بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

هندسة المساحة والجيوماتكس

تصميم وتأهيل طريق خلة العوينة في بلدة ترقوميا

فريق العمل

حمزة جعفر

خالد طنينه

عصام أبوسكور

إشراف

م. فيضي شبانه

الخليل – فلسطين

أيار - 2012م

تصميم وتأهيل طريق خلة العوينة في بلدة ترقوميا

فريق العمل

حمزة جعفر　　خالد طنينه　　عصام أبوسكور

إشراف

م. فيضي شبانه

تقرير مشروع التخرج

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

جامعة بوليتكنك فلسطين

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في **تخصص** هندسة المساحة والجيوماتكس

توقيع المشرف　　توقيع رئيس الدائرة

.....　　.....

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل - فلسطين

أيار-2012 م

الإهـــداء

إلى الرحمة المهداة في زمن الظلم والظلمات ... رسول الله صلى الله عليه وسلم

إلى ورثة الأنبياء بعلمهم ...**علماؤنا الأجلاء**

إلى نبض قلبي ... وزهرة عمري ... **إلى** الغالية **التي تعطي بلا حدود**... التي سهرت الليالي بقربي **إلى أمي** الحبية

إلى خير **مربي**.. **وشعلة الأمل في نفسي** .. **وراعي أمري** ...إلى من تناثرت قطرات العرق من جبينه على

تراب الحبيبة فلسطين .. **أبي الغالي**

إلى من علموني معنى الإيثار على النفس والتضحية ....**إلى** زهرات **الأمل** ... ومشاعر النور في حياتي **إلى إخوتي وأخواتي الأحباء**

إلى الذين سطروا بدمائهم... أروع صور التضحية و الشموخ والإباء... إلى كل شهداء فلسطين...

إلى الأسرى القابعين خلف القضبان... **وخاصة أسرى جامعتنا الموقرة**... الصابرين الصامدين

إليكم يا من كنتم جسرا أوصلنا إلى أرقى درجات العلم .... أساتذتي ومعلمين

إلى اعز الناس ... ومن لهم اثر في حياتي ووجداني ....**إلى جميع أصدقائي**

والى كل من شارك في إتمام هذا العمل

فريق العمل

الشكر والتقدير

الحمد لله وحده كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه الذي خلقنا وأسبغ علينا نعمه ظاهرة وباطنه وانطلاقا من حديث النبي صلى الله عليه وسلم :" من لا يشكر الناس لا يشكر" وامتثالا له فانه يسرنا ويسعدنا أن نتقدم ونتوجه بالشكر الجزيل والعرفان بالجميل لأستاذنا **المهندس فيضي شبانه** على تكرمه بالإشراف على هذا المشروع ، ولما منحنا إياه من نصائح وتشجيع .

ونتقدم بالشكر لجامعة بوليتكنك فلسطين **ونخص بالذكر دائرة** الهندسة المدنية والمعمارية ممثلة برئيس **الدائرة** الدكتور غسان دويك

كما نتقدم بالشكر الجزيل لبلدية ترقوميا ممثلة برئيسها وأعضائها لما قدموه لنا من مساعدة **ونخص بالذكر** قسم الهندسة وطاقم مهندسيه

ونتقدم بالشكر إلى كل من المهندس محمد الجعافرة والمهندس فادي ارطيش

كما نتقدم بجزيل الشكر لجميع أساتذة دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

وكذلك نتقدم بالشكر إلى كل من قدم لنا بيد العون **والمساعدة ونخص بالذكر** المهندس ربيع **السعدي ،انس** العويوي، **بلال غنام ،محمد أبو صالح وطارق السعدي.**

ونفيض بمشاعر الاحترام والتقدير إلى كل من أسهم ومد يد العون والمساعدة لإتمام هذا العمل سواء بمشاركتنا بالعمل أو بكلمة طيبة أو بدعوة صادقة في الغيب

فريق العمل

ملخص المشروع

تصميم وتأهيل طريق خلة العوينة في بلدة ترقوميا

فريق العمل:

حمزة جعفر خالد طنينه عصام أبوسكور

جامعة بوليتكنك فلسطين- 2012م

إشراف:-

م.فيصل شبانه

المشروع عبارة عن وتصميم و تأهيل طريق خلة العوينة والذي يربط البلدة بالشارع الرئيسي المؤدي للمعبر من الناحية الشمالية الغربية، والذي يبلغ طوله قرابة 1000م، وقد تم اختيار هذا المشروع لما له من أهمية حيوية لبلدة ترقوميا في خدمة المصلحة العامة، حيث يشكل هذا المشروع تطبيقا للمفاهيم الهندسية والمواصفات الفنية الواجب إتباعها عند القيام بتصميم أي طريق.

الطريقة التي ستتبع في هذا المشروع تعتمد على العمل الميداني والعمل المكتبي، ابتداء بالعمل الميداني الذي سيتم من خلاله عمل مضلع يتم ربطه بالإحداثيات القطرية الفلسطينية وتصحيحه ومن ثم عمل مخطط تفصيلي للطريق، وأخذ مناسيب ومحطات على طول الطريق من أجل رسم المقاطع الطولية والعرضية له وما يتطلبه من أمور أخرى مثل تصميم التقاطعات ومسافات الرؤية, وذلك بالاعتماد على مجموعة برامج ، كذلك التطرق لبعض الأمور الخاصة بالتصميم الإنشائي للطرق، أما العمل المكتبي فيتمثل بعمل التصميم والحسابات اللازمة لإتمام هذا المشروع وذلك بالاعتماد على مجموعه من البرامج المساحية .

Abstract

Design and Habilitation of the road Khalat Alewinah in Tarqumia Town

Work Team

Hamzeh Ja'far **Khaled Taninah** **Essam Abu Saqure**

Palestine Polytechnic University- 2012

Supervisor

Faydi Shabaneh

This project is a design and habilitation of the road Khalat Alewinah in Tarqumia Town, the importance of this road is that it is the regional road between alm'bar and Tarqumia town .This project is an application for engineering and technical specifications that have to be considered in highway design. The project consists of theoretical and practical chapters as shown in the project scope. The project has two parts: field work and office work. The plans of the project contain: Horizontal plan, profile, horizontal and vertical curves, cross sections , and the mass whole diagram .

فهرس المحتويات

الصفحات التمهيدية

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الغلاف	I
	شهادة تقييم المشروع	II
	الإهداء	III
	الشكر والتقدير	IV
	الملخص	V
	Abstract	VI
	فهرس المحتويات	VII
	فهرس الأشكال	XVI
	فهرس الجداول	XVIII
	فهرس الملاحق	XX

الفصل الأول
المقدمة

١-١	**خارة عامة**	١
٢-١	نبذة تاريخية عن الطرق	٢
٣-١	أهمية إنشاء الطرق	٣
٤-١	**فكرة المشروع**	٣
٥-١	أهمية المشروع وأهدافه	٣
٦-١	**منطقة الدراسة**	٤
١-٦-١	نبذة تاريخية عن بلدة ترقوميا	٤
٢-٦-١	**الموقع الجغرافي**	٤
٣-٦-١	**المساحة والسكان**	٤
٧-١	سبب اختيار المشروع	٥
٨-١	مخطط الدليل العام للموقع	٥
٩-١	الأعمال المساحية	٦
١-٩-١	المرحلة الاستطلاعية	٦
٢-٩-١	المسح الميداني للطريق	٦
٣-٩-١	التصميم النهائي للطريق	٦
١٠-١	**خلاق على المشروع**	٦
١١-١	**الجدول الزمني للمشروع**	٧
١٢-١	البرامج والأدوات المساحية المستخدمة	٧

الفصل الثاني
المصطلحات

٢-١	مقدمة	٨
٢-٢	أنواع المضلعات	٨
٢-٢-١	المضلع المفتوح	٨
٢-٢-٢	المضلع المغلق	٩
٢-٣	عوامل اختيار نقاط المضلعات	١٠
٢-٣-١	محطات المضلع وتربيطها	١٠
٢-٤	متطلبات الدقة لأعمال المضلعات	١١
٢-٥	القراءات	١١
٢-٦	انحرافات المحطات قبل التصحيح	١٤
٢-٧	إحداثيات المحطات قبل التصحيح	١٥
٢-٧-١	خطأ الإغلاق في الزاوية	١٥
٢-٧-٢	خطأ الإغلاق في المسافة	١٦
٢-٨	تصحيح الأخطاء للمضلع	١٧
٢-٨-١	الأخطاء في المسافات	١٧
٢-٨-٢	الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز	١٨
٢-٨-٣	أخطاء التوجيه	١٨
٢-٩	الأخطاء في قياس الزوايا	١٩
٢-١٠	تصحيح الأخطاء في الإحداثيات	١٩
٢-١٠-١	طريقة المربعات الصغرى (Least Square Method)	٢٠
٢-١٠-٢	Distance Observation Reduction	٢٠
٢-١٠-٣	Angle Observation Reduction	٢١
٢-١١	الإحداثيات المصححة	٢٤
٢-١٢	المسافات المصححة	٢٤

٢-١٣ الزوايا المصححة..... ٢٥

٢-١٤ الانحراف المعياري..... ٢٦

٢-١٥ Relative error ellipse..... ٢٦

الفصل الثالث
أسس التصميم الهندسي للطريق

٣-١ مقدمة..... ٢٩

٣-٢ تعريف التخطيط..... ٢٩

٣-٣ العوامل التي تتحكم في التخطيط..... ٢٩

٣-٤ أنواع الطرق..... ٣٠

٣-٤-١ الطرق السريعة..... ٣٠

٣-٤-٢ الطرق الرئيسية..... ٣٠

٣-٤-٣ شوارع التجميع..... ٣٠

٣-٤-٤ شوارع محلية..... ٣٠

٣-٥ أسس عملية التصميم..... ٣١

٣-٥-١ حجم المرور..... ٣١

٣-٥-١-١ مقدمة..... ٣١

٣-٥-١-٢ تعريف حجم المرور..... ٣١

٣-٥-١-٢ حجم المرور على الطريق..... ٣١

٣-٥-٢ سعة الطريق..... ٣٢

٣-٥-٣ عربات التصميم..... ٣٢

٣-٥-٤ السرعة التصميمية..... ٣٤

٣-٥-٥ قطاع الطريق..... ٣٥

٣-٥-٦ حارة الطريق..... ٣٥

٣-٥-٧ **الأرصفة**..... ٣٦

٣-٥-٨ **الجزر الفاصلة**..... ٣٦

٣-٥-٩ **الأطاريف**..... ٣٦

٣-٥-١٠ سطح الطريق..... ٣٦

٣-٥-١٠-١ الميول العرضية..... ٣٦

٣-٥-١٠-٢ الميول الجانبية..... ٣٧

٣-٥-١٠-٣ الميول الطولية..... ٣٧

٣-٦ المنحنيات الأفقية والرأسية..... ٣٨

٣-٦-١ **مقدمة**..... ٣٨

٣-٦-٢ أنواع المنحنيات..... ٣٨

٣-٧ التخطيط الأفقي..... ٤١

٣-٧-١ تخطيط المنحنيات الأفقية..... ٤١

٣-٧-٢ تصميم المنحنيات الدائرية..... ٤٢

٣-٨ المنحنيات الانتقالية..... ٤٣

٣-٩ القوة الطاردة المركزية..... ٤٤

٣-١٠ التعلية..... ٤٥

٣-١١ **الطرق المتبعة في الرفع الجانبي** للطريق..... ٤٧

٣-١٢ توسيع المنحنيات..... ٤٨

٣-١٣ التخطيط الرأسي (Vertical Alignment)..... ٥٠

٣-١٣-١ تخطيط المنحنيات الرأسية..... ٥٠

٣-١٣-٢ تصميم المنحنيات الرأسية..... ٥٢

٣-١٤ مسافة الرؤية..... ٥٤

٣-١٤-١ مسافة الرؤية للتوقف (SSD)..... ٥٤

٣-١٤-٢ مسافة الرؤية للتجاوز (PSD)..... ٥٦

٣-١٥ تصريف مياه الأمطار والمياه السطحية عن الطريق..... ٥٨

٣-١٥-١ أهمية تصريف المياه..... ٥٨

الفصل الرابع
التصميم الإنشائي للطريق

٤-١ مقدمة..... ٥٩

٤-٢ العناصر الإنشائية لرصفة المرنة..... ٥٩

٤-٢-١ طبقة التربة الأصلية (Sub Grade) ٦٠

٤-٢-٢ طبقة ما تحت الأساس (Sub Base) ٦٠

٤-٢-٣ طبقة الأساس (Base Course) ٦٠

٤-٢-٤ الطبقة السطحية الاسفلتية (Asphalt) ٦٠

٤-٣ الرصف..... ٦١

٤-٣-١ مقدمة..... ٦١

٤-٣-٢ أنواع الرصف المختلفة..... ٦١

٤-٣-٣ العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة..... ٦٢

٤-٤ الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق..... ٦٣

٤-٤-١ اختبارات الدمك المعملية..... ٦٣

٤-٤-٢ اختبار بروكتور المعدل..... ٦٣

٤-٤-٣ نسبة تحمل كاليفورنيا CBR ٦٩

٤-٥ حساب الأوزان المحورية القياسية..... ٧٤

٤-٦ حساب سماكة الطبقات ٧٩

٤-٧ الخلاصة..... ٨٦

الفصل الخامس
حساب المساحات لكميات الحفر والردم

٥-١ مقدمة..... ٨٧

٥-٢ حساب مساحة المقاطع العرضية..... ٨٧

٥-٢-١ طريقة الإحداثيات..... ٨٧

٥-٣ حساب الحجوم والكميات..... ٨٩

٥-٣-١ حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطى..... ٨٩

٥-٣-٢ حالات المقاطع العرضية المتتالية..... ٨٩

الفصل السادس
علامات وإشارات المرور وإنارة الطريق

٦-١	علامات المرور.....	٩٦
٦-١-١	أهداف علامات المرور.....	٥٩
٦-١-٢	الشروط التي يجب توفرها في العلامات	٩٦
٦-١-٣	أنواع علامات المرور.....	٩٧
٦-٢	إشارات المرور.....	٩٨
٦-٢-١	مواصفات الإشارات.....	٩٨
٦-٢-٢	أنواع الإشارات.....	٩٩
٦-٢-٣	موقع الإشارة.....	٩٩
٦-٣	إنارة الطريق.....	١٠٠
٦-٣-١	المواصفات العامة للإضاءة.....	١٠٠
٦-٣-٢	مواصفات المصابيح والفوانيس المستخدمة في إنارة الطرق.....	١٠٠
٦-٣-٣	مواقع أعمدة الإنارة.....	١٠١
٦-٣-٤	طريقة توزيع الإضاءة على الطريق.....	١٠١
٦-٣-٥	ارتفاع أعمدة الإنارة.....	١٠٣
٦-٣-٦	المسافة بين أعمدة الإنارة.....	١٠٣

الفصل السابع
تكلفة المشروع

٧-١ مقدمة ١٠٦

٧-٢ حساب تكلفة الطريق ١٠٦

٧-٢-١ تكلفة الحفر والردم ١٠٦

٧-٢-٢ تكلفة طبقات الرصفة ١٠٦

٧-٢-٣ تكلفة علامات وإشارات المرور ١٠٨

٧-٢-٤ تكلفة أعمدة الإنارة ١٠٨

٧-٢-٥ تكلفة Side Walk and Curbstones ١٠٩

٧-٢-٦ التكلفة الكلية للمشروع ١٠٩

الفصل الثامن
النتائج والتوصيات

٨-١ النتائج ١١٠

٨-٢ التوصيات ١١٠

فهرس الأشكال

رقم الشكل اسم الشكل رقم الصفحة

١-١	مخطط الدليل العام الموقع.....	٥
١-٢	المضلع المفتوح.....	٨
٢-٢	المضلع المغلق (Closed).....	٩
٣-٢	المضلع المغلق (Link).....	٩
٤-٢	الشكل العام للمضلع.....	١٣
٥-٢	Relative Error Ellipse in Station of Traverse.....	٢٨
١-٣	أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها.....	٣٣
٢-٣	مقطع عرضي لطريق بحارتين.....	٣٥
٣-٣	الميول العرضية.....	٣٧
٤-٣	الميول الطولية.....	٣٧
٥-٣	أنواع المنحنيات الأفقية.....	٣٩
٦-٣	أنواع المنحنيات الرأسية.....	٤٠
٧-٣	ربط خطوط مستقيمة بأقواس دائرية.....	٤١
٨-٣	عناصر المنحنى الدائري.....	٤٢
٩-٣	المنحنيات الانتقالية.....	٤٤
١٠-٣	القوة الطاردة المركزية.....	٤٤
١١-٣	الدوران حول المحور.....	٤٧
١٢-٣	الدوران حول الحافة الداخلية.....	٤٨
١٣-٣	الدوران حول الحافة الخارجية.....	٤٨
١٤-٣	زيادة الرصف على المنحنيات.....	٤٩
١٥-٣	نموذج من منحنيات رأسية.....	٥٠
١٦-٣	منحنيات استدارة علوية.....	٥٢
١٧-٣	منحنيات استدارة سفلية.....	٥٣

٣-١٨	العناصر التصميمية للمنحنيات الرأسية.....	٥٣
٣-١٩	مسافة التجاوز.....	٥٧
٤-١	طبقات الرصفة المرنة.....	٦٠
٤-٢	العلاقة بين نسبة الماء والكثافة الجافة للتربة.....	٦٥
٤-٣	العلاقة بين نسبة الماء والكثافة الجافة Sub Base.....	٦٦
٤-٤	العلاقة بين نسبة الماء والكثافة الجافة Base Course.....	٦٨
٤-٥	العلاقة بين المقاومة ومقدار الغرز للتربة.....	٧١
٤-٦	العلاقة بين المقاومة ومقدار الغرز Base Course.....	٧٢
٤-٧	العلاقة بين المقومة ومقدار الغرز Sub Base.....	٧٣
٤-٨	(AASHTO) S-soil support value.....	٨٤
٤-٩	AASHTO flexible-pavement design.....	٨٥
٥-١	مقطع عرضي لطريق.....	٨٨
٥-٢	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات.....	٨٨
٥-٣	مقطعين عرضيين في منطقة حفر كامل.....	٨٩
٥-٤	مقطع حفر كامل والآخر مختلط.....	٩٠
٥-٥	المقطعان مختلفان حفر وردم.....	٩٢
٦-١	توزيع أعمدة الإنارة في جهة واحدة.....	١٠١
٦-٢	توزيع أعمدة الإنارة في المنتصف.....	١٠١
٦-٣	توزيع أعمدة الإنارة بشكل ترنجي.....	١٠٢
٦-٤	نوزيع أعمدة الإنارة بشكل تقابلي.....	١٠٢

فهرس الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
١-١	أعمال الفصل الأول.....	٧

٢-١	أعمال الفصل الثاني.....	٧
٢-١	متطلبات الدقة لأعمال المضلعات.....	١١
٢-٢	معدل القراءات التي تم رصدها في الميدان.....	١٢
٢-٣	النقاط المعلومة الإحداثيات.....	١٤
٢-٤	إحداثيات محطات المضلع قبل التصحيح.....	١٥
٢-٥	قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية.....	١٧
٢-٦	المسافات المرصودة ومقدار الخطأ في كل مسافة.....	١٨
٢-٧	إحداثيات المحطات المصححة.....	٢٤
٢-٨	المسافات والزوايا المصححة النهائية.....	٢٥
٣-١	سعة الطريق حسب مواصفات AASHTO.....	٣٢
٣-٢	الأبعاد الرئيسة للمركبات حسب مواصفات AASHTO.....	٣٣
٣-٣	السرعة التصميمية للطرق الحضرية حسب مواصفات AASHTO.....	٣٤
٣-٤	قيم f حسب مواصفات هيئة AASHTO	٤٦
٣-٥	قيم الرفع الجانبي المرغوبة لمنحنيات طرق مختلفة	٤٦
٣-٦	الحد الأدنى المطلق لنصف القطر حسب مواصفات هيئة AASHTO	٤٧
٣-٧	بعض القيم الإرشادية للزيادة في توسيع المنحنيات.....	٤٩
٣-٨	الانحدارات القصوى المقبولة حسب مواصفات AASHTO.....	٥١
٣-٩	الأطوال الحرجة للمنحدرات حسب مواصفات AASHTO.....	٥٢
٣-١٠	القيم الصغرى لمسافة الرؤية.....	٥٥
٣-١١	بعض القيم التصميمية لمسافة التجاوز حسب مواصفات هيئة AASHTO.....	٥٧
٤-١	قيم الكثافة الرطبة لعينة التربة.....	٦٤
٤-٢	قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة التربة.....	٦٤
٤-٣	قيم الكثافة الرطبة لعينة Sub Base.....	٦٥

٤-٤	قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة Sub Base.....	٦٦
٤-٥	قيم الكثافة الرطبة لعينة Base Course.....	٦٧
٤-٦	قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة Base Course.....	٦٧
٤-٧	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب.....	٧٠
٤-٨	المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا للطرق في فلسطين.....	٧١
٤-٩	العلاقة بين الحمل المسبب لغرز في القالب Base Course.....	٧٢
٤-١٠	العلاقة بين الحمل المسبب لغرز في القالب Sub Base.....	٧٣
٤-١١	نسبة المركبات في السرب الواحد (AASHOT).....	٧٥
٤-١٢	معامل النمو (AASHOT) (Growth factor).....	٧٥
٤-١٣	(AASHOT) (Load Equivalency factor).....	٧٧
٤-١٤	قيمة المعامل المناخي (AASHTO) (Regional Factor).....	٨٠
٤-١٥	معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت (AASHOT).....	٨٢
٤-١٦	معامل الطبقة (layer coefficient) للسكويس (AASHOT).....	٨٢
٤-١٧	معامل الطبقة (layer coefficient) Sub Bas (AASHOT).....	٨٢
٤-١٨	سماكة طبقات الرصفة المرنة.....	٨٦
٥-١	مساحات وحجوم المقاطع العرضية.....	٩٤
٦-١	أنواع التخطيط والعلامات على الشارع حسب مواصفات AASHTO.....	٩٧
٦-٢	المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة و التقاطع الذي تدل عليه الإشارة.	٩٨
٦-٣	العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطرق وارتفاع العمود والمسافة عن حافة الطرق.....	١٠٤

فهرس الملاحق

رقم الملحق	اسم الملحق	رقم الصفحة
ملحق رقم ١	مراجعة المؤسسات الرسمية.....	١١١
ملحق رقم ٢	صور مطلقة المشروع.....	١١٤
ملحق رقم ٣	نتائج تصحيح المضلع.....	١٢٠
ملحق رقم ٤	تقارير المنحنيات الأفقية.....	١٣٢
ملحق رقم ٥	تقارير المنحنيات الرأسية.....	١٣٩
ملحق رقم ٦	الإشارات المرورية.....	١٤٣
ملحق رقم ٧	المصادر والمراجع.....	١٥٢

الفصل الأول

1

المقدمة

١-١ نظرة عامة

١-٢ نبذة تاريخية عن الطرق

١-٣ أهمية إنشاء الطرق

١-٤ فكرة المشروع

١-٥ أهداف المشروع وأهميته

١-٦ منطقة الدراسة

١-٧ سبب اختيار المشروع

١-٨ مخطط الدليل العام للموقع

١-٩ الأعمال المساحية

١-١٠ نطاق عمل المشروع

١-١١ الجدول الزمني للمشروع

١-١٢ البرامج والأدوات المساحية المستخدمة

الفصل الأول

المقدمة

1-1 نظرة عامة : -

بدأ الاهتمام بفتح الطرق منذ أن بدأت الحضارات الإنسانية الأولى، فأصبحت حضارة الشعوب و مدى تقدمها تعتمد على حجم الطرق المفتوحة، و على مقدار ما توفره هذه الطرق من درجة أمان للمواطنين و مستخدميها وعلى مدى توفرسبل الراحة عليها.

كان الاهتمام بالطرق حسب الإمكانيات المتاحة، ففي قديم الزمان كانت الطرق مجرد مسرب ترابي بعرض قليل جدا، و ذلك بسبب تواضع وسائل المواصلات في ذلك الوقت، حيث كانت تقتصر على الدواب في بادئ الأمر، و مع تقدم الحضارة البشرية و خصوصا وسائل المواصلات،و زيادة أعداد السكان المطرد، رافق ذلك أيضا تطورا في شبكات الطرق، فبدأت تتطور الطرق من مسارب صغيرة لحيوانات النقل إلى مسارب أكبر قليلا، ثم إلى مسارب مرصوفة لتوفير المزيد من الراحة و السلامة لمستخدميها، إلى أن وصلت إلى ما هي عليه هذه الأيام من شق طرق ذات العرض الكبير و الحارات المتعددة و مدت بطبقات من الإسفلت لتوفير أكبر قدر ممكن من الأمن و الراحة للمواطنين و المركبات على حد سواء،وأصبحت هنالك الجزر الوسطية و على الأطراف، وتم إدخال التعلية على المنحنيات و غيرها من الأمور الأخرى .

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

وتلعب الطرق دور مهم وفعال في التنمية الحضرية، حيث أن لها الدور الرئيس في التطور الاقتصادي والاجتماعي والرقي بالمجتمع إلى أعلى درجات التطور والنمو على كافة المجالات، حيث أن المنطقة التي تعتبر متقدمه في هذه المجالات أكثر ما تتميز به هو نظام شبكة الطرق والنقل فيها. وتعتبر شبكة الطرق من أهم عناصر البنية التحتية اللازمة للتطور الاقتصادي والصناعي والاجتماعي للدول، إذ أنها تربط بين المدن والقرى أو على مدى أوسع من ذلك إذ أنها تربط الدول مع بعضها البعض، حتى أصبحت الطرق معيارا أساسيا لمدى تطور الدول وتميزها ونموها، حيث من شأنه أن يجلب للبلاد التقدم والرقي والترابط بين السكان للفوائد المتعددة التي تقدمها فيما يتعلق بتسهيل انتقال الأفراد ونقل البضائع. فالتقدم في الطرق عمل على تغيير نمط الحياة ورفع مستوى المعيشة وساهم في تطور ونمو المجتمعات.

2-1 نبذة تاريخية عن الطرق :-

لا يوجد تاريخ محدد لنشأة الطرق، ولكن كانت المسارات التي سلكها الناس بحيواناتهم هي أول طرق سير عرفتها البشرية حيث نشأت مع توطن البشر واستئناسهم للحيوانات قبل نحو 9000 عام. إن القص مرتبط بالإنسان منذ نشأته ووجوده، حيث احتاج الإنسان إلى التنقل والبحث عن الغذاء والماء في مناطق مختلفة وبدأ الإنسان ينتقل من مكان إلى آخر على قدميه أولاً، ثم بعد ذلك استفاد من الحيوانات للتنقل، وعليه بدأ بشق وفتح الطرق بأشكالها المختلفة سواء كانت طريق للمارة أو للعربات.

والطرق الحديثة يعود تاريخها إلى اليوم الذي اخترع فيه الإنسان العجلة منذ حوالي 5000 عام قبل الميلاد، إن الفضل في إنشاء الطرق يعود للرومان حوالي 4000 ق.م . هم الذين ساهموا بالشكل الأكبر في إنشاء الطرق فقد قاموا بإنشاء شبكة ضخمة من الطرق تتكون من 29 طريقا رئيسيا يصل مجموع أطوالها إلى 80 ألف كم، والتي تم إنشاؤها لأغراض عسكرية حيث كانت تنطلق على شكل طرق شعاعيه من عاصمتهم روما إلى جميع أنحاء الإمبراطورية الرومانية.

فالرومان هم من أسس التقنية الحديثة لإنشاء الطرق، فقد اعتمدوا الطرق المستقيمة لتقليل المسافات وابتعدوا عن الوديان التي تغمرها السيول، واعتمدوا في إنشاء طرقهم على التقنية المتبعة آنذاك وهي فرش مسار الطريق بطبقات من الصخور الثقيلة لتكون الأساس، ثم الرصف بطبقة من الأحجار المسطحة، وتملس الأحجار ببعضها عن طريق عجينة جيرية. وهم من أقاموا المجاري على جانبي الطريق لتحمل المياه بعيداً وكذلك عرفوا الانحدار الطفيف للطرق لتصريف المياه.وعرف الإنسان أول طريق مرصوفة بالأحجار في عام 3500 ق.م في بلاد ما بين الرافدين، ثم أتى البابليون وبنو شبكة مهمة من الطرق تصل العاصمة بالمناطق المحيطة بها، وكانوا أول من استخدم الإسفلت (القار) كمادة من مواد إنشاء الطرق.

في نهاية القرن الثامن عشر الميلادي تطور إنشاء الطرق في انجلترا على طريقة أحد المهندسين الفرنسيين، حيث قام كل من المهندسين تلفورد و ماكآدم من تطوير أساليب مشابهة لإنشاء الطرق، حيث استخدم تلفورد أحجارا كبيرة كقاعدة للطريق وغطاها بأحجار اصغر كسطح للطرق، أما ماكآدم فاستخدم أحجارا صغيرة لكامل أجزاء الطريق، وهذا النوع مازال مستخدما إلى اليوم في إنشاء الطرق ويحمل اسمه.

ومع بداية القرن التاسع عشر الميلادي أنشأت آلاف الكيلومترات من الطرق التي أخذت بعين الاعتبار تصريف المياه والتأسيس على أرضية صلبة، كما أن اختراع الإطارات المطاطية بدلا من المعدنية من قبل العالم دنلوب 1888م ساعد على تغطية الطرق بالإسفلت مع بداية القرن العشرين مما زاد من مستوى الراحة والسرعة وتقليل الضوضاء، كما أن محرك الاحتراق الداخلي بواسطة العالمين بنز و دملر 1886م ادخل ثورة في عالم الطرق والدخول في عصر السيارات الذي نعيشه اليوم.

3-1 أهمية إنشاء الطرق :-

للطرق أهمية كبيرة في كافة المجالات حيث أنها تمثل المقياس الذي يحكم من خلاله على مدى تطور والتقدم الذي وصلت إليه البلد، وللطرق أهمية كبيرة حيث أنها تعمل على الاقتصاد في الوقت، والطرق الجيدة تعمل على زيادة عمر المركبة وقلة استهلاك الوقود، كمان أن الطرق تساعد على نشر التعليم وتسهيل انتقال أفراد المجتمع داخل المنطقة وخارجها، والطرق الجيدة تحتوي على إشارات ضوئية وعلامات مرور تساعد المشاة والسيارات على التنقل من مكان لآخر بحيث تكون آمنة وتحافظ على أرواحنا، كما أنها تساعد على رفع المستوى المعيشي للناس عن طريق خلق صناعات جديدة، وتعمل على تغيير نمط الحياة ورفع مستوى المعيشة.

4-1فكرة المشروع :-

تم اختيار هذا المشروع من أجل خدمة المواطنين وتسهيل حركتهم وتلبية خدماتهم وذلك بسبب الزيادة السكانية والتوسع العمراني، وتشتمل فكرة المشروع على تأهيل و تصميم طريق خلة العوينة، و الذي هو عبارة عن طريق ترابي .

سيتم في هذا المشروع القيام بكافة الأعمال المساحية اللازمة للتعرف على مسار الطريق وطبيعة التضاريس ودراسة التربة وذلك بعمل مسح أولي للمنطقة، وبعد إجراء كافة الدراسات سنقوم بتصميم المنحنيات الرأسية والمنحنيات الأفقية وعمل التوسعة عليهما، ومن ثم إجراء كافة الحسابات للحفر والردم الذي يلزم لتوقيع الطريق، واستخدام البرامج اللازمة للتخطيط ولتصحيح الأخطاء المساحية،

5-1 أهمية المشروع وأهدافه :-

يكتسب هذا الطريق أهميته لعدة أسباب حيث أنه يصل المنطقة السكنية إلى الشارع الرئيسي من الناحية الشمالية الغربية في البلدة، حيث يهدف المشروع إلى خدمة المنطقة السكانية التي يمر منها الطريق، وذلك لجعل المنطقة حيوية و متطورة أكثر بزيادة الإقبال على إعمار المنطقة المحيطة والانتشار السكاني فيها نظرا لارتفاع نسبة الزيادة الطبيعية للسكان ولتوفير الراحة والهدوء والأمان فكان من الضروري تصميم وتأهيل الطريق حسب المواصفات الفنية والهندسية طبقا للنظام المعتمد في وزارة الأشغال العامة المستخدم في الضفة الغربية.

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

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

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

6-1 منطقة الدراسة :

- **بلدة ترقوميا**

1-6-1 نبذة تاريخية عن البلدة :-

بلدة ترقوميا هي جزء من الأرض المقدسة، وقد ساهم موقعها وبيئتها في نمو البلدة وتطورها حتى وصلت إلى ما وصلت إليه في الوقت الحاضر. عاصرت البلدة عدة حضارات وأول من سكنها هم العرب الكنعانيون الذين هاجروا من الجزيرة العربية ضمن موجات الهجرة الأولى عبر التاريخ. وقد سكنها أيضا الرومان واليونان حيث لا تزال الأدلة على هذه الحضارات موجودة حتى الوقت الحاضر، مثل: الكهوف، أشجار الزيتون الرومانية، الفخار، القبور، العملات المعدنية.

هناك عدة روايات حول أصول تسمية البلدة بهذه الاسم، حيث أنها نشأت على أنقاض بلدة يفتاح العربية الكنعانية حيث عرفت في العهد الروماني باسم تريكومياس (Tricomais). وتعني أرض القرى الثلاث وهي نحال تيلم (وتعرف اليوم بخربة الطيبة)، وكفار عتا (وتعرف اليوم باسم خربة فرعة)، وكفار حيرف (وتعرف اليوم باسم خربة سيف).

هناك رأي آخر بتناقله الناس حول التسمية ترقوميا مرجعه إلى العهد الإسلامي. حيث حدثت معركة أجنادين عام 13 هجري، بالقرب من بلدة بيت جبرين إلى الجهة الغربية من بلدة ترقوميا. يقال أن جنديا من جنود المسلمين واسمه " أمية " ضل الطريق عن الجيش أو أنه نقل إلى بلدة ترقوميا جريحا ونسي هناك فقيل " تركوا أميه " ثم حرف هذه الاسم إلى ترقوميا.

2-6-1 الموقع الجغرافي:

من الناحية الفلكية تقع بلدة ترقوميا على خط طول 00 06 35 ودائرة عرض 34 31 31 . ومن الناحية الجغرافية تقع بلدة ترقوميا على بعد 12كم الى الشمال الغربي من مدينة الخليل، وهي تقع على تلة قليلة الإرتفاع يتراوح إرتفاعها ما بين 350-550م عن مستوي سطح البحر. وهذه البلدة ذات طبيعةجبلية تتوسطها مجموعة سهليه.

ترقوميا بلدة حدودية مع خط الهدنة عام 1948، يحدها من الشرق مدينة الخليل و بلدة بيت كاحل وبلدة تفوح، ومن الغرب الخط الأخضر وأراضي 48، ومن الشمال بلدة بيت أولا، ومن الجنوب بلدتي إذنا ودورا .

3-6-1 المساحة والسكان :-

تبلغ مساحة البلدة حوالي (27000) دونم . واهتم الاهالي بزراعتها بأشجار العنب والزيتون والخضروات وغيرها . الا أن المساحة لا تكفي نظراً لكبر عدد السكان (16000) نسمة على الاقل . ويستعمل الأهالي معظم هذه الاراضي للعمران والطرق والمناطق التجارية والصناعية. هذا بالإضافة إلى حجم الأراضي التي تزيد عن (6) الاف دونم تم اغتصابها من قبل قوات الاحتلال، وأقاموا عليها بعض المستعمرات التي سميت بأسماء بعض القرى الكنعانية وأهمها مستوطنتي (ادورا ، تيلم).

1-7 سبب اختيار المشروع :-

كان هذا الطريق في الأعوام السابقة غير موجود أي أنه كان عبارة عن أراض للمواطنين داخل البلدة، وبعد أن تطورت المنطقة وازدادت الحركة اليها وكذلك كثر فيها الاعمار كان لا بد من إنشاء طريق يسهل الحركة لهم ويلبي خدماتهم، فقد تم الاعتماد على المخطط الهيكلي والموضح فيه هذا الطريق، والذي يمتد من بين تلك الأراضي ويربط المنطقة بالشارع الرئيسي المؤدي للمعبر، حيث تم الاتفاق بين البلدية ومالكي الأراضي على فتح هذا الطريق المقترح والذي بدوره يلبي خدمات المواطنين ويعمل على تسهيل حركتهم وتنقلهم، فذلك كان دافع قوي لموافقة البلدية على تصميم هذا الطريق وتأهيله من قبل فريق العمل [1]

1-8 مخطط الدليل العام للموقع :-

الشكل (1-1): مخطط الدليل العام للموقع

[1] - ملحق رقم (١)

1-9 الأعمال المساحية :-

1-9-1 المرحلة الاستطلاعية :-

١. مراجعة بلدية ترقوميا وقسم الهندسة فيها.
٢. معرفة منطقة المشروع .
٣. تحديد حرم المشروع وحدود الأراضي المجاورة.
٤. إحضار الصور الجوية لمنطقة المشروع .
٥. دراسة التفاصيل الظاهرة والموجودة في منطقة المشروع ومقارنتها بالصور الجوية.

1-9-2 المسح الميداني للطريق :-

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

1-9-3 التصميم النهائي للطريق :-

بعد عملية الرفع المساحي للطريق تم عمل ما يلي :-

١. تصميم وتخطيط المنحنيات الأفقية والرأسية.
٢. عمل المقاطع الطولية والعرضية للطريق.
٣. حساب كميات الحفر والردم .
٤. عمل الفحوصات لتربة لتحديد سماكات الطبقات وعددها.

1-10 خلاق على المشروع :-

تم الاتفاق بين مشرف المشروع وفريق العمل على أن تكون هيكلية المشروع موزعة كما يلي :

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

الفصل الثاني : المضلعات ويتضمن تعريف المضلعات وأنواعه وتصحيح المضلعات ....

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

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

الفصل الخامس : إنارة الطريق وعلامات المرور.

الفصل السادس : حساب كميات الحفر والردم.

الفصل السابع : تكلفة المشروع.

الفصل الثامن : النتائج والتوصيات.

11-1 الجدول الزمني للمشروع :-

جدول(1-1): أعمال الفصل الأول

المرحلة	عدد الأسابيع	الأسبوع															
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
جمع المعلومات	٦																
المساحة الاستطلاعية	٢																
العمل الميداني	٥																
العمل المكتبي	١																
تجهيز التقرير الأولي	٨																
تجهيز التقرير النهائي	٢																

جدول(1-2): أعمال الفصل الثاني

المرحلة	عدد الأسابيع	الأسبوع															
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
جمع المعلومات	١																
العمل الميداني	٢																
العمل المكتبي	٣																
الفحوصات الإنشائية وحساباتها	٥																
التصميم الأفقي	٣																
التصميم الرأسي + حساب الكميات	٣																
علامات المرور + الإنارة على الطريق	٥																
تجهيز التقرير النهائي	٩																

12-1 البرامج والأدوات المساحية المستخدمة :-

١. جهاز المحطة الشاملة Total Station.

ومرفقاته من (عواكس ، شواخص ، وشريط القياس، وعلبة الدهان، وأجهزة اللاسلكي...).

٢. برنامج AutoCAD 2007.

٣. برنامج Autodesk Land Survey 2006.

٤. برنامج Adjust Computation.

٥. برنامج Arc GIS 9.2.

٦. برنامج AutoCAD Civil 3D 2012

الفصل الثاني

2

المضلعات

٢-١ مقدمة

٢-٢ أنواع المضلعات

٢-٣ عوامل اختيار نقاط المضلعات

٢-٤ متطلبات الدقة لأعمال المضلعات

٢-٥ القراءات

٢-٦ انحرافات محطات المضلع قبل التصحيح

٢-٧ إحداثيات المحطات قبل التصحيح

٢-٨ تصحيح الأخطاء للمضلع

٢-٩ الأخطاء في قياس الزوايا

٢-١٠ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات

٢-١١ الإحداثيات المصححة

٢-١٢ المسافات المصححة

٢-١٣ الزوايا المصححة

٢-١٤ الانحراف المعياري

٢-١٥ Relative Error Ellipse

الفصل الثاني

المضلعات

2-1 مقدمة :-

المضلع هو عبارة عن مجموعة من الخطوط المتصلة مع بعضها تشكل خطاً منكسرا يأخذ أشكالا مختلفة ومسميات متعددة مغلق (Closed)، موصل (Connecting)، مفتوح (Open)، والحلقي (Loop) وغير ذلك.

وتكون خطوطه والزوايا بين الخطوط مقاسه بدقة، 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 .

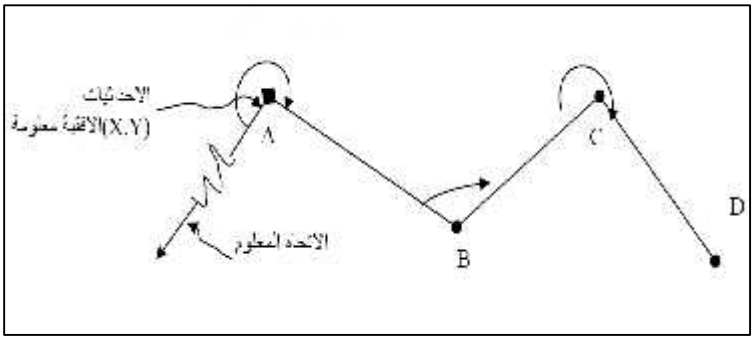
والهدف من إنشاء المضلعات هو تعيين إحداثيات ومواقع نقاط جديدة انطلاقا من النقاط المرجعية (نقاط الضبط) مما يسهم في تكثيف شبكات النقاط المعلومة الاحداثي ويسهل ربط كافة الأعمال المساحية الأخرى كأعمال الرفع التفصيلي والطبوغرافي التي تنحصر في أجزاء صغيرة نسبياً بشبكة الإحداثيات العامة للدولة.

2-2 أنواع المضلعات :-

للمضلعات عدة أنواع ومسميات من أبرزها :-

2-2-1 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 معومتي الإحداثيات. كما في الشكل(2-1).



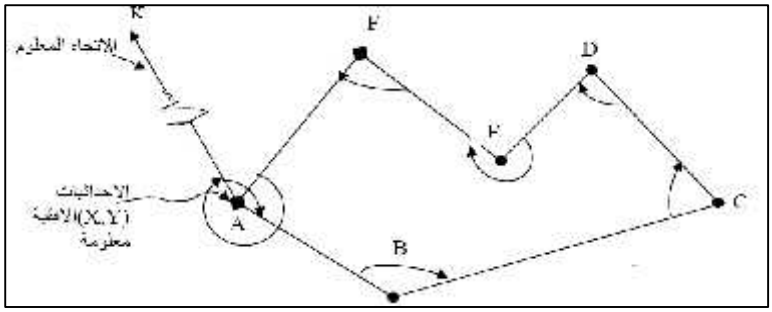
الشكل (2-1): المضلع المفتوح [1]

١- مرجع رقم (١٠)

2-2-2 المضلع المغلق (Closed Traverse):-

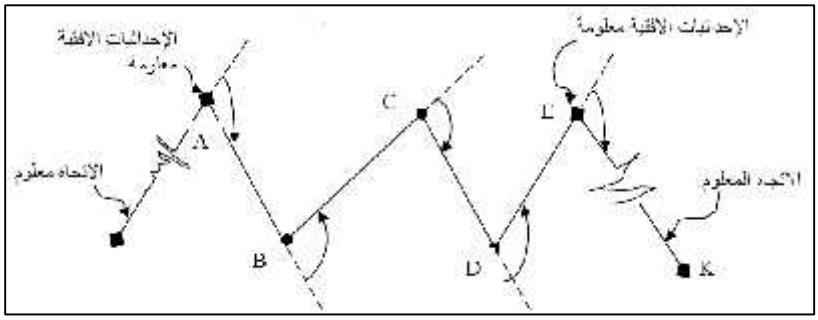
في هذا النوع من المضلعات، يكون المضلع مغلقاً من حيث عدد الأضلاع أو الشكل الخارجي ، حيث يبدأ بنقطتين معلومتين الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتين الإحداثيات، وهو نوعان:

١- إذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وعاد وانتهى بنفس النقطتين يسمى (Closed Loop Traverse). كما هو موضح بالشكل (2-2)



الشكل (2-2) : Closed Loop Traverse [١]

٢- إذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وانتهى بنقطتين جديدتين معلومتي الإحداثيات أيضا في هذه الحالة يسمى (Closed Traverses or Link Traverses). وهذا النوع الذي قمنا باستخدامه في هذا المشروع. كما هو موضح بالشكل (2-3)



الشكل (2-3) : Link Traverse [١]

١- مرجع رقم (١٠)

ويعتمد اختيار أي نوع من المضلعات السابقة على عدة عوامل منها :-

١. الدقة المطلوبة في العمل.
٢. نوع أعمال المساحة المطلوبة (رفع مساحي ، مساحة إنشائية).
٣. طبوغرافية وتضاريس المنطقة.
٤. الأجهزة والأدوات المتوفرة.

3-2 عوامل اختيار نقاط المضلعات :-

١. الرؤية المتبادلة بين النقطة السابقة واللاحقة لها مباشرة وأن تكون على مستوى أفقي واحد.
٢. يجب أن تؤخذ طريقة الرفع التفصيلي والجهاز المستخدم بعين الاعتبار وبما أن الجهاز المستخدم المحطة الشاملة لكل التفاصيل الموجودة لذا يجب أن تحقق نقاط المضلعات لأكبر عدد ممكن من التفاصيل الموجودة بمنطقة المشروع.
٣. يجب أن يكون عدد نقاط المضلعات قليلا قدر الإمكان وأطوالها كبيرة.
٤. يجب أن تكون مواضع نقاط المضلعات في أرض شبه أفقية لتسمح بتمركز الجهاز عليها وسهولة العمل.
٥. يجب أن تكون في أماكن يسهل الوصول إليها وبعيدة عن حركة المرور والمشاة ومجاري المساه والسيول.
٦. يفضل أن تكون نقاط المضلعات على مستوى واحد وبارتفاع أكثر من 1 متر عن سطح الأرض لتلافي بعض الأخطاء الجوية والهندسية.

2-3-1 محطات المضلع وتربيطها :-

بعد أن قمنا بتحديد النقاط المرجعية (GPS) تم اختيار محطات أخرى تساعد في عملية الرفع للطريق حيث كان عدد تلك المحطات خمسة محطات بالإضافة إلى أربعة محطات (GPS)،وقد تم اختيار مواقع تلك النقاط بحيث تكون في أماكن بعيدة عن حركة المرور والمشاة وأي عوائق أخرى، وكذلك تم اختيارها بحيث تكشف كل محطة المحطة السابقة واللاحقة لها حتى نتمكن من عملية الرفع لجميع تفاصيل ومعالم الطريق المراد تصميمه.

وللمحافظة على مواقع النقاط المرجعية ومحطات المضلع من الضياع أو الزوال تمت عملية تربيط تلك المحطات بحيث تم ربطها ببعض المعالم الموجودة في تلك المنطقة وكذلك يجب أن تكون تلك المعالم ثابتة وغير قابلة للإزالة. وقد كانت نتائج عملية التربيط والقياسات التي تم رصدها بالشريط كما هو موضح بالملاحق [١].

١- ملحق رقم (٢)

2-4 متطلبات الدقة لأعمال المضلعات (Accuracy Standards for Traverses) :-

يبين جدول (2-1) متطلبات الدقة لأعمال المضلعات والتي يمكن الاستئناس بها في الحكم على دقة ونوعية القياسات الميدانية، حيث هنالك عدة درجات متفاوتة. تعتبر المرتبة الثالثة هي الأكثر شيوعاً على نطاق المشاريع ذات المساحة المحدودة، أما المشاريع الهندسية الكبرى مثل قياس إزاحة المنشآت وغيرها فتحتاج إلى المرتبة الأولى.

الجدول (2-1): متطلبات الدقة لأعمال المضلعات [1]

	المرتبة الأولى First Order	المرتبة الثانية Second Order		المرتبة الثالثة Third Order	
		صف أولى Class I	صف ثاني Class II	صف أولى Class I	صف ثاني Class II
عدد الأضلاع غير معلومة الانحراف يجب أن لا يتجاوز	5 -6	10 - 12	15 - 20	20 -25	30 - 40
مقدار الحد الأدنى لقراءة الزوايا الأفقية	0.2"	10"	10"	10"	10"
عدد القراءات (عدد مرات الرصد)	16	12	8	4	2
الخطأ المعياري في قياس المسافات	1/600 000	1/300 000	1/20 000	1/60 000	1/30 000
خطأ القفل في الانحراف عند خطوط أو نقاط التحقق يجب أن لا يتجاوز	1.0"/sat Or 2"√N	1.5"/sat Or 3"√N	2.0"/sat Or 6"√N	3.0"/sat Or10"√N	8"/sat Or 30"√N
خطا القفل في الموقع بعد تصحيح الانحراف يجب أن لا يتجاوز	0.04m√K Or 1:100 000	0.08m√K Or 1:50 000	0.2m√k Or 1:20 000	0.4√K Or 1: 10 000	0.88√k Or 1: 5000

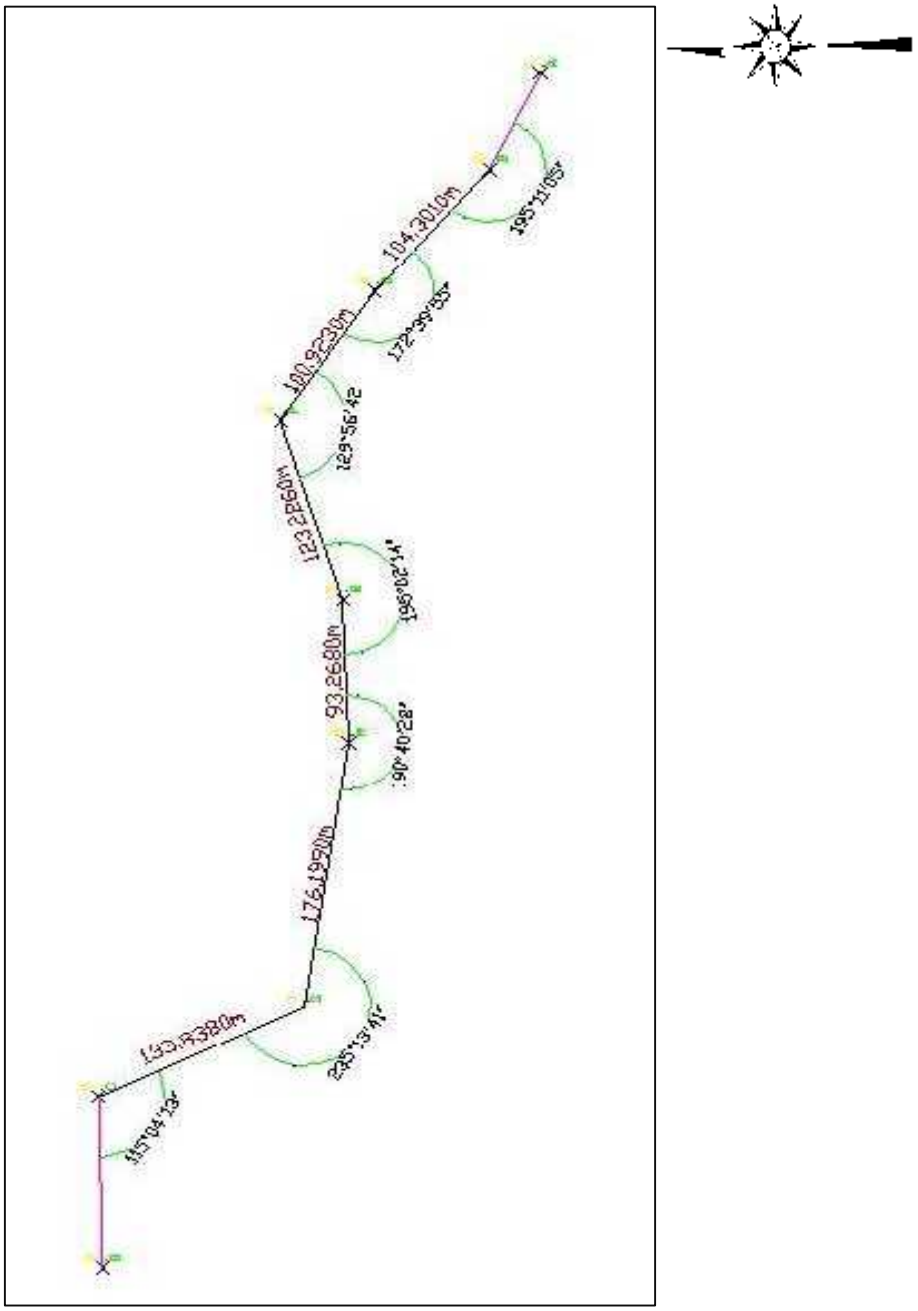
2-5 القراءات :-

تمت عملية الرصد في يوم السبت الموافق 2011/10/29، حيث تم الاعتماد على طريقة المضلع الموصل(Link Traverse) لحساب إحداثيات نقاط الربط الجديدة، حيث تم استخدام جهاز المحطة الشاملة (Total Station) لقياس المسافات الأفقية (H.Distance) والزوايا الأفقية (H.Angle)، وتم الاعتماد على أسلوب التكرار في القراءات (Repetition) لحساب المتوسط لهذه القراءات واعتمادها في حساب إحداثيات نقاط الربط الجديدة ، وكانت معدل تلك القراءات النهائية كما هي موضحة بالجدول التالي :

١- مرجع رقم (٦)

الجدول (2-2) : معدل القراءات التي تم رصدها في الميدان

From	To	H. angle			H. Distance (m)
2 (GPS2)	1 (GPS1)	0	0	0	
2 (GPS2)	3	195	11	05	104.301
3	2 (GPS2)	0	0	0	
3	4	172	39	55	100.923
4	3	0	0	0	
4	5	129	56	42	123.226
5	4	0	0	0	
5	6	195	02	14	93.268
6	5	0	0	0	
6	7	190	40	28	176.199
7	6	0	0	0	
7	8 (GPS3)	235	13	14	133.838
8 (GPS3)	7	0	0	0	
8 (GPS3)	9 (GPS4)	115	04	13	111.598



الشكل (2-4) : الشكل العام للمضلع

تم الاعتماد في تصحيح المضلع وحساب إحداثيات المحطات على أربعة نقاط معلومة الإحداثيات ومعتمدة من قبل مهندسي البلدة في أعمال الرفع وهي مأخوذة من جهاز GPS، حيث كانت إحداثياتها كما هي مبينة بالجدول (2-3).

الجدول (2-3) : النقاط المعلومة الإحداثيات

# Point	# Station	Northing	Easting
GPS 1	1	110099.27	150219.07
GPS 2	2	110128.56	150156.34
GPS 3	8	110356.93	149547.84
GPS 4	9	110354.61	149436.46

2-6 انحرافات محطات المضلع قبل التصحيح :-

يتم حساب الانحرافات للخطوط بناءاً على العلاقة التالية:-

$$AZ_{AB} = \tan^{-1}\{ (E_B-E_A)/(N_B-N_A)\}+ C \quad \text{..... 2.1}$$

$$AZ_{12} = \tan^{-1}\{ (E_2-E_1)/(N_2-N_1)\}+ C$$

$$= \tan \{ (150156.34 - 150219.07) / (110128.56 - 110099.27)\} + C$$

$$= 295\ 01\ 44.01$$

وكذلك يتم حساب انحراف الخط الذي يليه عن طريق جمع هذا الانحراف مع مقدار الزاوية التي تم رصدها في الميدان ونستمر في ذلك حتى نحسب انحرافات جميع خطوط المضلع، وكانت النتائج كالتالي :

$$AZ_{2-3} = AZ_{2-1} + <2 = (295\ 01\ 44.01 - 180\ 00\ 00) + 195\ 11\ 05 = 310\ 12\ 49$$

$$AZ_{3-4} = AZ_{3-2} + <3 = (310\ 12\ 49.00 - 180\ 00\ 00) + 172\ 39\ 55 = 302\ 52\ 44$$

$$AZ_{4-5} = AZ_{4-3} + <4 = (302\ 52\ 44.00 - 180\ 00\ 00) + 129\ 56\ 42 = 252\ 49\ 25$$

$$AZ_{5-6} = AZ_{5-4} + <5 = (252\ 49\ 25.00 - 180\ 00\ 00) + 195\ 02\ 14 = 267\ 51\ 39$$

$$AZ_{6-7} = AZ_{6-5} + <6 = (267\ 51\ 39.00 - 180\ 00\ 00) + 190\ 40\ 28 = 278\ 32\ 07$$

$$AZ_{7-8} = AZ_{7-6} + <7 = (278\ 32\ 07.00 - 180\ 00\ 00) + 235\ 13\ 41 = 333\ 45\ 48$$

$$AZ_{8-9} = AZ_{8-7} + <8 = (333\ 45\ 48.00 - 180\ 00\ 00) + 115\ 04\ 13 = 268\ 49\ 58$$

7-2 إحداثيات المحطات قبل التصحيح :-

بعد حساب الانحراف لكل خط يتم حساب الإحداثيات غير المصححة لكل محطة بناءاً على العلاقات التالية:-

$$X_B = X_A + D * \sin A_{Z\,AB} \quad \text{..... 2.2}$$

$$Y_B = Y_A + D * \cos A_{Z\,AB} \quad \text{..... 2.3}$$

- مثال حساب إحداثيات محطة ٣ :

Easting (3) = 150156.34 + sin (310 12 49) = 150076.691

Northing (3) = 110128.56 + cos (310 12 49) = 110195.901

وقد كانت الحسابات للإحداثيات الغير المصححة لجميع محطات المضلع بنفس الطريقة السابقة، وكانت النتائج كالتالي :

الجدول (2-4) : إحداثيات محطات المضلع قبل التصحيح

Station	Easting (m)	Northing (m)
3	150076.691	110195.901
4	149991.934	110250.688
5	149874.204	110214.299
6	149781.001	110210.818
7	149606.753	110236.970
8	149547.586	110357.019

.

1-7-2 خطأ الإغلاق في الزاوية (Angular Miscloser) :-

يتم حساب خطا الإغلاق في الزاوية عن طريق حساب الفرق بين الانحراف المحسوب (Calculated) والانحراف الثابت (Given) للخط الأخير(الخط الواصل بين المحطة 8 والمحطة 9) :

$AZ_{8\text{-}9}$ Calculate = $AZ_{8\text{-}7}$ + <8 = (333 45 48.00 – 180 00 00) + 115 04 13 = 268 49 58

$AZ_{8\text{-}9}$ Given = $\tan^{-1}\{ (E_9\text{-}E_8)/(N_9\text{-}N_8)\}$ + C = 268 48 24.20

$AZ_{8\text{-}9\ Calculate} - AZ_{8\text{-}9\ Given}$

= 268 49 58 - 268 48 24.2

= 00 01 33.79

خطأ الإغلاق المسموح به للزوايا داخل المدن حسب ما هو معتمد في نظام دائرة المساحة في فلسطين حسب المعادلة التالية :

$$¢ = 60'' * \sqrt{n} \quad \text{..... 2.4}$$

حيث n : عدد الزوايا التي تم رصدها

خطأ الإغلاق في المضلع (n=7)

$\delta = 60'' * \sqrt{7} = 00\ 02\ 38.75$

نستنتج من ذلك أن خطأ الإغلاق في زوايا المضلع ضمن الخطأ المسموح به في نظام دائرة المساحة في فلسطين.

2-7-2 خطأ الإغلاق في المسافة :-

ويتم حساب خطا الإغلاق في المضلع عن طريق حساب الفرق بين الإحداثيات المحسوب (Calculated) والإحداثيات الثابتة (Given) للمحطة الأخيرة في المضلع (**محطة رقم ٨**) :

$\Delta x = E_{8\ calculate} - E_{8\ Given} = 149547.586 - 149547.840 = -0.254$ m

$\Delta y = N_{8\ calculate} - N_{8Given} = 110357.019 - 110356.930 = +0.089$m

$$¢ = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad \text{.....(2.5)}$$

$= \sqrt{(-0.254^2 + 0.089^2)} = 0.269$m

ومعدل الخطأ الطولي للإغلاق المسموح به داخل المدن في نظام دائرة المساحة في فلسطين حسب المعادلة التالية :

$$¢ = 0.0006L + 0.2 \quad \text{.....(2.6)}$$

L : مجموع أطوال الأضلاع التي تم رصدها

$= 0.0006 * 731.755 + 0.2 = 0.639$m.

نستنتج من ذلك أن خطأ الإغلاق في مسافات المضلع ضمن الخطأ المسموح به في نظام دائرة المساحة في فلسطين.

2-8 تصحيح الأخطاء للمضلع :-

الجهاز المستخدم في عملية الرصد هو جهاز المحطة الشاملة من نوع Total Station sokkia وقيم الأخطاء في هذا الجهاز حسب ما هو وارد في الكتيب الخاص به هي كالتالي:

- ✓ الخطأ في الزاوية angular error = 5"
- ✓ الخطأ في المسافة distance error = ±(2 mm + 2ppm*D) mm

2-8-1 الأخطاء في المسافات (Error in Distance) :-

$$\pm_D = \sqrt{(\pm_i)^2 + (\pm_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2} \quad \text{..... (2.7)}$$

حيث :

$\pm_D$: الخطأ في المسافة المقاسة

$\pm_i$: الخطأ في ضبط الجهاز

$\pm_t$: الخطأ في وضعية العاكس

a, b : معاملات الجهاز (a = 0.002m , b = 0.002m).

- **مثال** : إيجاد مقدار الخطأ في المسافة المقاسة بين المحطة رقم ٣ والمحطة رقم ٤ :

$$\pm_D = \sqrt{(0.002)^2 + (0.002)^2 + (0.002)^2 + ((100.923 * 0.000002)^2} = 0.00346 \ m$$

الجدول (2-5) : قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية [١]

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

١-مرجع رقم (١٤)

الجدول (2-6) : المسافات المرصودة ومقدار الخطأ في كل مسافة

Line	**Distance (m)**	$\pm_D(m)$
2 - 3	104.301	0.00347
3 - 4	100.923	0.00346
4 - 5	123.226	0.00347
5 - 6	93.268	0.00346
6 - 7	176.199	0.00348
7 - 8	133.838	0.00347

2-8-2 الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز (Instrument Centering Error):-

وهذا الخطأ يكون بالعادة ناتج عن الأسباب التالية:

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

3-8-2 أخطاء التوجيه (Target Centering) :-

وهذه الأخطاء تكون ناجمة عن وضع العاكس بشكل غير قائم ويقدر هذا الخطأ بقيمة 2 **ملم**، a,b وهذه معاملات الجهاز والتي يتم الحصول عليها من الكتيب المرافق للجهاز حيث أن:

2mm ± 2ppm = a,b

ويتم إيجاد مقدار الخطأ في التوجيه لكل **مسافة** تم رصدها حسب العلاقة التالية:

$$\pm_t = \frac{\sigma d}{L} \quad \text{...} \quad (2.8)$$

حيث :

$\pm_t$: الخطأ في التوجيه

σd : مقدار الخطأ في وضعية العاكس.

D : المسافة من الجهاز إلى **العاكس**.

2-9 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:

$$\pm_{\sim pr} = \frac{2\pm_{DIN}}{\sqrt{n}} \quad \text{.....2.9}$$

حيث أن:

$\pm_{\sim pr}$: هو الخطأ الناتج عن التوجيه والقراءة.

$\pm_{DIN}$: **الخطأ** الناتج عن جهاز المحطة الشاملة.

n: **عدد مرات التكرار**

وقيمة هذا الخطأ تكون ثابتة تقريبا لجميع الزوايا وتساوي :

$$\pm_{\sim pr} = \pm\frac{2\times 5''}{\sqrt{4}} = \pm 5$$

2-10 تصحيح الأخطاء في الإحداثيات :-

هناك أكثر من طريقة لتصحيح إحداثيات المضلع منها :-

- ✓ Least Square Method .
- ✓ Linear and Angular Misclosure Method .
- ✓ Compass Rule.

2-10-1 طريقة المربعات الصغرى Least Square Method :-

تم استخدام طريقة المربعات الصغرى (Least square Method) لأنها أدق طريقة لإيجاد القيمة الأكثر احتمالا (Most Probable Value) في إيجاد الإحداثيات ، لأنها تصحح المسافات والزوايا والانحرافات في وقت واحد بخلاف الطرق الأخرى التي تصحح كل منها على حدا، كما أنها تجعل مجموع المربعات للأخطاء أقل ما يمكن.

المعادلات التي يتم استخدامها في هذه الطريقة هي معادلات الرصد ويتم تمثيلها بالمعادلات الطبيعية ثم عمل هذه المعادلات إلى معادلات خطية تقريبية عن طريق متسلسلة تويلر التقريبية ويمكن تمثيلها عن طريق المصفوفات وحلها عن طريق المعادلات التالية :

$$WJX = WK + WV \quad \text{.....} \quad (2.10)$$

$$X = (J^T WJ)^{-1} J^T WK = N^{-1} J^T WK \quad \text{.....} \quad (2.11)$$

بحيث أن :

X : هي عبارة عن مصفوفة المجاهيل (Unknown Matrix).

J : هي عبارة عن مصفوفة معامل معادلات الرصد ويتم إيجادها عن طريق متسلسلة تويلر التقريبية (Jacobean Matrix).

V : مصفوفة المتبقيات (Residuals Matrix).

K : مصفوفة الرصد (Observation Matrix)

W : مصفوفة الأوزان (Weighted Matrix)

2-10-2 Distance Observation Reduction :-

يتم حساب الإحداثيات عادة عن طريق مسافة وانحراف ولإيجاد الإحداثيات تم عمل الأرصاد للمضلع ثم إنشاء معادلات الرصد ثم عمل تفاضل لها وتطبيق طريقة المربعات الصغرى على هذه المعادلات.

ويتم إنشاء معادلة الرصد للمسافة عن طريق المعادلة التالية وعمل تفاضل لها :

$$F(x_i, y_i, x_j, y_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad \text{.....} (2.12)$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{x_i - x_j}{IJ}$$
$$\frac{\partial F}{\partial y_i} = \frac{y_{i-} y_j}{IJ}$$
$$\frac{\partial F}{\partial x_j} = \frac{x_j - x_i}{IJ}$$
$$\frac{\partial F}{\partial y_j} = \frac{y_j - y_i}{IJ}$$

-: Angle Observation Reduction 3-10-2

يتم إنشاء معادلة الرصد للزوايا عن طريق فرق الانحرافات وعمل تفاضل لها كالتالي :

$$^{-} = Az_{IF} - Az_{IB}$$
$$^{-} = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D \quad \text{.....(2.13)}$$

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

The Jacobean Matrix (J) :-

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial dx_3} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_3} & \frac{\partial F_1}{\partial dx_4} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_4} & \cdots\cdots & \frac{\partial F_1}{\partial dx_7} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_7} \\ \frac{\partial F_2}{\partial dx_3} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_3} & \frac{\partial F_2}{\partial dx_4} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_4} & \cdots\cdots & \frac{\partial F_2}{\partial dx_7} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_7} \\ . & & & & & & \\ . & & & & & & \\ . & & & & & & \\ . & & & & & & \\ M & & & & & & \\ M & & & & & & \\ (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_3}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_3}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_4}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_4}) & \cdots\cdots & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_7}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_7}) \\ (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_3}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_3}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_4}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_4}) & \cdots\cdots & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_7}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_7}) \end{bmatrix}_{13*10}$$

The Observation Matrix (K) :-

$$K = \begin{bmatrix} F_1 - F_{1_0} \\ F_2 - F_{2_0} \\ F_3 - F_{3_0} \\ F_4 - F_{4_0} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ F_{13} - F_{13_o} \end{bmatrix}_{13*1}$$

The Unknowns Matrix (X):-

$$X = \begin{bmatrix} dx_3 \\ dy_3 \\ dx_4 \\ dy_4 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ dx_7 \\ dy_7 \end{bmatrix}_{10*1}$$

The Variance Matrix(V):-

$$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_{12} \\ V_{13} \end{bmatrix}_{13*1}$$

The Weight Matrix (W):-

$$W = \begin{vmatrix} \frac{1}{\pm^2} & & & & & & & & & & & & zeros \\ & \frac{1}{\pm^2} & & & & & & & & & & & \\ & & \frac{1}{\pm^2} & & & & & & & & & & \\ & & & \frac{1}{\pm^2} & & & & & & & & & \\ & & & & \frac{1}{\pm^2} & & & & & & & & \\ & & & & & \frac{1}{\pm^2} & & & & & & & \\ & & & & & & \frac{1}{\pm^2} & & & & & & \\ & & & & & & & \frac{1}{\pm^2} & & & & & \\ & & & & & & & & \frac{1}{\pm^2} & & & & \\ & & & & & & & & & \frac{1}{\pm^2} & & & \\ & & & & & & & & & & \frac{1}{\pm^2} & & \\ & & & & & & & & & & & \frac{1}{\pm^2} & \\ zeros & & & & & & & & & & & & \frac{1}{\pm^2} \end{vmatrix}_{13*13}$$

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

$$X = X_0 + dx$$
$$Y = Y_0 + dy \quad \text{.....(2.14)}$$

11-2 الإحداثيات المصححة :-

بعد إجراء العمليات الحسابية حسب العلاقة الرئيسية باستخدام برنامجAdjust تم الحصول على الإحداثيات المصححة لجميع محطات المضلع **ومقدار الخطأ لكل محطة** كما تظهر في الجدول التالي :

الجدول (٢-٧) : إحداثيات المحطات المصححة

Station	X	Y	Standard Error Ellipse				
			S_x	S_y	S_u	S_v	t
3	150076.712	110195.893	0.0496	0.0413	0.0566	0.0310	125.22°
4	149991.986	110250.668	0.0790	0.0603	0.0821	0.0560	111.94°
5	149874.260	110214.269	0.0774	0.0580	0.0785	0.0565	103.72°
6	149781.225	110210.784	0.0822	0.0535	0.0830	0.0522	100.39°
7	149607.029	110236.903	0.0410	0.0504	0.0572	0.0308	145.92°

12-2 المسافات المصححة :-

يتم حساب المسافة المصححة بين كل محطتين اعتمادا على الإحداثيات المصححة لتلك المحطتين بحيث ينتج لدينا المسافة المصححة بينهما، ونستخدم في تلك العملية العلاقة التالية :

$$dis = \sqrt{(E_j - E_i)^2 + (N_j - N_i)^2} \quad \text{.....(2.15)}$$

13-2 الزوايا المصححة :-

يتم حساب الزوايا المصححة بالاعتماد على الانحرافات المصححة لكل خط وذلك باستخدام الفرق ما بين الانحرافات حسب موقع الزاوية ما بين الخطوط. ويتم استخدام العلاقة التالية في حساب الزوايا المصححة :

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

$$- = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D \quad \text{..... (2.16)}$$

وعن طريق استخدام برنامج Adjust في تصحيح المضلع تم الحصول على المسافات والزوايا المصححة ومقدار الدقة في كل منهما **كما** هو موضح بالجدول التالي:

الجدول (2-8) : المسافات والزوايا المصححة النهائية

Pnt	Pnt2	Pnt3	Measured	StdDev	Adjusted	Resid
2	3		104.301	0.005	104.280	- 0.021
1	2	3	195°11'05"	10.000	195°11'20"	15"
3	4		100.923	0.005	100.890	-0.033
2	3	4	172°39'55"	3.000	172°39'53"	-2"
4	5		123.226	0.005	123.225	-0.001
3	4	5	129°56'42"	7.000	129°56'12"	-30"
5	6		93.268	0.005	93.100	- 0.168
4	5	6	195°02'14"	4.000	195°02'07"	-7"
6	7		176.199	0.005	176.143	-0.056
5	6	7	190°40'28"	3.000	190°40'24"	-4"
7	8		133.838	0.005	133.827	-0.011
6	7	8	235°13'41"	5.000	235°13'23"	-18"
8	9		115.598	0.005	115.550	-0.048
7	8	9	115°04'13"	6.000	115°03'22"	-51"

14-2 الانحراف المعياري:-

$$S_0 = \sqrt{\frac{V^T \times V}{m-n}}$$ Where; *m*: number of observation, *n* : number of unknown…… (2.17)

15-2 Relative Error Ellipse:-

في هذا النوع من التصحيح يلزم الأمور التالية:

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

$(E_2, N2), (E_1, N_1)$

حيث أن طريقة التعامل كانت E=X و N=Y

$$\Delta x = x_2 - x_1$$
$$\Delta y = y_2 - y_1 \quad \text{…… (2.18)}$$

- كذلك يجب أن تتوفر لدينا (Q_{xx}) covariance matrix .

طريقة الحل باستخدام relative error ellipse حيث أن الخطأ في النقاط يكون على شكل ellipse والمعادلات التالية تبين طريقة الحل:

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = F \sum_{xx} F^T \quad \text{…… (2.19)}$$

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = \begin{bmatrix} s^2_{\Delta x} & s_{\Delta x \Delta y} \\ s_{\Delta x \Delta y} & s^2_{\Delta y} \end{bmatrix} \quad \text{…… (2.20)}$$

$$\Delta_x = x_2 - x_1$$
$$\Delta_y = y_2 - y_1. \quad \text{…… (2.21)}$$

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

$$\tan(2t) = \frac{2q_{\Delta x\Delta y}}{q_{\Delta y} - q_{\Delta x}} \quad \text{..... (2.22)}$$

$$q_{\Delta u} = q_{\Delta x}\sin^2(t) + 2q_{\Delta x\Delta y}\cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y}\cos^2(t)$$
$$q_{\Delta v} = q_{\Delta x}\cos^2(t) - 2q_{\Delta x\Delta y}\cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y}\sin^2(t). \quad \text{.....(2.23)}$$

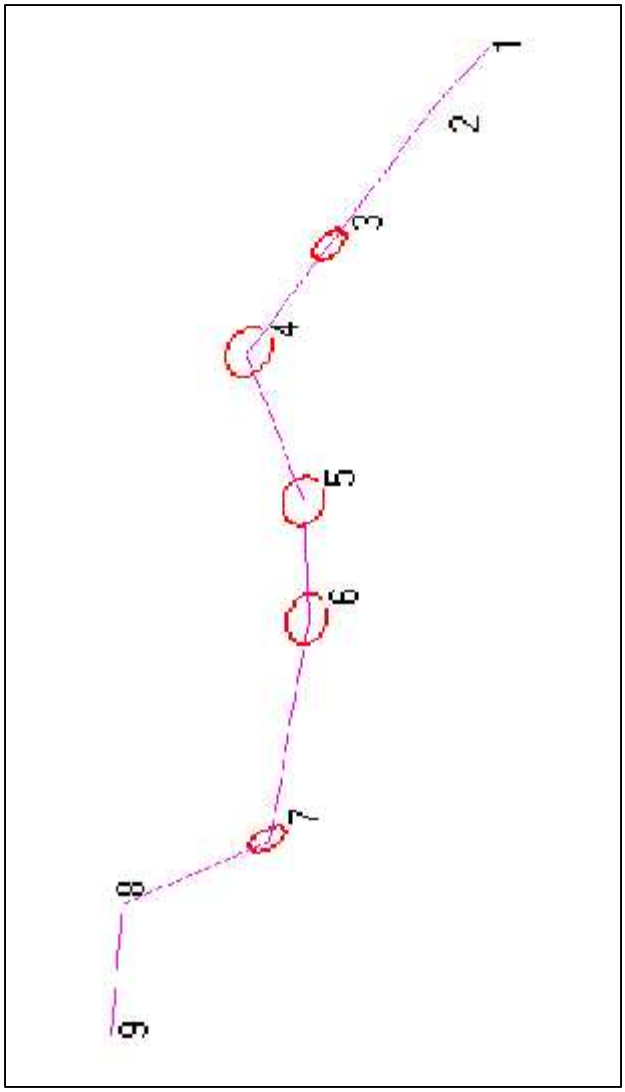
$$S_u = S_\circ\sqrt{q_{\Delta u}}$$
$$S_v = S_\circ\sqrt{q_{\Delta v}}\ldots \quad \text{..... (2.24)}$$

$$relative\,accuracy = \frac{S_{u(\max)}}{D_i} \quad \text{.....(2.25)}$$

حيث أن:

$S_{u(max)}$: هي طول الخط الذي توجد عنده D_i

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



الشكل (2-5) Relative Error Ellipse in Station of Traverse :

الفصل الثالث
أسس التصميم الهندسي للطرق

3-1 مقدمة :-

يشمل التصميم الهندسي للطرق على التصميم الأفقي الذي يغطي كل التفاصيل الخاصة بالتخطيط الأفقي لمسار الطريق، مثل طول المسار وزوايا ونقاط التقاطع وتصميم المنحنيات الأفقية وتحديد أنصاف أقطارها. ويشمل كذلك التصميم الرأسي الذي من خلاله يتم تحديد الانحدارات والمنحنيات الرأسية ومسافات الرؤية وجميع التفاصيل الخاصة بالحفر والردم. كما يحتوي على التصميم العرضي للطريق لتحديد عرض جسم الطريق وتصميم ميول السطح والميول الجانبية. ويجب أن يتماشى التصميم مع حجم المرور وسرعة المرور وتركيبة المرور وأن يؤدي إلى قيادة آمنة ومريحة.

3-2 تعريف التخطيط :-

بعد اتخاذ القرار بإنشاء طريق جديد أو إجراء تحسينات على طريق قديم، يلزم عمل دراسات مفصلة لمعرفة حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا على الطريق لمعرفة حجم السير وتركيبه، ومنه يتم تحديد درجة ومستوى الطريق المطلوب. وبعد ذلك يشرع القيام بمسوحات متعددة ومتنوعة على المنطقة التي يراد إنشاء الطريق عليها لتحديد المسار المفضل للطريق وهو ما يعرف بتخطيط الطريق. يعرف تخطيط الطريق بأنه عملية اختيار وتوقيع مسار الطريق على الطبيعة، وينقسم التخطيط إلى قسمين رئيسين هما :

١. تخطيط القطاع الأفقي للطريق: ويشمل كل الخطوط المستقيمة والمنحنيات الأفقية.
٢. تخطيط القطاع الطولي للطريق: ويشمل الانحدارات والمنحنيات الرأسية.

3-3 العوامل التي تتحكم في التخطيط :-

١. **حجم المرور**: يعتمد التخطيط بالدرجة الأولى على حجم السير الحالي والمستقبلي للمرور، وكذلك على أنواع المركبات وأوزانها.
٢. **نقط المرور**: وهي النقاط التي لا بد أن يمر منها مسار الطريق اضطراريا مثل الأنفاق والممرات الجبلية والمدن المتوسطة.
٣. **التكلفة**: وهي من العوامل الأساسية التي يتوقف عليها اختيار مسار الطريق، وتشمل تكاليف التخطيط والمصاريف الأولية للحصول على حرم الطريق، والتكاليف الخاصة بالأعمال الهندسية والتصميمات وتكاليف إنشاء الطريق والمنشآت والرصف وتكاليف الصيانة المستقبلية.

4-3 أنواع الطرق :-

تشمل أنظمة الطرق أنواعا ودرجات مختلفة ومتعددة تختلف مسمياتها بحسب أهميتها وسعتها والأداء الذي تؤديه والغرض الذي أنشئت من أجله. وتتدرج مختلف أنواع الطرق من ذات السرعة العالية والحجم الكبير إلى الشوارع المحلية بالمناطق الخلوية التي تحمل حركة مرورية قليلة. وقد تختلف التسميات والمصطلحات المستعملة لتعريف أنواع الطرق من دولة إلى أخرى حسب الأنظمة المتبعة، إلا أنه يمكن تلخيصها في أربعة أقسام وهي :

1-4-3 الطرق السريعة :-

وهي طرق شريانية مخصصة لخدمة المرور الطولي العابر بين المدن المتوسطة والمدن الكبرى ويسمح فيها بسرعات عالية للعربات، ويكون حجم المرور فيها مرتفعا جدا. وغالبا ما يمنع التقاطع السطحي مع هذا النوع من الطرق كذلك الاتصال المباشر مع الممتلكات المجاورة، ويتم تحديد الدخول والخروج من وإلى هذه الطرق من خلال نقاط محددة بحيث تدخل العربات تدريجيا دون أن تسبب أي خطر على السيارات المتواجدة.

2-4-3 الطرق الرئيسية :-

وهي طرق شريانية سريعة تستخدم للمرور الطولي العابر بين المناطق المختلفة والمدن ويسمح فيها بالتقاطع السطحي وبالاتصال المباشر مع الممتلكات المجاورة.

3-4-3شوارع التجمع :-

وتستعمل هذه الطرق لربط شبكات الطرق مع الشوارع المحلية.

4-4-3 شوارع محلية :-

وهي طرق داخلية تستعمل أساسا لخدمة المرور المحلي وربط مواقع السكن أو الأعمال أو الممتلكات المجاورة.

3-5 أسس عملية التصميم :-

تتوقف عملية تصميم الطريق على عدة عوامل، أهمها :

3-5-1 حجم المرور :-

3-5-1-1 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 أرض الواقع يتم حساب حجم المرور و كثافته عن طريق معرفة عدد السيارات التي تستخدم هذا الطريق للسير عليه. أما إذا أردنا فتح طريق جديدة فيتم حساب حجم المرور 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 أنه على أساس ذلك نقوم بتصميم الشارع.و يتم ذلك عن طريق حساب المعدل اليومي و السنوي للمرور.

3-5-1-2 تعريف حجم المرور:-

يقاس حجم المرور على طريق ما بعدد المركبات التي تمر بنقطة أو محطة على الطريق خلال فترة زمنية محددة. ويعتبر حجم المرور من العوامل الأساسية التي يتوقف عليها التصميم الهندسي للطرق، على أن يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا. ويختلف حجم المرور عن كثافة المرور والتي هي عبارة عن عدد المركبات التي تسير على مسافة معينة من الطريق.

وكما يتغير حجم المرور من ساعة لأخرى، وعليه فيجب حساب حجم المرور على مدار السنة على أساس الحد الأدنى والأقصى للمرور في كل ساعة من ساعات اليوم الواحد، ثم في كل يوم من أيام الأسبوع من هنا يتم تحديد الشهر الذي يصل فيه المرور إلى أعلاه أو أدناه. ويمكن التعبير عن حجم المرور بحجم المرور اليومي المتوسط وحجم المرور الساعي التصميمي.

3-5-1-3 حجم المرور على الطريق :-

نظرا بأننا نقوم بفتح طريق جديدة لا تسير فيها المركبات إلا نادرا بسبب عدم تأهيلها وتجهيزها فسوف نعتمد في التنبؤ بحجم المرور المستقبلي لهذا الطريق على دراسة المنطقة التي سوف يخدمها الطريق سواء أكانت منطقة سكنية أو صناعية أو زراعية، وكذلك الأخذ بعين الاعتبار المشاريع المقترحة والموجودة ضمن المخطط الهيكلي التي سوف تنفذ مستقبليا في تلك المنطقة.

وكما أوضح لنا قسم الهندسة في بلدية ترقوميا بأن هذا الطريق سوف يخدم تلك المنطقة بشكل ايجابي وملحوظ نظرا لازدياد عدد السكان وكثرة الإعمار فيها والإقبال المتزايد من قبل المواطنين على تلك المنطقة، وكذلك أنه طريق يؤدي إلى المعبر مرورا بالمنطقة الصناعية بالبلدة حيث أنه سوف يستفيد من هذا الطريق المصانع والمواطنون بشكل ايجابي. فقد بين قسم الهندسة في البلدية أنه يتطلب أن يكون عرض الطريق 12m كما هو موضح في المخطط الهيكلي للبلدة[1].

[1] - ملحق رقم (1)

3-5-2 سعة الطريق :-

تعرف سعة الطريق على أنها العدد الأقصى من المركبات التي لها توقع معقول بالمرور على الطريق خلال فترة زمنية معطاة وتحت الظروف السائدة للطريق والمرور. وتتوقف سعة الطريق على حجم وتركيبة المرور وعلى سرعة السير والتداخلات التي تتعرض لها حركة المرور. وتعتبر السعة من العناصر الأساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند تصميم القطاع العرضي للطريق لاستيعاب حجم المرور التصميمي المتوقع على الطريق. والجدول (3-1) يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات هيئة آشتو (AASHTO).

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

- وتتأثر سعة الطريق بعدة عوامل منها :

١. التخطيط الأفقي والرأسي : حيث تتسبب المنحنيات الأفقية الحادة والمنحنيات الرأسية القصيرة في تقليل سرعة الطريق وذلك يؤدي إلى تخفيض السعة.

٢. عرض الحارة: تتسبب الحارات والأكتاف الضيقة والعوائق على حافتي الطريق في تخفيض سعة الطريق.

٣. مركبات النقل: هي المركبات التي لها توقع معقول بالمرور على الطريق والتي تقلل من سعة الطريق وذلك بسبب تأثيرها على حركة المرور.

3-5-3 عربات التصميم :-

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

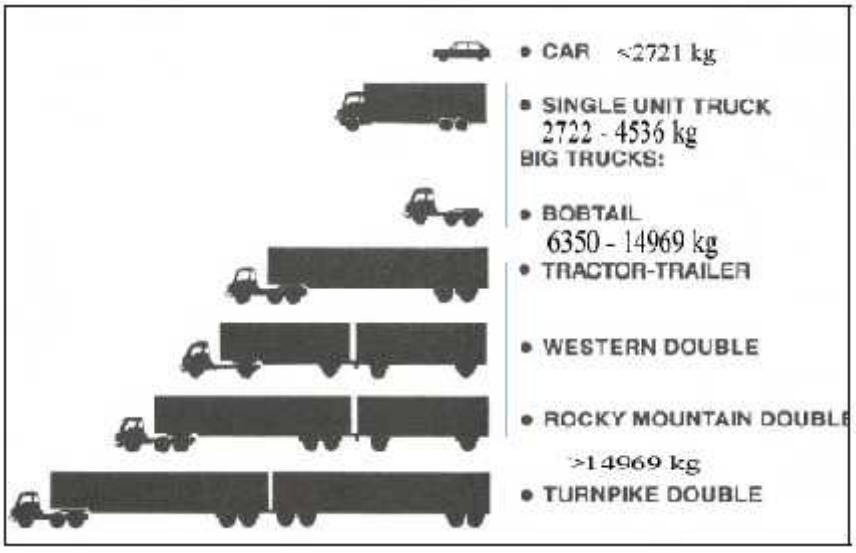
- الطول الكلي للمركبة؛
- العرض الكلي للمركبة؛
- ارتفاع المركبة؛
- وزن المركبة؛
- قدرة المركبة؛
- البعد بين العجل الأمامي والخلفي للمركبة؛

- البعد بين مقدمة المركبة والعجل الأمامي؛
- البعد بين مؤخرة المركبة والعجل الخلفي.

ومن الطبيعي أن يتم التركيز على خصائص المركبات الأكثر استخداما للطريق عند التصميم لأنها تشكل **النسبة الأكبر من حجم المرور**. وقد بينت الدراسات أن للشاحنات تأثيرا كبيراً على رصف الطريق ويزداد تأثيرها كلما زاد وزنها. ومن هنا كان لا بد من التعمق في دراسة أنواع المركبات من حيث أبعادها وعدد محاورها ومدى تأثيرها على الرصف. ويبين **الجدول** (3-2) الأبعاد الرئيسية للعربات **الخاصة ومركبات النقل والعربات** التجارية، والشكل (3-1) يبين أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها **حسب مواصفات** AASHTO.

جدول (3-2) : الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات هيئة AASHTO

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



شكل (3-1) :أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها [1]

[1] - مرجع رقم (٧)

3-5-4 السرعة التصميمية (Design Speed):-

تعرف السرعة التصميمية على أنها السرعة القصوى الآمنة التي يمكن المحافظة عليها فوق قطاع معين من طريق ما عندما تكون الظروف ملائمة لدرجة تسمح للظواهر التصميمية للطريق بالتحكم. وهناك فرق بين سرعة التصميم والسرعة الحقيقية التي يجب أن تسير عليها المركبات وهي أقل من الأولى بسبب الازدحام والظروف المحيطة بالطريق.

ويعد اختيار السرعة التصميمية أمرا بالغ الأهمية لارتباطه بسعة الطريق وأنصاف أقطار المنحنيات الأفقية وحدة الانحدارات ومسافة الرؤية وغيرها من العناصر التصميمية للطريق. فكلما زادت سرعة التصميم كلما كان الطريق مهيئا لاستيعاب أعداد كبيرة من المركبات وكانت منحنياته واسعة وانحداراته غير حادة وزادت فيه مسافة الرؤية.

- ويتوقف اختيار السرعة التصميمية على عدة عوامل أهمها:

١. طبوغرافية المنطقة وتضاريسها؛
٢. حجم المرور؛
٣. تركيب المرور.

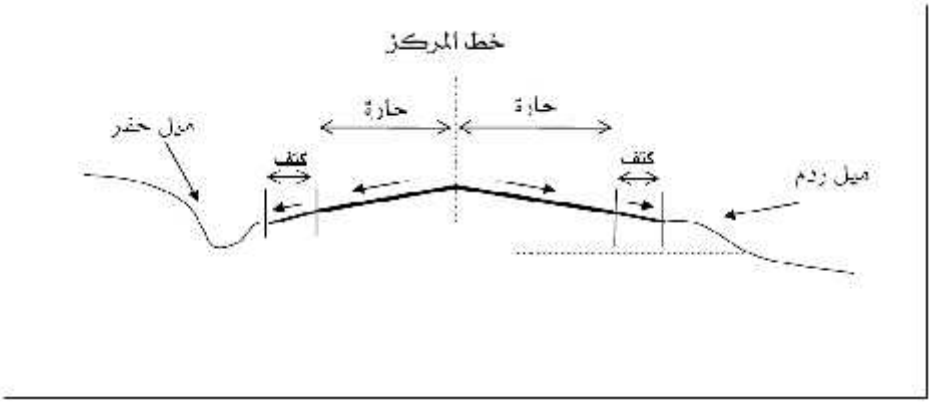
وتتراوح السرعة التصميمية من 30 إلى 120 كم/ الساعة وقد تتغير على نفس الطريق بسبب التغير في الملامح الطبيعية للطريق، إلا أنه ينصح بتجنب التغييرات المفاجئة في السرعة التصميمية على امتداد أي طريق وبصفة خاصة على الطرق السريعة. وبما أن الطريق الذي نقوم بتصميمه وتأهيله هو عبارة عن طريق محلي (Local) فسوف تكون السرعة التصميمية المرغوبة لهذا الطريق 50 كم/ساعة.

جدول (٣-٣): السرعة التصميمية للطرق الحضرية حسب مواصفات هيئة AASHTO

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

3-5-5 قطاع الطريق :-

يتوقف التصميم الهندسي للعناصر المختلفة لقطاع الطريق على أهمية الطريق ومدى الاستفادة من هذه الطريق. فالطرق التي يمر عليها عدد كبير من العربات وبسرعات عالية تتطلب مواصفات تختلف عن تلك التي تتطلبها الطرق التي يمر عليها عدد قليل من المركبات وبسرعات منخفضة. وتشمل هذه المواصفات على عدد وعرض الحارات، حدة الانحدارات الطولية: درجة المنحنيات الأفقية، عرض الأكتاف وغيرها. فالطرق الرئيسية مثلا تصمم لاستقطاب أحجام عالية من المرور بسرعات عالية فتتطلب إلى عدد كبير من الحارات العريضة وانحدارات طولية صغيرة ومنحنيات منبسطة ذات أنصاف أقطار كبيرة نسبيا. والشكل (3-2) يوضح نموذج من مقطع عرضي لطريق بحارتين.



شكل (3-2) : نموذج من مقطع عرضي لطريق بحارتين [1]

3-5-6 حارة الطريق :-

الحارة هي الجزء المرصوف من الطريق والمخصص لسير صف واحد من العربات، ولها دوراً أساسياً في تسهيل القيادة وجعلها آمنة حيث يعتمد الموقف الذي يختاره السائق عند اجتيازه العربات الأقل سرعة منه أو عند مقابلته للعربات القادمة في اتجاهه على العرض المخصص للحارة التي يسير عليها. ويتوقف تصميم عرض الحارة على أهمية الطريق وعلى السرعة التصميمية وحتى تكون القيادة سهلة وآمنة فإن المواصفات العالمية تنص على أن لا يقل العرض التصميمي للحارة عن 3 أمتار في الطرق المحلية ولا يقل عرض الحارة عن 3.75 متراً في الطرق الرئيسية.

وتنقسم الطرق من حيث عدد الحارات إلى عدة أقسام، فهناك طرق بحارة واحدة كالطرق القروية التي تستوعب عددا محددا من المركبات فلا تحتاج لأكثر من حارة واحدة. وهناك طرق بحارتين واحدة للذهاب والأخرى للإياب وهي تشكل أغلب أنواع الطرق وتتطلب مسافة رؤية واضحة تمكن السائق من التجاوز بأمان. وهناك طرق بأكثر من حارتين (ثلاث أو أربعة حارات) تستخدم في حالة السير المكثف والسرعات العالية للعربات.

[1] - مرجع رقم (٧)

وحسب حجم المرور المتوقع للطريق سوف يتم التصميم على أساس تقسيم الطريق إلى ثلاثة حارات حيث يكون عرض كل حارة لا يقل عن 3.00m حسب مواصفات هيئة AASHTO.

3-5-7 الأرصفة:-

تعتبر الأرصفة داخل المدن جزء مكمل للشوارع. أما الشوارع المارة بالقرب من الضواحي عند مناطق المدارس والمصانع والأسواق فالحاجة إليها تكون ملحة. وبالطبع تعتبر الأرصفة حالة خاصة جدا ووجودها يتوقف على مرور المشاة وعلى سرعة وعدد العربات المارة هذا بالإضافة إلى إمكانية وجود خطر بالنسبة للمشاة في هذه المناطق. وفي هذا المشروع سوف يتم تصميم الأرصفة على عرض 1.2m .

3-5-8 الجزر الفاصلة :-

تقام الجزر الفاصلة من أجل فصل حركة المرور المعاكسة لتحقيق الأمان و السلامة، و جميع الطرق الحديثة مزودة بجزر فاصلة و خاصة إذا كانت من أربع مسارات أو أكثر.

إن عرض الجزر الفاصلة يجب أن يكون كافي و ذلك من اجل تحقيق الغرض الذي من اجله أنشأت، و خاصة لتقليل تأثير الأضواء الصادرة من الاتجاه المعاكس ليلا، و كذلك حماية العربات المعاكسة من التصادم و لإتاحة التحكم في المناطق المسموح فيها الدوران في حالة التقاطعات السطحية، و يتراوح عرض الجزر بين (1.8-1.25م) أو أكثر و ليس من الضروري أن يكون هذا العرض ثابت على طول الطريق.

3-5-9 الأطاريف:-

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

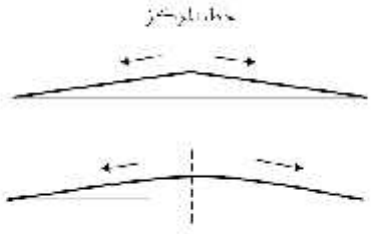
تقوم الأطاريف غالباً بغرض أو أكثر من هذه الأغراض. وتتميز الأطاريف بأنها بروز ظاهر أو حافة قائمة وتبدو الحاجة إليها كثيراً في الطرق المارة بالمناطق السكنية كما أن هناك مواقع بعض الحالات في الطرق الخلوية يلائمها بل ويجب أن يعمل لها الأطاريف

3-5-10 سطح الطريق :-

تتوقف طبيعة السطح المرصوف على نوع وأهمية الطريق وتركيبة المرور ونوعية مواد الرصف المستعملة وخبرة شركات الرصف وتكلفة الإنشاء وصيانة الطرق. 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 جداً قد تتسبب في انزلاق السيارات ووقوع حوادث خاصة عندما تكون هذه السطوح مبتلة. وأما السطوح الخشنة فهي غالبا ما تخصص للمرور الأقل حجماً والبطيء نسبياً وتولد أصوات قد تكون مزعجة في بعض الأحيان.

3-5-10-1 الميول العرضية :-

يتم عمل ميول عرضية لسطح الطريق من الجهتين لخط محور الطريق وذلك لتصريف مياه الأمطار. وتتوقف قيم الميول العرضية على نوع الرصف، فيستعمل الميل البالغ 2% للطرق المعبدة، والميل البالغ 3% للطرق الغير معبدة مع الملاحظة أن الأكتاف تميل بنسبة أكبر من الحارات، ويأخذ سطح الطريق عدة أشكال وعدة حالات من الميول، فهناك الميول المنتظمة وهناك الميول المنحنية على شكل مكافئ كما هو موضح بالشكل التالي:



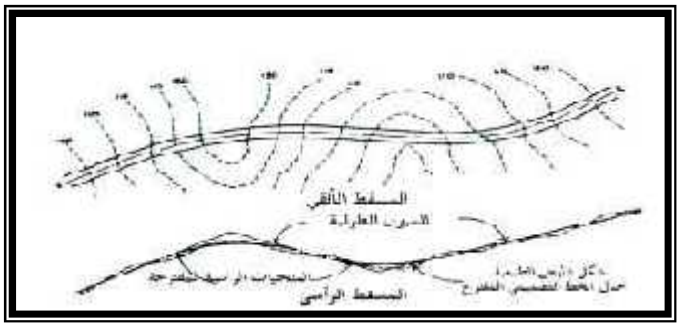
الشكل (3-3): الميول العرضية [1]

3-5-10-2 الميول الجانبية :-

وهي الميول الخاصة بانحدار جانبي الطريق سواء الجسور أو القطوع 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.

3-5-10-3 الميول الطولية:-

في المناطق المستوية يتحكم نظام صرف الأمطار في المناسيب. وفي المناطق التي يكون فيها مستوى المياه في نفس مستوى الأرض الطبيعية فإن السطح السفلي للرصف يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه بحوالي 0.5 متر على الأقل. وفي المناطق الصخرية يقام المنسوب التصميمي بحيث تكون الحافة السفلية لكتف الطريق أعلى من منسوب الصخر بـ0.3 متر على الأقل، وهذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير الضروري. ويعتبر الميل 0.25% هو أقل ميل لصرف الأمطار .



الشكل (3-4): الميول الطولية [2]

[1] - مرجع رقم (٧)
[2] - مرجع رقم (٥)

6-3 المنحنيات الأفقية والرأسية :-

3-6-1 مقدمة:-

المنحنيات هي عبارة عن أشكال ذات علاقة رياضية معينة نستطيع بها أن نصل خطين مستقيمين وذلك بتغيير زاوية سير أحد الخطين تغييرا تدريجيا حتى يلتقي بالخط الثاني.

وتعتبر دراسة المنحنيات ذات أهمية كبيرة في كثير من المشروعات الهندسية ذات المحاور الطولية التي يتصل بعضها ببعض كالطرق وخطوط السكك الحديدية وخطوط الأنابيب. وتستخدم المنحنيات عموماً في الأعمال الهندسية بتغيير اتجاه خط مستقيم إلى اتجاه آخر سواء أكان ذلك في المستوى الأفقي (منحنيات أفقية) أوفي المستوى الرأسي (منحنيات رأسية).

3-6-2 أنواع المنحنيات :-

أولاً : المنحنيات الأفقية (Horizontal Curve) :-

في حالة تقاطع محورين مستقيمين عند زاوية تقاطع في المستور الأفقي فإن المنحنى الذي يصل المستقيمين يطلق عليه المنحنى الأفقي، ويصل المنحنى الأفقي المحورين لتفادي التغيير المفاجئ في الانحراف، ويكون هذه المنحنى مماسا لهما. ويمكن تقسيم المنحنيات الأفقية إلى أربعة أنواع:

١. المنحنى الدائري البسيط (Simple Circular Curve) :

وهو عبارة عن قوس من دائرة نصف قطرها ثابت ويصل بين اتجاهين مستقيمين متقاطعين ويكون مماسا لهما وهذا النوع يعد من أبسط أنواع المنحنيات في التوقيع والتخطيط. الشكل (3-5/ أ).

٢. المنحنى الدائري المركب (Compound Circular Curve) :

هو عبارة عن منحنى مكون من قوسين دائريين أو أكثر ونصفي قطريهما مختلف ولهما نفس اتجاه الانحناء أي أن مراكز هذه الأقواس الدائرية تكون على جهة واحدة بالنسبة للقوس ولكل قوسين متتاليين مماس مشترك عند نقطة اتصالهما، ويتم استعمال هذا النوع من المنحنيات في الحالات التي يكون فيها الأراضي جبلية ووعرة لتفادي كميات الحفر أو عمل أنفاق وأيضا يستعمل في حالة وجود عقبات وموانع لا يمكن إزالتها.
وعموما يجب عدم استعمال المنحنيات المركبة إلا إذا تطلبت طبيعة الأرض وظروف المشروع ذلك؛ إذ أنه غير مرغوب فيه هندسيا. الشكل 3-5/ب).

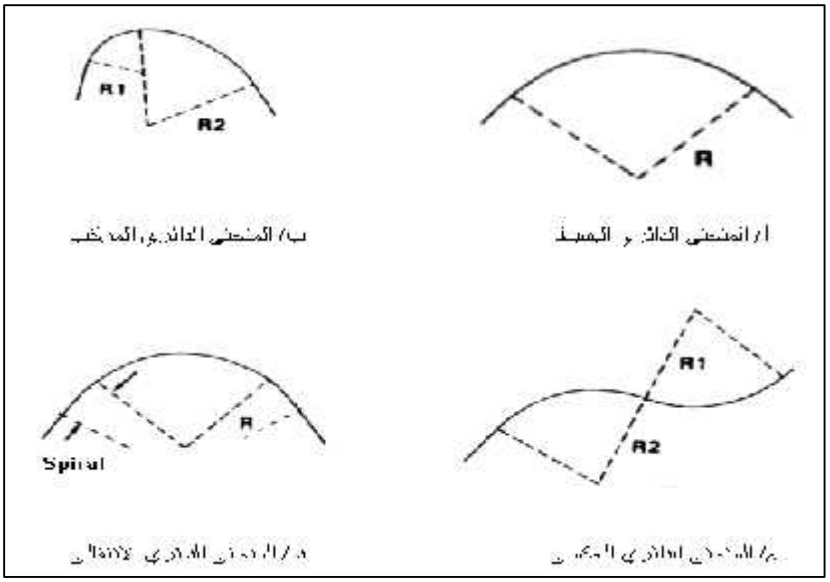
٣. المنحنى الدائري العكسي (Reverse Circular Curve) :

وهو مثل المنحنى المركب ولكن اتجاه القوس في أحد القوسين يكون مخالفا لاتجاه التقوس الذي يليه أي أن مركزي كل منحنيين متتاليين ليسا في جهة واحدة من المماس المشترك. وأنصاف الأقطار قد تكون متساوية أو مختلفة، ويستخدم هذه النوع لإيصال طريقين شبه متوازيين أو متوازيين وفي الطرق الفرعية، حيث حركة

المرور بطيئة جدا. نظراً لأن الانعكاس المفاجئ في الانحناء غير مرغوب فيه على الطرق السريعة. لذا يجب أن نتجنب ما أمكن استعمال هذه المنحنيات على الخطوط السريعة وقصر استعمالها في الخطوط الفرعية والجانبية. الشكل (3-5/ ج).

٤. المنحنى الانتقالي (Spiral Curve) :

منحنى الانتقال هو منحنى غير دائري يتغير قطره تدريجيا من أي نقطة عليه، ويبدأ بنصف قطر قيمته لا نهائية عند نقطة التماس الأولى ويقل تدريجيا إلى أن يصل إلى طول نصف قطر المنحنى الأصلي عند نقطة اتصاله بالمنحنى الدائري البسيط، ثم يزداد طول نصف القطر إلى أن يصل قيمة لا نهائية عند نقطة التماس الثانية حيث يتطابق مع المستقيم التالي. وتستعمل المنحنيات الانتقالية (المتدرجة) في كثير من مشاريع الطرق وخصوصا الطرق السريعة والسكك الحديدية للتخلص من تغيير الانحناء المفاجئ الناتج من الانتقال من خط مستقيم إلى منحنى وكذلك لتلاشي القوة الطاردة المركزية فجأة.الشكل (3-5/ د).



الشكل (3-5): أنواع المنحنيات الأفقية [١]

[١] - مرجع رقم (١٠)

ثانياً : المنحنيات الرأسية (Parabola Vertical Curve) :-

عندما يتقاطع المحوران المستقيمان عند زاوية تقاطع في مستوى رأسي فإن المنحنى الذي يصل المحورين المستقيمين يسمى منحنى رأسي. وتستخدم لتلافي خطين في المستوى الرأسي ولإعطاء معدل تغير منتظم في الانحدار ويرمز لميله بالرمز g فإذا كان الميل لأعلى تكون + g **وإذا كان لأسفل** – g .

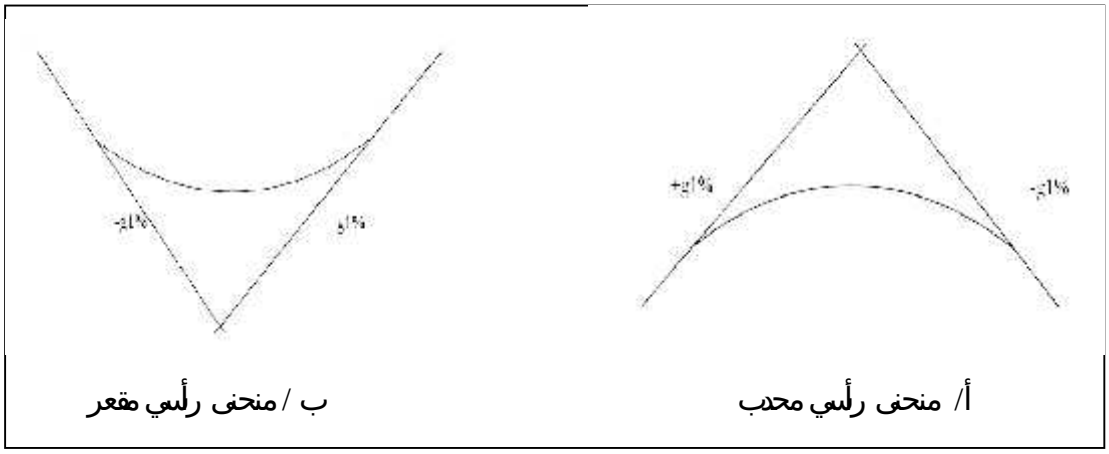
- تقسم المنحنيات الرأسية إلى نوعين رئيسين حسب ميول المحورين اللذين يربطهما المنحنى الرأسي:

١. منحنيات رأسية محدبة :

وهي المنحنيات الرأسية التي لها شكل تل أو مرتفع أو قمة كما هو موضح بالشكل.(3-6 / أ).

٢. منحنيات رأسية مقعرة :

وهي المنحنيات الرأسية التي لها شكل واد أو منخفض كما هو موضح بالشكل (3-6 /ب).



أ/ منحنى رأسي محدب ب / منحنى رأسي مقعر

الشكل (3-6): أنواع المنحنيات الرأسية [١]

ويتخذ المنحنى الرأسي عادة شكل قطع مكافئ بسيط محوره رأسي وقد وجد أن القطع المكافئ هو أفضل المنحنيات التي تصل محاور الخطوط في المستوى الرأسي نظراً لسهولة توقيعه ولخواصه الهندسية التي تتفق ومتطلبات المنحنى الرأسي، وتعتمد العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنى الرأسي على عدة عوامل منها:

١. معدل التغير في الميل بين جزأي الطريق.
٢. السرعة التصميمية للطريق.
٣. طبيعة الأرض وطبوغرافيتها.
٤. نوع المنحنى المستخدم (مقعر أو محدب).
٥. مسافة الرؤية المطلوبة.
٦. نوع الطريق (سريع – داخلي).

[١] - مرجع رقم (١٠)

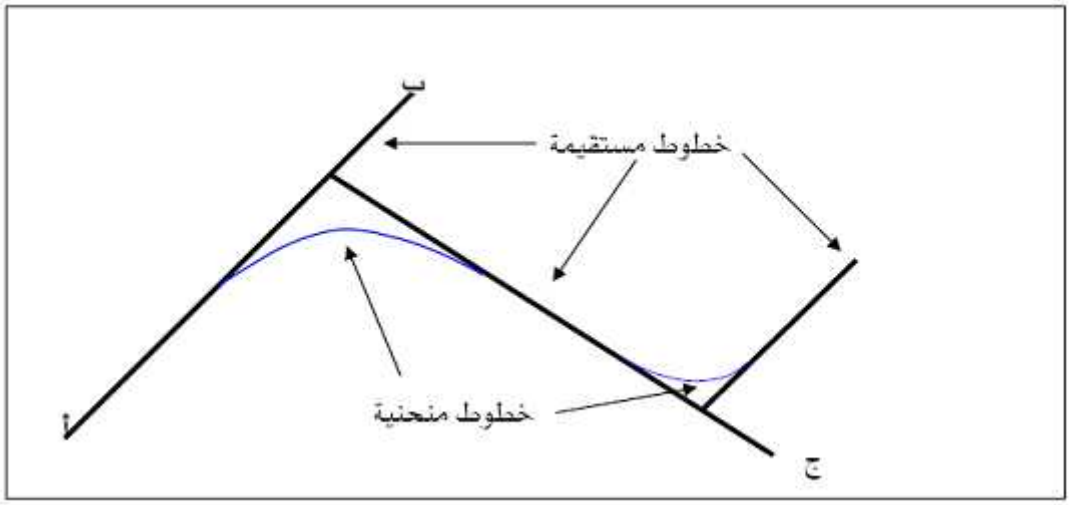
7-3 التخطيط الأفقي (Horizontal Alignment):-

يشمل مسار الطريق في المسقط الأفقي سلسلة متتالية من الخطوط المستقيمة يطلق عليها مماسات مربوطة ببعضها بواسطة منحنيات دائرية. وتنحصر أعمال التخطيط الأفقي في تصميم الأجزاء المستقيمة والأجزاء الدائرية المكونة للطريق، وذلك بحساب أطول أضلاع المسارات وتحديد زوايا انحرافها ونقاط تقاطعها وتصميم المنحنيات الأفقية وتحديد أطوالها وحساب أنصاف أقطارها وميولها.

ومن أهم العوامل التي تؤثر في التخطيط الأفقي هي السرعة التصميمية والمنحنيات الأفقية. وللحد من أخطار القيادة ولتوفير أكثر راحة للسائق يجب أن يكون التخطيط منتظما بحيث يتجنب الانتقال المفاجئ من الأجزاء المستقيمة إلى المنحنيات الحادة أو الانتقال المفاجئ من المنحنيات المنبسطة إلى المنحنيات الحادة وتجنب المنحنيات المعكوسة.

1-7-3 تخطيط المنحنيات الأفقية :-

في الكثير من الأحيان يواجه المصمم للطرق مهمة وصل الخطوط المستقيمة والمتقاطعة لمسار الطرق بمنحنيات غايتها تفادي التغيير المفاجئ في الاتجاه وتسهيل الانتقال التدريجي بين هذه الخطوط المتقاطعة. وتأخذ المنحنيات الأفقية أشكال أقواس دائرية أو حلزونية تربط بين الاتجاهين المستقيمين والمختلفين كما هو موضح في الشكل (3-7)، وحتى لا تنتقل العربة من الاتجاه الأول (أ ب) إلى الاتجاه الثاني (ب ج) بشكل مفاجئ، فإن ذلك يحتاج إلى الانتقال التدريجي من خلال خط منحني يربط الاتجاهين.



الشكل (3-7): ربط خطوط مستقيمة بأقواس دائرية [1]

[1] - مرجع رقم (٧)

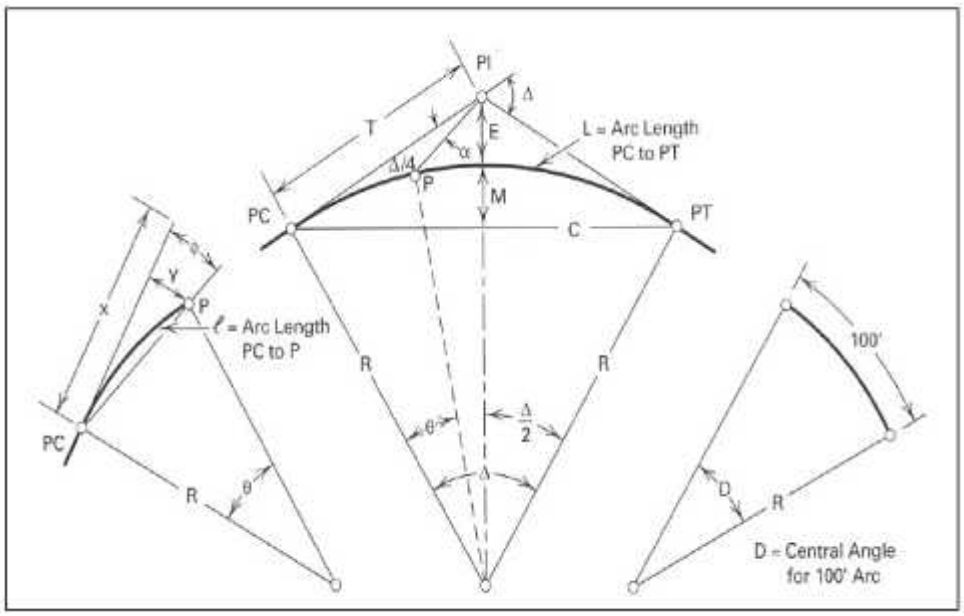
- وهناك عدة عوامل تؤثر في تخطيط المنحنيات الأفقية أهمها:

١. طبوغرافية المنطقة.
٢. **القطاع الحاكمة.**
٣. **وجود عوائق على المسار**
٤. **العوامل الاقتصادية.**

وعند مرحلة التصميم يجب الأخذ بعين الاعتبار العلاقة بين السرعة التصميمية، نصف قطر المنحنى وقوة الطرد المركزية. وفي حالة التصميم للسرعات العالية يفضل أن تكون المنحنيات طويلة ومنبسطة ذات أنصاف أقطار كبيرة لتفادي قوى الطرد المركزية العالية. **كما** يفضل استخدام منحنيات انتقالية لربط الأجزاء المستقيمة من الطريق بالأجزاء الدائرية لضمان الانتقال التدريجي بينهما.

3-7-2 تصميم المنحنيات الدائرية:-

من ملاحظة الشكل (3-8) الذي يوضح عناصر المنحنى الدائري البسيط نجد أن طول المماسين متساويين لأنهما مماسين لنفس الدائرة وهما عموديين على نصف قطر المنحنى من الجهتين عند النقطة P.C,P.T وطول الخط الواصل بين النقطة P.I **ومركز المنحنى** O ينصف الزاوية المركزية للمنحنى لتطابق المثلثين (P.C-O-P.I)، (P.T-O-P.I) ويكون رأسيا على الوتر (c) **ومنصفا** له، والزاوية المحصورة بين **المماس والوتر تساوي** نصف الزاوية المركزية $\Delta/2$.



الشكل (٣-٨): عناصر المنحنى الدائري [١]

[١] - مرجع رقم (٧)

- بالرجوع إلى الشكل (3-8) يتم استخدام المعادلات التالية لتصميم المنحنيات الدائرية [1] :

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	$D = \frac{5729.58}{R}$ $L = \frac{2\pi R\Delta}{360}$ $l = \frac{100\theta}{D}$ $T = R\tan\frac{\Delta}{2}$ $E = R\left(\sec\frac{\Delta}{2} - 1\right)$ $M = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right)$ $C = 2R\sin\frac{\Delta}{2}$ $\phi = \frac{\theta}{2} = \frac{lD}{200}$ For any tangent distance x: $y = R - \left[R^2 - x^2\right]^{1/2}$ For any arc length: $x = R\sin\theta$ $y = R(1 - \cos\theta)$

8-3 المنحنيات الانتقالية (Transition Curves) :-

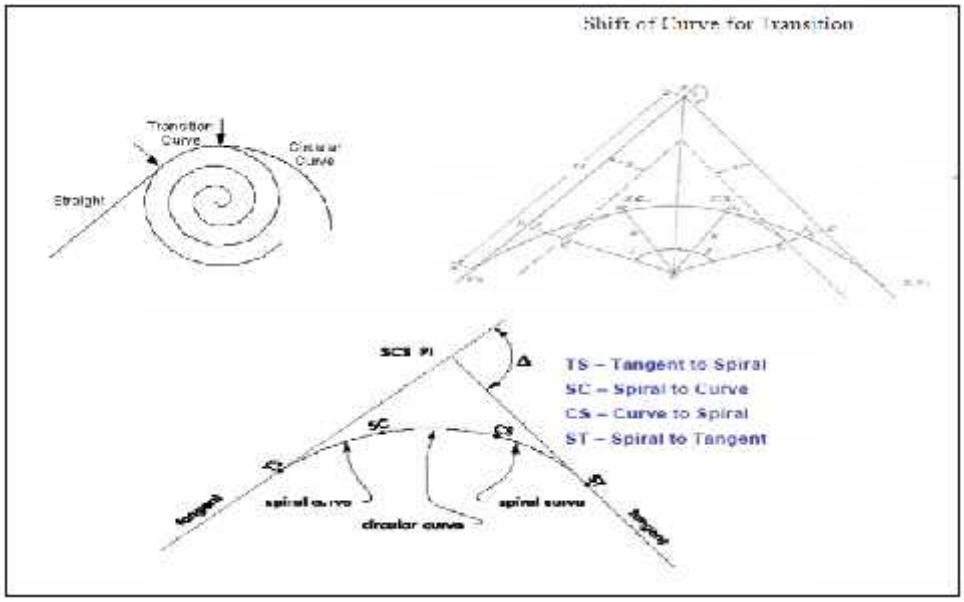
يستخدم المنحنى الانتقالي في جميع المنحنيات الأفقية وتأتي أهمية المنحنى الانتقالي من (اللولبية) بين المماس والمنحنى الدائري لنقل المركبة من طريق مستقيم إلى طريق منحني ، وفي المنحنى الانتقالي تتناسب درجة المنحنى مع طول اللولب وتزداد من صفر عند المماس لدرجة المنحنى الدائري عند النهاية . وعلى هذا فمن المستحسن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

ويتم حساب طول المنحنى الانتقالي من خلال المعادلة التالية:

$$L = (V^3/(a*R)) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3.1$$

L =	طول للمنحنى الانتقالي
V =	السرعة التصميمية (كم/ساعة)
R =	نصف قطر المنحنى الدائري (م)
a =	معدل التغير في التسارع القطري (م/ث٣)

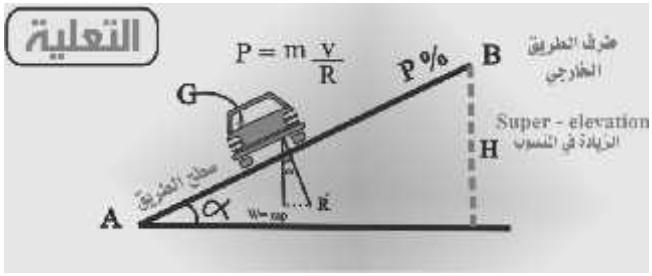
[1] - مرجع رقم (٧)



الشكل (3-9): المنحنيات الانتقالية[1]

3-9 القوة الطاردة المركزية:-

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من اللانهاية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر. ولمنع تغير قيمة القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة لتشكل حلقة وصل بين الجزء المستقيم والمنحنى الدائري، وبالتالي تعمل على امتصاص القوة الطاردة المركزية بشكل تدريجي حيث أن المركبة سوف تسير أولا على الجزء المستقيم ذو نصف القطر الكبير جدا أي دون تأثير للقوة الطاردة المركزية ثم تبدأ المركبة دخول المنحنى، عندها سوف تبدأ قيمة القوة الطاردة المركزية تتزايد بشكل منتظم وتدريجي إلى أن تدخل المنحنى الدائري الذي نصف قطره ثابت ومحدد فتثبت القوة الطاردة وتبقى إلى نهاية المنحنى الدائري ثابتة، وعند دخولها المنحنى المتدرج الثاني فإن قيمة القوة الطاردة الثابتة سوف تبدأ بالتناقص بشكل تدريجي نتيجة لتزايد نصف القطر على المنحنى المتدرج الثاني إلى لحظة دخول المركبة إلى الجزء المستقيم فتتلاشى القوة الطاردة المركزية.



الشكل (3-10) : تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات [2]

[1] - مرجع رقم (١٤)
[2] - مرجع رقم (٥)

ويتم حساب معدل ارتفاع ظهر المنحنى من خلال العلاقة التالية :

$$P = \frac{wv^2}{gR} = \frac{mv^2}{R}$$

حيث أن :-

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

10-3 التعلية :-

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

ويمكن حساب قيمة التعلية وفقا للمعادلات التالية:-

$$e + f = \frac{(0.75 \times v)^2}{127 \times R} \quad \text{.....(3.2)}$$

حيث أن:-

R : هي نصف القطر الدائري بالمتر.

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

- f: هي معامل الاحتكاك الجانبي.
- e : أقصى معدل رفع جانبي بالمتر.

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

$$V = \sqrt{[127R(e\max + f\max)]} \quad \text{.....(3.3)}$$

وتؤخذ قيم f من الجدول (3-4) حسب مواصفات هيئة AASHTO

الجدول (3-4) : قيم f حسب مواصفات هيئة AASHTO

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	قيم f
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15
70	0.14
80	0.14
90	0.13
100	0.12
110	0.11
120	0.09

واعتمادا على الجدول أعلاه فإن قيمة معامل **الاحتكاك الجانبي** f=0.17 حيث أن السعة التصميمة 40**كم/ساعة**

جدول(3-5): قيم الرفع الجانبي المرغوبة لعدة طرق مختلفة [1]

درجة الطريق	أقصى قيمة رفع جانبي للطريق مرغوبة (متر/متر)	أقصى قيمة رفع جانبي مطلقة (متر /متر)
طريق سريع	0.08	0.09
طريق شرياني	0.08	0.09
طريق تجميعي	0.08	0.10
طريق محلي	0.10	0.10

وبما أن الطريق المراد تصميمه في هذا المشروع عبارة عن طريق محلي فسوف تكون قيمة الرفع الجانبي له 0.10

[1] - مرجع رقم (٢)

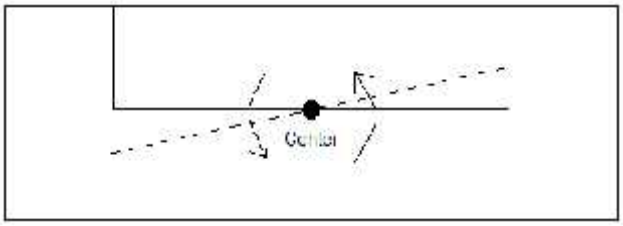
الجدول (3-6): الحد الأدنى المطلق لنصف القطر حسب مواصفات هيئة AASHTO

R (m)				*f*	v (km/h)
e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04		
25	30	30	35	0.17	30
45	50	50	60	0.17	40
75	80	90	100	0.16	50
115	125	135	150	0.15	60
160	175	195	215	0.14	70
210	230	250	280	0.14	80
275	305	335	375	0.13	90
360	395	435	490	0.12	100
455	500	560	635	0.11	110
595	665	755	870	0.09	120

11-3 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق (التعلية) :-

- **الطريقة الأولى :-**

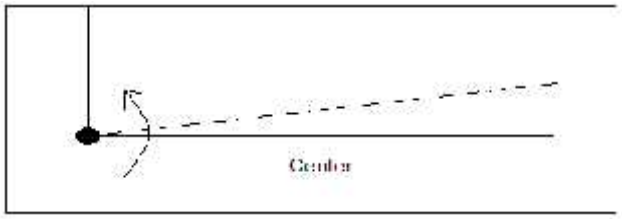
يبقى محور الطريق ثابتا، ويبدأ جانب الطريق بالارتفاع والدوران حول المحور وبنفس الوقت يبقى الجانب الآخر ثابتا حتى يصبح كامل السطح على استقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالانخفاض، والجانب الأول بالارتفاع ويبقى سطح الطريق على استقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يتحقق الميلان المطلوب،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



الشكل (3-11): الدوران حول المحور

- **الطريقة الثانية :-**

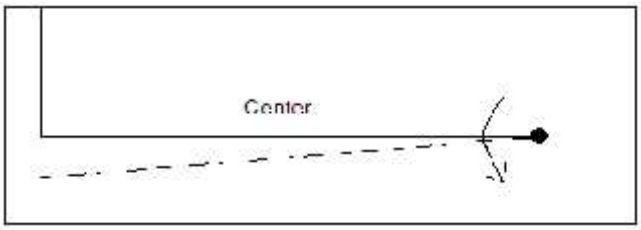
يرتفع الجانب الخارجي للطريق (ظهر المنعطف)، ويبقى الجانب الثاني ثابتا حتى يصبح كامل سطح الطريق على استقامة واحدة بميل 2%، عند ذلك يدور كامل سطح الطريق حول حافة الطريق الداخلية و(ليس حول محور)، بحيث أن كامل سطح الطريق يرتفع بدلا من ارتفاع نصفه حتى يصل السطح إلى الميلان المطلوب.



الشكل (3-12): الدوران حول الحافة الداخلية

- **الطريقة الثالثة :-**

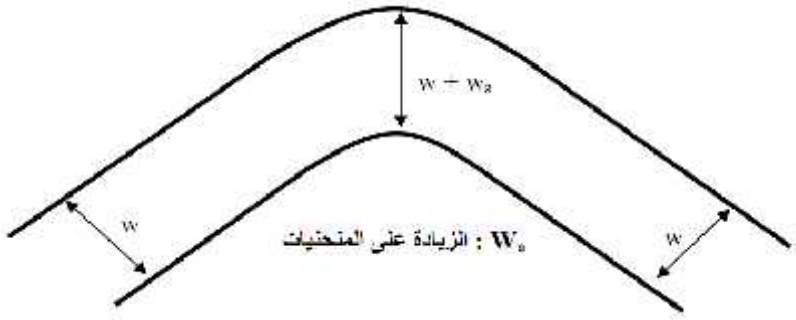
يبدأ كامل سطح الطريق بالانخفاض و الدوران حول طرف الطريق الخارجي (ظهر المنعطف)، حتى يصبح سطح الطريق على استقامة واحدة، بعدها يحصل دوران لكامل السطح حتى يصل للميلان المطلوب.



الشكل (3-13): الدوران حول الحافة الخارجية

3-12 توسيع المنحنيات :-

من المناسب توفير زيادة الرصف عند المنحنيات كما هو موضح بالشكل (3-14) حتى يهيئ ظروف قيادة مشابهة للطريق المستقيم ويضمن ثبات واستقرار المركبات على المنحنى ويسهل امكانية التجاوز بأمان. **والجدول** (3-7) يعطي بعض القيم الارشادية للزيادة في توسيع المنحنيات وكما هو مبين كلما كان المنحنى حادا كانت الزيادة معتبرة.



الشكل (3-14) : زيادة الرصف على المنحنيات [١]

الجدول (3-7) : بعض القيم الارشادية للزيادة في توسيع المنحنيات [٢]

نصف قطر المنحنى (متر)	إلى 60	150 - 60	300 - 151	900 - 301	أكبر من 900
الزيادة (متر)	1.20	0.90	0.60	0.30	—

- من الأسباب التي تدفعنا لتنفيذ التوسعة على المنحنيات هي:-

١ – عند المنحنى لا تتبع العجلات الخلفية العجلات الأمامية.
٢ – يزداد العرض مما يساعد على رؤية المركبة القادمة بسهولة.
٣- لا تلتصق السيارة تماما بالرصف على المنحنى.

لحساب مقدار التوسعة على المنحنيات نطبق العلاقة التالية:-

$$w = \left[\left(\frac{nI^2}{2R}\right)+\left(\frac{V}{9.5\sqrt{R}}\right)\right] \quad \text{.....(3.4)}$$

حيث أن:-
w : زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات.
n : عدد الحارات.
I : اتساع قاعدة العجل لأطول عربة و تؤخذ عادةً حوالي 6.1 متر.
V : السرعة التصميمية على المنحنى.
R : نصف قطر المنحنى.

[١] - مرجع رقم (٧)
[٢] - مرجع رقم (٧)

13-3 التخطيط الرأسي (Vertical Alignment):-

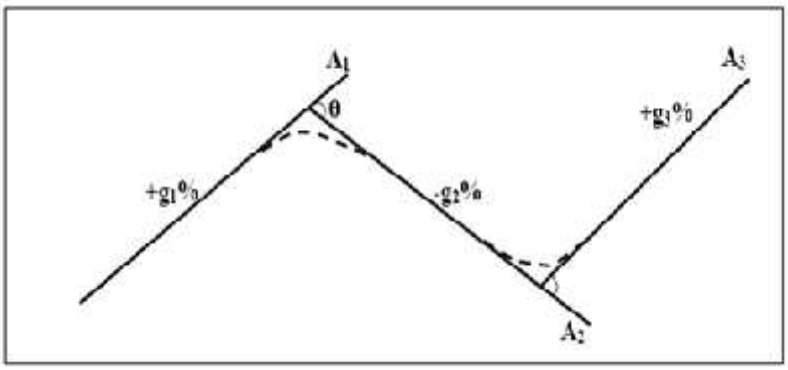
إن عملية الانتقال من اتجاه إلى اتجاه آخر في المستوى الراسي تتم من خلال عمل منحنيات راسية تسهل هذه العملية, حيث انه يجب أن تتوافر المواصفات التالية في هذه المنحنيات:

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

1-13-3 تخطيط المنحنيات الرأسية :-

يتكون القطاع الطولي للطريق من سلسلة من المماسات أو الخطوط المستقيمة المتتالية والمتصلة بمنحنيات رأسية على شكل القطاع المكافئ. ويشمل التخطيط الرأسي تحديد انحدار الخطوط المستقيمة وتصميم منحنيات رأسية بينها وتحديد أطوال هذه المنحنيات وعناصرها. وبتحديد المحور الرأسي للطريق تتحدد مناسيب الرصف والمسائل التي تتعلق بالتنفيذ كالحفر والردم والصرف كما موضح في الشكل (3-15).

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 على سطح الأرض الطبيعية بالمقدار الذي يسمح بتصريف المياه السطحية بسهولة.



الشكل (3-15): نموذج من منحنيات رأسية [١]

ومن الشكل السابق نستنتج أن :

[١] - مرجع رقم (٧)

$$A_1 = \tan\theta$$

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

$$A_1 = \frac{g_1 + g_2}{100}$$

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

$$A_2 = -\frac{(g_2 + g_3)}{100}$$

حيث A: الفرق الجبري بين انحداري المماسين المحيطين بالمنحنى.

وقد بينت الدراسات أن جميع العربات الخاصة تستطيع صعود الانحدارات التي تصل إلى 8% بسهولة ولا تتأثر سرعتها كثيرا، على عكس مركبات النقل التي تتأثر سرعتها بشدة الميول. **والجدول** (3-8) يعطي بعض القيم الخاصة بالانحدارات القصوى المقبولة التي حددتها هيئة AASHTO على أساس السرعة التصميمية **لبعض أنظمة الطرق**. وتتوقف السرعة القصوى للمركبات التجارية عند صعودها الانحدارات على طول ونسبة الانحدار وعلى النسبة بين الوزن والقدرة للمركبة.

الجدول (3-9): الانحدارات القصوى المقبولة حسب مواصفات AASHTO

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	الانحدار الأقصى (%)	
	مناطق منبسطة	مناطق جبلية
٤٨	٦	٩
٦٤	٥	٨
٨٠	٤	٧
٩٦	٣	٣
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 ذلك تأثيرا كبيرا على سرعتها. ويبين الجدول (3-9) **الأطوال الحرجة للمنحدرات التي تتناسب مع مقدار** الانحدار حسب مواصفات هيئة AASHTO.

الجدول (3-10) : الأطوال الحرجة للمنحدرات حسب مواصفات AASHTO

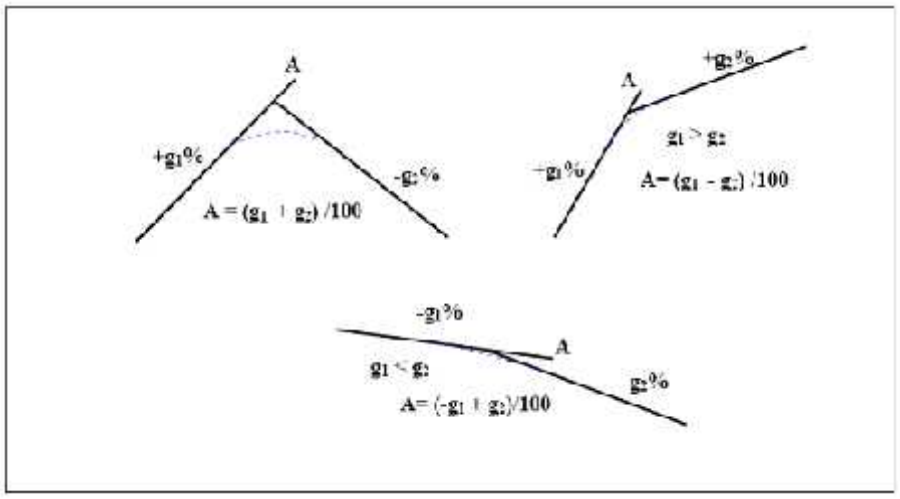
الانحدار (%)	2.5	3	4	5	6	7	8
الطول (متر)	700	475	325	250	200	175	160

3-13-2 تصميم المنحنيات الرأسية :-

يحتوي خط منسوب الطريق على مجموعة خطوط مستقيمة ومتقاطعة (**في المستوى الرأسي**) يتم ربط كل خطين متقاطعين **بمنحنى رأسي مناسب**. وتكون هذه المنحنيات على شكل منحنيات استدارة علوية (أي منحنيات رأسية محدبة)، أو منحنيات استدارة سفلية (أي منحنيات رأسية مقعرة) **كما موضح في الشكل** (3-16) **والشكل** (3-17) **على التوالي**.

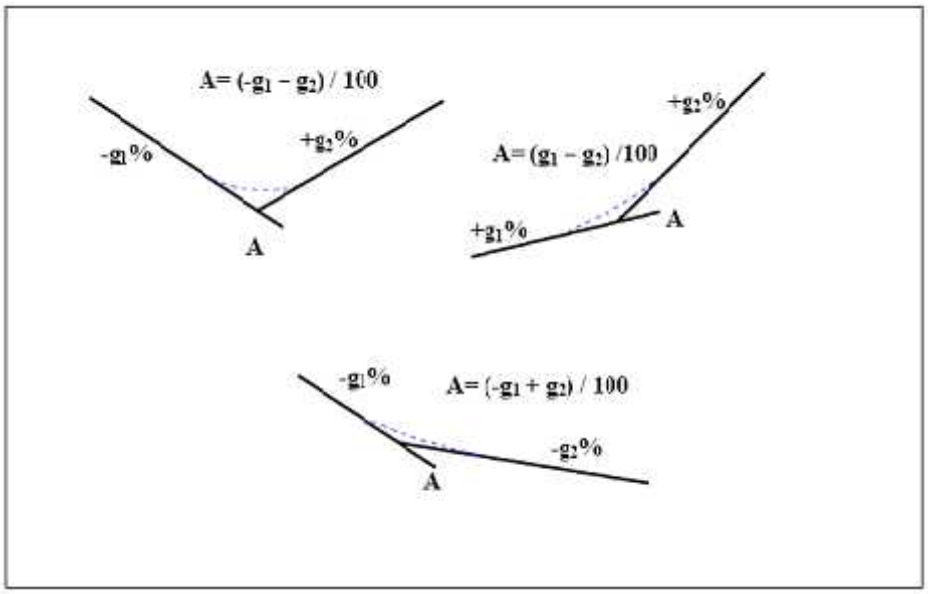
ولتعيين العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنيات الرأسية يجب توفير المعلومات التالية:

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

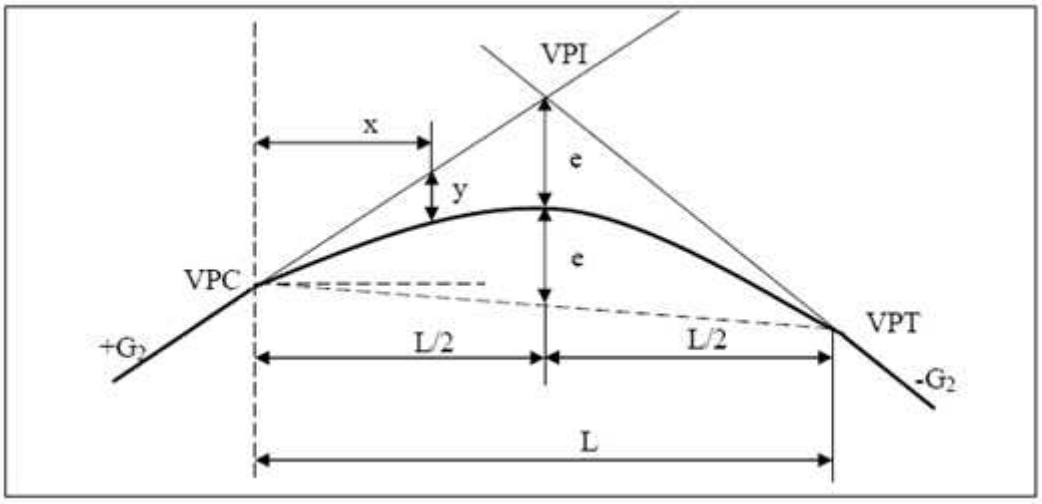


الشكل (3-16): منحنيات استدارة علوية[1]

[1] - مرجع رقم (٧)



الشكل (3-17): منحنيات استدارة سفلية[1]



الشكل (3-18) : العناصر التصميمية للمنحنيات الرأسية [2]

[1] - مرجع رقم (٧)
[2] - مرجع رقم (٧)

- بالرجوع إلى الشكل (3-18) يتم استخدام المعادلات التالية لتصميم المنحنيات الرأسية [1] :

عناصر المنحنيات الرأسية	معادلات المنحنيات الرأسية
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	$A = g_2 - g_1$ $K = \frac{L}{A}$ $e = \frac{(G_1 - G_2)L}{8} = \frac{AL}{800} = \frac{A^2K}{800}$ 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: $y = \frac{(G_2 - G_1)x^2}{2L} = \frac{Ax^2}{200L} = \frac{x^2}{200K}$ $E_x = E_{PC} + G_1 x + \frac{(G_2 - G_1)x^2}{2L}$ $E_x = E_{PC} + \frac{g_1 x}{100} + \frac{x^2}{200K}$

14-3 مسافة الرؤية :-

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. فإن على المصمم أن يوفر مسافة رؤية كافية يستطيع السائق تجنب أي عوائق مفاجئة قد تقابله أثناء السير على الطريق. وتعد المنحنيات الأفقية والمنحنيات الرأسية وتقاطعات الشوارع من أكثر العوائق التي تؤثر على مسافة الرؤية. والمعادلات التالية تستخدم لحساب مسافة الرؤية للتوقف ومسافة الرؤية للتجاوز بأمان

1-14-3 مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance SSD):-

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

١. المسافة (S) التي تسيرها المركبة خلال فترة شعور السائق وخلال تشغيله للفرامل. ولأغراض تصميمية يأخذ زمن الارتداد الشعوري مع زمن تشغيل الفرامل 2.5 ثانية ،عليه فإن:

$$S = 2.5 * V \quad \text{.....(3.5)}$$

[1] - مرجع رقم (٧)

حيث :

S: مسافة الرؤية للتوقف (بالمتر).

Vسرعة العربة (بالمتر/ثانية).

٢. مسافة الفرملة (D) وتحسب كالتالي :

- في حالة الطريق المستوية :

$$d = \frac{V^2}{2fg} \quad \text{.....(3.5)}$$

حيث:

D: مسافة الفرملة (بالمتر).

G: عجلة الجاذبية الارضية.(بالمتر/ثانية مربع).

Vسرعة العربة (بالمتر/ثانية).

F: معامل الاحتكاك بين العجل وسطح الطريق.

- في حالة طريق مائل :

$$d = \frac{V^2}{254\,(f \pm G)} \quad \text{.....(3.6)}$$

حيث :

G : نسبة الانحدار % .

والجدول التالي يوضح القيم الصغرى لمسافات الرؤية الضرورية للتوقف الآمن والمتناسبة مع قيم مختارة للسرعة التصميمية

الجدول (3-10) : القيم الصغرى لمسافة الرؤية [١]

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
مسافة الرؤية للتوقف الآمن (متر)	20	25	30	45	60	80	110	140	170	205	245	285

وفي هذا المشروع حيث كانت السرعة التصميمية 40 كم/ساعة تكون قيمة مسافة الرؤية للتوقف الآمن كما هي موضحة بالجدول (3-10) بطول 45 متر.

[١] - مرجع رقم (٧)

3-14-2 مسافة الرؤية للتجاوز(Passing Sight Distance:PSD) :-

وهي اقل مسافة كافية للتجاوز عربة تسير بسرعة عربة أخرى تسير أمامها ببطء وذلك بانتقالها الى الحارة الأخرى التي يسير عليها المرور المعاكس لها ثم العودة الى نفس الحارة دون خطر اصطدام أو مضايقة. وتتكون مسافة التجاوز من ثلاثة اجزاء في حالة طريق من حارتين كما هو موضح في الشكل التالي (3-19)).

- **المسافة الأولى (d1):** وهي المسافة التي تقطعها العربة خلال فترة التردد في العبور، وتحسب من العلاقة التالية:

$$d_1 = 0.84(V - M) \quad \text{.....(3.7)}$$

حيث :

d_1: مسافة التردد في العبور (متر).

V : السرعة التصميمية (كم/الساعة).

M : مقدار النقص بين السرعة التصميمية والسرعة المفروضة للعربة المتخطية وتؤخذ عادة ١٦ كم/الساعة.

- **المسافة الثانية (d2):** وهي المسافة التي تقطعها العربة خلال فترة التجاوز ،وتحسب من العادلات التجريبية التالية:

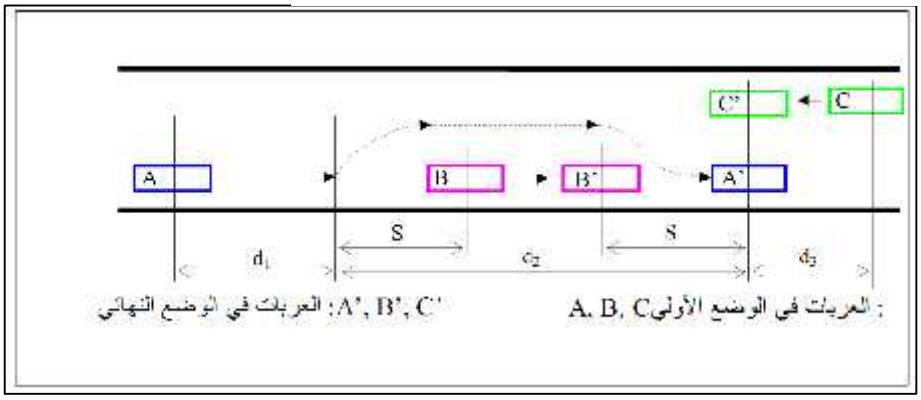
$$d_2 = 2S + 0.84(V - M)t$$
$$S = 0.2(V - M) + 6$$
$$t = \sqrt{\frac{2.73\,S}{a}} \quad \text{.....(3.8)}$$

- **المسافة الثالثة (d3):** وتمثل مقدار ما تقطعه العربة القادمة من الاتجاه الاخر خلال فترة التخطي، وتحسب من المعادلة التجريبية التالية:

$$d_3 = 0.28\,t \quad \text{.....(3.9)}$$

- وبذالك يتم حساب مسافة التجاوز (PSD) كما يلي :

$$PSD = d_1 + d_2 + d_3 \quad \text{.....} \quad (3.10)$$



الشكل (3-19) : مسافة التجاوز [1]

جدول (3-11) : بعض القيم التصميمية لمسافة التجاوز حسب مواصفات هيئة AASHTO

السرعة التصميمية (كم/ساعة)	٤٨	٦٤	٨٠	٩٦	١١٢	١٢٨
السرعة المفروضة للعربة المتخلفة (كم/ساعة)	٤١	٥٤	٦٥	٧٥	٨٦	٩٤
السرعة المفروضة للعربة المتخطية (كم/ساعة)	٥٨	٧٠	٨٢	٩١	١٠٢	١١٠
مسافة التجاوز (متر)	٣٣٥	٤٦٠	٥٥٠	٦٤٠	٦٧٥	٨٣٥

وقد تم الاعتماد علة الجدول (3-11) في تحديد القيمة التصميمية لمسافة التجاوز اعتمادا على السرعة التصميمية حيث كانت 235 متر

[1] - مرجع رقم (٧)

15-3 تصريف مياه الأمطار والمياه السطحية عن الطريق :-

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

فعندما تسقط الأمطار جزء من هذه المياه تسيل على الطريق والجزء الآخر يتخلل طبقات التربة حتى يصل إلى المياه الجوفية، وعملية صرف أو إزالة المياه السطحية بعيدا عن حرم الطريق يسمى بالصرف السطحي (Surface Drainage).

حيث تنتقل المياه على سطح الطريق من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة على الطريق لتتجمع في أخفض نقطة على الشارع بالتالي فإنه يجب إيجاد حل لتصريف المياه عند تلك النقطة حيث من الممكن وضع عبارة لتصريف المياه.

1-15-3 أهمية تصريف المياه:-

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

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

الفصل الثالث

3

أسس التصميم الهندسي للطريق

٣-١ مقدمة

٣-٢ تعريف التخطيط

٣-٣ العوامل التي تتحكم في التخطيط

٣-٤ أنواع الطرق

٣-٥ أسس عملية التصميم

٣-٦ المنحنيات الأفقية والرأسية

٣-٧ التخطيط الأفقي

٣-٨ المنحنيات الانتقالية

٣-٩ القوة الطاردة المركزية

٣-١٠ التعلية

٣-١١ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق

٣-١٢ توسيع المنحنيات

٣-١٣ التخطيط الرأسي

٣-١٤ مسافة الرؤية

٣-١٥ تصريف المياه

الفصل الرابع

4

التصميم الإنشائي للطريق

٤-١ مقدمة

٤-٢ العناصر الإنشائية للرصفة المرنة

٤-٣ الرصف

٤-٤ الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق

٤-٥ حساب الأوزان المحورية القياسية

٤-٦ حساب سماكة الطبقات

٤-٧ الخلاصة

الفصل الرابع

التصميم الإنشائي للطريق

4- 1 المقدمة:-

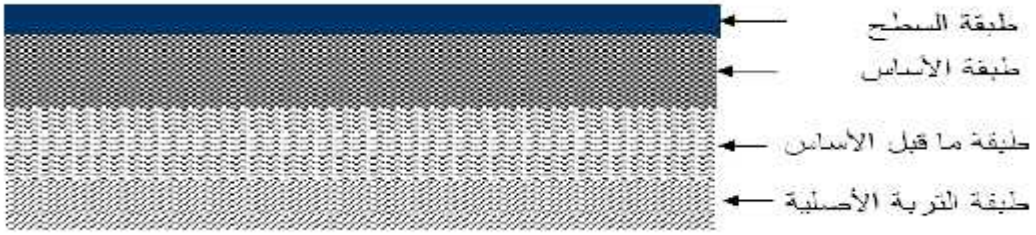
تحتوي جميع مشروعات الطرق على مقادير كبيرة من الأعمال الترابية التي تتعلق بعمليات الحفر والردم لإنشاء الجسور و القطوع وأعمال التسوية وإعداد تربة الأساس التي ترتكز عليها طبقات الرصف المختلفة. بالإضافة إلى أكتاف وجوانب الطريق التي عادة ما تتكون من مواد التربة. وتعد التربة الدعامة الإنشائية التي ترتكز عليها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

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

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

4- 2 العناصر الإنشائية للرصفة المرنة (Structural Components of Flexible Pavement):-

يتكون هيكل الطريق من عدة طبقات يختلف سمكها باختلاف حجم المرور ونوع الرصف سواء كان صلبا أم مرنا. ويتكون الرصف عموما من عدة طبقات متسلسلة كما هو موضح بالشكل (٤- ١) من حيث المقاومة من أعلى إلى أسفل وتسمى الطبقة العليا بالسطح وهي الأقوى والأمتن وتليها طبقة الأساس ثم طبقة ما تحت الأساس الموضوعة مباشرة على التربة الأصلية. وتقوم كل طبقة بحمل الثقل ونقله إلى الطبقة التي أسفل منها.



الشكل (4-1) :طبقات الرصفة المرنة [1]

4-2-1 **طبقة التربة** الأصلية (Sub Grade):-

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

4-2-2**طبقة ما تحت الأساس** (Sub Base):-

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

4-2-3**طبقة الأساس** (Base Course) :-

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

4-2-4 **الطبقة** السطحية الإسفلتية ((Surface Course:

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

---

[1]:مرجع رقم 7

4-3 الرصف:-

4-3-1 مقدمة:-

يتم تحضير السطح الترابي للطريق وتحسين خواص التربة الطبيعية بدمكها دمكا جيدا لأقصى كثافة عند كمية الماء المثالية أو تثبيتها بإضافة مواد مثبتة إذا تطلب الأمر ذلك لتقويتها وجعلها منتظمة. وبعد تحضير سطح الطريق لترابي توضع طبقة أو طبقات فوق هذا السطح تعرف بالرصف. ويكمن الغرض من وضع طبقات الرصف في تحمل كل الإجهادات الناتجة من حركة المرور ونقلها إلى طبقة التربة التي تعتبر الأساس الحقيقي للطريق. وتصميم طبقات الرصف بحيث تكون قادرة على تحمل ثقل العربات وتوصيل الثقل إلى السطح الترابي بشكل لا يسبب أي هبوط أو انهيار للطريق.

4-3-2 أنواع الرصف المختلفة:-

ينقسم الرصف إلى نوعان رئيسين هما :

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

١- الرصف المرن :-

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

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

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

٢- الرصف الصلب :-

يطلق عليه أيضا الرصف الخرساني حيث يتكون من بلاطات خرسانية تتراوح سمكها ما بين 15 **و** 20. سم تصب مباشرة على سطح الأرض الطبيعية أو فوق طبقة أساس حصوية ويمتاز الرصف الصلب بمقاومته الكبيرة للانحناء حيث لا يسمح بهبوط السطح الترابي.

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

3-3-4 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO:-

١- حجم ونوع المرور (Traffic Volume).

٢- خصائص التربة والمواد المستخدمة في إنشاء طبقات التربة.

٣- عوامل أخرى مثل الأمطار والرياح وغيرها.

4-4 الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق:-

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

4-4-1 اختبارات الدمك المعملية:-

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

- اختبار بروكتور القياسي
- اختبار بروكتور المعدل

بروكتور هو أول من طور تجارب الدمك وأدخل عليها الأسلوب العملي واستنتج بروكتور من خلال أبحاثه المتنوعة في هذا المجال أن درجة ودمك التربة تعتمد على الكثافة الجافة والمحتوى المائي والتوزيع الحبيبي للتربة وكذلك على طاقة الدمك المستعملة.

4-4-2 اختبار بروكتور المعدل (Modified Proctor Test):-

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

ويقوم مبدأ التجربة على أساس دمك التربة باستخدام اسطوانة معدنية (قالب بروكتور) حيث تدمك التربة على خمس طبقات متتالية ومتساوية بعد خلطها بالماء بنسب محسوبة حيث تدمك كل طبقة بمطرقة خاصة تابعة لقالب بروكتور وزنه ٤.٤٥ كغم تسقط من ارتفاع قدم واحد (30.5سم).ويكون عدد الضربات 55 ضربة.

- **الحسابات والنتائج :-**

تم استخدام القوانين التالية في عملية الحسابات :

نسبة الرطوبة = وزن الماء / وزن العنية جافة .

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

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

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

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

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

حجم القالب = 944**سم** ^{3} وهو ثابت لجميع العينات .

وزن القالب فارغ = 3319.1 **غم** .

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

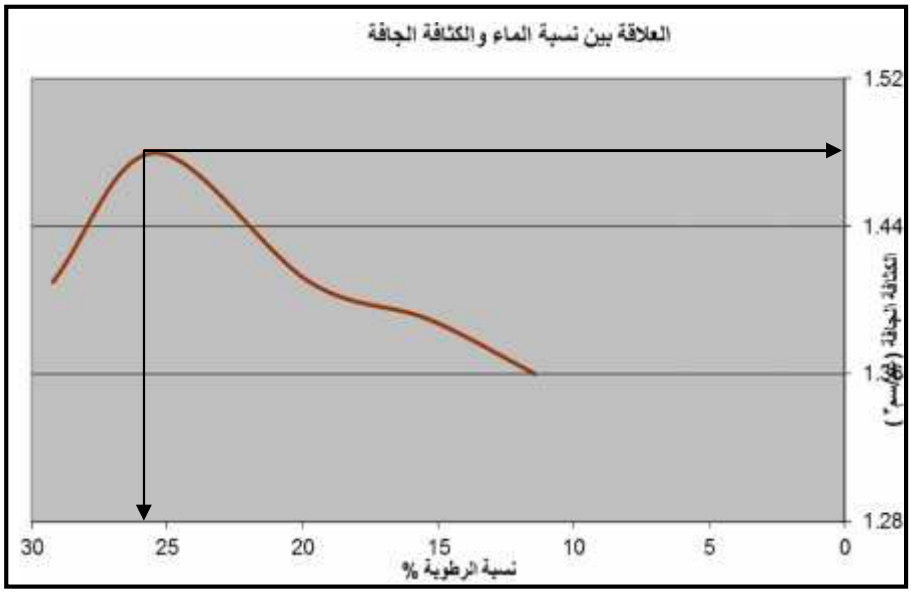
جدول (4-1) : قيم الكثافة الرطبة للعينات

رقم العينة	وزن القالب (غم)	وزن القالب + وزن العينة الرطبة (غم)	وزن العينة (غم)	حجم القالب (سم٣)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)
1	3319.10	4741.20	1422.10	944.00	1.51
2	3319.10	4832.80	1513.70	944.00	1.60
3	3319.10	4906.80	1587.70	944.00	1.68
4	3319.10	5074.50	1755.40	944.00	1.86
5	3319.10	5044.00	1724.90	944.00	1.83

جدول (4-2) : قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة التي تم الحصول عليها من العينات

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن التربة الرطبة + وزن الجفنة (غم)	وزن الجفنة + التربة الجافة (غم)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة %	الكثافة الجافة (غم/سم٣)
1	D10	30.10	163.00	149.4	119.30	11.40	1.36
2	E12	30.70	78.70	72.3	41.60	15.38	1.39
3	B6	31.60	96.50	85.8	54.20	19.74	1.41
4	C10	31.10	115.50	98.4	67.30	25.41	1.48
5	B16	31.20	98.00	82.9	51.70	29.21	1.41

والشكل التالي يبين العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة، حيث كانت تلك القيم



الشكل (4-2) :- العلاقة بين نسبة الماء والكثافة الجافة للتربة

من الشكل السابق يظهر ان :

نسبة الماء المثالية = 26%

الكثافة الجافة العظمى = $1.48 g/cm^3$

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

- **نتائج تجربة بروكتور على سطح الأرض طبقة Sub Base :**

جدول (4-3) :-قيم الكثافة الرطبة للعينات لطبقة Sub Base

وزن العينة + القالب (غم)	وزن العينة (غم)	الحجم (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم^3)
14106.6	6386.4	3204.66	2.00
14627.0	6906.8	3204.66	2.16
14823.8	7103.6	3204.66	2.22
14697.0	6976.8	3204.66	2.10

جدول (4-4) :- قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة التي تم الحصول عليها من العينات Sub Base

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة + التربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة + التربة الجافة (غم)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة %	الكثافة الجافة (غم/سم^3)
1	D10	31.6	223.0	216.4	184.8	3.57	1.93
2	E12	31.0	210.2	193.8	162.8	10.10	1.97
3	B6	31.2	174.6	158.6	127.4	12.56	1.99
4	C10	30.8	186.8	164.8	134.0	16.42	1.80
5	B16	31.20	98.00	82.9	51.70	29.21	1.94

والشكل التالي يظهر العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة في طبقة سطح الأرض (Sub Base) :

الشكل (4-3) :- العلاقة بين نسبة الماء والكثافة الجافة Sub Base

من الشكل (4-3) يظهر أن :

نسبة الماء المثالية = 12.65 %

الكثافة الجافة العظمى = 1.99 غم/سم^3

- **نتائج التجربة على طبقة الأساس (Base Course) :**

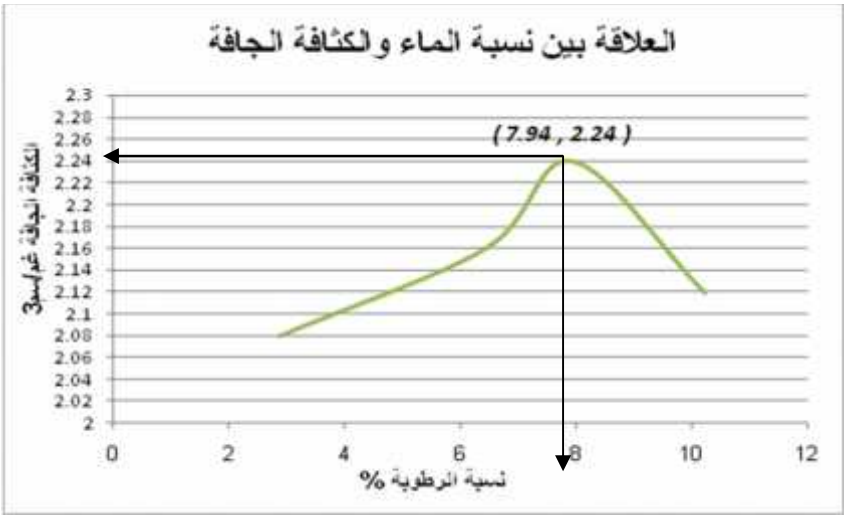
جدول (4-5) :- قيم الكثافة الرطبة للعينات لطبقة Base Course

وزن العينة + القالب (غم)	وزن العينة (غم)	الحجم (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم^3)
14588	6867.8	3204.66	2.14
15080	7359.7	3204.66	2.30
15460	7739.4	3204.66	2.42
15220	7499.5	3204.66	2.34
15213	7456.4	3204.66	2.36

جدول (4-6) :- قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة التي تم الحصول عليها من العينات Base Course

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة + التربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة + التربة الجافة (غم)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة %	الكثافة الجافة (غم/ سم^3)
1	D18	32.2	284.2	277.2	245.0	2.86	2.08
2	C6	32.0	260.0	246.2	214.2	6.44	2.16
3	D3	30.8	245.4	229.6	198.8	7.95	2.24
4	B10	31.8	361.6	331.0	299.2	10.23	2.12

والشكل التالي يظهر العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة في طبقة الأساس (Base Course) :



الشكل (4-4) :- العلاقة بين نسبة الماء والكثافة الجافة Base Course

من الشكل السابق يظهر أن :

نسبة الماء المثالية = 7.94 %

الكثافة الجافة العظمى = 2.24 **غم/سم**^{3}

- **ملاحظة** : لقد قمنا بإجراء تجربة **بروكتور** في مختبر التربة في جامعة بوليتكنك فلسطين يوم الاثنين الموافق 2012/3/19 **تحت إشراف الأستاذ** جبريل شويكي و**الاستاذ فادي مسودة**

3-4-4 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio Test(CBR):-

يعرف هذا الاختبار عموما باختبار نسبة تحمل كاليفورنيا نسبة لقسم الطرق بولاية كاليفورنيا الذي استنبطه. ويعد من الاختبارات المفضلة التي تستخدم لتصميم طبقات الرصف المرن. ويمكن إجراء الاختبار إما بالمختبر أو بالموقع. وهو عبارة عن إيجاد الحمل اللازم لغرز إبرة (مكبس) ذات قطر معين وبسرعة معينة داخل التربة.

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

وتعّرف قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR-value) بأنها النسبة بين الأحمال اللازمة لغرز المكبس الأسطواني (مساحته 3 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)، أي أن

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

يهدف هذا الفحص إلى معرفة قابلية التربة لأن تكون طبقة أساس للطريق (Base) أو أساس مساعد (Sub-base) أو غيرها من الطبقات التي تتكون منها أي طريق.وكذلك معرفة نسبة تحمل كاليفورنيا CBR لطبقات الرصفة.

- **النتائج والحسابات :-**

يتم رسم المنحنى بين القوة على المكبس وقسيمة الغرس المماثلة ، ومنه يتم الحصول على الحمل المسبب للاختراق عند 2.5 ملم في العينة عند التجربة ويكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الغرس وقوة الحمل المناظر لذلك اغرس متحدبا من الاعلى ، وفي لعض الحالات في بداية التجربة مقعرا الى الاعلى ثم ينعكس ، وفي هذه الحالة يجب عمل تصحيح للمنحنى حيث يرسم مماس في نقطة اعلى ميل ويستمر حتى يقطع المحور الافقي (محور الغرس) ثم يزاح المنحنى الى اليسار ، حتى تلتقي نقطة التقاطع هذه مع نقطة الاصل و وهذا يعطي المنحنى الذي يمكن اخذ قيمة ال CBR منه .

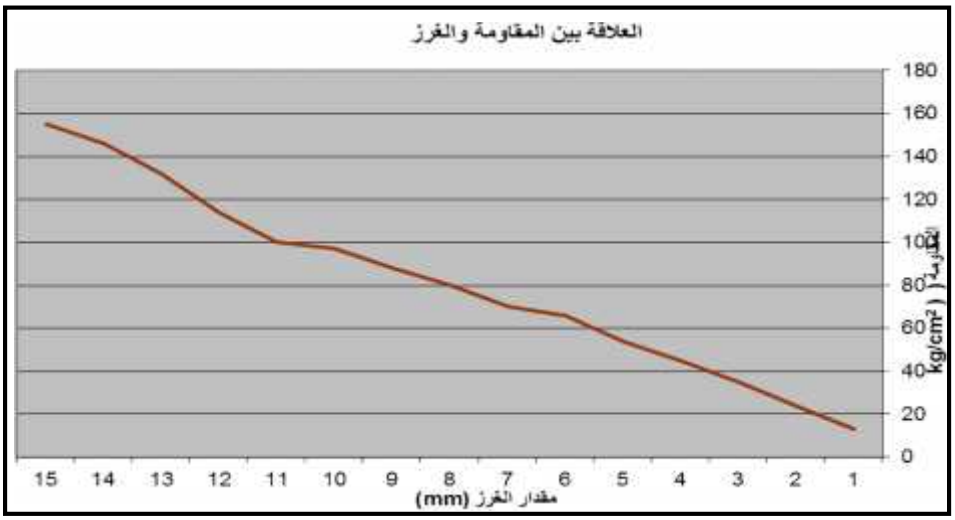
عند وضع العينة على جهاز الغرز فإن الجهاز يعطينا قيمة الغرز مع القوة بوحدة Div ولتحويلها إلى Kg فإننا نقوم بضرب قيمة الغرز بوحدة Div بثابت الجهاز وهو 2.54 وللحصول على قيمة المقاومة بوحدة Kg/cm^2 فإننا نقوم بقسمة الكتلة بالكيلو غرام على مساحة وقطع الجهاز وهي 19.40سم^2

وقد كانت نتائج تجربة كاليفورنيا كما هي موضحة بالجدول التالي :

الجدول (4-7) :) العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب

الغرز (mm)	الحمل (Div)	القوة (كغم)	المقاومة (كغم/سم٢)	المقاومة بعد تعديل المنحنى	CBR %
0.5	50	7	17.78	13	
1.0	100	10	25.40	24	
1.5	150	13	33.02	35	
2.0	200	16	46.64	45	
2.5	250	19	48.25	54	4
3.0	300	22	55.88	66	
3.5	350	25	63.50	70	
4.0	400	28	71.12	80	
5.0	450	34	86.36	88	6.5
5.5	500	38	96.52	97	
6.0	600	40	101.60	100	
7.0	700	45	114.30	114	
8.0	800	51	129.54	132	
9.0	900	57	144.78	146	
10.0	1000	62	157.48	155	

والشكل التالي يوضح العلاقة بين المقاومة والغرز في عينة تربة الموقع :



الشكل (4-5) :- العلاقة بين المقاومة ومقدار الغرز

الجدول (4-8) : المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين

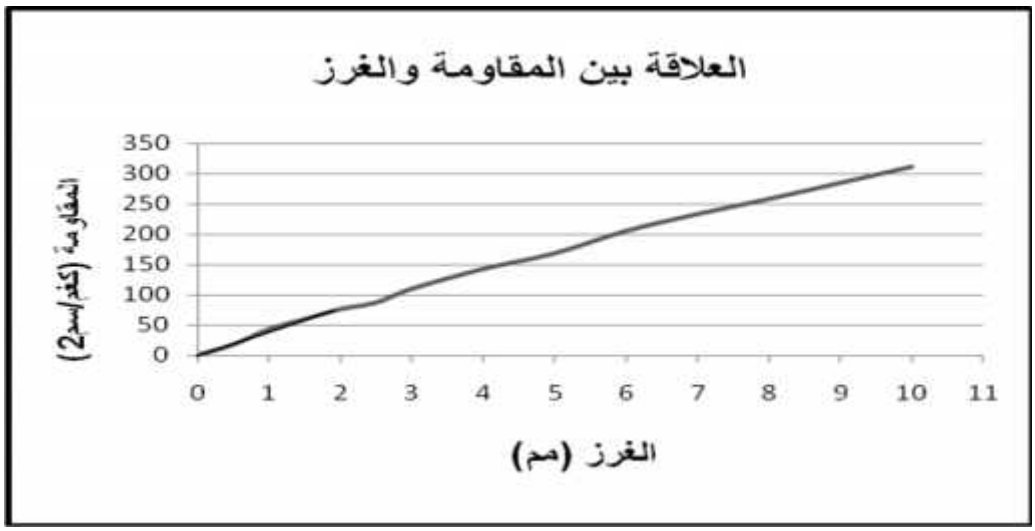
الطبقة	نسبة كاليورنيا CBR (%)
طبقة التأسيس Sub Grade	8 حد أدنى
أساس مساعد Sub Base Course	40 حد أدنى
أساس Base Course	80 حد أدنى

اعتمادا على نتائج الفحص تبين لنا أن التربة غير صالحة وذلك يعود إلى القيمة القليلة لنسبة تحمل كاليفورنا وهي أقل من الحد الادنى المسموح به لطبقة الأساس حسب ما هو وارد في الجدول فقد كانت 6% **ولكي** تكون صالحة للاستخدام يجب ان تتجاوز كحد أدنى 8% حسب المواصفات المطلوبة في فلسطين والأردن لطبقات الطرق كما هي موضحة بالجدول (4-8)، سوف نعمل على إزالة هذه التربة جميعها من الموقع وتصبح طبقة Sub Base هي الصخر ونقوم أيضا بإحضار Base Course **للموقع** وعمل الفحوصات اللازمة له حتى يتم معرفة قيمة تحمل نسبة كاليفورنيا لها، والتي سوف يتم اعتمادها كطبقة تأسيس للطريق وذلك بالاتفاق مع البلدية. **وكانت** نتائج عملية الفحص لطبقة التأسيس Base Course كما هي موضحة أدناه.

جدول (4-9) :- العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب Base Course

الغرز (mm)	الحمل	المقاومة (كغم/سم^2)	CBR
0.5	134	17.59	
1.0	327	42.93	
1.5	456	59.86	
2.0	582	76.39	
2.5	665	87.29	81.04
3.0	838	110.00	
4.0	1090	143.08	
5.0	1287	168.94	158.39
6.0	1569	205.96	
7.0	1783	234.05	
8.0	1974	259.12	
9.0	2178	285.89	
10.0	2381	312.54	

والشكل التالي يوضح العلاقة بين المقاومة والغرز في عينة التربة (Base course) :

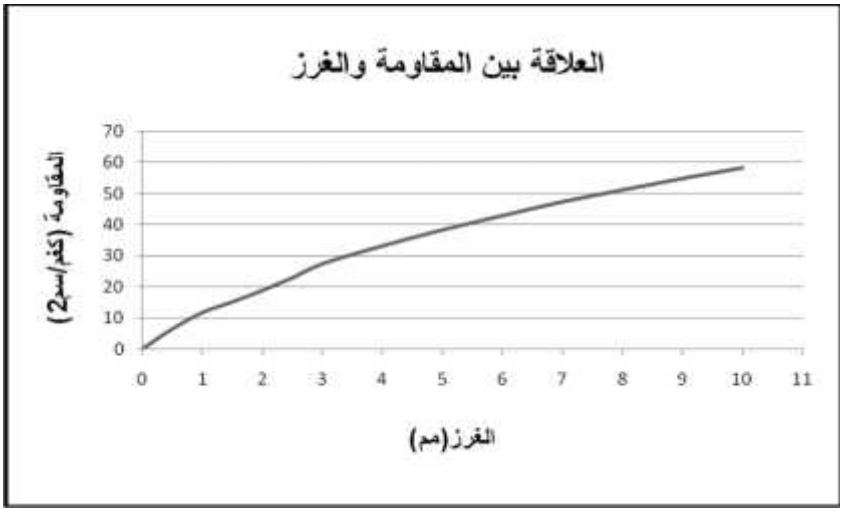


الشكل (4-6) : العلاقة بين المقاومة ومقدار الغرز Base Course

وكذلك تمت عملية الاختبار لطبقة Sub Base وكانت النتائج كما هي موضحة أدناه

الجدول (4- 10) :- العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب Sub Base

الغرز (mm)	الحمل	المقاومة (كغم/سم٢)	CBR
0.5	49	6.43	
1.0	89	11.68	
1.5	115	15.09	
2.0	143	18.77	
2.5	174	22.84	23.234
3.0	208	27.30	
4.0	252	33.08	
5.0	291	38.19	38.067
6.0	326	42.79	
7.0	360	47.26	
8.0	389	51.06	
9.0	417	54.74	
10.0	443	58.15	



الشكل (4-7) :- العلاقة بين المقاومة ومقدار الغرز Sub Base

- **ملاحظة** : لقد قمنا بإجراء تجربة CBR في مختبر التربة في جامعة بوليتكنك فلسطين يوم الاثنين الموافق 2012/3/26 تحت إشراف الأستاذ جبريل شويكي **والاستاذ فادي مسودة**

4-5 حساب الأوزان المحورية القياسية :-

يظهر من الشكل (4-1) ان تصميم الطريق يتكون من الطبقات التالية :-

- طبقة الأسفلت .
- طبقة الاساس (base course) (طبقة البسكورس) .
- طبقة ما تحت الاساس (sub base) .
- طبقةسطح الارض (sub grade) .

و سيتم عمل خطوات التصميم الإنشائي وإيجاد سمك الطبقات (حسب نظام AASHTO) :

١. حساب ESAL (Equivalent Accumulated 18,000 Ib Single Axle Load)

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E \quad \text{.....4.1}$$

Equivalent Accumulated 18,000 Ib Single Axle Load: ESAL:

$f_{d:}$ design lane factor.

G_f: growth factor.

AADT: first year annual average daily traffic.

N_i : number of axles on each vehicle.

f_E : load equivalency factor

ويتم الحصول على قيمة f_d من الجدول (4-11) :

جدول (4-11) نسبة المركبات في المسرب الواحد (AASHOT)

"Percentage Of Total Truck Traffic in Design Lane "

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

أما الطريق المراد تصميمها فتحتوي على مسربين (مسرب واحد في كل اتجاه) فتؤخذ قيمة f_d المقابلة للرقم 2 من الجدول (4-11) فتكون ($f_d = 50\%$) .

أما قيمة growth factor (G_f) فيتم الحصول عليه من الجدول (4-12) :

جدول (4-12) معاملي النمو (Growth factor) (AASHOT)

Design period years	Annual Growth Rate (%)							
	No. growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58

10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	22.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	2.21	30.48	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	51.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.05	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

وكما نعلم تصميم أي طريق يتم على اعتبار أن صلاحية الطريق تؤخذ عادة ل 20 سنة مستقبلا ، وتوقع نسبة الزيادة السنوية 4% فتكون قيمة (G_f =29.78%) .

أما قيمة (AADT) فهي كما يلي :-

متوسط عدد السيارات الصغيرة لليوم الواحد = 250 **مركبة** .

متوسط عدد السيارات المتوسطة لليوم الواحد = 33 **مركبة** .

متوسط عدد الشاحنات لليوم الواحد = 27 **مركبة** .

ويتم الحصول على قيم f_E لكل نوع من أنواع الكربات من خلال الجدول التالي:

جدول (4-13) :تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية

(AASHOT) (Load Equivalency factor)

Gross Axle Load		Load Equivalency factor		Gross Axle Load		Load Equivalency factor	
KN	Ib	Single Axle	Tandem Axle	KN	Ib	Single Axle	Tandem Axle
4.45	1,000	0.00002		182.5	41,000	23.27	2.29
8.9	2,000	0.00018		187.0	42,000	25.64	2.51
13.35	3,000	0.00072		191.3	43,000	28.22	2.75
17.8	4,000	0.00209		195.7	44,000	31.00	3.00
22.25	5,000	0.00500		200.0	45,000	34.00	3.27
26.7	6,000	0.01043		204.5	46,000	37.24	3.55
31.15	7,000	0.01960		209.0	47,000	40.74	3.85
35.6	8,000	0.03430		213.5	48,000	44.50	4.17
40.0	9,000	0.0562		218.0	49,000	48.54	4.51
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50,000	52.88	4.86
48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51,000		5.23
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52,000		5.63
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53,000		6.04
62.3	14,000	0.360	0.0270	240.2	54,000		6.47
66.7	15,000	0.478	0.0360	244.6	55,000		6.93
71.2	16,000	0.623	0.0472	249.0	56,000		7.41
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57,000		7.92
80.0	18,000	1.00	0.0773	258.0	58,000		8.45
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59,000		9.01
89.0	20,000	1.51	0.1206	267.0	60,000		9.59

93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61,000		10.20
97.8	22,000	2.18	0.180	275.8	62,000		10.84
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		11.52
106.8	24,000	3.03	0.260	284.5	64,000		12.22
111.2	25,000	3.53	0.308	289.0	65,000		12.96
115.6	26,000	4.09	0.364	293.5	66,000		13.73
120.0	27,000	4.71	0.426	298.0	67,000		14.54
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		15.38
129.0	29,000	6.14	0.572	307.0	69,000		16.26
133.5	30,000	6.97	0.658	311.5	70,000		17.19
138.0	31,000	7.88	0.753	316.0	71,000		18.15
142.3	32,000	8.88	0.857	320.0	72,000		19.16
146.8	33,000	9.98	0.971	325.0	73,000		20.22
151.2	34,000	11.18	1.095	329.0	74,000		21.32
155.7	35,000	12.5	1.23	333.5	75,000		22.47
160.0	36,000	13.93	1.38	338.0	76,000		23.66
164.5	37,000	15.50	1.53	342.5	77,000		24.91
169.0	38,000	12.20	1.70	347.0	78,000		26.22
173.5	39,000	19.06	1.89	351.5	79,000		27.58
178.0	40,000	21.08	2.08	365.0	80,000		28.99

ومن خلال الجدول أعلاه تكون قيمة f_e للمركبات كما يلي :

load equivalency factor for a cars ($f_{E(car)}$) = 0.0003135 (single axle)

load equivalency factor for a busses ($f_{E(bus)}$) = 0.198089 (tandem axle)

load equivalency factor for a trucks ($f_{E(truck)}$) = 0.29419 (tandem axle)

وبعد ذلك تحسب قيمة (ESAL) لكل نوع من أنواع المركبات ومن ثم تجمع القيم الثلاث لنحصل على (Total ESAL) كما يلي :

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E$$

$$ESAL_{car} = 0.5 \times 29.78 \times 4097 \times 0.59 \times 365 \times 2 \times 0.0003135 = 0.008237 \times 10^6$$

$$ESAL_{buss} = 0.5 \times 29.78 \times 4097 \times 0.08 \times 365 \times 2 \times 0.198089 = 0.7057 \times 10^6$$

$$ESAL_{truck} = 0.5 \times 29.78 \times 4097 \times 0.33 \times 365 \times 2 \times 0.29419 = 4.323 \times 10^6$$

$$ESAL_{total} = 5.037 \times 10^6$$

4-6 حساب سماكة الطبقات :-

حيث يتم حساب طبقات الرصفة المرنة كما يلي :-

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad \text{.....(4.2)}$$

حيث :

SN: Structural Number .

a_1, a_2, a_3: layer coefficients representative of surface, base course, and sub base respectively .

D_1, D_2, D_3 : actual thickness, of surface, base course, and sub base respectively.

وكما يجب الاخذ بعين الاعتبار حساب المعامل المناخي (Regional factor) **من المعادلة** -:

$$R = \frac{N_d}{12} \times R_d + \frac{N_s}{12} \times R_s \quad \text{.....(4.3)}$$

حيث :-

R : Regional Factor

Nd : Number of dry months in a year

Rd : Regional Factor for soils dry

Ns : Number of saturated months in a year

Rs : Regional Factor for soils saturated

حيث يتم الحصول على قيمة كل من (Rd, Rs) **من الجدول** :-

جدول (4-14): قيمة المعامل المناخي (Regional Factor) حسب المناخ (AASHTO)

case	Suggested Regional Factor
Roadbed soil frozen 5in or more	0.2 –1.0
Roadbed soils dry	0.3 – 1.5
Roadbed soils saturated	4.0 – 5.0

أما في منطقة الخليل فتكون فيها السنة 4 أشهر رطبة (saturated) و8 أشهر جافة (dry) فتكون قيمة R **في** منطقة الخليل :-

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

حيث تتم عملية حساب SN كما يلي :-

بمعرفة (CBR) لكل طبقة ، تعرف قيم (S-soil support value) من خلال الشكل (4-2) **المقابلة لقيمة** (CBR) **لكل طبقة على حده**، فتكون قيم (S-soil support value) كما يلي :-

(S1-soil support value) for Asphalt = 8.2

(S1-soil support value) for Base Coarse = 8.8

(S-soil support value) for Sub Base = 7.5

ثم تعين قيم (S-soil support value) على الشكل (4-8) وتوصل مع النقطة المعينة على تدريج (ESAL= 5037) ، ثم يمد الخط على استقامته ليقطع تدريج (SN-structural Number) في نقطة معينة فتكون قيم (SN-structural Number) كما يلي :-

(SN1-structural Number) = 3.07 .

(SN2-structural Number) = 2.9 .

(SN3-structural Number) = 3.3 .

ثم توصل هذه النقط مع النقطة المعينة على تدريج (Regional Number) ,ومن ثم يمد الخط على استقامته إلى أن يلاقي تدريج SN في نقطة معينة فتكون قيم SN كما يلي :-

SN_1 = 3.07 (from enter CBR for Asphalt in chart)

SN_2 = 3.9 (from enter CBR for base course in chart)

SN3 = 2.5 (from enter CBR Sub Base in chart)

ويتم الحصول على قيم (a_1 , a_2 , a_3) من الجداول (4-15) ، (4-16) ، (4-17) :-

جدول(4-15) :- معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت (AASHOT)

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

جدول(4-16) :- معامل الطبقة (layer coefficient) للبسكورس (AASHOT)

Case of base course	a_2 suggested
sandy gravel	0.07
Crushed stone	0.14
Cement- treated (650psi or more)	0.23
Cement- treated (400-650psi)	0.20
Cement- treated (400psi or less)	0.15
Coarse- graded bituminous-treated	0.34
Sand asphalt	0.30
Lime -treated	0.15-0.30

جدول(4-17) :- معامل الطبقة (layer coefficient) لطبقة (AASHOT) Sub Base

Case of base course	a_3 suggested
Sandy gravel	0.11
Sandy clay	0.05-0.10

ومن الجداول السابقة نجد أن :-

$a_1 = 0.75$, $a_2 = 0.14$, $a_3 = 0.11$

- سمك الطبقة الأولى (Asphalt) : -

SN1 = a1 D1 → 3.07= 0.75*D1

→ D1 = 2.92 in = 2.92*2.54 = 6.78cm.

Take (D1 = 7cm) .

- سمك الطبقة الثانية (Base Course) :-

SN2 = SN1 + a1 D1 → 3.9 = 3.07 + 0.14*D2

→ D2 = 7.34 in = 7.34*2.54 = 18.64 cm .

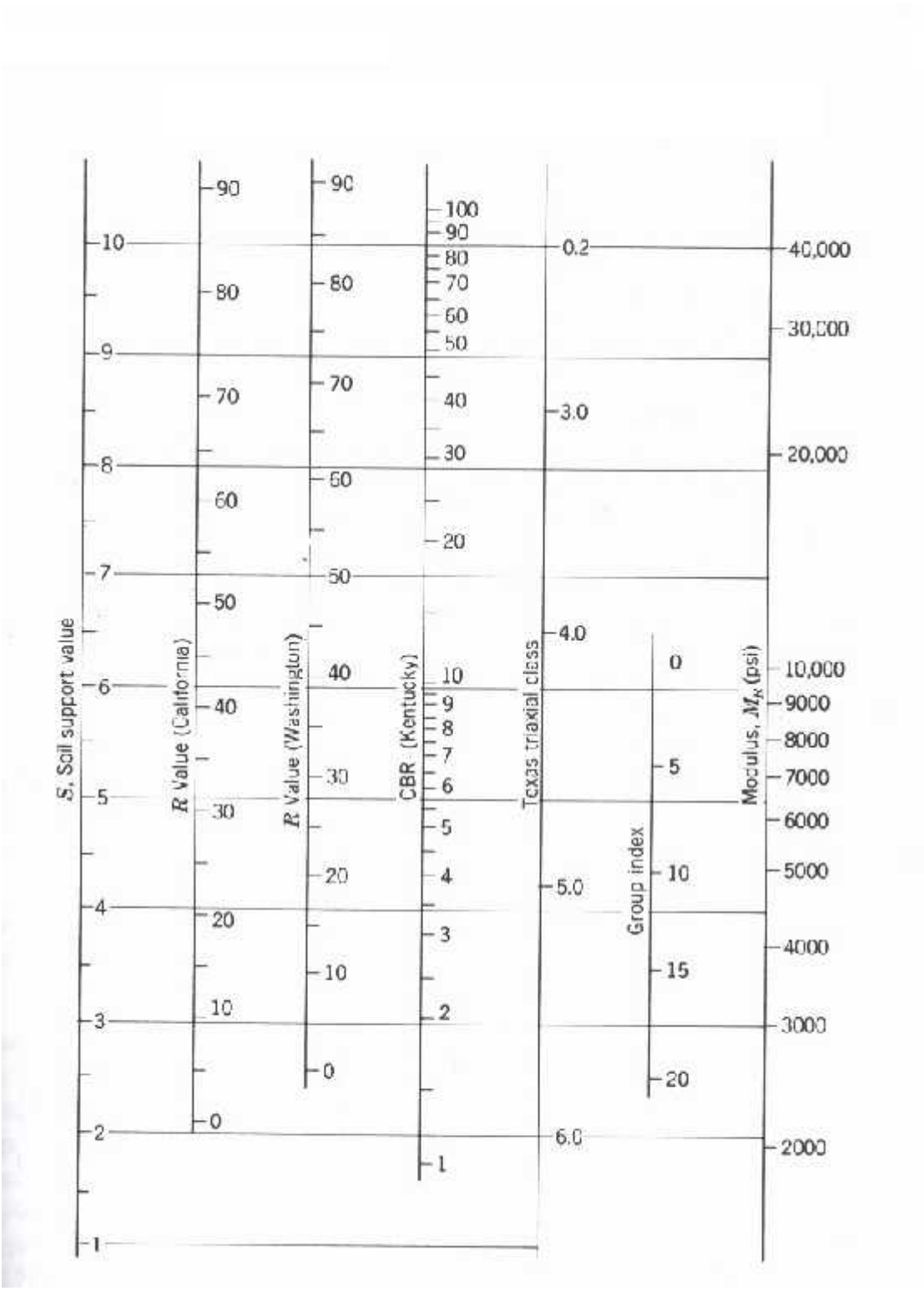
Take (D2 = 20 cm).

- سمك الطبقة الثالثة (Sub Grade) :-

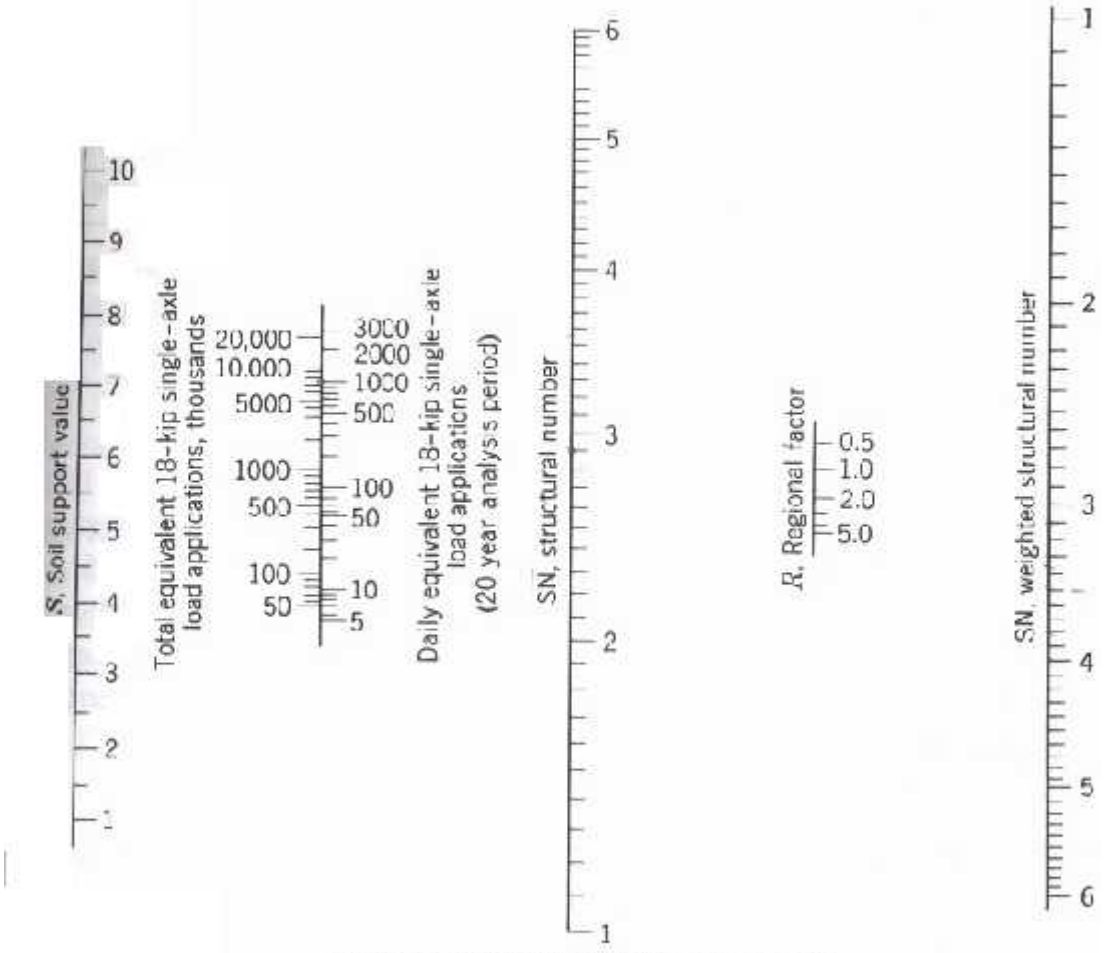
SN3 = SN2 + a3 D3 → 2.5 =3.9 + 0.11*D3

→ D3 = 8.83in = 8.83*2.54 = 19.43 cm.

Take (D3 = 20 cm).



الشكل (4-8) :- إيجاد (S-soil support value) (AASHOT)



Design chart for flexible pavements, $p_t = 2.5$

الشكل (4-9) :- AASHTO flexible-pavement design

4-7 الخلاصة :-

بعد اتباع طريقة (AASHTO) في تصميم الطريق حيث تم النظر في كافة العوامل التي تؤثر في تصميم الرصفة المرنة ودراستها واجراء كافة الحسابات لجميع القراءات اللازمة ومقارنتها بالقراءات الموجودة في الجداول القياسية تم التوصل للنتائج التالية :-

جدول (4-18) :- سماكة طبقات الرصفة المرنة

الطبقة	السمك (سم)
Asphalt	7
Base Corse	20
Sub Grade	20

الفصل الخامس

5

حساب المساحات والحجوم

٥-١ مقدمة

٥-٢ حساب مساحة المقاطع العرضية

٥-٣ حساب الحجوم والكميات

الفصل الخامس

حساب المساحات و الحجوم لكميات الحفر والردم

5-1 مقدمة:-

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

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

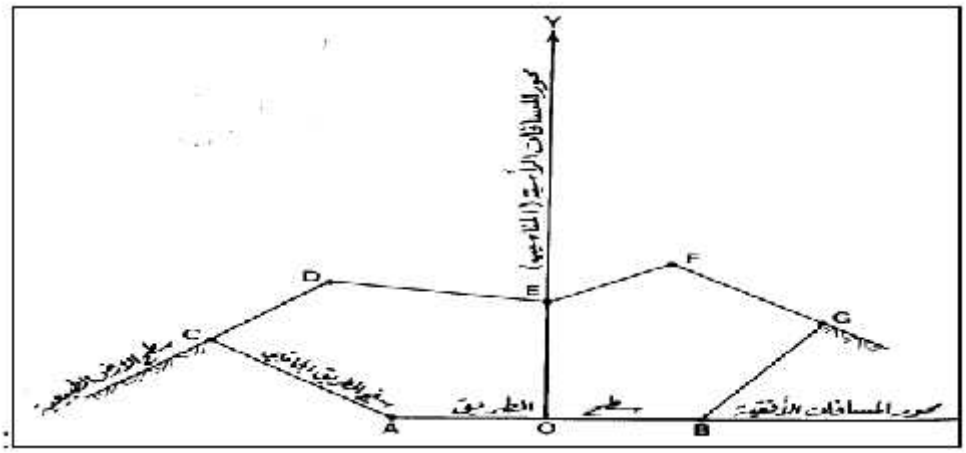
5-2 حساب مساحة المقاطع العرضية:-

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاث طرق رئيسية :-

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

5-2-1 طريقة الإحداثيات:-

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



الشكل (5-1) :- مقطع عرضي لطريق

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

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

الشكل (5-2) :- حساب المساحة بطريقة الإحداثيات

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

$$Area = \frac{|\sum 1 - \sum 2|}{2} \quad \text{.....5.1}$$

5-3 حساب الحجوم والكميات:-

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

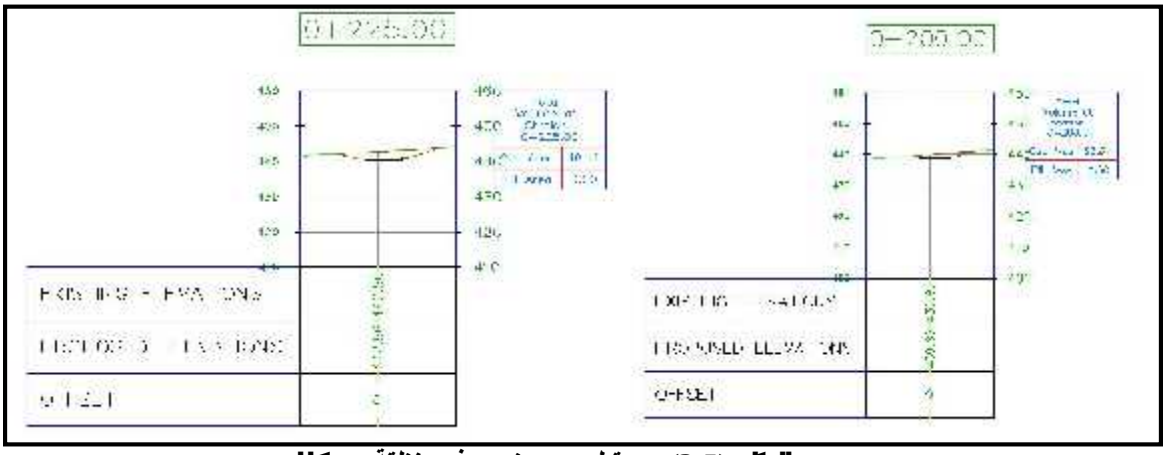
- المقطع الأول حفر والثاني حفر.
- المقطع الأول ردم والثاني ردم.
- المقطع الأول ردم والأخر حفر(أو العكس).
- المقطع الأول حفر والأخر مختلط (أو العكس).
- المقطع الأول ردم والأخر مختلط(أو العكس).
- المقطعان مختلطان.

5-3-1 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطى :-

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

5-3-2 حالات المقاطع العرضية المتتالية :-

- **المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كلي أو ردم كلي :-**



الشكل (5-3) :- مقطعين عرضيين في منطقة حفر كلي

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

$$V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \text{.....5.2}$$

حيث يتم احتساب الحجم كما يلي :-

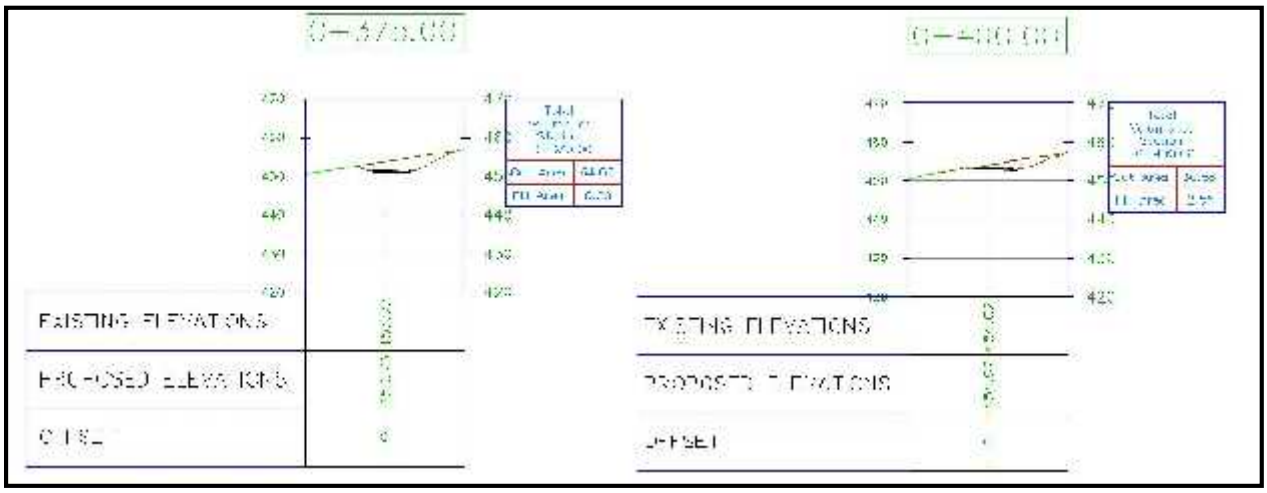
- المسافة بين المقطعين = 25م
- مساحة الحفر في المقطع الأول (Station 0+200) (A1)=23.54m²
- مساحة الحفر في المقطع الثاني (Station 0+225) (A2) =46.16m^2

$$V = 25\left(\frac{23.54 + 46.16}{2}\right) \qquad V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)$$

$$V = 25 * 34.58$$

$$V = 871.25\ m^3$$

- **المقطع الأول حفر كامل والأخر مختلط (أو العكس):-**



الشكل (4-5) :- المقطع الاول حفر كامل والآخر مختلط

يتم حساب الكميات كما يلي :-

❖ الردم حسب العلاقة التالية :-

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1}) \times (D) \quad \text{.....5-3}$$

❖ الحفر حسب العلاقة التالية :-

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \quad \text{.....5-4}$$

حيث :-

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

- مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 0+400) (Fi+1) = 2.55 m2 .
- مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 0+400) (C_{i+1}) = 30.53 m^2
- مساحة الحفر في مقطع الحفر الكلي (Station 0+375) (C_i) = 54.05 m^2
- المسافة بين المقطعين (D) = 25 m

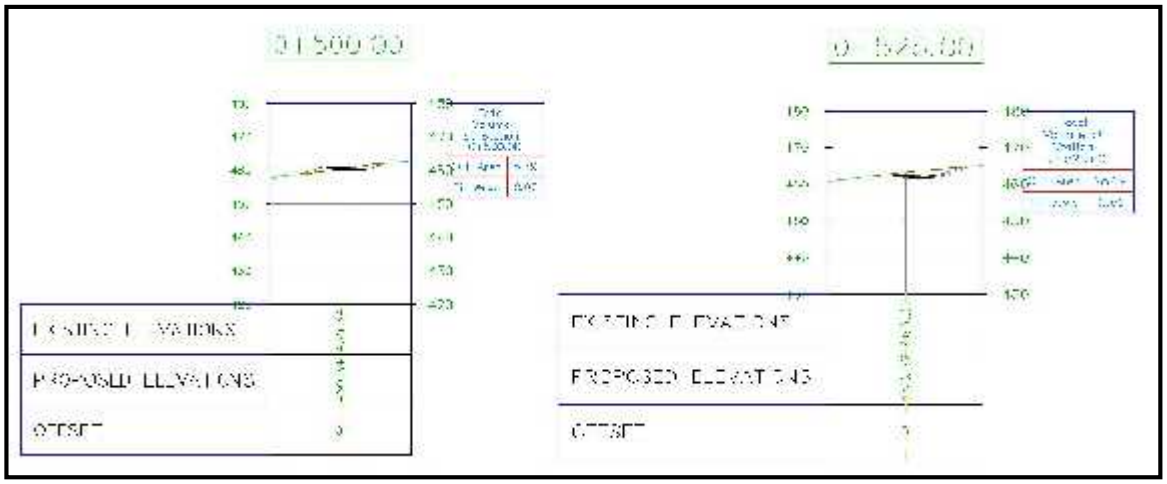
حجم الردم :- $V_{fill} = \frac{1}{3}(2.55) \times (25)$..

$$V_{fill} = 21.25m^3$$

حجم الحفر:- $V_{cutl} = \frac{1}{2}(30.53 + 54.05) \times (25)$

$$V_{cutl} = 1057.25m^3$$

- **المقاطعان مختلطان :-**



الشكل (5-5) :- المقاطعان مختلطان حفر وردم

حيث يتم حساب الكميات كما يلي :-

❖ الحفر حسب العلاقة التالية :-

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

❖ الردم حسب العلاقة التالية :-

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) \times (D) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5-6$$

حيث :-

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

- مساحة الردم في المقطع المختلط الأول (Station 0+500) (Fi) = 8.07 m^2
- مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول (Station 0+500) (C_i) = 8.39 m^2
- مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني (Station 0+525) (F_{i+1}) = 0.06 m^2
- مساحة الحفر في المقطع المختلط الثاني (Station 0+525) (C_{i+1}) = 28.14m^2
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين = 25 m

حيث يتم حساب الكميات كما يلي :-

❖ حجم الحفر :-

$$V_{cut} = \frac{1}{2}((8.39)+(28.14))\times(25) = 456.630m^3$$

❖ حجم الردم :-

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(8.07+0.06)\times(25) = 101.630m^3$$

ملاحظة: يتم ايجاد مساحات وحجوم باقي المقاطع العرضية بنفس الطريقة السابقة.

ومن خلال برنامج (AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2012) تم حساب كميات الحفر والردم الممثلة في الجدول التالي :-

الجدول (5-1) :- مساحات وحجوم المقاطع العرضية

Station	Cut Area (Sq.m.)	Cut Volume (Cu.m.)	Reusable Volume (Cu.m.)	Fill Area (Sq.m.)	Fill Volume (Cu.m.)	Cum. Cut Vol. (Cu.m.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.m.)	Cum. Fill Vol. (Cu.m.)	Cum. Net Vol. (Cu.m.)
0+025.000	0	0	0	27.58	0	0	0	0	0
0+050.000	0	0	0	51.64	1275.81	0	0	1275.81	-1275.81
0+075.000	0	0	0	28.36	1309.28	0	0	2585.1	-2585.1
0+100.000	0	0	0	17.18	683.65	0	0	3268.74	-3268.74
0+125.000	0	0	0	10.98	422.45	0	0	3691.19	-3691.19
0+150.000	1.18	11.82	11.82	4.93	238.74	11.82	11.82	3929.93	-3918.11
0+175.000	5.92	70.98	70.98	2.19	106.77	82.8	82.8	4036.71	-3953.91
0+200.000	23.54	293.25	293.25	0	32.98	376.05	376.05	4069.69	-3693.64
0+225.000	46.16	696.96	696.96	0	0	1073.01	1073.01	4069.69	-2996.68
0+250.000	90.24	1391.71	1391.71	0	0	2464.72	2464.72	4069.69	-1604.97
0+275.000	126.44	2219.78	2219.78	0	0	4684.5	4684.5	4069.69	614.81
0+300.000	139.89	2740.28	2740.28	0	0	7424.78	7424.78	4069.69	3355.09
0+325.000	119.89	2679.94	2679.94	0	0	10104.72	10104.72	4069.69	6035.03
0+350.000	99.1	2189.88	2189.88	0	0	12294.61	12294.61	4069.69	8224.92
0+375.000	54.05	1531.54	1531.54	0	0	13826.15	13826.15	4069.69	9756.46
0+400.000	30.55	828.03	828.03	2.55	39.18	14654.18	14654.18	4108.87	10545.31
0+425.000	8.83	378.95	378.95	9.71	188.97	15033.13	15033.13	4297.84	10735.29
0+450.000	2.44	108.47	108.47	17.11	412.47	15141.6	15141.6	4710.31	10431.3
0+475.000	2	42.78	42.78	16.37	514.57	15184.38	15184.38	5224.87	9959.51
0+500.000	8.39	100.54	100.54	8.07	376.2	15284.92	15284.92	5601.07	9683.85
0+525.000	28.14	354.8	354.8	0.06	125.52	15639.72	15639.72	5726.59	9913.12
0+550.000	40.84	670.55	670.55	0	0.9	16310.26	16310.26	5727.49	10582.77
0+575.000	60.06	985.96	985.96	0	0.02	17296.22	17296.22	5727.51	11568.71
0+600.000	82.29	1397.06	1397.06	0	0	18693.28	18693.28	5727.52	12965.77
0+625.000	113.87	1961.61	1961.61	0	0.01	20654.9	20654.9	5727.53	14927.37
0+650.000	150.23	2641.01	2641.01	0	0.01	23295.9	23295.9	5727.54	17568.36
0+675.000	177.1	3273.28	3273.28	0	0	26569.18	26569.18	5727.54	20841.64
0+700.000	205	3820.99	3820.99	0	0	30390.17	30390.17	5727.54	24662.63
0+725.000	226.89	4318.91	4318.91	0	0	34709.08	34709.08	5727.54	28981.54
0+750.000	251.51	4821.71	4821.71	0	0	39530.79	39530.79	5727.54	33803.25
0+775.000	264.79	5250.43	5250.43	0	0	44781.22	44781.22	5727.54	39053.68
0+800.000	262.49	5366.03	5366.03	0	0	50147.25	50147.25	5727.54	44419.71

0+825.000	238.05	5099.87	5099.87	0	0	55247.12	55247.12	5727.54	49519.57
0+850.000	194.42	4346.81	4346.81	0	0	59593.93	59593.93	5727.54	53866.39
0+875.000	123.97	3183.92	3183.92	0	0	62777.85	62777.85	5727.54	57050.31
0+900.000	60.08	1840.57	1840.57	0	0	64618.42	64618.42	5727.54	58890.88
0+925.000	15.47	762.08	762.08	2.15	31.92	65380.5	65380.5	5759.46	59621.04
0+950.000	9.8	264.31	264.31	2.43	65.32	65644.81	65644.81	5824.78	59820.03
0+975.000	4.35	145.4	145.4	5.6	116.96	65790.22	65790.22	5941.74	59848.48

نلاحظ من خلال نتائج كميات الحفر والردم للمقاطع العرضية أن كمية الحفر كبيرة جدا مقارنة بالنسبة مع كميات الردم وهذه يعود إلى طبيعة المنطقة الموجود فيها الطريق لانها منطقة جبلية ، حيث بلغت كميه الحفر 59848.48 متر مكعب وكمية الردم 5941.74 **متر مكعب**

الفصل السادس

6

علامات وإشارات المرور وإنارة الطريق

٦-١ علامات المرور

٦-٢ إشارات المرور

٦-٣ إنارة الطريق

علامات وإشارات المرور وإنارة الطريق

6-1 علامات المرور:-

عند فتح و تصميم الطرق لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لتضمن حسن الأداء و لتمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشأت من أجله الطريق، وعم المرور يتطرق إلى أمور عدة، كالاتجاهات و المسارب و التقاطعات و الوقوف و غير ذلك، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه ولذلك يجب تنفيذها عند فتح الطريق.

6-1-1 أهداف علامات المرور:

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

١- تحديد المسارب وتقسيمها.
٢- فصل السير الذاهب عن القادم.
٣- منع التجاوزفي المناطق الخطرة.
٤- منع الوقوف في المناطق التي لا يجوز فيها ذلك.
٥- تحديد أماكن عبور المشاة.
٦- تحديد أولوية المرور على التقاطعات.
٧- تحديد مواقف السيارات.
٨- تعيين الاتجاهات بالأسهم لتحديد الأماكن التي يتجه إليها السائق.
٩- تحيد جانبي الطريق.

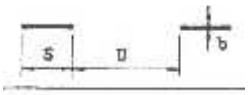
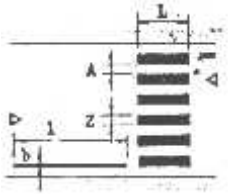
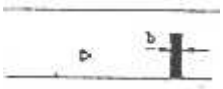
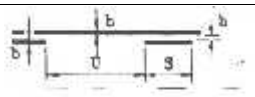
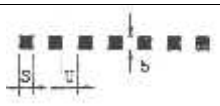
6-1-2 الشروط الواجب توفرها في العلامات:

١- أن تكون صالحة للرؤية في الليل و النهار وواضحة في كافة الأوقات و الظروف.
٢- أن يكون فيها توافق وتناسب في الألوان.
٣- أن تكون تعليماتها سهلة الفهم و مرئية من مسافة كافية.

6-1-3 أنواع علامات المرور:

- الخطوط
- الكلمات
- الأسهم
- اللون
- المواد العاكس

جدول (6-1): أنواع التخطيط والعلامات على الشارع حسب مواصفات AASHTO

type	Marking	Thickness cm	Ratio s/v m	Application
Lane lines (white)		10-20	3/6 3/9 3/3	- Between lanes of the same direction - at channelization
Pedestrian crossing (white/black)		b= 10-20 I >=10m L=2.5m Z=50-70 A=Z or Z+20		Pedestrian crossing are necessary at: - intersections. -near schools , shopping a.s.o. - in residential areas> - on streets with heavy traffic>
Stop line (white)		>=30		-stop streets. - light signals. - rails crossing>
Double axial line (white)		10-20	3/6 3/9	At inadequate sight distance for one direction at -curves. -crests & sags.
Limitation line (white)		30-50	٠.٣/0.3 0.5/0.5	On secondary roads when meeting with main roads.

6-2 إشارات المرور:

الهدف من الإشارات هو توصيل المعلومات للسائق أو الماشي، وتتألف من لوحات رسم عليها أسهم أو كلمات أو الإثنين معا، بحيث تكون المعلومات واضحة و تناسب حالة السير و نوع الطريق.

6-2-1 مواصفات الإشارات:

- **أبعاد الإشارة :**

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

- **تباين الألوان في الإشارة:**

إن التباين ضروري جدا لتحقيق غايتين هما، ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة، و ظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها، وهذا التباين يتحقق باستخدام ألوان مختلفة ذات لمعانات مختلفة، كأن تكون الكتابة من لون فاتح و اللوحة من لون داكن، و أن تكون اللوحة من لون يتباين مع لون طبيعة المنطقة.

- **الشكل:**

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

- **الكتابة :**

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

الجدول (6-2): المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة و التقاطع الذي تدل عليه الإشارة[1]

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

[1]: مرجع رقم ١٣

6-2-2 أنواع الإشارات [1]:

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.

6-2-3 موقع الإشارة:

يجب أن تكون الإشارة في موقع وارتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية دون أن تضطره 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 ٤٥متر من الموقع المراد والجداول التالية توضح بعض إشكال الإشارات.

---

(١): ملحق رقم ٥

6-3 إنارة الطريق :-

إن اضاءه الشوارع تخفض من حوادث الطرق كما تساعد الاضاءه السائق على قيادة سيارته في الليل بنفس السرعة التي يقود بها نهارا، مما يقلل من وقت الرحلة، كما إن التوفير في الوقت والتخفيض من الحوادث لهما مردود اقتصادي، والاضاءه مفيدة للمشاة حيث تجنبهم الأخطار وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح بالاضافه إلى أنها ضرورية للنواحي الامنيه، من هنا جاءت أهمية الاضاءه على الطريق.

6-3-1 المواصفات العامة للإضاءة:

إن إضاءة الطريق عمل يتطلب دراسة وافية ومواصفات 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.

6-3-2 مواصفات المصابيح والفوانيس المستخدمة في إنارة الطرق:

يجب أن تكون فوانيس الإنارة متينة ومتجانسة وقياسية واقتصادية، والحوامل جيدة وذات عواكس وغطاء شفاف غير قابل للاحتراق ومقاوم للحرارة إضافة إلى دواة المصباح ومرابط الأسلاك ومانعات الصواعق عند طلبها مع مشعل ضمن الفانوس وخارجه وخلية كهر وضوئية للتحكم ويجب أن تكون الفوانيس محكمة الإغلاق بحيث لا يدخلها الغبار والأتربة والأوساخ أو أية مواد أخرى تقلل من فاعلية الإنارة ويجب أن تكون المار التي تتألف منها المصابيح متينة وتتحمل الحرارة بين (50-55) درجة مئوية ويجب أن تكون الفوانيس من النوع الحاجبcut off بدون أن تسبب أي بهر.

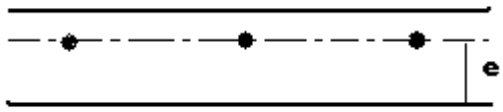
6-3-3 مواقع أعمدة الإنارة:

العنصر الأول الواجب تحقيقه في مواقع أعمدة الإنارة هو السلامة، وعلى المهندس المصمم أن يقلل ما أمكن المصادمات التي تقع بسبب وجود هذه الأعمدة بحيث يجب إقلالها إلى الحد الأدنى الممكن فيما إذا كانت في منتصف الطريق، أما إذا كانت على الأطراف فانه من الممكن زيادتها حسب الاستطاعة بحيث توضع خلف حواجز الحماية المعدنية.

6-3-4 طريقة توزيع الإضاءة على الشارع(Arrangement):

حيث يتم توزيع الإضاءة على الشوارع بعدة طرق منها:

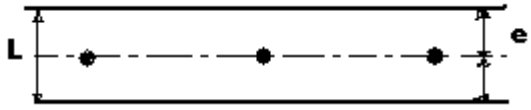
١. التوزيع على جهة واحدة (single side) كما في شكل (6-1)، حيث يلجأ إلى هذا الترتيب إذا كان ارتفاع عمود الإنارة (**h**) اكبر من المسافة بين موضع العمود وطرف الشارع (**e**).



h > e

الشكل(6-1): توزيع أعمدة الإنارة في جهة واحدة

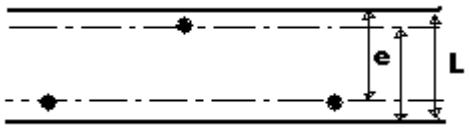
٢. توزيع الأعمدة في المنتصف على الجزيرة (**central arrangement**)، كما في شكل (6-2) حيث يلجأ لهذه الطريق إذا كان عرض الشارع (**L**) اقل من طول العمود مرة ونصف.



L < 1.5 h

الشكل (6-2): توزيع أعمدة الإنارة في المنتصف

٣- توزيع الأعمدة بشكل ترنحي(**staggered arrangement**) كما في شكل(**6-3**)، ويلجا لهذه الطريقة إذا كانت **h** اقل من **e**، و **L** اقل من **1.5 h**.

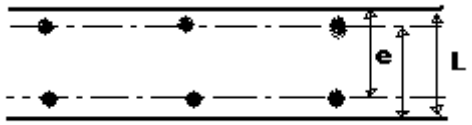


h < e

L < 1.5h

الشكل (6-3): توزيع أعمدة الإنارة بشكل ترنحي

٤- توزيع الإنارة بشكل متقابل (**opposite arrangement**) كما في شكل (6-4)، ويستخدم هذا الترتيب عندما يكون **L** اكبر من **h** مرة ونصف، أو h اكبر نصف **L**.



L > 1.5 h

h > L / 2

الشكل (6-4): توزيع أعمدة الإنارة بشكل تقابلي

وفي هذا المشروع تم استخدام الطريقة الثالثة وهي توزيع الأعمدة بشكل ترنجي حيث أن ارتفاع العمود أقل من المسافة بين موضع العمود وطرف الشارع (e)، وكذلك لأن عرض الشارع أقل من 1.5h .

6-3-5 ارتفاع أعمدة الإنارة:

يختلف ارتفاع أعمدة الإنارة حسب عرض الطريق، نوعية المصابيح المستخدمة، حسب سطح الطريق، والمنطقة المحيطة بالأعمدة، وعادة يستخدم ارتفاع أعمدة الإنارة 7.5 ، 10 و 12 متر والمسافة عن مركز المصباح الى جانب الطريق (overhangs) 1.5، 2 و 2.5 متر على الترتيب.

6-3-6 المسافة بين أعمدة الإنارة:

حيث تختلف المسافة بين الأعمدة حسب ارتفاع العمود وعرض الطرق، وعادة تؤخذ من 3 إلى 4 أضعاف ارتفاع العمود كما أن المسافة على التقاطعات تقل عن المسافة في الطريق الرئيسي وعادة تكون نصف المسافة المستخدمة.

الجدول (6 -3): العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطرق وارتفاع العمود والمسافة عن حافة الطرق[1]

Group	Mounting Height H m	Effective Width, W m										Max Overhang A m
		7.62	9.14	10.69	12.19	13.72	15.24	16.76	18.29	19.81	21.34	
		Maximum spacing , S m										
A1	7.26	30.5	25.36	21.3	18.3	16.8						1.82
	9.14	36.6	36.6	30.5	27.4	24.4	21.3	19.8				2.29
	10.69	42.7	42.7	42.7	38.1	33.5	30.5	27.4	24.4	22.9		2.59
	12.19	48.8	48.8	48.8	48.8	42.7	39.6	35.1	32.0	30.5	27.4	2.90
A2	7.62	33.5	30.5	25.9	22.9	19.8						1.82
	9.14	39.6	39.6	38.1	33.5	29.0	25.9	24.4				2.29
	10.69	47.2	47.2	47.2	45.7	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

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

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

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

---

[1]: مرجع رقم ١١

وبما أن عرض الشارع الذي نقوم بتصميمه حوالي 12 مترا، ويقع ضمن المجموعة A 3، كما أن عرض الشارع (L) اصغر من 1.5 h.

$L < 1.5\ h$

$12 < 1.5 * 10$

$12 < 15\ m$

لذلك سنستخدم الطريقة الثالثة (staggered arrangement) في عملية توزيع أعمدة الإنارة،

وبالاعتماد على الجدول (6-3)، فسيكون توزيع الأعمدة على النحو التالي:

ارتفاع العمود: 10 متر

المسافة بين الأعمدة: 30 متر

المسافة من مركز المصباح الى جانب الطريق(Overhang): 2.45 متر

الفصل السابع

7

حساب تكلفة المشروع

٧-١ مقدمة

٧-٢ حساب تكلفة الطريق

٧-٢-١ حساب تكلفة الحفر والردم

٧-٢-٢ حساب تكلفةطبقات الرصفة

٧-٢-٣ حساب تكلفة علامات واشارات المرور

٧-٢-٤ تكلفة أعمدة الانارة

٧-٢-٥ التكلفة المستقبلية لصيانة الطريق

٧-٢-٦ التكلفة الكلية للمشروع

الفصل الثامن

8

النتائج والتوصيات

٨-١ النتائج

٨-٢ التوصيات

الفصل الثامن

النتائج والتوصيات

8-1 النتائج:-

١. عمل مضلع وحساب احداثياته وتصحيحه من أجل الانطلاق منه لرصد الطريق.
٢. تم تصميم الطريق حسب القوانين المتبعة وتجهيز كافة المعلومات الخاصة بالتصميم وعمل المخططات اللازمة.
٣. قام فريق العمل برسم جميع المقاطع الطولية والعرضية.
٤. تم حساب سمك طبقات الرصفة اللازمة للطريق .
٥. تم حساب المساحات وكميات الحفر والردم ورسم مخططات المقاطع العرضية .
٦. وضع الإشارات والعلامات المرورية وأعمدة الانارة بناء على المواصفات القياسية .

8-2 التوصيات:-

١. يجب العمل على إعداد مواصفات خاصة بالطرق في الأراضي الفلسطينية.
٢. طرح مساقات جامعية وتدريب الطلبة على التطبيقات والبرامج الحديثة وخصوصا برنامج Civil 3D و Adjust غيرهما من التطبيقات في التخصصات المختلفة
٣. نحث الجامعة على التواصل مع مؤسسات المجتمع المدني لطرح مشاريع تخرج تهم هذه المؤسسات .
٤. ندعو الى تدريب الطلبه على التطبيقات البرامجيه الحديثه في المجالات المختلفه عن طريق وجود مرونه في الخطط التدريسيه .
٥. ضرورة تكامل العمل بين التخصصات بحيث تكون مشاريع التخرج ذات التطبيق العملي تكون مشتركة بين هندسة المساحة و هندسة المباني على سبيل المثال.

الفصل السابع

التكلفة والعطاء

1.7 مقدمة:-

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

2.7 حساب تكلفة الطريق:-

1.2.7 تكلفة الحفر والردم:-

حجم الحفر الكلي = 59848.48 m^3

حجم الردم الكلي = 5941.74 m^3

سعر المتر المكعب للحفر = $5.8

سعر المتر المكعب للردم = $1.6

تكلفة الحفر = حجم الحفر الكلي *سعر المتر المكعب للحفر

= 59848.48 * 5.8

= $ 347121.18

تكلفة الردم = حجم الردم الكلي *سعر المتر المكعب للردم

= 5941.74 * 1.6

= $ 9506.78

تكلفة الحفروالردم الكلية = تكلفة الحفر + تكلفة الردم

= 9506.78 + 347121.18

= $ 356627.964

2.2.7 تكلفةطبقات الرصفة :

يبلغ طول الطريق المراد تأهيله وتصميمه حوالي 975 متر وكما هو تبين لنا أن الرصفة تتكون من ثلاثة طبقات طبقة الإسفلت وطبقة البسكورس وطبقة ما تحت الأساس.

حساب مساحة المسارب = طول الطريق * عرض الطريق

= 975 * 12

= 11700 $م^2$

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

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

حجم الإسفلت = مساحة المسارب ×سمك طبقة الإسفلت .

= 11700* 0.07 = 819م^3.

سعر واحد طن من الإسفلت المشغول = 12 $

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

= 819 * 12 = 9828$.

- **تكلفة طبقة البيتومين (Prime Coat MC) :**

رش طبقة البيتومين تحت مساحة قطاع الإسفلت ذات سمك 0.03 متر

تكلفة طبقة البيتومين = 11700 * 0.03 * 0.73 = 256.23 $

- الطبقة الثانية : **البسكورس Base Course**

حجم البسكورس = مساحة المسارب *سمك طبقة البسكورس .

= 11700 * 0.20 = 2340م^3.

سعر واحد طن من البسكورس المشغول = 5.3 $

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

= 2340 * 5.3 = 12402 $.

- **الطبقة الثالثة : Sub Base**

حجم طبقة ما تحت الأساس = مساحة المسارب ×سمك الطبقة .

=11700 * 0.20 = 2340م^3.

سعر واحد طن من طبقة ما تحت الأساس المشغول = 3$.

تكلفةطبقة ما تحت الأساس = حجم الطبقة ×سعر الطن الواحد.

= 2340* 3 = 7020 $.

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

= 9828 + 12402+ 7020 + 256.23 = 29506.23 $

3.2.7 تكلفة علامات وإشارات المرور:-

- عدد إشارات المرور في الطريق هو 10 لاشارة

التكلفة = عدد الاشارات *سعر الاشارة الواحدة

= 24 * 40 = 960 $

- تخطيط الطريق (الخط المتواصل) بطول 544 متر

التكلفة = 1 * 544 = 544 $

- تخطيط الطريق (الخط المقطع) بطول 727 متر

التكلفة = 1 * 727 = 727$

- الأسهم وعلامات الطريق (عدد الأسهم = 74 سهم)

التكلفة = 20 * 74 = 1480$

- التكلفة الكلية =**960 + 544 + 727 + 1480 = 3051 $**

4-2-7 تكلفة أعمدة الإنارة:

عدد الأعمدة المستخدمة 51 عمود كهرباء ولنفرض أن تكلفة العمود الواحد مع كافة مستلزماته 500$

تكلفة الأعمدة = عدد الأعمدة *سعر العمود الواحد

= 51 * 400 = 20400 $

5-2-7 تكلفة Side Walk & Curbstones :

- تكلفة بلاط الرصيف = عرض الرصيف * طول الطريق

$$= 1.2 * 975 = \$\ 1170$$

- تكلفة الجبه Curbstone = طول الطريق *سعر المتر الطولي

$$= 23*1*975 = \$\ 22425$$

6-2-7 التكلفة الكلية للمشروع

$$= 22425 + 1170 + 52170 + 20400 + 3051 + 29506.23 + 356627.964$$

$$= \$\ 433180.19$$

ملاحظة : تم أخذ هذه الأسعار اعتمادا على مشاريع من السوق المحلي الفلسطيني علما أن هذه الأسعار تقديرية .

الـمـلاحـق

ملحق رقم (1)

مراجعة المؤسسات الرسمية