جامعة تشرين

كلية الهندسة المدنية

قسم هندسة المواصلات والنقل

التقاطعات الدوّارة
Roundabouts

د.م.أكرم رستم

1- مقدمة:

تضمن عملية التصميم الهندسي للدوّار(Roundabouts)،الاختيار الأمثل بين كل من متطلبات السلامة والغزارة.إنّ العمليات على الدوّار تكون أكثر آمانا لأنّ القوى الهندسية للمرور الداخلة إلى الدوّار والمستديرة حوله تكون بسرعات منخفضة.

تستخدم المنحنيات الأفقية والعروض الضيقة للرصف(narrow pavement widths) من أجل الوصول إلى هذه الحالة من السرعة المنخفضة، وبالنتيجة فانّ غزارة المرور تتأثر سلبياً بهذه العناصر التصميمية المبطئة للسرعة. وبما أنّ العروض و أنصاف الأقطار قد تناقصت فمن الطبيعي أن تتناقص الغزارة. وأبعد من هذا فإنّ الكثير من البارامترات الهندسية سيتحكم بها من قبل متطلبات المناورة (maneuvering requirements) للعربات الكبيرة التي يتوقع أن تستخدم الدوّار.

** لذلك فإنّ عملية تصميم الدوّار هي عملية اختيار للتوازن الأمثل بين كل من متطلبات السلامة و الكفاءة العملياتية(operational performance)،بالإضافة إلى متطلبات الراحة للعربات الكبيرة .*

بما أنّ الشكل الأساسي والعناصر المكونة للدوّار متماثلة بغض النظر عن الموقع، لذلك فإنّ تقنيات التصميم والبارامترات المستندة إلى كل من حالة السرعة (speed environment) والغزارة المطلوبة في كل موقع ستختلف تبعاً لذلك.

إنّ تصميم الدوّارات في المناطق الريفية ، حيث تكون السرعات على الأذرع كبيرة جداً بالإضافة إلى أنّ المشاة والدراجات ستكون في حدودها الأصغرية،سيختلف بشكل واضح عنه في المناطق المدينية حيث للدراجات وسلامة المشاة حصة رئيسية . إضافة إلى ذلك فأنّ تقنيات التصميم

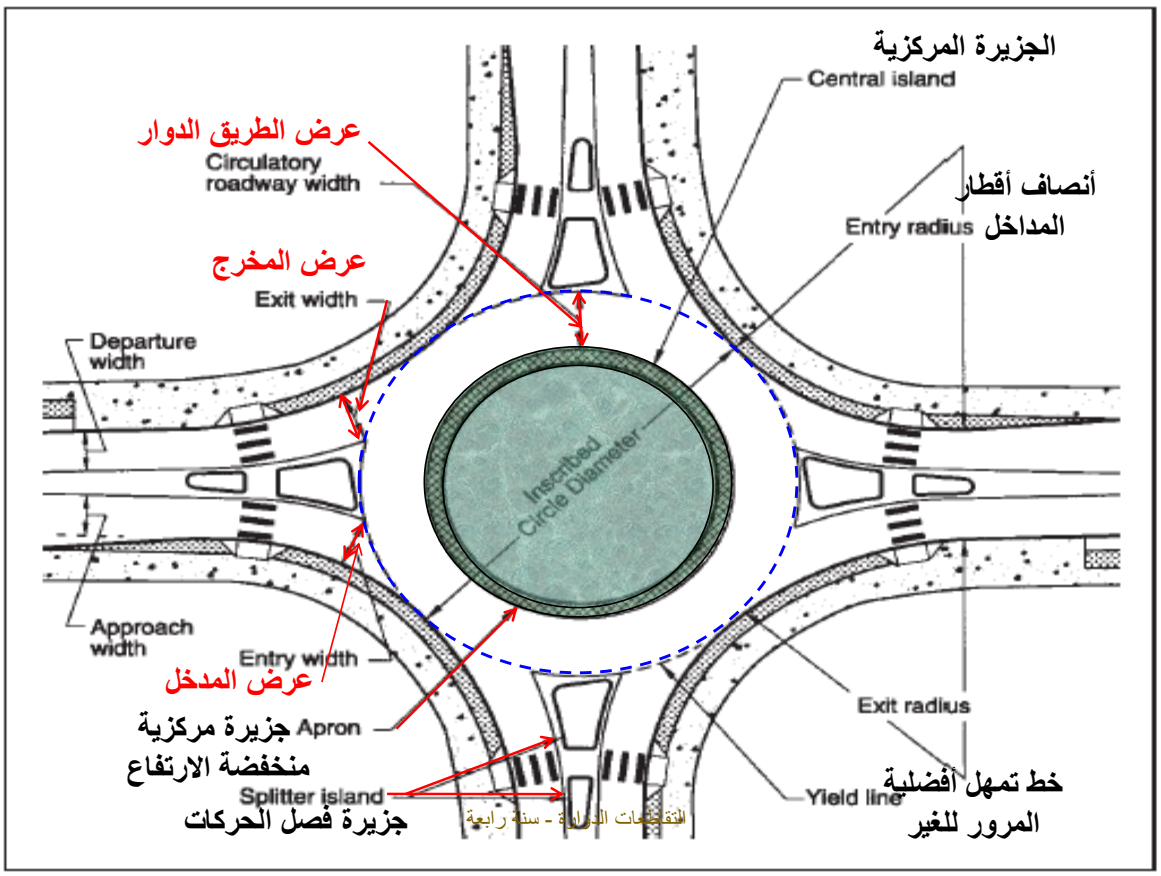
ستختلف من دوّارات بحارة مفردة– مستقلة– (single _lane roundabouts)إلى أخرى بحارات دخول مضاعفة (roundabouts with multiple entry lanes) .

الظروف الملائمة لتوضع التقاطع الدوار هي:

- المواقع التي تتعرض فيها العربات لأزمنة تأخير كبيرة،
- المواقع التي يكون فيها استخدام الإشارات الضوئية غير مبرراً،
- التقاطعات المنظمة بإشارات قف على كافة الأذرع،
- التقاطعات المكونة من أكثر من أربعة أذرع،
- التقاطعات مع نسبة انعطاف مرتفعة نحو اليسار،
- التقاطعات ذات الشكل الهندسي غير التقليدي،
- التقاطعات ذات أنماط متغيرة لحركة المرور،
- في المواقع على التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية والتي تكون فيها مناطق انتظار العربات محدودة،
- التقاطعات ذات الأهمية الجمالية في التصميم العمراني للجوار،

1-1- العناصر الهندسية Geometric elements :

الشكل(1-6) يزودنا بكافة الأبعاد والمكونات الأساسية للدوّار .



عملية التصميم Design process :

إن عملية تصميم التقاطع الدوار هي عملية تجريبية ITERATIVE، كما أنها تختلف عن تصميم الأشكال الأخرى للتقاطعات حيث أنها تتطلب تكراراً (تجريباً) بين التخطيط الهندسي و التحليل التشغيلي و تقييم السلامة. لذلك فإن التعديلات البسيطة في الوضع الهندسي يمكن أن تؤدي إلى تغيرات في السلامة و في الأداء التشغيلي و لذلك فإن المصمم يحتاج إلى التنقيح و مراجعة مشروع التخطيط الأولي للتأكد من سعته و سلامته ومن النادر الوصول إلى تصميم هندسي مثالي من المحاولة الأولى فلذلك ينصح بإعداد مسودات التخطيط الابتدائية على مستوى تخطيطي من التفاصيل، وقبل تحديد تفاصيل الشكل الهندسي يحب تحديد ثلاثة عناصر أساسية في مرحلة التصميم التمهيدية:

1- الحجم الأمثل للدوار The optimal size،

2- الموقع الأمثل The optimal position،

3- المنحى والتوجيه الأمثل لأذرع المدخل

The optimal alignment & arrangement of approach legs

ويمكن أن نحدد الخطوات الأساسية بالنسبة لعملية تصميم وتقييم الدوار وفق التسلسل التالي:

- تحديد الدوار كبديل أساسي مفضل،
- تقييم مدى ملاءمة الدوار كحل تخطيطي،
- تقييم أولي لأداء الدوار من وجهة نظر السعة وإمكانية تصريف الغزارات المرورية المتوقعة،
- التصميم الهندسي الأولي (مسطح الدوار)،
- التحقق من معايير السلامة، وإجراء الضبط والتصحيح للعناصر الهندسية ثم إجراء عملية تقييم دقيقة لأداء الدوار وإعادة عملية التصحيح والضبط للعناصر الهندسية،
- التصميم الهندسي النهائي ويتضمن إضافة إلى العناصر الهندسية الأساسية نظام الشاخصات والطلاء الطرقي والإنارة وكذلك الانسجام المعماري مع طبوغرافية الموقع ومحيطه،
- إنجاز عملية التدقيق لنظام الشاخصات والإنارة من وجهة نظر السلامة وإجراء أية تصحيحات ضرورية،

2- مبادئ التصميم العامة General Design Principles :

يصف هذا المقطع مبادئ التصميم الأساسية العامة بين كل أنواع الدوّارات ، فالخطوط الرئيسية لتصميم كل عنصر هندسي موجودة في هذا المقطع، أما فيما يتعلق بالأنواع الأخرى كالدوّارات ذات الحارات المزدوجة (المضاعفة) ، والدوّارات في المناطق الريفية(Rural roundabouts)، والدوّارات الصغيرة (Mini-roundabouts) فهي موجودة في مقاطع لاحقة. ويجب ملاحظة أنّ تصميم الدوّار بحارة مفردة يختلف بشكل واضح عن غيره من الدوّارات والعديد من التقنيات المستخدمة في التصميم لا يمكن نقلها مباشرة لتصميم الأنواع الأخرى من الدوّارات.

2-1 – السرعة ضمن الدوّار Speed through the roundabouts :

** إنّ الهدف الأكثر أهمية في التصميم هو الوصول إلى سرعات ملائمة للعربات ضمن الدوّار.*

بسبب التأثيرات صعبة الفهم (المتداخلة) على السلامة فإنّ الوصول إلى سرعات مناسبة للعربات يعتبر الهدف التصميمي الأهم (الحرج) . إنّ التصميم الجيد للدوّار سيخفف من السرعات النسبية بين تيارات النقل المتصادمة (conflicting) وفقاً لمتطلبات العربة لإنجاز الدوران على طول الخط أو المسار المنحني .

2-1-2 – *السرعة* التصميمية Design speed :

** إنّ زيادة منحني مسار العربة ينقص من السرعات النسبية بين العربات الداخلة والملتفة ولكن يزيد أيضاً من الاحتكاك الجانبي (Side feiction) بين تيارات المرور المتجاورة في الدوّارات التي تحوي حارات متعددة.*

أظهرت الدراسات الحديثة أنّ زيادة منحني مسار العربة ينقص من السرعة النسبية للعربات الداخلة والمستديرة(أي التي تقوم بعملية الدوران) وهذا يساهم عادة في إنقاص نسب التصادم للعربات الداخلة الملتفة (entering-circulating) والخارجة الملتفة (exiting-circulating) .

على كل حال ،إنّ زيادة منحني مسار العربة سيخلق في الدوّارات المتعددة الحارات احتكاك جانبي أكبر بين تيارات النقل المتجاورة ، وهذا يؤدي بدوره إلى أنّ عدد أكبر من العربات ستنتقل عبر الحارات مما يزيد من احتمال التصادمات الجانبية.

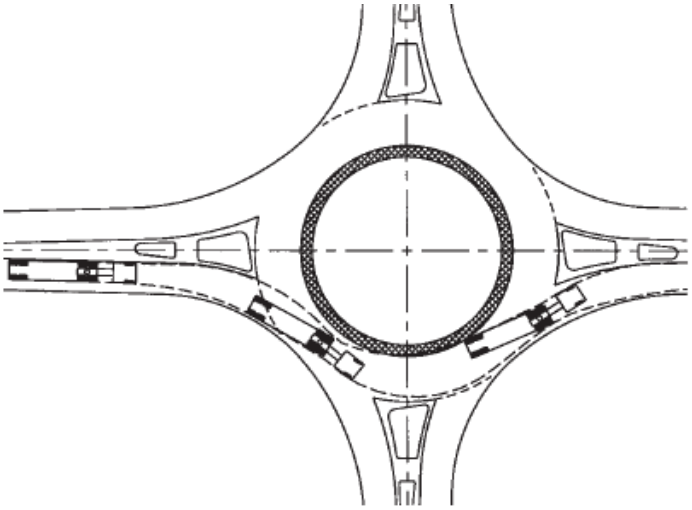
لذلك فقد تمّ إيجاد سرعة تصميمية مثالية لكل نوع من الدوّارات ، لتقليل التصادمات .

2-1-3 – مسارات العربة Vehicle paths :

المركبة التصميمية: Design Vehicle

لقد لوحظ أن هناك عامل هام في تخطيط الدوار وهو الحاجة لملاءمة أكبر مركبة تصميمية يحتمل أن تستخدم التقاطع. والجدير بالذكر أن متطلبات المركبة التصميمية ستفرض العديد من أبعاد الدوار، لذلك قبل البدء بعملية التصميم يجب أن يكون المصمم مدركاً لمتطلبات المركبة التصميمية ويمتلك المسودات المطبوعة المناسبة لانعطاف المركبة أو يمتلك برنامج لتحديد مسار انعطاف المركبة بالاعتماد على التصميم بمعونة الحاسب CAD وذلك من أجل تحديد المسار الممتد للمركبة.

يبين الشكل مسار الحركة المستقيمة للمركبة التصميمية (WB-50) WB-15



التصميم الهندسي للدوار: Geometric design of roundabout

يرتكز تصميم التقاطع الدوار على الحالات التي تتوافر فيها مساحة الأرض اللازمة للدوار ويفضل أن تكون الأذرع المتقاطعة أربعة أو أكثر، كما يعتبر الدوار أفضل من الإشارات الضوئية حتى حجم مروري معين وخاصة إذا كانت أحجام المرور في الأذرع متساوية ويجب الأخذ بعين الاعتبار بأن لا يقل القطر الإجمالي الخارجي للدوار عن عرض الطريق.

1- عرض المدخل:Entry width

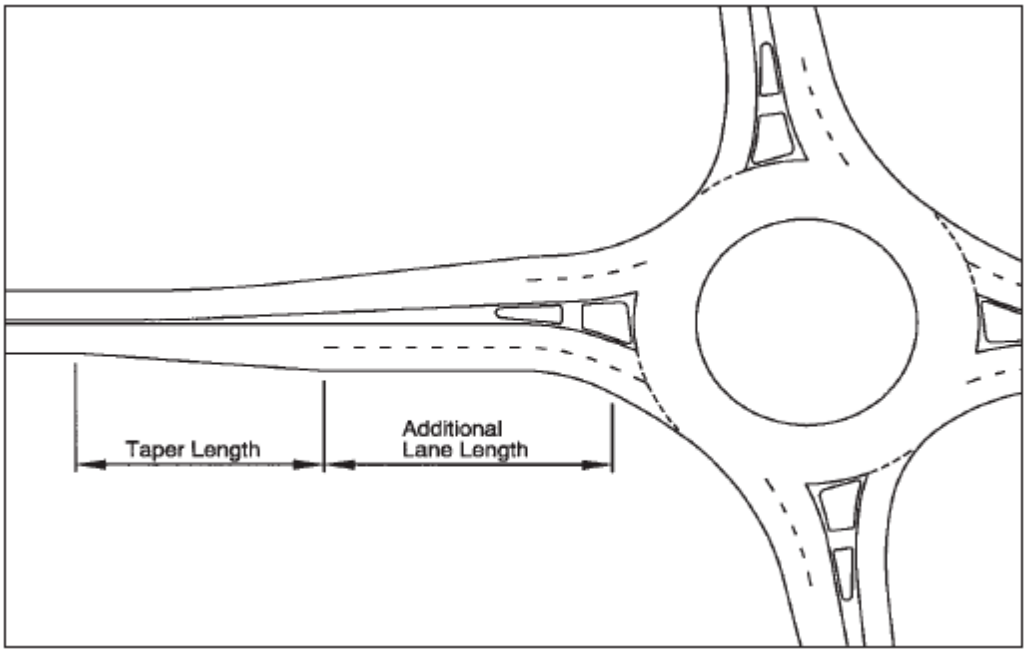
يختلف عرض مدخل الدوار تبعاً للغزارة المرورية التي تعبر المدخل، والمركبة التصميمية، وعرض الطريق المؤدي إلى الدوار، وعموماً يتراوح عرض المدخل بين 3.65m إلى 4.60m لكل حارة من حارات المرور مع المحافظة على الحد الأدنى لعرض المداخل وذلك من أجل زيادة سلامة الحركة المرورية في منطقة الدوار.

وقد يكون نصف قطر المنحني المؤدي إلى الدوار أقل أو يساوي نصف قطر المسار الذي يتوقع أن تسير المركبة عليه والذي يصمم بحيث يكون مماساً للجزيرة المركزية.

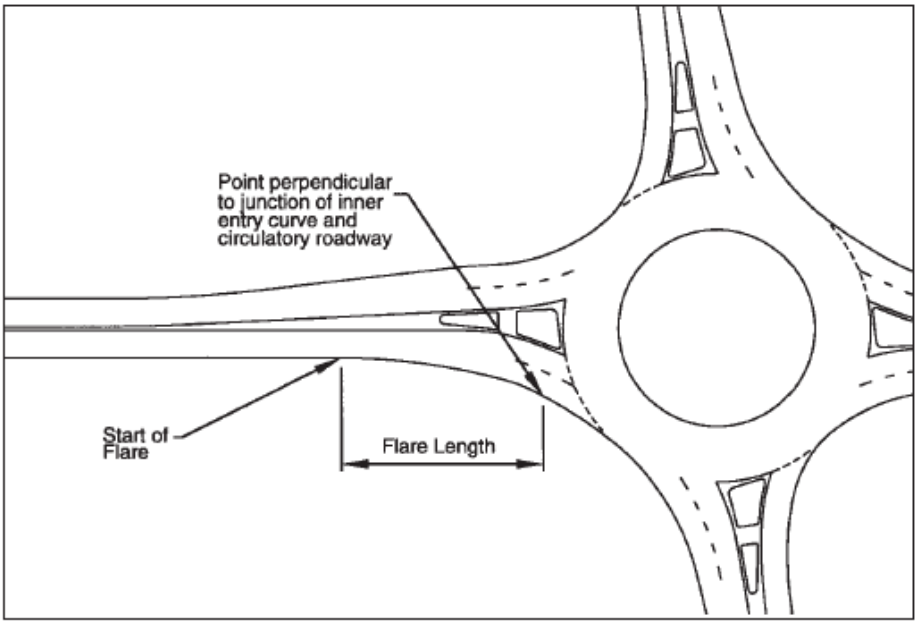
فلقد أشارت الدراسات إلى أن التحكم بعرض المدخل يزيد من السعة وفق الطريقتين التاليتين:

1. إضافة حارة مرور على كامل ذراع الدخول إلى الدوار.
2. توسيع المدخل تدريجياً وذلك تبعاً للوضع الهندسي للمدخل.

يبين الشكل كيفية التحكم بعرض المدخل عن طريق إضافة حارة كاملة



يبين الشكل كيفية التحكم بعرض المدخل عن طريق توسيع المدخل تدريجياً



2- عرض الشريط الدائري: Circulating roadway width

بينت الدراسات بأن تحديد عرض المسار الدائري يتم بالاعتماد على عرض المدخل ومتطلبات الانعطاف للمركبة التصميمية وعموماً يجب أن لا يقل عرض المسار الدائري عن العرض الأعظمي للمدخل (بحيث يصل إلى 120% من العرض الأعظمي للمدخل)

مع العلم أن التصميم الجيد للدوار هو الذي يتجنب المنحنيات العكسية القصيرة بين المدخل و المخرج، ويستحسن أن تكون منطقة الشريط الدائري دائرية كلما أمكن ذلك، أما بالنسبة للعرض يجب أن لا يزيد عن 15 m ويفضل أن يكون عرض الطريق داخل الدوار ثابتاً.

3- القطر الإجمالي للدوار: Inscribed Circle Diameter

أشارت الدراسات العالمية إلى أن القطر الإجمالي للدوار هو المسافة بين حافتي الرصيف للشريط الدائري، والذي يتحدد بمجموع قطر الجزيرة المركزية وضعف عرض الشريط الدائري.

فمن أجل الدوارات ذات الحارة الوحيدة يكون القطر الإجمالي الأصغري للدوار 30m الموافقة للعربة(WB-50) WB-15 .

وأما من أجل الدوارات ذات الحارة المزدوجة يكون القطر الإجمالي الأصغري للدوار 45m الموافقة للعربة(WB-50) WB-15.

على أية حال، إن لعرض الطريق الدائري،عرض المداخل والمخارج، نصف قطر المداخل والمخارج الدور الهام في التوفيق بين المركبة التصميمية والانعطاف داخل الدوار deflection.

ويجب الأخذ بعين الاعتبار صعوبة تحقيق الانعطاف الكافي داخل الدوار ذو قطر أقل من 40m ففي هذه الحالة يجب وضع جزيرة مركزية منخفضة الارتفاع حوالي 50mm كحد أقصى (APRON) وبالتالي تتمكن العجلات الخلفية للمركبات الطويلة (المقطورات) أن تمر عليها.

يبين الجدول مجالات الأقطار الإجمالية للدوار من أجل مواقع مختلفة:

تصنيف الموقع	المركبة التصميمية النموذجية	القطر الإجمالي للدوار
الدوارات الصغيرة	*الشاحنة ذات المحور الوحيد*	*13-25 m*
المناطق العمرانية المزدحمة *Urban compact*	*الشاحنة ذات المحور الوحيد/(باص)*	*25-30 m*
المناطق العمرانية بحارة وحيدة *urban single lane*	*WB-15 (WB-50)*	*30-40 m*
المناطق العمرانية بحارتين *urban double lane*	*WB-15 (WB-50)*	*45-55 m*
المناطق الريفية بحارة وحيدة *rural single lane*	*WB-20 (WB-67)*	*35-40 m*
المناطق الريفية بحارتين *rural double lane*	*WB-20 (WB-67)*	*55-60 m*

4- المخارج: compact Exits

يجب أن تكون المخارج سهلة كلما أمكن، وكما أن المداخل مصممة لإبطاء سرعة المركبات الداخلة إلى الدوار فإن المخرج يصمم بحيث يزيد من سرعة المركبات الخارجة من الدوار مع العلم أن نصف قطر المخرج أكبر من نصف قطر المدخل.

5- الجزر الفاصلة: Splitter islands

يتم تزويد كافة الدوارات بالجزر الفاصلة ماعدا الدوارات ذات الأقطار الصغيرة وذلك لأنها تمنع السائقين من رؤية الجزيرة المركزية.

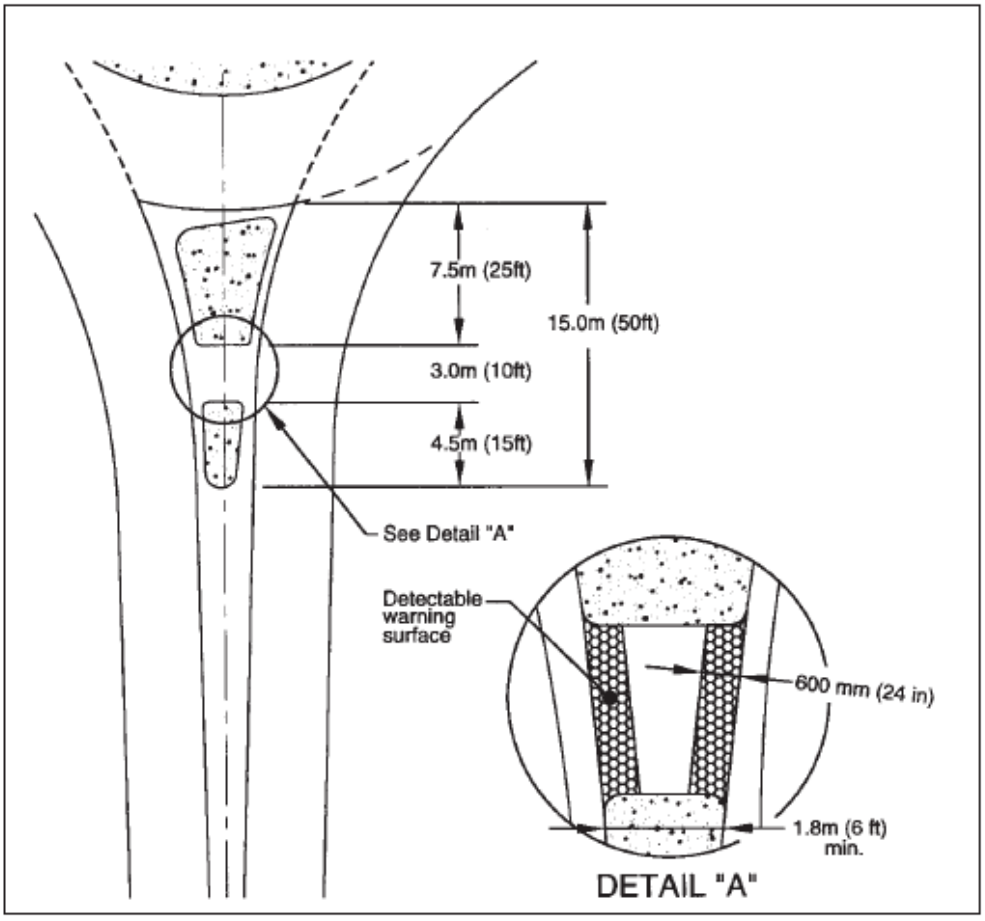
فالهدف من وجود الجزر الفاصلة هو كالتالي:

- تساعد في التحكم بالسرعة.
- تقوم بتوجيه حركة المرور ضمن الدوار.
- تقوم بفصل حركة المرور الداخلة والخارجة.
- تمنع المركبات من القيام بالحركات الخاطئة.

وكما أشارت الدراسات أن الطول الكلي للجزيرة الفاصلة يجب أن لايقل عن(50ft)15m لإعطاء الحماية الكافية للمشاة ولتنبيه السائقين المقتربين من الدوار.

كما أن لزيادة عرض الجزر الفاصلة التأثير الهام في تخفيض عدد حوادث الاصطدام.

يبين الشكل الأبعاد الصغرى للجزر الفاصلة للدوارات ذات الحارة الوحيدة متضمنة موقع لمعبر المشاة.



6- الجزيرة المركزية: Central island

لقد لوحظ أن الجزيرة المركزية للدوار تكون مرتفعة وذات منظر طبيعي لأسباب جمالية وذلك من أجل إدراك السائق للدوار، كما أنها منطقة يمنع المرور عليها، فقد تكون دائرية الشكل

فنلاحظ أن الشريط الدائري الذي حولها ذو نصف قطر ثابت يساعد على رفع السرعات الثابتة حول الجزيرة المركزية، ومن جهة أخرى فإن الأشكال البيضاوية أو الشاذة قد تكون أكثر صعوبة للقيادة ومترافقة مع تزايد سرعة المركبات.

وعلاوة على ذلك، إن حجم الجزيرة المركزية يلعب دوراً أساسياً في تحديد مقدار الانحراف على المسار المستقيم للعربة، فيوجد هناك العديد من الطرق التي تسمح بتزايد الانحراف دون تزايد القطر مثل:

- إنقاص عرض المدخل.
- إنقاص أنصاف أقطار المدخل.

إلا أن هذه الطرق قد تمنع من ملائمة المركبة مع مسار الشريط الدائري.

يبين الشكل مثالاً عن الجزيرة المركزية مع وجود منطقة عبور من حولها



Exhibit 6-23. Example of central island with a traversable apron.

7- توسيع المداخل عند الدوار Flare design at entry

لقد تبين أن توسيع مدخل الدوار يزيد من سعته بشرط أن لا يزيد عدد حارات المدخل عن عدد الحارات داخل الدوار مما يسمح للمركبات بالدخول بسرعات مماثلة(قريبة) من سرعة المركبات الدائرية، علماً بأن الطول الذي يجري فيه التوسيع يقع ضمن المجال 30 - 95 m .

8- أفضلية المرور للغير Yield at entry:

من المعروف أن الدوارات تعطي أفضلية المرور للمركبات ضمن الطريق الدائري، بينما تنتظر المركبات الأخرى الثغرة الحرجة في الحركة المرورية لتدخل إلى الطريق الدائري وهذا مختلف عن التقاطعات المجهزة أو غير المجهزة بإشارة قف التي تعطي الأفضلية للمركبات المقتربة من اليمين. فالدوارات تضبط المركبات الداخلة بإشارة تمهل وليست إشارة قف أو إشارة ضوئية.

9- معبر المشاة: Pedestrian crossing

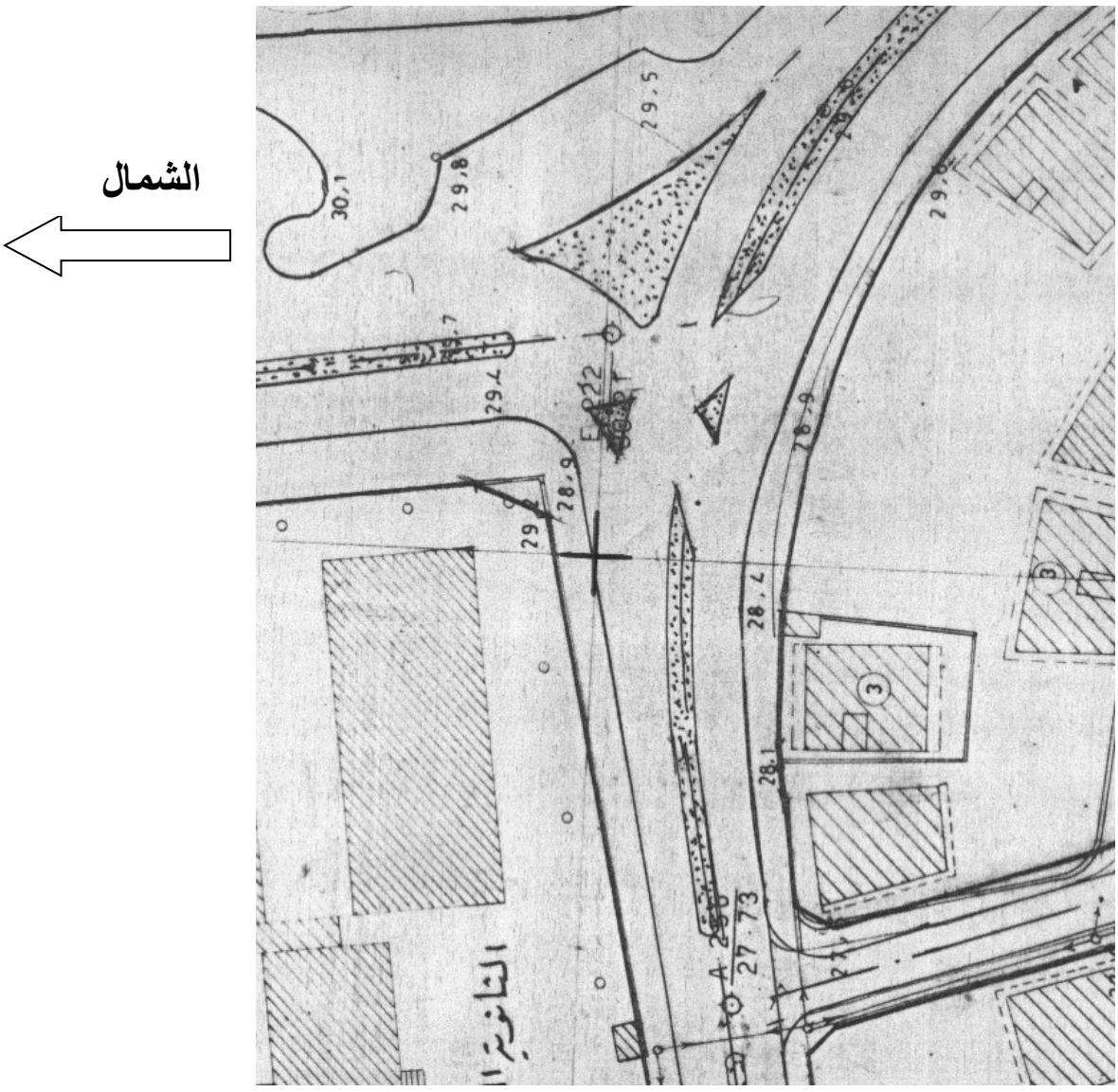
يعرّف بأنه مكان مخصص من أجل عبور المشاة فلذلك يعتبر ضرورياً لكافة أذرع الدوار.

ونلاحظ وجوده قبل خط تمهل كما أنه يمثل التوازن الأمثل بين راحة المشاة، سلامة المشاة، وتشغيل الدوارات، ومن المعروف أن العرض الأدنى لمعبر المشاة 1.8m .

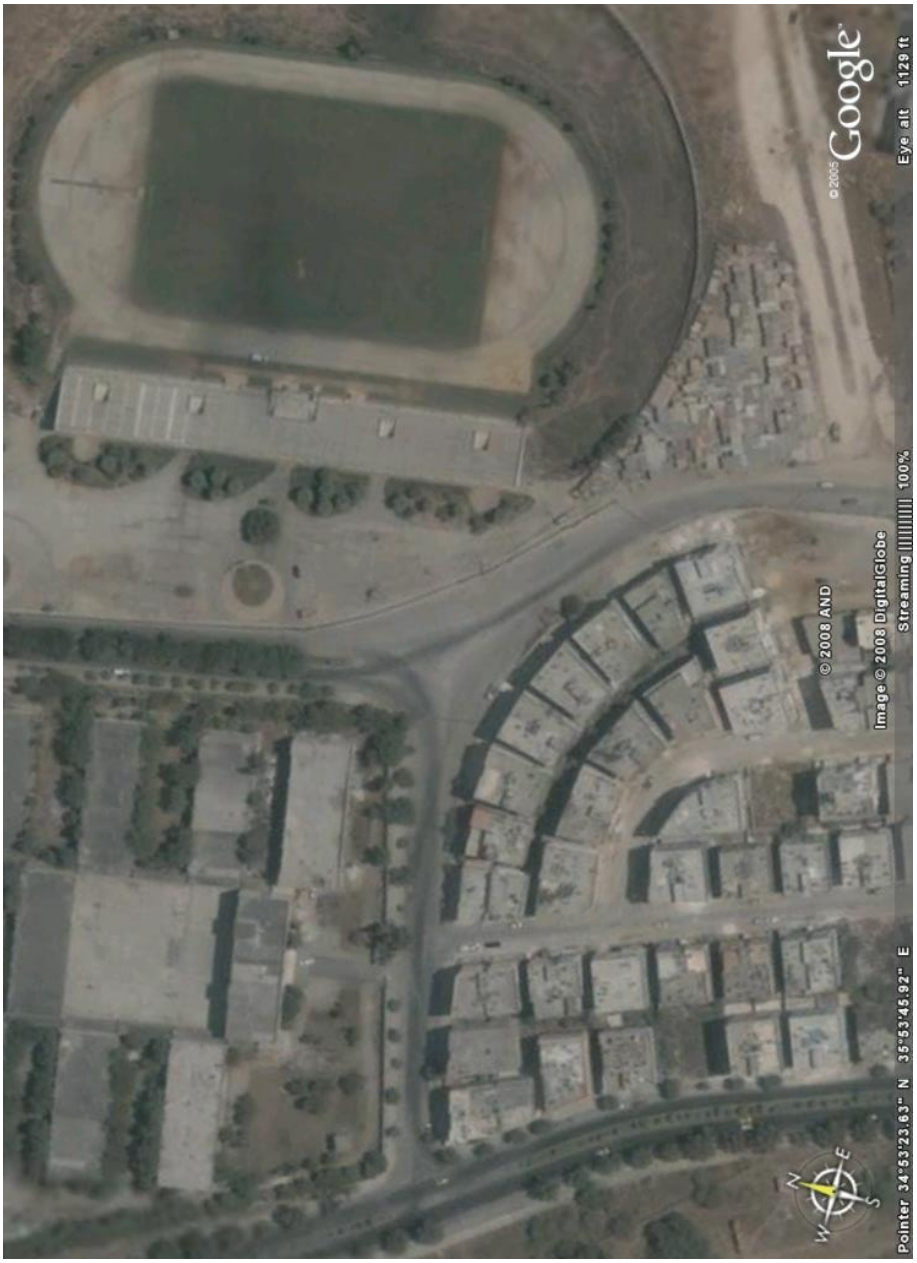
مثال تطبيقي:

الوضع الراهن (تخطيط حسب المخطط التنظيمي)
لتقاطع بجوار الصالة الرياضية في طرطوس.

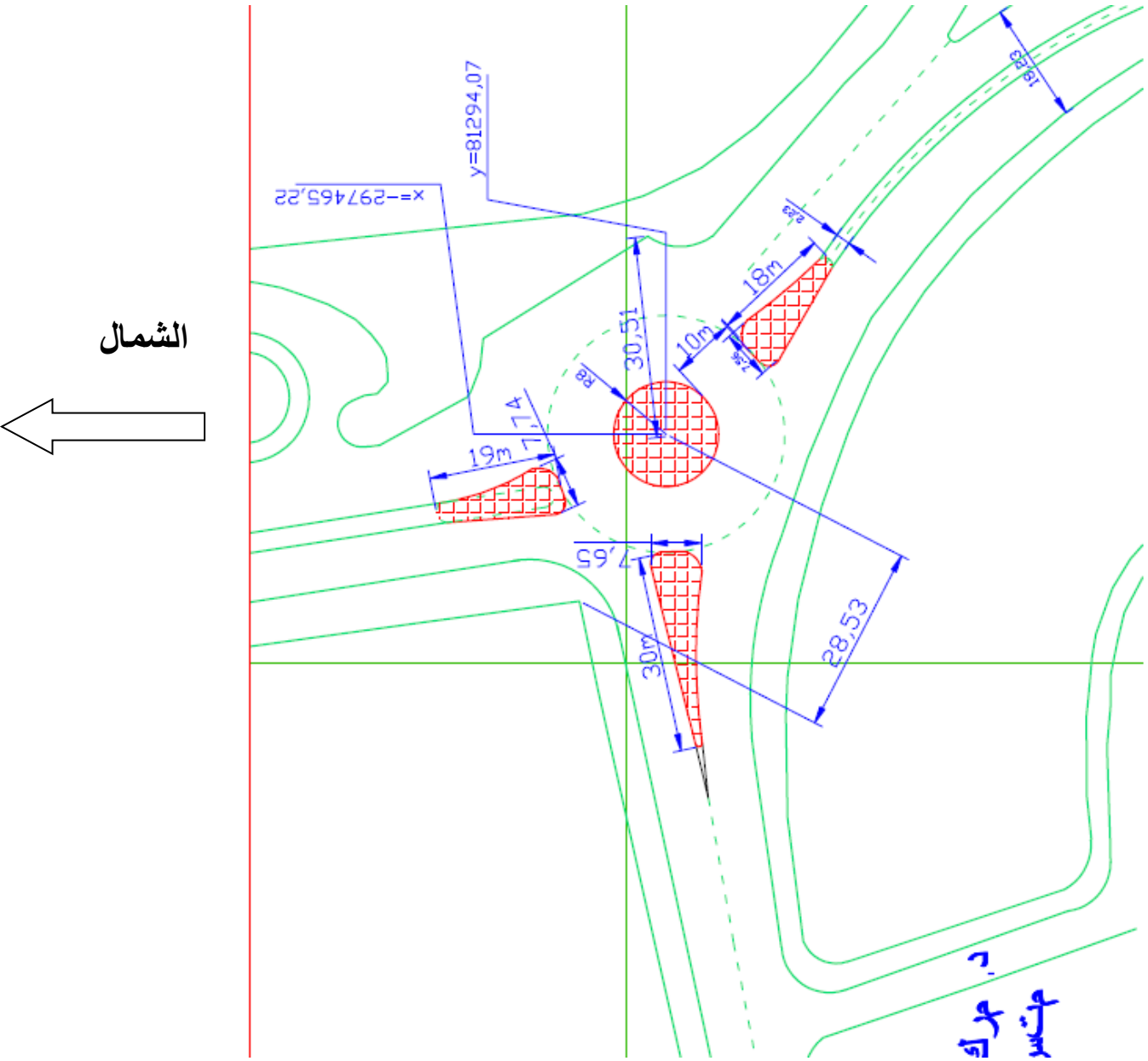
الشمال



الوضع الراهن (المنفذ فعليا)
لتقاطع بجوار الصالة الرياضية في طرطوس



الحل المقرح



التنفيذ التجريبي للحل المقترح (مجلد الصالة الرياضية)