحنى الأفقي البسيط:

لإيجاد طول المماس ⇦ $T = R \tan\frac{I}{2}$

لإيجاد المسافة المتوسطة ⇦ $M = R\left[1 - \cos\frac{I}{2}\right]$

لإيجاد المسافة الخارجية ⇦ $E = R\left[\frac{1}{\cos\frac{I}{2}} - 1\right]$ أو $E = T\,sin\frac{I}{2} - M$

لإيجاد طول القوس ⇦ $L = 100\left(\frac{I}{D_a}\right)$

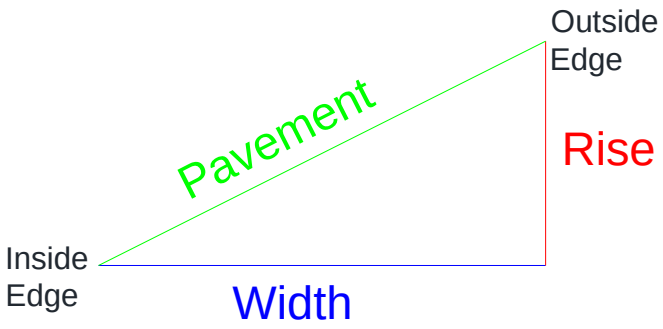
لإيجاد طول الوتر ⇦ $L_c = 2 \cdot R \cdot \sin\frac{I}{2}$

4-4-2الارتفاع في المنحنى الأفقي (Superelevation)

يتم عمل الارتفاع (Superelevation) في الطرق السريعة لمساعدة السائقين على مقاومة تأثير قوة الجاذبية، ويتم حساب الارتفاع كنسبة مئوية كما يلي:

$$e = \frac{Total\ rise\ in\ pavement\ from\ edge\ to\ edge}{width\ of\ pavement} \times 100\%$$

والصورة (4-11) توضح المقصود في الارتفاع بين الحافتين والعرض في القانون السابق:



صورة (4-13): الارتفاع في الرصفة

قيم الارتفاع:

-الاشتو توصي باستخدام أقصى ارتفاع بين 4% و 6%.

-في المناطق الحضرية يوصى باستخدام الارتفاع بين 4% و 6%.

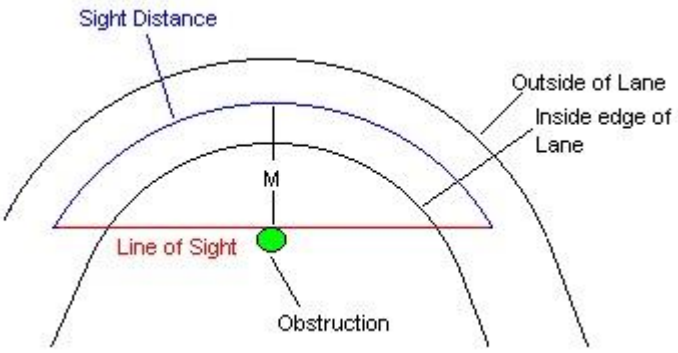
-في الطرق الحضرية التي تكون بسرعات قليلة أو في التقاطعات يمكن اهمال الارتفاع.

-في المناطق التي يكثر فيها الثلج والجليد، يوصى في العادة باستخدام اقصى ارتفاع 8%.

-في الطرق المستقيمة عادةً يتم استخدام أقل حد للارتفاع وهو 2%، لغرض تصريف المياه.

4-4-3مسافة الرؤية في المنحنى الأفقي

تعرف مسافة الرؤية في المنحنى الأفقي على انها المسافة داخل المنحنى التي يجب أن تكون خالية من العوائق ليستطيع السائق رؤية المنحنى امامه بشكل واضح، ويرمز لها بالرمز (M_s)، ويجدر الاشارة الى ان مسافة الرؤية على طول الطريق يجب أن تكون أقل من المسافة اللازمة للتوقف، والصورة (4-12) توضح مسافة الرؤية للمنحنى الأفقي.



صورة (4-14): مسافة الرؤية في المنحنى الأفقي[60]

ويمكن إيجاد مسافة الرؤية في المنحنى الأفقي باستخدام احدى المعادلات التالية:

$$M_S = R_v\ [1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)]$$

$$M_S = R_v\ [1 - \cos\left(\frac{28.65\ d_s}{R_v}\right)]$$

$$M_S = R_v\ [1 - \cos\left(\frac{d_s . D}{200}\right)]$$

[60] https://theconstructor.org/

حيث أن:

M_s : مسافة الرؤية للمنحنى الأفقي (قدم).

R_v: نصف القطر من حافة الطريق (قدم)

d_s: المسافة اللازمة للتوقف (قدم)، وتحسب من المعادلة:

$$d_s = 1.47.S.t + \frac{S^2}{30(0.348 \pm 0.01G)}$$

D: درجة الانحناء للمنحنى.

Δ: زاوية الانحراف، ويمكن ايجادها باستخدام احدى المعادلات التالية:

$$\Delta = \frac{L.D}{100}$$

$$\Delta = \frac{d_s.D}{100}$$

4-5تصميم المنحنيات العمودية

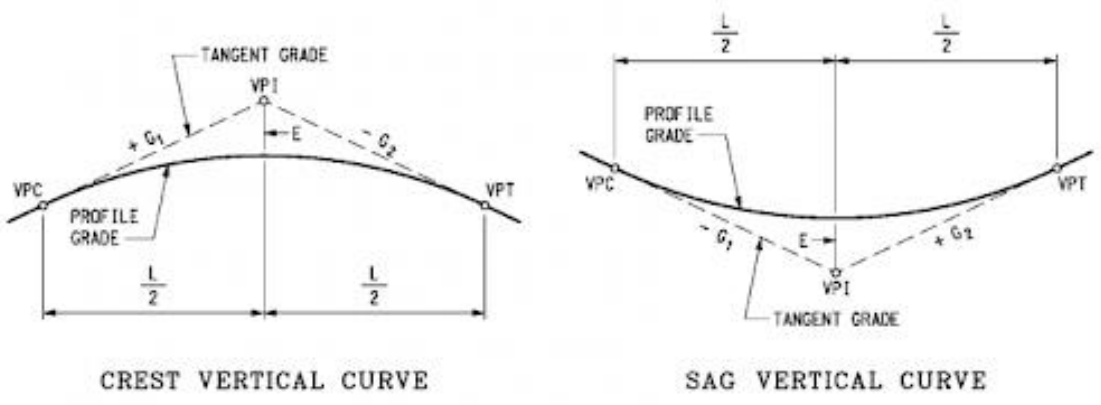
4-5-1أنواع المنحنيات العمودية

يتم تصميم المنحنيات العمودية في الطرق لتجنب التغيير الحاد في الارتفاع على الطريق، وهناك نوعيين رئيسيين من المنحنيات العمودي، وهما:

1-منحنى ارتفاع (قمة) (Crest Curve)

2-منحنى انخفاض (Sag Curves)

والصورة (4-13) توضح منحنى ارتفاع ومنحنى انخفاض.

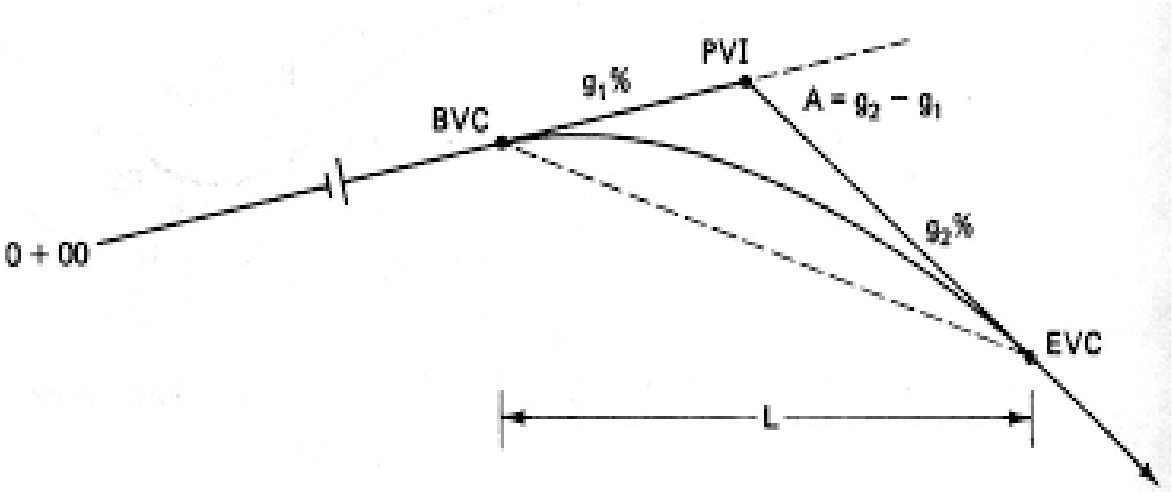


صورة (4–13): المنحنيات العمودية[61]

ويلاحظ من الصورة (4–13)، انه في منحنى الارتفاع يكون ارتفاع مماس الدخول (G_1)، أكبر من مماس الخروج (G_2)، في حين أن منحنى الانخفاض يكون ارتفاع مماس الدخول (G_1)، أصغر من مماس الخروج (G_2).

4–5–2عناصر المنحنيات العمودية

توضح الصورة (4–14) عناصر المنحنى العمودي:



صورة (4–14): عناصر المنحنى العمودي[62]

[61] https://theconstructor.org/

[62] https://theconstructor.org/

حيث أن:

VPI: نقطة التقاطع العمودي

PVC(BVC): نقطة الانحناء العمودية (نقطة بداية المنحنى العمودي)

PVT(EVC): نقطة التماس العمودية (نقطة نهاية المنحنى العمودي)

G_1: ارتفاع مماس الدخول (%)

G_1: ارتفاع مماس الخروج (%)

L: طول المنحنى العمودي (بالمئات)، [على سبيل المثال: طول المنحنى الحقيقي 600ft يتم استخدام L=600/100=6ft]

A: التغير الجبري في الارتفاع، حيث أن: $A=G_2-G_1$ (%)

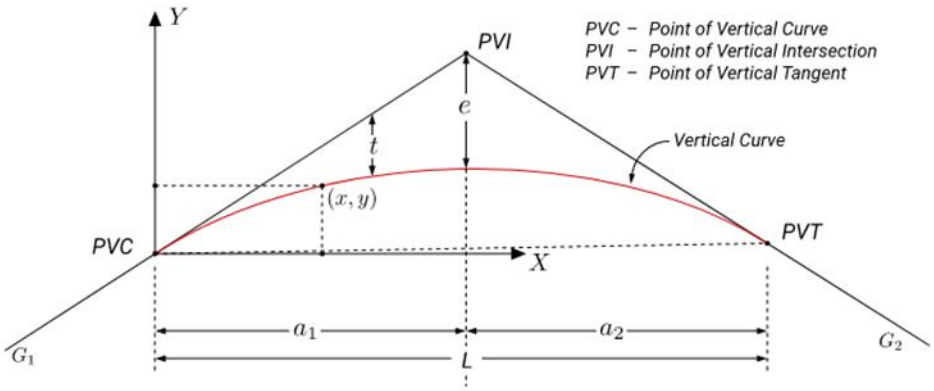
r: معدل التغير في الارتفاع لكل 100 قدم، حيث أن: r=A/L

4-5-3معادلات المنحنى العمودي

حتى يتم إيجاد القيم المتعلقة بالمنحنى العمودي، يتم استخدام المعادلة العامة للقطع المكافئ:

$$y = ax^2 + bx + c$$

والصورة (4-15) توضح المنحنى العمودي على المستوى الديكارتي.



صورة (4-15): المنحنى العمودي على المستوى الديكارتي[63]

[63] https://theconstructor.org/

إذاً: $y = ax^2 + bx + c$

وعلى فرض أن $x = 0$ إذاً $\mathbf{y = c}$،حيث أن: $c = E_{PVC}$ (ارتفاع نقطة بداية المنحنى)

يمكن إيجاد الميل عن طريق إيجاد المشتقة الأولى، حيث أن:

$$Slope = \frac{dy}{dx} = 2ax + b$$

وعند $x = 0$ يصبح لدينا $\frac{dy}{dx} = b$، بالتالي $\mathbf{b = G_1}$

ويمكن إيجاد معدل التغير في الميل r عن طريق إيجاد المشتقة الثانية، حيث أن:

$$r = \frac{dy^2}{d^2x} = 2a$$

إذاً $2a = \frac{G_2 - G_1}{L}$ بالتالي $\mathbf{a = \frac{G_2 - G_1}{2L}}$

إذاً لإيجاد أي نقطة على المنحنى العمودي يمكن التعويض في المعادلة التالية:

$$\mathbf{y = \left(\frac{G_2 - G_1}{2L}\right)x^2 + G_1x + E_{PVC}}$$

ويجدر الإشارة الى أنه عند أعلى نقطة في منحنى الارتفاع، وأقل نقطة في منحنى الانخفاض يكون الميل يساوي صفر، بالتالي يمكن إيجاد موقع أعلى نقطة في منحنى الارتفاع وأقل نقطة في منحنى الانخفاض عن طريق المعادلة التالية:

$$\frac{dy}{dx} = 0 \rightarrow \left(\frac{G_2 - G_1}{L}\right)x + G_1 = 0$$

إذاً $\boldsymbol{x = \frac{-G_1.L}{G_2 - G_1}}$

4-5-4مسافة الرؤية في المنحنيات العمودية

من المهم جداً إيجاد مسافة الرؤية على المنحنيات العمودية حيث يتم إيجاد أقل قيمة لطول المنحنى العمودي بالاعتماد على مسافة الرؤية، ويتم إيجاد مسافة الرؤية على اعتبار أن ارتفاع عين السائق عن مستوى الأرض 3.5 قدم، وأن ارتفاع العائق عن مستوى الأرض 2 قدم.

في منحنيات الارتفاع يتم ربط مسافة الرؤية بالنهار لإن ما يمكن رؤيته خلال النهار يمكن رؤيته باستخدام اضاءة السيارة بالليل، ويكون أقل طول لمنحنى الارتفاع وفق المعادلة التالية:

$$L_{min} = \frac{|G_2 - G_1|.d_s^2}{2158}, \qquad \text{for } d_s < L$$

$$L_{min} = 2d_s - \frac{2158}{|G_2 - G_1|}, \qquad \text{for } d_s > L$$

أما في منحنيات الانخفاض، فيتم ربط طول المنحنى بالليل لان ما يمكن رؤيته باستخدام اضاءة السيارة بالليل يمكن رؤيته اثناء النهار، ويكون أقل طول للمنحنى وفق المعادلة التالية:

$$L_{min} = \frac{|G_2 - G_1|.\, d_s^2}{400 + 3.5d_s}, \qquad \text{for } d_s < L$$

$$L_{min} = 2d_s - \frac{3400 + .5d_s}{|G_2 - G_1|}, \qquad \text{for } d_s > L$$

4-6خدمات الطريق[64]

يقصد بخدمات الطريق الإشارات والعلامات والخدمات الموجودة على الطريق والتي تسهل من حركة السائقين، وتعمل على تنظيم الحركة على الطريق، والتقليل من الحوادث، وتشمل خدمات الطريق عدة عناصر، أهمها: أجهزة التحكم المروري، ووسائل تهدئة السير، بالإضافة الى خدمات الإنارة، ومواقف السيارات على الطريق وغيرها.

4-6-1أجهزة التحكم المروري

تشمل أدوات التحكم المروري جميع الشواخص المرورية (Signs)، والإشارات المرورية الضوئية (Traffic Signals)، وعلامات الطرق (Road Markings) وتعمل على إخطار السائقين ومستخدمي الطرق الآخرين حول القوانين أو التعليمات المرورية وتحذيرهم وإرشادهم.

4-6-1-1الشواخص المرورية (Signs)

إن تصميم الشواخص المرورية محدد من وزارة النقل والمواصلات الفلسطينية، ولكن أحجام الشواخص تعتمد بشكل أساسي على السرعة والمعلومات التي يراد توصيلها، وتبعا لاتفاقية الطرق الدولية في المشرق العربي، جرى تحديد ثلاثة أحجام مختلفة للشواخص التحذيرية والتنظيمية وهي:

1-600 ملم (للقطر أو الطول الجانبي) عندما تكون السرعة القصوى من 60 إلى 75 كم/ساعة.

2-900 ملم (للقطر أو الطول الجانبي) عندما تكون السرعة القصوى من 75 إلى 90 كم/ساعة.

3-1350 ملم (للطول الجانبي) و1200 ملم (للقطر) عندما تكون السرعة القصوى أكبر من 90 كم/ساعة.

[64] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

وينبغي أن تكون الشواخص عاكسة لنفس مصدر ضوء المركبة (Retorelective) أو مضاءة (Illuminated) لتظهر نفس الشكل واللون في النهار والليل. أما الشواخص العلوية التي لا تحصل على إضاءة كافية من عملية انعكاس المصابيح الأمامية للمركبات فينبغي إضاءتها ليلا.

وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من الشواخص المرورية، وهي:

1-الشواخص التنظيمية، ومن الأمثلة عليها الشواخص الموجودة في الصورة (4-16)، والرموز الموجودة أسفل الشواخص هي رموز حسب ترميز وزارة النقل والمواصلات الفلسطينية.

2-الشواخص التحذيرية، ومن الأمثلة عليها الشواخص الموجودة في الصورة (4-17).

3-الشواخص التي توضع عند فتح وإغلاق مداخل التحويلات في منطقة العمل، وهي كما في الصورة (4-18).

أما بالنسبة الى أماكن وضع الشواخص المرورية فهي تكون قبل أماكن اتخاذ القرار بصورة كافية للسماح للسائق القيام بردة فعل على الرسائل الواردة في الشواخص بصورة آمنة. إن الوضع غير الصحيح لأدوات التحكم المروري يمكن أن يكون له نتائج خطيرة ترتبط بالسلامة المرورية. ويعد الدليل الموحد لأجهزة التحكم المروري الأمريكي (2009) MUTCD، مصدرا قيما في هذا المجال. ويبين الجدول (4-9) الخطوط الإرشادية العامة المتصلة بتركيب الشواخص التحذيرية. أما الشواخص التنظيمية، فيجب تركيبها في الموقع المحدد حيث يستدعي الحال.

جدول (4-9): إرشادات عامة تتعلق بأماكن وضع الشواخص التحذيرية[65]

صنف وموقع الطريق	مكان وجود الشاخصة التحذيرية
في المناطق الريفية: -الطرق السريعة -الطرق الأخرى	 400م قبل موقع التحذير 150-250م قبل موقع التحذير
في المناطقة الحضرية: -الطرق ذات الحد الأقصى للسرعة التي تزيد عن 60 كم/ساعة -الطرق ذات الحد الأقصى للسرعة حتى 60 كم/ساعة	 100م قبل موقع التحذير 25-50م قبل موقع التحذير

[65] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

صورة (4–16): شواخص تنظيمية[66]

[66] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

صورة (4–17): شواخص تحذيرية[67]

[67] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

صورة (4-18): شواخص فتح وإغلاق مداخل التحويلات في منطقة العمل[68]

4-6-1-2علامات الطرق (Road Markings)

تعد علامات الطرق نوعا مهما آخر من أدوات التحكم المروري. وتشمل هذه العلامات تلك التي توضع على رصفات الطريق والمحددات الجانبية وعلامات الأجسام، وتوضع لغرض تنظيم حركة السير أو تحذيرها أو إرشادها وتوجيهها، وتستخدم أيضا لتكملة وظيفة أدوات التحكم المروري الأخرى، وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من علامات الطرق، وهي:

1-علامات رصفات الطرق (Pavements Marking)

تعتبر علامات رصفات الطرق النوع الرئيسي من أنواع علامات الطرق، وتصنف الى علامتين رئيسيتين، هما:

أ-العلامات الطولية (Longitudinal Markings)

هذه العلامات عبارة عن خطوط تمتد بشكل مواز لمحور الطريق، ويمكن أن تكون العلامات إما بيضاء أو صفراء، كما يمكن أن تكون متقطعة أو متصلة

[68] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

–الخطوط المتصلة أو المتواصلة: تكون هذه الخطوط مقيدة، وتخبر السائق أن يبقى في داخل المسرب وعليه أن لا يتركه أو أن لا يقوم بالتجاوز حتى يكون القيام بذلك آمنا، كما تشير هذه العلامات إلى حدود المسارب المخصصة لاستخدامات معينة كمسارب المواصلات العامة.

– الخطوط المتقطعة (غير المتصلة): تبدي هذه الخطوط خاصية السماح بطبيعتها، إذ يسمح للسائقين بعبورها، أما في حالة خطوط المسارب، فإن تغيير المسارب واستخدامها غير مقيد.

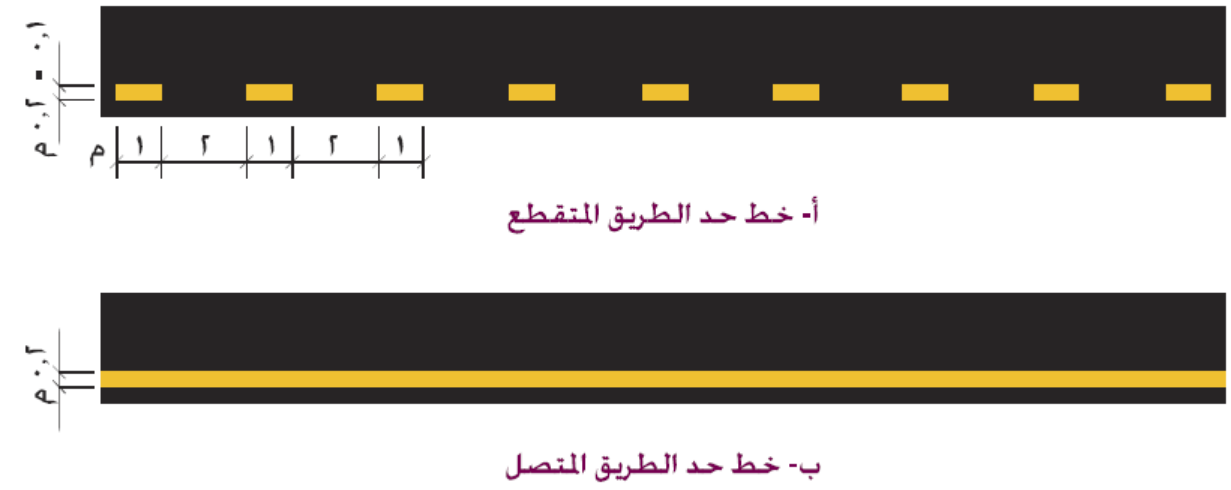
ومع ذلك، فإن العبور يجب أن يكون باحتراس.

اما بالنسبة الى لون العلامات الطولية، تستخدم الألوان البيضاء أو الصفراء على النحو الآتي:

–الخطوط الصفراء: يستخدم اللون الأصفر لحدود الطريق. وتحدد العلامات الصفراء الحافة الخارجية لرصفة الطريق أو تشير إلى حافة الكتف .

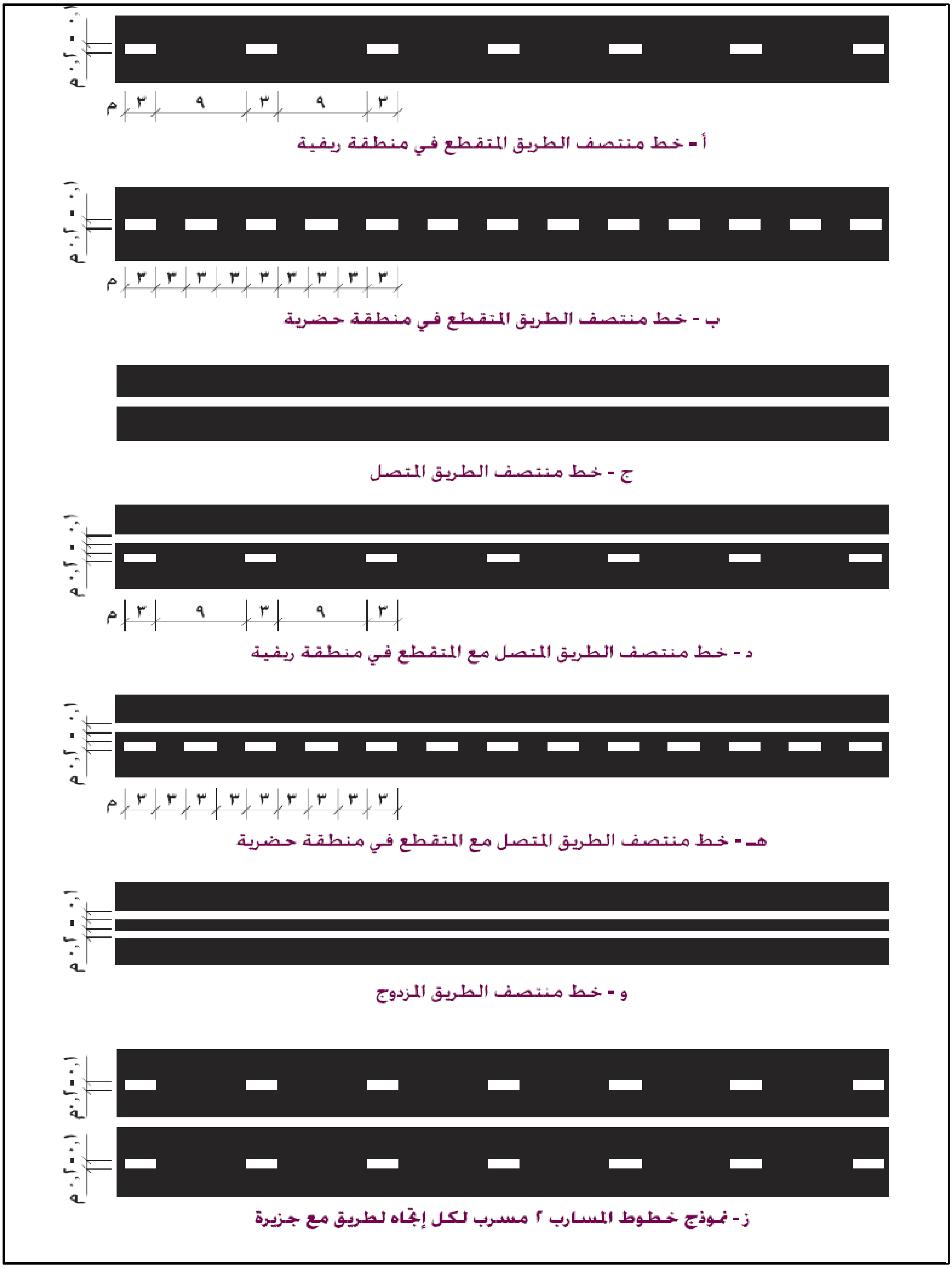
–الخطوط البيضاء: يستخدم اللون الأبيض لخط الوسط وخطوط المسارب. وتحدد العلامات البيضاء خط منتصف الطريق وتفصل تدفق حركة السير المسافر في الاتجاه المعاكس.

والصور (4–19)، و (4–20) تبين نمط وعرض العلامات الطولية.



صورة (4–19): خط حد الطريق (نمطه وعرضه ولونه)[69]

[69] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

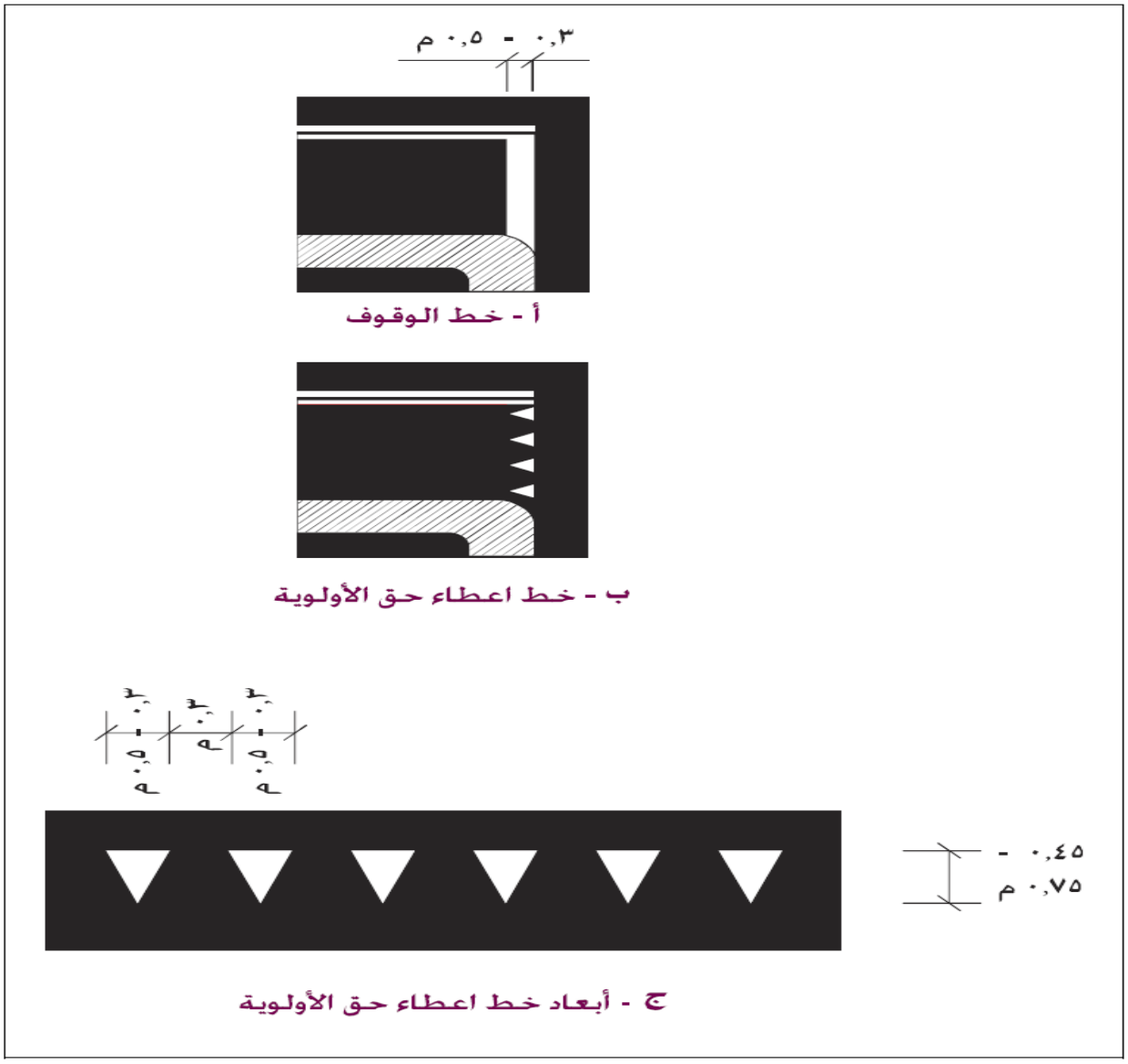


صورة (4-20): خط منتصف الطريق وخطوط المسارب (النمط والعرض واللون)[70]

[70] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

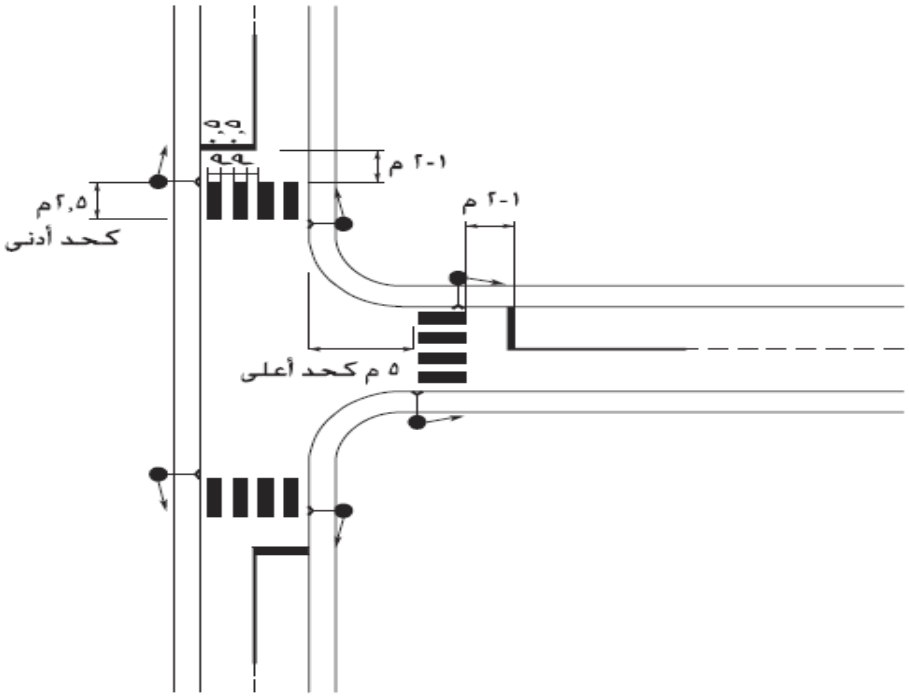
ب–العلامات العرضية (Transverse Markings)

تكون هذه العلامات موضوعة بشكل متعامد مع اتجاه الحركة أو على زاوية تميل عن المحور الطولي للطريق. وعموما، فإن القصد من وضع العلامات العرضية هو إقامة خط حاجز أمام اتجاه الحركة الأمامية الاعتيادية للمركبات، لإشعار السائق بضرورة اتخاذ قرار يتضمن إعاقة لحركة السير وتكون هذه عادة أعرض من العلامات الطولية لإعطاء السائقين الذين لديهم زاوية رؤيا اقتراب محدودة مجالا لرؤية غير مشوهة، وتكون هذه العلامات عادة بيضاء اللون. وتبين الصورة (4–21) نماذج لعلامات عرضية، والصورة (4–22) توضح علامات عبور المشاة عند التقاطعات، والصورة (4–23) توضح أمثلة على علامات الكلمات، والصورة (4–24) تبين أمثلة لعلامات العوائق.

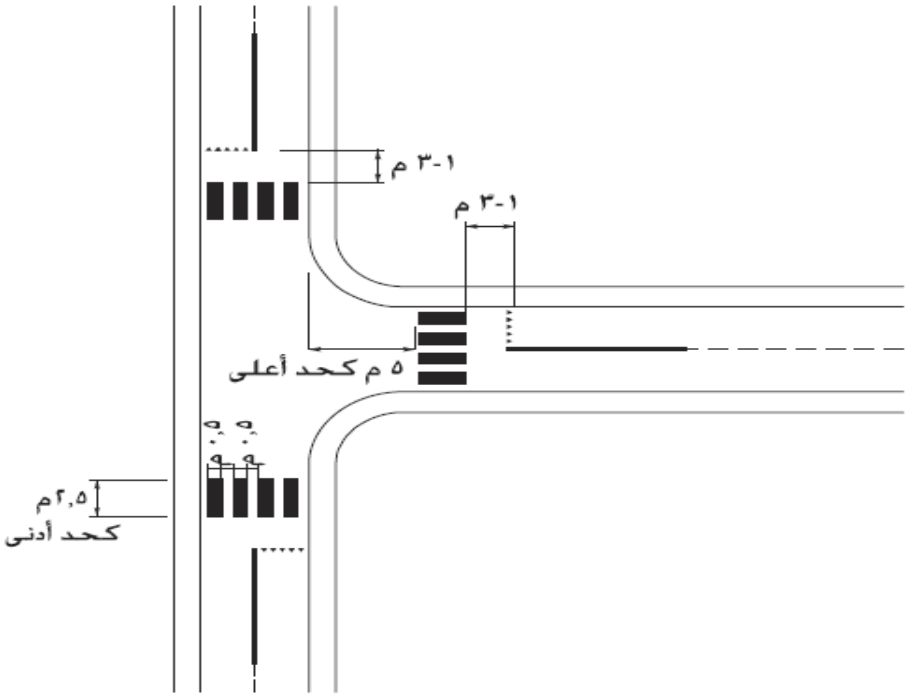


صورة (4–21): أمثلة على العلامات العرضية[71]

[71] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.



أ - خطوط عبور المشاة حالة وجود إشارة مرورية ضوئية



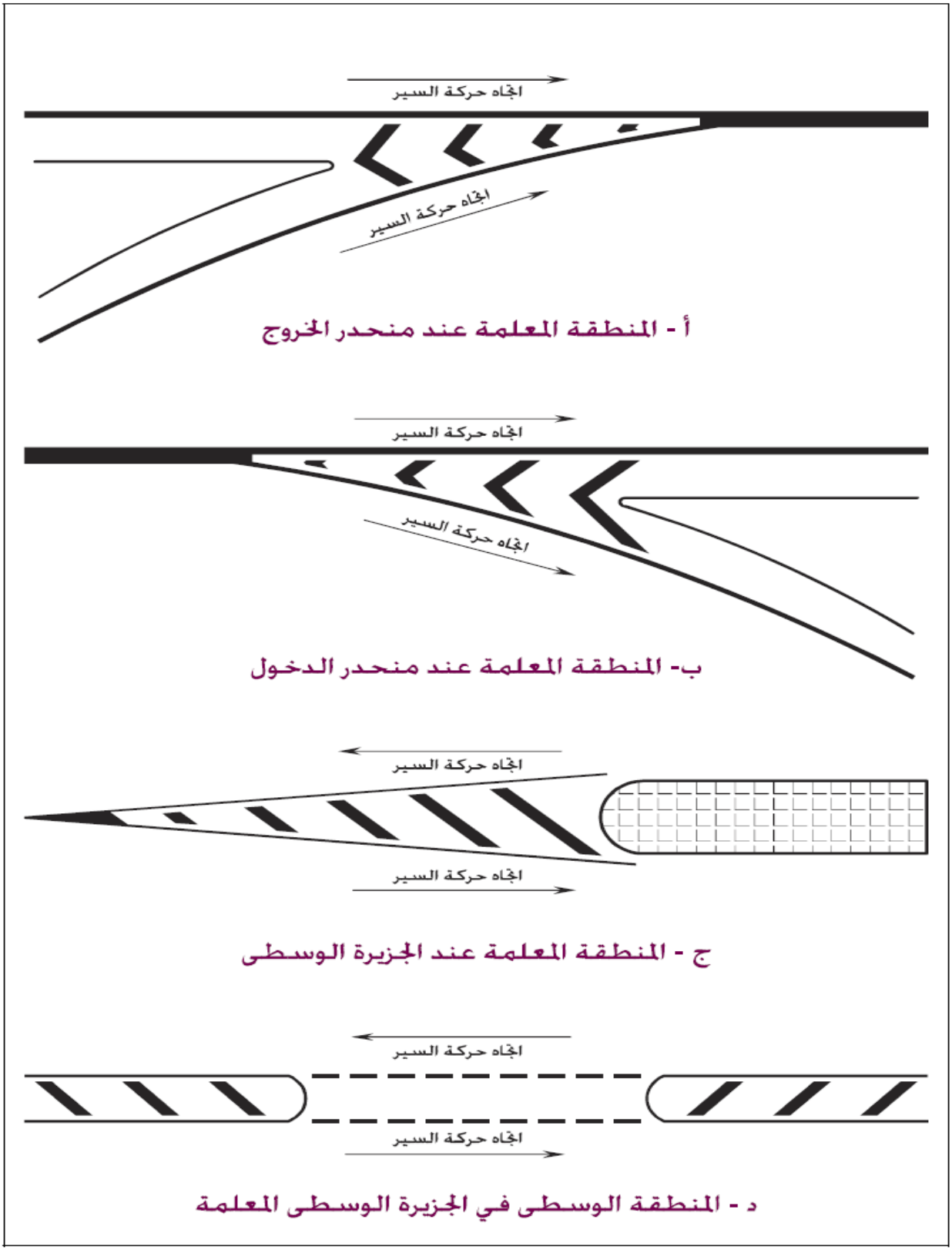
ب - خطوط عبور المشاة حالة عدم وجود إشارة مرورية ضوئية

صورة (4–22): علامات عبور المشاة عند التقاطعات[72]

[72] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

صورة (4–23): أمثلة على علامات الكلمات[73]

[73] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.



صورة (4–24): أمثلة لعلامات العوائق[74]

[74] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

2-المحددات الجانبية (Delineators)

تعد المحددات الجانبية أدوات عاكسة إرشادية متتالية مرتفعة تركب على جانب الطريق لتشير إلى مسار الطريق، وتعد فعالة في الليل وفي الأحوال الجوية السيئة، وتوضح الصورة (4-25) استخدام المحددات الجانبية على الطريق.

صورة (4-25): المحددات الجانبية[75]

3-علامات الأجسام (Object Markers)

تستخدم علامات الأجسام لتعليم العوائق على الطريق أو في الأماكن المحاذية للطريق، وعند استخدامها يجب أن تشتمل علامات الأجسام على تشكيل لواحد أو أكثر من الأنواع الآتية:

- عاكسات مع عدد محدد من العلامات محمولة على قائم في معظم الحالات.

- علامات مستطيلة تضم خطوط عاكسة مائلة، سوداء أو بيضاء بشكل تبادلي، وينبغي أن تكون الخطوط مائلة إلى الأسفل باتجاه المركبة التي يحصل تحذيرها.

[75] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

وتوضح الصورة (4-26) أمثلة على علامات الأجسام.

صورة (4-26): أمثلة على علامات الأجسام[76]

4-6-1-3الإشارات الضوئية (Traffic Signals)

هي عبارة عن أدوات أو أجهزة تحكم مروري يتم ضبطها الكترونياً، وعادة يتم استخدامها على التقاطعات التي يكون عليها حركات مرورية كبيرة، أو تكون مساحة التقاطع قليلة أي لا يمكن عمل دوّار عليها، أو تكون مسافة الرؤية على الدوّار قليلة، فيتم حل هذه المشاكل عن طريق استخدام إشارات ضوئية.

4-6-2تهدئة السير (Traffic Calming)

يتم تهدئة السير بعدة وسائل مختلفة، ومن أهم هذه الوسائل:

1-مطبات صعبة (Speed Bumps): ارتفاع بالرصفة 7-10 سم على شكل قوس دائرة أو قطع مكافئ بمسافة 0.5-1 م مع اتجاه السير، كما هو موضح بالصورة (4-27).

[76] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

صورة (4-27): مطب صعب[77]

2-مطبات أقل صعوبة (Speed humps): ارتفاع بالرصفة 5-10 سم على شكل قطع مكافئ بمسافة 3-4 م باتجاه السير، كما هو موضح بالصورة (4-28).

صورة (4-28): مطب أقل صعوبة[78]

3-مطبات مسطحة (Speed Tables): ارتفاع بالرصفة 7-10 سم لمسطح بمسافة 2-4 م مع اتجاه السير مرتبط بمنحدرات من كلا الاتجاهين بمسافة لكل منحدر بحدود 1 م، كما هو موضح في الصورة (4-29).

[77] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[78] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

صورة (4-29): مطب مسطح[79]

4-معابر مشاة مرتفعة (Raised Crosswalks): نفس صفات المطبات المسطحة ولكن في مواقع معابر المشاة، كما هو موضح في الصورة (4-30)

صورة (4-30): معابر مشاة مرتفعة[80]

[79] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[80] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

4-ملمس رصفة خشن (Pavement Texture): استخدام رصفة الشارع من طوب أو حجارة البناء، كما هو موضح في الصورة (4-31).

صورة (4-31): ملمس رصفة خشن[81]

5-تضييق المسارب عند التقاطعات (Neckdowns): خنق المداخل للتقاطع وتحديدا عند وجود مسرب واحد داخل للتقاطع، كما هو موضح في الصورة (4-32).

صورة (4-32): تضييق المسارب عند التقاطعات[82]

[81] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[82] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

6-تضييق المسارب بواسطة تعريض الجزيرة الوسطية في أماكن متعددة من مسار الشارع، كما هو موضح في الصورة (4-32).

صورة (4-32): تضييق المسارب بواسطة جزيرة وسطية[83]

7-تضييق المسارب بواسطة امتداد للرصيف من الاتجاهين (Chokers)، كما هو موضح في الصورة (4-33).

صورة (4-33): تضييق المسارب بواسطة امتداد الرصيف[84]

[83] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[84] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

ويجدر الإشارة الى أن استخدام المطبات يكون في الطرق السكنية، اما استخدامها في الطرق الرئيسية والإقليمية فإنه قد يزيد من حوادث السير، حيث أن عمل المطبات في الطرق الرئيسية والإقليمية وتحديدا على المنحدرات هو أمر خطر، خاصة إذا ترافق ذلك وعدم وجود إشارات تحذيرية للمطبات وعدم طلائها بمواد عاكسة لتكون واضحة في الليل وفي الأحوال الجوية الماطرة، وهناك أهمية كبيرة لعمل التصاميم المناسبة للمطبات وتنفيذها بشكل دقيق بما في ذلك عمل فتحات لتصريف المياه.

كما أن استخدام المطبات الصعبة يصلح فقط للطرق ذات السرعات المنخفضة جداً، أو حتى داخل مواقف السيارات، حيث أن هذا النوع من المطبات يجبر السائقين على تخفيف السرعة الى ما دون 15 كم/ساعة، وهذا النوع من المطبات شائع جداً في فلسطين، ولكن ينصح باستخدام المطبات الأكثر طولاً وأقل ارتفاعاً (المطبات الأقل صعوبة والمسطحة) في الطرقات التي تحتاج لتهدئة السير، حيث انها تسبب ضرر أقل للسيارات وفي نفس الوقت تجبر السائقين على تخفيف السرعة الى حوالي 35 كم/ساعة.

4-6-3مواقف المركبات (Parking)[85]

وجود مواقف المركبات هو أمر مهم جداً خصوصاً في الأماكن السكنية والتجارية، وهناك ثلاثة أنواع من مواقف المركبات، وهي:

1-مواقف المركبات الخاصة

غالبا ما تكون السيارات الخاصة متوقفة أكثر من عشرين ساعة في اليوم، لذا يتوجب وجود أماكن كافية للوقوف عند السكن وفي الأماكن التجارية وأماكن العمل وغيرها. إن عدم التخطيط لتوفير المواقف اللازمة ضمن المخططات الهيكلية يؤدي إلى:

أ-هبوط قيمة العقارات التي لا يتوفر في محيطها مواقف كافية.

ب-تفاقم الازدحام المروري وخسارة الوقت في البحث عن مواقف.

ج-زيادة تكاليف الوقوف بشكل عام.

2-مواقف الشاحنات

إن الشركات وأصحاب الشاحنات يجب أن يوفروا مواقف لشاحناتهم، وبشكل عام يكون هذا مطلوب من القطاع الخاص، ويجب ألا يسمح للشاحنات باستخدام مواقف السيارات على الشوارع العامة، لا في أماكن السكن ولا في الأماكن التجارية، حيث ان ايقاف الشاحنات في الشوارع العامة يشكل خطرا على السلامة المرورية.

3-مواقف النقل العام

[85] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

يجب التخطيط لمواقف النقل العام على الشوارع بمحاذاة مسارب الحركة، حيث ان توقف مركبات النقل العام (حافلات وسيارات عمومية) في مسار الحركة يشكل خطرا على السلامة المرورية خاصة الاصطدام من الخلف (Rear-end accidents) ويجب إلزام مركبات النقل العام بالتوقف في المواقف المخصصة لها فقط لتحميل وتنزيل الركاب، وكذلك ضرورة تخصيص محطات لمواقف النقل العام في وسط المدن ومحطات لمواقف تخزين حافلات النقل العام (Bus Storage area) بعيداً عن وسط المدن.

وسيتم التطرق الى تصميم مواقف المركبات الخاصة والنقل العام فقط، وسيتم توضيح تصميم مواقف السيارات وقياساتها على برنامج (Civil 3D).

4-6-3-1تصميم مواقف المركبات الخاصة

تصنف مواقف السيارات على أنها مواقف بمحاذاة الطريق (On-Street Parking)، أو مواقف بعيدة عن الطريق (Off-Street Parking)، وعندما تكون مواقف السيارات بجانب الطريق، تصنف على أنها حارات خاصة بالمواقف محاذية لمسارب الحركة أو مواقف ضمن خليج خاص بإيقاف السيارات. أما مواقف السيارات البعيدة عن الطريق، فهي تصنف مواقف سطحية تنشأ على مستوى سطح الأرض أو مواقف ضمن مبنى متعدد الأدوار، يشكل الموقف فيه طابقا أو أكثر وتتصل بسطح الأرض عن طريق منحدرات مناسبة للدخول أو الخروج.

تصمم مواقف السيارات حسب تصنيف المواقف، ويؤخذ بالحسبان عند التصميم ما يتصل بالأبعاد الهندسية من طول المواقف وعرضها، ومتطلبات دوران السيارات والميول وغيرها، والسعة بما في ذلك التأثير على سعة الطريق المجاورة، والتشغيل المروري ومتطلبات الحركة الفعالة، والسلامة المرورية بما في ذلك احتمال حصول الحوادث المرورية للمركبات والمشاة، فضلا عن المتطلبات الخاصة بالسائقين المقعدين.

وسوف يتم توضيح تصميم المواقف بمحاذاة الطريق، لأنها المستخدمة في المشروع.

يعد نمط توفير حارات لوقوف السيارات على شكل مواقف موازية لحركة السير من أكثر الأنماط المستخدمة في تصميم مواقف السيارات التي توجد بين مسارب الحركة والأرصفة، ويوصى عند تصميم حارات وقوف السيارات مراعاة ما يلي:

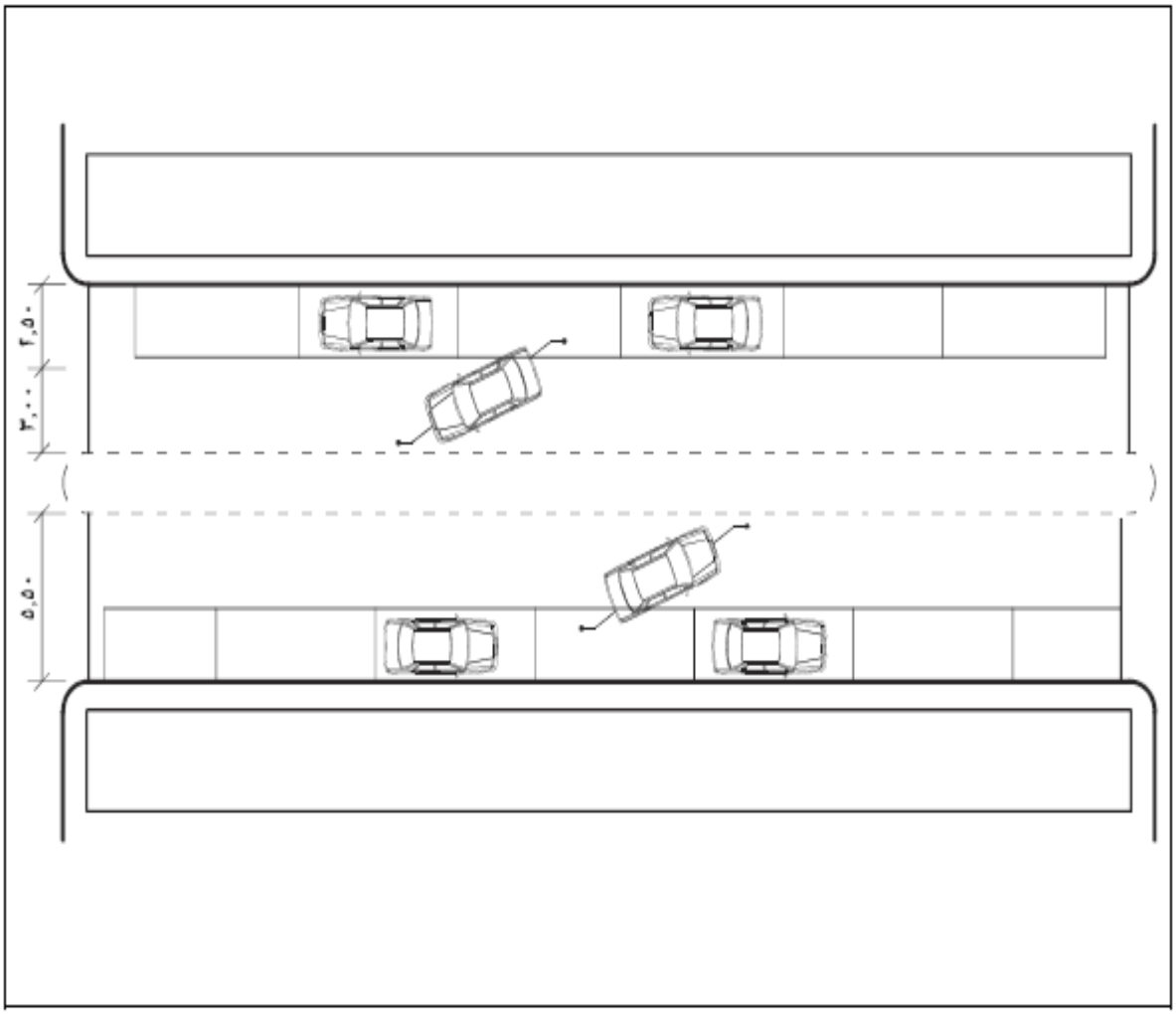
1-المسافة من تقاطع الطرق وأول سيارة لا تقل عن 12 م.

2-المسافة بين معابر المشاة وأول سيارة لا تقل عن 6 م.

3-المسافة المخصصة لوقوف السيارة الواحدة في المواقف الموازية هي 6 م.

4-الحد الأدنى لعرض المنطقة المعبدة في اتجاه واحد، التي يسمح بوقوف السيارات بشكل مواز لحركة السير إلى جانب الأرصفة، هو 5.5 م في ذلك الاتجاه (يشمل عرض حارة المواقف وعرض مسرب حركة السيارات).

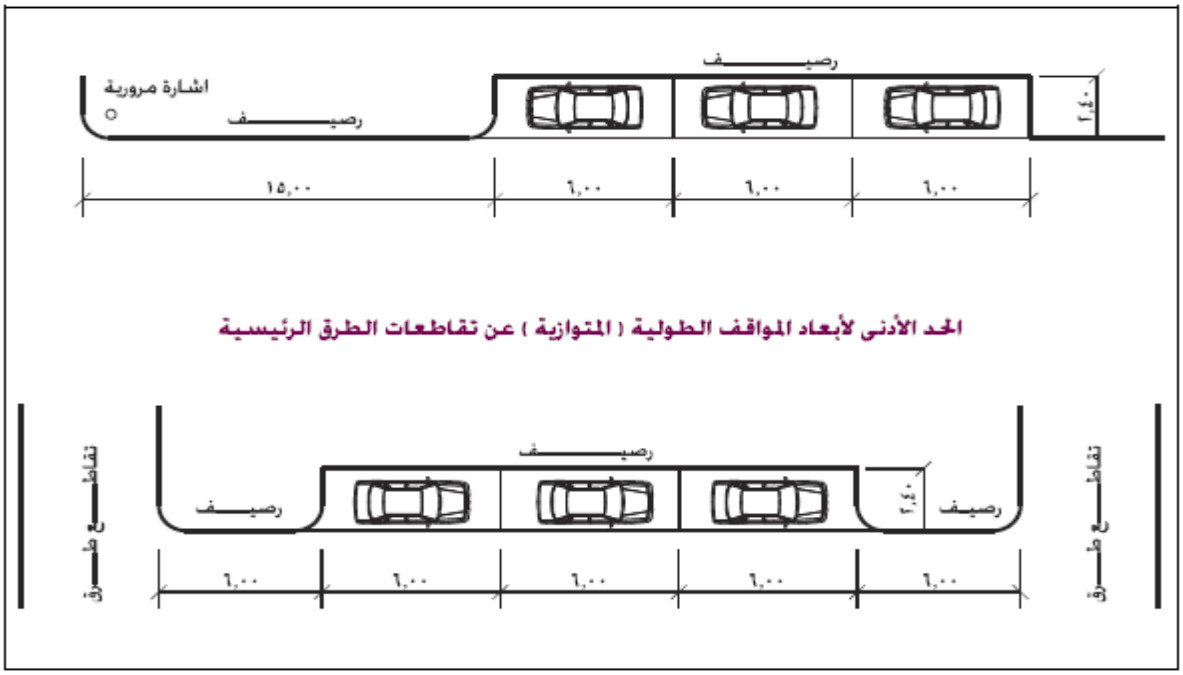
إن وجود حارات السيارات بمحاذاة مسارب الحركة، فضلا عن عمليات المناورة التي يجري القيام بها عادة لإيقاف المركبة أو للخروج من مكان الوقوف، تؤدي إلى زيادة احتمال وقوع حوادث المرور. ولتقليل ذلك يتوجب توفير أبعاد ملائمة لحارة وقوف السيارات وللحيز المخصص لوقوف المركبة، وتوضح الصورة (4-34) حارات مواقف السيارات على طول الطريق.



صورة (4-34): حارات مواقف السيارات على طول الطريق[86]

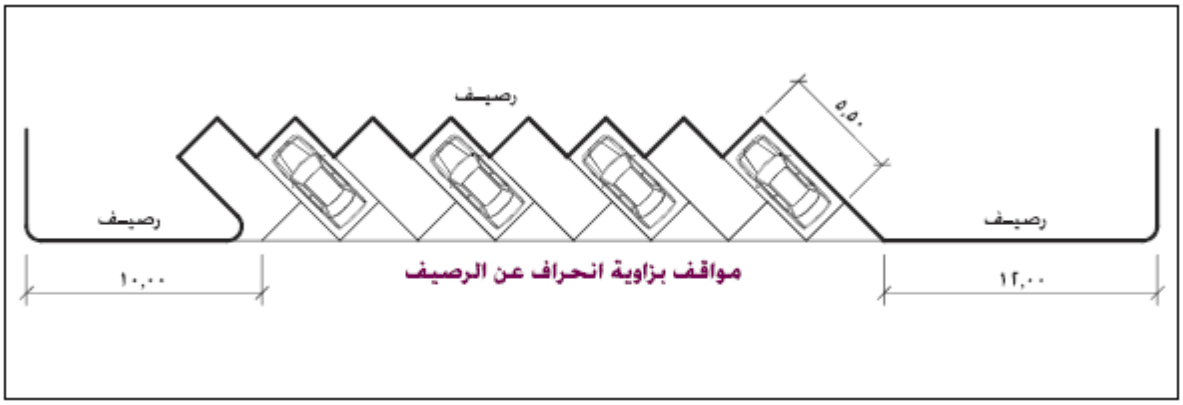
وفي حال عدم التمكن من توفير حارات وقوف السيارات لضيق العرض المعبد للطريق، فقد يوفر حيز لإيقاف السيارات ضمن العرض المخصص أصلا لرصيف المشاة، وذلك من خلال توفير خليج خاص بإيقاف السيارات، مما قد يسهم في التقليل من احتمال وقوع حوادث المرور ويقلص من حدتها ويحافظ على سعة الطريق، إلا أنه يتوجب التأكد من بقاء عرض مناسب لمرور المشاة على الجزء المتبقي من الرصيف، بما لا يقل عن حوالي 1.2 م في حده الأدنى في حال مرور تدفقات قليلة من المشاة، وتوضح الصورة (4-35) حارات مواقف السيارات التي توفر من خلال خليج خاص بإيقاف السيارات .

[86] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.



صورة (4–35): حارات مواقف السيارات من خلال توفير خليج خاص بذلك[87]

ومن جهة أخرى، نجد أن في الحالات التي يراد فيها توفير أماكن أكثر لإيقاف السيارات، وعند وجود عرض ملائم وكبير للطريق وأحجام محدودة من حركة المرور، فإنه يمكن توفير أماكن إيقاف السيارات بشكل غير مواز لمسارات الحركة، أي مواقف مائلة على زاوية حادة أو زاوية قائمة، إلا أن هذا قد يؤدي إلى زيادة فرص وقوع حوادث المرور ويقلل السعة المرورية لمسارب الطريق المجاورة لحارة المواقف، لذا فإن هذا النمط من مواقف السيارات غير محبذ، وتوضح الصورة (4–36) مواقف السيارات على زاوية حادة.



صورة (4–36): مواقف سيارات بزاوية حادة[88]

وبشكل عام، لا يحبذ إيقاف السيارات على طول الطرق الشريانية، وذلك بسبب التأثير السلبي على حركة المرور والسلامة المرورية، وعند السماح بإيقاف السيارات على الطريق الشريانية فإن عرض حارة وقوف السيارات يوصى بأن يكون بمقدار 2.4

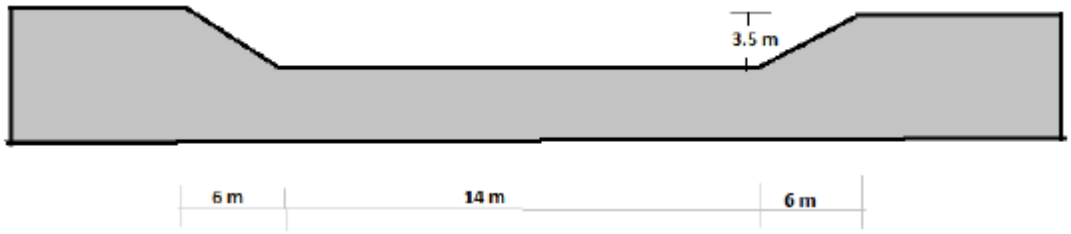
[87] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[88] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

م في حده الأدنى، وكذلك الحال على الطريق التجميعي. أما الطريق المحلي، فإن عرض حارة وقوف السيارات يوصى بأن يكون بمقدار 2.2 م في حده الأدنى.

4-6-3-2تصميم مواقف النقل العام

إن مواقف النقل العام يجب أن تكون ملائمة للحافلات بطول 12 م، لذا تصمم مواقف النقل العام بعرض لا يقل عن 3.5 م، وبطول 14 م وخط انتقالي (taper) من الجهتين بواقع 6 م للشوارع ذات السرعات المنخفضة، وللسرعات العالية (أكثر من 50 كم/الساعة) يفضل زيادة طول الخط الانتقالي (taper) بعلاقة مع زيادة السرعة، وعادة ما تكون مواقف النقل العام متداخلة مع رصيف المشاة، وفي هذه الحالة يجب أن يبقى عرضا كافيا لرصيف المشاة عند الموقف بما لا يقل عن 1.2 م، في حالة كانت أعداد المنتظرين غير قليلة فيجب تعريض الرصيف لاستيعاب أعداد المنتظرين. هذا ويمكن أن يحل موقف النقل العام محل مواقف السيارات وفي هذه الحالة يجب أن يكون هناك عرضا كافيا لموقف الحافلات بالإضافة إلى ضرورة تأمين خط الانتقال أو بمعنى منع وقوف السيارات بحدود 30 م، والصوة (4-37) توضح نموذج لمواقف الحافلات ويمكن استخدامه لوسائط النقل العام المختلفة.



صورة (4-37): نموذج لمواقف الحافلات[89]

4-6-4الإنارة على الطرق[90]

من أهم متطلبات إضاءة الطرق ليلا هي الارتقاء بعوامل الأمان ولتوفير الرؤية الكافية، وقد أوضحت الإحصائيات أن الطرق المضاءة إضاءة مناسبة تقل بها حوادث المرور والجريمة وتنشط فيها الأعمال التجارية. وتوجد عدة عوامل تشارك في تحديد مستوى الاضاءة المطلوبة بالطرق، ومن أهم هذه العوامل اعتبارات الأمان بالطرق، وحجم حركة مرور السيارات والمارة، فكلما زاد حجم المرور زادت نسبة التعرض للحوادث وتصبح الرؤية الغير جيدة مصدرا لارتباك حركة المرور والمارة.

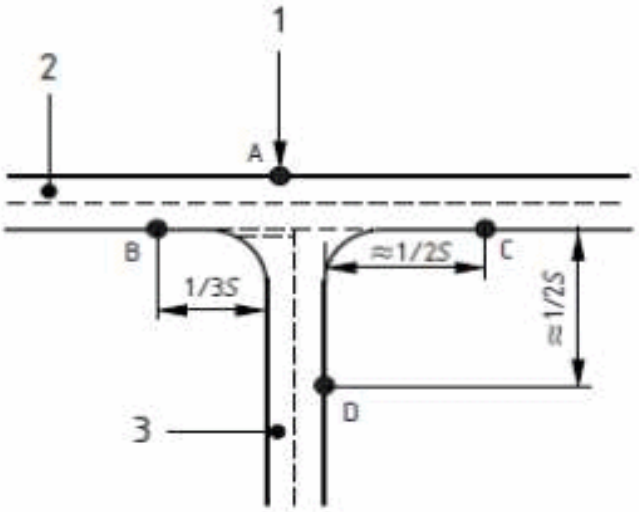
وهناك عدة أسس لوضع الإنارة للطرق، وأهم هذه الأسس:

[89] وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) -"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"-2013.

[90] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013

1-يجب أن تكون الإضاءة عند التقاطعات أعلى في مستوى الاضاءة منها على طول الطريق، ويفضل أن يكون لون اللمبات عند التقاطعات بلون مختلف عن لون إضاءة الشوارع الطويلة حتى يستطيع القادم من بعيد أن يتهيأ لاقترابه من التقاطع فيقلل من سرعته.

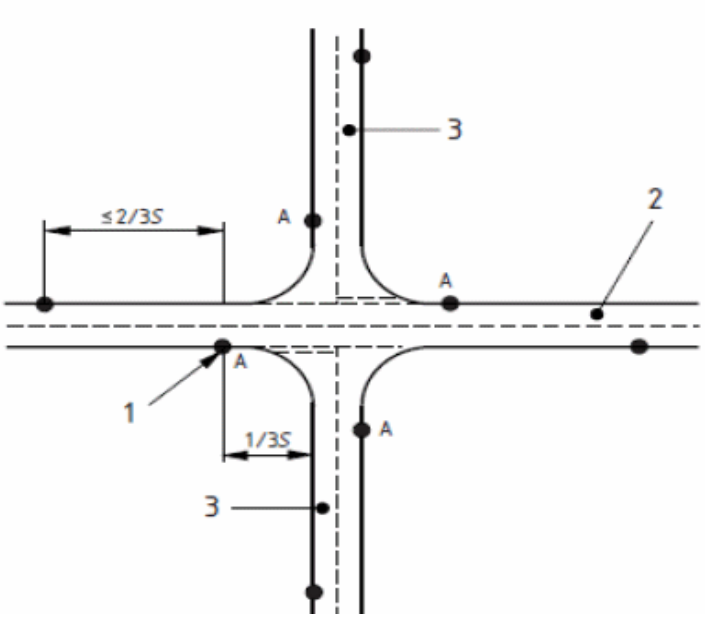
2-التقاطعات بأشكالها المختلفة سواء الـ T أو غيرها يجب أن تتم توزيعات الإضاءة فيها طبقا للقواعد الموضحة في الصور (4-38)، (4-39)، (4-40).



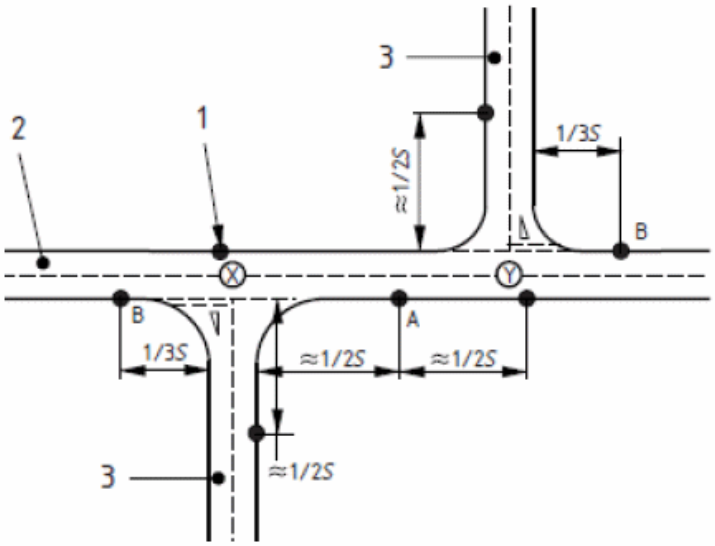
Key
1 Luminaire positions
2 Major road
3 Minor road
NOTE The design spacing *S* relates to the major road.

صورة (4-38): الإنارة على تقاطع T[91]

[91] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013



صورة (4-39): الإنارة على التقاطع بأربعة أرجل[92]

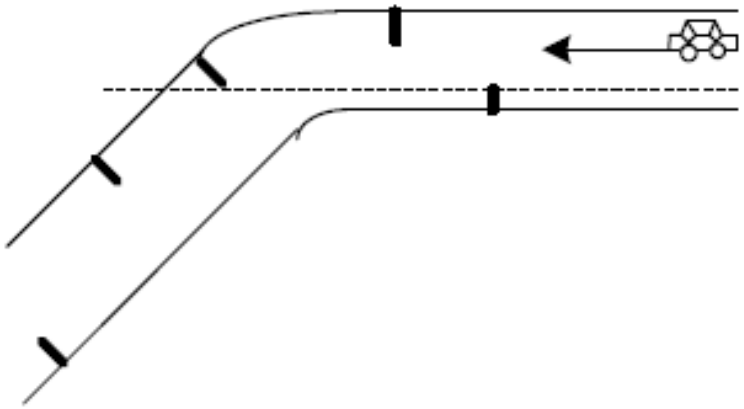


صورة (4-40): الإنارة على تقاطع غير منتظم[93]

3-إذا كان عرض الشارع أقل من مرة ونصف ارتفاع العمود فيجب أن توضع أعمدة الإنارة على المنحنى الخارجي فقط كما في الصورة (4-41).

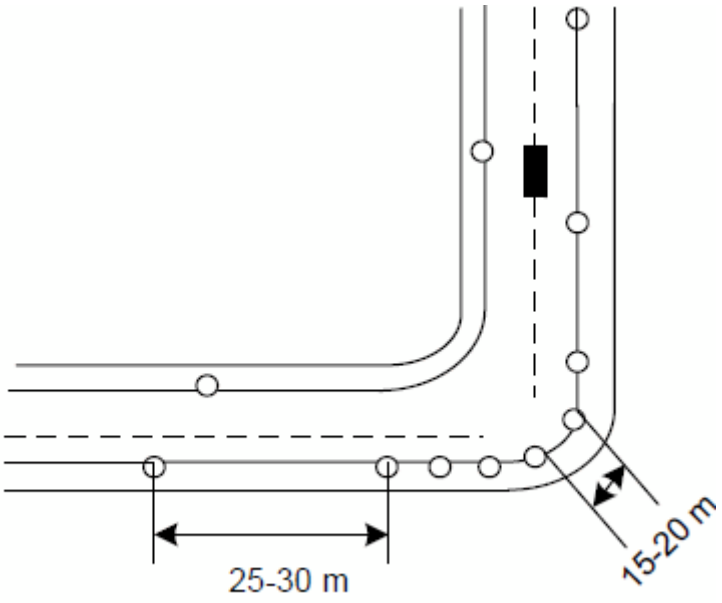
[92] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013

[93] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013



صورة (4–41): وضع الإنارة على المنحنى الخارجي[94]

4–كلما ضاق نصف القطر لمنحنى الطريق عند أي منحنى كلما وجب أن تكون المسافة بين الأعمدة في المنحنى أصغر من المسافة التي كانت موجودة في الطريق الطولي قبل المنحنى، ويفضل أن تكون نصف المسافة أو ثلاثة أرباعها مع ضرورة وضع الأعمدة فقط على المنحنى الخارجي للدوران كما في الصورة (4–42).



صورة (4–42): زيادة الإضاءة على المنحنيات[95]

5–توضع الأعمدة في الشوارع الطولية بطرق تختلف حسب عرض الشارع كما في الحالات التالية:

أ–إذا كان عرض الشارع أقل من ارتفاع العمود فيجب أن توضع الأعمدة على جانب واحد، كما في الصورة (4–43).

[94] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013

[95] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013

صورة (4–43): وضع الإنارة على جانب واحد[96]

ب–إذا كان عرض الشارع مرة الى مرة ونصف من ارتفاع العمود فتوضع الأعمدة كما هو موضح في الصورة (4–44).

صورة (4–44): وضع الإنارة على جانبين[97]

ج–إذا كان عرض الشارع أكبر من مرة ونصف ارتفاع العمود فتوضع الأعمدة متقابلة.

د–إذا وجدت جزيرة في وسط الشارع يتم وضع الأعمدة داخلها.

هـ–يجب ألا تزيد المسافة الفاصلة بين كل عمود وآخر على 4–5 أضعاف ارتفاع هذا العمود.

أما بالنسبة الى نوع اللمبة المستخدمة وارتفاع العمود، فيتوقف ارتفاع العمود وقدرة اللمبة على أهمية الشارع مرورياً، فأعلى المستويات ستكون على الطرق السريعة بينما ستكون أقل المستويات في الشوارع السكنية الضيقة، ويكن الاسترشاد بالقيم الموجودة في الجدول (4–10)، والمعتمدة على الكود الكويتي عند اختيار الأعمدة واللمبات.

[96] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013

[97] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013

جدول (4-10): ارتفاع العمود ونوع اللمبة[98]

نوع الشارع	ارتفاع العمود	نوع اللمبة وقدرتها
الطرق السريعة	30 م	الصوديوم (2000W)
الطرق الرئيسية	20 م	الزئبق (1000W)
الشوارع العامة	8-12 م	ميتالد هاليد (250-400W)
الطرق الداخلية	4-6 م	ميتالد هاليد (80-100W)

[98] أ.د. محمود جيلاني-"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"-2013

الفصل الخامس

التصميم الإنشائي

5-1مقدمة

عملية التصميم الإنشائي للطريق هي عبارة عن إيجاد سماكة طبقات الرصف ومواصفاتها ومكوناتها لتتمكن من تحمل الأحمال المحورية للمركبات التي تسير على هذه الطرق، والأنواع الرئيسية للرصف نوعان الأول هو الرصف الصلب وهو عبارة عن بلاطات خرسانية مسلحة توضع فوق سطح القاعدة الترابية أو طبقة تحت الأساس، والنوع الثاني الأكثر شيوعاً هو الرصف المرن ويتكون من عدة طبقات هي تحت الأساس والأساس الحجري أو الحصوي ثم طبقات الرصف الإسفلتية وسوف نستعرض طريقة تصميم الرصف المرن.

5-2الأنواع الرئيسية للرصف

5-2-1 الرصفة القاسية (Rigid Pavement)

وهي عبارة عن طبقة خرسانية يتراوح سمكها ما بين (15_30) سم ،بحيث يتم صبها على الطريق أو على أساس حصوي الذي يتم فرده قبل ذلك ، وقد تكون هذه الطبقة مسلحة أو غير مسلحة ، وتصب بشكل كامل أو على شكل قطع بحيث يبلغ طول كل قطعة ما بين(20-50) سم للخرسانة العادية ، وقد يصل طول القطعة للخرسانة المسلحة الى حوالى 300م ،

5-2-2الرصفة المرنة (Flexible Pavement)

وهي التي تكون ملاصقة لسطح الطريق الترابي، مهما اتخذ هذا السطح من أشكال وتعرجات.

5-2-2-1العناصر الانشائية للرصفة المرنة (Structural Components Of Flexible Pavement)

1. **القاعدة الترابية (Sub grade):** وهي عبارة عن المواد المكونة لسطح الطريق المراد عملها من المواد التي تم قصها من مكان آخر ، وتدمك هذه الطبقة حتى تصل إلى القوة المطلوبة وهي الطبقة النهائية التي تنتقل اليها الاجهادات الناتجة من الاحمال المطبقة على سطح الرصف وفي العادة تكون طبقة الاساس الترابي هي التربة الطبيعية في الموقع عند مستوى التكوين والتي تم تعريضها بواسطة الحفر او تكونت بالردم، ويتم في بعض الاحيان تحسين خواص التربة عن طريق الرمل او التثبيت او تستبدل كذلك بتربة ري ذات خواص افضل يتم توريدها من موقع اخر.

2. **طبقة ما تحت الاساس (Sub base):** وهي الطبقة التي تنشأ مباشرة فوق طبقة القاعدة الترابية إذا كانت خواص القاعدة الترابية مساوية لخصائص هذه الطبقة فيمكن الاستغناء عن هذه الطبقة ، وإذا لزم الأمر يتم إجراء عملية تثبيت لهذه الطبقة لتصل إلى المقاومة المطلوبة هي طبقة تعتبر امتداد للأساس ومكملة لها من حيث الوظيفة ومن حيث المشاركة في نقل الاجهادات الى طبقة الاساس الترابي ويتم اللجوء الى استخدام طبقة ما تحت الاساس الاقتصاد في تكلفة طبقة الاساس حيث ان المواد المستعملة في طبقة ما تحت الاساس تكون اقل جودة اذ ان الاجهادات المنقولة لها من طبقة الاساس تكون اقل من تلك الطبقة على طبقة الاساس نفسها وقد تستخدم طبقة ما تحت الاساس لدواعي اخرى غير المساهمة في توزيع الاجهادات وذلك مثل المساعدة في معالجة تسرب المياه الجوفية او تصريف المياه التي تعبر قطاع الرصف او تستخدم كطبقة تسوية قبل وضع طبقة الاساس، هذه الطبقة يمكن الاستغناء عنها وذلك عندما تكون خواص التربة ممتازة او حركة السير في الطريق ضعيفة.

3. **طبقة الأساس (Base Course):** وهي مجموعة من الحصى المتدرجة متوسطة الخشونة و تكون حجارة مكسرة يتم إحضارها حاليا من الكسارات، وهو ما يعرف في بلادنا بالبيسكورس وهي الطبقة السطحية ووظيفتها نقل وتوزيع الاجهادات الى الطبقة التي اسفل منها ويتم بذلك تحديد السمك اللازم اخذا في عين الاعتبار خواص المواد المكونة منها هذه الطبقة وخاصة فيها فيما يتعلق بمعامل المرونة وتتنوع المواد التي يمكن ان تصنع منها طبقة الاساس فقد تكون من المواد الركامية مثل ما يعرف بالاساس الحبيبي (Base Granular) او من كسر الحجارة المعالج بالإسفلت او الاسفلت كما يمكن ان تكون من خلطة مع الخرسانة الاسفلتي متوسطة او منخفضة الجودة.

4. **الطبقة السطحية الاسفلتية (Surface Course):** وهي خلطة إسفلتية توضع فوق طبقة الأساس بعد رش طبقة تشريب (prime Coat) وهي الطبقة التي تتحمل مباشرة الحمل الناتجة من حركة المرور والتغيرات المناخية ولذلك يجب على هذه الطبقة أن تقاوم:

أ) الاجهادات الرأسية التي تتولد على سطح التماس بين الإطار المطاطي وسطح هذه الطبقة وهذه الاجهادات تبلغ شدتها القصوى عند العربات الثقيلة (الشاحنات) اذ يمكن ان تتراوح قيمة الاجهادات الراسية (700_ 1500 KN/m2).

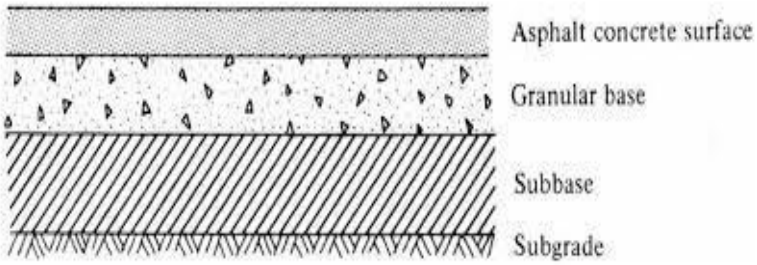
ب) الاجهادات المماسية التي تتولد على سطح التماس اثناء سير العربات والتي تبلغ اقصاها عند الاقلاع او عند الفرملة وعند دخول المنعطفات وخاصة الحادة منها.

ت) الاهتراء الناتج من الاحتكاك بين الإطار المطاطي وسطح الطبقة السطحية والذي يمكن بتفاعله مع الاجهادات المماسية ان يقتلع العناصر الحصوية من الطريق.

ج) الجهود الحرارية الناتجة عن تغيرات درجة الحرارة اليومية والسنوية.

د) ومن اهم ادوار الطبقة السطحية تامين الراحة لمستعملي الطريق بإعطائه سطحا مستويا خاليا من التشققات والتشوهات وضمان الكتامة لمنع تسرب المياه الى جسم الطريق لان ذلك يؤدي الى الاسراع في اتلافه.

والصورة (5-1) تبين هذه العناصر



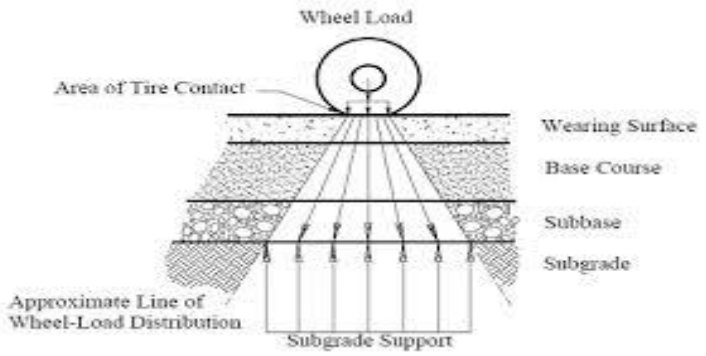
صورة (5-1): طبقات الرصف المرنة[99]

5-2-2-2المبدأ الذي يرتكز عليه تصميم الرصف المرن

يعتمد المبدأ الأساسي للتصميم على أن الاحمال تنتقل من طبقة لأخرى وأن طبقة القاعدة الترابية ذات بعد لا نهائي بالاتجاهين الافقي والرأسي حيث تتحول الأحمال العمودية الى أحمال ضغط وشد في داخل طبقات الرصف ، ويمثل اطار

[99] https://bmsit.ac.in/system/study_materials/documents/000/000/201/original/FLEXIBLE_PAVEMENTS.pdf?1515485597

المركبة الحمل الذي يؤثر على الطبقات ،وهناك عدة عوامل تدخل في عملية التصميم مثل حجم المرور و خصائص المواد المستخدمة في الرصف والمناخ والبيئة. والصورة (5-2) توضح كيفية توزيع الحمل الناتج من إطار السيارة للطبقات لأخرى:



الصورة (5-2): توزيع الاحمال الناتجة من الاطار[100]

5-3الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

5-3-1تجربة الكثافة العظمى

الهدف من التجربة(الفحص): تحديد مقدار الكثافة العظمى للتربة ومقدار محتوى الماء المثالي، ومن اجل فحص نسبة تحمل كاليفورنيا وكذلك الدمك في الموقع في حالة العينات للمواد التي تستخدم في طبقات مشاريع الطرق.

طريقة العمل:

1- بعد احضار العينة يم تنخيلها على منخل 4/3 للتخلص من الحصى الكبير.

2- تم توزين10 كغم من العينة.

3- تم اضافة 5% من وزن العينة ماء و يتم خلطها جيدا.

4- تم تحضير القالب وتجهيزه علما بأن وزنه فارغ هو (6940 غم) وحجمه (2124 سنتميتر مكعب) ، ثم وضع الطبقات من العينة واحدة تلو الاخرى وضربها بمطرقة قياسية 56 ضربة لكل طبقة من الطبقات الثلاثة ومن ثم تسوية السطح

[100] https://bmsit.ac.in/system/study_materials/documents/000/000/201/original/FLEXIBLE_PAVEMENTS.pdf?1515485597

واستخراج العينة ووزنها داخل الجفنة. وبعد تحضير الجفنات وملؤها في كل مرحلة تم وضعها في الفرن الحراري لمدة 24 ساعة.

5- تكرر العمليه السابقة باضافة ماء بنسبة معينة من وزن العينة (10كغم) لتصبح النسبة الكلية لمحتوى الماء 5% 6.5%،7% و 8%.

1- تم اخذ القراءات اللازمة وحساب المحتوى الرطوبة وكثافة التربة.

2- تم رسم العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة وتمثل قمة المنحنى القيمة العظمى للكثافة ونسبة الماء المثالية.

الحسابات والنتائج:

تم استخدام القوانين التالية في عملية الحسابات:

نسبة الرطوبة = وزن الماء/ وزن العينة جافة.

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

وزن العينة جافة = وزن الجفنة مع العينة (جافة) وزن الجفنة.

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

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

وفي الجدول(5-1) تظهر قراءات الكثافة العظمى للعينة (الكثافة الرطبة):

جدول (5-1): قراءات الكثافة العظمى للعينة

المحاولات	1	2	3	4
نسبة الماء	%5	%6.5	%7	%8
وزن القارب فارغ W1 (كغم)	5092	5092	5092	5092
وزن القالب مملوء بالتربة الرطبة W2 (كغم)	9602	9818	9994	10012
وزن التربة الرطبة (W1-W2)(كغم)	4510	4726	4902	4920
كثافة التربة الرطبة (غم/سم3)	2.123	2.225	2.308	2.316

وفي الجدول (5–2) قراءات تجربة الكثافة العظمى (الكثافة الجافة):

جدول(5–2): قراءات الكثافة العظمى (تحديد الكثافة)

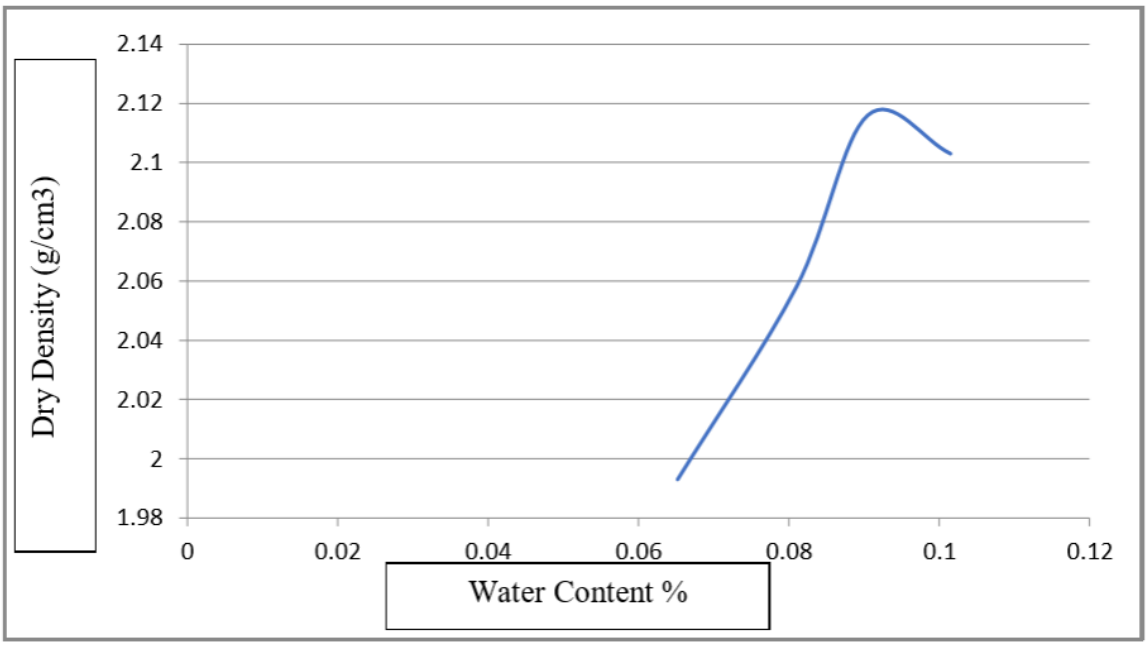
رقم الجفنة	A8	E4	D1	A13	A11	B8	E7	A2
وزن الجفنة وعينة التربة الرطبة (غم) W4	255.8	260.3	270.2	275.3	253.1	253	273.6	266.3
وزن الجفنة وعينة التربة الجافة (غم) W5	234.8	239.1	250.4	255	237.9	236.7	258.5	252.2
وزن الجفنة فارغ W3 (غم)	25.9	31.2	30.5	31.8	29.1	31.7	30.9	32
وزن الماء (غم)	21	21.2	19.8	20.3	15.7	16.3	15.1	14.1
وزن التربة الجافة (غم)	208.9	207.9	219.9	232.2	208.8	205	227.6	220.2
المحتوى الرطوبي %	10.05	10.2	9	9.09	7.28	7.65	6.33	6.4
متوسط المحتوى الرطوبي %	10.15		9.05		8.1		6.52	
كثافة التربة الجافة (غم/سم3)	2.103		2.116		2.058		1.993	

والجدول (5–3) يبين المحتوى الرطوبي.

جدول (5–3): المحتوى الرطوبي

رقم الاختبار	1	2	3	4
المحتوى الرطوبي %	10.15	9.05	8.1	6.52
كثافة التربة الرطبة (غم/سم3)	2.316	2.308	2.225	2.123
كثافة التربة الجافة (غم/سم3)	2.103	2.116	2.058	1.993

والصورة (5-3) تظهر العلاقة بين محتوى الماء والكثافة الجافة:



صورة (5-3): العلاقة بين محتوى الماء والكثافة الجافة

نسبة الماء المثالية=9.5%

الكثافة الجافة=2.116

5-3-2تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio Test) (CBR)

الهدف من التجربة:معرفة مقدار تحمل عينة من التربة للضغط الناتج من مكبس قياسي بالنسبة لعينة تربة قياسية.

تقاس نسبة تحمل كاليفورنيا CBR بمعرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس إسطواني مساحة مقطعة 1963 ملم٢ عندما تسلط علية قوة بمعدل منتظم.لأي مقدار في الغرز تعرف CBR بأنها العلاقة بين القوة التي أحدثت هذا الغرز والقوة القياسية اللازمة لإحداث هذا الغرز في عينة كاليفورنيا القياسية، وبغض النظر عن مساحة مقطع المكبس فان التجربة تصلح للمواد التي لا يزيد حجم حبيباتها عن 20ملم.

الأدوات المستخدمة:

1. منخل رقم (20) (3/4") .
2. قالب معدني اسطواني قطره الداخلي 152 ملم ،وارتفاعه الداخلي 178 ملم مع قاعدة وصفيحة علوية وحلقة اضافية ارتفاعها 50 ملم توضع في حال تعبئة القالب اثناء الرص.

3. مكبس اسطواني معدني نهايته السفلية من المعدن الصلب بمساحة 1963ملم٢وطول 250ملم (جهاز CBR)، كما هو موضح في الصورة (5-4).

4. جهاز ضغط يعطي القوة المطلوبة على المكبس بمعدل منتظم، وجهاز لقياس القوة وجهاز آخر لقياس قيمة الغرز للمكبس بداخل العينة.

5. مطرقة بروكتور المعدلة التي وزنها 54.4كغم (10باوند).

6. أداة لقياس حركة أعلى العينة عند الغمر بالماء.

7. ميزان يزن لغاية 25 كغم.

8. جهاز إخراج العينات.

9. حوض ماء، سكين بدون حافة، ورق ترشيح.

مبدأ الفحص كما يلي:

يتم غرز اداة قياسية اسطوانية الشكل (مكبس) في منتصف العينة وبسرعة محددة، ومن خلال العلاقة بين قوة الغرز وقيمة الغرز (المسافة) (load penetration relationship) يمكن ايجاد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR).

نسبة تحمل كاليفورنيا = (الحمل اللازم لاحداث قيمة الغرز / الحمل القياسي لاحداث هذا الغرس في عينة من مادة قياسية)*100%.

ويوضح الجدول (5-4) بعض قيم نسبة تحمل كاليفورنيا حسب النظام الموحد (USC) ونظام اشتو (AASHTO).

جدول (5-4): قيم تحمل كاليفورنيا حسب النظام الموحد ونظام اشتو (AASHTO)

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

والجدول(5-5) يبين المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والاردن:[101]

جدول (5-5): المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والاردن

الطبقة	نسبة كاليفورنيا %
طبقة التاسيس (Sub-grade)	8 حد ادنى
اساس مساعد (sub-base course)	40 حد ادنى
اساس (Base course)	80 حد ادنى

[101] https://issuu.com/20786/docs/californiabearingratiocbrtest

خطوات العمل:

1- تم اضافة المحتوى الرطوبي من الماء والذي تم الحصول عليه من التجربة السابقة الى العينة والذي يساوي 9.5% من وزن العينة.

2- تم خلط الماء بالعينة ومن ثم تجهيز القالب لوضع الطبقات داخله.

3- تم اضافة الطبقات من العينة مع الضرب ب 56 ضربة بالمطرقة المعدلة لكل طبقة من الثلاث طبقات ومن ثم تسوية السطح.

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

صورة (5-4): جهاز فحص (CBR)

يتم تشغيل الجهاز وقراءة مقدار القوة عند مجموعة من قيم الغرز، ثم يتم تقسيم القوة عند الغرز 2.5 ملم و5 ملم على القيمة القياسية فينتج قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا والجدول (5-6) يوضح قراءات تجربة (CBR).

جدول (5-6): قراءات تجربة (CBR)

الغرز	الحمل (div)	الحمل (كغم)	CBR
0.0	0		
0.5	108		
1	180		
1.5	245		
2	303		
2.5	485	**70.35**	**89.07%**
3.0	590		
4.0	695		
5.0	785	**105.35**	**96.27%**
6.0	863		
7.0	941		
8.0	1020		
9.0	1090		
10.0	1320		

بما ان نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) في تجربة شارع واد الهرية عند غرز (2.5 و5 ملم) اكبر من (80%) فان هذه تصلح لان تكون طبقة تأسيس (Base course).

5-4تصميم الرصفة حسب نظام الاشتو AASHTO

العناصر التي يعتمد عليها التصميم:

- آداء الرصف تحت الأحمال الواقعة عليه. (ESAL)
- المرور، حيث يتم تحويل المرور لمعامل الحمل المكافئ (ESAL)
- طبقة القاعدة الترابية.
- مواد الرصف.

- البيئة التي سيتم تصميم الرصف للعمل فيها.

فيما يلي خطوات التصميم الانشائي وايجاد سمك الطبقات حسب نظام 2004 (AASHTO):

1.حساب ESAL (Equivalent Accumulated 18000 lb Single Axle Loade)

$$\mathbf{ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E}$$

Where:

ESAL: Equivalent Accumulated 18000 lb Single 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.

ويتم الحصول على قيمة f_d من الجدول (5-7):

جدول (5-7): نسبة المركبات في المسرب الواحد (Percentage Of Total Truck Traffic in Design Lane)

Number Of Traffic Lanes (Two Directions)	**Percentage Truck in Design Lane(%)**
2	50
4	45(35-48)
6 or more	40(25-48)

ان الطريق المراد تصميمها تحتوي على مسربين (اي مسرب واحد في كل اتجاه وكل مسرب بعرض 3 متر) فنأخذ قيمة f_d المقابلة للرقم 2 من الجدول وهي 50%.

وقيمة G_f يتم الحصول عليها من الجدول (5-8):

جدول(5-8): growth factor (G_f)

Design period years	Annual Growth Rate (%)							
	No. growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	5.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	22.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	2.21	30.48	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	51.60

19	19.0	22.84	37.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	**29.78**	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	51.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.05	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

*عند تصميم الطرق عادة يتم اعتبار ان صلاحية الطريق 20 عامل مستقبليا، ويتوقع نسبة الزيادة 4% فتكون قيمة **Gf=29.78%**.

*معدل المرور اليومي سنة 2020 (AADT)= **6000 مركبة /يوم**.

*اما بالنسبة لمعدل المرور اليومي المتوقع لمدة التصميم وهي 20 عام (2040) = **13146.74 مركبة/يوم**.

*بعد ذلك يتم تحويل اوزان المركبات الى احمال قياسية حسب جدول(5-9):

جدول (5-9) تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factors)

Load Equivalency factor							
Gross Axle Load		Load Equivalency factor		Gross Axle Load		Load Equivalency factor	
KN	lb	Single Axle	Tandem Axle	KN	lb	Single Axle	Tandem Axle
4.45	1,000	0.00002		182.5	41.000	23.27	2.29
8.9	2,000	0.00018		187.0	42.000	25.64	2.51
13.35	3,000	0.00072		191.3	43.000	28.22	2.75
17.8	4,000	0.00209		195.7	44.000	31.00	3.00

22.25	5,000	0.00500		200.0	45.000	34.00	3.27
26.7	6,000	0.01043		204.5	46.000	37.24	3.55
31.15	7,000	0.01960		209.0	47.000	40.74	3.85
35.6	8,000	0.03430		213.5	48.000	44.50	4.17
40.0	9,000	0.0562		218.0	49.000	48.54	4.51
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50.000	52.88	4.86
48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51.000		5.23
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52.000		5.63
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53.000		6.04
62.3	14,000	0.360	0.0270	240.2	54.000		6.47
66.7	15,000	0.478	0.0360	244.6	55.000		6.93
71.2	16,000	0.623	0.0472	249.0	56.000		7.41
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57.000		7.92
80.0	18,000	1.00	0.0773	258.0	58.000		8.45
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59.000		9.01
89.0	20,000	1.51	0.1206	267.0	60.000		9.59
93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61.000		10.20
97.8	22,000	2.18	0.180	275.8	62,000		10.84
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		11.52
106.8	24,000	3.03	0.260	284.5	64,000		12.22
111.2	25,000	3.53	0.308	289.0	65,000		12.96

115.6	26,000	4.09	0.364	293.0	66,000		13.73
120.0	27,000	4.71	0.426	298.0	67,000		14.54
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		15.38
129.0	29,000	6.14	0.572	307.0	69,000		16.26
133.5	30,000	6.97	0.685	311.5	70,000		17.19
138.0	31,000	7.88	0.753	316.0	71,000		18.15
142.3	32,000	8.88	0.857	320.0	72,000		19.16
146.8	33,000	9.98	0.971	325.0	73,000		20.22
151.2	34,000	11.18	1.095	329.0	74,000		21.32
155.7	35,000	12.5	1.23	333.5	75,000		22.47
160.0	36,000	13.93	1.38	338.0	76,000		23.66
164.5	37,000	15.50	1.53	342.5	77,000		24.91
169.0	38,000	12.20	1.70	347.0	78.000		26.22
173.5	39.000	19.06	1.89	351.5	79,000		27.58
178.0	40.000	21.08	2.08	365.0	80,000		28.99

1- Passenger cars (10KN/axle)=87%

2-axle single-unit busses (100KN/axle)=2%

3-axle single-unit trucks (110KN/axle)=11%

وبعد ذلك يتم تحويل أوزان العربات إلى أحمال قياسية، كما تم ذكره في جدول (5-9).

*For Car :Load equivalency factor for a cars (FE(car))=0.0003135 (single axle).

*For Bus: Load equivalency factor for a busses (FE(bus))=198089 (tandem axle).

*For Truck: Load equivalency factor for a trucks (FE(truck))=0.29419 (tandem axle).

وبعد ذلك تحسب قيمة (ESAL) لكل نوع من انواع المركبات حسب المعادلة التالية كل على حده ومن ثم تجمع القيم الثلاث لنحصل على (Total ESAL)كما يلي:

ESAL car= 0.5*29.78*6000*0.87*365*2*0.0003135=17787.94

ESAL buss=0.5*29.78*6000*0.02*365*2*0.198089=258380.16

ESAL truck=0.5*29.78*6000*0.11*365*2*0.2941=2109873.99

ESAL total=2386042.09

حساب سماكة الطبقات:

ولحساب سماكة كل طبقة يتم الاعتماد على نتائج فحص كاليفورنيا حيث يجب ان لا تقل نسبة تحمل فحص كاليفورنيا لكل طبقة عن القيم في الجدول (5-10):

جدول (5-10): نسبة كاليفورنيا ونوع كل طبقة من طبقات الرصفة

الطبقة	CBR	المادة المستخدمة
Asphalt	.....	Plant Mix
Base Coarse	96.85	Crushed Stone
Sub Base	20.6	.....

التوصيات:

1- العينات لا بأس بها بما ان قيمة ال CBR للبيسكورس 96 فذلك يعطي انطباع أنها جيدة لكن حسب الفحص يجب ان تكون 100% لذلك ننصح باستبدالها.

2- طبقة ما تحت الاساس أظهرت النتائج ان قيمة ال CBR تساوي 26 لكن كطريق رئيسي يجب أن تتراوح قيمتها بين 30-50 لذلك نقترح أن تكون 40 وننصح باستبدالها.

1.معاملات تصريف المياه ((m2, m3) water Drainage Coefficient)

تعكس معاملات تصريف المياه قدرة طبقتي الأساس والأساس المساعد على تصريف مياه الأمطار ويتم تقديرها على أساس سرعة تصريف المياه من الطبقة والجدول (5-11) يبين قيم هذه المعاملات:

جدول (5-11): قيمة معاملات تصريف المياه

كفاءة التصريف Drainage Coefficient	مناطق صحراوية Desert Region	مناطق زراعية Agricultural Region
GOOD جيدة	1.15-1.25	1.00
POOR ضعيفة	1.05-0.80	0.60

*قيمة m_2 و m_3 = 1.0

2..فرق مستوى الخدمة للطريق ((ΔPSI) Serviceability Loss) .

هي عبارة عن الفرق بين مستوى الخدمة الابتدائي (Initial PSI) ومستوى الخدمة النهائي(Final PSI):

*Initial PSI= (4-4.5).

* Final PSI=2.

* ΔPSI = Initial PSI – Final PSI = 4-2=2

***ΔPSI = 2**

3. معامل درجة الثقة(R) (Reliability)

يقصد بدرجة الثقة أو الاعتمادية إدخال درجة من التأكيد في عملية التصميم لضمان أن خيارات التصميم يمكنها الاستمرار طوال العمر التصميمي للرصف، ولأي مستوى معين من درجة الثقة (R)، والجدول (5-12) يعطى القيم المقترحة لدرجة الثقة (R).

جدول (5−12): قيمة معامل درجة الثقة ((R) Reliability)

تصنيف الطريق Type OF Road	القيم المقترحة لدرجة الثقة (R)	
	طريق حضري URBAN	طريق ريفي RURAL
طريق سريع Expressway	99.9−85	9909−80
طريق رئيسي Major	90−80	95−75
طريق تجميعي Collector	95−80	95−75
طرق محلية زراعية Local	80−50	80−50

*وسوف يتم اختيار قيمة معامل درجة الثقة 95 كما هو موضح في الجدول ويتم أخذ قيمة الانحراف المعياري الكلي(S_0) طبقا للاشتو من $0.3 - 0.5$، وسنعتمد في المشروع قيمة 0.35.

4.معاملات الطبقات ((a1, a2, a3) Structure Layers Coefficients)

وهو عبارة عن العلاقةٌ بين الرقم الإنشائي وسمك الطبقة بالبوصة وهي تعتمد على أنواع مواد طبقات الرصف المختلفة ويمثل القدرة النسبية للمادة المستخدمة في كل طبقة من طبقات الرصف.

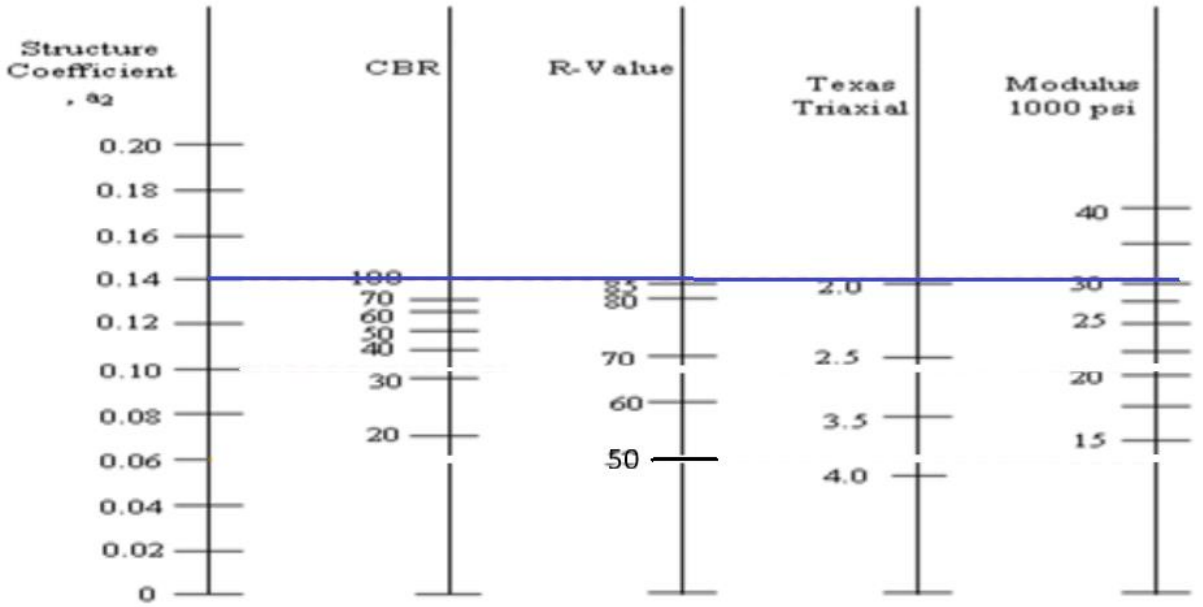
(a_1): ترمز الى طبقة السطح (Wearing Surface).

(a_2): ترمز الى طبقة السطح (Base).

(a_3): ترمز الى طبقة السطح (Sub Base).

*بناء على ما سبق سيتم اعتماد قيمة (MR) لكل من الطبقة السطحية (2.5×10^5PSI)، ولطبقة الأساس ($\times$ 32 10^3PSI) ولطبقة ما تحت الاساس (17×10^3PSI) كما هو مبين في الصور (5−6) و (5−7).

*وعليه حسب المواصفات فأن قيم (CBR) لكل من لطبقة الاساس (100%)، ولطبقة ما تحت الاساس (40%)، كما هو موضح في الصور (5−6) و (5−7).

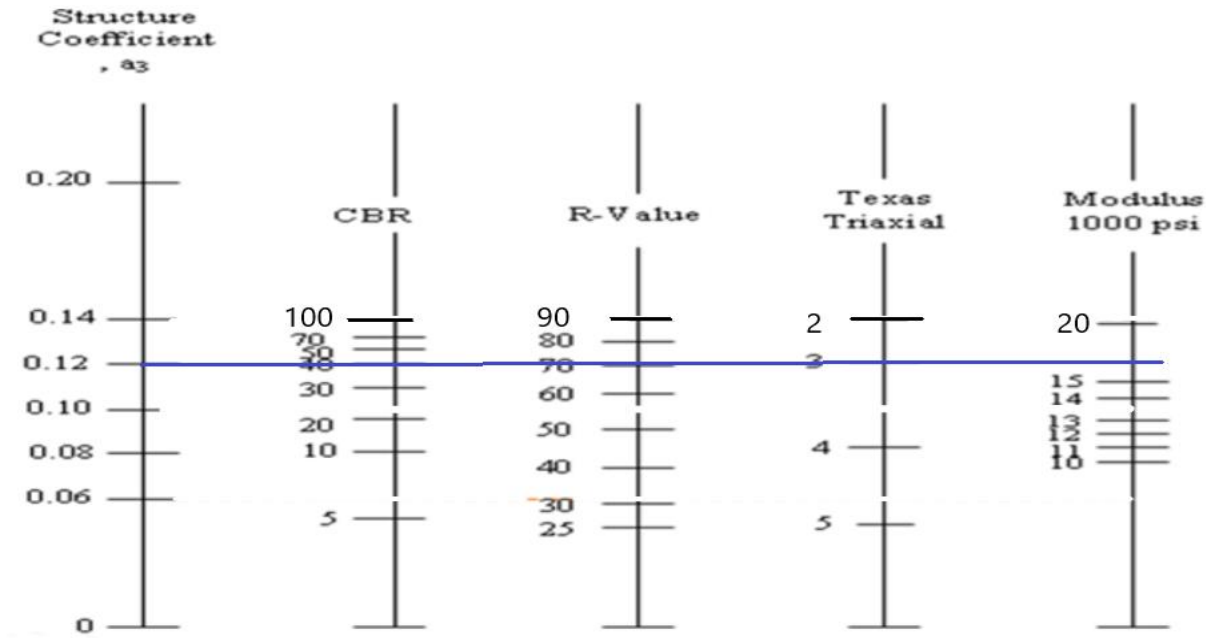


الصورة (5−6): Base Course layer coefficient (a_2)

عند التوصيل بين المعاملات الظاهرة في الصورة (5−6) نحصل على **قيمة** $\mathbf{(a_2)}$

*وبناء على ما سبق فإن القيمة $\mathbf{a_2 = 0.14}$

*وقيمة $MR_2 = 32 \times 10^3 psi$



الصورة (5−7): Sub Base Course layer coefficient (a_3)

يتم بنفس الطريقة الحصول على قيمة المعامل (a_3) عن طريق التوصيل بين المعاملات في الصورة (5−7)

*وبناء على ما سبق فان قيمة $a_3 = 1.012$

*وقيمة $MR_3 = 17 \times 10^3 psi$

ويتم إيجاد قيمة a_1 من الجدول (5−13)

جدول (5−13): Surface layer coefficient (a_1)

معامل المرونة (رطل/بوصة2)	ثابت مارشال(رطل)	معامل قوة الطبقة الاسفلتية	التماسك
125000	500	0.22	80
150000	750	0.25	95
200000	975	0.30	120
250000	1200	0.33	130
300000	1400	0.36	155
350000	1600	0.39	175
400000	1900	0.42	190

تم اختيار معامل المرونة 250000، لذلك قيمة معامل قوة الطبقة $\mathbf{a_1 = 0.33}$

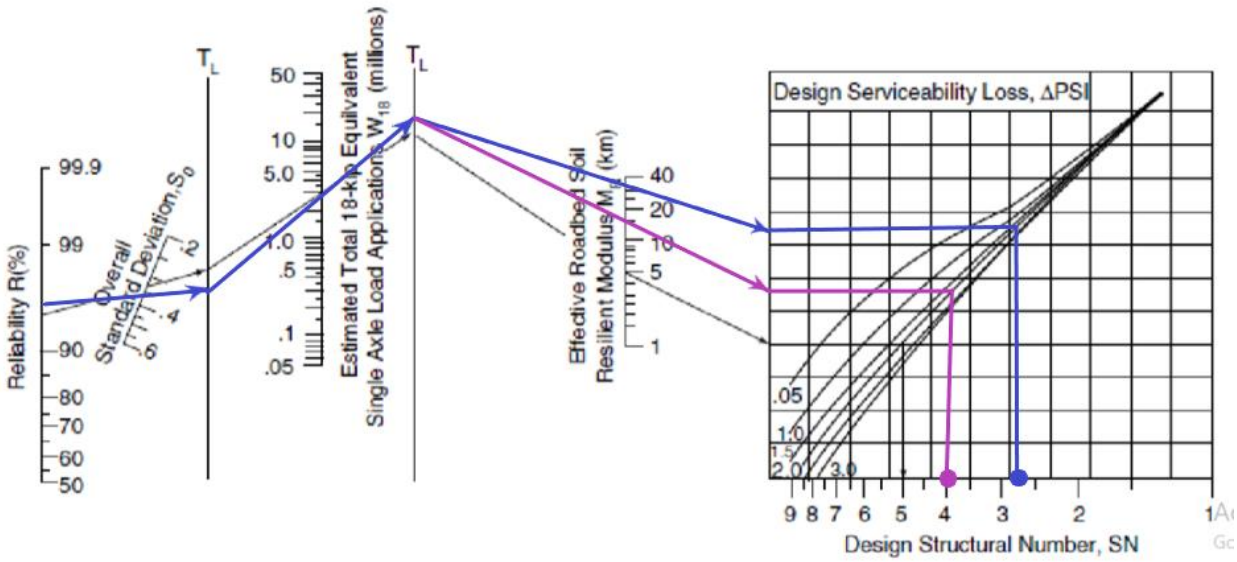
5.الرقم الإنشائي: ((Structure Number (SN)

هو رقم يعبر عن صلابة الرصف وهو رقم دليلي ناتج من تحليل المرور وتربة التأسيس والمعامل البيئي، بحيث يمكن ايجاد قيمة الرقم الانشائي عن طريق المعادلة التالية:

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}[\Delta PSI/(4.2 - 1.5)]}{0.40 + [1094/(SN + 1)^{5.19}]} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

بعد حل المعادلة تم إيجاد قيمة $SN_1 = 0.774$

وتم إيجاد قيم SN_2 و SN_3، من الصورة (5−8)



الصورة (5-8): ايجاد الرقم الانشائي (SN)

*بعد جمع جميع المعطيات التي من خلالها نحصل على الرقم الانشائي وهي:

a. Reliability (R) = 95%

b. Overall standard deviation S_0= 0.035

c. ESAL TOATL = 2386042.09

d. ΔPSI = 2

e. MR_1 = 2.5* 10 ^ 5 Psi

f. MR_2 = 32 * 10 ^ 3 Psi

g. MR_3 = 17* 10 ^ 3 Psi

h. SN_1 = 0.774

i. SN_2 = 2.7

j. SN_3 = 4

ومن المعادلات التالية نستنتج سماكة كل من الطبقات الثلاث:

$$\mathbf{SN_3 = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3}$$

$$\mathbf{SN_2 = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2}$$

$$\mathbf{SN_1 = a_1 d_1}$$

Where:

d_1=Asphaltic concrete thickness

d_2=Base course thickness

d_3=Sub−base thickness

SN_1=Structural Number for Asphaltic concrete layer

SN_2=Structural Number for Base course

SN_3=Structural Number for Sub−base

$$SN_1 = a_1 d_1$$

$$0.774 = 0.33 \times d_1$$

d_1= 2.58 in = 6.553 cm = 7 cm

***

$$SN_2 = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2$$

$$2.7 = 0.774 + 014 \times d_2 \times 1$$

d_2= 13.757 in = 34.943 cm = 35 cm

***

$$SN_3 = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

$$4 = 2.7 + 0.12 \times d_3 \times 1$$

d_3= 10.833 in = 27.517 cm = 28 cm

*وعليه يتم تقريب السماكات الى أقرب رقم في الزيادة بحيث يتناسب مع المواصفات، وبعد الاطلاع على بعض مشاريع الطرق ينصح سماكة الطبقات كما هو في الجدول (5-14):

جدول (5-14): سماكة الرصفات للمشروع

الرصفة (pavement)	سماكة الطبقات (سم) Layers thickness (cm)
طبقة الاسفلت (ASPHALT LAYER)	7 CM
طبقة الباسكورس (BASECOURS LAYER)	35 CM
طبقة ما تحت الاساس (SUB BASECOURS LAYER)	28 CM

***يتم رصف طبقة الاسفلت على مرحلة بسماكة 7 سم حسب المواصفات.**

***يتم فرد ودمك طبقة الاساس على طبقة واحدة بسماكة 35 سم حسب المواصفات.**

***يتم فرد ودمك طبقة ما تحت الاساس على طبقة واحدة بسماكة 28 سم حسب المواصفات.**

الفصل السادس

النتائج والتوصيات

6-1مقدمة

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

6-2النتائج

بعد المسح التفصيلي والتصميم الهندسي والإنشائي للطريق تم التوصل الى عدة نتائج أهمها:

1) ان لهذا الطريق اهمية كبيرة في الربط بين جامعة بوليتكنك فلسطين والمنطقة الصناعية.
2) تم التصميم الهندسي حسب مواصفات AASHTO 2004 بسرعة تصميمية (50) كم/ساعة.
3) بعد القيام بكافة الحسابات والاخذ بعين الاعتبار الزيادة السكانية وان الطريق سيخدم لمدة 20 عام تبين معنا السماكات الموجودة في جدول(6-1):

جدول (6-1): سماكة الرصفات للمشروع

Layers thickness (cm) (سم) سماكة الطبقات	الرصفة (pavement)
7 CM	طبقة الاسفلت (ASPHALT LAYER)
35 CM	طبقة الأساس (BASECOURS LAYER)
28 CM	طبقة ما تحت الاساس (SUB BASECOURS LAYER)

4) تم إيجاد التكلفة الكلية للمشروع، كما هو موضح في الجدول (6-2):

جدول (6-2): حساب التكلفة الإجمالية

الصنف	الكمية	الوحدة	السعر في السوق ($)	التكلفة
حفر	6563	متر مكعب	6.8	38441
ردم	4975	متر مكعب	5	24875
اسفلت	7440	متر مربع	15	111600
طبقة الأساس	2604	متر مكعب	4.5	11718
طبقة ما تحت الأساس	2083	متر مكعب	3.5	7291
الجبه	2387	متر طولي	20	47740
الرصيف	1194	متر مربع	23.4	27940
التكلفة الكلية	$269605			

6-3التوصيات

1) يمنع سير المركبات على طبقة الإسفلت قبل مرور ساعة من وقت فردها حتى لا تنهار هذه الطبقة.
2) التواصل مع بلدية الخليل أثناء تنفيذ المشروع لأي استشارة تطلبها.
3) حث الجامعة على التواصل الدائم مع المؤسسات الحكومية والغير حكومية للرقي بالمستوى العام للخريجين وللحصول على مشاريع مناسبة.
4) دعوة الجامعة لعمل دورات تدريبية للطلبة للوصول الى مستوى أعلى وخاصة من الناحية التكنولوجية والبرامج الحديثة.
5) الحرص على وجود مشاريع مشتركة ما بين الأقسام المختلفة في كلية الهندسة للوصول الى التكامل المناسب.
6) السعي من قبل البلدية للحصول على الدعم المناسب وتنفيذ هذا المشروع لما يمارس على قطع الأراضي الفارغة في هذا الموقع من سلب وتدمير من قبل الاحتلال الإسرائيلي.
7) تدريب الطلبة على البرامج الحديثة مثل برنامج CIVIL 3D لما له من أهمية كبيرة من الناحية العملية في المشاريع على ارض الواقع.

المراجع

(1) وزارة النقل والمواصلات–"الاستراتيجية القطاعية للنقل والمواصلات"–2011–2013.

(2) مركز اختبارات التربة (GTC) بالرياض–"دليل عيوب رصفات الطرق واقتراحات الصيانة"

(3) وزارة الحكم المحلي الفلسطينية–"موقع جيومولغ"

(4) م. أمين عبده بشارة–"مفهوم الصحة والسلامة المهنية"

(5) م. ناصر محمود–"اعداد خطة السلامة والصحة المهنية للمشروعات"

(6) ادم البربري–"دليل السلامة والصحة المهنية"

(7) م . نافذ الشعراوي–"السلامة والصحة المهنية في المنشآت الصناعية"

(8) م. نافذ الشعراوي–"الكتاب الخاص بمادة الجودة والصحة والسلامة المهنية"

(9) (Occupational Safety and Health Administration) OSHA

(10) http://aseelaalfzari2012.blogspot.com/p/blog-page.html

(11) http://www.jordangps.com/spectra-precision-sp60/

(12) https://zarwa1.blogspot.com/2018/01/totalsta.html

(13) "Geometric Design of Roads"–Eng. Ahmed Al-Agha & Prof. Shafik Jendia

(14) Automated Driving System (ADS) High-Level "–Czarnecki, Krzysztof
" Quality Requirements Analysis – Driving Behavior Comfort

(15) وزارة النقل والمواصلات (دولة فلسطين) –"دليل السلامة المرورية على الطرق في فلسطين"–2013.

(16) "http://site.iugaza.edu.ps/hbesaiso/files/of-Lanes.pdf"–Eng. Haytham Besaiso "

(17) https://theconstructor.org/

(18) أ.د. محمود جيلاني–"المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية"–2013

(19) https://issuu.com/20786/docs/californiabearingratiocbrtest