بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة

مشروع تخرج بعنوان

إعادة تأهيل وتصميم طريق الدعوة - يطا

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

محمد وهادين ساري الحمامدة مؤمن جبور

إشراف

م. مصعب شاهين

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

٢٠١٢-٢٠١٣ م

جامعة بوليتكنك فلسطين
Palestine Polytechnic University
(PPU)
The Library المكتبة
Acc. ١٢٩٦٨ الرقم التسلسل
Class. رقم التصنيف

جامعة بوليتكنك فلسطين

مشروع تخرج بعنوان

إعادة تأهيل وتصميم طريق الدعوة - يطا

فريق العمل

محمد وهادين ساري الحمامدة مؤمن جبور

إشراف

م. مصعب شاهين

ملخص المشروع

الهدف الرئيسي للمشروع يتمثل في إعادة تأهيل وتصميم شارع الدعوة الذي يربط الشارع الرئيسي لمدينة يطا بالشارع المؤدي إلى قرية خلة الميه. إختيار هذا المشروع هو بسبب الوضع الحالي للشارع، حيث لا يتوافق في التصميم مع المخططات الهيكلية، ويراد من خلال هذا المشروع العمل على تصميم طريق آمنة ومريحة لحركة المسافرين وذلك من خلال تصميم منحنيات أفقية ورأسية حسب القوانين الهندسية المعمول بها، كذلك يراد عمل ميول عرضيه للعمل على حل مشكلة تصريف مياه الأمطار، ووضع نظام إنارة فعال ووضع إشارات وعلامات المرور المناسبة في الأماكن المناسبة.

Palestine Polytechnic University

Project Title

Rehabilitation and design of Aldaawa Street-Yatta

Project Team

Mo'men Jboor Sari Alhmamda Mohammad Wahdeen

Supervisor

Eng. Musa'b Shaheen

Abstract

The main objective of this project is to rehabilitate and design Aldaawa Street that links the main street of Yatta town to the street leading to "Khallet Almayeh". This project has been chosen because of the poor current status of the street and due its inconsistency with the master plans of Yatta city. The aim through this project is to design a safe and comfortable street for passenger traffic through designing horizontal and vertical curves by the applicable laws of engineering, as well as want to design road longitudinal and sectional slopes to drain rain water well, and to develop an effective lighting system, and put signals and traffic signs at the right places.

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
صفحة العنوان	I
شهادة تقييم المشروع	II
الإهداء	III
الشكر والتقدير	VI
الملخص(بالعربية)	VII
الملخص(بالإنجليزية)	VIII
فهرس المحتويات	IX
فهرس الأشكال	XVI
فهرس الجداول	XVIII

الفصل الأول

المقدمـــة

١-١ مقدمة عامة	١
١-٢ نبذة عن مدينة يطا	٢
١-٣ منطقة المشروع	٢
١-٤ أهداف المشروع	٣
١-٥ طريقة البحث	٣
١-٦ العوائق والصعوبات	٣
١-٧ هيكلية المشروع	٣
١-٨ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدم	٥
١- ٩ الجدول الزمني	٦

الفصل الثاني

الأعمال المساحية والمضلعات

٢-١ مقدمة	٨
٢-٢ الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق	٨
٢-٢-١ دراسة الخرائط (Map Study)	٨
٢-٢-٢ المساحة الاستطلاعية (Reconnaissance)	٩
٢-٢-٣ المسح الابتدائي (Preliminary Survey)	٩

٢-٢-٤ المساحة التفصيلية (Detailed Surveys) ١٠
٢-٢-٥ الأعمال المساحية النهائية (Final survey) ١٠
٢-٣ المضلعات (Traverses) ١٠
٢-٤ أنواع المضلعات (Types of Traverses) ١٠
٢-٤-١ المضلع المفتوح (Open Traverses) ١١
٢-٤-٢المضلع المغلق (Closed Traverses) ١٢
٢-٥القراءات ١٤
٢-٦ حساب إحداثيات المحطات قبل التصحيح ١٤
٢-٦-١ حساب الإحداثيات الابتدائية للنقاط ١٥
٢-٧ تصحيح الأخطاء للمضلع (Reduction of Error) ١٥
٢-٧-١ الأخطاء في المسافات(Error in distance) ١٥
٢-٧-٢ الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز(Instrument Centering Error) ١٥
٢-٧-٣ أخطاء التوجيه (Target Centering) ١٧
٢-٧-٤ الأخطاء في قياس الزوايا ١٧
٢-٨ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات ١٧
٢-٨-١ Linear & Angular Misclousre Method ٢١
٢-٨-٢ Least Square Method .....

الفصل الثالث

مشاكل الطريق وطرق المعالجة المقترحة

٣-١ مقدمة ٢٤
٣-٢ تعريف بالمشاكل ٢٤
٣-٣ عيوب الرصف الإسفلتي ٢٥
٣-٣-١ الشقوق التمساحية أوالكلل (Alligator/Fatigue Cracking) ٢٥
٣-٣-١-١ وصف للمشكلة ٢٥
٣-٣-١-٢ أسباب مشكلة الشقوق التمساحية أوالكلل ٢٦
٣-٣-١-٣ طرق معالجة المشكلة ٢٦
٣-٣-٢ الشقوق الطولية والعرضية (Longitudinal and Transverse Cracks)..... ٢٦
٣-٣-٢-١ وصف للمشكلة ٢٧
٣-٣-٢-٢ أسباب مشكلة الشقوق الطولية والعرضية ٢٧
٣-٣-٢-٣ طرق معالجة المشكلة ٢٧
٣-٣-٣ الحُفر (Potholes) ٢٧
٣-٣-٣-١ وصف للمشكلة ٢٧
٣-٣-٣-٢ أسباب الحُفر ٢٨
٣-٣-٣-٣ طرق معالجة المشكلة .....

٣-٣-٤ التطاير والتآكل (Raveling and Weathering) ٢٨
٣-٣-٤-١ وصف للمشكلة ٢٨
٣-٣-٤-٢ أسباب مشكلة التطاير والتآكل ٢٨
٣-٣-٤-٣ طرق معالجة المشكلة ٢٩
٣-٣-٥ البري أو صقل الحصى (Polished Aggregate) ٢٩
٣-٣-٥-١ وصف للمشكلة ٢٩
٣-٣-٥-٢ أسباب مشكلة البري أو صقل الحصى ٣٠
٣-٣-٥-٣ طرق معالجة المشكلة ٣٠
٣-٣-٦ التموجات (Corrugation) ٣٠
٣-٣-٦-١ وصف للمشكلة ٣٠
٣-٣-٦-٢ أسباب مشكلة التموجات ٣٠
٣-٣-٦-٣ طرق معالجة المشكلة ٣١
٣-٣-٧ الرقع (Patching) ٣١
٣-٣-٧-١ وصف للمشكلة ٣١
٣-٣-٧-٢ أسباب مشكلة الرقع ٣١
٣-٣-٧-٣ طرق معالجة المشكلة ٣٢
٣-٣-٨ الهبوط (Landing) ٣٢
٣-٣-٨-١ وصف للمشكلة ٣٢
٣-٣-٨-٢ أسباب مشكلة الهبوط ٣٢
٣-٣-٨-٣ طرق معالجة المشكلة ٣٣
٣-٤ عدم وجود جدران إستنادية في بعض المناطق ٣٣
٣-٤-١ وصف للمشكلة ٣٣
٣-٤-٢ طرق معالجة المشكلة ٣٣
٣-٥ ضيق الطريق الذي يحتوي على الكثير من المنحيات الضيقة والتي يظهر فيها استغلال
المركبات لجوانب الطريق غير المعبدة كجزء من الطريق ٣٤
٣-٥-١ وصف للمشكلة ٣٤
٣-٥-٢ طرق معالجة المشكلة ٣٥
٣-٦ عدم وجود اللافتات الارشادية أو اشارات المرور ٣٥
٣-٦-١ صف للمشكلة ٣٥
٣-٦-٢ طرق معالجة المشكلة ٣٦
٣-٧ الإضاءة غير كافية على الطريق ٣٦
٣-٧-١ وصف للمشكلة ٣٦
٣-٧-٢ طرق معالجة المشكلة ٣٦
٣-٨ مطبات مخالفة للأسس المعيارية ٣٧
٣-٨-١ وصف للمشكلة ٣٧
٣-٨-٢ طرق معالجة المشكلة ٣٧
٣-٨-٢-١ المطب القصير (Speed Bump) ٣٨

٣-٨-٢-٢ المطب الانسيابي (Speed Hump) ٣٨
٣-٨-٢-٣ مطب السطح العلوي المستوي (Speed Table) ٣٩
٣-٩ مشكلة تصريف مياه الأمطار ٤١
٣-٩-١ وصف للمشكلة ٤١
٣-٩-٢ طرق معالجة المشكلة ٤١

الفصل الرابع

التصميم الهندسي للطريق

٤-١ مقدمة ٤٢
٤-٢ تصنيف الطرق ٤٢
٤-٢-١ التصنيف الوظيفي للطرق الحضرية ٤٢
٤-٢-٢ درجات الطرق التصميمية (Design Classes) ٤٣
٤-٣ السرعة التصميمية (Design speed) ٤٤
٤-٤ قطاع الطريق ٤٤
٤-٥ حارة الطريق ٤٤
٤-٦ الجزر الفاصلة بين الاتجاهين (Medians) ٤٥
٤-٧ سطح الطريق ٤٥
٤-٧-١ الميول العرضية ٤٥
٤-٧-٢ الميول الطولية ٤٦
٤-٧-٣ أكتاف الطريق ٤٦
٤-٧-٤ الميول الجانبية ٤٦
٤-٧-٥ الجدر الإستنادية ٤٧
٤-٧-٦ اشتراطات الطريق لتصميم المطب ٤٧
٤-٨ التصميم الأفقي (Horizontal Alignment) ٤٩
٤-٨-١ المنحنيات الأفقية الدائرية ٤٩
٤-٨-١-١ المنحنيات الدائرية البسيطة (Curves Simple Circular) ٤٩
٤-٨-١-٢ المنحنيات الدائرية المركبة (Compound Circular Curves) ٥١
٤-٨-١-٣ المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر (Broken-Back Circular Curves) ٥٢
٤-٨-١-٤ المنحنيات الدائرية العكسية (Reversed Circular Curves) ٥٢
٤-٨-٢ المنحنيات الانتقالية ٥٣
٤-٨-٣ التعلية أو ارتفاع ظهر المنحنى ٥٤
٤-٩ التصميم الرأسي للطريق (Vertical Alignment) ٥٩
٤-٩-١ تصميم المنحنيات الرأسية ٦١
٤-٩-٢ مسافة الرؤية ٦٣
٤-٩-٢-١ مسافة الرؤية للتوقف ((Stopping Sight Distance(SSD) ٦٣

٤-٩-٢-٢ مسافة الرؤية للتجاوز((Passing Sight Distance:(PSD) ٦٥
٤-٩-٣ تصميم مسافة الرؤية في حالة المحنيات الرأسية ٦٧
٤-٩-٣-١ حساب طول المنحنى المحدب لمسافة التجاوز ٦٧
٤-٩-٣-٢ حساب طول المنحنى المقعر لمسافة ٦٧
٤-١٠ تصريف مياه الأمطار عن الطريق ٦٨

الفصل الخامس

حجم وإشارات المرور

٥-١ مقدمة ٦٩
٥-٢ حجم المرور ٦٩
٥-٢-١ تعريف ٦٩
٥-٢-٢ التعداد ٦٩
٥-٢-٢-١ فترات التعداد ٧٠
٥-٢-٢-٢ أنواع التعداد على الطريق ٧٠
٥-٢-٢-٣ وسائل اجراء التعداد ٧١
٥-٣ السير الحالي والمستقبلي ٧١
٥-٤عمر الطريق ٧١
٥-٥ سعة الطريق ٧٢
٥-٦ تعداد المركبات ٧٢
٥-٧ إشارات المرور ٧٦
٥-٧-١ أنواع الإشارات ٧٦
٥-٧-٢ مواصفات الإشارات ٧٦
٥-٧-٣ موقع الإشارة ٧٧
٥-٨ علامات المرور على الطريق (Traffic Marking) ٧٩
٥-٨-١ أهداف علامات المرور ٩
٥-٨-٢ الشروط الواجب توفرها في علامات المرور ٧٩
٥-٨-٣ أنواع علامات المرور ٧٩
٥-٩ الإضاءة على الطرق ٨٠
٥-٩-١ مواصفات الإضاءة ٨٠
٥-٩-٢ أنواع المصابيح الرئيسية ٨٠
٥-٩-٣ ترتيب الأعمدة على الطريق ٨٢
٥-٩-٤ خطوات تصميم أعمدة الإضاءة على الطريق ٨٣

الفصل السادس

التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية

٦-١ مقدمة ٨٤
٦-٢ أنواع الرصف المختلفة ٨٤
٦-٣-١الرصف المرن (Flexible Pavement) ٨٤
٦-٣-٢ الرصف الصلب (Rigid Pavement) ٨٦
٦-٤ أسباب إعادة التصميم الإنشائي للطريق ٨٧
٦-٤ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة ٨٧
٦-٤-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modified Proctor Test) ٨٧
٦-٤-١-١ إختبار بروكتور المعدل لطبقة (Sub grade) ٨٩
٦-٤-١-٢ إختبار بروكتور المعدل لطبقة (Base course) ٩٠
٦-٤-٢ نسبة تحمل كاليفورنيا ((California Bearing Ratio(CBR)..... ٩١
٦-٤-٢-١ الأدوات المستخدمة في التجربة ٩٣
٦-٤-٢-٢ خطوات عمل الاختبار ٩٣
٦-٥ تصميم الرصفة المرنة (Flexible Pavement) ٩٨
٦-٥-١حساب قيمة (ESAL) ٩٨
٦-٥-١-١الحمل المكافئ لمحور مفرد ٩٨
٦-٥-١-٢معامل حمل المحور المكافئ ٩٨
٦-٥-٢حساب سماكة طبقات الرصف ١٠٣
٦-٥-٢-١معامل الرجوعية (Mr) ١٠٣
٦-٥-٢-٢ الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة ١٠٤
٦-٥-٢-٣ الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation) ١٠٤
٦-٥-٢-٤ الرقم الإنشائي (SN) ١٠٤
٦-٥-٢-٥ موثوقية تصميم الرصفة المرنة ١٠٦

الفصل السابع

كميات الحفر والردم

٧-١ حساب كميات الإسفلت وطبقة الأساس(Base Course) لطريق المشروع ١١٣
٧-٢ التكلفة ١١٣
٧-٢-١ حساب تكلفة الطريق ١١٣
٧-٢-١-١ تكلفة الرصفة (Pavement)..... ١١٤
٧-٢-١-٢ تكلفة الحفر والردم ١١٤
٧-٢-١-٣ تكلفة صيانة الطريق ١١٥

الفصل الثامن

النتائج والتوصيات

١٠-١ النتائج ١١٦
١٠-٢ التوصيات ١١٦

المصادر والمراجع

الملاحق

الملحق ١ ..... شكل المضلع
الملحق ٢ ..... تربيط المحطات
الملحق ٣ ..... الإحداثيات المصححة من برنامج (Adjust)
الملحق ٤ ..... (Horizontal Alignment Curve Report)
الملحق ٥ ..... (Vertical Alignment Curve Report)

الملف المرفق هو:

المخططات الخاصة بالتصميم الهندسي للطريق .

فهرس الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
١-١	منطقة المشروع	٢
١-٢	Open Traverse	١١
٢-٢	Closed loop Traverse	١١
٣-٢	Closed link Traverses	١١
١-٣	شقوق تمساحيه واقعة على جوانب الطريق	٢٥
٢-٣	شق عرضي في مستوى منخفض من الشدة	٢٦
٣-٣	حفر ذات قطر وعمق مختلف	٢٧
٤-٣	تآكل الرصفة السطحية للطريق	٢٨
٥-٣	تعري الحصى من المادة الإسفلتية وزيادة النعومة	٢٩
٦-٣	تموجات متتالية ومتقاربة	٣٠
٧-٣	مشكلة الترقيع في شارع الدعوة	٣١
٨-٣	مشكلة الهبوط في شارع الدعوة	٣٢
٩-٣	الحاجة لوجود جدران استنادية	٣٣
١٠-٣	مشكلة ضيق الطريق	٣٤
١١-٣	إفتقار التقاطع الى الاشارات أو العلامات	٣٥
١٢-٣	الحاجة إلى الإضاءة على الطريق	٣٦
١٣-٣	مطب مخالف للأسس المعيارية	٣٧
١٤-٣	شكل المطب القصير	٣٨
١٥-٣	عناصر المطب الانسيابي	٣٩
١٦-٣	عناصر المطب السطح العلوي المستوي	٤٠
١٧-٣	تأثير مياه الأمطار على جوانب الطريق	٤١
١-٤	درجات الطرق التصميمية(Design Classes)	٤٣
٢-٤	نموذج من مقطع عرضي لطريق الدعوة	٤٤
٣-٤	الميول العرضية	٤٥
٤-٤	الميول الطولية	٤٦
٥-٤	بعض أشكال الجدران الإستنادية	٤٧
٦-٤	عناصر المنحنى الدائري	٤٩
٧-٤	درجة المنحنى	٥٠
٨-٤	عناصر المنحنى الدائري المركب	٥١
٩-٤	المنحنى الدائري مكسور الظهر	٥٢
١٠-٤	المنحنيات العكسية	٥٣
١١-٤	التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة الطاردة المركزية	٥٤
١٢-٤	تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات	٥٤

٤-١٣	الدوران حول المحور	٥٦
٤-١٤	الدوران حول الحافة الداخلية	٥٧
٤-١٥	الدوران حول الحافة الخارجية	٥٨
٤-١٦	المنحنى الرأسي	٥٩
٤-١٧	الأشكال المختلفة للمنحنيات الرأسية	٦١
٤-١٨	العناصر التصميمية للمنحنيات الرأسية	٦٢
٤-١٩	مسافة التجاوز	٦٥
٥-١	المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم أعمدة الإنارة للطرق	٨١
٦-١	طبقات الرصف المرن	٨٦
٦-٢	منحنى العلاقة بين المحتوى الرطوبي والكثافة الجافة لطبقة (sub grade)	٨٩
٦-٣	منحنى العلاقة بين المحتوى الرطوبي والكثافة الجافة لطبقة (Base course)	٩٠
٦-٤	الجهاز المستخدم في تجرب (CBR)	٩٢
٦-٥	منحنى العلاقة بين الإجهاد والغرز لطبقة (Sub grade)	٩٥
٦-٦	منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز لطبقة (Base course)	٩٦
٦-٧	صور من الأعمال المخبرية للعينات	٩٧
٦-٨	توزيع الرقم الانشائي (SN)	١٠٥
٦-٩	منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية(a1)	١٠٧
٦-١٠	معامل طبقة Base (a2)	١٠٧
٦-١١	منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي لطبقات الرصفة المرنة (SN)	١٠٨
٦-١٢	منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي (SN1)	١٠٩
٦-١٣	منحنى إيجاد قيمة (SN2)	١٠٩

فهرس الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
١-٤	الجدول الزمني لمقدمة التخرج في إعادة تأهيل وتصميم شارع الدعوة	٦
٢-٤	الجدول الزمني لمشروع التخرج في إعادة تأهيل وتصميم طريق الدعوة	٧
٣-٤	القراءات التي تم رصدها للمضلع في الميدان	١٢
٤-٤	معدل الزوايا المرصودة والمسافات	١٣
٥-٤	الإحداثيات غير المصححة للمحطات	١٤
٦-٤	الإحداثيات المعلومة المأخوذة من GPS	١٥
٧-٤	قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية	١٦
٨-٤	المسافات المقروءة بين المحطات و مقدار الخطأ في كل مسافه	١٦
٩-٤	يوضح الانحرافات للأضلاع	١٨
١٠-٤	الانحرافات المصححة	١٨
١١-٤	الإحداثيات المصححة	١٩
١٢-٤	المسافات المصححة	٢٠
١٣-٤	الإحداثيات المصححة للمحطات	٢٣
١-٥	يوضح أساليب الصيانة المقترحة للشقوق التمساحيه	٢٦
١-٦	السرعة حسب تصنيف الطريق	٤٤
٢-٦	اشتراطات الطريق في منطقة انشاء المطب	٤٨
٣-٦	معادلات وعناصر المنحنيات الدائرية	٥٠
٤-٦	نصف قطر المنحنى بالرجوع إلى درجته	٥١
٥-٦	معادلة مجموعة القوى المؤثرة على المركبة حسب (U.S.C Units & Metric Units)	٥٥
٦-٦	الحد الأدنى المطلق لقيمة نصف القطر	٥٩
٧-٦	الانحدارات القصوى المقبولة حسب مواصفات (AASHTO)	٦٠
٨-٦	قيم الأطوال الحرجة للمنحدرات حسب مواصفات (AASHTO)	٦١
٩-٦	معادلات وعناصر المنحنيات الرأسية	٦٢
١٠-٦	مسافة الربط في حالة الربط المبلل	٦٤
١١-٦	مسافة الربط في حالة الرصف الجاف	٦٥
١٢-٦	مسافة التجاوز التصميمية	٦٦
١-٧	سعة الطريق حسب مواصفات هيئة (AASHTO)	٧٢
٢-٧	تعداد المركبات	٧٣
٣-٧	متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع	٧٤
١-٨	إشارات التحذير ومدلولاته	٧٧
٢-٨	إشارات الإرشاد ومدلولاتها	٧٨
١-٩	المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة	٨٣
١-١٠	نتائج اختبار بروكتور المعدل لطبقة (Base course)	٨٩
٢-١٠	نتائج اختبار بروكتور المعدل لطبقة (Base course)	٩٠

٣-٣	يوضح بعض قيم نسبة التحمل(CBR).....	٩١
٤-٣	المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في الاردن وفلسطين.....	٩١
٥-٣	حساب نسبة التحمل(CBR).....	٩٢
٦-٣	نتائج اختبار (CBR).....	٩٤
٧-٣	نتائج اختبار(CBR) لطبقة (Base course)	٩٥
٨-٣	نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية (fd).....	٩٩
٩-٣	معامل النمو(G_r).....	١٠٠
١٠-٣	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية.....	١٠١
١١-٣	عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات.....	١٠٢
١٢-٣	المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات a2 معامل الطبقة لطبقة الأساس الحصوية	١٠٣
١٣-٣	المقابل لمعامل مرونة الطبقة الإسفلتية عند درجة حرارة a1 معامل طبقة الخلطة الإسفلتية (20C).....	١٠٤
١٤-٣	الانحراف المعياري حسب نوع الطريق.....	١٠٤
١٥-٣	تعريف جودة التصريف.....	١٠٥
١٦-٣	معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi).....	١٠٥
١٧-٣	مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق.....	١٠٦
١٨-٣	بالرجوع لمقدار الموثوقية قيم (ZR).....	١٠٦
١٩-٣	سماكات طبقات الطريق.....	١١٠
٢٠-٣	كميات الحفر والردم.....	١١١
٢١-٣	كميات طبقات الرصفة المرنة.....	١١٥
٢٢-٣	كميات الحفر والردم.....	١١٥

الفصل الأول

المقدمـــة

١-١ مقدمة عامة

أعمال الطرق بين الماضي والحاضر وإلى المستقبل لها الدور الرئيسي في التطور العسكري والاقتصادي والاجتماعي، حيث أنها تعكس مدى درجات التطور والنمو الحضاري لهذه المنطقة ومدى درجات السلامة و الأمان المتوفرة أمام المواطنين ومستخدمي هذه الطرق ومدى سبل الراحة على هذه الطريق.
وبالنظر إلى أولى اللحظات التي بدأ الإنسان بتسطير تاريخ الحضارة البشرية كانت أعمال فتح و شق الطرق بناء على طبيعة الطريق و يرجع الاهتمام بطبيعة الطريق إلى طبيعة الحاجة إليها، ففي الماضي كانت الطرق تستخدم لمرور الأشخاص أي مسرب صغير فقط و ذلك لأنه لم يكن هناك تلك المركبات المختلفة و لم تكن طبيعة الأعمال في الماضي تحتاج إلى المركبات الضخمة بل كانت تقتصر على الدواب التي كانت تتنقل في مواسم الفلاحة، ومن الماضي إلى الحاضر حيث تكون علم الطرق ليصبح مسح ودراسة وتحليل وتصميم .

بصورة عامة فإن علم الطرق يبدأ بمسح المنطقة المراد فتحها أو شقها وبدراسة طبوغرافية المنطقة والأهمية الجيولوجية فيها و إعداد التصاميم ودراسة المواد وخواصها للوصول إلى التصميم الهندسي الذي يوفر الدرجة المطلوبة من الأمان والراحة بإيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل المسار ومسافات الرؤية والعروض والانحدارات وبتحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم بعد موازنة بعض العوامل مثل أهمية الطريق وتقدير حجم وخصائص المرور والتضاريس والتكلفة الممكنة.

ولابد في البداية من تصنيف الطرق من حيث كونها طرقا رئيسية أو فرعية أو محلية وتحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم اللذان هما القاعدة الأساسية لوضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الراسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم بهذه الحدود التوصل إلى مسقط أفقي وقطاع طولي للطريق.

ومن ثم مرحلة تفاصيل الأبعاد الهندسية، لتليها مرحلة التخطيط لتوقيع محور مسار الطريق على الطبيعة في كل من المستوى الأفقي والرأسي.

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

١-٢ نبذة عن مدينة يطا[1]

مدينة يطا لها تاريخ قديم يعود للعهد الكنعاني حيث سكن الكنعانيون القدماء فلسطين في العصور السابقة وسميت البلدة يوطه "Yutta"والتي تعني الأرض المنبسطة، كما أنه في العهد الروماني ذكرت باسم "Ietacm" ولكن البلدة القديمة نفسها نشأت في العهد العثماني.

ومن حيث الموقع مدينة يطا جنوب محافظة الخليل على بعد ١٢ كم ، مدينة يطا تشكل المنطقة الانتقالية بين جبال الخليل المرتفعة شمالاً ومنطقة النقب المنبسطة جنوباً.

ومعدل الأمطار السنوي حوالي (٣٩٥) ملم ، أما بالنسبة الى كميات الأمطار الساقطة غير منتظمة ولا تكفي للزراعة، ومن الضروري التعرف على المعدل السنوي لدرجات الحرارة الدنيا حيث يبلغ ٧.٣ درجة مئوية في حين أن المعدل السنوي لدرجات الحرارة القصوى ٢٢.٩ درجة مئوية والمدى الحراري السنوي يبلغ حوالي ١٣.٢ درجة مئوية ، وبمعدل رطوبة ٦١ %.

١-٣ منطقة المشروع

تقع هذه الطريق في الشمال الشرقي لمدينة يطا في منطقة فتوح ، تحديدا في المنطقة الواقعة ما بين مركز فتوح ومسجد مركز الدعوة ومدارس الأنصار الخاصة، و يبلغ طول الطريق حوالي ١٥٠٠م وعرضه حوالي ٦ م .

شكل (١-١) منطقة المشروع.

وفيما يلي الشكل (١-١) الذي يوضح منطقة المشروع بصورة أكثر وضوح :

---

[1] المرجع رقم [١]

Aldaawa Street Photo
مدارس الانصار الخاصة
مسجد الدعوة
N
W
E
S
Legend
street type
arterial
collector
Adawaa st
local
Preperd By
Mohamad Whadeen
1:2,400

١-٤ أهداف المشروع

لما كان علم الطرق يعالج سبل وراحة وأمان مستخدمي الطريق فمن المرجو بعد إنجاز هذا المشروع تحقيق الأهداف التالية:

- توفير سبل الراحة لمستخدمي الطريق.
- إعادة تأهيل الطريق من حيث المسارات و مسافات الرؤية والسرعة التصميمية للطريق والمنحنيات.
- إعادة تصميم الميول الطولية والعرضية للطريق.

١-٥ طريقة البحث

- القيام بتحديد موضوع البحث (إعادة تأهيل وتصميم شارع الدعوة) والاستفسار عن الموضوع من المشرف والتأكد من مكتبة الجامعة من عدم وجود تكرار استخدام هذا الشارع في مشاريع سابقة والذهاب إلى الجهات المختصة مثل بلدية يطا للاستفسار عن وجود مخطط تفصيلي للشارع.
- تحديد منطقة العمل ومن ثم القيام بزيارة استطلاعية للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم والتنفيذ من أجل الحصول على أفضل وأدق النتائج.
- البدء بالبحث في المكتبة والإنترنت عن المراجع والمصادر التي يمكن الاستفادة منها في هذا المشروع.
- القيام بتنفيذ العمل الميداني مبتدئين بعمل المضلع (Traverse) للطريق وتصحيحه من الأخطاء باستخدام طريقة اقل المربعات (Adjustment by Least Squares) وذلك من أجل الحصول على أعلى دقة في العمل المساحي .
- البدء بكتابة المشروع مراعياً الأصول والشروط الواجب توفرها مع مراعاة مراجعة المشرف.
- القيام بزيارة بلدية يطا من اجل التعرف على القوانين المتبعة في التخطيط والتصميم من حيث السرعة القصوى للمرور وعرض الحارة والارتدادات والأرصفة وغيرها من عناصر التصميم للطريق.

١-٦ العوائق والصعوبات

١- كثرة المركبات المارة في هذه المنطقة.
٢- كثرة التفاصيل حول الطريق والذي يؤدي إلى صعوبة العمل الميداني.
٣- ازدحام الطريق بطلبة المدارس.
٤- الازدحام الشديد عند أوقات الصلاة نظرا لوجود مركز الدعوة.

١-٧ هيكلية المشروع

لقد تم تقسيم البحث ليشتمل على عدة فصول كالتالي:

- الفصل الأول: **المقدمة** الذي يحتوي على فكرة عامة عن البحث ومنطقة المشروع والأهداف المرجوة من المشروع والعوائق والصعوبات بالإضافة إلى الأجهزة والبرامج المستخدمة وأخيرا الجدول الزمني للقيام بمقدمة المشروع.

- **الفصل الثاني : الأعمال المساحية والمضلعات** الذي يحتوي على مقدمة عامة بالإضافة إلى الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق التي تتضمن دراسة الخرائط و المساحة الاستطلاعية، و المسح الابتدائي، و المساحة التفصيلية، و الأعمال المساحية النهائية ومن ثم مقدمة عامة في المضلعات ومن ثم يتم تحديد أنوع المضلعات و القراءات التي يتم رصدها في الميدان ومن ثم حساب إحداثيات المحطات قبل التصحيح و تصحيح الأخطاء للمضلع وتصحيح أخطاء الإحداثيات بإستخدام طريقة (Linear and Angular Misclousre Method) وطريقة (Least Square Method) .
- **الفصل الثالث: مشاكل الطريق وطرق المعالجة المقترحة** الذي يحتوي على مقدمة عن المشاكل والأهداف المرجوة بعد علاجها وتحديد المشاكل التي يعاني منها الطريق والتي تتضمن عيوب الرصف الإسفلتي المكونة من الشقوق التمساحية و الشقوق الطولية والعرضية و الحُفر والتآكل والتطاير و صقل الحصى و الرفع وأخيرا الهبوط وتقديم والوصف لكل مشكلة وأسبابها وطرق علاجها، ومن مشكلة الحاجة لجدارن إستنادية وضيق الطريق خاصة على المنحنيات ومن ثم الحاجة إلى اللافتات الإرشادية أو العلامات والحاجة للإضاءة وإعادة تصميم المطبات على الأسس المعيارية.
- **الفصل الرابع: التصميم الهندسي للطريق** الذي يحتوي مقدمة عن الفصل وعن العوامل التي تم دراستها ومنها التعرف على تصنيف الطرق والسرعة التصميمية وقطاع الطريق وحارة الطريق والجزر الفاصلة بين الاتجاهين وسطح الطريق بالإضافة إلى التصميم الأفقي والتعلية والتصميم الراسي للطريق وتصريف مياه الأمطار عن الطريق.
- **الفصل الخامس: حجم وإشارات المرور** الذي يحتوي مقدمة عن الفصل بالإضافة إلى تعريف حجم المرور وتعداد المركبات وفترات وأنواع ووسائل التعداد بالإضافة إلى السير الحالي والمستقبلي على الطريق بالإضافة إلى ذلك معرفة عمر وسعة الطريق والذي يحتوي أيضا على إشارات المرور وأنواع ومواصفات الإشارات وموقع الإشارة بالإضافة إلى ذلك دراسة علامات المرور على الطريق والإضاءة على الطريق .
- **الفصل السادس: التصميم الانشائي للطريق** الذي يحتوي على مقدمة عن التصميم الانشائي للطريق بالاضافة الى انواع الرصف المختلفة ودراسة الرصف المرن (Flexible Pavement) ، بالإضافة لذلك دراسة فحوصات التربة اللازمة لطبقات الرصف والعمل على تصميم الرصفه المرنة وذلك لتحديد سمك كل طبقة من طبقات الرصف.
- **الفصل السابع: حساب الكميات وتكلفة المشروع** الذي يحتوي على حساب الكميات المطلوبة من طبقة (Base course) وطبقة الإسفلت وكذلك حساب كميات الحفر والردم وبعض الكميات الأخرى.
- **الفصل الثامن: النتائج والتوصيات** الذي يحتوي على ما تم التوصل إليه من نتائج وتوصيات لازمة لتنفيذ المشروع.

- **الفصل الثاني : الأعمال المساحية والمضلعات** الذي يحتوي على مقدمة عامة بالإضافة إلى الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق التي تتضمن دراسة الخرائط و المساحة الاستطلاعية، و المسح الابتدائي، و المساحة التفصيلية، و الأعمال المساحية النهائية ومن ثم مقدمة عامة في المضلعات ومن ثم يتم تحديد أنوع المضلعات و القراءات التي يتم رصدها في الميدان ومن ثم حساب إحداثيات المحطات قبل التصحيح و تصحيح الأخطاء للمضلع وتصحيح أخطاء الإحداثيات بإستخدام طريقة (Linear and Angular Misclousre Method) وطريقة (Least Square Method) .
- **الفصل الثالث: مشاكل الطريق وطرق المعالجة المقترحة** الذي يحتوي على مقدمة عن المشاكل والأهداف المرجوة بعد علاجها وتحديد المشاكل التي يعاني منها الطريق والتي تتضمن عيوب الرصف الإسفلتي المكونة من الشقوق التمساحية و الشقوق الطولية والعرضية و الحُفر والتآكل والتطاير و صقل الحصى و الرقع وأخيرا الهبوط وتقديم والوصف لكل مشكلة وأسبابها وطرق علاجها، ومن مشكلة الحاجة لجدارن إستنادية وضيق الطريق خاصة على المنحنيات ومن ثم الحاجة إلى اللافتات الإرشادية أو العلامات والحاجة للإضاءة وإعادة تصميم المطبات على الأسس المعيارية.
- **الفصل الرابع: التصميم الهندسي للطريق** الذي يحتوي مقدمة عن الفصل وعن العوامل التي تم دراستها ومنها التعرف على تصنيف الطرق والسرعة التصميمية وقطاع الطريق وحارة الطريق والجزر الفاصلة بين الاتجاهين وسطح الطريق بالإضافة إلى التصميم الأفقي والتعلية والتصميم الراسي للطريق وتصريف مياه الأمطار عن الطريق.
- **الفصل الخامس: حجم وإشارات المرور** الذي يحتوي مقدمة عن الفصل بالإضافة إلى تعريف حجم المرور وتعداد المركبات وفترات وأنواع ووسائل التعداد بالإضافة إلى السير الحالي والمستقبلي على الطريق بالإضافة إلى ذلك معرفة عمر وسعة الطريق والذي يحتوي أيضا على إشارات المرور وأنواع ومواصفات الإشارات وموقع الإشارة بالإضافة إلى ذلك دراسة علامات المرور على الطريق والإضاءة على الطريق .
- **الفصل السادس: التصميم الإنشائي للطريق** الذي يحتوي على مقدمة عن التصميم الانشائي للطريق بالاضافة الى انواع الرصف المختلفة ودراسة الرصف المرن (Flexible Pavement) ، بالاضافة لذلك دراسة فحوصات التربة اللازمة لطبقات الرصف والعمل على تصميم الرصفه المرنة وذلك لتحديد سمك كل طبقة من طبقات الرصف.
- **الفصل السابع: حساب الكميات وتكلفة المشروع** الذي يحتوي على حساب الكميات المطلوبة من طبقة (Base course) وطبقة الإسفلت وكذلك حساب كميات الحفر والردم وبعض الكميات الأخرى.
- **الفصل الثامن: النتائج والتوصيات** الذي يحتوي على ما تم التوصل إليه من نتائج وتوصيات لازمة لتنفيذ المشروع.

1-4 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة

- جهاز Total Station.
- الأدوات المستخدمة مع جهاز (Total Station) من :
  - شاخص
  - ميزان الشاخص.
  - عاكس.
  - حامل.
  - حامل الجهاز.
  - شريط متري.
- الأدوات المستخدمة في تثبيت النقاط على الشارع من :
  - مسامير.
  - علب رش.
  - مطرقة.
- Global Positioning System(GPS) .
- برنامج (AutoCAD).
- برنامج (Adjustment).
- برنامج (Arc Map10).
- Microsoft Office Programs
- AutoCAD civil 3D 2012 Imperial.

١-٩ الجدول الزمني

جدول (١-١) الجدول الزمني لمقدمة التخرج في إعادة تأهيل وتصميم طريق الدعوة

المهام	عدد الأسابيع	الأسبوع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
اختيار المشروع	٢																	
جمع المعلومات	٣																	
المساحة الاستطلاعية	٢																	
العمل الميداني	٣																	
حسابات المضلع	٣																	
تحضير التقرير الأولي	٩																	
تسليم التقرير الأولي للمشرف	٨																	
تسليم التقرير النهائي	١																	

جدول (١-٢) الجدول الزمني لمشروع التخرج في إعادة تأهيل وتصميم طريق الدعوة.

الفعالية	عدد الأسابيع	الأسبوع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
تحليل أخطاء مقدمة المشروع		١																
تحليل القراءات التي تم الحصول عليها من مسح الطريق إلى الكمبيوتر وترسيمها		١																
تجميع المعلومات حول التصميم الهندسي للطريق		٢																
حل المنحنيات الرأسية وحساباتها		٣																
حساب سمك طبقات الطريق		٣																
رسم المخططات الطولية والعرضية والمقاطع العرضية للطريق		٦																
حساب كميات الحفر والردم		٢																
تحضير المشروع بشكله الأولي		١٥																
تسليم المشروع بشكله النهائي		١																

الفصل الثاني

الأعمال المساحية والمضلعات

٢-١ مقدمة

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

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

- أن يكون الطريق اقصر ما يمكن.
- أن يكون الميل مناسبا قدر الإمكان.
- أن تكون الاستفادة من الطريق اكبر ما يمكن.
- أن تكون التكلفة اقل ما يمكن

٢-٢ الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق

قبل توقيع مسار الطريق على الخرائط يجب أن تؤخذ العوامل الأساسية التي تتحكم في تخطيط الطريق بعين الاعتبار قبل المرور في مرحلة الأعمال المساحية التي يجب أن تنفذ في تخطيط وإنشاء الطريق وتقسم إلى:

- دراسة الخرائط (Map Study).
- المساحة الاستطلاعية (Reconnaissance).
- المسح الابتدائي (Preliminary Surveys).
- المساحة التفصيلية (Detailed Surveys).
- الأعمال المساحية النهائية (Final survey).

٢-٢-١ دراسة الخرائط (Map Study)

من واقع الخرائط الطبوغرافية المتاحة يمكن تحديد عدة مسارات بديلة وتوقيعها على هذه الخرائط ولكن في جميع الأحوال يجب الرجوع إلى الطبيعة للتعرف على الواقع الفعلي والتفصيلي. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار النقاط التالية عند توقيع مسار الطريق:

أ- تجنب عبور الوديان أو البرك أو البحيرات والمستنقعات.

ب- عندما يتطلب الأمر صعود الطريق إلى أعلى مرتفع أو هضبة (Hill) يجب أن لا يتعدى انحدار الخط الانحدار المسموح به.

ولكن بما أن المسار موجود أصلا، لهذا رجعنا إلى الطبيعة مباشرة للإطلاع على الطريق فوجدنا أن المسار المختار على ارض الواقع مناسب من حيث عبور الوديان و معظمه يمر على سفح سلسلة التلال الموجودة، أما بالنسبة للخرائط الموجودة عن تلك المنطقة وبعد الرجوع إلى البلدية (بلدية يطا) تبين انه لا يوجد عندهم أي خرائط مفصلة للطريق نستطيع الاستفادة منها.

٢-٢-٢ المساحة الاستطلاعية (Reconnaissance)

مهما كانت الخرائط بين يدي المهندسين كاملة ووافية وغنية بالمعلومات إلا انه من الضروري جدا القيام بعملية المساحة الاستطلاعية وذلك لكي يقوم المهندس المصمم بالمرور على المنطقة المراد إقامة الطريق عليها حيث من الممكن أن يضطر إلى تعديل المسار لأمور أخرى غير ظاهرة على الخرائط ، أما اهم المعلومات التي يتم جمعها بالمساحة الاستطلاعيه فهي كالتالي:

- الانحدار وطوله وأنصاف أقطار المنحنيات للمسارات البديلة.
- العوائق غير الظاهرة على الخرائط وتعترض مسار الطريق المقترح مثل الوديان، المستنقعات، والمرتفعات، ....الخ.
- نوع وطبيعة التربة للموقع المقترح للمسار، ومعرفة الأماكن التي يمكن تحدث فيها الإنزلاقات والانهيارات.
- مصادر المواد الإنشائية وكيفية الحصول عليها وعلى المياه اللازمة لإنشاء الطريق.

وهذا وقد قمنا قبل كل شيء بزيارة الموقع وعمل مسح استطلاعي للمنطقة للتعرف على طبيعة المنطقة وجيولوجيتها، كما تعرفنا على الانحدارات في الشارع، وفي نهاية المسح الاستطلاعي قد يتم تعديل المخطط أو تثبيته كما تم من خلال دراسة الخرائط.

٣-٢-٢ المسح الابتدائي (Preliminary Survey)

حيث تم القيام بعدة أعمال وهي :

- عمل مضلع مغلق (closed link traverse) للطريق وذلك بواسطة جهاز(Total station)، عن طريق البدء بنقطتين معلومتي الإحداثيات (Trig Point) تم الحصول على إحداثياتهما باستخدام جهاز (GPS)، حيث قمنا بنصب الجهاز على النقطة الأولى والتوجيه على النقطة الثانية (وهي معلومة الإحداثيات) ثم عمل مضلع على طول مسار الطريق، وفي آخر الطريق تم تحديد نقطتين معلومتي الإحداثيات للتأكد من صحة العمل.
- عمل رفع للطرق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية وأعمدة هاتف وكهرباء وأسوار وسلاسل وغيرها من التفاصيل.

- أخذ مقاطع عرضية للطريق تقريبا عند كل ٢٠م وذلك لحساب كميات الحفر والردم.

٢-٢-٤ المساحة التفصيلية (Detailed Surveys)

بعد المساحة الابتدائية يتم اختيار المسار النهائي المفضل حيث يتم توقيع محور هذا المسار ثم بعد ذلك تتم جميع عمليات المساحة التفصيلية اللازمة لتوقيع وتخطيط الطريق بوضع أوتار خشبية أو زوايا حديد على محور الطريق وعلى مسافات متقاربة في حدود ٢٠ مترا.

٢-٢-٥ الأعمال المساحية النهائية (Final survey)

تتضمن هذه الدراسة عادة رسم المقاطع الطولية لعدة مسارات لغايات تقدير كمية الأعمال الترابية من حفر وردم و تحديد مواقع الجسور والعبارات... الخ. كذلك لابد للفريق المصمم أن يأخذ بعين الاعتبار مختلف النواحي البيئية والاجتماعية والاقتصادية والفنية التي تسهل عملية اختيار مسار الطريق .

٢-٣ المضلعات (Traverses)[1]

المضلع هو عبارة عن مجموعة خطوط متصلة ببعضها البعض حيث تبدأ من نقطتين معلومتي الإحداثيات وتشكل بمجموعها خطا متكسرا يأخذ أشكال مختلفة ومسميات متعددة كالمغلق (Closed) والمفتوح (Open) والرابط (Connecting) والحلقي (Loop) وغير ذلك .

حيث تتفرع هذه الخطوط من نقاط معلومة (نقاط شبكة المثلثات العامة) ويتم قياس المسافة والزاوية الأفقية بين المحطات وتمتد باتجاهات مختلفة للإحاطة بالمباني و الطرق والساحات أو أي معلم .

ويعود الهدف في إنشاء المضلعات في تعيين محطات جديدة للقيام بعملية الرفع أو الرصد انطلاقا من نقاط معلومة قد تكون نقاط من شبكات المثلثات أو نقاط يتم وضعها بواسطة جهاز GPS أو أي طريقة أخرى.

٢-٤ أنواع المضلعات (Types of Traverses)

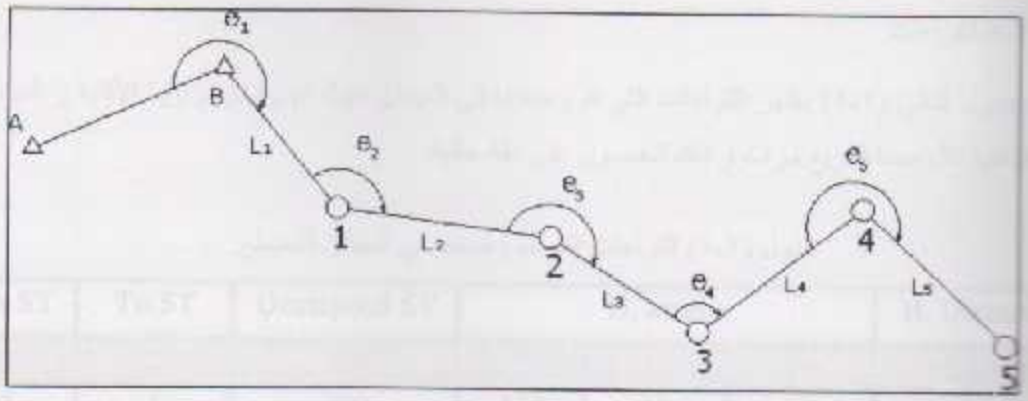
هناك الكثير من الأنواع المختلفة للمضلعات كما يلي :

٢-٤-١ المضلع المفتوح (Open Traverses)

يطلق هذا الاسم على كل مضلع غير مغلق الشكل (أو الأضلاع) حيث يبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي بالغلق أو القفل على نقطتين أخريين غير معلومتي الإحداثيات .

---

[1] المرجع رقم [٤]

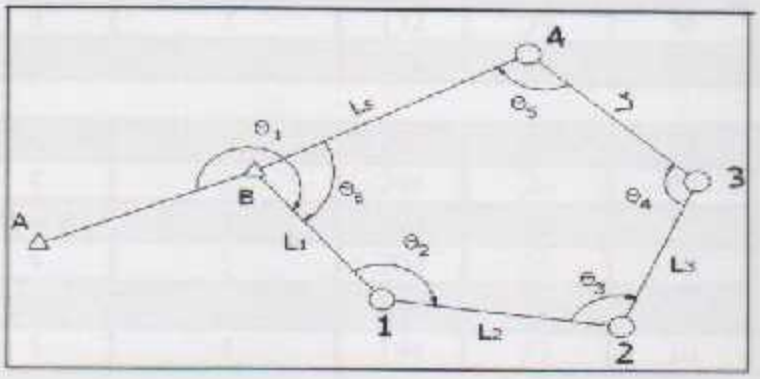


شكل (٢-١) مضلع مفتوح (Open Traverse).[1]

٢-٤-٣ المضلع المغلق (Closed Traverses)

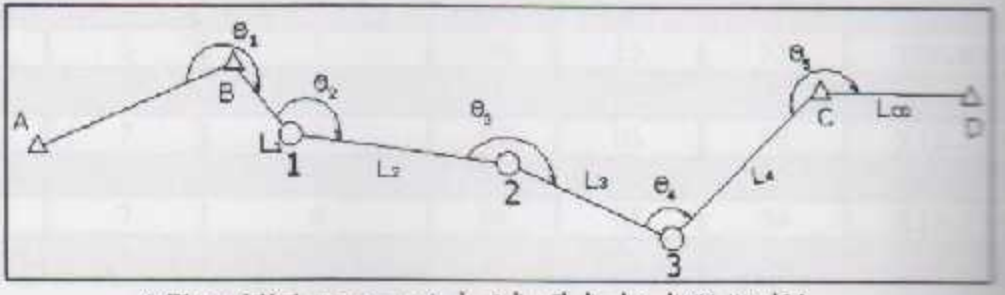
في هذا النوع من المضلعات، يكون المضلع مغلقاً من حيث عدد الأضلاع أو الشكل الخارجي، حيث يبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتي الإحداثيات وهو نوعين:

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



شكل (٢-٢) المضلع الحلقي مغلق (Traverse loop Closed).[2]

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



شكل (٢-٣) المضلع الحلقي المتصل (Closed link traverses).

[1] مرجع رقم [1]
[2] مرجع رقم [1]

٢-٥ القراءات

الجدول التالي (٢-١) يظهر القراءات التي تم رصدها في الميدان حيث تم رصد الزاوية الأفقية و المسافة الأفقية لكل محطة أربع مرات و ذلك للحصول على دقة عالية:

جدول (٢-١) القراءات التي تم رصدها في الميدان للمضلع.

From ST	To ST	Occupied ST	H. angle			H. Distance
301	1	300	354	11	14	129.171
301	1	300	354	12	08	129.151
301	1	300	354	10	59	129.151
301	1	300	354	11	38	129.157
300	2	1	155	35	32	157.721
300	2	1	155	35	31	157.722
300	2	1	155	35	34	157.712
300	2	1	155	35	46	157.707
1	3	2	172	40	20	160.870
1	3	2	172	40	07	160.916
1	3	2	172	39	56	160.895
1	3	2	172	40	08	160.891
2	4	3	204	20	24	39.148
2	4	3	204	20	00	39.132
2	4	3	204	19	56	39.136
2	4	3	204	20	30	39.129
3	5	4	194	53	10	88.247
3	5	4	194	53	07	88.239
3	5	4	194	52	09	88.233
3	5	4	194	53	32	88.238
4	6	5	186	16	25	106.047
4	6	5	186	16	14	106.043
4	6	5	186	16	18	106.046
4	6	5	186	15	55	106.044
5	7	6	94	05	47	213.118
5	7	6	94	06	05	213.122
5	7	6	94	05	34	213.114
5	7	6	94	05	58	213.123
6	8	7	140	53	38	92.189
6	8	7	140	54	05	92.185

6	8	7	140	53	58	92.179
6	8	7	140	53	23	92.188
7	9	8	176	44	20	55.232
7	9	8	176	45	50	55.241
7	9	8	176	45	51	55.241
7	9	8	176	45	54	55.240
8	501	9	192	09	0	76.529
8	501	9	192	08	28	76.523
8	501	9	192	09	14	76.529
8	501	9	192	09	21	76.526
9	502	501	244	09	08	66.077
9	502	501	244	08	10	66.068
9	502	501	244	09	25	66.053
9	502	501	244	09	48	66.055

و الجدول التالي(٢-٢) يظهر معدل الزوايا و المسافات الأفقية المرصودة من الميدان :

جدول (٢-٢) حساب معدل الزوايا المرصودة والمسافات.

From ST	To ST	H. angle			H. Distance
300	301	0	0	0	
300	1	354	11	29.7	129.157
1	300	0	0	0	
1	2	155	35	35.7	157.715
2	1	0	0	0	
2	3	172	40	7.75	160.893
3	2	0	0	0	
3	4	204	20	12.5	39.136
4	3	0	0	0	
4	5	194	52	59.5	88.239
5	4	0	0	0	
5	6	186	16	13	106.045
6	5	0	0	0	
6	7	94	5	51	213.119
7	6	0	0	0	
7	8	140	53	46	92.185
8	7	0	0	0	

8	9	176	45	28.7	55.238
9	8	0	0	0	
9	501	129	9	0.75	76.526
501	9	0	0	0	
501	502	244	9	7.75	66.063

٢-٢ حساب إحداثيات المحطات قبل التصحيح

يتم حساب الانحراف للخطوط بناءا على العلاقة التالية:

$$AZ\,(301-300) = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} + C \quad \text{.....(٢.١)}$$

For Example:

$$Az\,(301-300) = \tan^{-1}\frac{160576.378 - 160597.695}{95149.864 - 95255.142} = \tan^{-1}\frac{-21.317}{-105.278} + c = 11°26'57.97'' + 180°$$

$$= 191°26'47.9''$$

٢-٢-١ حساب الإحداثيات الابتدائية للنقاط

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

Δ Easting = Horizontal Distance × sin (azimuth)..... (٢.٢)

Δ Northing = Horizontal Distance × cos (azimuth)..... (٣.٢)

Easting = easting previous point + Δ easting.....(٤.٢)

Northing =Northing previous point + Δ northing.....(٥.٢)

ولقد تم حساب الإحداثيات غير المصححة عن طريق الحاسوب باستخدام برنامج Microsoft excel 2010.

والجدول التالي يشمل هذه الإحداثيات:

جدول (٢-٣) الإحداثيات غير المصححة للمحطات.

Station	Easting (m)	Northing (m)
1	160589.067	95278.396
2	160538.323	95427.725
3	160467.541	95572.211
4	160466.337	95611.328
5	160486.367	95697.263
6	160521.574	95797.293
7	160326.113	95882.233
8	160237.331	95857.418
9	160185.058	95839.564
501	160109.056	95830.626
502	160073.506	95886.308

ولقد تم تصحيح المضلع بناء على إحداثيات معلومة و صحيحة تم أخذها من GPS والجدول التالي يشمل هذه الإحداثيات:

جدول (٢-٤) الإحداثيات المعلومة المأخوذة من GPS

Station	Easting (m)	Northing (m)
300	160576.378	95149.864
301	160597.695	95255.142
501	160108.957	95830.335
502	160073.391	95885.945

٢-٧ تصحيح الأخطاء للمضلع (Reduction of Error)

الجهاز المستخدم في عملية الرصد هو جهاز Total Station Sokia Set (630RK)

وقيم الأخطاء في هذا الجهاز هي كالتالي:

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

٢-٧-١ الأخطاء في المسافات (Error in distance)

$$\sigma_D = \sqrt{(\sigma_i)^2 + (\sigma_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2} \quad \text{.....(٢.٦)}$$

حيث أن:

σ_D : الخطأ في المسافة المقاسه.

σ_i : الخطأ في ضبط الجهاز.

σ_t : الخطأ في وضعية العاكس.

a,b: معاملات الجهاز.

٢-٧-٢ الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز (Instrument Centering Error)

وهذا الخطأ يكون بالعادة ناتجا عن الأسباب التالية:

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

٢-٧-٣ أخطاء التوجيه (Target Centering)

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

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

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

مثال على تصحيح الأخطاء في المسافات:

المسافة المقاسه ما بين المحطة(300.1) =129.157

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

$$\sigma_D = \sqrt{(0.002)^2 + (0.002)^2 + (0.003)^2 + (129.157 \times 0.000003)^2} = 0.004141271m$$

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

جدول (٢-٥) قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية.[1]

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

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

Line	Distance (m)	$\sigma_D(m)$
300-1	129.157	٠,٠٠٤١
1-٢	157.7155	٠,٠٠٤١
2-3	160.893	٠,٠٠٤١٣
3-4	39.136	٠,٠٠٤١٢٣
4-5	88.239	٠,٠٠٤١٢٤
5-6	106.045	٠,٠٠٤٢
6-7	213.119	٠,٠٠٤١٣
7-8	92.185	٠,٠٠٤٢٦٢
8-9	55.238	٠,٠٠٤٢٥٧
9-501	76.526	٠,٠٠٤١٧٢
501-502	66.063	٠,٠٠٤٢٠٩

[1] المرجع رقم [٥]

٢-٧-٤ الأخطاء في قياس الزوايا

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

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

والخطأ الناتج عنهما من الممكن حسابه وفق العلاقة التالية:

$$\sigma_{\alpha/n} = \frac{2\sigma_{TSN}}{\sqrt{n}} \quad \text{.....(٢.٧)}$$

حيث أن:

$\sigma_{\alpha/n}$: هو الخطأ الناتج عن التوجيه والقراءة.

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

n: عدد مرات التكرار

وقيمة هذا الخطأ تكون ثابتة تقريبا لجميع الزوايا وتساوي

$$\sigma_{\alpha/n} = \pm\frac{2\times 5''}{\sqrt{4}} = \pm 5''$$

٢-٨ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات

هناك أكثر من طريقة لتصحيح إحداثيات المضلع منها :

1) Linear & Angular Misclosure Method.
2) Least Square Method.

لقد تم استخدام الطريقتين في التصحيح إلا أن الطريقة الثانية أدق وتصحح كل إحداثي حسب الخطأ الموجود فيه وكذلك تعطي معلومات عن مدى الدقة في المضلع.

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

٢-٨-١ Linear & Angular Misclousre Method

تم استخدام برنامج (Microsoft excel) لإيجاد الإحداثيات النهائية (المصححة) للنقاط.

- حساب الانحرافات:

يتم حساب الانحرافات للأضلاع باستخدام العلاقة التالية:

$$AZ\,(301-300) = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} + C \quad \text{.....(٨.٢)}$$

وجدول (٢-٧) يوضح الانحرافات للأضلاع:

Line(from-to)	Distance	Azimuth
300-1	129.157	5°38'17.67"
1-2	157.7155	341°13'53.3"
2-3	160.893	333°54'1.12"
3-4	39.136	358°14'13.6"
4-5	88.239	13°7'13.12"
5-6	106.045	19°23'26.12"
6-7	213.119	293°29'17.1"
7-8	92.185	254°23'3.12"
8-9	55.238	251°8'31.82"
9-501	76.526	263°17'32.5"
501-502	66.063	327°26'40.3"

- حساب الخطأ الزاوي للإغلاق (Angular error):-

Angular error= 327°23'54.9" - 327°26'40.3" = - 0°2'45.4"

Correction per angle = 0°0'15.04"

تم طرح هذه القيمة من جميع الزوايا ومن ثم تم حساب الانحرافات المصححة وكانت كما يلي:

جدول(٢-٨) الانحرافات المصححة

Line	Azimuth	Corrected azimuth
300-1	5°38'17.67"	5°38'2.63"
1-2	341°13'53.3"	341°13'23.3"
2-3	333°54'1.12"	333°53'16"
3-4	358°14'13.6"	358°13'4"
4-5	13°7'13.12"	13°5'57.95"
5-6	19°23'26.12"	19°21'55.91"
6-7	293°29'17.1"	293°27'31.8"
7-8	254°23'3.12"	254°21'2.84"
8-9	251°8'31.82"	251°6'16.51"
9-501	263°17'32.5"	263°15'2.23"
501-502	327°26'40.3"	327°23'54.9"

تم حساب الإحداثيات المصححة للنقاط حيث يتم توزيع الخطأ في المسافة حيث أن مقدار التصحيح يتناسب مع طول الضلع وتسمى قاعدة باودتش (Bowditch Rule):

$$\Delta E_{corr} = \Delta E + \frac{\Delta Dep.}{\Delta Length}$$

$$\Delta N_{corr} = \Delta N + \frac{\Delta Lat.}{\Delta Length}$$

خطأ الإغلاق للمضلع حسب الإحداثيات لنقاط جي بي إس :

$$\Delta E = E_{501} + E_{300}$$
$$\Delta E = 160108.957 - 160576.378 = -467.421$$
$$\Delta N = N_{501} + N_{300}$$
$$\Delta N = 95830.335 - 95149.864 = 680.471$$

خطأ الإغلاق حسب الإحداثيات المحسوبة:

$$\Delta E_{501-300}(\text{m}) = -467.4815485$$
$$\Delta N_{501-300}(\text{m}) = 680.5231003$$

خطأ الإغلاق في الطول(المسافة):

$$\Delta Dep. = -467.421 - (-467.4815485) = 0.060548457m$$
$$\Delta Lat. = 680.471 - 680.5231003 = -0.052100275m$$

الإحداثيات النهائية يتم إيجادها بناء على هذه العلاقة:

$$E_{point} = E_{previous\ point} + \Delta E_{corr} \quad \text{.....(٩.٢)}$$

$$N_{point} = N_{previous\ point} + \Delta N_{corr} \quad \text{.....(١٠.٢)}$$

جدول (٢-٩) الإحداثيات المصححة:

Station	Easting(m)	Northing(m)
300	160576.378	95149.864
1	160589.0649	95278.39105
2	160538.3075	95427.70548
3	160467.5022	95572.16924
4	160466.289	95611.28454
5	160486.2924	95697.22329
6	160521.462	95797.26357

7	160325.9696	95882.09427
8	160237.2068	95857.22335
9	160184.9485	95839.33241
501	160108.957	95830.335
502	160073.391	95885.945

حساب المسافات المصححة من الإحداثيات النهائية:

وتم حساب المسافة بين نقطتين معلومتي الإحداثيات وكانت الإحداثيات كما يلي:

جدول (٢-١٠) المسافات المصححة:

Line	Distance
300-1	129.1516983
1-2	157.7057943
2-3	160.8824348
3-4	39.13411175
4-5	88.23607887
5-6	106.042243
6-7	213.1044616
7-8	92.18135233
8-9	55.23600382
9-501	76.52230431
501-502	66.01069956

Least Square Method ٢-٨-٢

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

حيث أن:

Unknown matrix : X

Jacobean matrix :A

Observation matrix :L

Variance matrix: V

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

❖ **The Jacobean Matrix A:**

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial dx_1} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_1} & \frac{\partial F_1}{\partial dx_2} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_2} & \cdots\cdots & \frac{\partial F_1}{\partial dx_{18}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{18}} \\ \frac{\partial F_2}{\partial dx_{10}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{10}} & \frac{\partial F_2}{\partial dx_{11}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{11}} & \cdots\cdots & \frac{\partial F_2}{\partial dx_{18}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{18}} \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \left(\frac{\partial F_{20}}{\partial dx_{10}}\right) & \left(\frac{\partial F_{20}}{\partial dy_{10}}\right) & \left(\frac{\partial F_{20}}{\partial dx_{11}}\right) & \left(\frac{\partial F_{20}}{\partial dy_{11}}\right) & \cdots\cdots \left(\frac{\partial F_{20}}{\partial dx_{18}}\right) & \left(\frac{\partial F_{20}}{\partial dy_{18}}\right) \\ \left(\frac{\partial F_{21}}{\partial dx_{10}}\right) & \left(\frac{\partial F_{21}}{\partial dy_{10}}\right) & \left(\frac{\partial F_{21}}{\partial dx_{11}}\right) & \left(\frac{\partial F_{21}}{\partial dy_{11}}\right) & \cdots\cdots \left(\frac{\partial F_{21}}{\partial dx_{18}}\right) & \left(\frac{\partial F_{21}}{\partial dy_{18}}\right) \end{bmatrix}_{21*18}$$

❖ **Distance observation reduction**

$$F(x_i, y_i, x_j, y_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad \text{.....(٢.١٢)}$$

❖ **Linearization**

Taking the derivatives of last equation:

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

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

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

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

❖ **Angle observation reduction**

$$\theta = Az_{IF} - Az_{IB}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D \quad \text{.....(١٣.٢)}$$

Taking the derivatives of the last equation:

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

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

❖ **The Observation Matrix L**

$$L = \begin{bmatrix} F_{10} - F_{10a} \\ F_{11} - F_{11a} \\ F_{12} - F_{12a} \\ F_{13} - F_{13a} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ F_{18} - F_{18a} \end{bmatrix}_{2l*1}$$

❖ **The Unknowns Matrix X**

$$X = \begin{bmatrix} dx_{10} \\ dy_{10} \\ dx_{11} \\ dy_{11} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ dx_{18} \\ dy_{18} \end{bmatrix}_{18*1}$$

❖ **The Variance Matrix V**

$$V = \begin{bmatrix} V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \\ \vdots \\ \\ \\ \\ \\ V_{17} \\ V_{18} \end{bmatrix}_{18*1}$$

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

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

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

جدول (٢-١١) الإحداثيات المصححة للمحطات.

Station	Easting (m)	Northing (m)	Sx	Sy
1	160,589.063	95,278.389	0.0174	0.0277
2	160,538.310	95,427.705	0.0329	0.0366
3	160,467.511	95,572.173	0.0434	0.0435
4	160,466.298	95,611.283	0.0449	0.0471
5	160,486.301	95,697.218	0.0463	0.0496
6	160,521.467	95,797.257	0.0475	0.0542
7	160,325.968	95,882.090	0.0462	0.0325
8	160,237.205	95,857.220	0.0378	0.0230
9	160,184.947	95,839.330	0.0279	0.0155

الفصل الثالث

مشاكل الطريق وطرق المعالجة المقترحة

٣-١ مقدمة

نظرا إلى الظروف التي تتعرض لها الطريق بالإضافة إلى بعض العيوب في التصميم أو الإنشاء تكونت مجموعة من المشاكل التي يجب اقتراح الحلول المناسبة لعلاجها ، وتعتمد دقة المعالجة الصحيحة لهذه العيوب على التعريف الصحيح لهذه المشاكل ومن هذه المشاكل بعض العيوب في الطبقات التحتية للطريق ناتجة عن خطأ في التصميم أو التنفيذ أو إثر حوادث سير أو القيام بأعمال حفريات على الطريق لعمل تمديدات كهربائية أو صحية أو التغير في درجات الحرارة اليومية أو المياه والرطوبة.

وليعمل الطريق بشكل كفؤ ويحقق الغاية التي أنشئ من أجلها ، ويوفر مستوى خدمة آمن عليها يجب القيام بأعمال الصيانة اللازمة للطريق والتي هي عبارة عن مجموعة من الإجراءات والمعالجات التي يتم اتخذها للمحافظة على جسم الطريق من التلف والدمار وإطالة العمر التشغيلي للطريق.

والأهداف المرجوة بعد تشخيص المشاكل وعلاجها والقيام بالصيانة الدورية للطريق هي:

- إطالة العمر التشغيلي للطريق.
- إزالة التحديات من على الطريق.
- تقليل تكلفة النقل على الطريق.
- تأمين سطح الطرق بحالة تشغيلية جيدة خالية من العيوب والمشاكل.

٣-٢ تعريف بالمشاكل

يعاني الطريق من المشاكل التالية:

- عيوب الرصف الإسفلتي.
- عدم وجود جدران إستنادية في بعض المناطق.
- ضيق الطريق الذي يحتوي على الكثير من المنحنيات الضيقة والتي يظهر استغلال المركبات لجوانب الطريق غير المعبدة كجزء من الطريق.
- عدم وجود لافتات تحذير على المنعطفات أو أي من إشارات المرور .
- عدم وجود إضاءة كافية على الطريق.
- مطبات مخالفة للأسس المعيارية.
- مشكلة تصريف مياه الأمطار.

الفصل الثالث

مشاكل الطريق وطرق المعالجة المقترحة

3-1 مقدمة

نظرا إلى الظروف التي تتعرض لها الطريق بالإضافة إلى بعض العيوب في التصميم أو الإنشاء تكونت مجموعة من المشاكل التي يجب اقتراح الحلول المناسبة لعلاجها ، وتعتمد دقة المعالجة الصحيحة لهذه العيوب على التعريف الصحيح لهذه المشاكل ومن هذه المشاكل بعض العيوب في الطبقات التحتية للطريق ناتجة عن خطأ في التصميم أو التنفيذ أو إثر حوادث سير أو القيام بأعمال حفريات على الطريق لعمل تمديدات كهربائية أو صحية أو التغير في درجات الحرارة اليومية أو المياه والرطوبة.

ولكي يعمل الطريق بشكل كفؤ ويحقق الغاية التي أنشئ من أجلها ، ويوفر مستوى خدمة آمن عليها يجب القيام بأعمال الصيانة اللازمة للطريق والتي هي عبارة عن مجموعة من الإجراءات والمعالجات التي يتم اتخذها للمحافظة على جسم الطريق من التلف والدمار وإطالة العمر التشغيلي للطريق.

والأهداف المرجوة بعد تشخيص المشاكل وعلاجها والقيام بالصيانة الدورية للطريق هي:

- إطالة العمر التشغيلي للطريق.
- إزالة التحديات من على الطريق.
- تقليل تكلفة النقل على الطريق.
- تأمين سطح الطرق بحالة تشغيلية جيدة خالية من العيوب والمشاكل.

3-2 تعريف بالمشاكل

يعاني الطريق من المشاكل التالية:

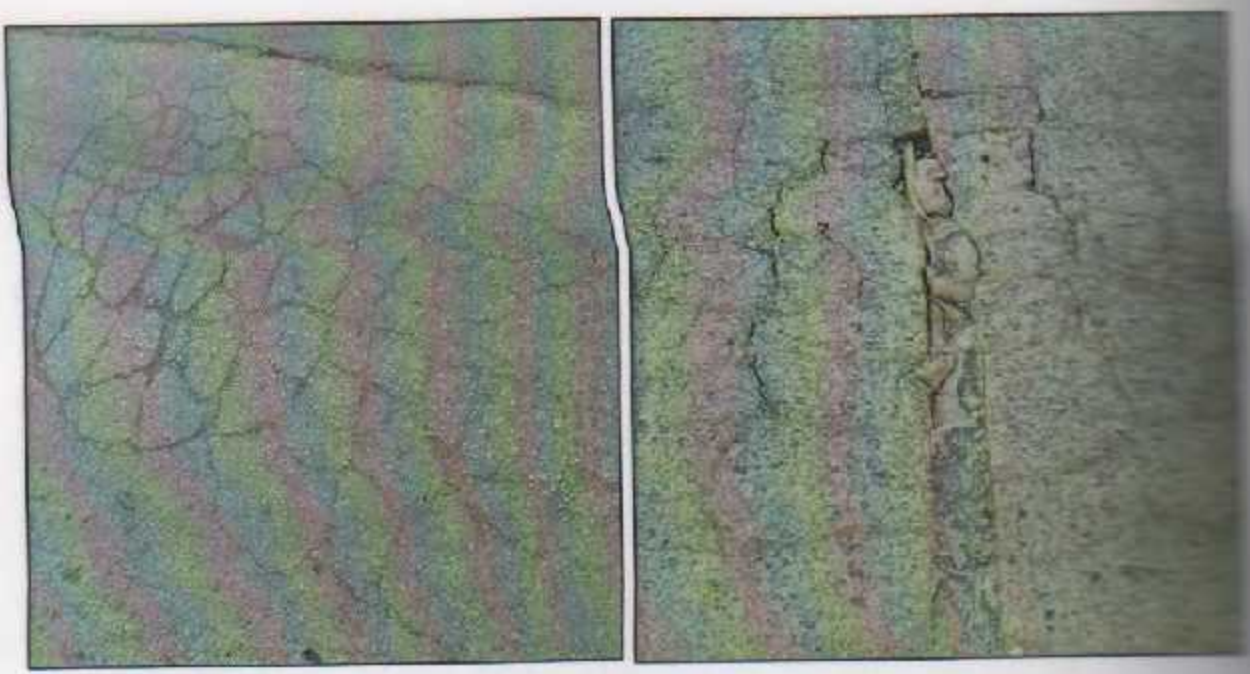
- عيوب الرصف الإسفلتي.
- عدم وجود جدران إستنادية في بعض المناطق.
- ضيق الطريق الذي يحتوي على الكثير من المنحنيات الضيقة والتي يظهر استغلال المركبات لجوانب الطريق غير المعبدة كجزء من الطريق.
- عدم وجود لافتات تحذير على المنعطفات أو أي من إشارات المرور .
- عدم وجود إضاءة كافية على الطريق.
- سطحات مخالفة للأسس المعيارية.
- مشكلة تصريف مياه الأمطار.

٣-٣ عيوب الرصف الإسفلتي[1]

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

٣-٣-١-١ وصف للمشكلة

الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل عبارة عن شقوق متداخلة متوالية حدثت نتيجة إنهيار 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 شكلا يشبه جلد التمساح ومن هنا جاءت تسميتها بالشقوق التمساحية ويبين الشكل (٣-١) هذه الشقوق في مستوى عالي من الشدة والكثافة الواقعة على جوانب الطريق ، حيث يتم قياس مستويات الشدة بحساب المساحة المتأثرة بالشقوق بالمتر المربع فمثلا إذا كان شق واحد فمساحتها هي طولها بعرض واحد متر ، كما يتم تحديد كل مستوى شدة لوحده فإذا كان هناك منطقة تتداخل فيها مستويات الشدة الثلاثة فيتم اختيار مستوى الشدة الأكثر كثافة ونقاس كثافة العيب بقسمة المساحة المتأثرة بها على المساحة الكلية للمقطع الممسوح مضروبا بمائة.



الشكل (٣-١) شقوق تمساحية واقعة على جوانب الطريق عند المحطة رقم (750+0).

٣-٣-١-٢ أسباب مشكلة الشقوق التمساحية أو الكلل

- تلف طبقة الخرسانة الإسفلتية نتيجة لتلف الطبقة السفلية بسبب الأحمال المرورية المتكررة.
- تقادم المواد الإسفلتية بفعل الزمن.
- عدم كفاية سماكة طبقات الرصف.
- ضعف تصريف في طبقتي القاعدة وتحت الأساس.

---

[1] المرجع رقم [٢]

٣-١-٣-٣ طرق المعالجة المقترحة

يبين الجدول التالي أساليب المعالجة المقترحة للشقوق التمساحية حسب الشدة والكثافة

جدول (٣-١) يوضح أساليب الصيانة المقترحة للشقوق التمساحية.[٢]

الشقوق التمساحية أو شقوق الكتل			
الكثافة / الشدة	منخفضة	متوسطة	**عالية**
	أقل من ١٠%	ما بين ١١-٥٠%	أكثر من ٥٠%
منخفضة	لا تفعل شيئا	ملاط أسفلتي	لا تفعل شيئا
متوسطة	ترقيع عميق(*)	ترقيع عميق(*)	ترقيع عميق(*)
عالية	ترقيع عميق(*)	ترقيع عميق(*)	**إعادة إنشاء(*)**

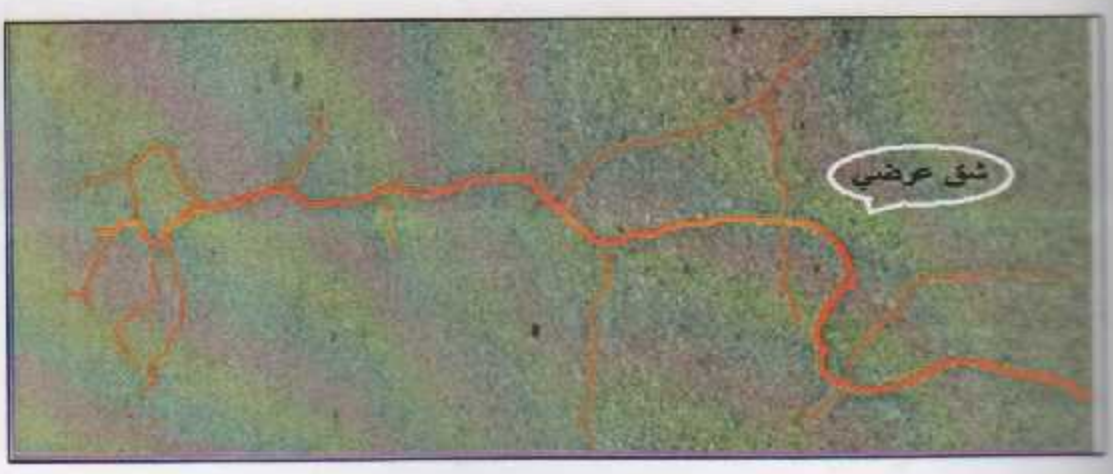
(*) في حالة تبين أن سبب الشقوق التمساحية هو ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية (الجوفية)، فإنه يجب إصلاح الطبقات التحتية (الأساس) وما تحت الأساس كما يجب عمل تصريف جيد للمياه حتى لا تصل إلى طبقات الرصف المطلوب للعلاج هو إصلاح كامل طبقات الرصف أو وضع طبقات سطحية سميكة.وتمثل الكلمات المظللة الوصف المطلوب لشارع الدعوة في مرانستا.

٣-٣-٢ الشقوق الطولية والعرضية (Longitudinal and Transverse Cracks)

٣-٣-٢-١ وصف المشكلة

الشقوق الطولية هي شقوق تمتد موازية لمحور الطريق، أما الشقوق العرضية فهي تمتد بعرض الرصف تقريباً متعامدة مع محور الطريق.

تعتبر هذه الشقوق من العيوب التي لا تتعلق بالأحمال المرورية، لكن الأحمال والرطوبة تعجل بتدهور هذه الشقوق .ويبين الشكل (٣-٢) نوع من هذه الشقوق في مستوى منخفض من الشدة الواقعة في عرض الطريق.



الشكل (٣-٢) شق عرضي في مستوى منخفض من الشدة عند المحطة رقم (650+0).

[٢] المرجع رقم [٢]

٣-٢-٣-٢ أسباب مشكلة الشقوق الطولية والعرضية

- عدم جودة تنفيذ فواصل المسار أثناء الرصف الاسفلتي.
- انكماش سطح الخرسانة الإسفلتية نتيجة لانخفاض درجة الحرارة أو تصلب الإسفلت.

٣-٢-٣-٣ طرق المعالجة المقترحة

بالاعتماد على شدة التشقق والحالة الإنشائية للرصف يكون الحل باستخدام السمك المناسب والمواد ذات التصميم الجيد في الطبقة.

٣-٣-٣ الحُفر (Potholes)

٣-٣-٣-١ وصف المشكلة

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

الشكل (٣-٣) حفر ذات قطر وعمق مختلف عند المحطة رقم (0+500).

٣-٣-٣-٢ أسباب مشكلة الحُفر

- تكسر سطح طبقة الرصف نتيجة للشقوق التمساحية.
- التفتت الموضعي لسطح طبقة الرصف.
- وجود الرطوبة وفعل الحركة يُعجل من نشوء الحُفر.
- البنية الضعيفة.
- الضرر التراكمي.
- سوء تصريف مياه الأمطار.

٣-٣-٣ طرق المعالجة المقترحة

- يجب تثبيت الحالة التي تسببت في المشكلة.
- الجودة في التصميم الإنشائي.
- الاهتمام بمواد التنفيذ.
- عمل تصريف مناسب لمياه الأمطار.

٣-٤ التطاير والتآكل (Raveling and Weathering)

٣-٤-١ وصف المشكلة

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 ويمكن تقسيم مستوى شدة هذه المشكلة إلى مستوى منخفض ومستوى متوسط ومستوى عال حسب درجة تفكك المواد الإسفلتية وظهور الحصى في مستويات مختلفة من الخشونة نتيجة لتلاشي الروابط بينها، ومن خلال الشكل (٣-٤) يبين درجة التآكل في بعض الأماكن في الطريق الذي يحتاج في علاجه إلى طبقة إضافية من الإسفلت بس شدة وكثافة وجود التآكل .

الشكل (٣-٤) تآكل الرصفة السطحية للطريق عند المحطة رقم (50+0).

٣-٤-٢ أسباب مشكلة التطاير والتآكل

- إجهاد القص الأفقي نتيجة الحركة المرورية.
- تأكسد أو تقادم المواد الإسفلتية الرابطة وانفصال الحصى ونقص المواد، والحرارة الزائدة للخلطة وقلة المحتوى الإسفلتي وعدم كفاية النمك واستخدام حصى ضعيف في الخلطة الإسفلتية .

- وجود الماء الذي تخلل إلى داخل الطبقة عن طريق الفراغات والذي يؤدي إلى ضغط هيدروستاتيكي عند تأثير الحركة
- انبعاث المواد الهيدروكربونية لفترة طويلة من محركات السيارات تعمل المواد الهيدروكربونية كمذيب للمواد الإسفلتية.

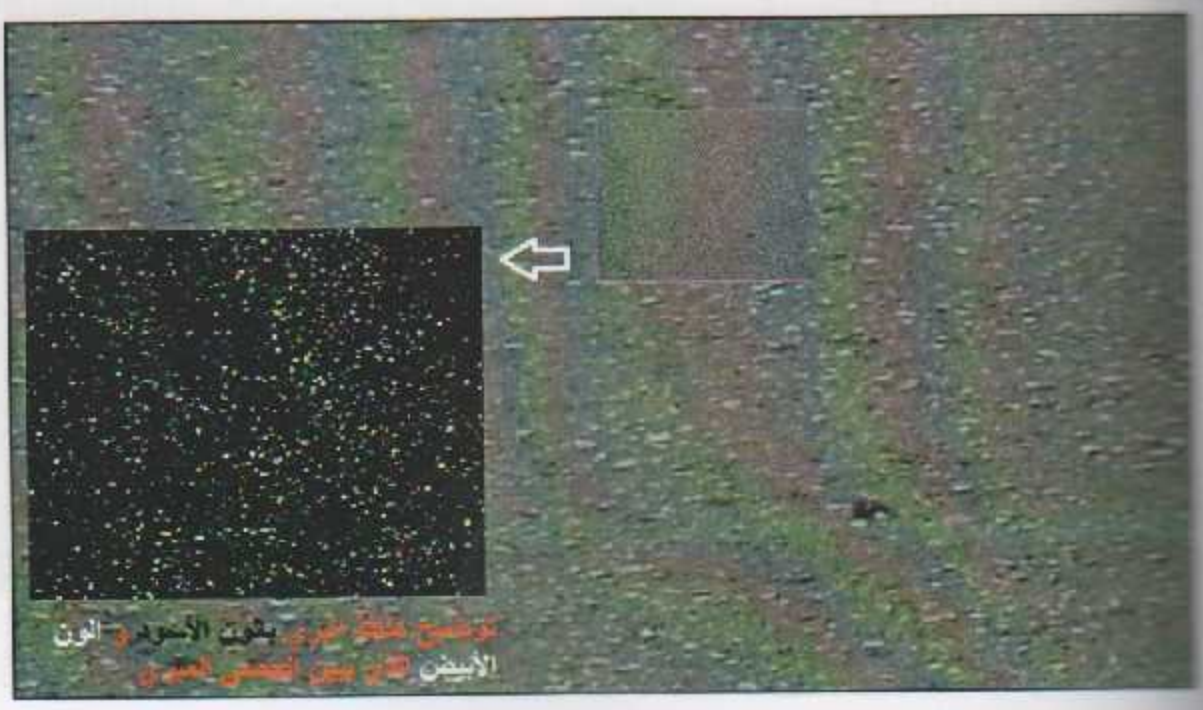
٣-٤-٣ طرق المعالجة المقترحة

لعلاج للتطاير والتاكل استبدال طبقة الإسفلت بطبقة أخرى .

٣-٥ البري أو صقل الحصى (Polished Aggregate)

٣-٥-١ وصف المشكلة

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 صغيرا جدا أو غير خشن وبدون حواف (أملس) حيث تضعف مقاومته للانزلاق في هذه الحالة ومن خلال الشكل (٣-٥) يبين وجود هذا العيب في بعض الأماكن في شارع الدعوة .



الشكل (٣-٥) تعري الحصى من المادة الإسفلتية وزيادة النعومه عند المحطة رقم (150+0).

٣-٥-٢ أسباب مشكلة البري أو صقل الحصى

- الأحمال المرورية المتكررة.
- تعرية الحصى.

٣-٣-٥-٢ طرق المعالجة المقترحة

في علاج مشكلة البري إذا كانت مساحة المناطق المعرضة للبري أو الصقل اكبر من ١١% من المساحة الكلية للطريق يجب استخدام ملاط إسفلتي (Slurry Seal) ، وفي شارع الدعوة لاحظنا وجود هذه المشكلة في أكثر من مكان وبنسب مختلفة من الشدة ، فبالتالي نحتاج إلى إعادة الإنشاء.

٣-٣-٦ التموجات (Corrugation)

٣-٣-٦-١ وصف المشكلة

التموجات هي انخفاضات وارتفاعات متتالية وتقاربية تحدث بمسافات منتظمة عادة ما تكون أقل من (٣ م) على طول الرصف وتكون الارتفاعات عمودية على اتجاه الحركة ويشار أيضا في حال كانت المسافات بين التموجات أكثر من (٣م) تعرف على أنها تحدبات وتقعرات وهي تختلف في وصفها عن التموجات، و تُعتبر التموجات من عيوب الأداء الوظيفية للرصف ويمكن أن تحدث التموجات نتيجة لفعل القص (shear) على طبقة أو بين الطبقات السطحية وطبقة الأساس نتيجة الحركة ويوضح الشكل (٣-٦) وجود التموجات في شارع الدعوة.

الشكل (٣-٦) تموجات متتالية ومتقاربة عند المحطة رقم (100+0).

٣-٣-٦-٢ أسباب مشكلة التموجات

- ضعف ثبات الخلطة الإسفلتية أو ضعف الأساس.
- وجود الرطوبة في الطبقات التربة السفلية.
- زيادة المواد الناعمة في الخلطة أو استخدام خلطة بحصى مستديرة.
- تلوث الخلطة Contamination of mix.

٣-٦-٣ طرق المعالجة المقترحة

[illegible] في شارع الدعوة يكون بإعادة التأهيل للطريق.

[illegible] (Patching)

[illegible] وصف المشكلة

[illegible] بسبب إنهيار مواقع للصيانة وإصلاح طبقات الرصف الموجودة ، وفي الحقيقة يُعتبر الترقيع عيباً بحد ذاته [illegible] أداؤه جيداً، وفي الشكل (٣-٧) يبين هذا النوع من العيوب.

الشكل (٣-٧) مشكلة الترقيع في شارع الدعوة عند المحطة رقم (0+500).

٣-٧-٢ أسباب مشكلة الرقع

تتضمن الأسباب المحتملة لعيب الترقيع الأحمال المرورية ، أو عدم جودة المواد المستخدمة أو عدم وجود تنسيق مسبق في [illegible] العمل والتأهيل.

٣-٧-٣ طرق المعالجة المقترحة

لمعالجة الرقع يجب عمل ترقيع عميق أو إعادة الإنشاء ويعتمد ذلك على حسب الشدة والكثافة لهذا العيب وفي الشارع [illegible] يجب عمل إعادة إنشاء بسبب كثافة الرقع.

٣-٣-٦-٣ طرق المعالجة المقترحة

لمعالجة عيب التموجات في شارع الدعوة يكون بإعادة التأهيل للطريق.

٣-٣-٧ الرقع (Patching)

٣-٣-٧-١ وصف المشكلة

يكون هذا العيب بسبب إنهيار مواقع للصيانة وإصلاح طبقات الرصف الموجودة ، وفي الحقيقة يُعتبر الترقيع عيباً بحد ذاته حتى لو كان أداؤه جيداً، وفي الشكل (٣-٧) يبين هذا النوع من العيوب.

الشكل (٣-٧) مشكلة الترقيع في شارع الدعوة عند المحطة رقم (500+0).

٣-٣-٧-٢ أسباب مشكلة الرقع

تتضمن الأسباب المحتملة لعيب الترقيع الأحمال المرورية ، أو عدم جودة المواد المستخدمة أو عدم وجود تنسيق مسبق في عملية العمل والتأهيل.

٣-٣-٧-٣ طرق المعالجة المقترحة

لمعالجة الرقع يجب عمل ترقيع عميق أو إعادة الإنشاء ويعتمد ذلك على حسب الشدة والكثافة لهذا العيب وفي الشارع الدعوة يجب عمل إعادة إنشاء بسبب كثافة الرقع.

٣-٨-٣ الهبوط (Rutting).

٣-٨-٣-١ وصف المشكلة

هو انخفاض قليل في منطقة سطح الرصف وفى معظم الأحيان يلاحظ الهبوط الخفيفة بعد هطول الأمطار ويعتبر الهبوط من العيوب الوظيفية ويبين الشكل (٣-٨) هذا النوع من العيوب .

الشكل (٣-٨) مشكلة الهبوط في شارع الدعوة عند المحطة رقم (350+0).

٣-٨-٣-٢ أسباب مشكلة الهبوط

- تحدث الهبوطات نتيجة لهبوط طبقات الأساس الترابي أو ينشأ أثناء الإنشاء .
- الأحمال المرورية .
- الحرارة والمواد وعدم التنفيذ كلها عوامل تساهم في نشوء الهبوط وتعجل في انتشارها .

٣-٨-٣-٣ طرق المعالجة المقترحة

علاج الهبوط في شارع الدعوة يكون بإعادة الإنشاء .

٣-٤ عدم وجود جدران إستنادية في بعض المناطق

٣-٤-١ وصف المشكلة

يعاني شارع الدعوة من عدم وجود الجدران الاستنادية في بعض الأماكن والتي بدورها تزيد من ثبات أكتاف الطريق ومقاومة الأحمال الأفقية الناتجة من طبقات الطريق والأحمال المرورية عليها ومنع انهيار التربة والتي تساعد في تجنب حدوث حادث معين في حالات معينة أو التقليل من شدة الحادث ويبين الشكل (٣-٩) الحاجة لوجود جدران استنادية .

الشكل (٣-٩) الحاجة لوجود جدران استنادية عند المحطة رقم (350+0) و المحطة رقم (100+0) .

٣-٤-٢ طرق المعالجة المقترحة

عمل جدران استنادية (Retaining walls) لمقاومة الأحمال الأفقية الناشئة عن التربة أو الموائع، ويمكن القول أن الوظيفة الإنشائية الأساسية للجدران الإستنادية هي إحداث فرق منسوب بين سطحي التربة.

٣-٥ ضيق الطريق الذي يحتوي على الكثير من المنحيات الضيقة والتي يظهر فيها استغلال المركبات لجوانب الطريق غير المعدة كجزء من الطريق

٣-٥-١ وصف المشكلة

لوحظ في شارع الدعوة ضيق الرصفة الإسفلتية في الطريق مع إمكانية عمل توسعة على طول الطريق مما ينتج عن هذه المشكلة سير المركبات على أطراف الرصفة الإسفلتية علما انه يوجد كثافة مرورية عالية على الطريق مما يتطلب إجراء توسعة للطريق من الجهتين مع مراعاة الأساليب الهندسية لتوسيع الطرق والمنحنيات ، كما يتطلب عمل توسيع للمنحنيات وزيادة العرض بسبب عدم إتباع العجلات الخلفية لمسار العجلات الأمامية حيث أن العجل الخلفي يعبر المنحنى على نصف قطر أقل من العجل الأمامي ، ومن المشاكل المتعلقة بالمنحنيات أيضا وجود مباني قائمة على طول الحد الداخلي للمنحى وعدم الالتزام بالابتعاد المسافة المطلوبة التي تمكن السائق من رؤية ما على المنحى بوضوح ويبين الشكل (٣-١٠) وجود هذه المشكلة في احد الأماكن.

الشكل (٣-١٠) مشكلة ضيق الطريق عند المحطة رقم (100+0).

٣-٥-٢ طرق المعالجة المقترحة

لعلاج هذه المشكلة لابد من عمل توسعة للطريق مع زيادة عرض الرصفة الإسفلتية على طول الطريق ولابد من الالتزام بالمسافة المطلوبة لارتداد المباني عن الطريق.

عدم وجود اللافتات الإرشادية أو إشارات المرور

٣-٢-١ وصف المشكلة

يهدف تخطيط التحكم في المرور في مناطق الإنشاء والعمل إلى تحقيق أقصى حد ممكن من الأمن والسلامة وإزالة التعارض والتأخير المحتملين وتأمين انسيابية حركة المرور حيث أن الطريق يفتقر إلى اللافتات الإرشادية أو إشارات المرور حيث يعاني الطريق من كثرة المنعطفات وعدم وجود لافتات تحذر من تلك المنعطفات مما يهدد بحوث تصادم بين المركبات علامات المرور عبارة عن خطوط متصلة أو متقطعة مفردة أو مزدوجة ، بيضاء أو سوداء أو صفراء قد تكون أسهما أو كلمات أو خطوط كما هو في ممر المشاة ، ويبين الشكل (٣-١١) افتقار التقاطع إلى أي إشارة أو علامة.

الشكل (٣-١١) افتقار التقاطع إلى الإشارات أو العلامات.

٣-٢-٢ طرق المعالجة المقترحة

وضع إشارات مرور ولافتات إرشادية خاصة عند المنعطفات وعلامات إسفلتية ترسم على الأرض .

٣-٧ الإضاءة غير كافية على الطريق

٣-٧-١ وصف للمشكلة

قد يظهر من الشكل (٣-١٢) عدم وجود أعمدة إضاءة في بعض الأماكن على شارع الدعوة كما يظهر بعض الأعمدة على الطريق والتي تحتاج إلى إعادة تصميم وتوزيع على طول الطريق بعد عمل التوسعة ، حيث تظهر أهمية الإضاءة على الطريق من خلال بعض الدراسات التي تبين بأن عدد حوادث التصادم المميتة التي قد تقع في الليل هو ثلاثة أضعاف الحوادث التي تقع في ساعات النهار حيث أن القيادة في الليل أخطر لأن المسافة التي يمكن أن يراها السائق أمامه أقل بكثير.

الشكل (٣-١٢) الحاجة إلى الإضاءة على الطريق عند المحطة رقم (300+0) .

٣-٧-٢ طرق المعالجة المقترحة

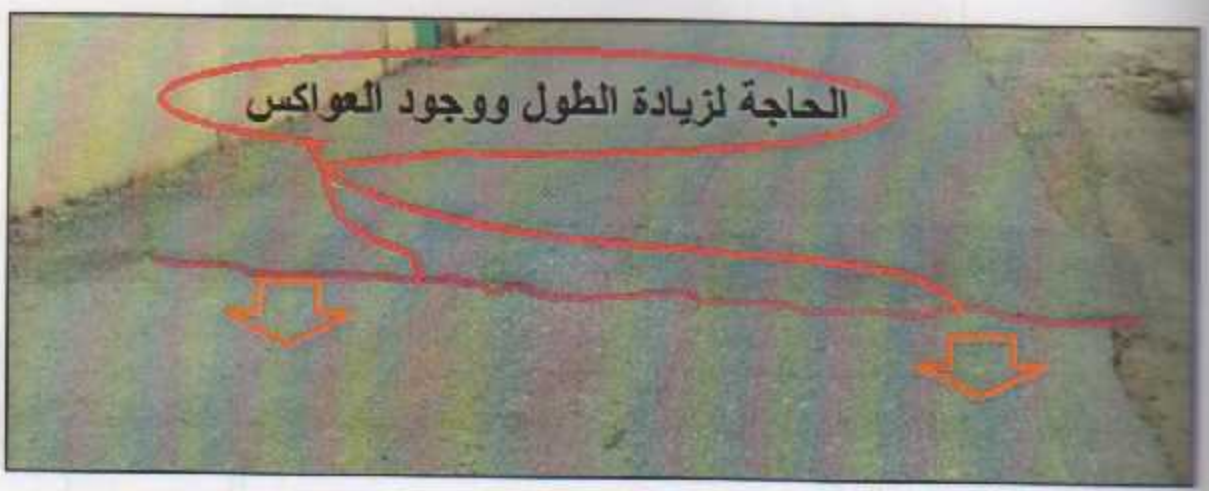
تكثيف الإضاءة على الطريق لمساعدة السائقين على الرؤية بوضوح أثناء القيادة ليلا للتقليل من نسبة الحوادث وتوفير الأمن والسلامة للمشاة، ولابد من مراعاة الشروط التالية بخصوص مواصفات الإضاءة :

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

٣-٨ مطبات مخالفة للأسس المعيارية[٣]

٣-٨-١ وصف المشكلة

المطبات هي إحدى وسائل التهدئة المرورية المتبعة في المدن، وهي ارتفاع قليل في طبقات الرصف يتم تنفيذه في مناطق محددة بهدف إجبار السائقين على تخفيض سرعتهم يتم تنفيذ المطبات بأشكال مختلفة ويستخدم في إنشائها الخرسانة الإسفلتية أو عناصر مسبقة الصنع (بلاطات) من الخرسانة الأسمنتية، أو عناصر مطاطية أو بلاستيكية مسبقة الصنع ، ويظهر في شارع الدعوة وجود المطبات بصور مخالفة للأسس المعياري في التصميم ويبين الشكل (٣-١٣) وجود هذه المشكلة.



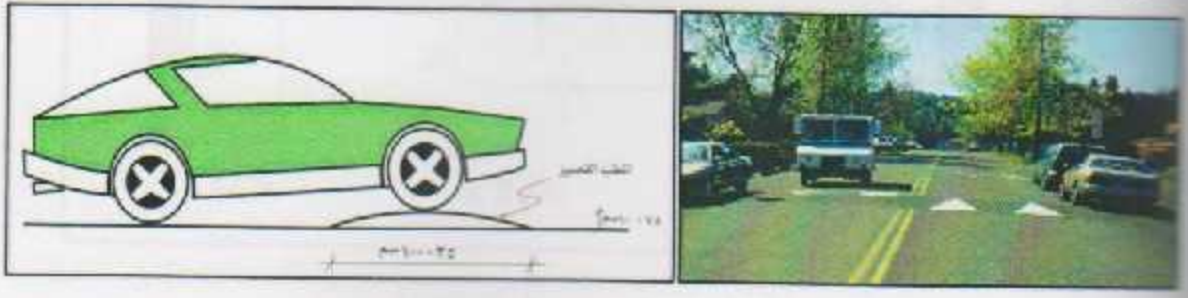
الشكل (٣-١٣) مطب مخالف للأسس المعيارية عند المحطة رقم (0+100).

٣-٨-٢ طرق المعالجة المقترحة

ولعلاج هذه المشكلة نستعرض ثلاث أشكال من المطبات التي من الممكن استخدامها لتهدئة السرعة :

٣-٨-٢-١ المطب القصير (Speed Bump)

هو منطقة مرفوعة من سطح الطريق بالاتجاه العرضي يتراوح ارتفاعه عادة بين (٥ـ٧.٥ ـ١٠) سنتيمترات وطوله بين (٣٥ـ١٠٠) سنتيمتر، يتم تنفيذ هذا الشكل عادة على الطرق المحلية الفرعية وفي المواقف حيث يسبب المطب شعورًا بعدم الراحة من قبل السائقين ويضطرهم لتخفيض السرعة إلى ما دون (١٠) كيلومترات في الساعة ، ويبين الشكل(٣-١٤) المطب القصير.



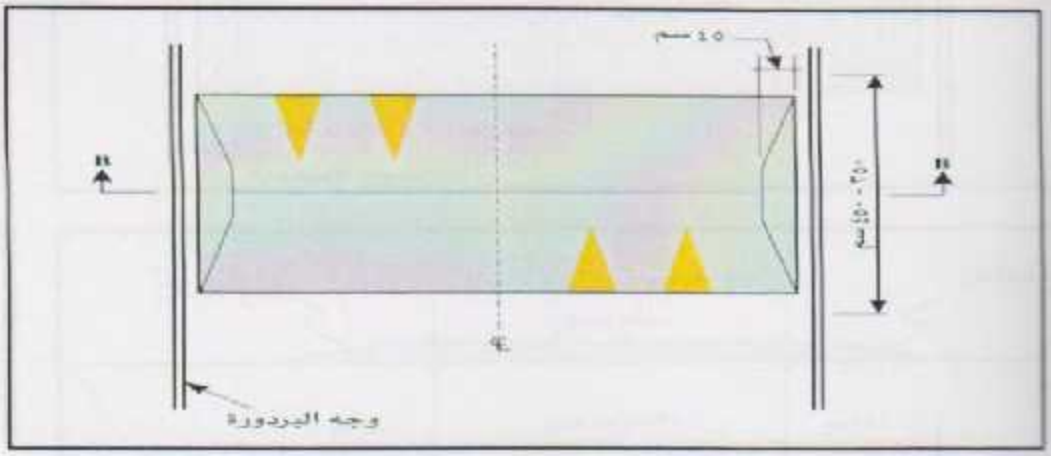
الشكل (٣-١٤) شكل المطب القصير.

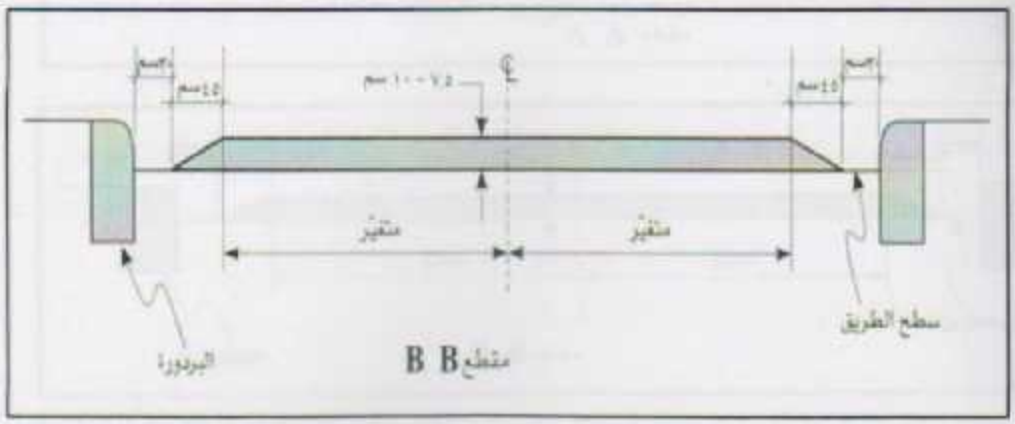
---

[٣] المرجع رقم [٣]

٣-٨-٢-٢ المطب الانسيابي (السنام) : (Speed Hump)

هو منطقة مرفوعة من سطح الطريق بالاتجاه العرضي ويسمى أحيانا السطح المتموج، وعادة يتراوح ارتفاع هذا النوع من (٧,٥-١٠) سنتيمتر، وطوله حوالي (٣,٥-٤,٥) متر ، يسبب هذا الشكل شعورًا بسيطًا بعدم الراحة من قبل السائقين يضطرهم لتخفيض السرعة من خمس وعشرين حتى خمس وثلاثين (٢٥- ٣٥) كيلومتر بالسرعة ، ويبين الشكل (٣-١٥) المطب الانسيابي.



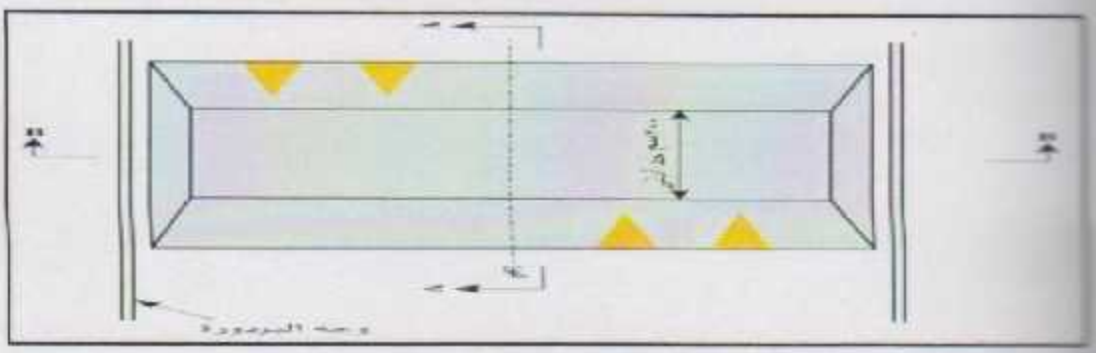


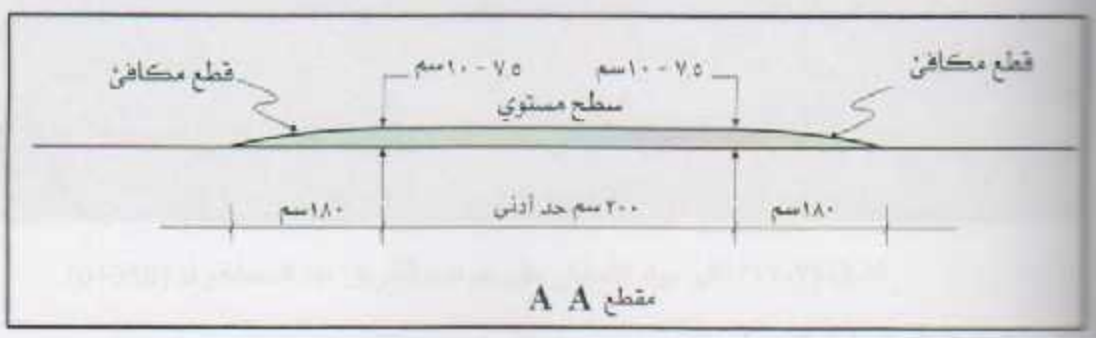
الشكل (٣-١٥) عناصر المطب الانسيابي.[٤]

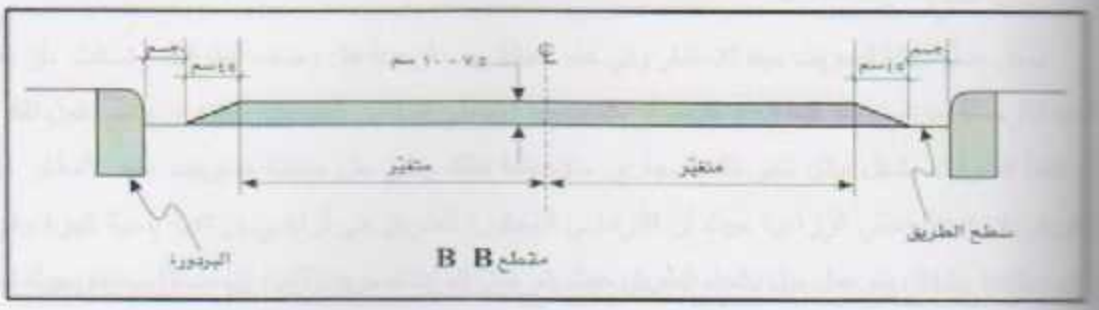
[٤] المرجع رقم [٣]

٣-٨-٢-٣ مطب السطح العلوي المستوي (Speed Table)

يمثل هذا الشكل نموذجًا خاصًا من المطب الاسفلتي ويتميز بوجود سطح علوي مستوي بطول لايقل عن اثنين (٢) متر، يخصص عادة لحركة المشاة عند المعابر، ويبين الشكل (٣-١٦) مطب السطح العلوي المستوي.







الشكل (٣-١٦) عناصر المطب السطح العلوي المستوي.[٥]

[٥] المرجع رقم [٣]

٣-٩ مشكلة تصريف مياه الأمطار

٣-٩-١ وصف للمشكلة

من المشاكل التي توجد في شارع الدعوة سوء تصريف مياه الأمطار مما يسبب انجراف التربة عن جوانب الطريق وذلك لأنه لا يوجد ظهر (Shoulder) للطريق يحمي جوانب الطريق من دخول المياه تحت الرصف الإسفلتي والذي يسبب تلف الرصف الاسفلتي ومما يؤدي أيضا انجراف التربة والمياه والأوساخ من على الشارع إلى الأراضي المجاورة ويوضح الشكل (٣-١٧) تأثير هذه المشكلة على جوانب الطريق.

الشكل (٣-١٧) تأثير مياه الأمطار على جوانب الطريق عند المحطة رقم (350+0).

٣-٩-٢ طرق المعالجة المقترحة

يمكن عمل شبكة تصريف مياه للإمطار وفي هذه الحالة يجب أن يبدأ قبل رصف الطرقات وتسفلت بأن تقام مجاري مياه على الأرصفة إما اليمين أو اليسار أو كليهما أو بالرصيف الوسطي فيما بين المسارين .وبعد أن ينتهي عمل تلك المجاري يجب أن تنشأ الطرقات بشكل مائل نحو تلك المجاري. بالإضافة لذلك يمكن حل مشكلة تصريف مياه الأمطار عن طريق إمالة الطريق باتجاه الأراضي الزراعية حيث أن الأراضي المجاورة للطريق هي أراضي زراعية بنسبة كبيرة وفي المناطق التي (Side wall) يتم عمل ميل باتجاه الطريق حيث يتم عمل قنوات تصريف للمياه كل مسافة محددة بحيث تمنع تراكم المياه على الجريان باتجاه الميل حيث تم تصميم الطريق بهذا الشكل.

تم توضيح هذا التصميم في الفصل الرابع، ويظهر التصميم في مخططات الطريق.

الفصل الرابع

التصميم الهندسي للطريق

٤-١ مقدمة[1]

خلال مرحلة التصميم الهندسي للطريق يتم العمل على إيجاد الأبعاد الهندسية للطريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل الانحدارات والممرات ومسافات الرؤية والعروض وغيرها. ويعتمد ذلك على تصنيف الطرق من حيث كونها طرقاً رئيسية أو فرعية أو محلية حتى يمكن تحديد السرعة التصميمية بعد موازنة جميع العوامل المؤثرة في الطريق. وللوصول إلى طريق يحقق الانسياب السلس بجعل جميع عناصر الطريق تتماشى مع توقعات السائقين بتجنب التغيرات المفاجئة في مواصفات التصميم وذلك بالانتباه إلى العوامل المختلفة في التصميم ومنها:

- التعرف على تصنيف الطرق لمعرفة نوع طريق المشروع، والتعرف على السرعة التصميمية وقطاع الطريق وحارة الطريق والجزر الفاصلة بين الاتجاهين وسطح الطريق.
- التصميم الأفقي (Horizontal Alignment): حيث يتم بيان المنحنيات الأفقية وأنواعها وعناصرها.
- التعلية أو (ارتفاع ظهر المنحنى) على المنحنيات الأفقية وكيفية تنفيذ التعلية، وتحديد أطوال المنحنيات الأفقية.
- التصميم الرأسي للطريق (Vertical Alignment): إن التصميم الرأسي للطريق يتمثل في تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية و تحديد الانحدار الجديد للطريق، حيث يتم بيان الطريق بالمستوى الرأسي و نشاهد كيف ترتفع و تهبط و نحدد مناطق الحفر و الردم، وكذلك من التصميم الرأسي للطريق يتم تحديد المنحنيات الرأسية و مسافات الرؤية، حيث يتمثل التصميم الرأسي والأفقي على لوحة واحدة تسمى (Plan Profile).
- مراعاة حجم المرور المتوقع للمتوسط اليومي ولساعة الذروة و نوع المركبات وسرعتها في التصميم ليتم حساب عدد الحارات للطريق الذي سيوضح في الفصل الخامس.
- تصريف مياه الأمطار عن الطريق.

٤-٢ تصنيف الطرق[2]

٤-٢-١ التصنيف الوظيفي للطرق الحضرية

التصنيف الوظيفي هو تقسيم الطرق إلى أنواع أو أنظمة وفقاً لطبيعة الخدمة التي توديها، لتحديد الدور الذي يؤديه كل طريق لخدمة حركة المرور والنقل، ويتم تقسيم الطرق عادة من حيث الإشراف والتخطيط والتصميم إلى:

---

[1] المرجع رقم [٩]
[2] المرجع رقم [٩]

✓ **طرق رئيسية.**

وتستخدم للمرور العابر بين المناطق مرورا بالمدن حيث يسمح بعمل التقاطعات السطحية على مثل هذه الطرق وتربط هذه الطرق مراكز الأنشطة الرئيسية في المناطق الحضرية وترتبط بالشبكة الإقليمية وتتحمل أكبر حمل مروري خلال المنطقة الحضرية وعروض هذه الطرق حوالي (٤٠ متراً فأكثر) .

✓ **طرق ثانوية.**

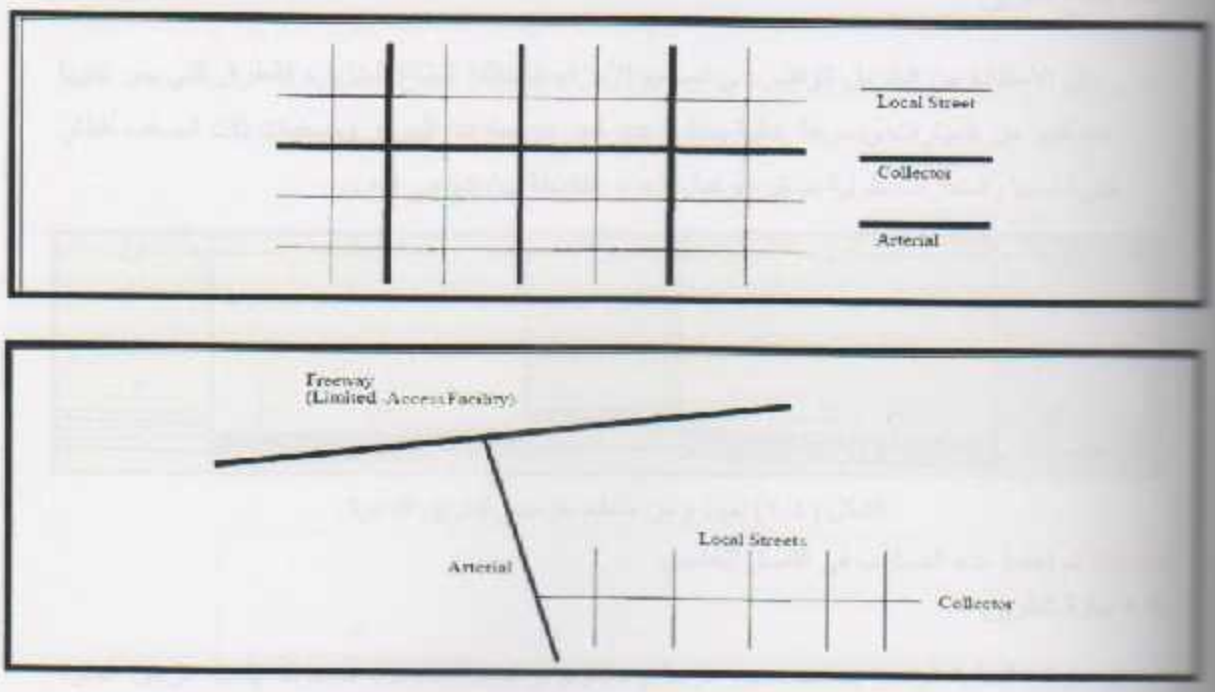
تقوم هذه الطرق بتجميع المركبات من الطرق الرئيسية وتقوم بتوزيعها إلي درجات الطرق الأقل وعروضها حوالي (١٦-٢٥ مترا).

✓ **طرق من الدرجة الثالثة (محلية) .**

تقوم بتجميع المركبات خلال المناطق السكنية ومناطق الأنشطة إلي درجات الطرق الأعلى وتحمل أقل مقدار من المرور في الشبكة وتعتبر أقل درجة في التدرج الهرمي لشبكة الطرق وعروضها حوالي (١٢-١٦ متر).

٤-٢-٢ درجات الطرق التصميمية (Design Classes)

تعتبر درجات الطرق التصميمية عبارة عن تجميع لعدد من الطرق الرئيسية لأغراض التصميم الهندسي حسب مستوى خدمة المرور التي توفرها لمستخدمي الطرق و توجد أربعة مجموعات تصميمية للطرق الحضرية كل مجموعة من هذه المجموعات تعتمد على توفيرها خدمات مرورية وخدمات المنطقة التي تمر بها وكل المواصفات والخصائص الهندسية للطريق تتناسب مع هذه الظروف.



الشكل (٤-١) درجات الطرق التصميمية (Design Classes) [٣]

[٣] المرجع رقم [٩]

٤-٣ السرعة التصميمية (Design speed)

تعرف السرعة التصميمية بأنها السرعة القصوى الآمنة التي يمكن المحافظة عليها فوق قطاع معين من طريق ما عندما تكون الظروف ملائمة لدرجة تسمح للمواصفات التصميمية بالتحكم بالطريق، والجدول (٤-١) يوضح السرعة التصميمية للطرق الحضرية، حيث انه تم اخذ السرعة التصميمية ٥٠ كم/ساعة على طول الطريق حسب السرعات المتبعة في الطرق الفلسطينية.

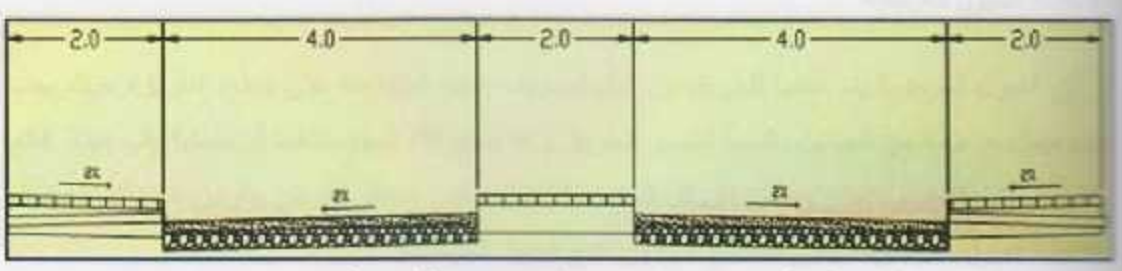
ملاحظة طريق الدعوة هو طريق تجميعي(Collector street) حيث يربط بين طرق محلية (Local street) وطريق شرياني-عام (Arterial) وهو طريق (يطا-الخليل) كما هو مبين في الفصل الأول في الصورة الجوية.

جدول (٤-١) السرعة حسب تصنيف الطريق[٩]

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

٤-٤ قطاع الطريق

إن الاستفادة من الطريق تتوقف على تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق، فالطرق التي يمر عليها عدد كبير من السيارات وبسرعة عالية يتطلب عدد كبير من حارات المرور ومنحنيات ذات أنصاف أقطار كبيرة نسبيا وانحدارات طولية صغيرة وعمل الجزر الفاصلة بين اتجاهي المرور.



الشكل (٤-٢) نموذج من مقطع عرضي لطريق الدعوة.

ملاحظة تم تحديد عدد المسارب في الفصل الخامس.

٤-٥ حارة الطريق

إن عرض الحارة الواحدة يختلف حسب درجة و مستوى و نوعية الطريق، حيث انه يلعب عرض الحارة دورا كبيرا في سهولة القيادة و درجة الأمان على الطريق، فبعد رسم سطح الطريق يتم تحديد عرض هذا السطح حيث يجب أن لا يقل عرض المسار عن (٢.٧٥م) في جميع الأحوال. وقد تم اخذ عرض الحارة ٤ متر.

---

[٩] المرجع رقم [٩]

٦-٤ الجزر الفاصلة بين الاتجاهين (Medians)

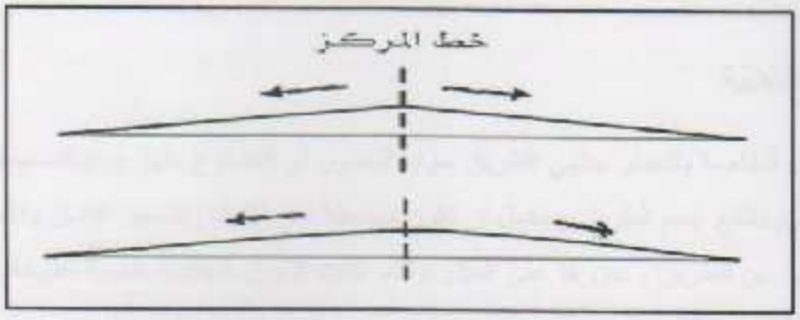
تعتبر الجزر فاصلة تفصل حركة المرور المعاكسة وتكون موجودة في كل الطرق الحديثة خصوصا إذا كانت من أربع حارات أو أكثر وعرض هذه الجزر يجب أن يكون كافيا وذلك لتأدية الغرض الذي وضعت من اجله ومن أهمها تقليل تأثير الأضواء المبهرة الصادرة من المرور المعاكس ليلا هذا بالإضافة إلى حماية السيارات القادمة من الاتجاه المعاكس من الاصطدام وللتحكم في المناطق المسموح فيها بالدوران في حالة التقاطعات السطحية، ويتراوح عرض الجزيرة من(١-٥,٣) مترا أو أكثر، وهذا طبعا ليس بعرض ثابت على طول الطريق وإنما يتغير حسب الحالة أو الضرورة بالإضافة إلى أن منسوب الطريق في الاتجاهين قد يكون مختلفا.

٧-٤ سطح الطريق

تتوقف طبيعة السطح المرصوف على نوع وأهمية الطريق وتركيبة المرور ونوعية مواد الرصف المستعملة وخبرة شركات الرصف وتكلفة الإنشاء وصيانة الطريق. وتؤثر حالة السطح على سلامة المرور من حيث انزلاق العربات ورؤية السائقين كما تؤثر على راحة المسافرين من حيث الصوت الذي تحدثه العربات عند السير عليها. فالطرق المصممة لأحجام كبيرة من المرور السريع تتطلب سطوح ناعمة مع خاصية منع الانزلاق، إلا أن السطوح الناعمة جدا قد تتسبب في انزلاق السيارات ووقوع حوادث خاصة عندما تكون هذه السطوح مبتلة. وأما السطوح الخشنة فهي غالبا ما تخصص للمرور الأقل حجما والبطيء نسبيا وتولد أصوات قد تكون مزعجة في بعض الأحيان. ويفضل أن تكون الميول العرضية للقطاع عند حدها الأدنى في حالة السطوح الناعمة، أما في حالة السطوح الخشنة فيجب أن تكون هذه الميول عند حدها الأقصى لضمان صرف مياه المطار.

١-٧-٤ الميول العرضية

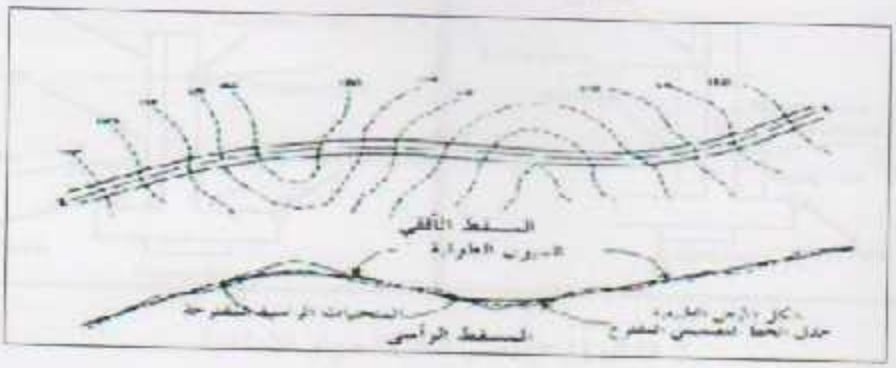
إن الميول العرضية يتم عملها للطريق من اجل تصريف المياه المتواجدة على سطح الطريق، حيث يجب عمل ميول عرضية من الجهتين بالنسبة لمحور الطريق و قد يعمل هذا الميل منتظما أو منحنيا على هيئة قطع مكافئ، وفي حالة وجود جزر وسطى فإن كل اتجاه يعمل بميل خاص كما لو كان من حارتين منفصلتين، وقد تم اخذ قيمة الميول العرضية ٢% والشكل (٤-٣) يوضح الميول العرضية.



الشكل (٤-٣) الميول العرضية.

٤-٧-٢ الميول الطولية:

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



الشكل (٤-٤) الميول الطولية

٤-٧-٣ أكتاف الطريق

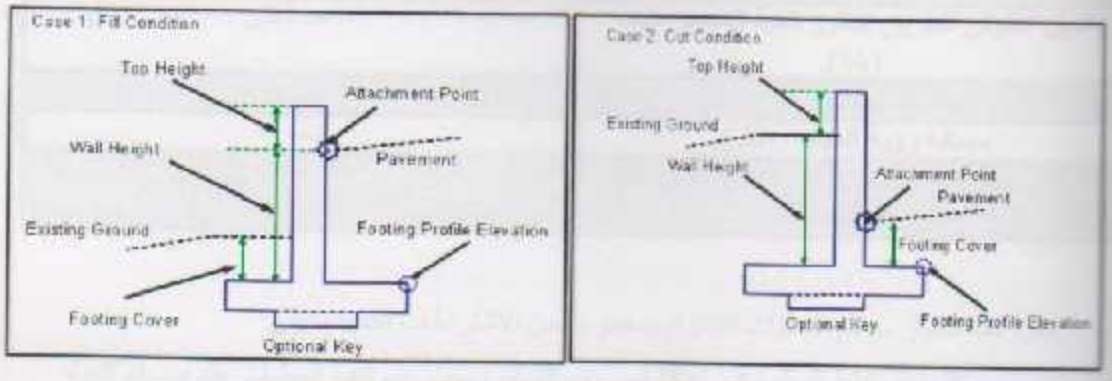
وهي الأجزاء الجانبية من الطريق الواقعة بين الحافة الخارجية لحارة السير والحافة الداخلية لقناة صرف المياه. حيث تستخدم لتوقف المركبات بشكل طارئ وكذلك للمحافظة على طبيعة الأساس وسطح الطريق، والحاجة للأكتاف ونوع الأكتاف أيضا يتوقف على نوع الطريق وحجم وسرعة العربات وتركيب المرور وطبيعة المنطقة التي يمر فيها الطريق، ويتراوح عرض الكتف بين (١.٢٥- ٣.٦ م) للطرق السريعة و (٢.٥- ٣.٦ م) للطرق التي يزيد حجم المرور الساعي التصميمي فيها عن (١٠٠) عربة، ويجب أن تزود الأكتاف بميول عرضيه كافية لتصريف المياه من الطريق، ولكن يجب أن لا يزيد هذا الميل عن الحد الذي قد يسبب خطورة على المركبات التي تتوقف على الطريق وتتراوح هذا الميل من (٢%- ٥%)، حيث يوجد عدة أنواع من أكتاف الطريق فمنها أكتاف ترابية أو مصبوبة أو إسفلتية و يختلف نوع سطحها حسب سطح الطريق الرئيسي.

٤-٧-٤ الميول الجانبية

وهي الميول الخاصة بانحدار جانبي الطريق سواء الجسور أو المقطوع منها. ويتم تصميمها كآخر مرحلة من مراحل تصميم مقطع جسم الطريق ويفضل أن تكون منبسطة قدر الإمكان لضمان الأمان والاستقرار للمركبة في حالة خروجها عن الطريق وعبورها على الميل. وكلما كانت الميول الجانبية مناسبة لطبيعة التربة كلما كان الطريق أكثر استقرارا وثباتا.

٤-٧-٥ الجدر الإستنادية

الجدران الإستنادية هي عناصر إنشائية وظيفتها حجز التربة خلفها والمحافظة على فرق المنسوب بين سطحي التربة أمامها وخلفها، ومنعها من الانهيار كما أنها تستعمل كحاجز ضد الماء على ضفاف الأنهار بالإضافة إلى استخدامها على طول مناطق الحفر والردم عند تنفيذ الطرق، حيث انه يوجد أشكال مختلفة للجدران الاستنادية تبعا لطبيعة الموقع ولطبيعة المواد المستخدمة في إنشائها، حيث يبين الشكل (٤-٥) بعض أشكال الجدران الاستنادية وتمثل المسافة(B) كعب الجدار وتمثل المسافة (H) إرتفاع الجدار.



الشكل (٤-٥) بعض أشكال الجدران الإستنادية.

أنواع الجدران الاستنادية:

١) الجدران الثقيلة (By Gravity wall) : وتستخدم عادة للارتفاعات الصغيرة حيث تنفذ من الخرسانة بدون حديد التسليح.
٢) الجدران نصف الثقيلة: تمتاز عن الجدران الثقيلة باستخدام كمية قليلة من التسليح وذلك لتقليل كمية الخرسانة.
٣) الجدران الظفرية :وهي على شكل حرف (T) مقلوب حيث يعمل كل جزء من الجدار كظفر وتبنى عادة من الخرسانة المسلحة وهي أكثر الأنواع استخداما للارتفاعات المتوسطة من (٥-١٠) متر.
٤) الجدران المدعمة : حيث تستخدم للارتفاعات الأكبر من (١٠) متر.
٥) الجدران المشدودة من الخلف: وذلك بواسطة شدادات مثبتة في التربة القاسية نوعا ما.
٦) جدران التدعيم: وتستخدم عند إنشاء بعض الحفر الكبيرة.

ملاحظة حيث استخدام الجدران الثقيلة (الكتلية) في الأماكن التي تتطلب وجودها، كما هو موضح في المخططات.

٤-٧-٦ اشتراطات الطريق لتصميم المطب[٥]

- يظهر من خلال الجدول (٤-٢) اشتراطات الطريق التي يجب أن تتوفر في منطقة إنشاء المطب.

[٥] المرجع رقم [٣]

جدول (٤-٢) اشتراطات الطريق في منطقة إنشاء المطب.

اشتراطات الموقع والطريق	الحدود
تصنيف الطريق	الطرق المحلية، والطرق التجميعية المحلية التي تظهر عليها مشاكل مرتبطة بالسرعة الزائدة، طرق الخدمة عندما تقع عليها مراكز خدمة.
سرعة تنظيم الحركة في الشارع، (كيلومتر بالساعة).	٦٠ أو اقل
عرض الشارع بعد حذف أطوال مناطق التقاطعات، (متر).	٥٠حد أدنى
الميل الطولي للطريق المقرر تنفيذ المطب عليه، (%).	٨ حد أعلى
المسافة بين المطبات المتتالية في سلسلة، (متر).	١٠٠-٢٠٠
مسافة رؤية المطب، (متر).	٥٠-١١٠
أنصاف أقطار المنحنيات الأفقية للطريق في منطقة تنفيذ المطب، (متر).	١٠٠حد أدنى

- يجب عند اختيار مواقع المطبات الالتزام بمجموعة من الاشتراطات أهمها ما يلي:

١. يجب ألا يؤدي تنفيذ المطب إلى إعاقة تصريف المياه، ويجب عدم تنفيذ المطبات عند مصائد المياه وفتحات التصريف وغرف التفتيش وفوهات إطفاء الحريق.

٢. يجب عدم تنفيذ المطبات على الشوارع والطرق وفي المناطق التي تتميز بحركة كثيفة لسيارات الطوارئ مثل سيارات الإسعاف أو سيارات إطفاء الحريق.

٣. يجب عدم تنفيذ المطبات عند مواقف الحافلات ووسائط النقل العام وجيوب المواقف الجانبية، كما يجب أن تكون المسافة الفاصلة بين المطب ومداخل ومخارج الجيوب المخصصة لهذه المواقف كافية لدخول وخروج الحافلات بشكل مريح، ولا تقل عن خمسة (٥) أمتار.

٤. يجب أن يبعد المطب مسافة لا تقل عن خمسة (٥) أمتار من معابر المشاة، ما لم يكن المطب مهيأ لعبور المشاة كما يجب وضع لوحة تحذيرية لضمان تنبيه السائق لوجود معبر المشاة.

٥. كما يجب مراعاة استمرارية مسار حركة ذوي الاحتياجات الخاصة عند تنفيذ المطبات مستوية السطح وذلك بعمل ميل مناسب لجوانب الرصيف وجوانب المطب لا يزيد على واحد إلى اثني عشرة (١:١٢) .

٦. يجب ألا تقل المسافة الفاصلة بين المطب والتقاطع عن عشرين (٢٠) مترًا.

٧. يجب مراعاة تأمين شروط الرؤية، وعدم زراعة الأشجار أو النباتات التي تحد من رؤية اللوحات المرورية.

ملاحظة حيث سيتم استخدام المطب الانسيابي (Speed Hump) حسب الأبعاد الخاصة به والمذكور سابقا في الفصل الثالث، كما هو موضح في المخططات.

٤-٨ التصميم الأفقي (Horizontal Alignment)[٥]

حيث يتم فيه بيان المنحنيات الأفقية وتحديد بداياتها ونهاياتها وكذلك تحديد أطوالها وزواياها ونقاط التقاطع فيها بالإضافة لذلك يتم بيان الجزء الوسطي وعرض الطريق والحواجز الجانبية ونقاط المصلع وكذلك تحديد اتجاه الطريق بالنسبة للشمال، حيث تقسم المنحنيات الأفقية إلى منحنيات دائرية ومنحنيات انتقالية، والهدف من استخدام المنحنيات الأفقية الدائرية أو الانتقالية هو وصل الأجزاء المستقيمة ببعضها بشكل تدريجي لتفادي التغيرات المفاجئة في الاتجاهات التي تسبب الإزعاج للسائقين، وهناك أنواع متعددة من المنحنيات التي يمكن استخدامها في وصل الخطوط المستقيمة المتقاطعة.

٤-٨-١ المنحنيات الأفقية الدائرية

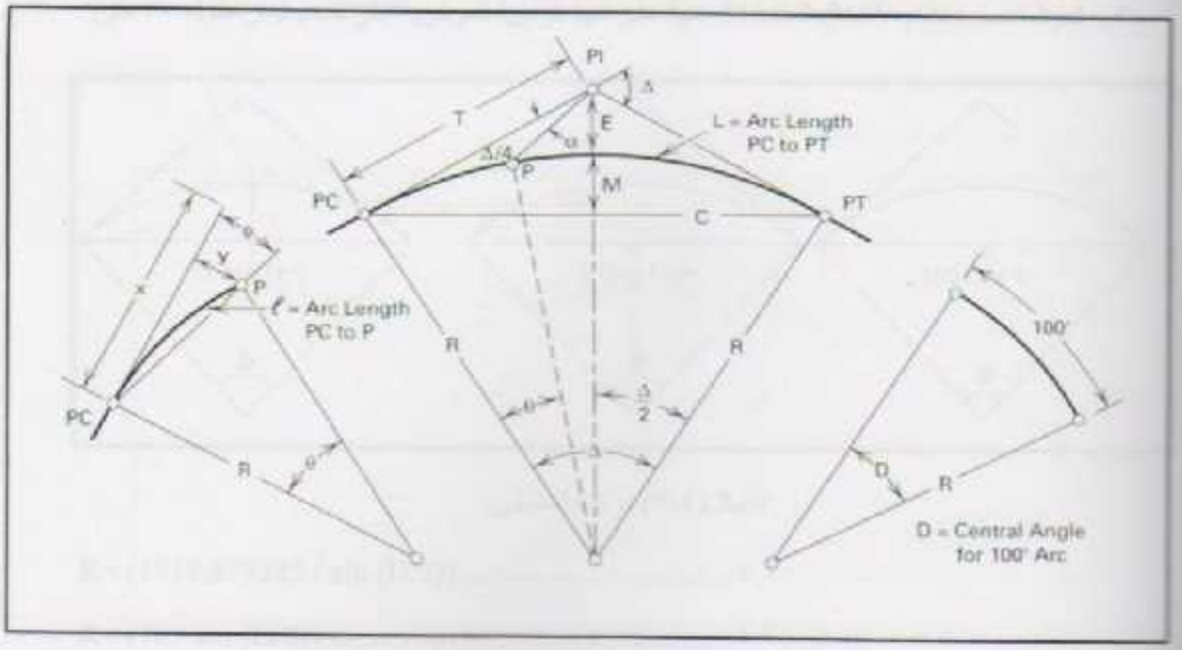
وتقسم إلى أربعة أقسام رئيسية:

- ✓ المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves.
- ✓ المنحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves.
- ✓ المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر Broken-Back Circular Curves.
- ✓ المنحنيات الدائرية العكسية Reversed Circular Curves.

٤-٨-١-١ المنحنيات الدائرية البسيطة (Simple Circular Curves)

وللتعرف على معادلات وعناصر المنحنيات ودرجة المنحى كما يلي:

- ❖ الشكل التالي يوضح العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنى الدائرية البسيط والجدول الذي يليه يوضح معادلات تصميم المنحنيات الدائرية.



الشكل (٤-٦) عناصر المنحنى الدائري.

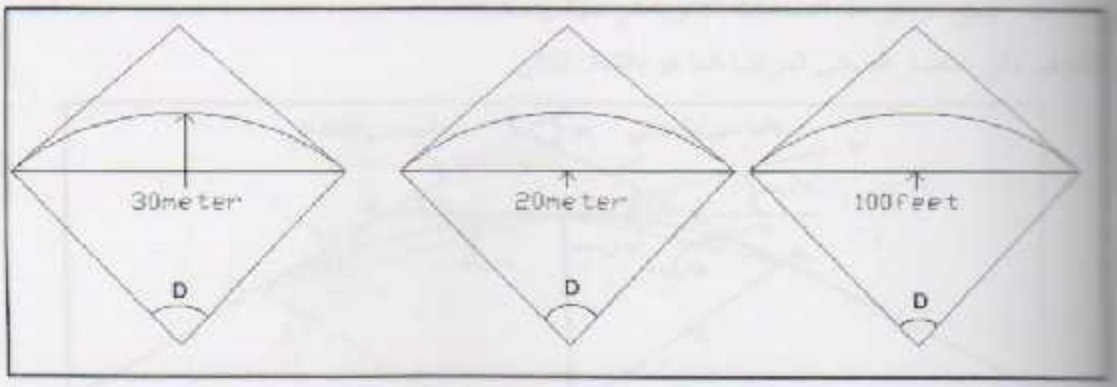
[٥] مرجع رقم [٥]

جامعة بوليتكنك فلسطين
Palestine Polytechnic University
(PPU)
The Library المكتبة
Acc. ١٠٣٩٤٨ الرقم المتسلسل
Class: رقم التصنيف

جدول (٤-٣) معادلات وعناصر المنحنيات الدائرية.[٧]

عناصر المنحنيات الدائرية	معادلات المنحنيات الدائرية
PI = Point of intersection PC = Point of curvature (Beginning of curvature) PT = Point tangency (End of curvature) Δ = Central angle L = Length of curvature (PC to PT) l = length of arc (PC to P) θ = Central angle for arc length l T = Tangent length (PC to PI and PT to PI) ϕ = Deflection angle α = Deflection angle at PI between tangent and line from PI to P x = Tangent distance from PC to P y = Tangent offset P D = Degree of curvature R = Radius of curvature E = External distance M = Middle ordinate C = Chord length	$D = \frac{5729.58}{R}$ $L = \frac{2\pi R\Delta}{360}$ $l = \frac{100\theta}{D}$ $T = RTan\frac{\Delta}{2}$ $E = R\left(\sec\frac{\Delta}{2} - 1\right)$ $M = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right)$ $C = 2R\sin\frac{\Delta}{2}$ $\phi = \frac{\theta}{2} = \frac{lD}{200}$ For any tangent distance x: $y = R - \left[R^2 - x^2\right]^{1/2}$ For any arc length: $x = R\sin\theta$ $y = R(1 - \cos\theta)$

- درجة المنحنى حسب النظام البريطاني والنظام المصري ونظام الأشغال العامة الأردنية كما يلي:
  ١. تعرف حسب النظام البريطاني على أنها الزاوية المركزية التي تضم وتر طوله ١٠٠ قدم.
  ٢. تعرف حسب النظام المصري على أنها الزاوية المركزية التي تضم وتر طوله ٢٠ متر.
  ٣. تعرف حسب نظام الأشغال العامة الأردنية على أنها الزاوية المركزية التي تضم قوس طوله ٣٠ متر.



الشكل(٤-٧) درجة المنحنى.

R= (1718.873385 / sin (D/2))..... ٤.١

R= (10 / sin (D/2))..... ٤.٢

R= (50 / sin (D/2))..... ٤.٣

[٧] مرجع رقم [٥]

تمثل هذه المعادلات المذكورة نظام الأشغال العامة والمصري والبريطاني على التوالي، ويمثل الجدول (٤-٣) نصف قطر المنحنى بالرجوع إلى درجته

جدول (٤-٤) نصف قطر المنحنى بالرجوع إلى درجته[٨]

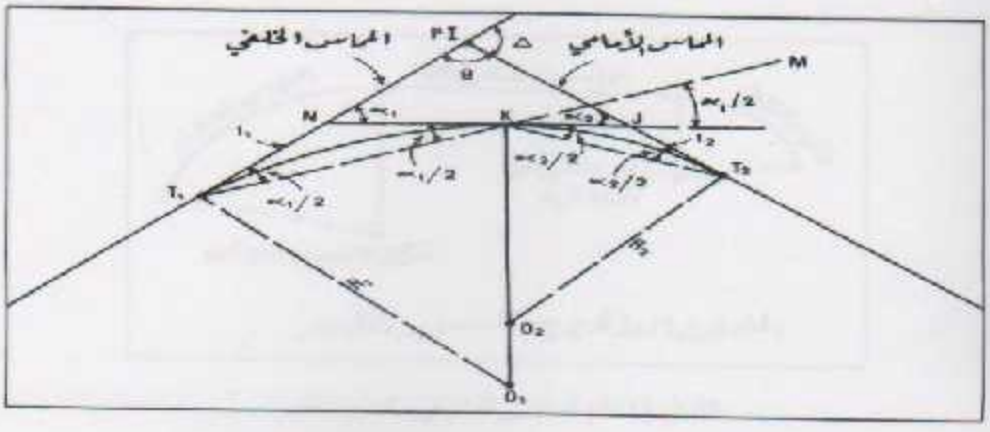
U.S Customary Units		Metric Units
Degree of Curvature, D	Radius (ft)	Radius (m)
0°30'	1,459	3,495
1°00'	5,730	1,750
1°30'	3,820	1,165
2°00'	2,865	875
2°30'	2,292	700
3°00'	1,910	585
3°30'	1,637	500
4°00'	1,432	440
5°00'	1,146	350
6°00'	955	295
7°00'	819	250
8°00'	716	220
9°00'	637	195
10°00'	573	175
11°00'	521	160
12°00'	477	145
13°00'	441	135
14°00'	409	125
16°00'	358	110
18°00'	318	95
20°00'	286	85
22°00'	260	80

٤-٨-١-٢ المنحنيات الدائرية المركبة (Compound Circular Curves)

يتألف المنحنى المركب من منحنيين أفقيين (أو أكثر) متتابعين بحيث تكون نقطة التماس الثانية للمنحنى الأول هي نفسها نقطة التماس الأولى للمنحنى الثاني تحت الشروط التالية:-

- أنصاف أقطار هذه المنحنيات الدائرية مختلفة.
- المنحنيات متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.
- جميع مراكز هذه المنحنيات الدائرية في جهة واحدة.

التعرف على عناصر المنحنى المركب كما هو بالشكل التالي:



الشكل (٤-٨) عناصر المنحنى الدائري المركب[٩]

---

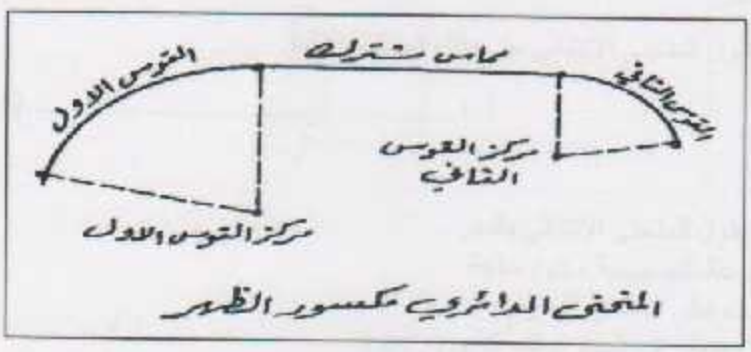
[٨] مرجع رقم [٤]
[٩] مرجع رقم [٤]

حيث أن:

- نقطة تماس المنحنى المركب مع المستقيم أو المماس الخلفي (Back Tangent) ويرمز لها بـ T_1.
- نقطة التقاء أو تماس المنحنيين الدائريين المشكلين للمنحنى المركب ويرمز لها بـ K.
- نقطة تماس المنحنى المركب مع المماس الأمامي ويرمز لها بـ T2.
- نقطة تقاطع المماس الخلفي مع المماس المشترك ويرمز لها بـ N
- نقطة تقاطع المماس المشترك مع المماس الأمامي ويرمز له بـ J.
- نقطة تقاطع المماس(الأمامي والخلفي) ويرمز لها بـ PI.
- مركز المنحنى الدائري الخلفي أو الأيسر ويرمز له بـ O_1.
- مركز المنحنى الدائري الأمامي أو الأيمن ويرمز له بـ O_2.
- زاوية انحراف المماسين الخلفي والأمامي ويرمز لها بـ Δ.
- زاوية انحراف المماسين الخلفي والمشترك ويرمز لها بـ α_1.
- زاوية انحراف المماسين المشترك والأمامي α_2.
- الطول المشارك مع المماس ويرمز له بـ (t_1) وهو يساوي NK.
- الطول المشارك من المماس الأمامي مع المماس المشترك ويرمز له بـ (t_2) وهو يساوي JK.
- نصف قطر المنحنى الأول أو الأيسر ونرمز له بـ R_1.
- نصف قطر المنحنى الثاني أو الأيمن R_2.

٤-٨-١-٣ المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر (Broken-Back Circular Curves)

يطلق هذا الاسم على الجزء المكون من منحنيين دائريين مركزيهما في جهة واحدة ومتصلين ببعضهما بواسطة مماس مشترك واحد وقصير يقل طوله عن ثلاثين متراً، والشكل التالي يبين عناصر المنحنى المكسور الظهر.



الشكل (٤-٩) المنحنى الدائري مكسور الظهر

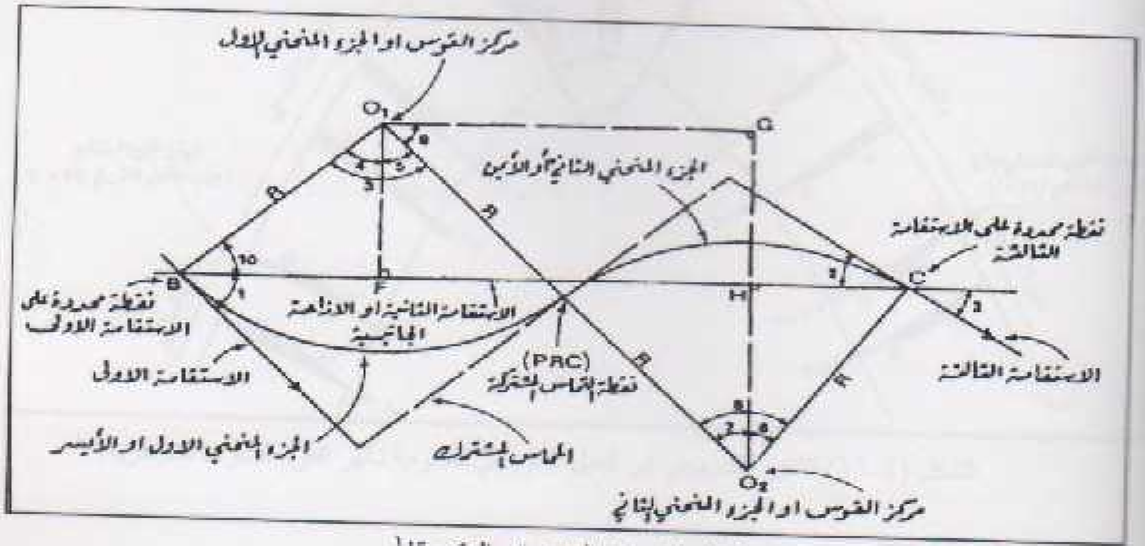
٤-٨-١-٤ المنحنيات الدائرية العكسية (Reversed Circular Curves)

ويتألف من منحنيين دائريين باتجاهين متعاكسين يفصل بينهما مماس صغير تحت الشروط التالية:

١- مراكز الانحناء ليست في جهة واحدة.

٢- أنصاف أقطار هذه الأقواس قد تكون متساوية أو مختلفة.

٣- الأقواس متماسة عند نقطة اتصالها ببعضها.



الشكل (٤-١٠) المنحنيات العكسية[١١]

٤-٨-٢ المنحنيات الانتقالية

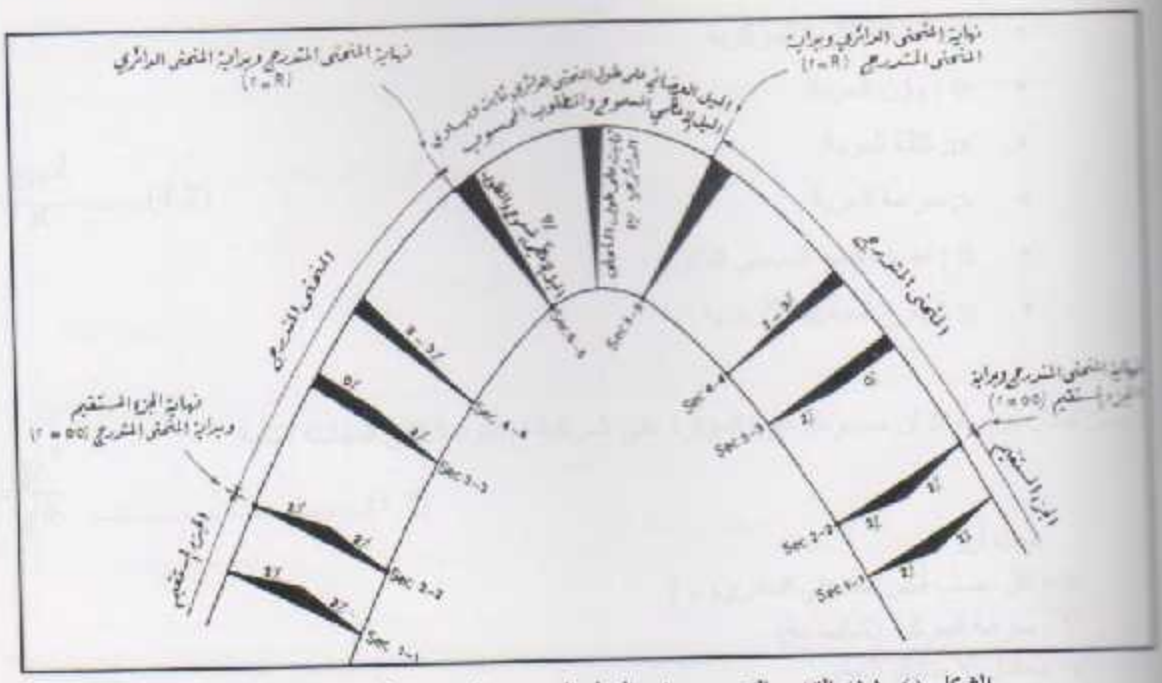
يستخدم المنحنى الانتقالي في جميع المنحنيات الأفقية وتأتي أهمية المنحنى الانتقالي من (اللولبية) بين المماس والمنحنى الدائري لنقل المركبة من طريق مستقيم إلى طريق منحنى وفي المنحنى الانتقالي تتناسب درجة المنحنى مع طول اللولب وتزداد من صفر عند المماس لدرجة المنحنى الدائري عند النهاية. وعلى هذا فمن المستحسن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

ويتم حساب طول المنحنى الانتقالي من خلال المعادلة التالية:

$$L = V^3 / (R\times a) \quad \text{......} ٤.١$$

حيث أن:

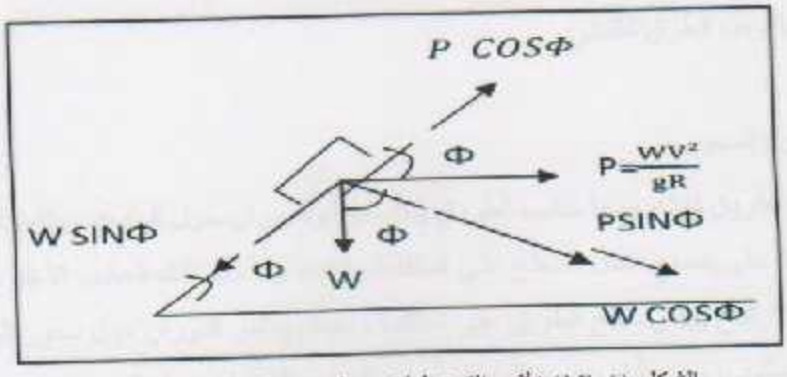
- L =أقل طول للمنحنى الانتقالي بالمتر
- V= السرعة التصميمية ، كم / ساعة
- R= نصف قطر المنحنى الدائري بالمتر
- a =معدل التغير في التسارع المركزي (م / ث)



الشكل (٤-١١) التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة الطاردة المركزية.[١١]

٤-٨-٢-١ التعلية أو ارتفاع ظهر المنحنى

تتعرض المركبة عند مرورها على المنحنيات الأفقية إلى قوى طرد مركزية تؤثر عند مركز ثقلها وتولد عزم انقلاب يحاول دفعها إلى خارج الطريق.وقد يؤدي هذا العزم إلى قلب المركبة إذا تعدى عزم الثبات الناتج من وزن المركبة.ولمقاومة عزم الانقلاب يتم رفع الحافة الخارجية للطريق عن الحافة الداخلية بمعدل يسمح باستقرار المركبة وهو ما يعرف بارتفاع ظهر المنحنى كما هو مبين في الشكل التالي:



الشكل (٤-١٢) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات.

إن قيمة هذا الميل العرضي تتراوح بين ٤% إلى ٧% وربما ٩% (حسب الأنظمة المعمول بها في مختلف الدول وهي أكبر من الميل العرضي المخصص لغايات تصريف مياه سطح الطريق والذي هو بحدود ٢% ويطلق على زيادة المنسوب لطرف الطريق الخارجي (Super-elevation)، وتظهر المعادلة التالية القوة الطاردة المركزية بدلالة العوامل الأخرى.

[١١] مرجع رقم [٤]

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

$$P=\frac{wv^2}{gR}=\frac{mv^2}{R} \quad .....(4.2)$$

من خلال دراسة اتزان مجموعة القوة المؤثرة على المركبة تم التوصل إلى المعادلة التالية:

$$e+f=\frac{V^2}{gR} \quad .....(٤.٣)$$

حيث أن:

R= أقل نصف قطر للمنحنى الدائري(م)

V= سرعة المركبة (كم/ساعة)

f= معامل الاحتكاك الجانبي

e= أقصى معدل رفع جانبي

U.S. Customary Units	Metric Units
$0.01e + f = \frac{V^2}{15R}$ (7-3a)	$0.01e + f = \frac{V^2}{127R}$
where V = velocity, mph	*where* V = velocity, km/h

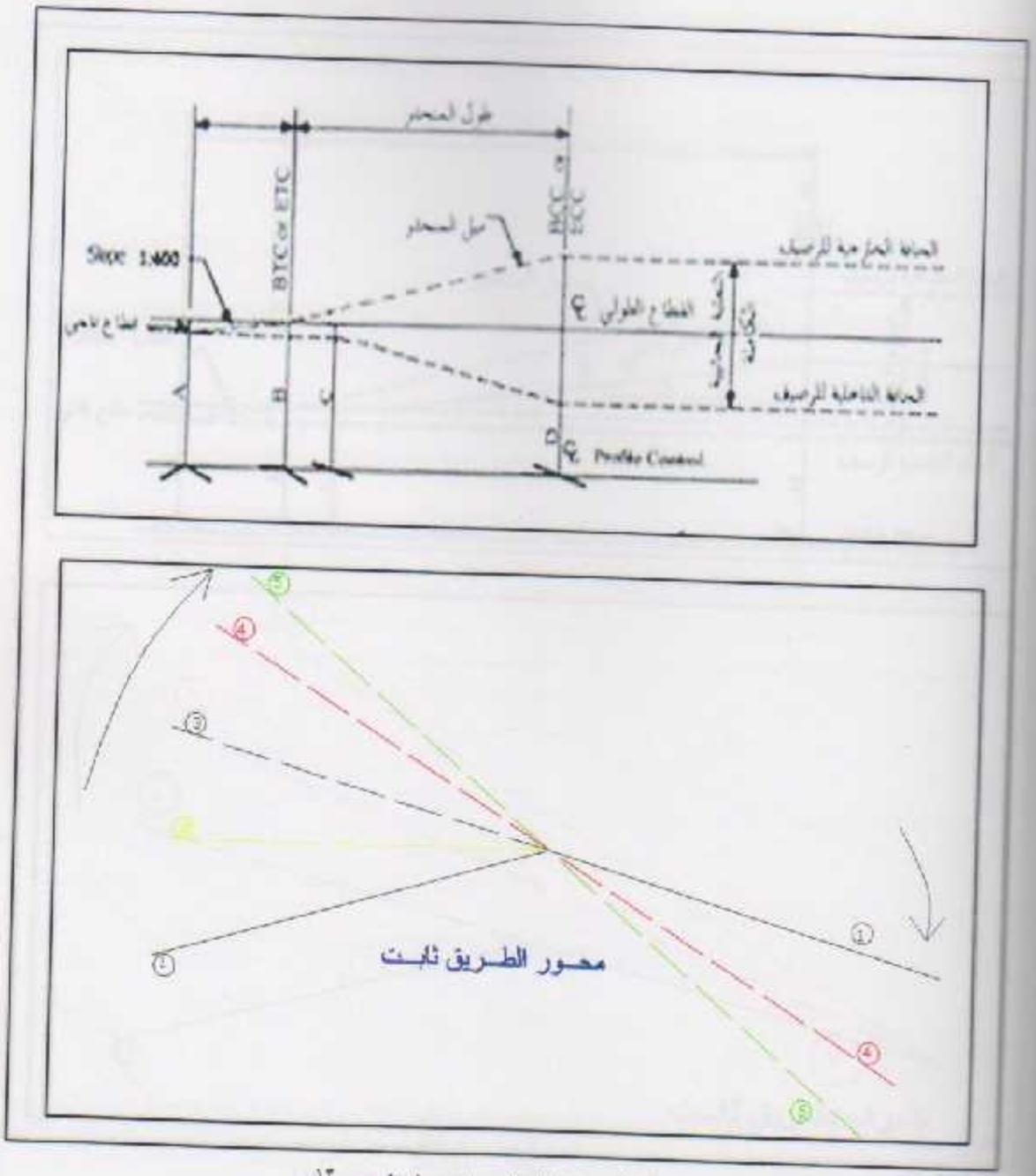
الجدول(٤-٥) معادلة مجموعة القوى المؤثرة على المركبة حسب(U.S.C Units & Metric Units).[11]

التعلية يوجد أكثر من طريقة وذلك بالدوران حول المحور أو الدوران حول الحافة الداخلية أو الدوران حول الحافة الخارجية وهذه الطرق كالتالي:

- الدوران حول المحور

يبقى محور الطريق ثابتا، ويبدأ جانب الطريق بالارتفاع والدوران حول المحور وبنفس الوقت يبقى الجانب الآخر ثابتا حتى يصبح كامل السطح على استقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالانخفاض والجانب الأول بالارتفاع ويبقى سطح الطريق على استقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يحقق الميلان المطلوب، وعند الخروج من المنعطف يعود السطح بالدوران حول المحور حتى يعود سطح الطريق مائلا بالاتجاهين المتعاكسين بنسبة 2% كما هو موضح بالشكل التالي:

[11] مرجع رقم

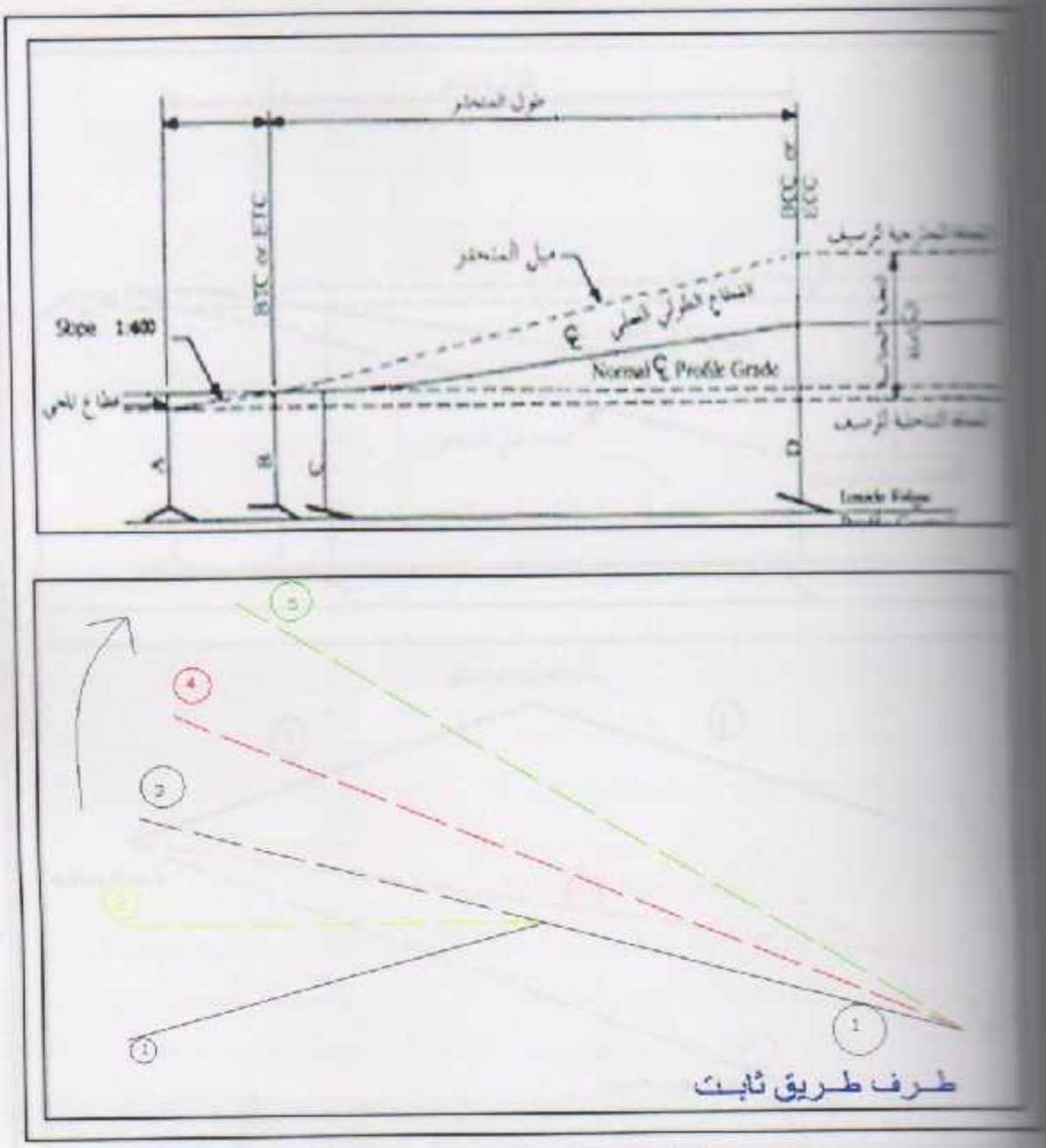


الشكل (٤-١٣) الدوران حول المحور[١٣]

❖ الدوران حول الحافة الداخلية

يرتفع الجانب الخارجي للطريق (ظهر المنعطف)، ويبقى الجانب الثاني ثابتا حتى يصبح كامل سطح الطريق على استقامة واحدة بميل ٢% ، عند ذلك يدور كامل سطح الطريق حول حافة الطريق الداخلية و(ليس حول محور)، بحيث أن كامل سطح الطريق يرتفع بدلا من ارتفاع نصفه حتى يصل السطح إلى الميلان المطلوب.

[١٣] مرجع رقم [١٥]

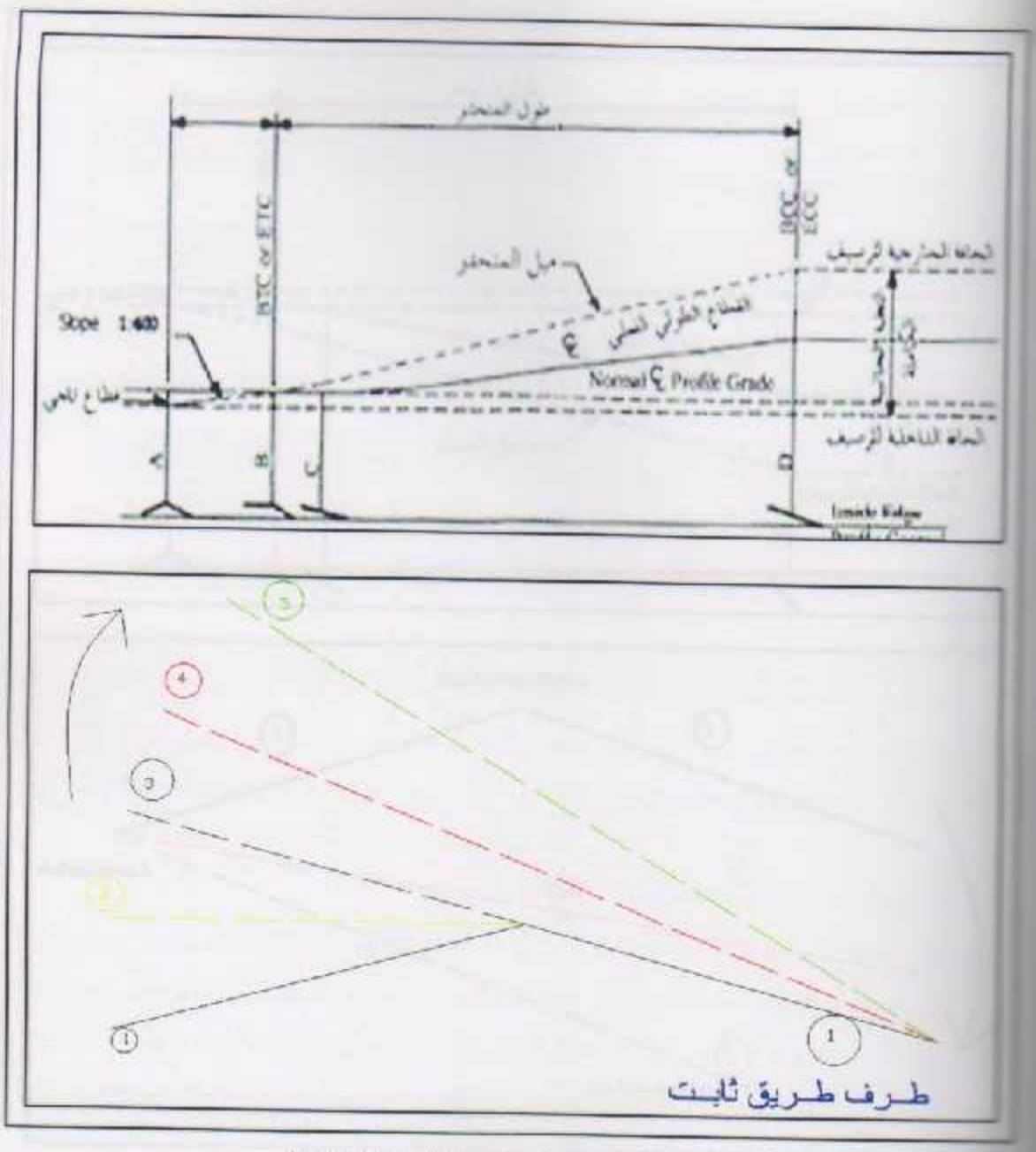


الشكل(٤-١٤)الدوران حول الحافة الداخلية[١١]

- الدوران حول الحافة الخارجية

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

[١١] مرجع رقم [١٥]

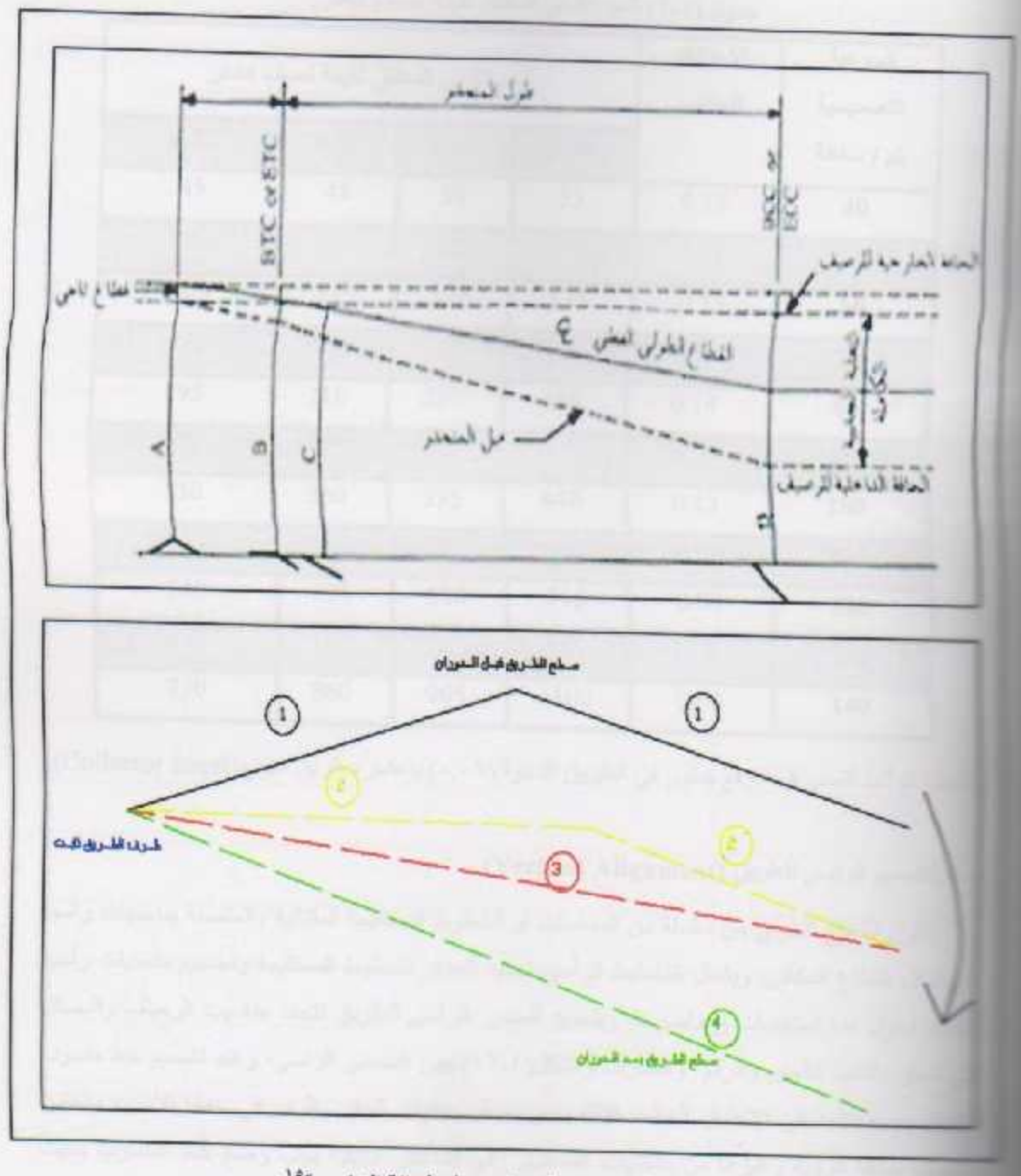


الشكل(٤-١٤)الدوران حول الحافة الداخلية[١٤]

❖ الدوران حول الحافة الخارجية

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

[١٤] مرجع رقم [١٥]



الشكل(٤-١٥) الدوران حول الحافة الخارجية[١٥]

من خلال الجدول (٤-٦) يبين أقل نصف قطر بدلالة السرعة التصميمية ودرجة الرفع الجانبي والاحتكاك الجانبي للطريق حسب مواصفات الأشتو الأمريكية.

[١٥] المرجع رقم [١٥]

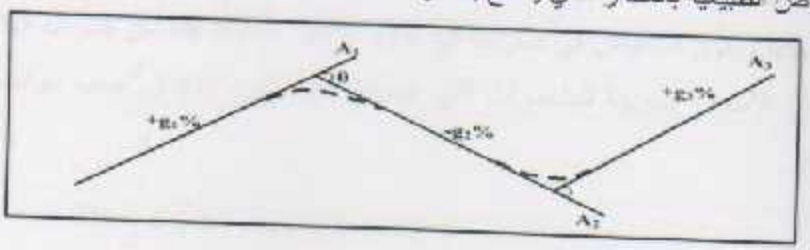
جدول (٤-٦) الحد الأدنى المطلق لقيمة نصف القطر.[١٦]

السرعة التصميمية كم / ساعة	الاحتكاك الجانبي	الحد الأدنى المطلق لقيمة نصف القطر			
		0.06	0.08	0.10	0.12
40	0.17	55	50	45	45
50	0.16	90	85	75	70
60	0.15	135	125	115	105
70	0.14	195	175	160	150
80	0.14	250	230	210	195
90	0.13	335	305	275	255
100	0.12	440	395	360	330
110	0.11	560	500	455	415
120	0.09	755	655	595	540
130	0.09	885	785	700	635
140	0.08	1100	965	860	770

ملاحظة تم أخذ أقصى قيمة رفع جانبي في الطريق الدعوة (٠.٠٦) باعتباره طريق مجمع(Collector street)

٤-٤ التصميم الرأسي للطريق (Vertical Alignment)

يتكون القطاع الطولي من سلسلة من المماسات أو الخطوط المستقيمة المتتالية والمتصلة بمنحنيات رأسيه على شكل القطاع المكافئ. ويشمل التخطيط الرأسي تحديد انحدار الخطوط المستقيمة وتصميم منحنيات رأسية وتحديد أطول هذه المنحنيات وعناصرها. وبتحديد المحور الرأسي للطريق تتحدد مناسيب الرصف والمسائل التي تتعلق بالتنفيذ كالحفر والردم والصرف والشكل(٤-١٦) يبين المنحنى الراسي، وعند تصميم خط منسوب الطريق يجب الأخذ في الاعتبار الجانب الاقتصادي بجعل عمليات الحفر والردم في حدها الأدنى، وتحقيق متطلبات مسافة الرؤية وغيرها من متطلبات التصميم. وفي المناطق الجبلية يجب وضع خط المنسوب بحيث يحقق التوازن بين أعمال الحفر والردم لتقليل تكلفة الإنشاء. وفي المناطق المسطحة يجب أن يرتفع خط الطريق عن سطح الأرض الطبيعية بالمقدار الذي يسمح بتصرف المياه السطحية بسهولة.



الشكل (٤-١٦) المنحنى الرأسي.[١٧]

[١٦] مرجع رقم [٤]

ومن الشكل(٤-١٦) الموضح فيما سبق نستنتج ما يلي:

$$A_1 = \tan\theta \quad \text{.....(٤.٤)}$$

$$A_1 = \left(\frac{+g_1}{100}\right) - \left(\frac{-g_2}{100}\right) \quad \text{.....(٤.٥)}$$

$$A_1 = \frac{g_1 + g_2}{100} \quad \text{.....(٤.٦)}$$

$$A_2 = \left(\frac{+g_2}{100}\right) - \left(\frac{-g_3}{100}\right) \quad \text{.....(٤.٧)}$$

$$A_2 = \frac{g_2 + g_3}{100} \quad \text{.....(٤.٨)}$$

حيث A : الفرق الجبري بين انحدار المماسين المحيطين.

وقد بينت الدراسات أن جميع العربات الخاصة تستطيع صعود الانحدارات التي تصل إلى ٨% بسهولة ولا تتأثر سرعتها كثيرا على عكس مركبات النقل التي تتأثر سرعتها بشدة بالميول. والجدول (٤-١٣) يعطي القيم الخاصة بالانحدارات القصوى المقبولة التي حددتها هيئة أشو على أساس السرعة التصميمية لبعض أنظمة الطرق. وتتوقف السرعة القصوى للمركبات التجارية عند صعودها الانحدارات على طول ونسبة الانحدار وعلى النسبة بين الوزنين والقدرة للمركبة.

جدول (٤-٧) الانحدارات القصوى المقبولة حسب مواصفات الآشتو (AASHTO).[١٨]

السرعة التصميمية (كم / الساعة)	الانحدار الأقصى (٪)	
	مناطق منبسطة	مناطق جبلية
٤٨	٦	٩
٦٤	٥	٨
٨٠	٤	٧
٩٦	٣	٦
١١٢	٣	٥
١١٨	٣	٤

بالإضافة إلى الحد الأقصى المسموح به للانحدار فإن هناك طولا حرجا للانحدار يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم وهو أقصى طول على انحدار تستطيع عربات النقل صعوده والبقاء عليه دون أن يؤثر ذالك تأثيرا كبيرا على سرعتها ويكون التخفيض في السرعة في حدود ٢٥كم / الساعة فقط من السرعة المتوسطة. ويعطي الجدول (٤-١٤) الأطوال الحرجة للمنحدرات التي تتناسب مع مقدار الانحدار حسب مواصفات هيئة أشتوا (AASHTO).

---

[١١] مرجع رقم [١١]
[٥] مرجع رقم [٥]

جدول(٤-٨) قيم الأطوال الحرجة للمنحدرات حسب مواصفات الأشتو (AASHTO).[١٩]

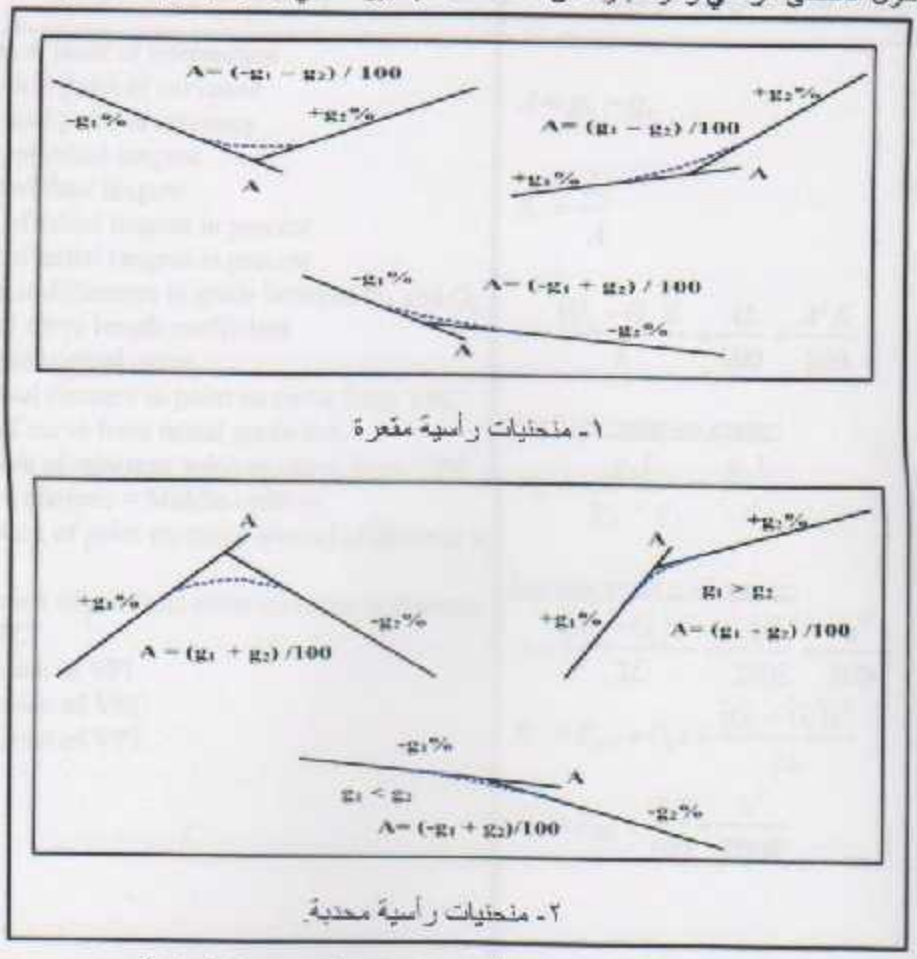
الانحدار (٪)	٣.٥	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الطول (م)	٧٠٠	٤٧٥	٣٢٥	٢٥٠	٢٠٠	١٧٥	١٦٠

٤-٤-٦ تصميم المنحنيات الرأسية

يحتوي خط منسوب الطريق على مجموعة خطوط مستقيمة ومتقاطعة (في المستوى الرأسي) تم ربط كل خطين متقاطعين بمنحنى رأسي مناسب. وتكون هذه المنحنيات على شكل منحنيات استدارة علوية (أي منحنيات رأسية محدبة) أو استدارة سفلية (أي منحنيات رأسيه مقعرة) كما هو موضح في الشكل (٤-١٥).

ولتحديد العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنيات الرأسية كما هو موضح في الشكل(٤-١٦)، يجب توفير المعلومات التالية:

- ميول خطوط المناسيب الرأسية المتتالية.
- نقطة التقاطع لكل خطين متتاليين.
- طول المنحنى الرأسي وهو عبارة عن المسافة الأفقية بين نقطتي البداية والنهاية للمنحنى.



١- منحنيات رأسية مقعرة

٢- منحنيات رأسية محدبة.

الشكل (٤-١٧) الأشكال المختلفة للمنحنيات الرأسية.[٢٠]

[٢٠] مرجع رقم [٥]

جدول(٤-٨) قيم الأطوال الحرجة للمنحدرات حسب مواصفات الآشتو (AASHTO).[١٩]

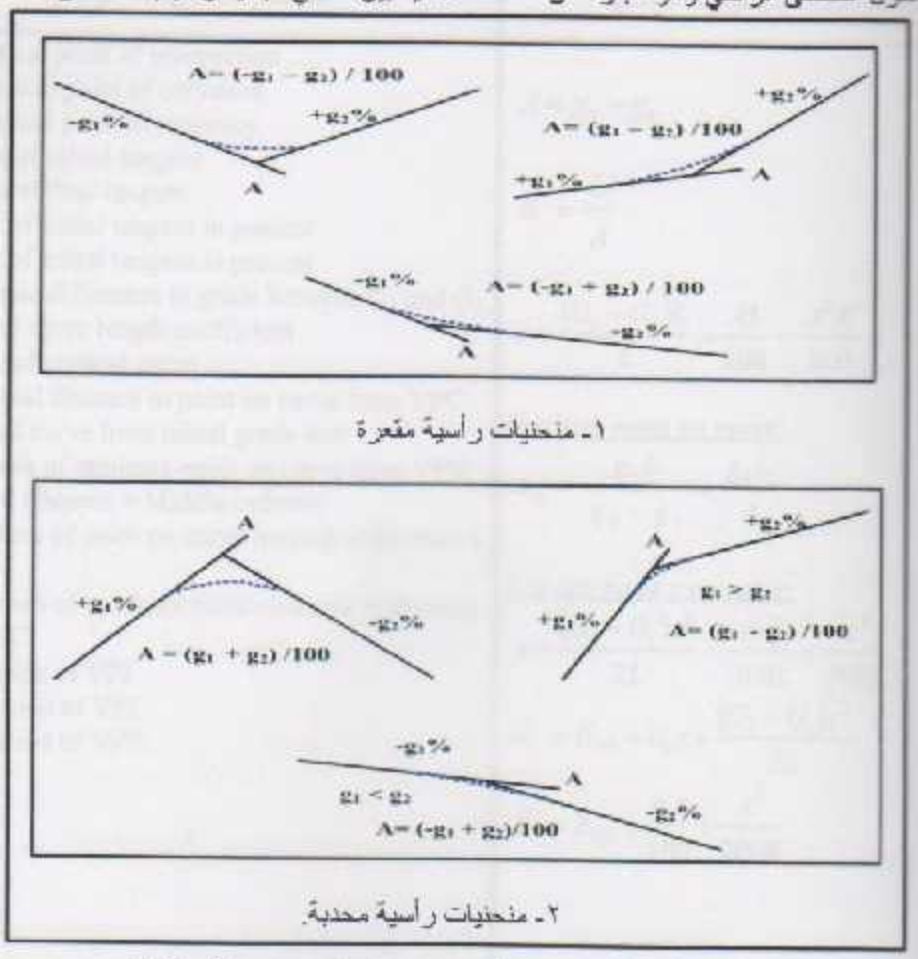
الانحدار (٪)	٢.٥	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الطول (م)	٧٠٠	٤٧٥	٣٢٥	٢٥٠	٢٠٠	١٧٥	١٦٠

٤-٩ تصميم المنحنيات الرأسية

يحتوي خط منسوب الطريق على مجموعة خطوط مستقيمة ومتقاطعة (في المستوى الرأسي) تم ربط كل خطين متقاطعين بمنحنى رأسي مناسب. وتكون هذه المنحنيات على شكل منحنيات استدارة علوية (أي منحنيات رأسية محدبة) أو استدارة سفلية (أي منحنيات رأسيه مقعرة) كما هو موضح في الشكل (٤-١٥).

ولتعيين العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنيات الرأسية كما هو موضح في الشكل(٤-١٦)، يجب توفير المعلومات التالية:

- ميول خطوط المناسيب الرأسية المتتالية.
- نقطة التقاطع لكل خطين متتاليين.
- طول المنحنى الرأسي وهو عبارة عن المسافة الأفقية بين نقطتي البداية والنهاية للمنحنى.

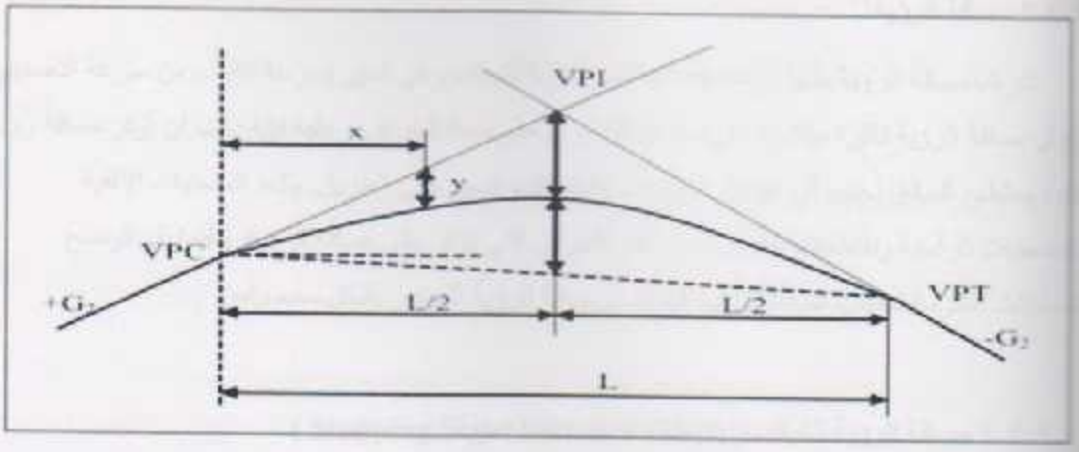


١- منحنيات رأسية مقعرة

٢- منحنيات رأسية محدبة.

الشكل (٤-١٧) الأشكال المختلفة للمنحنيات الرأسية.[٢٠]

[١٩] مرجع رقم [٥]



الشكل (٤-١٨) العناصر التصميمية للمنحنيات الرأسية.[٢١]

ويتم تصميم المنحنيات الرأسية باستخدام المعادلات التالية :

جدول (٤-٩) معادلات وعناصر المنحنيات الرأسية.

معادلات المنحنيات الرأسية	عناصر المنحنيات الرأسية
$A = g_2 - g_1$ $K = \frac{L}{A}$ $e = \frac{(G_1 - G_2)L}{8} = \frac{AL}{800} = \frac{A^2K}{800}$ For high point on curve: $x_m = \frac{g_1 L}{g_2 - g_1} = \frac{g_1 L}{A}$ For any point p on curve: $y = \frac{(G_2 - G_1)x^2}{2L} = \frac{Ax^2}{200L} = \frac{x^2}{200K}$ $E_x = E_{PC} + G_1 x + \frac{(G_2 - G_1)x^2}{2L}$ $E_x = E_{PC} + \frac{g_1 x}{100} + \frac{x^2}{200K}$	VPI = Vertical point of intersection VPC = Vertical point of curvature VPT = Vertical point of tangency G_1 = Grade of initial tangent G_2 = Grade of final tangent g_1 = Grade of initial tangent in percent g_2 = Grade of initial tangent in percent A = Algebraic difference in grade between G_1 and G_2 K = Vertical curve length coefficient L = Length of vertical curve x = Horizontal distance to point on curve from VPC y = Offset of curve from initial grade line x_m = Location of min/max point on curve from VPV e = External distance = Middle ordinate E_x = Elevation of point on curve located at distance x from VPC E_m = Elevation of min/max point on curve at distance x_m from VPC E_{PI} = Elevation of VPI E_{PC} = Elevation of VPC E_{PT} = Elevation of VPT

[٢١] مرجع رقم [١١]
[٢٢] مرجع رقم [١١]

٤-٩-٢ مسافة الرؤية[٢٢]

تعرف مسافة الرؤية بأنها أقل مسافة تحتاجها العربة للتوقف وهي تسير بسرعة تقترب من سرعة التصميم. وتؤثر مسافة الرؤية تأثيرا مباشرا على سلامة المرور وعلى سعة الطريق. وعليه فإنه يجب أن يُوفر مسافة رؤية كافية يستطيع السائق تجنب أي عوائق مفاجئه قد تقابله أثناء السير على الطريق. وتعد المنحنيات الأفقية والمنحنيات الرأسية وتقاطعات الشوارع من أكثر العوائق التي تؤثر على مسافة الرؤية. وفيما يلي توضح المعادلات اللازمة لحساب مسافة الرؤية للتوقف ومسافة الرؤية للتجاوز بشكل سليم وآمن.

٤-٩-٢-١ مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance:(SSD))

يفضل أن تكون مسافة الرؤية طويلة ما أمكن ذلك ويجب أن لا تقل عن الحد الأدنى لمسافة التوقف في كل الأحوال وتشمل هذه المسافة جزأين هما:

١. المسافة (S) التي تسيرها المركبة خلال فترة شعور السائق وخلال تشغيله للفرامل. ولأغراض تصميمية يؤخذ زمن الارتداد الشعوري مع زمن تشغيل الفرامل ٢,٥ ثانية، وعليه فإن:

$$S = 2.5 * V \quad \text{.....(4.9)}$$

حيث أن:
S: مسافة الرؤية للتوقف (بالمتر).
V: سرعة العربة (بالمتر / ثانية).

٢. مسافة الفرملة (d) وتحسب كالتالي :

❖ في حالة الطريق مستوية :

$$d = \frac{V^2}{2fg} \quad \text{.....(4.10)}$$

حيث أن:

d: مسافة الفرملة (بالمتر)
g: تسارع الجاذبية الأرضية (بالمتر / ثانية مربع).
V: سرعة العربية (بالمتر/ثانية).
f: معامل الاحتكاك بين العجل وسطح الطريق (وتؤخذ ٠,٤).

❖ في حالة طريق مائل:

$$d = \frac{V^2}{254(f \pm G)} \quad \text{.....(4.11)}$$

حيث أن :
G: نسبة الانحدار مقسومة على (١٠٠).

وبذلك فإن أدنى مسافة للتوقف (SSD) بالنسبة للطريق من حارتين او أكثر للمرور في اتجاهين أو اتجاه واحد تحسب كالتالي :

---

[٢٢] مرجع رقم [٥]

$$SSD = S + D \quad \text{.....(4.12)}$$

✓ في حالة طريق مستوية :

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{2fg} \quad \text{.....(4.13)}$$

✓ في حالة طريق مائلة عند الصعود :

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{254(f+G)} \quad \text{.....(4.14)}$$

✓ في حالة طريق مائلة عند الهبوط :

$$SSD = 2.5V + \frac{V^2}{254(f-G)} \quad \text{.....(4.15)}$$

أما بالنسبة للطرق المكونة من حارة واحدة و المخصصة للمرور في اتجاهين فان مسافة الرؤية تؤخذ (2SSD) والجدول (٤-١٠) والجدول (٤-١١) يعطيان بعض القيم لمسافة الرابط حسب مواصفات الآشتو(AASHTO) في الرصف المبلل و الرصف الجاف.

الجدول (٤-١٠) مسافة الربط في حالة الربط المبلل.[٢٣]

السرعة التصميمية (كم / الساعة)	معامل الاحتكاك	مسافة الرباط (متر)
48	0.36	55
64	0.33	80
80	0.31	115
96	0.30	150
104	0.30	165
112	0.29	185
120	0.28	205
128	0.27	230

[٢٣] مرجع رقم [٥]

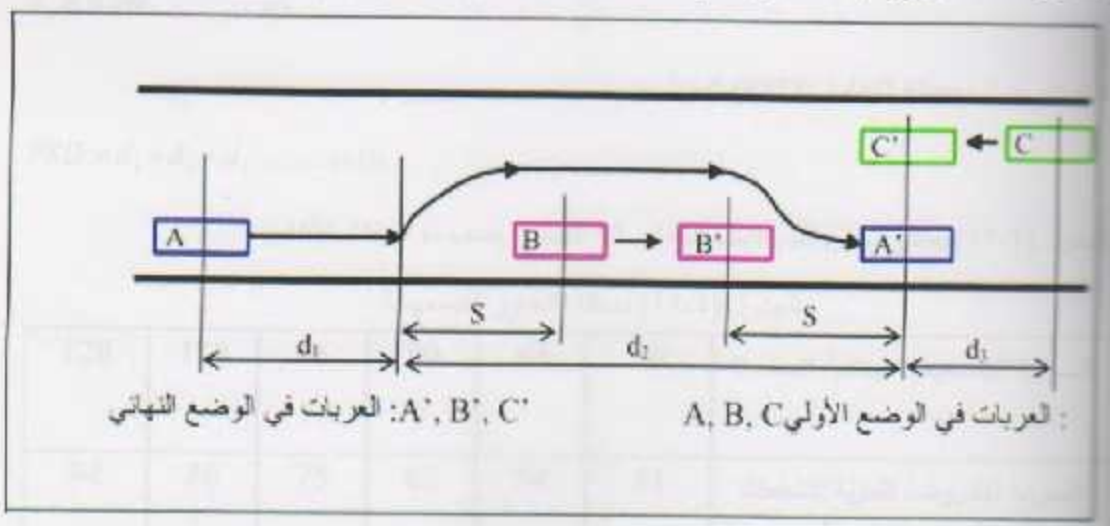
الجدول (٤-١١) مسافة الربط في حالة الرصف الجاف.[٢٤]

السرعة التصميمية (كم/ الساعة)	معامل الاحتكاك	مسافة الرباط (متر)
48	0.62	48
64	0.60	72
80	0.58	100
96	0.56	132
104	0.56	149
112	0.55	129
120	0.54	190
128	0.53	212

٤-٢-٩-٢ مسافة الرؤية للتجاوز (Passing Sight Distance:(PSD))

وهي أقل مسافة لتجاوز عربة تسير بسرعة عربة أخرى تسير أمامها ببطء وذلك بانتقالها إلى الحارة الأخرى التي يسير عليها المرور المعاكس لها ثم العودة إلى نفس الحارة دون خطر اصطدام أو مضايقة.

وتتكون مسافة التجاوز من ثلاثة أجزاء في حالة طريق من حارتين كما هو موضح في الشكل (٤-٢٠).



الشكل (٤-١٩) مسافة التجاوز.[٢٥]

حيث أن :

- المسافة الأولى (d_1): وهي المسافة التي تقطعها العربة خلال فترة التردد في العبور ، وتحسب من العلاقة التالية:

$$d_1 = 0.84(V - M) \quad \text{.....(4.16)}$$

---

[٢٤] مرجع رقم [٥]
[٢٥] مرجع رقم [٥]

حيث أن :

d_1: مسافة التردد في العبور (متر).
V: السرعة التصميمية (كم / السرعة).
M: مقدار النقص بين السرعة التصميمية والسرعة المفروضة للعربة المتخطية وتؤخذ عادة (١٦ كم /الساعة).

- المسافة الثانية (d_2): وهي المسافة التي تقطعها العربة خلال فترة التجاوز، وتحسب من المعادلات التالية:

$$d_2 = 2S + 0.84(V - M) \quad \text{.....(4.17)}$$

$$S = 0.2(V - M) + 6 \quad \text{.....(4.18)}$$

$$t = \sqrt{\frac{2.73S}{a}} \quad \text{.....(4.19)}$$

حيث أن:
a: معدل التسارع للعربة المتجاوزة ويؤخذ عموما(٤ كم/ساعة/ثانية).

- المسافة الثالثة (d_3) : وهي تمثل مقدار ما تقطعه العربة القادمة من الاتجاه الأخر خلال فترة التعدي وتحسب من المعادلة التالية :

$$d_3 = 0.28t \quad \text{.....(4.20)}$$

ومنه يتم حساب مسافة التجاوز (PSD) كما يلي :

$$PSD = d_1 + d_2 + d_3 \quad \text{.....(4.21)}$$

والجدول (٤-١٢) يعطي بعض القيم التصميمية لمسافة التجاوز حسب مواصفات الأشتو.

الجدول (٤-١٢) مسافة التجاوز التصميمية.[١٦]

السرعة التصميمية (كم/ الساعة)	48	64	80	96	112	128
السرعة المفروضة للعربة المتخطاة (كم/ الساعة)	41	54	65	75	86	94
السرعة المفروضة للعربة المتخطية (كم/ الساعة)	58	70	82	91	102	110
مسافة التجاوز (متر)	335	460	550	640	675	835

[١٦] مرجع رقم [٥]

٤-٩-٣ تصميم مسافة الرؤية في حالة المنحنيات الرأسية

تكون المنحنيات الرأسية على نوعين إما منحنيات استدارة علوية (منحنيات محدبة) أو منحيات استدارة سفلية (منحنيات مقعرة). ويجب أن تصمم هذه المنحنيات بمسافة رؤية كافية تمكن السائق من الوقوف أو التجاوز براحة وأمان. ويمكن حساب ذلك من خلال المعادلات التالية :

❖ الحالة الأولى: مسافة الرؤية أقصر من طول المنحنى (SSD<L):

$$L = \frac{AS^2}{(\sqrt{2h_1} - \sqrt{2h_2})^2} \quad \text{.....(4.22)}$$

❖ الحالة الثانية :مسافة الرؤية أطول من طول المنحنى (SSD>L):

$$L = 2S - \frac{(\sqrt{2h_1} - \sqrt{2h_2})^2}{A} \quad \text{.....(4.23)}$$

حيث أن :

L: طول المنحنى (متر).	h_1: إرتفاع عين السائق عن الأرض وتؤخذ (١.٠٧ متر).
S: مسافة الرؤية للتوقف على المنحنى المحدب (متر).	h_2: إرتفاع عائق عن سطح لأرض وتؤخذ (١٥.٠متر).

٤-٩-٣-١ حساب طول المنحنى المحدب لمسافة التجاوز

لحساب طول المنحنى المحدب لمسافة التجاوز نستخدم نفس العلاقات السابقة الخاصة بمسافة الرؤية للتوقف مع أخذ ارتفاع عين السائق عن سطح الأرض h_1 تساوي (١.٠٧ م) وارتفاع عائق عن سطح الأرض h_2 تساوي (١.٠٣م) وعليه يكون طول المنحنى :

❖ في حالة الرؤية للتجاوز أقصر من طول المنحنى (PSD<L):

$$L = \frac{AS^2}{(\sqrt{2h_1} - \sqrt{2h_2})^2} \quad \text{.....(4.24)}$$

❖ في حالة الرؤية للتجاوز أطول من طول المنحنى (PSD>L):

$$L = 2S - \frac{(\sqrt{2h_1} - \sqrt{2h_2})^2}{A} \quad \text{.....(4.25)}$$

٤-٩-٣-٢ حساب طول المنحنى المقعر لمسافة

تحدد مسافة الرؤية ليلا حسب مسافة الأضواء الأمامية للعربة، بحيث تكون هذه الأخيرة كافية لتحقيق مسافة الإيقاف فقط حيث لا يسمح بالتجاوز إطلاقا على هذا النوع من المنحنيات.

ويمكن حساب طول المنحنى باستخدام المعادلات التالية:

❖ عندما يكون طول المنحنى أطول من مسافة الرؤية (SSD<L):

$$L = \frac{AS^2}{152.44} + 3.5S \quad \text{.....(4.26)}$$

❖ عندما يكون طول المنحنى أقصر من مسافة الرؤية (SSD>L):

$$L = 2S - \frac{152.44 + 3.5S}{A} \quad \text{.....(4.27)}$$

٤-١٠ تصريف مياه الأمطار عن الطريق [٢٧]

تصريف المياه عن الطريق هو التخلص من المياه بالإضافة إلى التحكم في مسيرها داخل نطاق حرم الطريق وبالتالي فإن عملية صرف أو إزالة المياه السطحية بعيدا عن حرم الطريق يسمى بالصرف السطحي. يوجد أكثر من نوع لتصريف مياه الأمطار مثل الصرف السطحي أو الصرف المغطى أو العبارات وغيرها من الطرق حيث تم تصريف مياه الأمطار في طريق الدعوة بتجميع المياه السطحية المتساقطة على سطح الرصيف لتسيل جانبا بسبب وجود الميول العرضية لطبقة الرصيف، ومقدار هذا الميل يتوقف على نوع الرصيف وكمية الأمطار المتساقطة وهي تتراوح من ١.٥% إلى ٣ % لسطح الطريق، و ٤% إلى ٦% للكتف.
أما في الأماكن التي يتواجد فيها الرصيف (Side walk) تم إمالة الرصيف باتجاه الطريق لتسير المياه باتجاه الميل الطولي الطريق مع إيجاد قنوات جانبية (٤٠×١٠سم) تعمل على منع تجمع المياه على جانب الطريق وتكون فتحات القنوات مغطاة بسدادات تفتح بالشتاء وتغلق بالصيف لعدم الحاجة إليها وتحتاج لصيانة دورية خلال فترة الشتاء حيث باستخدام هذا النظام يتم الاستفادة من مياه الأمطار المتراكمة لأن الأراضي المجاورة أراضي زراعية بالإضافة لتقليل التكاليف اللازمة لعمل شبكة تصريف مياه أمطار حيث أن معدل كمية الأمطار المتساقطة في مدينة يطا تعتبر نسبة قليلة كما هي مبينة في الفصل الأول، وبالتالي فان هذا النظام يعتبر فعال وقليل التكلفة ويحقق الحاجة اللازمة لتصريف مياه الأمطار .ويظهر ذلك في مخططات الطريق.

[٢٧] مرجع رقم [٦]

الفصل الخامس

حجم و إشارات المرور

٥.١ مقدمة

قبل القيام بعملية التصميم للطريق يجب الأخذ بعين الاعتبار حجم المرور وكثافته ونوع المركبات التي ستمر على الطريق، فإذا كان الطريق مصمم وقائم على ارض الواقع يتم حساب حجم المرور و كثافته عن طريق معرفة عدد السيارات التي تستخدم هذا الطريق للسير عليه. أما إذا أريد فتح طريق جديدة فيتم حساب حجم المرور و كثافته بالرجوع إلى دراسة المنطقة والمخطط الهيكلي التي سوف يخدمها الشارع سكنية أو صناعية أو زراعية وما هي المشاريع المقترحة والموجودة ضمن المخطط الهيكلي حيث انه على أساس ذلك نقوم بتصميم الشارع.و يتم ذلك عن طريق حساب المعدل اليومي و السنوي للمرور.

إن معدل السير اليومي أو السنوي مهم جدا في عمليات تخطيط الطرق و رسم سياستها و دراستها لان ذلك يؤثر في الطريق من حيث تصميم المنحنيات و الانحدارات و سعة الطريق وتصميم سمك الرصف وغيرها من الأمور.

٥.٢ حجم المرور

٥.٢.١ تعريف

يعرف حجم المرور بأنه عدد المركبات التي تقطع أو تمر من مقطع معين من الطريق خلال فترة زمنية محددة، فالعدد يختلف من ساعة لأخرى ،ومن يوم لأخر ،ومن شهر لأخر خلال السنة الواحدة، ولذلك لابد من إجراء التعداد على مدار ساعات اليوم والأيام خلال العام الواحد، وهذا التعريف يختلف عن كثافة المرور التي تكون عبارة عن عدد المركبات التي تتواجد في أي مقطع معين من الطريق في لحظة معينة، ولذلك فإن معرفة حجم السير الذي يمر على مقطع معين من الطريق هو أمر ضروري من اجل التصميم، وأي تصميم لطريق لا يمكن إتمامه إلا إذا تم معرفة حجم المرور ومعرفة نوع المركبات وعددها التي ستستخدم هذا الطريق، ويتم ذلك من خلال القيام بتعداد السيارات والذي له فترات وأنواع ووسائل عديدة سيتم ذكرها وتوضيحها لاحقا.

٥.٢.٢ التعداد

لتحديد حجم المرور لابد من إجراء تعداد للمركبات التي تمر على نقطة معينة من هذا الطريق، وأما هدف التعداد فهو الحصول على:

- معرفة عدد السيارات بالساعة الواحدة خلال اليوم وأيام السنة كاملة، وتحديد الساعات التي يمر بها العدد الأقصى من المركبات واختيار ثلاثين ساعة على مدار السنة كاملة.
- عدد السيارات يوميا على مدار السنة وتحديد الأيام والأشهر التي يكون فيها الازدحام اكبر ما يمكن.
- إيجاد المعدل اليومي للسير(Average Daily Traffic –ADT) وهو مجموع المركبات التي تمر عن نقطة معينة خلال عدد من الأيام مقسوما على عدد تلك الأيام.
- معدل السير اليومي السنوي (Annual Average Daily Traffic –AADT) وهو مجموع عدد المركبات التي تمر عن نقطة معينة خلال السنة مقسوما على عدد أيام السنة.
- تحديد حركة المشاة عند التقاطعات وتحديد طبيعة حركة السيارات التي تدخل المنطقة والتي تخرج منها، وكذلك متابعة حركتها عند التقاطعات، وتحديد نقطة البداية والنهاية لحركتها.
- ونظرا لان عدد المركبات يختلف من وقت لأخر ومن يوم لأخر فانه لا يمكن اخذ معدل عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة وذلك لان التصميم الهندسي للطريق يجب أن يكون قادرا على استيعاب عدد المركبات في ساعات الازدحام.

٥-٢-١ فترات التعداد

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

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

٥-٢-٢ أنواع التعداد على الطريق

بما أن إحصاء عدد المركبات على الطريق قبل التصميم أو تحسين الطريق من الأمور المهمة جدا، فإن لهذا التعداد أنواعا عدة منها:

- تعداد يجري على الطريق.
- تعداد يجري على التقاطعات.
- تعداد تصنيفي حسب أنواع المركبات.
- تعداد اتجاهي يحدد اتجاه حركة المركبات من اجل تحديد حاجة التقاطعات إلى إشارات ووسائل تنظيم السير

٣.٢.٣ وسائل إجراء التعداد

هناك عدة طرق متبعة لإجراء عملية التعداد للمركبات ومنها:

- العد اليدوي: حيث يقوم فريق العمل باختيار أوقات مختلفة، ويقوم الفريق بتسجيل عدد المركبات التي تمر على الطريق وتصنيفها إلى سيارة صغيرة أو شاحنة أو حافلة. وتمتاز هذه الطريقة بالبساطة والسهولة في تصنيف أنواع المركبات إلا أنها تحتاج إلى فريق للعمل.
- العد الميكانيكي: ويتم ذلك باستخدام أجهزة التصوير والرادار. وتمتاز بأنها رخيصة التكاليف ولكن هذه الأجهزة لا تستطيع تصنيف المركبات إلى أنواع وتحتاج إلى صيانة مستمرة.
- المشاهد المتحرك: وهو شخص يقوم بالعد أثناء تحركه في سيارة تسير مع السيارات.
- المقابلة: حيث يتم توقيف السيارات وسؤال ركابها عن مكان انطلاقهم ووجهتهم. إلا أن هذه الطريق تحتاج إلى الكثير من الوقت وتحتاج إلى فريق كبير للعمل.

٣.٣ السير الحالي والمستقبلي

من الطبيعي أن حجم السير غير ثابت بل يزداد يوما بعد يوم، وعند تصميم للطريق يجب أن يؤخذ حجم السير المستقبلي على الطريق أثناء تصميم الطريق، وذلك حتى يستوعب الطريق حجم السير الحالي والمستقبلي. لذلك فان السير المستعمل لتصميم الطريق يتكون من العناصر التالية:

- السير الحالي: ويتم الحصول عليه بإجراء تعداد على الطريق أو بتعداد حجم السير على الطرق المؤدية إلى الطريق المراد تصميمه.
- الزيادة الطبيعية في عدد السيارات الناتجة عن زيادة عدد السكان وزيادة استخدام المركبات بالإضافة إلى الزيادة الناتجة في تطور البلد.
- السير المتطور: يتولد هذا السير من التحسين في المنطقة حيث يتم الاستفادة من الأراضي في استعمالات جديدة كالزراعة والسياحة والصناعة.

ملاحظة: إن جميع أنواع الزيادة في عدد المركبات كما ذكر يؤدي إلى مضاعفة حجم السير الحالي على الطريق على مدى [illegible] عاما.

٣.٤ عمر الطريق

[illegible] في عملية تصميم ينظر للزيادة المتوقعة في استخدام هذا الطريق وبذلك فمن الواجب تحديد فترة زمنية للتصميم مثلا ٥ [illegible] و ١٥ أو ٢٠ عاما تصبح بعدها الطريق إما عديمة الفائدة أو تحتاج لإعادة صيانة، وعند تصميم الطرق لفترة قصيرة [illegible] التكاليف ولكن بنفس الوقت تكون خدمتها محدودة على عكس الطرق المصممة لأعمار كبيرة تكون تكاليفها عالية [illegible] الوقت تخدم فترات كبيرة.

سعة الطريق

تعرف السعة للطريق على أنها العدد الأقصى من المركبات التي لها توقع معقول بالمرور على الطريق خلال فترة زمنية محددة وتحت الظروف السائدة للطريق والمرور. وتعتمد سعة الطريق على حجم وتركيبة المرور وعلى سرعة السير والمعدلات التي تتعرض لها حركة المرور. وتعتبر السعة من العناصر الأساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند تصميم القطاع الهندسي للطريق لاستيعاب حجم المرور التصميمي المتوقع على الطريق والجدول التالي يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات هيئة آشتو الأمريكية (AASHTO).

جدول (٥-١) سعة الطريق حسب مواصفات هيئة اشتو (AASHTO).

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

تعداد المركبات

يتم عملية تعداد المركبات خلال ساعات مختلفة وفي أيام مختلفة كما ذكر سابقا ومن خلال ذلك يتم حساب عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hour Volume) (D.H.V) كما هو مبين في الحسابات اللاحقة.

يجب الأخذ بعين الاعتبار كيفية حساب معدل المركبات المستخدم في التصميم وذلك بالتعويض عن أنواع المركبات بما يقابلها من مركبات صغيرة (عدد السيارات الصغيرة ×١، عدد الحافلات ×٢.٥، عدد الشاحنات×٣)

وبناء على اختيار حجم السير المناسب فانه يجري تحديد عرض الطريق، وسرعة السيارات عليها وغير ذلك.

الجدول التالي يبين تعداد المركبات على الطرق المؤدية للطريق المقترح تصميمه بالإضافة للتاريخ لكل يوم، مع العلم أن الفترة الزمنية للتصميم ل (٢٠) سنة مقبلة.

جدول(٥-٢) تعداد المركبات

اليوم	الفترة الزمنية		نوع المركبات		
	الزمن	عدد المركبات	Passenger	2-axle	3-axle
السبـــــت 2013/2/23	7-8	53	46	7	0
	8-9	57	49	8	0
	9-10	62	54	8	0
	10-11	67	62	4	1
	11-12	75	67	7	1

	12-1	72	64	6	2
	1-2	52	49	3	0
الأحـــد 2013/2/24	7-8	84	76	8	0
	8-9	63	59	4	0
	9-10	55	54	1	0
	10-11	51	47	3	1
	11-12	77	74	2	1
	12-1	81	73	8	0
	1-2	67	66	1	0
الاثنين 2013/2/25	7-8	87	82	5	0
	8-9	69	65	4	0
	9-10	51	47	4	0
	10-11	62	60	1	1
	11-12	86	78	6	2
	12-2	153	146	7	0
الثلاثاء 2013/2/26	7-8	73	67	6	0
	8-9	51	48	3	0
	9-10	64	59	4	1
	10-11	53	48	5	0
	11-12	71	69	2	0
	12-1	82	76	6	0
	1-2	57	51	5	1
الأربعـــاء 2013/2/27	7-8	76	70	6	0
	8-9	64	57	7	0
	9-10	58	55	3	0
	10-11	53	51	2	0
	11-12	87	86	1	0
	12-1	89	83	6	0

	1-2	64	57	6	1
الخمـــيس 2013/2/28	7-8	68	61	7	0
	8-9	62	62	0	0
	9-10	49	46	3	0
	10-11	57	55	2	0
	11-12	79	71	8	0
	12-1	81	75	5	1
	1-2	53	51	2	0
الجمعـــة 2013/3/1	7-8	42	41	1	0
	8-9	37	37	0	0
	9-10	52	51	1	0
	10-2	487	482	5	0

حسب عدد المسارات المطلوبة في الطريق، يتم استخدام المعلومات التي تم جمعها من حجم المرور ، حيث أن الجدول التالي يعطي معلومات تعداد المرور لمدة أسبوع على مقطع من الشارع :

جدول(٥-٣): متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع.

الأيام	متوسط عدد المركبات لكل ساعة		
	Passenger	2-axle	3-axle
السبت	56	6	1
الأحد	64	4	1
الاثنين	69	4	1
الثلاثاء	60	5	1
الأربعاء	66	5	1
الخميس	61	3	1
الجمعة	88	1	0

المعلومات التي تظهر في الجدول السابق يتم تحويلها إلى عدد من المركبات المكافئة باستخدام معاملات وفقا للمواصفات العالمية المتبعة في فلسطين كما يلي :

عدد السيارات الصغيرة × ١

عدد الباصات × ٢.٥

عدد الشاحنات × ٣

عدد المركبات الكلي = (pass cars × ١ + 2axle × ٢.٥ + 3axle × ٣)

السيارات الصغيرة = ((٥٦+٦٤+٦٩+٦٠+٦٦+٦١+٨٨)*١)/٧

= ٦٦.٢٨ سيارة صغيرة

= (٦+٤+٤+٥+٥+٣+١) × ٢.٥ /٧

سيارة صغيرة

= (١+١+١+١+١+١+٠) × ٣ / ٧

= ٢.١٤ سيارة صغيرة

مجموع عدد السيارات الصغيرة الحالي = ٦٦.٢٨+١٢+٢.١٤

= ٨١ سيارة صغيرة

حجم المرور اليومي ADT= ٨١ × ٢٤

سيارة / يوم

عند حساب عدد المسارب يتم حسابها وفقا لحجم المرور الحالي والمستقبلي ويكون المستقبلي في العادة خلال عشرين سنة

يتم ضرب معدل المرور اليومي بمعامل يساوي ٢.٥

معدل المرور اليومي بعد مرور ٢٠ سنة = ١٩٤٤ * ٢.٥

= 4860 سيارة / يوم

بسبب عدم توفر معلومات دقيقة عن عدد المركبات في ساعات الذروة فانه تم اعتبار حجم المرور للتصميم يساوي نسبة من حجم المرور اليومي وهذه النسبة تساوي (0.24 – 0.12) ويرمز لها بالرمز k ويتم أخذها بالعادة ٠.١٦، لذلك فان معدل المركبات للساعة التي يتم أخذها بالتصميم يمكن إيجاده من العلاقة التالية:

عدد المركبات في الساعة التصميميةD.H.V = k× معدل المرور اليومي

= ٠.١٦ × ٤٨٦٠=778 سيارة / ساعة

ل المعلومات التي تظهر في الجدول السابق يتم تحويلها إلى عدد من المركبات المكافئة باستخدام معاملات وفقا للمواصفات
الاردنية المتبعة في فلسطين كما يلي :

عدد السيارات الصغيرة × ١

عدد الباصات × ٢.٥

عدد الشاحنات × ٣

ي ان عدد المركبات الكلي = (pass cars × ١ + 2axle × ٢.٥ + 3axle × ٣)

السيارات الصغيرة = ((٥٦+٦٤+٦٩+٦٠+٦٦+٦١+٨٨)*(١/٧

= ٦٦.٢٨ سيارة صغيرة

2axle = (٦+٤+٤+٥+٥+٣+١) × ٢.٥ /٧

= ١٢سيارة صغيرة

3axle = (١+١+١+١+١+١+٠) × ٣ / ٧

= ٢.١٤ سيارة صغيرة

متوسط عدد السيارات الصغيرة الحالي = ٦٦.٢٨+١٢+٢.١٤

= ٨١ سيارة صغيرة

حجم المرور اليومي ADT= ٨١ × ٢٤

= ١٩٤٤سيارة / يوم

عند حساب عدد المسارب يتم حسابها وفقا لحجم المرور الحالي والمستقبلي ويكون المستقبلي في العادة خلال عشرين سنة

حيث يتم ضرب معدل المرور اليومي بمعامل يساوي ٢.٥

معدل المرور اليومي بعد مرور ٢٠ سنة = ١٩٤٤ * ٢.٥

= 4860 سيارة / يوم

بسبب عدم توفر معلومات دقيقة عن عدد المركبات في ساعات الذروة فانه تم اعتبار حجم المرور للتصميم يساوي نسبة من
معدل المرور اليومي وهذه النسبة تساوي (0.24 – 0.12) ويرمز لها بالرمز k ويتم اخذها بالعادة ٠.١٦، لذلك فان معدل
سير المركبات للساعة التي يتم اخذها بالتصميم يمكن ايجاده من العلاقة التالية:

عدد المركبات في الساعة التصميميةD.H.V = k× معدل المرور اليومي

= ٠.١٦ × ٤٨٦٠=778 سيارة / ساعة

ن الطرق في فلسطين هي طرق من الدرجة الثالثة فانه تم اعتماد السعة التصميمية للطريق تساوي ٨٥٠ سيارة / ساعة ، ث أن السعة التصميمية عبارة عن أقصى عدد من المركبات التي تمر من خلال نقطة معينة خلال ساعة تحت الظروف

د السارات المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة = D.H.V / السعة التصميمية

= ٧٨٨ / ٨٥٠ = 1 مسرب في كل اتجاه

إشارات المرور

الهدف من الإشارات: تستعمل الإشارة لتوصيل المعلومات للسائق أو الماشي، وتتألف من لوحات رسم عليها أسهم أو ت أو الاثنان معا، بحيث تكون المعلومات واضحة وتناسب حالة السير ونوع الطريق.

أنواع الإشارات

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

- إشارات التحذير: كإشارة انحدار حاد أو منعطف خطر وتكون هذه الإشارة مثلثة الشكل.
- إشارات الأوامر: حيث إن هذه الإشارة تعطي الأوامر إلى السائق مثل أمر قف، تمهل، وغيرها من الأوامر وهذه الإشارة تكون مستديرة الشكل.
- إشارات المنع: مثل ممنوع المرور، ممنوع التجاوز، وهي مستديرة الشكل.
- إشارات التعليمات (التوجيه): وهي تعطي التعليمات إلى السائق مثل استراحة، مكان وقوف، وهذه تكون مربعة أو مستطيلة الشكل.

مواصفات الإشارات:

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

- بعد الإشارة: كلما كبرت الإشارة ضمن حدود معقولة كلما تحسنت رؤية السائق لها.
- تباين الألوان في الإشارة: إن التباين ضروري جدا لتحقيق غايتين هما ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها، وهذا التباين يتحقق باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعات مختلفة.
- الشكل: يجب أن تكون الإشارات منتظمة الشكل وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من اجله.

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

عدد المسارات المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة = D.H.V / السعة التصميمية

= ٨٥٠ / ٧٨٨= 1 مسرب في كل اتجاه

٥-٧ إشارات المرور

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

٥-٧-١ أنواع الإشارات

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

١. إشارات التحذير: كإشارة انحدار حاد أو منعطف خطر وتكون هذه الإشارة مثلثة الشكل.
٢. إشارات الأوامر: حيث إن هذه الإشارة تعطي الأوامر إلى السائق مثل أمر قف، تمهل، وغيرها من الأوامر وهذه الإشارة تكون مستديرة الشكل.
٣. إشارات المنع: مثل ممنوع المرور، ممنوع التجاوز، وهي مستديرة الشكل.
٤. إشارات التعليمات (التوجيه): وهي تعطي التعليمات إلى السائق مثل استراحة، مكان وقوف، وهذه تكون مربعة أو مستطيلة الشكل.

٥-٧-٢ مواصفات الإشارات:

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

١. أبعاد الإشارة: كلما كبرت الإشارة ضمن حدود معقولة كلما تحسنت رؤية السائق لها.
٢. تباين الألوان في الإشارة: إن التباين ضروري جدا لتحقيق غايتين هما ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها، وهذا التباين يتحقق باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعات مختلفة.
٣. الشكل: يجب أن تكون الإشارات منتظمة الشكل وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من اجله.

- الكتابة: تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل هي نوع الكتابة، حجم الأحرف، وسماكة الخط، والمسافات بين الكلمات و الأسطر وعرض الهامش.

٥-٢-٣ موقع الإشارة

يجب أن تكون الإشارة في موقع وارتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية دون أن تسترعي انتباهه إلى صرف انتباهه عن الطريق كما يجب أن توضع الإشارة قبل مسافة كافية من المكان الذي تشير إليه، وان تتناسب هذه المسافة مع سرعة السيارة. فإذا كانت الإشارة تدل على وجود مفرق طرق مثلا فإنه يجب وضع الإشارة قبل مسافة كافية من المفرق لكي تمكن السائق من التخفيف من سرعته تمهيدا للدخول في الطريق الفرعية. وعادة توضع الإشارة قبل مسافة ٥٠ متر من الموقع المراد، الجداول التالية توضح بعض أشكال الإشارات.

جدول(٥-٤)إشارات التحذير ومدلولاتها

اشارات التحذير	مدلول الإشارة
	مفترق تقاطع طرق.
	مفترق تفرع طرق إلى اليسار.
	مفترق تفرع طرق إلى اليمين.
	مفترق تفرع طرق أمامك (تفرع T).
	مفترقات تفرع نحو اليسار ومن ثم نحو اليمين.
	انعطاف حاد نحو اليسار.
	انعطاف حاد نحو اليمين.

	أمامك ممر عبور للمشاة.
	أولاد بالقرب من المكان.

جدول(٥-٥) إشارات الإرشاد ومدلولاتها

إشارات الإرشاد	مدلول الإشارة
	ممنوع الانعطاف نحو اليسار.
	ممنوع الانعطاف نحو اليمين.
	ممنوع الانعطاف نحو اليمين بقصد السفر نحو الجهة المضادة.
	ممنوع الانعطاف نحو اليسار بقصد السفر نحو الجهة المضادة.
	قف! أعطي حق الأولوية لحركة السير على الطريق المقابلة.
	قف! (إشارة طرق متنقلة).

٥-٨ علامات المرور على الطريق (Traffic Marking)

٥-٨-١ أهداف علامات المرور

إن علامات المرور على الطريق عبارة عن خطوط متصلة أو متقطعة مفردة أو مزدوجة، بيضاء أو سوداء أو صفراء، كما أنها قد تكون أسهما أو كتابة (كلمات). أما أهداف علامات المرور فهي:

١. تحديد المسارب وتقسيمها.
٢. منع التجاوز.
٣. فصل السير الذاهب عن القادم.
٤. منع الوقوف أو التوقف.
٥. تحديد أماكن عبور المشاة.
٦. تحديد أولوية المرور على التقاطعات.
٧. تحديد مواقف السيارات.
٨. تعيين الاتجاهات بأسهم (يمينا، يسارا) لتحديد الأماكن التي يتجه إليها السائق.
٩. تحديد جانبي الطريق.
١٠. إعطاء تعليمات ومعلومات إلى السائق مثل اتجه إلى اليمين، توقف، وغير ذلك.

٥-٨-٢ الشروط الواجب توفرها في علامات المرور

إن هذه العلامات تنظم حركة السير للسائق والماشي وتنقل التعليمات لهم، هذا ويراعى في هذه العلامات الأمور التالية:

١. أن تكون صالحة للرؤية في الليل والنهار وواضحة في كافة الأوقات والظروف.
٢. أن تتوافق فيها الألوان.
٣. أن تكون من مواد تعمر طويلا وتقاوم التزحلق.
٤. أن تكون تعليماتها سهلة الفهم ومرئية من مسافة كافية.

٥-٨-٣ أنواع علامات المرور

١. الخطوط: تكون الخطوط بعرض 10 سم وهي متصلة أو متقطعة، أما المتقطعة فتستعمل لتقسيم المسارب وفصل السير في الاتجاهين، أما المتصلة فتستعمل لفصل السير ومنع التجاوز في آن واحد. توضع بعض الخطوط العريضة عند ممرات المشاة كما توضع خطوط صفراء في المناطق التي يحظر على السيارات المرور فوقها.
٢. الكلمات: تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف أو اتجه يمينا، وغير ذلك. ويجب أن تكون الكلمات كبيرة ومناسبة ليتسنى قراءتها، ولا تزيد عن كلمة أو كلمتين، كما يجب أن تكون الأحرف مناسبة لموقع السائق.

٣. الأسهم: تستعمل الأسهم إما بدلا من الكلمات لتحديد الاتجاهات أو مع الكلمات كسهم يتجه إلى اليمين مع كلمة إلى اليمين.
٤. اللون: يستعمل اللون الأبيض في الخطوط التي تقسم المسارب ويستعمل اللون الأصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات إلا انه يجب الاهتمام بتوافق لون الخط مع أرضية الشارع.
٥. المواد العاكسة: تستعمل بعض المواد التي تساعد على انعكاس الضوء خاصة في أيام الضباب حيث يوضع مع الدهان بلورات زجاجية خاصة، وهذا ضروري في الليل لكي يبين حدود المسرب. إن استعمال أدوات عاكسة كعيون القطط أو غيرها عملية مفيدة جدا وتعكس الضوء من مسافات طويلة.

٥-٩ الإضاءة على الطرق

إن إضاءة الشوارع تخفض من حوادث الطرق كما تساعد السائق على قيادة السيارة في الليل بنفس السرعة التي يقود بها في النهار، مما يقلل من وقت الرحلة. والإضاءة مفيدة للمشاة حيث تجنبهم الأخطار وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح.

٥-٩-١ مواصفات الإضاءة

إن إضاءة الطريق عمل يتطلب دراسة وافية ومواصفات محددة مبنية على تجارب وأبحاث سابقة. ولذلك يجب مراعاة ما يلي:

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

٥-٩-٢ أنواع المصابيح الرئيسية

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

- **مصابيح التنجستن (Tungsten Filament)**

هذا النوع يستخدم في إضاءة الشوارع والأرصفة وأماكن التسوق حيث أنها تستخدم بكثرة لأنها ذات تكلفة معقولة وتعطي إضاءة جيدة.

- **مصابيح الصوديوم (Sodium Vapor)**

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

- **مصابيح الفلوريسنت (Tubular Fluorescent):**

من الأنواع المستخدمة بكثرة في إضاءة الطرق ولكن هذا النوع من المصابيح كلفته عالية.

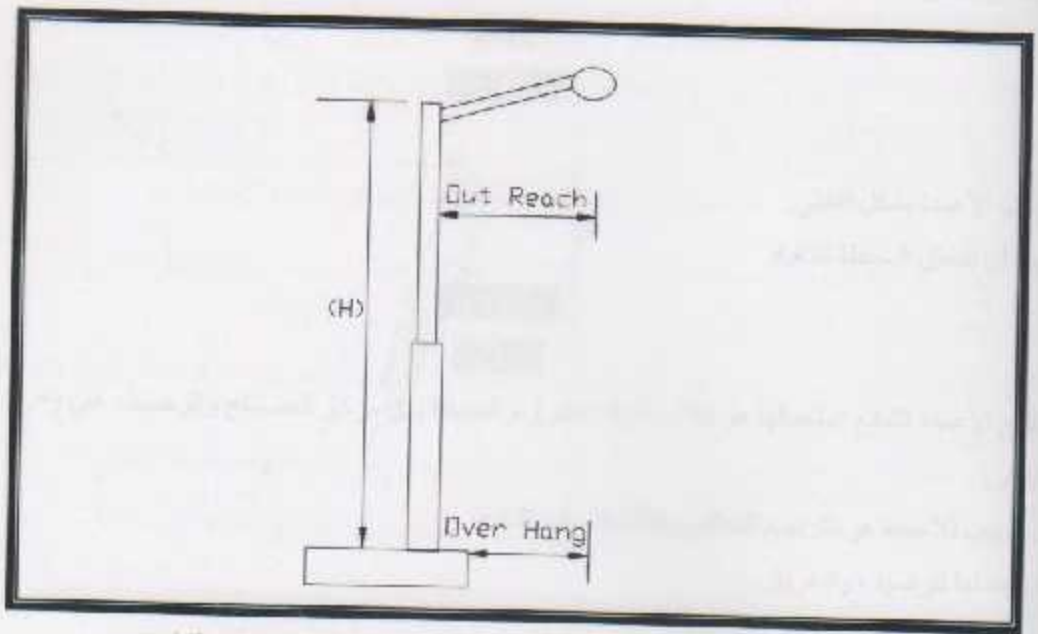
- **المصابيح الزئبقية(High-Pressure Mercury Lamps) :**

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

- يجب تعريف بعض المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم أعمدة الإنارة للطرق:

١. المسافة بين مركز المصباح ومركز العامود (Out Reach).
٢. المسافة بين مركز المصباح وطرف الرصيف الداخلي (Over Hang).
٣. المسافة بين العامود والعامود الذي يليه (Spacing).
٤. ارتفاع العامود عن سطح الأرض(H).

كما هو موضح في الشكل (٥-١).



الشكل (٥-١) المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم أعمدة الإنارة للطرق.

٣-٥ ترتيب الأعمدة على الطريق

هناك عدة خيارات لتثبيت أعمدة الإضاءة على الطرق، ولكل نوع هناك معادلات خاصة يجب أن تتحقق وذلك لاختيار الترتيب المناسب وهذه الأنواع هي:

ترتيب الأعمدة على جهة واحدة من الطريق:

حيث أن تتحقق المعادلة التالية:

$$h > e$$

حيث:

ارتفاع العمود.

عرض الطريق.

ترتيب الأعمدة في الجزيرة الموجودة في وسط الطريق .

حيث أن تتحقق المعادلة التالية:

$$L < 1.5*h$$

حيث:

المسافة من طرف الرصيف الخارجي إلى طرف الرصيف الخارجي المقابل.

ترتيب الأعمدة بشكل تعاقبي.

حيث أن تتحقق المعادلة التالية:

$$h < e$$

$$L < 1.5*h$$

ترتيب الأعمدة بشكل تقابلي.

حيث أن تتحقق المعادلة التالية:

$$L > 1.5*h$$

$$h > L/2$$

ارتفاع الأعمدة الشائع استعمالها هو (١٢،١٠،٧.٥متر) ،والمسافة بين مركز المصباح والرصيف هي (٢.٥،٢،١.٥متر) على التوالي.

أفضل ترتيب للأعمدة هو الترتيب التعاقبي وذلك للأسباب التالية:

توفير إضاءة للرصيف والطريق.

يعطي توزيع جيد للإضاءة على الطريق.

ترتيب الأعمدة على الطريق

هناك عدة خيارات لتثبيت أعمدة الإضاءة على الطرق، ولكل نوع هناك معادلات خاصة يجب أن تتحقق وذلك لاختيار الترتيب المناسب وهذه الأنواع هي:

ترتيب الأعمدة على جهة واحدة من الطريق:

يجب أن تتحقق المعادلة التالية:

$$h > c$$

حيث:

ارتفاع العمود.

عرض الطريق.

ترتيب الأعمدة في الجزيرة الموجودة في وسط الطريق .

يجب أن تتحقق المعادلة التالية:

$$L < 1.5*h$$

حيث:

المسافة من طرف الرصيف الخارجي إلى طرف الرصيف الخارجي المقابل.

ترتيب الأعمدة بشكل تعاقبي.

يجب أن تتحقق المعادلة التالية:

$$h < e$$

$$L < 1.5*h$$

ترتيب الأعمدة بشكل تقابلي.

يجب أن تتحقق المعادلة التالية:

$$L > 1.5*h$$

$$h > L/2$$

نوع الأعمدة الشائع استعمالها هو (١٢,١٠,٧.٥متر) ،والمسافة بين مركز المصباح والرصيف هي (٢.٥,٢,١.٥متر)

الترتيب للأعمدة هو الترتيب التعاقبي وذلك للأسباب التالية:

توفير مساحة للرصيف والطريق.

يعطي توزيع جيد للإضاءة على الطريق.

٥-٤ خطوات تصميم أعمدة الإضاءة على الطريق

- تصنف الطرق حسب درجتها إلى:

A1: طريق رئيسية بين المدن. A2 : طريق محلية داخل المدن. A3 : طريق ريفية.

- تم تصنيف الطريق في المشروع كطريق محلي داخل المدينة.

من الجدول التالي تؤخذ المعلومات اللازمة للتصميم

Group	ارتفاع العامود (H)	عرض الطريق(e)										
		7.62	9.14	10.69	12.00	13.72	15.24	16.76	18.29	19.81	21.34	المسافة من الرصيف ومركز المصباح
		المسافة بين العامود والعامود الذي يليه										
A1	7.62	30.5	25.9	21.3	18.3	16.8	-	-	-	-	-	1.82
	9.14	36.6	36.6	30.5	27.4	24.4	21.3	19.8	-	-	-	2.29
	10.69	42.7	42.7	42.7	38.1	33.5	30.5	27.4	24.4	22.9	-	2.59
	12.19	48.8	48.8	48.8	48.8	42.7	39.6	35.1	32.0	30.5	27.4	2.90
A2	7.62	33.5	30.5	25.9	22.9	19.8	-	-	-	-	-	1.82
	9.14	39.6	39.6	38.1	33.5	29.0	25.9	24.4	-	-	-	2.29
	10.69	47.2	47.2	47.2	45.7	39.6	36.6	33.5	30.5	27.4	-	2.59
	12.19	53.3	53.3	53.3	53.3	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5	2.90
A3	7.62	36.6	36.6	32.0	27.4	24.4	-	-	-	-	-	1.82
	9.14	44.2	44.2	44.2	39.6	35.1	32.0	29.0	-	-	-	2.29
	10.69	51.8	51.8	51.8	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5	-	2.59
	12.19	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	56.4	51.8	47.2	42.7	39.6	2.90

جدول (٥-٦) المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة.

- تم اعتماد ارتفاع العامود المستخدم في التصميم (١٠.٦٩متر)، وحيث أن عرض الطريق (١٤متر)،

من الجدول (٥-٦) تبين أن المسافة اللازمة بين كل عامود والذي يليه هي(٣٧.٢متر).

- الطريقة التي يراد ترتيب الأعمدة على أساسها تطبق المعادلات الخاصة بالطريقة التعاقبية للترتيب، فإذا تحققت تعتمد الطريقة التعاقبية في ترتيب الأعمدة:

14 m	H = 10.69 m	يتبين لنا أن (L < 1.5*H)

- بناء على النتائج الموجودة سيتم اعتماد الترتيب الأعمدة في وسط الجزيرة.

الفصل السادس

التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية

٦-١ مقدمة [١]

التصميم الإنشائي للطريق هو العمل على إيجاد سماكات طبقات الرصف ومواصفاتها ومكوناتها، حيث أن الغرض من وضع طبقات الرصف هو تحمل كل الإجهادات الناتجة من حركة المرور ونقلها إلى طبقة التربة التي تعتبر الأساس الحقيقي للطريق وذلك بشكل لا يسبب أي هبوط أو انهيار للطريق.

٦-٢ أنواع الرصف المختلفة [٢]

ينقسم الرصف إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهما:

- الرصف الصلب أو القاسي (Rigid Pavement).
- الرصف المرن (Flexible Pavement).
- الرصف المركب (Composite Pavement).

ولكل نوع خواصه ومميزاته وسلبياته ومجال تطبيقه، وسيتم التعرف على كل من الرصف المرن والرصف الصلب.

٦-٢-١ الرصف المرن (Flexible Pavement)

يعد هذا النوع من الرصف الأكثر استخداما ويطلق عليه أيضا الرصف الإسفلتي، حيث يتكون جسم الطريق من عدة طبقات وهي:

١- طبقة التربة الأصلية (Sub grade): وهي الطبقة التي يتم وضع طبقات الرصف عليها بعد تمهيدها وتسويتها. وتعتبر التربة الأصلية الأساس الحقيقي لجسم الطريق الذي ترتكز عليه جميع طبقات الرصف.

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

---

[١] مرجع رقم [٥]
[٢] مرجع رقم [٥]

توزيع الأحمال التي يتعرض لها سطح الطريق.

- ✓ تهيئة السطح الأصلي لاستقبال الطبقات العلوية من الطريق.
- ✓ التوفير في تكاليف مواد الرصف حيث أن المواد المستخدمة في طبقة تحت الأساس هي أقل جودة وأرخص ثمنا" من المواد التي تعلوها.
- ✓ تمنع امتزاج مواد السطح الترابي مع طبقة الأساس.
- ✓ تعطي قوة أكبر للسطح الترابي بعد دحله جيدا.

ويجب أن تتوفر في طبقة تحت الأساس المواصفات التالية:

- أن تكون نسبة المواد الناعمة والمواد اللينة فيها قليلة.
- أن تحتوي على تدرج حبيبي مناسب بحيث تبقى مستقرة.
- أن لا تتجاوز نسبة التآكل لحبيباتها ٥٠%.
- أن لا يتجاوز حد الميوعة ٢٥% ومعامل اللدونة ٦%.

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

- تهيئة السطح لاستقبال الطبقات الأعلى بحيث يكون مستويا" وناعما".
- مقاومة الصقيع والتجمد في مواد الطبقات.
- تقليل ظاهرة الانتفاخ في الطبقات السفلى وخاصة الطبقة الترابية.

ويجب أن تتوفر في طبقة الأساس المواصفات التالية:

- أن لا تزيد نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠ عن ١٠%.
- أن لا تتجاوز نسبة التآكل للحبيبات عن ٥٠%.
- أن تتماسك دمكا" جيدا".
- أن لا يتجاوز حد الميوعة ٢٥% وحد اللدونة ٦%.
- أن لا تحتوي على المواد الناعمة.

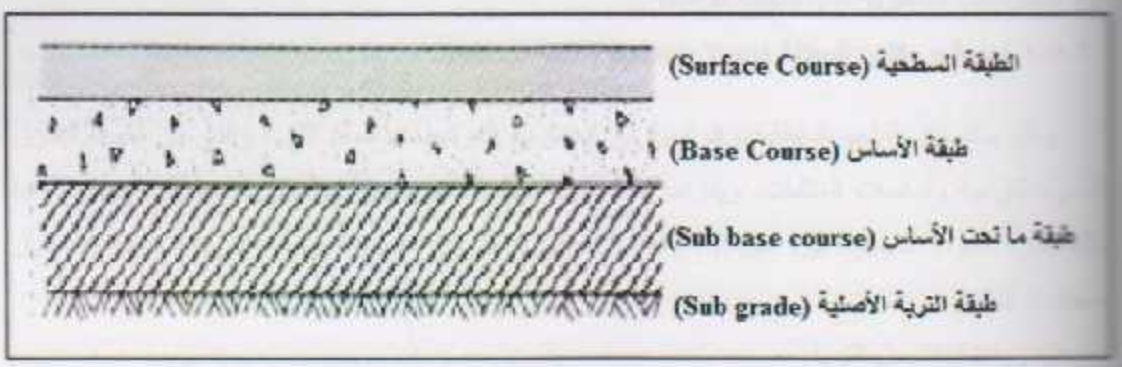
٤- الطبقة السطحية (Surface Course): وهي عبارة عن خليط من الحصمة والإسفلت السائل توضع فوق طبقة الأساس وتتكون من طبقة واحدة أو أكثر من الخلطات الإسفلتية الساخنة وتصمم هذه الخلطات حسب معايير معينه تأخذ بعين الاعتبار قوة الخلطة وثباتها ونسبه الفراغات فيها وتدرج الحصمة المستعملة (يفضل التدرج الكثيف المحتوى على حبيبات ذات حجم أقصى مقداره٢٥ملم بالإضافة لتدرجات أخرى في خلطات الإسفلت الرملي) ويجب أن تتناسب مواد الرصفة مع متطلبات التصميم مثلا مقاومتها للتشققات التماسحية

وأيضا يجب أن تكون مقاومة للتشوه الثابت الناتج عن زيادة الأحمال المرورية، وتفرش الطبقة الإسفلتية بحيث يكون وجه تأسيسي (Prim coat) ووجه لاصق (Tack Coat) وذلك من أجل زيادة التثبيت ومقاومه تأثير الحت والبري والاهتراء وتامين مقاومة التزحلق الكافية والثابتة للربط بين السطح والأساس ولمساعده كطبقه إنشائية واحده في توزيع الأحمال.

وتلخص أهمية هذه الطبقة فيما يلي:

- توزيع الأحمال بشكل جيد.
- تقليل نفاذ الماء إلى طبقات الرصف السفلية.
- تأمين سطح مقاوم للتزحلق.
- تأمين سطح انسيابي أثناء مرور الشاحنات والسيارات.
- تأمين عدم تشقق السطح.
- تأمين ثبات عال تحت ظروف الجوية والمناخية والمرورية.
- تقاوم تأثير الحت والبري من مرور السيارات والشاحنات.

والشكل التالي يبين طبقات الرصف المرن :



الشكل (٦-١) طبقات الرصف المرن.[٣]

٦-٢-٢ الرصف الصلب (Rigid Pavement)

ويطلق عليه أيضا الرصف الخرساني حيث يتكون من بلاطات خرسانية تتراوح سماكتها ما بين (١٥-٣٠) سم تصب مباشرة على سطح الأرض الطبيعية أو فوق طبقة أساس حصوية.وقد تكون البلاطات الخرسانية مسلحة وقد تكون بدون تسليح وتصب على شكل قطع يتراوح طولها ما بين (١٥-٣٠) متر في الخرسانة العادية وقد يصل الى ٣٠٠ متر في الخرسانة المسلحة. ويمتاز الرصف الصلب بمقاومته الكبيرة للانحناء حيث لا يسمح بهبوط السطح الترابي بل ممكن أن يتعرض للتشققات أو الكسر عندما تتعرض التربة الأصلية لتغيرات معتبرة في شكلها. ولإنشاء الرصف الصلب يجب تحضير الأرضية ودمكها جيدا وإزالة المناطق الضيقة ووضع الطوبار الخشبي والفواصل. ثم تصب الخرسانة لنصف السماكة ويوضع حديد التسليح على شكل شبك وتصب باقي الخرسانة ويسوى السطح لتخشينه ومعالجته.

---

[٣] مرجع رقم [٨]

ان الرصف الصلب هو المناسب للتربة الضعيفة لأنه اقدر على تحمل الاجهادات العالية، في حين يعد الرصف المرن مناسبا للتربة القوية نوعا ما كما أن عمر الرصف الصلب اكبر من عمر الرصف المرن ولذلك فهو يستعمل بكثرة عند الأحمال الثقيلة مثل المطارات والطرق الهامة، ومقاطع الأودية.

٦-٣ أسباب إعادة التصميم الإنشائي للطريق

إن طريق الدراسة يحتوي على مسجد الدعوة الذي يعتبر اكبر المساجد في مدينة يطا بالإضافة إلى عدد من المدارس وهذا يودي إلى زيادة كثافة السيارات بالإضافة إلى أن الطريق تحتوي على العديد من المشاكل كالشقوق بانواعها المختلفة والتي تعمل على دخول الماء إلى طبقات الطريق بالإضافة إلى دخول الماء عن طريق جوانب الطريق وبالتالي كل هذا يؤثر على صمود الطريق على مدى بعيد ولهذا لا بد من إعادة التصميم الإنشائي للطريق.

٦-٥ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

٦-٥-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modified Proctor Test)[٤]

يمثل دمك التربة أحد المتطلبات الرئيسة في المشاريع المرتبطة بأعمال التربة والتي من أهمها الطرق والسدود الترابية وأساسات المنشآت، ويعرف دمك التربة بأنه الطاقة الميكانيكية التي تؤدي إلى زيادة كثافتها وذلك بطرد الهواء الموجود بين حبيباتها، وتهدف عملية الدمك إلى تحسين خواص التربة الهندسية وتحقيق المتطلبات التالية:

١. زيادة قوة تحمل التربة.
٢. الحد من هبوط التربة.
٣. تقليل نسبة الفراغات بين حبيبات التربة.
٤. تقليل النافذية في التربة.
٥. التقليل من تأثير التجمد والانتفاخ والانكماش للتربة.
٦. زيادة عامل الأمان ضد انزلاقات التربة.

ذلك يعد دمك التربة من إحدى الطرق المستخدمة لزيادة كثافة التربة وذلك بإعادة تركيب حبيباتها بدون تدفق الماء الموجود فيها ولكن بطرد الهواء بتطبيق طاقة ميكانيكية.

حيث تم عمل التجربة بطريقة بروكتور المعدلة (Modified Proctor Test) وحسب نظام (ASTM) لطبقة (Sub grade) ورقم الاختبار لهذا النظام هو (D-1557) وتم استخدام نظام (AASHTO) لطبقة (Base course) ورقم الاختبار لهذا النظام هو (T-180) ، حيث أن هذا الاختلاف في الأنظمة لا يؤثر على

---

[٤] مرجع رقم [٢]

النتائج ولكن الإختلاف في بعض المقاييس ويعطي نفس النتائج، حيث تم أخذ العينة على عمق (٣٨ سم) من سطح الطريق وذلك للوصول للتربة الممثلة لطبقة (Sub grade) ومن ثم عمل الاختبار لطبقة (Base course). حيث تم القيام بهذه التجربة تحت إشراف م.فادي مسودة و م.جبريل الشويكي في يوم الخميس الموافق ٢٠١٣/٣/٧

وبالتالي فان الأهداف التي تترتب على عمل هذه التجربة هي:

- إيجاد الكثافة الجافة القصوى للتربة (Maximum Dry Density) لإمكانية حساب نسبة الدمك المطلوبة.
- إيجاد نسبة الرطوبة المثالية الواجب إضافتها (Optimum Moisture Content) للحصول على الكثافة القصوى للتربة.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- قالب الدمك وحجمه (V): (944 سم٣).
- مطرقة الدمك القياسية التي وزنها (10) باوند ويتم إسقاط هذه المطرقة عن ارتفاع 18 إنش.
- منخل رقم ٤(¾").
- صينية كبيرة.
- فرن تجفيف.
- ميزان.
- أدوات الخلط.

خطوات عمل تجربة الدمك المعدلة:

١. تحضير عينة من التربة وزنها (٤كغم) ثم تنخيلها على منخل رقم(٤).
٢. إضافة نسبة ماء إلى عينة التربة وهي(٣%) من وزن العينة.
٣. توزين قالب الدمك فارغ وليكن(W_1).
٤. تعبئة قالب الدمك بالتربة على خمسة طبقات وكل طبقة تدمك (٢٥ ضربة) باستخدام المطرقة المخصصة لهذا الاختبار، مع عمل تهشير لكل من الطبقة الأولى والثانية بعد الدمك وذلك لتتماسك الطبقة بالتي فوقها.
٥. توزين القالب وبه عينة التربة الرطبة المدموكة بعد تسوية سطح القالب وليكن الوزن (W_2).
٦. إيجاد كثافة التربة الرطبة (γwet).
٧. يتم أخذ عينتين من التربة المدموكة في القالب وذلك لحساب نسبة الرطوبة للتربة (W_3).
٨. حساب الكثافة الجافة (γdry) من القانون.
٩. يتم تكرير التجربة عدة مرات وفي كل مرة يضاف نسبة رطوبة (٣%) وينتج نسبة الرطوبة وكثافة التربة الجافة، وذلك حتى الوصول لأكبر كثافة، ثم يبدأ قيمة الوزن بالنزول.
١٠. رسم العلاقة ما بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة.

وتضمنت هذه التجربة القوانين والحسابات التالية:

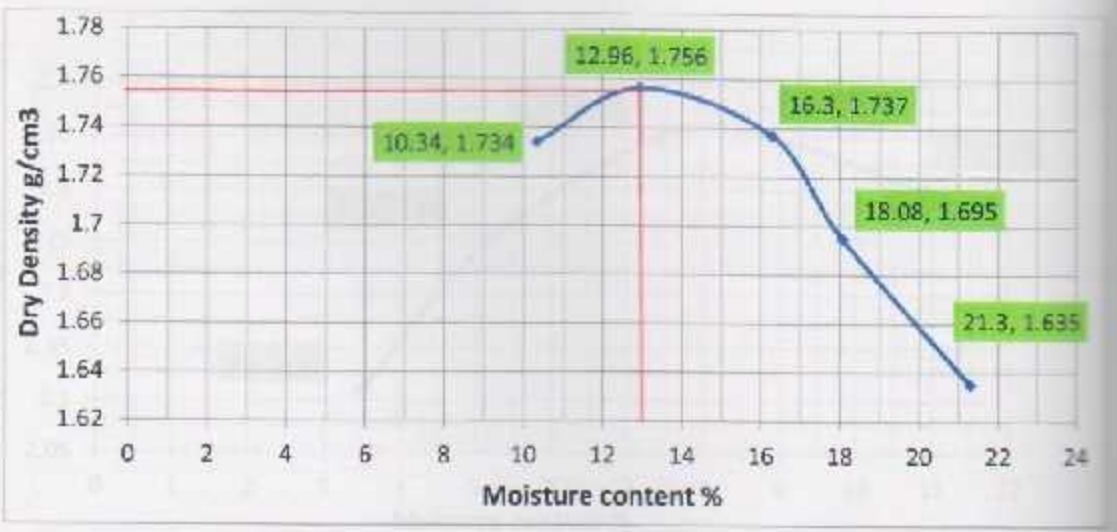
نسبة الماء $(W_1) = \frac{W4-W5}{W5-W3}$	وزن الماء = (وزن العينة الرطبة مع القالب – وزن العينة الجافة مع القالب).
الكثافة الجافة $(\gamma dry) = \frac{\gamma wet}{(1+Wc)}$	وزن العينة الجافة = (وزن العينة الجافة مع القالب – وزن القالب).
الكثافة الرطبة $(\gamma \text{ wet}) = \frac{W2-w1}{V}$	

٦-٥-١-١ اختبار بروكتور المعدل لطبقة (Sub grade)

يمثل الجدول (٦-١) نتائج الاختبار ويمثل الشكل (٦-٢) منحنى العلاقة بين المحتوى الرطوبي (Wc%) وكثافة التربة الجافة (γdry) لطبقة التربة الأصلية حسب طريقة بروكتور المعدلة وحسب نظام (ASTM).

جدول (٦-١) نتائج اختبار بروكتور المعدل لطبقة (Sub grade).

رقم المحاولة	1	2	3	4	5
نسبة الماء المضافة %	3%	6%	8%	11%	13%
وزن القالب فارغ W_1	3358.4	3358.4	3358.4	3358.4	3358.4
وزن القالب مملوء بالتربة الرطبة W_2	5165.8	5231.7	5266.8	5248.6	5231.4
وزن التربة الرطبة $(-W_1W_2)$	1807.4	1873.3	1908.4	1890.2	1873.0
رقم الجفنة	B19	22	27	B2	B7
وزن الجفنة فارغة W_3	26.5	33.1	31.3	32.9	31.4
وزن الجفنة وعينة التربة الرطبة W_4	180.1	198.7	192.7	210.4	230.5
وزن الجفنة وعينة التربة الجافة W_5	165.7	179.7	170	182.2	192
كثافة التربة الرطبة γwet (غم/سم٣)	1.914	1.984	2.021	2.002	1.984
المحتوى الرطوبي Wc%	10.34	12.96	16.3	18.08	21.3
كثافة التربة الجافة γdry (غم/سم٣)	1.734	1.756	1.737	1.695	1.635



الشكل (٦-٢) منحنى العلاقة بين المحتوى الرطوبي والكثافة الجافة لطبقة(Sub grade).

من خلال الشكل المبين أعلاه نستنتج أن:

نسبة الماء المثالية (Optimum Water Content) = 12.96 %

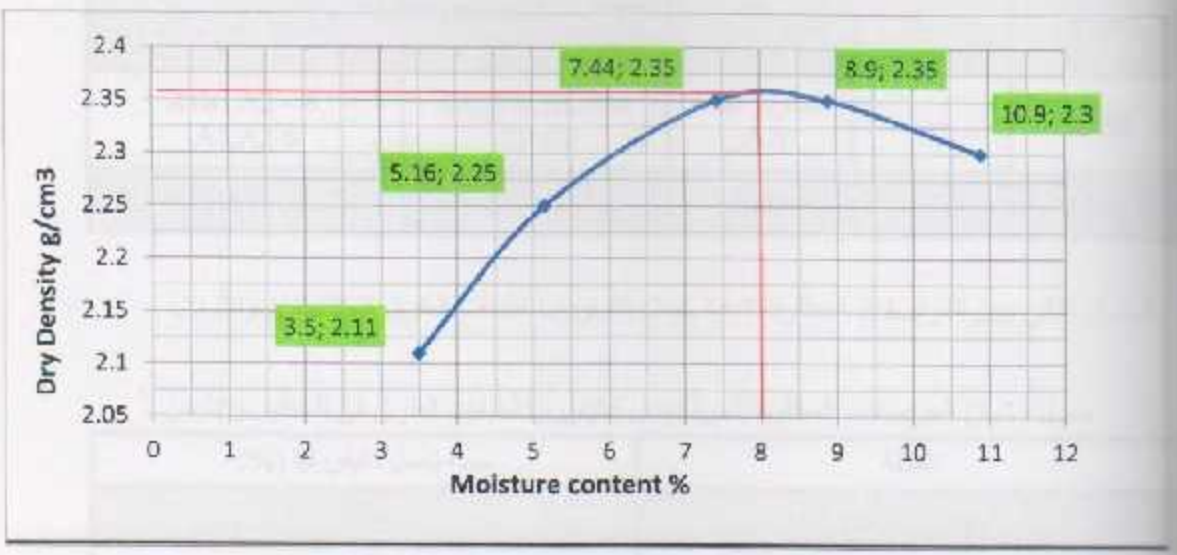
الكثافة الجافة القصوى (Maximum Dry Density) = 1.756 g/cm3

٦-٥-١-٢ إختبار بروكتور المعدل لطبقة (Base course)

يمثل الجدول (٦-٢) نتائج الاختبار ويمثل الشكل (٦-٣) منحنى العلاقة بين المحتوى الرطوبي (Wc%) وكثافة التربة الجافة (γdry) لطبقة الأساس حسب طريقة بروكتور المعدلة وحسب نظام (AASHTO) حيث أن الاسطوانة قطرها الداخلي ٦" وارتفاعها ٧" وحجمها (٢١٢٤سم^3) وتدمك على خمس طبقات و ٥٥ ضربة لكل طبقة بواسطة مطرقة وزنها ٤.٥٤ كغم (١٠باوند) تهبط من ارتفاع قدم ونصف (٤٦سم)، حيث أن وزن العينة(٤.٥ كغم)

جدول (٦-٢) نتائج اختبار بروكتور المعدل لطبقة (Base course).

رقم المحاولة	1	2	3	4	5
نسبة الماء المضافة %	5%	10%	15%	20%	25%
وزن القالب فارغ W_1	5116	5116	5116	5116	5116
وزن القالب معلوء بالتربة الرطبة W_2	9608	9910	10125	10114	10022
وزن التربة الرطبة (W_1-W_2)	4492	4794	5009	4998	4906
رقم الجفنة	A2	A7	E12	D4	A11
وزن الجفنة فارغة W_3	26.5	33.1	31.3	32.9	31.4
وزن الجفنة وعينة التربة الرطبة W_4	180.1	198.7	192.7	210.4	230.5
وزن الجفنة وعينة التربة الجافة W_5	165.7	179.7	170	182.2	192
كثافة التربة الرطبة γwet (غم/سم٣)	1.914	1.984	2.021	2.002	1.984
المحتوى الرطوبي Wc%	3.5	5.16	7.44	8.90	10.90
كثافة التربة الجافة γdry (غم/سم٣)	2.11	2.25	2.35	2.35	2.30



الشكل (٦-٣) منحنى العلاقة بين المحتوى الرطوبي والكثافة الجافة لطبقة(Base course).

من خلال الشكل المبين أعلاه نستنتج أن:

نسبة الماء المثالية (Optimum Water Content) = 8 %

الكثافة الجافة القصوى (Maximum Dry Density) = 3.36 g/cm3

٦-٥-٢ نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio (CBR))

وهو عبارة عن قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة، وحساب نسبة هذا الحمل أو الضغط إلى الحمل أو الضغط القياسي عند الغرز لإبرة مقداره 2.5ملم أو5ملم ويعطي هذا الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصورا عن تصرف التربة تحت الإسفلت (مواد الأساس)، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل، ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل.

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

جدول رقم (٦-٣) يوضح بعض قيم نسبة التحمل (CBR).[٥]

نسبة التحمل(CBR)	تصنيف المواد	مجال الاستخدام	النظام الموحدUSC	نظام الآشتوAASHTO
0-3	ضعيفة جداً	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A5 ,A6,A7
3-7	ضعيفة	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A4 , A5 A6,A7

[٥] مرجع رقم [٧]

A2 , A4 A6,A7	OH,CH,MH,OL	تحت الأساس	مقبولة	7-20
A1b , A2 – 5, A3,A2-6	GC,SW,GMSM ,SP,GP	أساس و تحت الأساس	جيدة	20-50
A1a A2-4,A3	GW ,GM	أساس	ممتازة	أكبر من 50

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

جدول (٦-٤) المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن .[٩]

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

ونستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل:

جدول(٦-٥) حساب نسبة التحمل (CBR).

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

والشكل التالي يبين الجهاز المستخدم في إجراء هذه التجربة:

شكل (٦-٤) الجهاز المستخدم في تجربة(CBR).

تكمن أهمية اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا في أنه يُساعد في الحكم على قابلية عمل طبقة التربة كطبقة أساس أو أساس مساعد في الطريق وأيضا" يُساعد في تصميم سُمك رصفة الطريق(Pavement thickness)، وتوجد لهذا الغرض منحنيات خاصة.

---

[٩] مرجع رقم [٧]

ويمكن تلخيص مبدأ هذا الفحص كما يلي :

يتم غرز أداة قياسية أسطوانية الشكل (مكبس) في التربة وبسرعة محددة، ومن خلال العلاقة بين قوة الغرز أو مقاومة الغرز وقيمة الغرز (Load-Penetration relationship) (يمكن إيجاد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)وتعرف قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا بأنها النسبة بين الأحمال اللازمة لغرز المكبس الأسطواني (مساحته ٣ انش مربع) مسافة معينة داخل عينة مدموكة من التربة لها رطوبة وكثافة معينتين، وبين الأحمال القياسية اللازمة لغرز المكبس لنفس العمق في عينة قياسية من الأحجار المكسرة (Crushed stone).

وبما أن قيمة تحمل كاليفورنيا تلزم للتربة المدموكة، فإن الفحص في المختبر يجري على عينة التربة بعد إيصالها الى نسبة الدمك المطلوبة، أي عندما تكون لها كثافة مشابهة لكثافة التربة المطلوبة بعد دمكها، وكذلك، عند نفس محتوى الرطوبة (محتوى الرطوبة المثالي). ولهذا، فإن فحص الدمك لعينة معينة من التربة يسبق فحص نسبة تحمل كاليفورنيا لها، لأنه يعطي محتوى الرطوبة المثالي (Optimum moisture) والكثافة الجافة القصوى (Maximum dry density) للتربة و يجب ملاحظة أنه عندما تكون نسبة التحمل عند اختراق ٢,٥ملم أكبر من نسبة التحمل عند اختراق ٥,٠ ملم يجب إعادة الاختبار مرة أخرى .

الأدوات المستخدمة في التجربة

لقد تم إجراء الاختبار تبعا لمواصفات (AASHTO T-193) .

١- قالب الدمك الأسطواني(Mold) بحجم 2125 سم٣.

٢- حلقة Collar وقاعدة Base Plate.

٣- مطرقة الدمك المعدلة (Rammer) اليدوية بوزن 10 باوند.

٤- آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق (Loading Machine) بمعدل ضغط تقريبا 1.25 ملم/ث.

٥- ميزان وفرن تجفيف.

خطوات عمل الاختبار

١. تجهز حوالي ٥ كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم 4 ونخلطها جيدا مع كمية الماء بنسبة 3% من وزن العينة.

٢. تأخذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي.

٣. نحسب وزن القالب الاسطواني (Mold) بدون الحلقة والقاعدة.

٤. تربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم نضع ورقة الترشيح.

٥. تدمك التربة حسب طريقة الدمك المعدلة التي تم إجرازها في اختبار الدمك المعدل السابق حيث تدمك العينة على 5 طبقات وكل طبقة تدمك 55 ضربة .

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

٧. تفصل القاعدة والاسطوانة ثم نحسب وزن القالب الأسطواني مع التربة ، ومنه نحدد وزن وكثافة التربة.

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

٩. ضع العينة في آلة قياس الضغط ثم نضع أوزانا لا تزيد عن 4.5 كيلو جرام ونصفر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق.

١٠. نقوم بزيادة قيمة الضغط والاختراق للعينة.

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

١٢. نرسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم) ثم نسجل مقدار الاختراق عند 2.5 ملم و5ملم ثم نحدد قيمة التحمل باستخدام المعادلة التالية:

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) = $\frac{\text{مقدار الضغط في الاختبار}}{\text{مقدار الضغط القياسي}} * 100\%$ .....(٦.١)

ومن خلال الجدول التالي يوضح النتائج التي تم التوصل اليها خلال إجراء الاختبار لطبقة (Sub grade):

California Bearing Ration Test (CBR)

Sample No.1
Description of soil : Sub grade

Empty Mold weight = 7734 g
Mold with wet soil weight = 12401g
Mold volume = 2125 cm3
Method of test : AASHTO T-193

Date : Thursday 14/3/2013
Tested by: Mohamad Whadeen Mohmen Hoshia & Sari Alhmamda
O.M.C = 3%
Piston area = 19.35cm2
1 Diverge = 2.54kg
Max.dry density = 1.756 g/cm3

الجدول (٦-٦) نتائج اختبار (CBR) لطبقة (Sub grade).

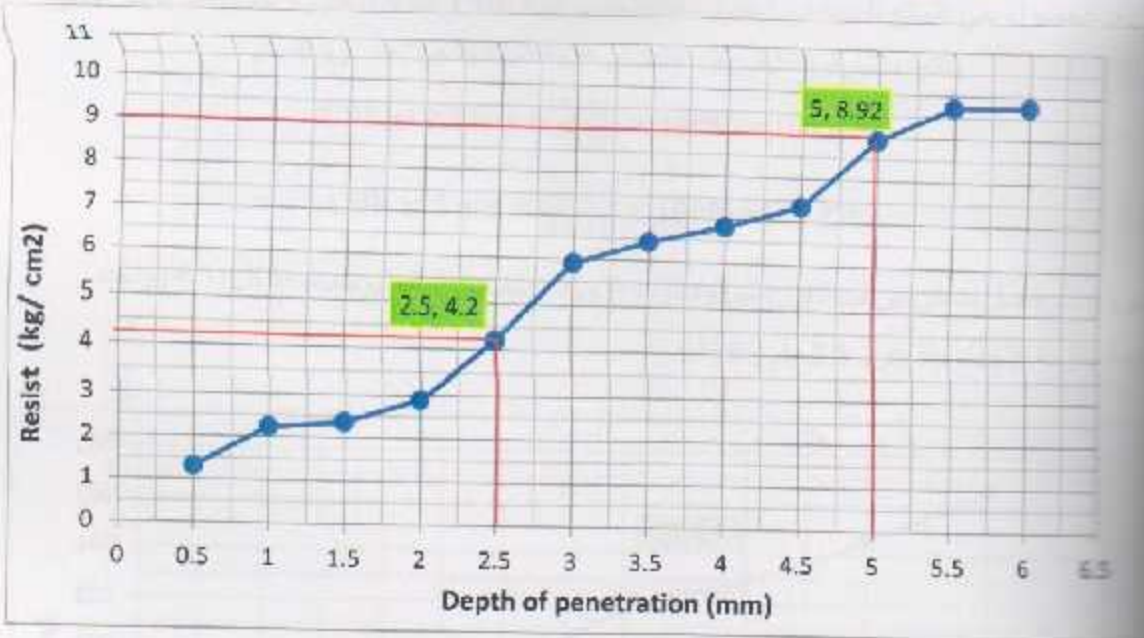
Depth of penetration mm	Standard Resistance to penetration Kg/cm2	Dial Reading	Resist kg/ cm2 = dial reading × 2.54/19.35	Correct Resist Kg/ cm2	CBR %
0.5		10	1.31		
1		17	2.23		
1.5		18	2.36		
2		22	2.89		
2.5	70.35	32	4.20	4.20	3.98
3		45	5.91		
3.5		49	6.43		
4		52	6.83		
4.5		56	7.35		
5	105.35	68	8.92	8.92	8.46
5.5		70	9.71		
6		73	9.74		
6.5		78	10.79		
7		83	11.21		
7.5		86	11.45		
8		90	11.87		

بعد الحصول على النتائج المبينة في الجدول أعلاه نحسب قيمة CBR عند 2.5 ملم و5 ملم ونأخذ القيمة الأكبر ونقارنها مع قوة كاليفورنيا، حيث أن القيمة المعتمدة هي عند غرز 5 ملم.

$$\text{CBR at 2.5 mm} = \frac{4.20}{70.35} \times 100\% = 3.98\%$$

$$\text{CBR at 5 mm} = \frac{8.92}{105.35} \times 100\% = 8.46\%$$

نقوم برسم افضل منحنى بين قيم الغرز (ملم) ومقاومة الإجهاد (كغم/سم٢) كما يوضحه الشكل (٦-٥) ونحدد قيمة مقاومة الإجهاد عند غرز 2.5 ملم و 5 ملم :



الشكل (٦-٥) منحنى العلاقة بين الإجهاد والغرز لطبقة (Sub grade).

California Bearing Ration Test (CBR)

Sample No.1

Date : Thursday 14/3/2013

Description of soil : Base course

Tested by: Mohamad Whadeen [illegible] Hoshia & Sari Alhmamda

Empty Mold weight = 7734 g
Mold with wet soil weight = 12658g
Mold volume = 2125 cm3
Method of test : AASHTO T-193

O.M.C = 8%
Piston area = 19.35cm2
1 Diverge = 2.54kg
Max.dry density =3.36 g/cm3

الجدول (٦-٧) نتائج اختبار (CBR) لطبقة (Base course).

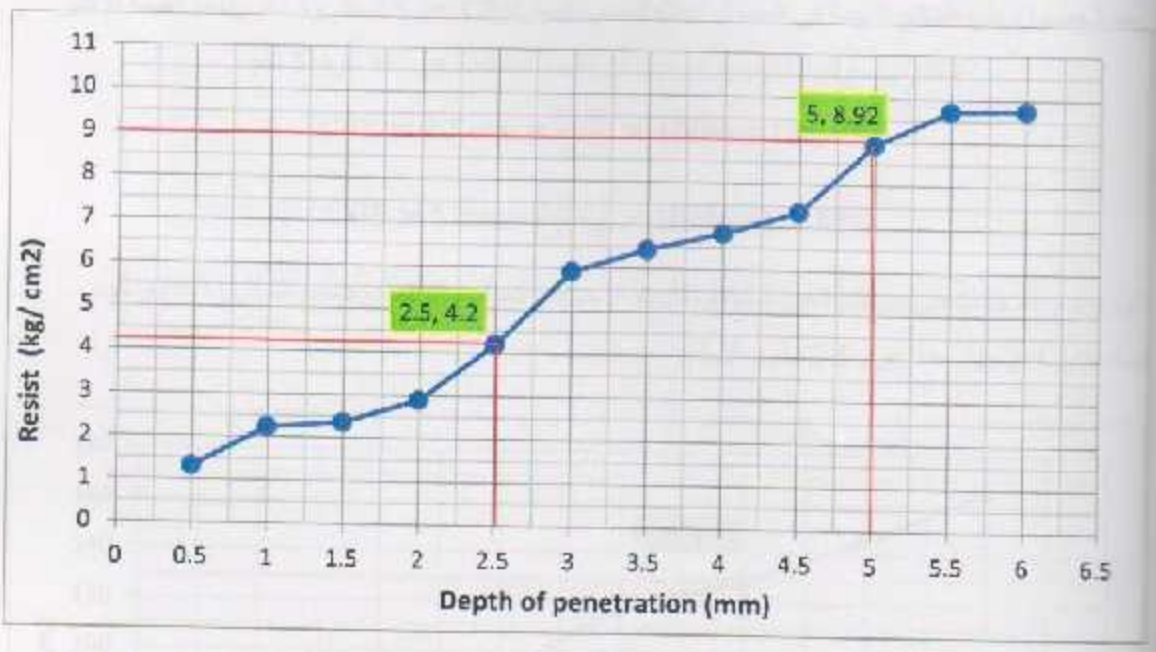
Depth of penetration mm	*Standard* Resistance to penetration Kg/cm2	Dial Reading	*Resist kg/ cm2* = dial reading × 2.54/19.35	Correct Resist Kg/ cm2	CBR %
0.5		65	8.53		
1		150	19.69		
1.5		225	29.53		

بعد الحصول على النتائج المبينة في الجدول أعلاه نحسب قيمة CBR عند 2.5 ملم و5 ملم ونأخذ القيمة الأكبر ونقارنها مع قوة كاليفورنيا، حيث أن القيمة المعتمدة هي عند غرز 5 ملم.

$$\text{CBR at 2.5 mm} = \frac{4.20}{70.35} \times 100\% = 3.98\%$$

$$\text{CBR at 5 mm} = \frac{8.92}{105.35} \times 100\% = 8.46\%$$

نقوم برسم أفضل منحنى بين قيم الغرز (ملم) ومقاومة الإجهاد (كغم/سم٢) كما يوضحه الشكل (٦-٥) ونحدد قيمة مقاومة الإجهاد عند غرز 2.5 ملم و 5 ملم :



الشكل (٦-٥) منحنى العلاقة بين الإجهاد والغرز لطبقة (Sub grade).

California Bearing Ration Test (CBR)

Sample No.1

Date : Thursday 14/3/2013

Description of soil : Base course

Tested by: Mohamad Whadeen Mohmen Hoshia & Sari Alhmamda

Empty Mold weight = 7734 g

O.M.C = 8%

Mold with wet soil weight = 12658g

Piston area = 19.35cm2

Mold volume = 2125 cm3

1 Diverge = 2.54kg

Method of test : AASHTO T-193

Max.dry density =3.36 g/cm3

الجدول (٦-٧) نتائج اختبار (CBR) لطبقة (Base course).

Depth of penetration mm	Standard Resistance to penetration Kg/cm2	Dial Reading	Resist kg/ cm2 = dial reading × 2.54/19.35	Correct Resist Kg/ cm2	CBR %
0.5		65	8.53		
1		150	19.69		
1.5		225	29.53		

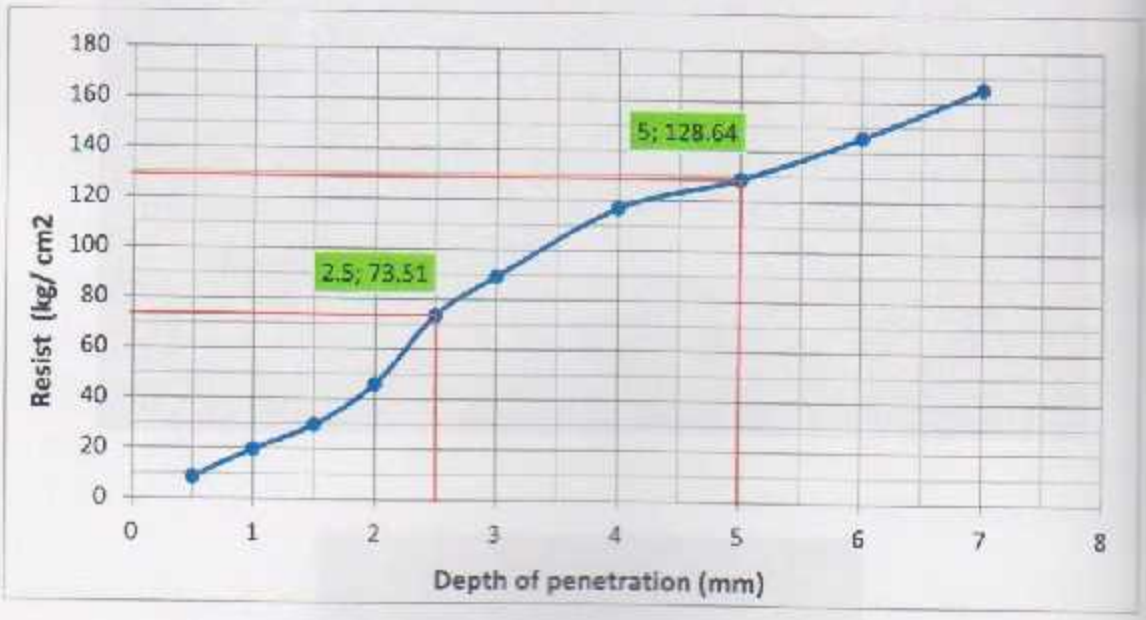
2		350	45.94		
2.5	70.35	560	73.51	73.51	104.49%
3		680	89.26		
4		890	116.82		
5	105.35	980	128.64	128.34	121.82%
6		1110	145.70		
7		1260	165.39		

بعد الحصول على النتائج المبينة في الجدول أعلاه نحسب قيمة CBR عند 2.5 ملم و5 ملم ونأخذ القيمة الأكبر ونقارنها مع قوة كاليفورنيا، حيث أن القيمة المعتمدة هي عند غرز 5 ملم.

$$\text{CBR at 2.5 mm} = \frac{73.51}{70.35} \times 100\% = 104.49\%$$

$$\text{CBR at 5 mm} = \frac{128.34}{105.35} \times 100\% = 121.82\%$$

نقوم برسم أفضل منحنى بين قيم الغرز (ملم) ومقاومة الإجهاد (كغم/سم٢) كما يوضحه الشكل (٦-٥) ونحدد قيمة مقاومة الإجهاد عند غرز 2.5 ملم و 5 ملم:



الشكل (٦-٦) منحنى العلاقة بين الإجهاد والغرز لطبقة (Base course).

حيث أن في طبقة الاساس(Base course) فان قيمة (CBR) تفرض على انها (80%) في عملية التصميم لاعطاء امان اكثر في التصميم.

هنا بعض الصور للاعمال المخبرية للعينات :

شكل (٦-٧)صور من الاعمال المخبرية للعينات

٦-٦ تصميم الرصفة المرنة (Flexible Pavement)٧

سيتم تصميم الرصفة المرنة بناء على نظام (AASHTO):

(American Association of State Highway and Transportation Officials)

٦-٦-١ حساب قيمة (Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load) (ESAL)

ولتصميم أي طريق يجب أن تتوفر بيانات أحجام وأحمال المرور المتوقعة للقيام بعملية التصميم الإنشائي للطريق وقد تم أخذ أحجام المرور الواقعة على طريق المشروع من الفصل الخامس.

٦-٦-١-١ الحمل المكافئ لمحور مفرد

هو الحمل القياسي على محور مفرد والذي يسبب أثراً في الرصف عند موضع محدد فيه مساوياً لما يسببه حمل المحور المعني في نفس الموضع المحدد.

٦-٦-١-٢ معامل حمل المحور المكافئ

المعامل المكافئ (لحمل محور مركبة ما) هو نسبة التأثير لكل مرة تمر فيها المركبة على رصف معين إلى التأثير الذي يحدثه مرور الحمل المحوري المفرد القياسي على نفس الرصف. ويتم التعبير عن عدد مرات تكرار الحمل الذي يؤدي إلى وصول الرصف لنهايته المقبولة بصلابة طبقة الرصف، ويتم التعبير عن صلابة طبقات الرصف بالرقم الإنشائي(SN) ويكون مستوى الخدمة النهائي (PT) للطرق الرئيسية (ذات المرور الثقيل) مساويا("2.5) والطرق المحلية والثانوية (ذات المرور المتوسط) مساويا(" 2.00). بينما القيمة الابتدائية (لدليل مستوى حالة الرصف) بعد الانتهاء من تنفيذ الرصف مباشرة تتراوح قيمتها بين 4.2 إلى4.5 تبعاً لجودة التنفيذ. القيمة النهائية هي أقل مستوى يسمح به في نهاية فترة التحليل وذلك قبل اللجوء لعمل أي نوع من أنواع الصيانة الجسيمة كالتغطية أو إعادة الإنشاء.

حيث أن:

PSI= present Serviceability index

$\Delta PSI = \text{pi} - \text{pt} = 4.5 - 2 \rightarrow 2.5$ ....(6.2)

وتتراوح قيمتها من (٠ - ٥)، حيث أن:

P_i= 4.5 للظروف الجيدة. Initial serviceability index (p_i)

P_t= 2.5 للطرق الرئيسية (for major highway) Terminal serviceability index (p_t).

و 2 للطريق متدني المستوى (for lower class highway).

---

٧ مرجع رقم [١٠]

أما المحور القياسي فمقداره18000رطل (80000 كيلو نيوتن) وباستخدام (قيم المعاملات المكافئة) لأحمال المحاور التي تمر على الطريق خلال الفترة التصميمية وتبعا لمعامل النمو وحجم المرور اليومي مصنفاً حسب نوع المركبات ونسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية يتم حساب قيمة الحمل التصميمي المكافئ على الطريق من العلاقة التالية:

ESAL=fd*Gf*AADT*365*Ni*fe.....(6.3)

حيث أن :

ESAL=Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.

f_d=Design lane factor.

G_f= Growth factor.

AADT =First year annual average daily traffic.

N_i= number of axles on each vehicle.

f_E= load equivalency factor.

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

الجدول(٦-٨) نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية(f_d).

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

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

- ✓ أما قيمة(G_f) فيتم الحصول عليها من الجدول (٦-٩) حيث تم أخذ مدة التصميم المستقبلي 20 سنة ونسبة الزيادة المتوقعة في النمو (4%) وبالتالي فإن قيمة (G_f) تكون مساوية (29.78%).

جدول (٦-٩) معامل النمو (G_f)

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

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

جدول (٦-١٠) تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factor)[٨]

Gross Axle Load		Load Equivalency factor		Gross Axle Load		Load Equivalency factor	
KN	lb	Single Axle	Tandem Axle	KN	lb	Single Axle	Tandem Axle
4.45	1,000	0.00002		182.5	41,000	23.27	2.29
8.9	2,000	0.00018		187.0	42,000	25.64	2.51
13.35	3,000	0.00072		191.3	43,000	28.22	2.75
17.8	4,000	0.00209	0.0003	195.7	44,000	31.00	3.00
22.25	5,000	0.00500		200.0	45,000	34.00	3.27
26.7	6,000	0.01043	0.001	204.5	46,000	37.24	3.55
31.15	7,000	0.01960		209.0	47,000	40.74	3.85
35.6	8,000	0.03430	0.003	213.5	48,000	44.50	4.17
40.0	9,000	0.0562		218.0	49,000	48.54	4.51
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50,000	52.88	4.86
48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51,000		5.23
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52,000		5.63
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53,000		6.04
62.3	14,000	0.360	0.0270	240.2	54,000		6.47
66.7	15,000	0.478	0.0360	244.6	55,000		6.93
71.2	16,000	0.623	0.0472	249.0	56,000		7.41
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57,000		7.92
80.0	18,000	1.00	0.0773	258.0	58,000		8.45
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59,000		9.01
89.0	20,000	1.51	0.1206	267.0	60,000		9.59
93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61,000		10.20
97.8	22,000	2.18	0.180	275.8	62,000		10.84
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		11.52
106.8	24,000	3.03	0.260	284.5	64,000		12.22
111.2	25,000	3.53	0.308	289.0	65,000		12.96
115.6	26,000	4.09	0.364	293.5	66,000		13.73
120.0	27,000	4.71	0.426	298.0	67,000		14.54
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		15.38
129.0	29,000	6.14	0.572	307.0	69,000		16.26
133.5	30,000	6.97	0.658	311.5	70,000		17.17
138.0	31,000	7.88	0.753	316.0	71,000		18.13
142.3	32,000	8.88	0.857	320.0	72,000		19.14
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		21.35
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		27.59
178.0	40,000	21.08	2.08	365.0	80,000		28.96

[٨] مرجع رقم [١٠]

من الجدول السابق تم الحصول على معامل الحمل المكافئ(Load equivalency factor) بناء على أن الحمل الواقع على (Passenger car) مساوي 10 Kn/axle والحمل الواقع على(two axle single unit trucks) مساوي 100Kn/axle والحمل الواقع على (three axle single unit trucks) مساوي 110 Kn/axleوبالتالي فإن قيم معامل الحمل المكافئ التي تم الحصول عليها من الجدول أعلاه كما يلي:

Load equivalency factor for Passenger car (f_E) =0.0003135

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

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

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

جدول (٦-١١) عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات

نسبة عدد المركبات (%)						اليوم
3-axle		2-axle		2-axle(Passenger)		
النسبة (%)	العدد	النسبة (%)	العدد	النسبة (%)	العدد	
0	0	1.2	1	98.8	88	الجمعة
1.7	1	9.5	6	88.8	56	السبت
1.4	1	5.7	4	92.7	64	الأحد
1.3	1	5.4	4	93.2	69	الاثنين
1.5	1	7.5	5	90.9	60	الثلاثاء
1.3	1	6.9	5	91.6	66	الاربعاء
1.5	1	4.6	3	93.8	61	الخميس
1%	6%			93%		المجموع

وأيضا تم الحصول من الفصل السابق (حجم المرور) على عدد السيارات الصغيرة في الساعة الواحدة (81) سيارة.

- أيضا بإيجاد عدد السيارات في اليوم الواحد كما يلي:

778(81*24)*2.5*.16 =سيارة/يوم.

- حساب قيمة (ESAL) حسب المعادلة (6.3):

ESAL (passenger):

$=0.5*29.78*778*365*0.93*2*0.0003135 \rightarrow 0.002465*10^6$

ESAL (tow axle single unit trucks):

$=0.5*29.78*778*365*0.06*2*0.1980889 \rightarrow 0.100510*10^6$

ESAL (three axle single unit trucks):

$=0.5*29.78*778*365*0.01*3*0.29491 \rightarrow 0.037409*10^6$

ESAL (total) = $0.140384*10^5$

٦-٦-٢ حساب سماكة طبقات الرصف[٩]

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

٦-٦-٢-١ معامل الرجوعية (Mr)

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

فبالنسبة لتربة التأسيس تكون العلاقة بين معامل الرجوعية (Mr) ونسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) كالآتي :

for CBR of 10 or less M_r (lb/in^2) = 1500* CBR .....(6.4)

for R of 20 or less M_r (lb/in^2) = 1000+ 555*R value.....(6.5)

حيث R: معامل الموثوقية

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

جدول رقم (٦-١٢) معامل الطبقة لطبقة الأساس الحصوية (a2) المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات الرجوعية (Mr)

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

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

---

[٩] مرجع رقم [١٠]

جدول(٦-١٣)معامل طبقة الخلطة الإسفلتية (a1) المقابل لمعامل مرونة الطبقة الإسفلتية عند درجة حرارة 20C

التماسك Hveem	معامل قوة الطبقة الإسفلتية	ثبات مارشال رطل	معامل المرونة رطل / بوصة٢
80	0.22	500	**125000**
95	0.25	750	**150000**
120	0.30	975	**200000**
130	0.33	1200	**250000**
155	0.36	1400	**300000**
175	0.39	1600	**350000**
190	0.42	1900	**400000**

٦-٦-٢-٢ الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة

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

٦-٦-٢-٣ الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation)

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

جدول (٦-١٤) الانحراف المعياري حسب نوع الطريق :[١٠]

نوع الطريق	S_o
طريق مرنة(Flexible pavement)	٠.٤-٠.٥
طريق صلبة (Rigid Pavement)	٠.٣-٠.٤

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

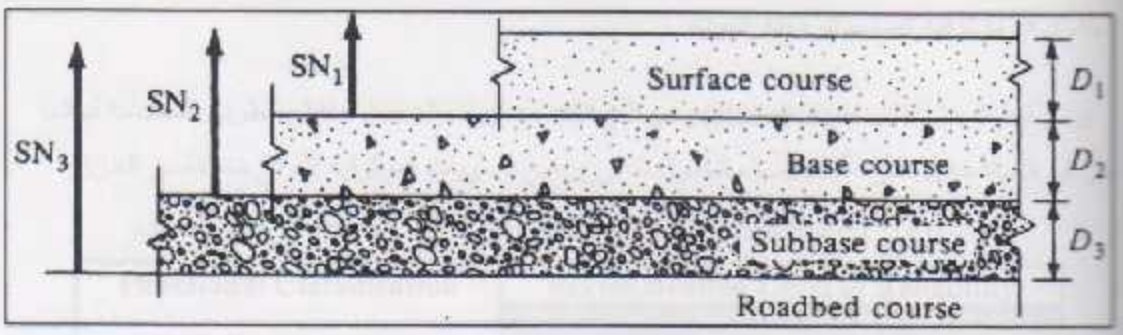
٦-٦-٢-٤ الرقم الإنشائي (SN):[١١]

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

$$SN = a1\ D1 + a2\ m2\ D2 + a3\ m3 D3 \quad \ldots\ldots(6.6)$$

---

[١٠] مرجع رقم [١٠]
[١١] مرجع رقم [١٠]



الشكل (٦-٨) توزيع الرقم الانشائي (SN) على الطبقات المذكورة.

حيث **D2 ,D1**هي سمك الطبقات المختلفة بينما **m2** تمثل معامل تصريف الأمطار من طبقة الأساس ومعامل الطبقة لطبقة الأساس **(a2)** يمكن ربطه مباشرة بنتائج اختبارات تحمل كاليفورنيا (CBR) والتي يتم اجراؤها تحت أسوأ الظروف المتوقعة في الموقع وذلك كما سبق ذكره في جدول رقم (6-21) حيث يوضح قيم المعامل المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا لطبقة الأساس ، أما معامل الطبقة السطحية الإسفلتية فيتم ربطه بمقدار معامل الرجوعية لها عند درجة حرارة 20 مئوية . يبين جدول (6-22) قيم هذا المعامل المقابل لقيم مختلفة من معامل المرونة أما المعامل) **(m2)** والذي يعكس مقدرة طبقتي الأساس على تصريف الأمطار فيتم تقديرها على أساس سرعة تصريف المياه من الطبقة وعموما يمكن القول إن درجة التصريف جيدة إذا تم التخلص من المياه خلال 24 ساعة أما إذا احتفظت الطبقة بالمياه لمدة شهر فتعتبر درجة التصريف ضعيفة كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول (٦-١٥) تعريف جودة التصريف:

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

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

الجدول(٦-١٦) معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi)

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

بالنسبة لطريق المشروع تتصرف المياه عن سطح الطريق خلال يوم واحد وبمستوى رطوبة (Moisture level) مساوي 30%، أي أن قيمة mi مساوية ١.

٦-٦-٢-٥ موثوقية تصميم الرصفة المرنة

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

جدول (٦-١٧) مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق.

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

طريق التصميم هو طريق تجميعي وبالتالي فان مستوى الموثوقية مساوي 95.

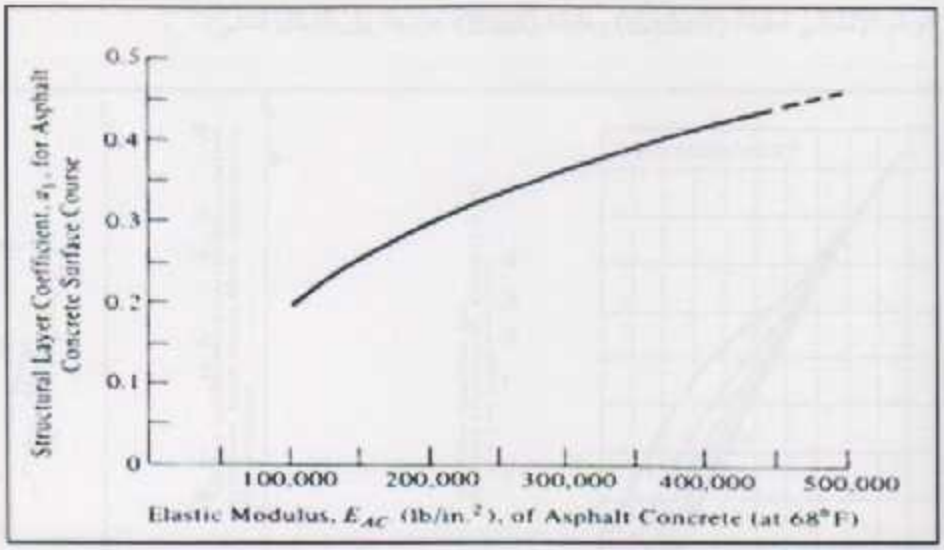
والجدول التالي يوضح الانحراف المعياري(ZR) في قيم الموثوقية لتصميم الرصفة المرنة:

جدول (٦-١٨) قيم ZR بالرجوع لمقدار الموثوقية.

Reliability (R%)	standard normal deviation (ZR)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

نأخذ مقدار الثقة 95% ،فإن قيمة (ZR) تساوي**1.645-**.

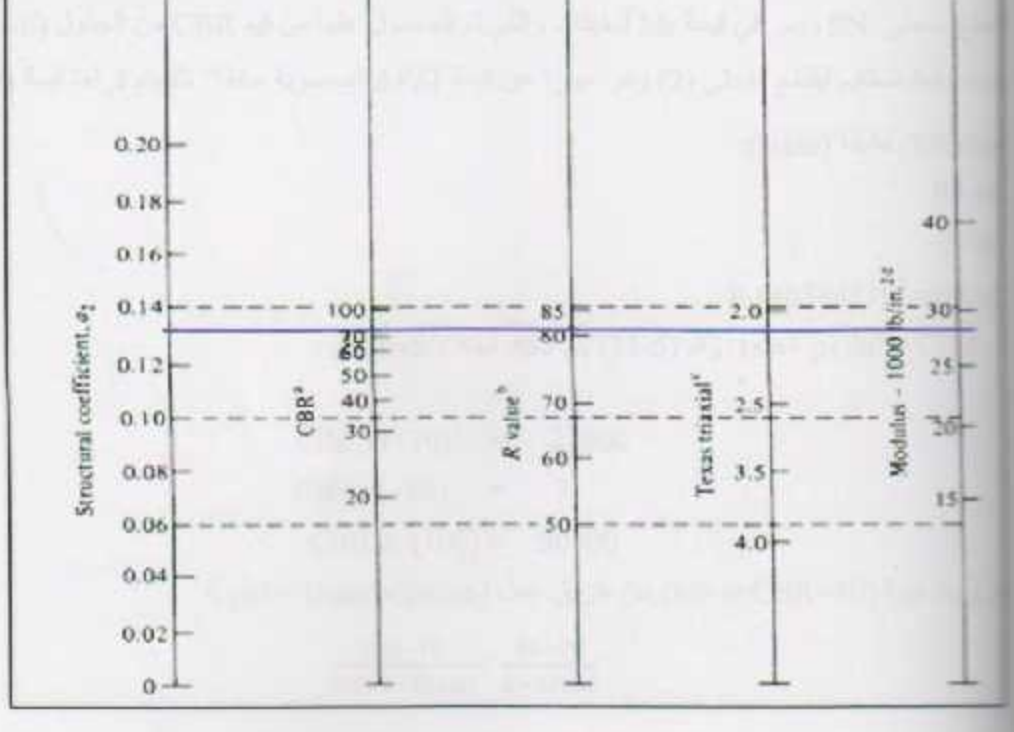
والأشكال التالية تبين معامل طبقة (Base) وطبقة الإسفلت(asphalt):



شكل (٦-٩) منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية(a1)

حيث أن قيمة Elastic modules عند درجة حرارة 20 درجة سليسيوس أو 68 فهرنهايت تساوي 450000(lb/in^2) وبالتالي من الشكل السابق تبلغ قيمة (a1) ٠.44.

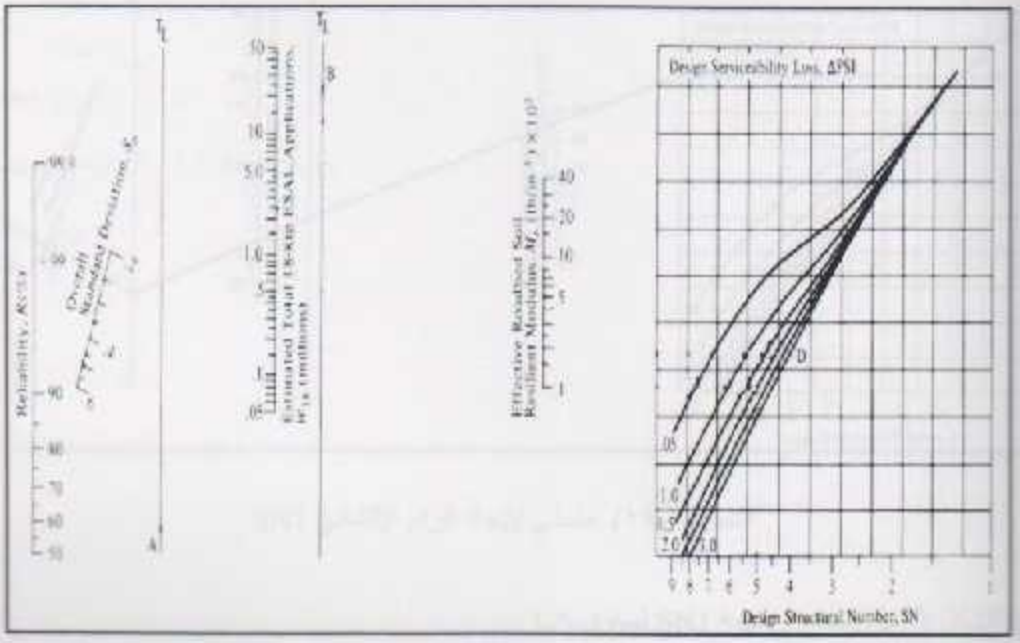
والشكل التالي يبين معامل طبقة (Base) الذي يستوجب معرفة قيمة (CBR)،حيث أن هذه القيمة بعد إجراء التجربة كانت(١٢١.٨)، ولكن سوف يتم التصميم في أسوا الظروف في الموقع أي عند قيمة CBR مساوية 80.



شكل (٦-١٠) a2 معامل طبقة (Base).

بما أن قيمة (CBR) مساوية 80، فان قيمة **a2** من الشكل السابق تكون مساوية (0.132).

- يتم إيجاد الرقم الإنشائي لطبقة (asphalt) وطبقة (Basc) عن طريق الشكل التالي:



الشكل(٦-١١) منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN لطبقات الرصفة المرنة.

- يتم العمل على الشكل السابق عن طريق توقيع مقدار الموثوقية (R) المساوي 95%، ثم تم مد خط مستقيم يصل بين مدى الثقة وقيمة الانحراف المعياري المساوي 0.5 ليقطع الخطTL في النقطة (A)، ثم يتم مد خط من النقطة (A) ليقطع النقطة (B) عند قيمة ESAL المحسوبة سابقا والمساوية($0.140384*10^6$)ثم نمد خط من B ليقطع منحنى SN ويمر في قيمة Mr للطبقات والتي تم الحصول عليها من قيم CBR من الجدول (6-21)،ثم يتم مد خط مستقيم ليقطع منحنى (2) وهو عبارة عن قيمة ΔPSI المحسوبة سابقا" ،ثم يتم قراءة قيمة (SN).

- إيجاد(SN) لطبقة (Base):

R = 95

S = 0.5

ESAL = $0.140384*10^6$

CBR = 80ومن الجدول رقم (6-21) يتم ايجاد قيمة Mrحيث أن :

CBR at (70) = 27000

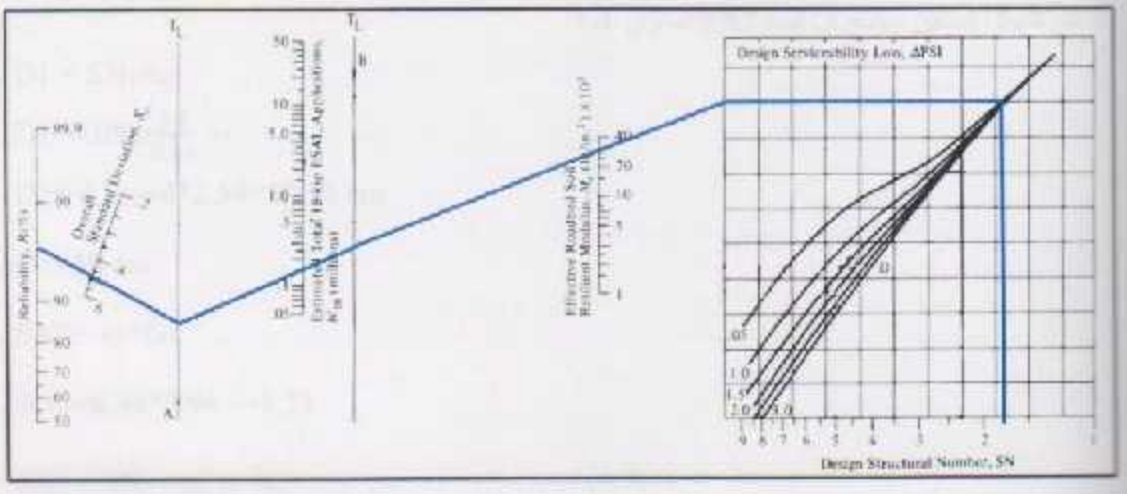
CBR at (80) = ?

CBR at (100) = 30000

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

$$\frac{100-70}{30000-27000} = \frac{80-70}{X-27000}$$

وبالتالي فإن قيمة (Mr) الناتجة لطبقة (Base) تساوي Psi28000، ومن الشكل التالي يتم تحديد(SN1):



الشكل(٦-١٢) منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN1

من الشكل السابق يتضح أن قيمة **SN1** تساوي ١.٨

- بعد إجراء تجربة (CBR) لطبقة (Sub grade)، فإن قيمة CBR الناتجة لهذه الطبقة كانت مساوية (8.46) وهذه القيمة تدل على أن طبقة (Sub grade) طبقة جيدة ومناسبة لإجراء التصميم عليها حسب المواصفات الأردنية والفلسطينية.

والشكل التالي يوضح قيمة (SN2):

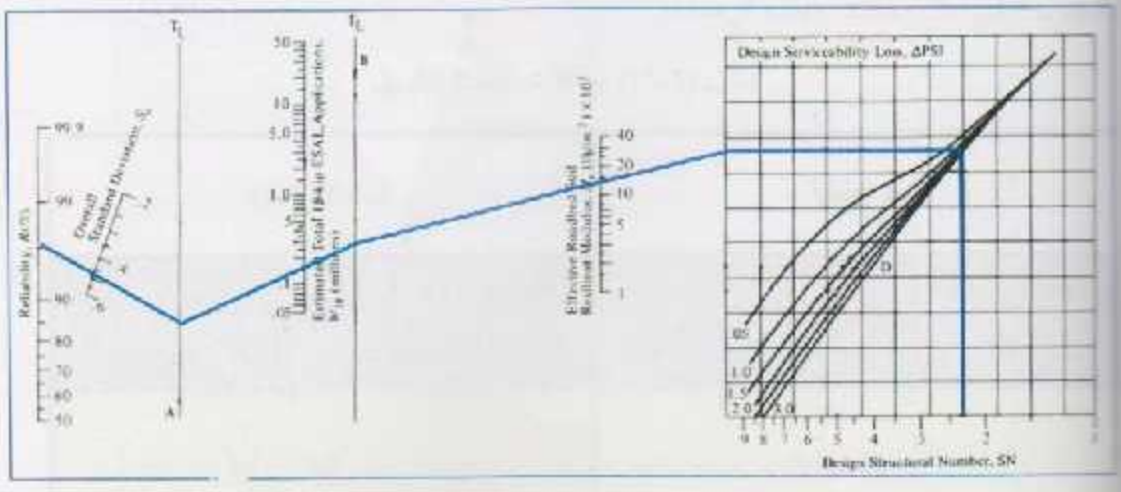
٩٥ =R

٠.5=S0

$0.140384*10^6$ =ESAL

٨.٤٦= CBR

١٢٦٩٠=٨.٤٦*١٥٠٠=Mr



شكل (٦-١٣)منحنى إيجاد قيمة (SN2)

من الشكل السابق يتضح أن قيمة SN2 تساوي ٢.٤

$D1 = SN_1/a_1$

$D1=4.09in\frac{1.8}{0.44} \rightarrow$

D1= 4 in→4*2.54=10.16 cm

D1=10 cm

SN1= a1*D1

SN1=0.44*3.94 →1.73

$SN_2 = SN_1 + a2\ m\ D2$.....(6.7)

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

$\frac{2.4-1.73}{0.132*1}=5.075in$

D2= 6 in

D2=6*2.54=15.24

D2=16 cm

SN2=(a2*m*D2)+ SN1

SN2=(0.132*0.8*16)+(1.73)

SN2=3.9 in

والجدول التالي يمثل سماكات طبقات الرصف:

جدول (٦-١٩) سماكات طبقات الطريق

اسم الطبقة	السماكة (سم)
Asphalt	**10**
Base course	**20**

الفصل السابع

كميات الحفر والردم

جدول (٧-١) كميات الحفر والردم

Station	Areas		Volume		Cumulative volumes	
	square meters		Cubic meters		Cubic meters	
	Cut	Fill	Cut	Fill	Cut	Fill
0+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020	7.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040	7.96	0.00	150.44	0.00	150.44	0.00
0+060	6.64	0.00	146.00	0.00	296.44	0.00
0+080	6.04	0.00	126.80	0.00	423.24	0.00
0+100	5.67	0.00	117.08	0.00	540.32	0.00
0+120	2.92	0.00	85.92	0.00	626.24	0.00
0+140	3.22	0.00	61.72	0.00	687.95	0.00
0+160	3.03	0.00	62.87	0.00	750.82	0.00
0+180	4.66	0.00	77.31	0.00	828.13	0.00
0+200	7.14	0.00	118.44	0.00	946.57	0.00
0+220	6.97	0.00	141.5	0.00	1088.07	0.00
0+240	7.75	0.00	147.58	0.00	1235.65	0.00
0+260	5.26	0.47	130.87	4.64	1366.52	4.64
0+280	1.70	4.36	68.99	48.05	1436.51	52.68
0+300	0.28	7.70	19.82	120.63	1456.32	173.31
0+320	0.13	7.60	4.07	153.01	1460.40	326.31
0+340	0.00	11.97	1.26	195.71	1461.65	522.02
0+360	0.00	9.11	0.00	210.61	1461.65	732.84
0+380	0.42	5.17	4.25	142.76	1465.90	875.60
0+400	1.27	2.22	16.71	74.60	1482.62	950.10
0+420	4.49	1.37	56.45	36.68	1539.06	986.79
0+440	5.94	0.52	102.40	19.38	1641.46	1006.16
0+460	8.81	0.00	145.27	5.37	1786.73	1011.53
0+480	10.48	0.00	190.61	0.00	1977.34	1011.53
0+500	13.20	0.00	234.65	0.00	2211.99	1011.53
0+520	12.65	0.00	234.70	0.00	2468.63	1011.53
0+540	11.00	0.00	201.44	0.00	2703.23	1011.53

0+560	9.31	0.00	180.89	0.00	2904.67	1011.53
0+580	8.92	0.00	171.26	0.00	3085.56	1011.53
0+600	8.31	0.00	148.92	0.00	3256.82	1011.53
0+620	6.61	0.00	117.49	0.00	3405.73	1011.53
0+640	5.14	0.00	121.34	0.00	3523.23	1011.53
0+660	6.52	0.00	171.27	0.00	3644.57	1011.53
0+680	9.44	0.00	156.19	0.00	3815.84	1011.53
0+700	5.55	0.00	85.63	0.00	3972.03	1011.53
0+720	3.01	0.24	107.39	2.39	4057.66	1013.91
0+740	7.73	0.00	168.64	2.39	4165.05	1016.30
0+760	9.14	0.00	178.43	0.00	4333.69	1016.30
0+780	8.71	0.00	256.54	0.00	4512.12	1016.30
0+800	5.73	0.00	144.42	0.00	4656.54	1016.30
0+820	4.41	0.23	101.44	2.32	4757.98	1018.62
0+840	3.58	0.57	79.87	8.01	4837.85	1026.63
0+860	5.39	0.00	89.66	5.74	4927.51	1032.38
0+880	7.87	0.00	133.22	0.05	5060.73	1032.42
0+900	3.08	0.40	119.66	3.26	5180.39	1035.69
0+920	0.00	9.07	31.71	93.14	5212.10	1128.83
0+940	0.26	5.38	2.39	149.79	5214.49	1278.62
0+960	2.83	0.68	30.03	61.73	5244.52	1340.35
0+980	8.79	0.00	116.14	6.79	5360.66	1347.14
1+000	14.64	0.00	238.22	0.00	5598.88	1347.14
1+020	13.69	0.00	292.00	0.00	5890.87	1347.14
1+040	4.72	0.53	187.46	5.13	6078.34	1352.27
1+060	1.99	0.68	55.21	14.73	6133.54	1367.01
1+080	4.60	0.00	65.95	6.81	6199.50	1373.81
1+100	6.09	0.00	106.90	0.00	6306.39	1373.81
1+120	7.84	0.00	137.45	0.00	6443.85	1373.81
1+140	7.98	0.00	160.45	0.00	6604.30	1373.81
1+160	6.25	0.00	143.67	0.00	6743.96	1373.81
1+180	5.99	0.00	139.66	0.00	6887.63	1373.81

الحجم الكلي للحفر = ٦٧٤٣.٩٦ * ١.١ (حيث ١.١ معامل الانتفاخ للتربة)

= ٧٤١٨.١٢١٧متر مكعب

الحجم الكلي للردم = ١٣٧٣.٨١ * ١.١

= ١٥١١.١٩١ متر مكعب

٧-١ حساب كميات الإسفلت وطبقة الأساس(Base Course) والكميات المطلوبة للأرصفة في طريق المشروع

يبلغ طول الطريق 1180م وكما تم حساب سمك الإسفلت ١٠سم، و كثافة طبقة الإسفلت ٢,٦٢ غم/ سم^{٣}حيث سيتم حساب تكلفة طبقة الإسفلت على طول الطريق ،حيث تحسب مساحة المسارب المراد تعبيدها كما يلي :

مساحة المسارب = طول الطريق * عرض المسارب (مسربين)

مساحة المسارب =1200م * (٢*٤)

= 9600م^{٢}

بعد معرفة مساحة المسربين سوف يتم حساب حجم الإسفلت كما يلي:

حجم الإسفلت= مساحة المسارب × سمك طبقة الإسفلت

= 9600 م^{٢} * ٠,١٠ = 960م^{٣}

أما حجم طبقة الأساس، فكما هو موضح في الفصل السادس وجدنا أن سمك طبقة الأساس المناسب ٢٠ سم اذا:

مساحة المسارب + الأرصفة = 1200 * (4 + 8)

= 14400م^{٢}

بعد معرفة مساحة المسربين والأرصفة سوف يتم حساب حجم طبقة الأساس كما يلي:

حجم طبقة الأساس= مساحة المسارب × سمك طبقة الأساس

= 14400م^{٢} * ٠,٢٠ = **2880م^{٣}**

*طول الطريق ١١٨٠.

*عرض الرصيف (Shoulder)= ٢م.

*سمك الخرسانه =٥سم.

*عدد (Simple Access road)=٣.

*مجموع مساحة المنطقة التي يغطيها الرصيف =٤٦٩٦ م^{٢}.

*حجم الخرسانة في الرصيف =٢٨٦ م^{٣}.

*كمية (curb stone)=٢٦٠٠ متر طولي

*مساحة بلاط الجزر =عرض الجزيرة*طول الجزيرة

=٢*١٤٢٠=٢٨٤٠ متر مربع

٧-٣ التكلفة

تعتبر التكلفة مهمة للتعرف على المبلغ المطلوب من الجهة الممولة للمشروع حيث يتم حساب تكلفة كل طبقة من طبقات الرصفة على طول الطريق كما ويتم حساب الحفر والردم .

٧-٣-١ حساب تكلفة الطريق

يبلغ طول الطريق 1180م وكما وتتكون الرصفة من طبقتين وهما:

١- الإسفلت بكثافة 2.62 غم/سم٣ .

٢- البسكورس(الأساس) بكثافة 2.14 غم/سم٣.

٧-٣-١-١ تكلفة الرصفة (Pavement)

يحسب وزن كل من الطبقات الثلاث كما يلي :

وزن الإسفلت = حجم الإسفلت × كثافة الإسفلت .

= 960 × 2.62 = 2516 طن .

وزن البسكورس = حجم البسكورس × كثافة البسكورس .

= 2880 × 2.14 = 6164 طن .

سعر واحد طن من البسكورس المشغول = $ 7 .

سعر واحد طن من الإسفلت المشغول = $ 35 .

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

= 2516× 35 = $ 88060 .

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

= 6164 × 7 = $ 43148 .

التكلفة الكلية للرصفة = تكلفة الإسفلت + تكلفة البسكورس

= 88060 + 43148 = $ 131208 .

٧-٣-١-٢ تكلفة الحفر والردم :

تم حساب الحجم الكلي لكل من الحفر والردم ، وكانت النتائج كما يلي :

حجم الحفر الكلي = ٧٤١٩ م٣ .

حجم الردم الكلي = ١٥١٢ م٣ .

سعر المتر المكعب للحفر = $ 7 .

سعر المتر المكعب للردم = $ 5.4 .

تكلفة الحفر = حجم الحفر × سعر المتر المكعب للحفر .

= ٧٤١٩× 7 = ٥١٩٣٣ $.

تكلفة الردم = حجم الردم × سعر المتر المكعب للردم .

= ١٥١٢ × 5.4 = ٨١٦٥ $.

تكلفة الحفر والردم الكلية = تكلفة الحفر + تكلفة الردم .

= ٥١٩٣٣ + ٨١٦٥ = ٦٠٠٩٨ $.

***تكلفة الخرسانة للرصيف (Shoulder)**

تكلفة الخرسانة للرصيف = الحجم بالمتر المكعب×سعر المتر المكعب المشغول

=٢٨٦×78= ٢٢٣٠٨$

تكلفة بلاط الجزر=مساحة البلاط*سعر المتر المربع المشغول.

٧-٣-١-٣ تكلفة صيانة الطريق

تعمل الصيانة لطبقة الإسفلت فقط .

تكلفة صيانة المتر المربع من الإسفلت مع الأدوات و الأيدي العاملة = $ 14 .

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

= 9600 × 14 = 134400 $.

جدول(٧-٢) كميات طبقات الرصفة المرنة

المادة	الكمية بالطن	تكلفة الطن الواحد ($)	التكلفة الكلية ($)
Base course	6164	7	43148
Asphalt	2516	٣٥	88060
المجموع			131208

جدول (٧-٣) كميات الحفر والردم

نوع العمل	الكمية بالمتر المكعب	تكلفة المتر المكعب ($)	التكلفة الكلية ($)
الحفر	٧٤١٩	7	٥١٩٣٣
الردم	١٥١٢	5.4	٨١٦٥
المجموع			٦٠٠٩٨

الفصل الثامن

النتائج والتوصيات

٨-١ النتائج

١- تم دراسة المشاكل التي تعاني منها الطريق.

٢- تم تصميم الطريق هندسيا وفقا للأسس الصحيحة برسم الميول الطولية والعرضية والتي تساعد على تصريف مياه الأمطار .

٣- تم تصميم نظام إنارة لطريق المشروع وفق الأسس الهندسية.

٤- تم القيام بالتجارب المخبرية الضرورية للتصميم الإنشائي للطريق وتم حساب سمك طبقات الرصف .

٥- بيان أهمية علامات المرور وضرورة التقيد بها.

٨-٢ التوصيات

١. نوصي دائرة الهندسة المدنية والمعمارية بطرح مساق مختبر هندسة طرق ليتطرق للتصميم الهندسي للطرق و رسم القطاعات الطولية والعرضية باستخدام البرامج المستخدمة في سوق العمل كبرنامج (civil 3d).

٢. نوصي بلدية يطا بإعادة تصميم طريق الدعوة والذي يعتبر طريق تجميعيا هاما ومختصرا يربط قرية خلة الميه بالشارع الرئيسي لمدينة يطا والمؤدي إلى مدينة الخليل.

٣. نوصي بلدية يطا بتصميم نظام إنارة لطريق المشروع للتقليل من نسبة الحوادث على الطريق والتي ستزداد في حال إعادة تصميم الشارع ووضع إشارات وعلامات المرور على طول الطريق لإرشاد السائقين والمارة.

المصادر والمراجع

المصادر والمراجع

[١] : قسم المساحة والتخطيط ، بلدية مدينة يطا.

[٢] : تكنولوجيا صيانة الطرق ، م .سمير عمار ، ٢٠٠٨.

[٣] :الملحق رقم (٥)-معطيات تهدئة السرعة ،المواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية ، المملكة العربية السعودية.

[٤] : يوسف صيام ، تغطية مساحية للطرق ، الطبعة الأولى ، ١٩٩٩.

[٥] : المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، تقنيات الطرق،المملكة العربية السعودية،٢٠٠٣.

[٦] : النظم الهندسية للتغذية والمياه والصرف الصحي.

[٧] :سامي أحمد حجاوي، فحوصات التربة للأغراض الإنشائية ، الطبعة الأولى ، ٢٠٠٣.

[8]: Nicholas J. Garber and Lester A. Hoel. Traffic and Highway Engineering. Brooks/cole Pub Co,(2001).

[9]: Roderick D. Johnston, Road Repair Handbook, Trans Mountain Publishing, 2002

[10]:Policy on Geometric Design of Highways and Streets ,AASHTO

[11]:Colm Flaherty. Highway:The Location,Design,Construction and Maintenance of Road Pavements.Butterworth-Heinmann,4thEdition,(2002).

[12]: J. Bowles. Foundation Analysis and Design. 3rd ed., 1984.

[13]: BS 1377. Methods of Testing Soils for Civil Engineering Purposes. British Standards Institution, London.

[14]: Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing. Part II. Methods of Sampling and Testing. AASHTO, 1996.

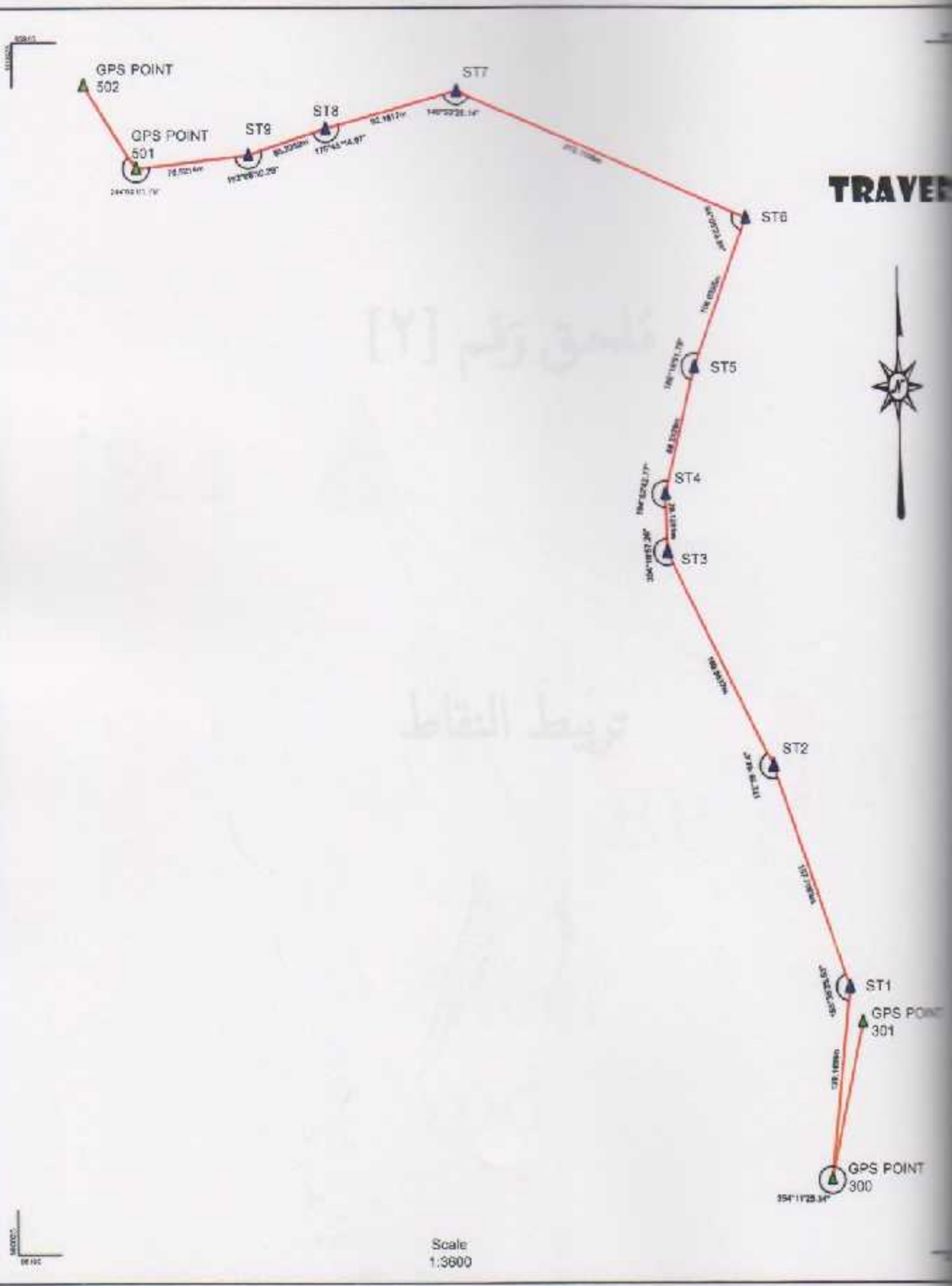
[15] http://www.mhd.state.ma.us/downloads/designGuide/CH_6_a.pdf

[16] www.arab_eng.org

الملاحق

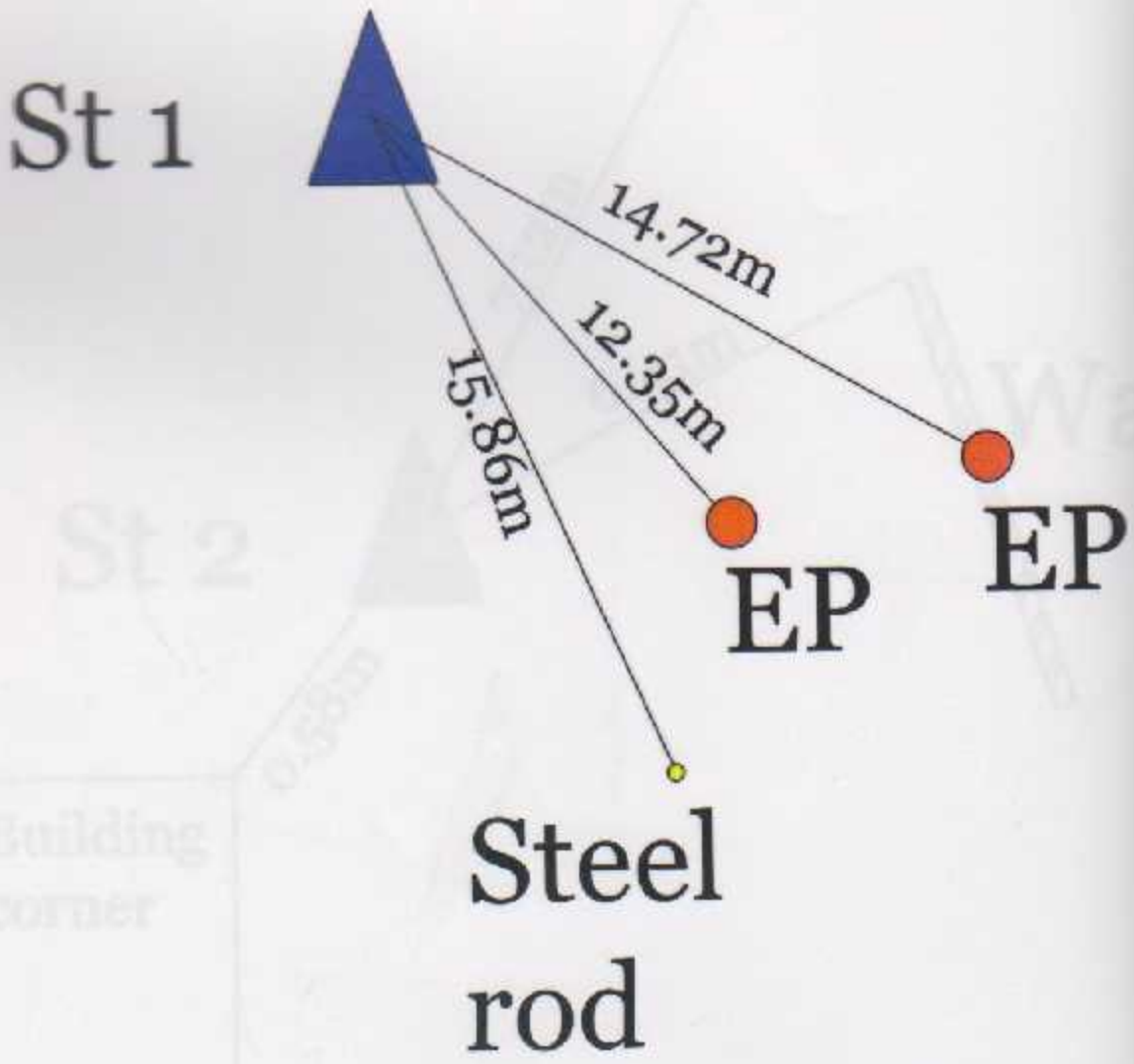
مُلحق رَقم[1]

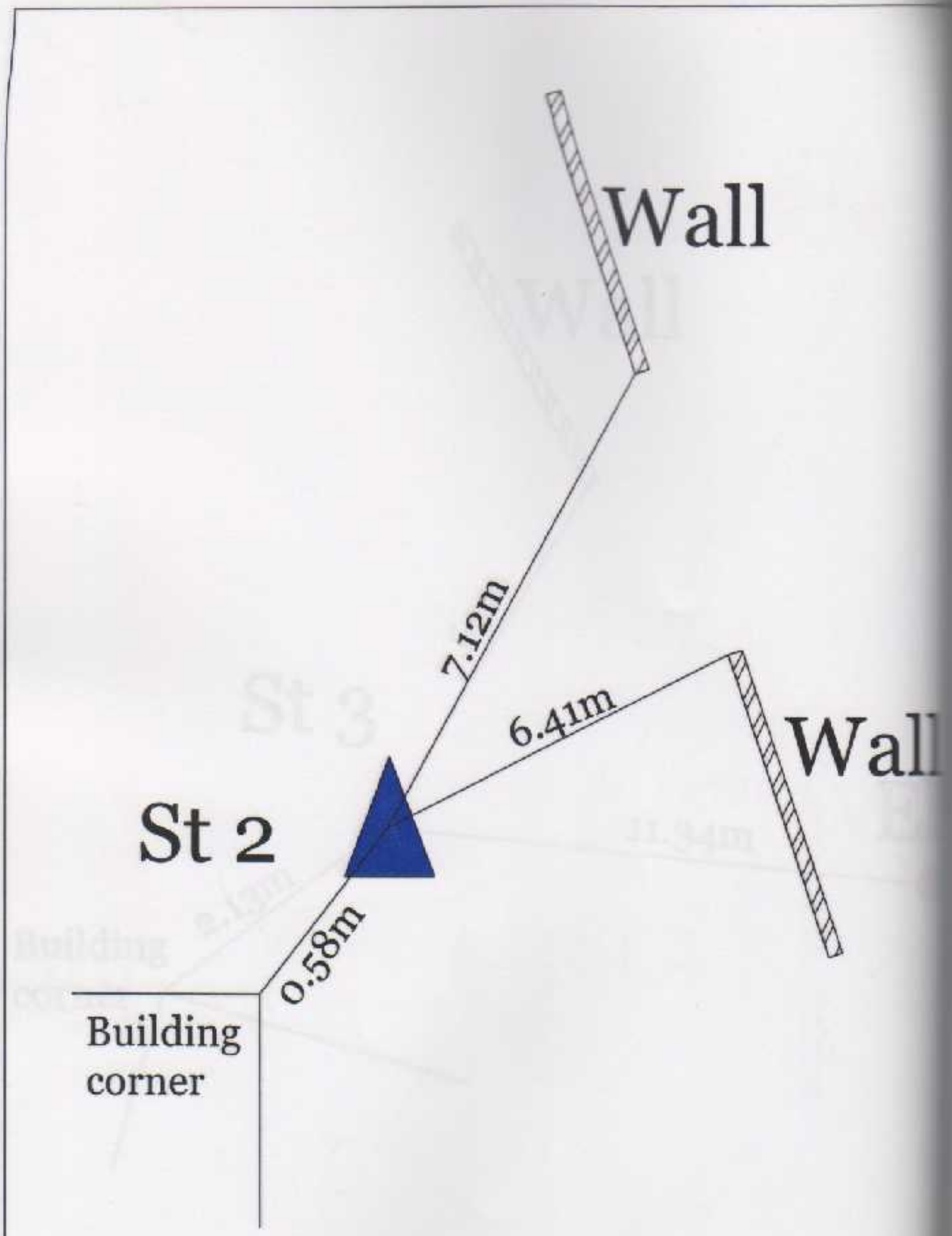
شكل المضلع

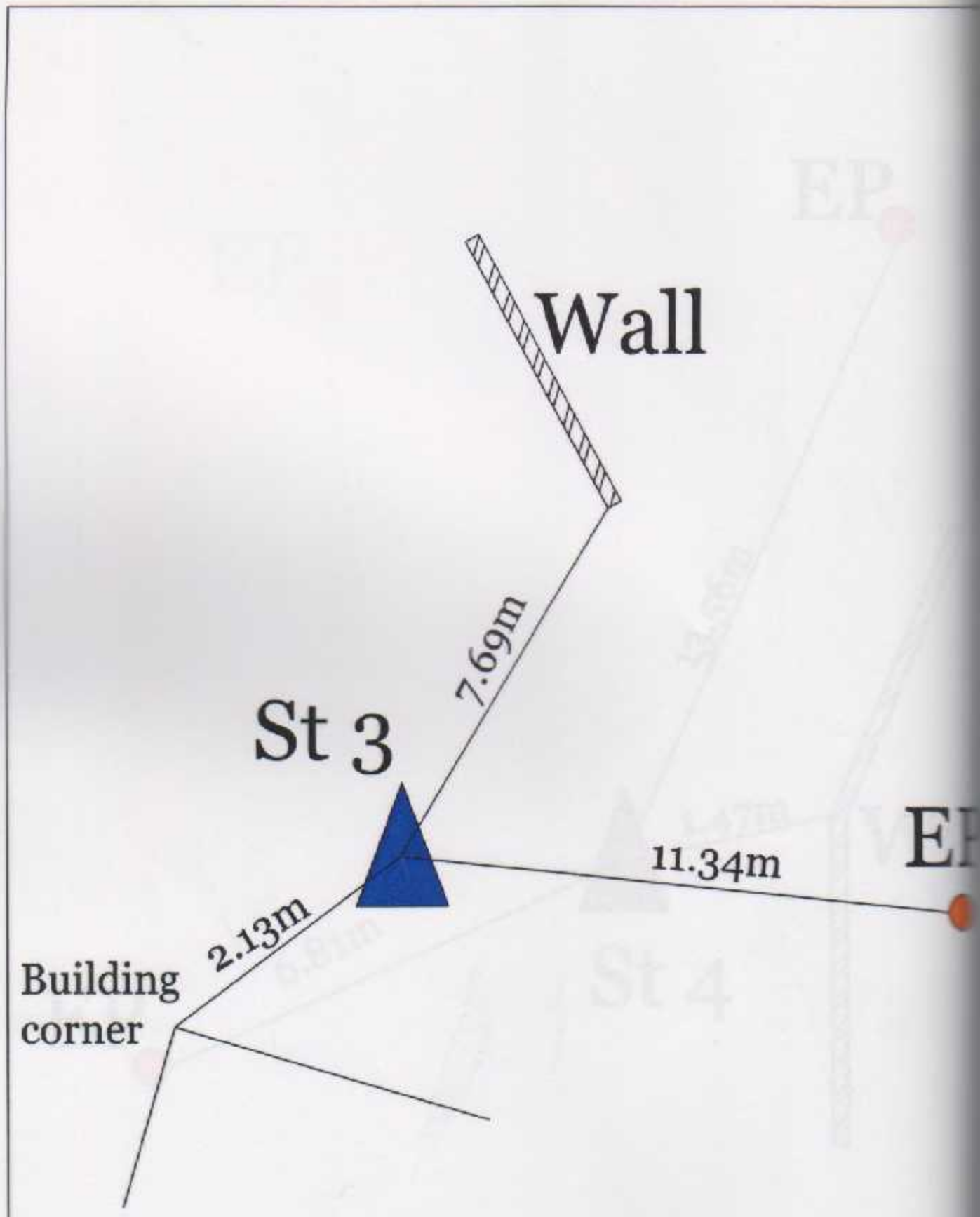

GPS POINT
502
GPS POINT
501
ST9
ST8
ST7
ST6
ST5
ST4
ST3
ST2
ST1
GPS POINT
301
GPS POINT
300
TRAVER
Scale
1:3600

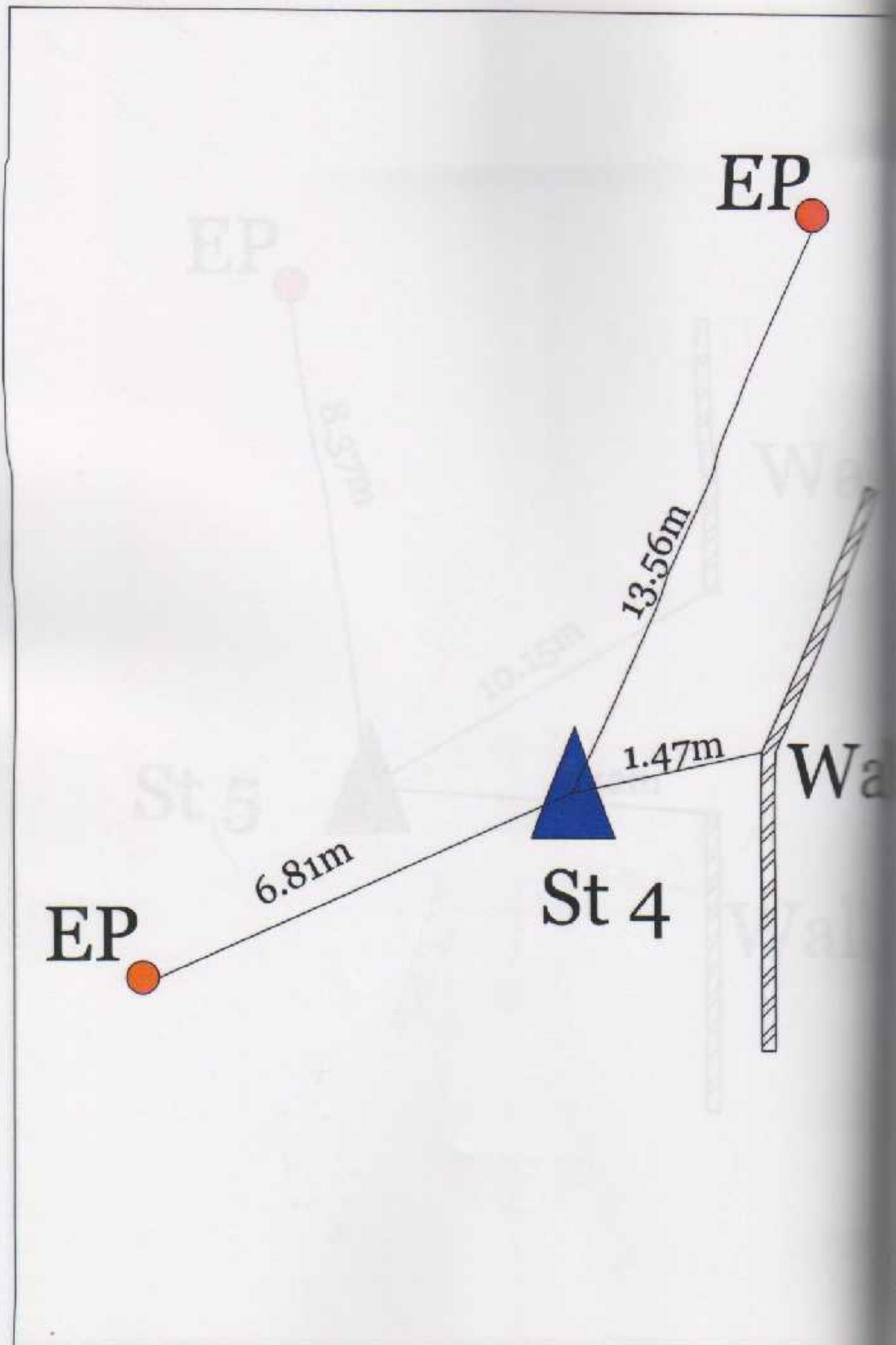
مُلحق رَقم [٢]

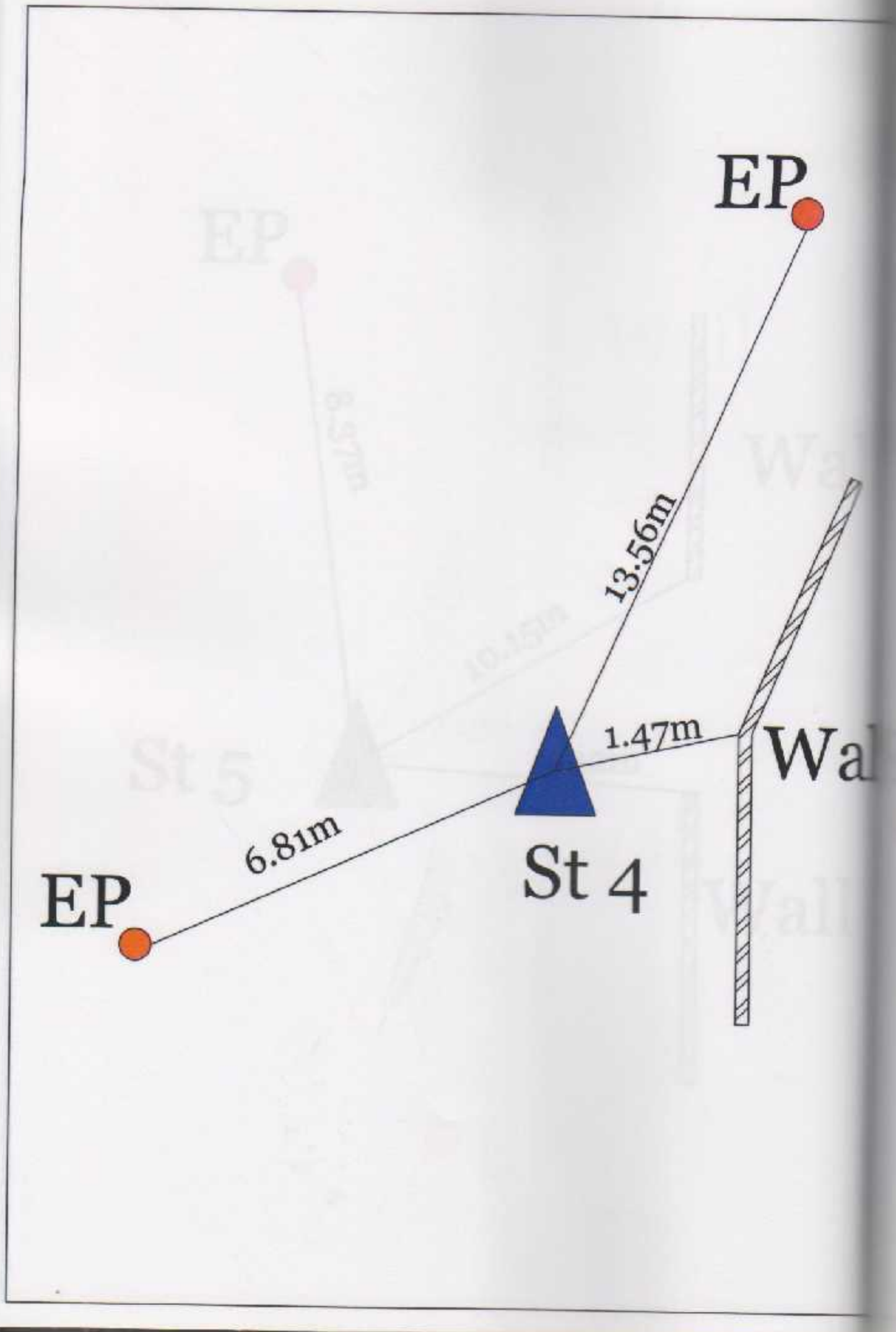
تربيط النقاط

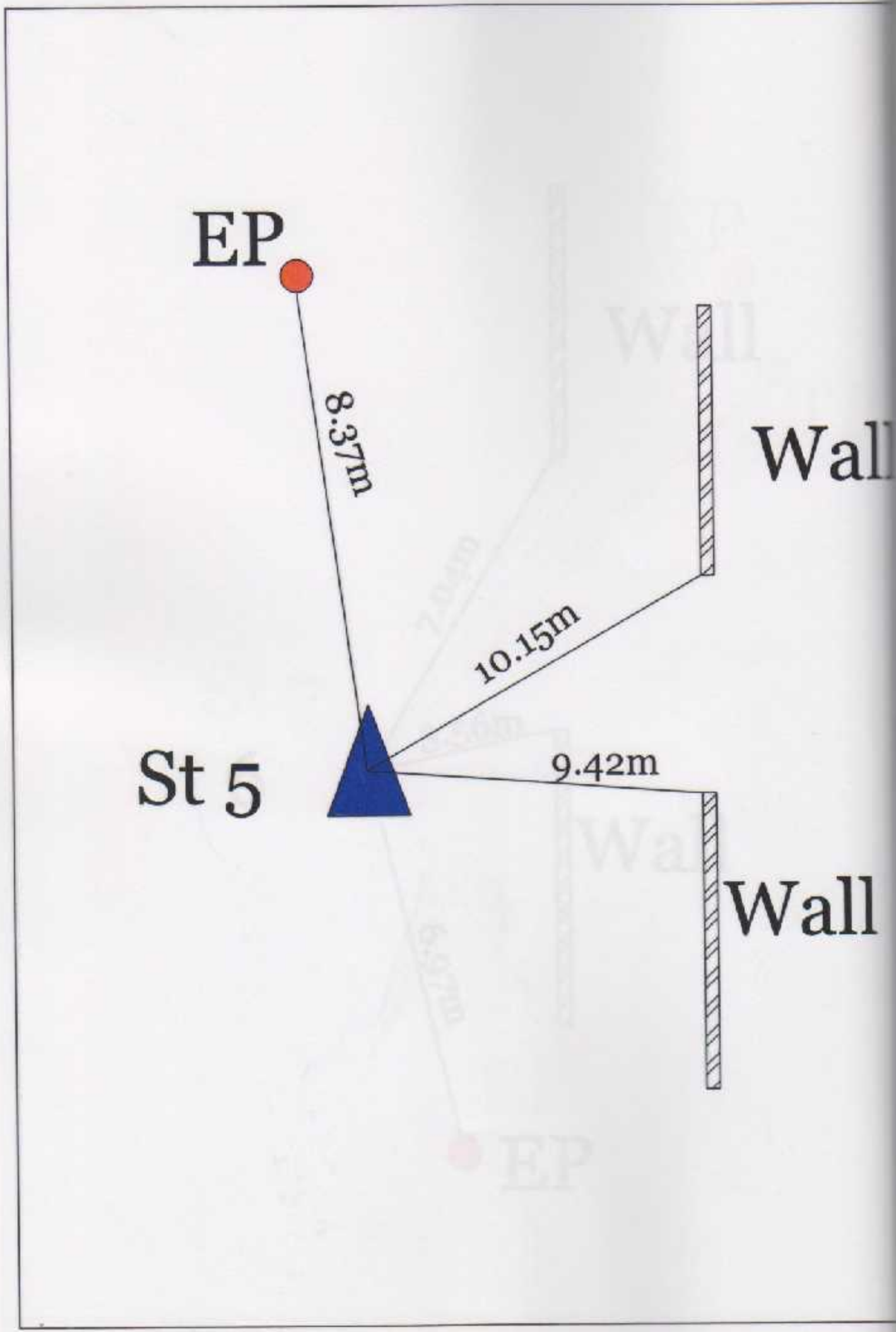

St 1
14.72m
12.35m
15.86m
EP
EP
Steel
rod

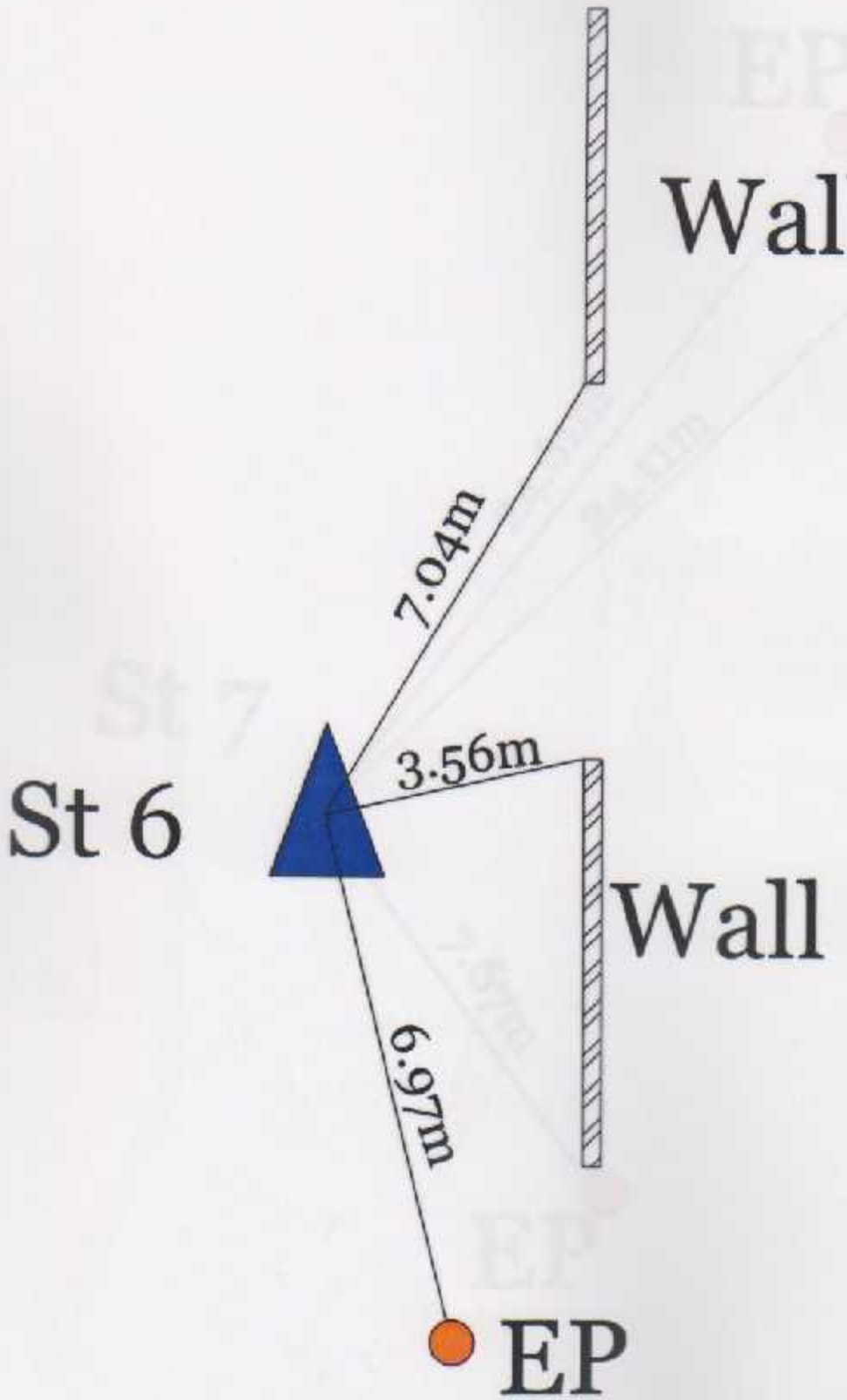

Wall
7.12m
6.41m
Wall
St 2
0.58m
Building
corner

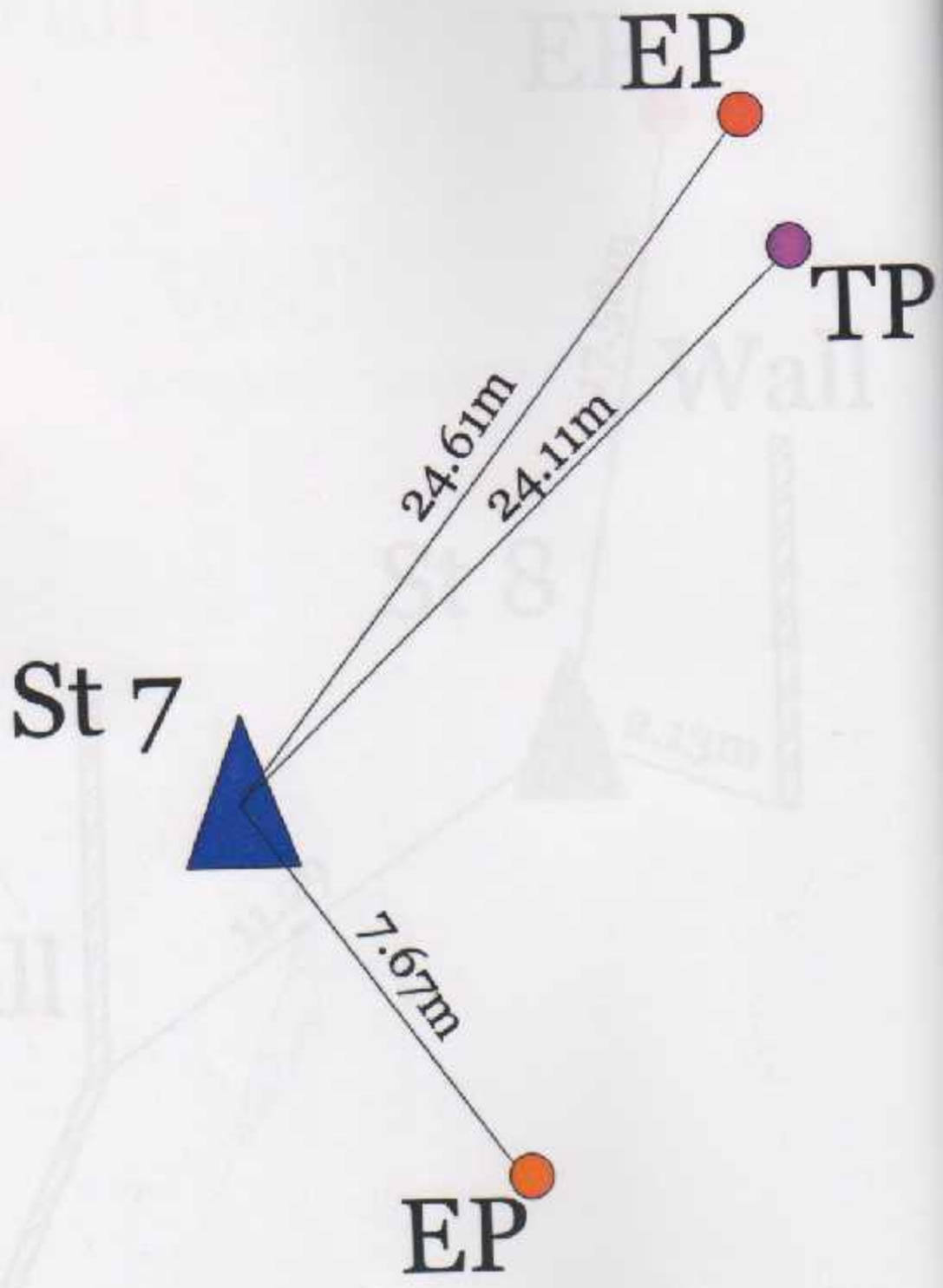

Wall
7.69m
St 3
11.34m
2.13m
Building
corner

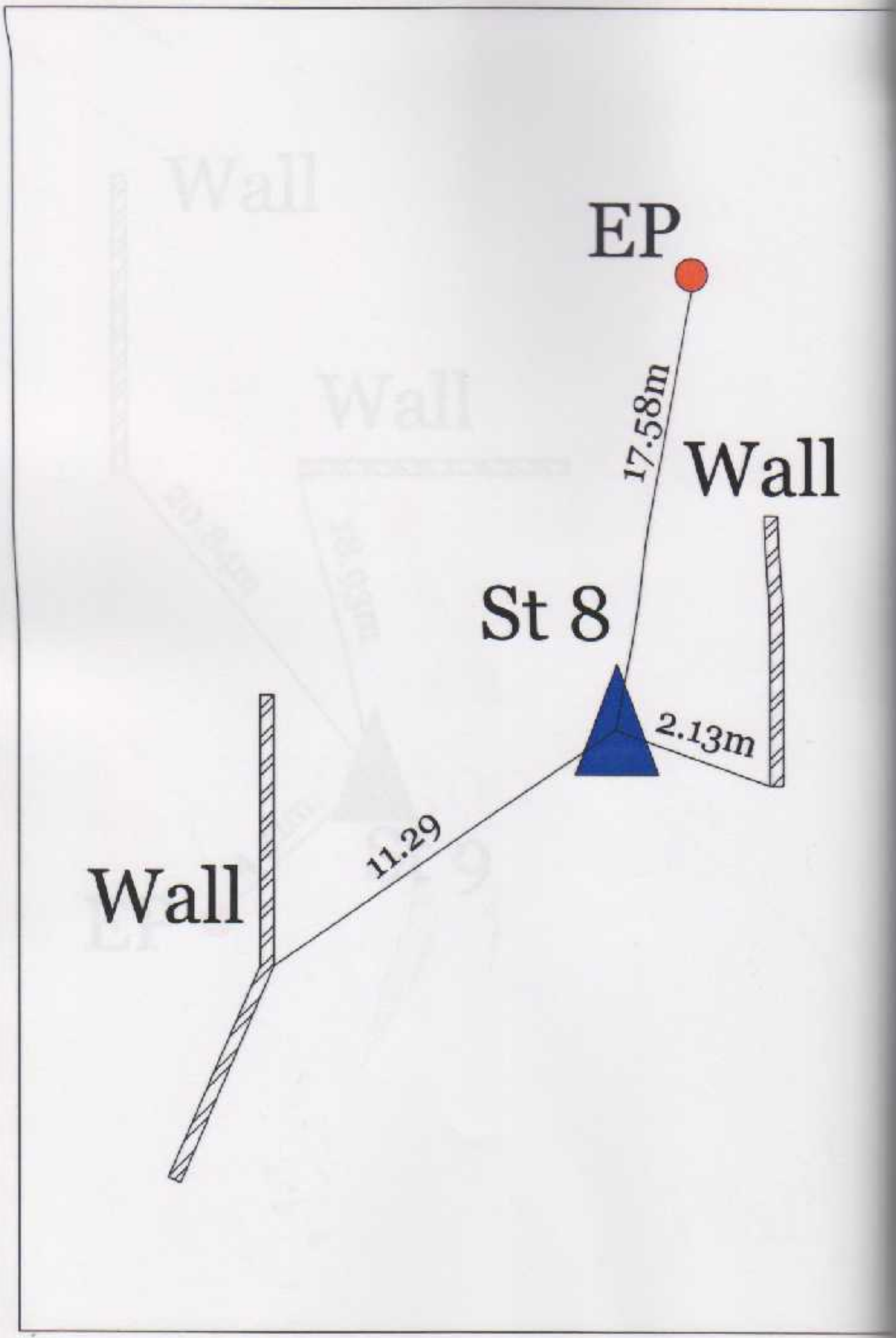

EP
13.56m
1.47m
St 4
6.81m
EP

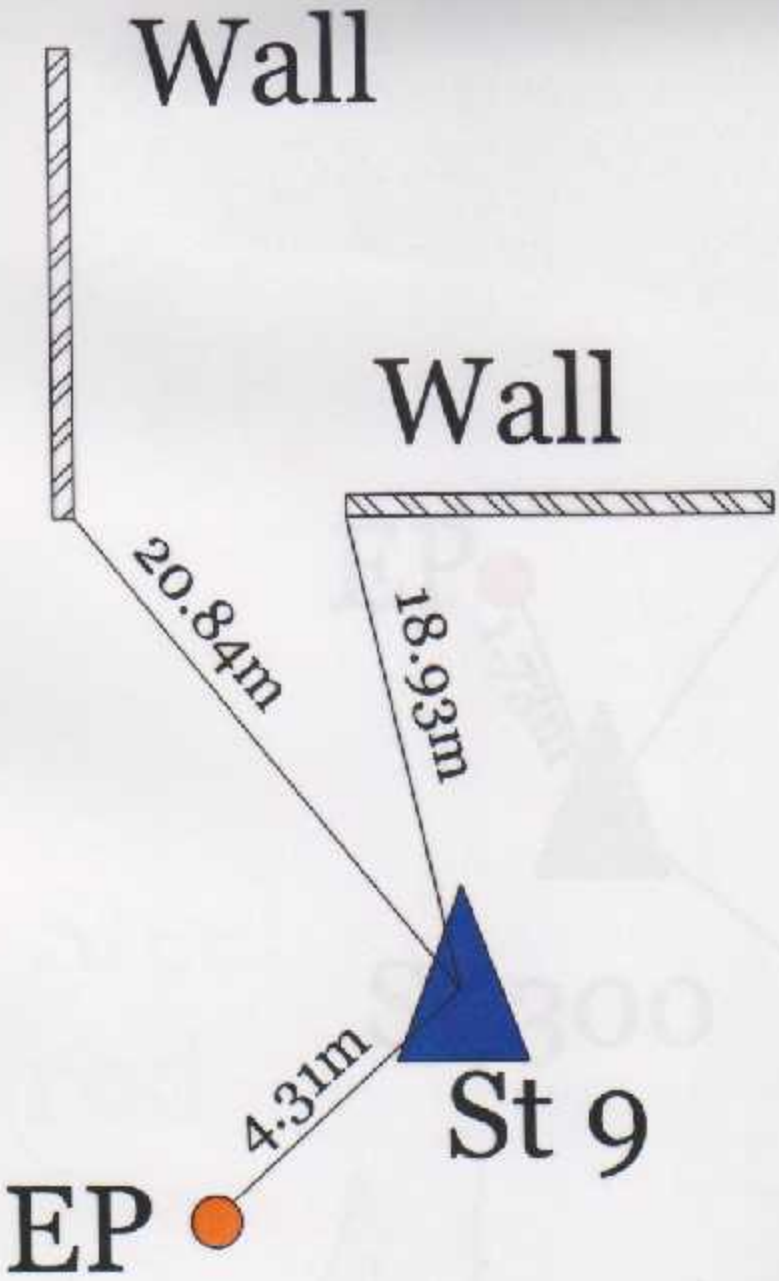

EP
13.56m
1.47m
Wa
6.81m
St 4
EP

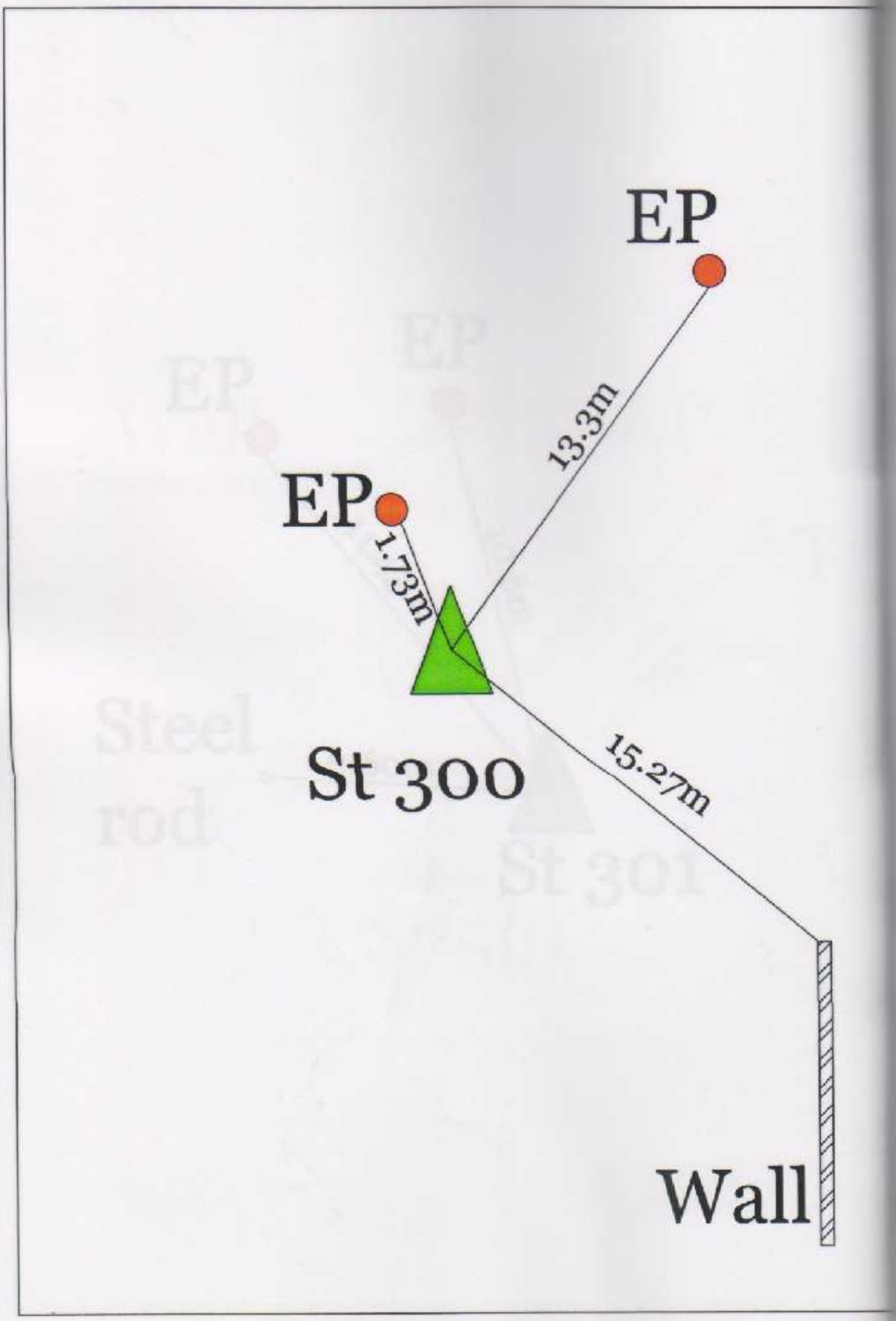

EP
8.37m
Wall
10.15m
St 5
9.42m
Wall

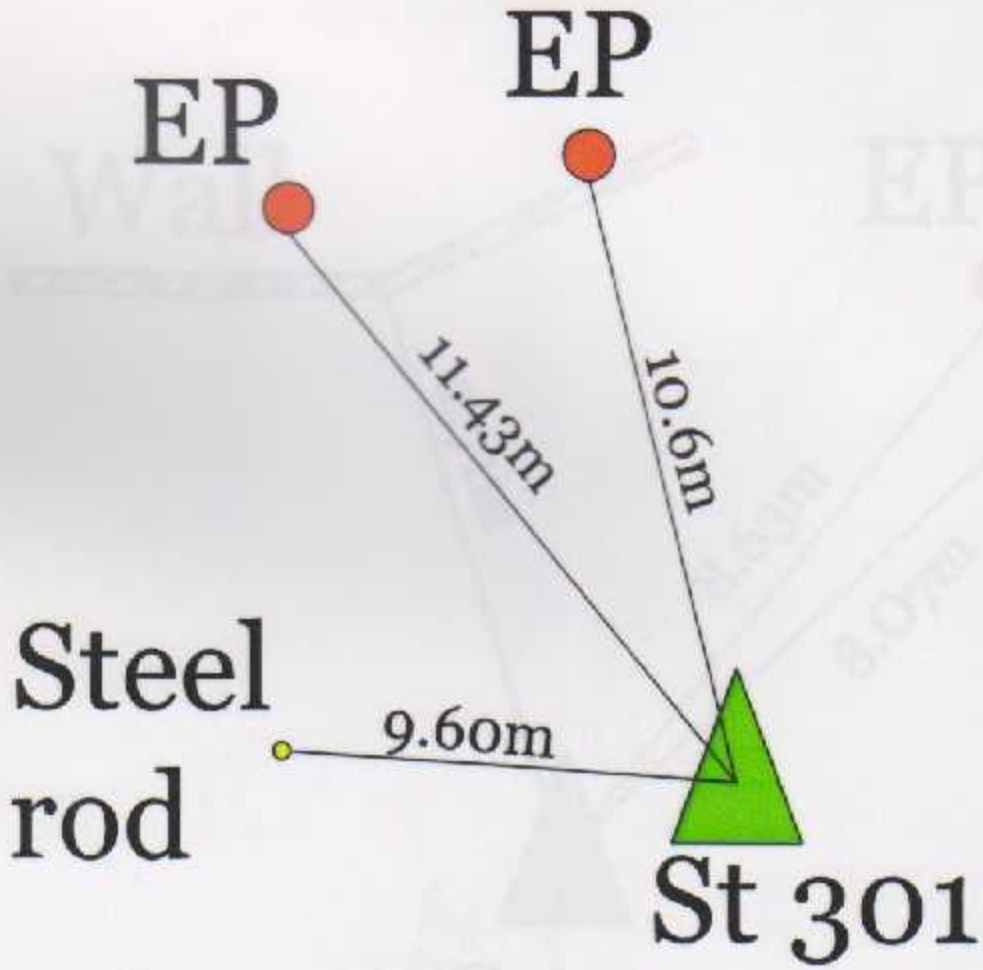

Wall
7.04m
St 6
3.56m
Wall
6.97m
EP

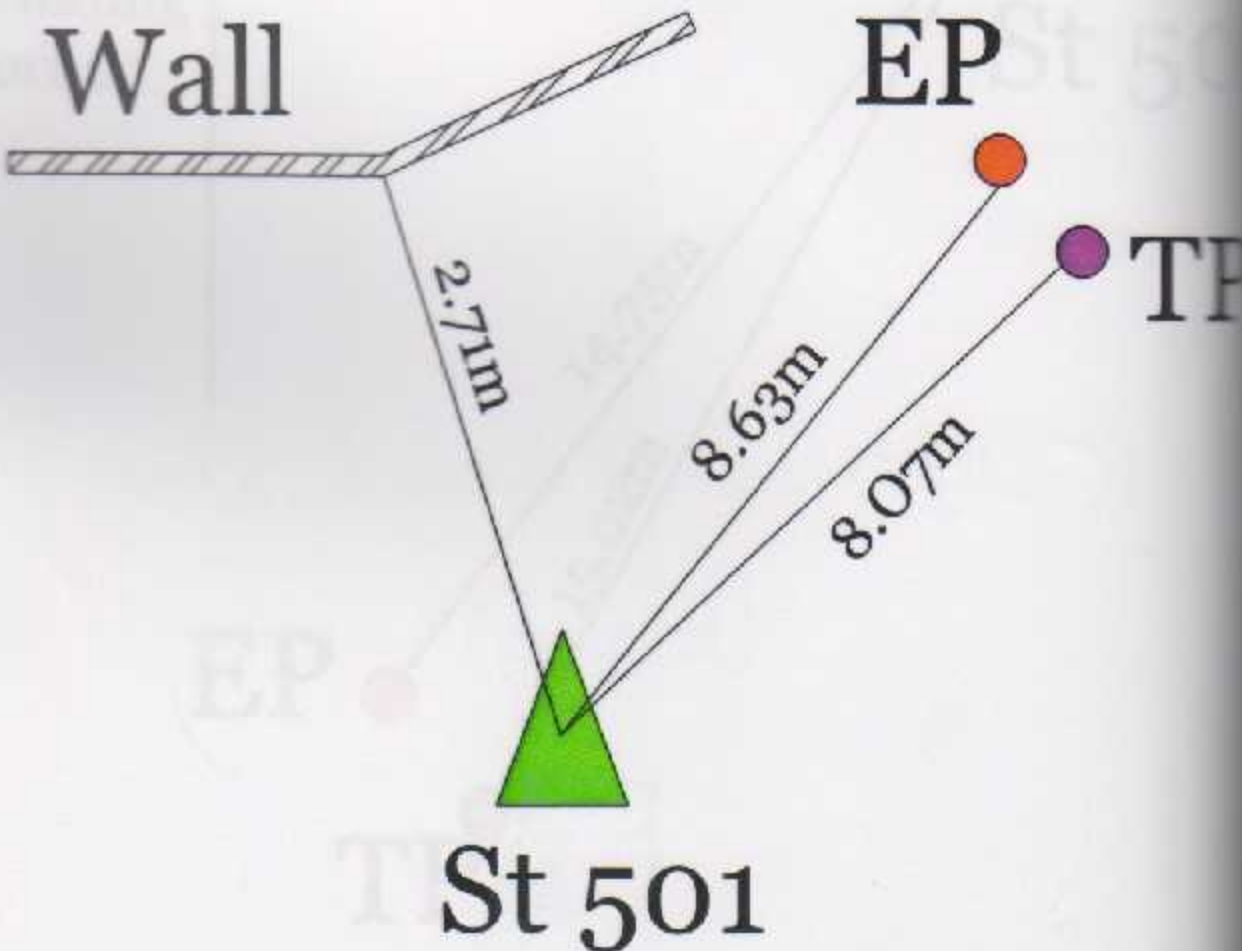

EP
TP
24.61m
24.11m
St 7
7.67m
EP

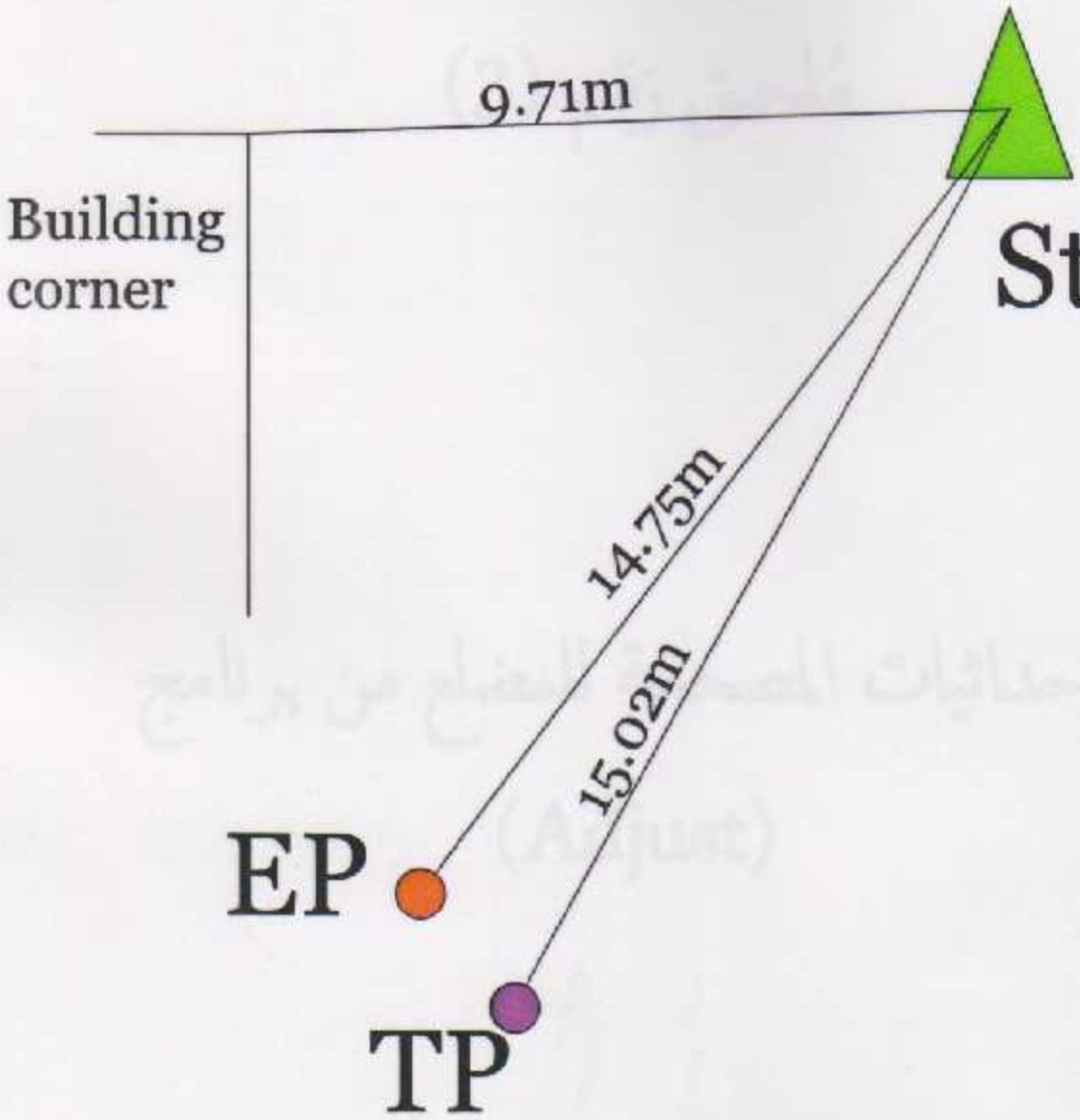

EP
17.58m
Wall
St 8
2.13m
11.29
Wall


Wall
Wall
20.84m
18.93m
4.31m
St 9
EP


EP
13.3m
EP
1.73m
St 300
15.27m
Wall


EP
EP
11.43m
10.6m
Steel
rod
9.60m
St 301


Wall
EP
TP
2.71m
8.63m
8.07m
St 501


9.71m
Building
corner
St 50
14.75m
15.02m
EP
TP

مُلحق رَقم (3)

الإحداثيات المصححة للمضلع من برنامج (Adjust)

rs 1

r of Control Stations = 4
r of Unknown Stations = 13
r of Distance observations = 10
r of Angle observations = 11
r of Azimuth observations = 0

al approximations for unknown stations

ation	X	Y
1	160,589.067	95,278.396
2	160,538.323	95,427.725
3	160,467.561	95,572.211
4	160,468.337	95,621.328
5	160,486.367	95,697.263
6	160,521.574	95,797.293
7	160,326.113	95,882.233
8	160,237.331	95,857.418
9	160,185.058	95,839.564

l Stations

ation	X	Y	Sx	Sy
a	160,597.695	95,255.142	0.0010	0.0010
b	160,576.379	95,149.864	0.0010	0.0010
c	160,108.957	95,830.335	0.0010	0.0010
d	160,073.391	95,885.945	0.0010	0.0010

ce Observations

From Station	To Station	Distance	S
a	1	229.1570	0.0042
1	2	157.7155	0.0042
2	3	160.8930	0.0041
3	4	39.1360	0.0041
4	5	88.2390	0.0041
5	6	106.0450	0.0042
6	7	219.1190	0.0041
7	8	92.1850	0.0041
8	9	55.2380	0.0041
9	c	76.5260	0.0041

Observations

Station Foresighted	Station Occupied	Station Foresighted	Angle	S
a	b	1	354°11'29.70"	5.00"
b	1	2	155°35'35.70"	5.00"
1	2	3	172°40'07.70"	5.00"
2	3	4	204°20'12.50"	5.00"
3	4	5	194°52'59.50"	5.00"
4	5	6	186°16'13.00"	5.00"
5	6	7	94°05'51.00"	5.00"
6	7	8	140°53'46.00"	5.00"
7	8	9	176°45'28.70"	5.00"
8	9	c	192°08'00.75"	5.00"
9	c	d	244°09'07.75"	5.00"

ed Control stations

tion	X	Y	Vx	Std-Res	Red.#	Vy	Std-Res	Red.#
a	160,597.695	95,255.142	0.000	1.437	0.0521	-0.000	-1.437	0.002
b	160,576.379	95,149.863	-0.001	-3.490	0.0354	0.001	6.579	0.006
c	160,108.956	95,830.335	0.001	3.710	0.0664	-0.000	-0.228	0.047
d	160,073.392	95,885.945	-0.001	-2.468	0.0646	-0.000	-2.468	0.026

ed stations

tion	X	Y	Standard error ellipse computed Sx	Sy	Su	Sv	t
a	160,597.695	95,255.142	0.0066	0.0068	0.0068	0.0066	11.45°
b	160,576.379	95,149.863	0.0067	0.0068	0.0068	0.0067	15.47°
c	160,108.956	95,830.335	0.0066	0.0066	0.0068	0.0064	140.55°
d	160,073.392	95,885.945	0.0066	0.0067	0.0068	0.0065	147.40°
1	160,589.063	95,278.389	0.0174	0.0277	0.0278	0.0172	7.01°
2	160,538.310	95,427.705	0.0329	0.0366	0.0373	0.0321	22.30°

ivers 1

ıber of Control Stations	= 4
ıber of Unknown Stations	= 15
ıber of Distance observations	= 10
ıber of Angle observations	= 11
ıber of Azimuth observations	= 0

****

ıtial approximations for unknown stations

****

Station	X	Y
1	160,589.067	95,278.396
2	160,538.329	95,427.725
3	160,487.541	95,572.211
4	160,486.237	95,611.328
5	160,488.367	95,697.263
6	160,521.574	95,797.293
7	160,326,113	95,882.233
8	160,237.331	95,857.418
9	160,185.058	95,839.564

ıtrol Stations

Station	X	Y	Sx	Sy
a	160,597.695	95,255.142	0.0010	0.0010
b	160,576.378	95,149.864	0.0010	0.0010
c	160,108.957	95,830.335	0.0010	0.0010
d	160,073.391	95,885.945	0.0010	0.0010

****

stance Observations

****

Station Occupied	Station Sighted	Distance	S
b	1	129.1570	0.0042
1	2	157.7155	0.0042
2	3	160.8930	0.0041
3	4	39.1360	0.0041
4	5	88.2390	0.0041
5	6	106.0450	0.0042
6	7	213.1190	0.0041
7	8	92.1850	0.0041
8	9	55.2380	0.0041
9	c	76.5260	0.0041

****

gle Observations

****

Station Backsighted	Station Occupied	Station Foresighted	Angle	S
a	b	1	354°11'29.70"	5.00"
b	1	2	155°35'35.70"	5.00"
1	2	3	172°40'07.75"	5.00"
2	3	4	204°20'12.50"	5.00"
3	4	5	194°52'59.50"	5.00"
4	5	6	186°16'13.00"	5.00"
5	6	7	94°05'51.00"	5.00"
6	7	8	140°53'46.00"	5.00"
7	8	9	176°45'28.70"	5.00"
8	9	c	152°09'00.75"	5.00"
9	c	d	244°05'07.75"	5.00"

****

justed Control stations

****

Station	X	Y	Vx	Std-Res	Red.†	Vy	Std-Res	Red.#
a	160,597.695	95,255.142	0.000	1.437	0.0521	-0.000	-1.437	0.002
b	160,576.379	95,149.863	-0.001	-3.490	0.0354	0.001	6.579	0.006
c	160,108.956	95,830.335	0.001	3.710	0.0664	-0.000	-0.228	0.047
d	160,073.392	95,885.945	-0.001	-2.468	0.0648	-0.000	-2.468	0.026

****

justed stations

****

Station	X	Y	Sx	Standard error ellipse computed Sy	Su	Sv	t
a	160,597.695	95,255.142	0.0066	0.0068	0.0068	0.0066	11.45°
b	160,576.379	95,149.863	0.0067	0.0068	0.0068	0.0067	15.47°
c	160,108.956	95,830.335	0.0066	0.0066	0.0068	0.0064	140.55°
d	160,073.392	95,885.945	0.0066	0.0067	0.0068	0.0065	147.40°
1	160,589.063	95,278.389	0.0174	0.0277	0.0278	0.0172	7.01°
2	160,538.310	95,427.705	0.0329	0.0366	0.0373	0.0321	22.30°

4	160,466.498	95,611.283	0.0353	0.0471	0.0318	0.0393	40.02
5	160,486.331	95,697.218	0.0403	0.0496	0.0533	0.0421	36.22°
6	160,521.467	95,797.257	0.0476	0.0541	0.0541	0.0475	2.21°
7	160,325.968	95,882.090	0.0462	0.0325	0.0463	0.0324	84.41°
8	160,237.205	95,857.220	0.0378	0.0230	0.0384	0.0219	77.30°
9	160,184.947	95,839.330	0.0279	0.0155	0.0281	0.0150	81.04°

****
justed Distance Observations
****

Station Occupied	Station Sighted	Distance	V	S	Std.Res.	Red.#
b	1	129.1498	-0.00716	0.02713	-6.2606	0.076
1	2	157.7063	-0.00917	0.02670	-6.8075	0.105
2	3	160.8837	-0.00934	0.02648	-6.8787	0.108
3	4	39.1281	-0.00785	0.02686	-6.4939	0.086
4	5	88.2308	-0.00623	0.02720	-5.9311	0.064
5	6	106.0395	-0.00550	0.02754	-5.5505	0.056
6	7	213.1108	-0.00821	0.02685	-6.7430	0.087
7	8	92.1817	-0.00332	0.02757	-4.3218	0.035
8	9	95.2332	-0.00282	0.02763	-3.8116	0.032
9	c	76.5214	-0.00465	0.02741	-5.3690	0.044

****
justed Angle Observations
****

Station Sksighted	Station Occupied	Station Foresighted	Angle	V	S"	Std.Res.	Red.#
a	b	1	354°11'25.34"	-4.357"	27.033	-1.437	0.368
b	1	2	155°35'25.53"	-10.169"	29.727	-4.191	0.235
1	2	3	172°38'54.40"	-13.348"	31.527	-7.134	0.140
2	3	4	204°15'57.26"	-15.239"	32.374	-9.984	0.093
3	4	5	194°52'42.77"	-16.731"	32.352	-10.888	0.094
4	5	6	186°15'51.75"	-21.245"	31.703	-11.766	0.130
5	6	7	94°05'23.65"	-27.150"	29.744	-11.212	0.235
6	7	8	140°53'26.14"	-19.860"	31.124	-9.071	0.162
7	8	9	176°45'14.67"	-14.026"	31.375	-7.284	0.148
8	9	c	192°08'50.29"	-10.461"	31.019	-5.112	0.168
9	c	d	244°09'01.79"	-5.956"	29.774	-2.468	0.233

****
Adjustment Statistics
****

Iterations = 2
Redundancies = 3

Reference Variance = 46.233
Reference So = +6.8

Failed to pass X^2 test at 95.0% significance level!
X^2 lower value = 0.22
X^2 upper value = 9.35
Possible blunder in observations with Std.Res. > 22
Convergence!

مُلحق رَقم [4]

Horizontal Alignment Curve Report

Aldaawa Road

Horizontal Alignment Curve Report

Alignment Curve Report

Report Date: 16/04/2013 04:52:59 AM

Alignment: Alignment-1

	Tangent Data		
Length:	118.314	Course:	N 03° 02' 28.1868" W
	Circular Curve Data		
Delta:	23° 37' 11.8925"	Type:	LEFT
Radius:	366.230		
Length:	150.977	Tangent:	76.576
Mid-Ord:	7.752	External:	7.920
Chord:	149.910	Course:	N 14° 51' 04.1331" W
	Tangent Data		
Length:	120.545	Course:	N 26° 39' 40.0793" W
	Circular Curve Data		
Delta:	52° 42' 42.8613"	Type:	RIGHT
Radius:	239.860		
Length:	220.670	Tangent:	118.838
Mid-Ord:	24.933	External:	27.825

Chord:	212.970	Course:	N 00° 18' 18.6487" W

Tangent Data

Length:	36.181	Course:	N 26° 03' 02.7820" E

Circular Curve Data

Delta:	96° 25' 46.6650"	Type:	LEFT
Radius:	26.517		
Length:	44.628	Tangent:	29.673
Mid-Ord:	8.848	External:	13.278
Chord:	39.544	Course:	N 22° 09' 50.5505" W

Tangent Data

Length:	187.675	Course:	N 70° 22' 43.8831" W

Circular Curve Data

Delta:	46° 34' 45.9672"	Type:	LEFT
Radius:	33.348		
Length:	27.110	Tangent:	14.355
Mid-Ord:	2.717	External:	2.958
Chord:	26.370	Course:	S 86° 19' 53.1334" W

Tangent Data

Length:	9.007	Course:	S 63° 02' 30.1498" W

Circular Curve Data

Delta:	24° 41' 02.7873"	Type:	RIGHT
Radius:	77.390		

Length:	33.341	Tangent:	16.933
Mid-Ord:	1.789	External:	1.831
Chord:	33.084	Course:	S 75° 23' 01.5434" W

Tangent Data

Length:	40.532	Course:	S 87° 43' 32.9371" W

Circular Curve Data

Delta:	35° 29' 10.9447"	Type:	LEFT
Radius:	63.729		
Length:	39.471	Tangent:	20.392
Mid-Ord:	3.031	External:	3.183
Chord:	38.843	Course:	S 69° 58' 57.4647" W

Tangent Data

Length:	12.385	Course:	S 52° 14' 21.9924" W

Circular Curve Data

Delta:	44° 26' 22.9018"	Type:	RIGHT
Radius:	21.244		
Length:	16.477	Tangent:	8.678
Mid-Ord:	1.578	External:	1.704
Chord:	16.067	Course:	S 74° 27' 33.4433" W

Tangent Data

Length:	45.191	Course:	N 83° 19' 15.1058" W

Circular Curve Data

Delta:	49° 59' 21.1465"	Type:	RIGHT
Radius:	38.161		
Length:	33.294	Tangent:	17.790
Mid-Ord:	3.574	External:	3.943
Chord:	32.248	Course:	N 58° 19' 34.5325" W

مُلحق رَقم [5]

Vertical Alignment Curve Report

Aldaawa Road

Vertical alignment Curve Report

Date: 16/04/2013 04:53:56 am

Vertical Alignment: Layout (2)
Description:
Station Range: Start: 0+000.00, End: 1+173.32

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+067.10	Elevation:	785.663m
PVI Station:	0+142.10	Elevation:	788.661m
PVT Station:	0+217.10	Elevation:	792.952m
Low Point:	0+067.10	Elevation:	785.663m
Grade in(%):	4.00%	Grade out(%):	5.72%
Change(%):	1.72%	K:	86.963m
Curve Length:	150.000m		
Headlight Distance:			

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+256.78	Elevation:	795.223m
PVI Station:	0+346.10	Elevation:	800.333m
PVT Station:	0+435.41	Elevation:	801.368m
High Point:	0+435.41	Elevation:	801.368m
Grade in(%):	5.72%	Grade out(%):	1.16%
Change(%):	4.56%	K:	39.145m
Curve Length:	178.633m		
Passing Distance:	428.182m	Stopping Distance:	234.950m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+441.75	Elevation:	801.441m
PVI Station:	0+490.00	Elevation:	802.000m
PVT Station:	0+538.25	Elevation:	804.608m
Low Point:	0+441.75	Elevation:	801.441m
Grade in(%):	1.16%	Grade out(%):	5.41%
Change(%):	4.25%	K:	22.721m
Curve Length:	96.497m		
Headlight Distance:	161.867m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+633.74	Elevation:	809.770m
PVI Station:	0+677.97	Elevation:	812.161m
PVT Station:	0+722.21	Elevation:	808.487m
High Point:	0+668.62	Elevation:	810.712m
Grade in(%):	5.41%	Grade out(%):	-8.31%
Change(%):	13.71%	K:	6.453m
Curve Length:	88.472m		
Passing Distance:	157.017m	Stopping Distance:	92.706m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+743.01	Elevation:	806.759m
PVI Station:	0+765.00	Elevation:	804.932m
PVT Station:	0+786.99	Elevation:	805.041m
Low Point:	0+784.51	Elevation:	805.035m
Grade in(%):	-8.31%	Grade out(%):	0.49%
Change(%):	8.80%	K:	4.996m
Curve Length:	43.973m		
Headlight Distance:	55.774m		

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+846.72	Elevation:	805.337m
PVI Station:	0+921.72	Elevation:	805.708m
PVT Station:	0+996.72	Elevation:	808.210m
Low Point:	0+846.72	Elevation:	805.337m
Grade in(%):	0.49%	Grade out(%):	3.34%
Change(%):	2.84%	K:	52.805m
Curve Length:	150.000m		
Headlight Distance:	377.165m		

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	1+007.15	Elevation:	808.557m
PVI Station:	1+054.72	Elevation:	810.144m
PVT Station:	1+102.29	Elevation:	813.648m
Low Point:	1+007.15	Elevation:	808.557m
Grade in(%):	3.34%	Grade out(%):	7.37%
Change(%):	4.03%	K:	23.611m
Curve Length:	95.144m		
Headlight Distance:	171.483m		