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 .*

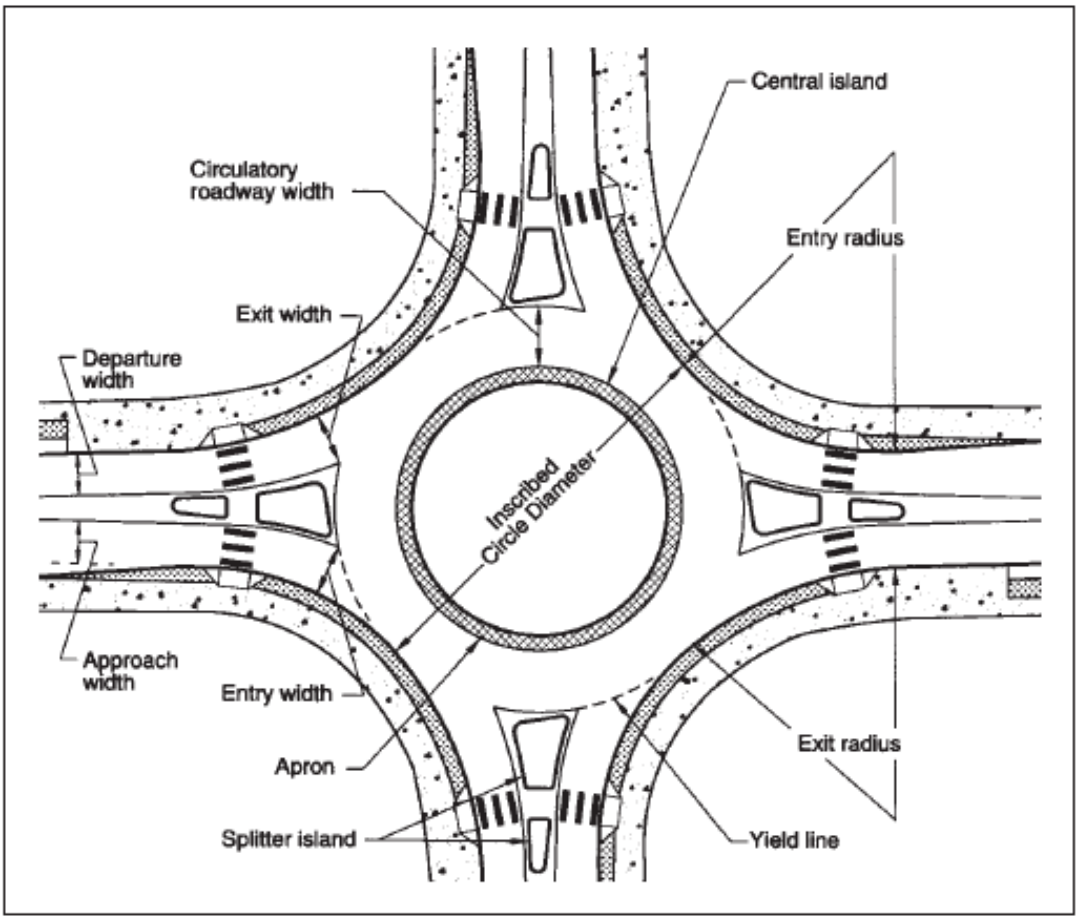
بما أنّ الشكل الأساسي والعناصر المكونة للدوّار متماثلة بغض النظر عن الموقع، لذلك فإنّ تقنيات التصميم والبارامترات المستندة إلى كل من حالة السرعة (speed environment) والغزارة المطلوبة في كل موقع ستختلف تبعاً لذلك.

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) .

سيشرح هذا المقطع المبادئ التصميمية الأساسية المشتركة بين كل نماذج الدوّارات المبينة سابقاً، أي (single_lane & multiple_lanes Roundabouts).

1-1- العناصر الهندسية Geometric elements :

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



1-2- 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 .

2-1-1 – بر وفيلات السرعة Speed profiles :

يبين المخطط(3-6) السرعات العملية لعربات نموذجية أثناء اقترابها وإنجازها لعملية الدوران على الدوّار . إنّ سرعات الاقتراب (Approuch speeds) هي (من 40,55 إلى 70 km/h) أو (من 25,35 إلى 45 mph) من حوالي 100 m (35 ft) من مركز الدوران ، كما هو مبين في الشكل .

إنّ التباطؤ في السرعة يبدأ قبل هذا الوقت ومع قيام السائق بعملية الدوران تقريباً بسرعة تقارب السعة على الدوّار . إنّ هذه السرعة النسبية النظامية لإنجاز الدوران

(لكل السائقين) تعني أنّ السائقين يستطيعون وبسهولة اختيار طرقهم وممرراتهم وبشكل آمن وكفاءة عالية.

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 :

**** تُحدد سرعة الدوّار من المسار الأسرع المسموح به هندسياً.***

لتحديد السرعة على الدوّار يتم أولاً رسم المسار الأسرع المسموح به هندسياً ، وهو المسار الأكثر سلاسة و سهوله بالنسبة لعربة منفردة وذلك باعتبار غياب كافة أشكال المرور وتجاهل إشارات الحارات متنقلةً من الدخول في الدوّار ، وحول الجزيرة المركزية ، إلى مخرج الدوّار .

عادة المسار المحتمل الأسرع يكون للحركة المستقيمة ولكن في بعض الحالات يمكن أن يكون للحركة المنعطفة نحو اليمين .

يفترض أن يكون عرض العربة (2 m _ 6 ft) ، وتحافظ على وضوح (رؤية) أصغري بحدود 2 (0,5 m −ft) من محور الطريق أو الحاجز البيتوني وبمحاذاة الخط الطرفي للطريق . لذلك يتم رسم محور مسار العربة وفق الأبعاد التالية:

1− (5 ft - 1,5 m) من الحاجز البيتوني .

2− (5 ft - 1,5 m) من محور الطريق .

3− (3 ft - 1,0 m) من خط الدهان الطرفي .

يبين المخططان (6-6 , 6-5) كيفية إنشاء مسار العربة الأسرع في حالتي دوّار بحارة مفردة وآخر بحارتين (multiple) ، على التتالي . ويزودنا المخطط(6-7) بمثال لدوّار فيه ذراع عليه الحركة المنعطفة نحو اليمين أهم (more crtical) من الحركة المستقيمة.يظهر من المخططين (6-6 , 6-5) المسار الأسرع للحركة المستقيمة كسلسلة من المنحنيات المتعاكسة (مثلاً ، منحني نحو اليمين يتبعه آخر نحو اليسار ثم نحو اليمين) وعند رسم هذا المسار يجب رسم مماس صغير يصل بين كل منحنيين متعاقبين كما يجب حساب الزمن اللازم للسائق حتى يدير عجلة القيادة (عند الانتقال من منحني لآخر) .

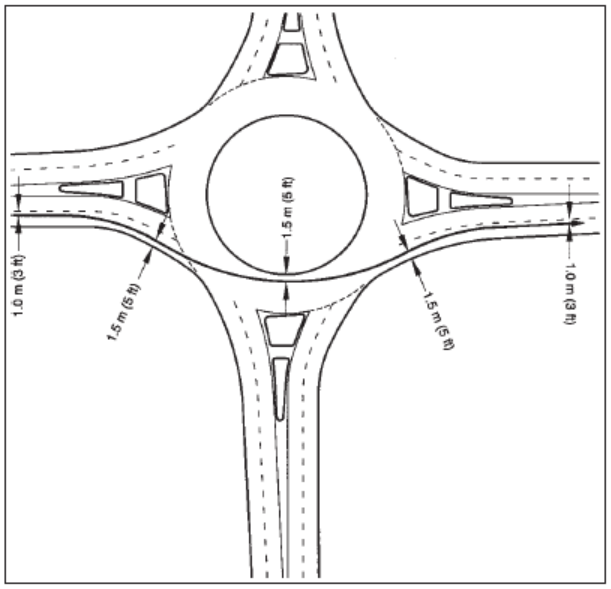


Exhibit 6-6. Fastest vehicle path through double-lane roundabout.

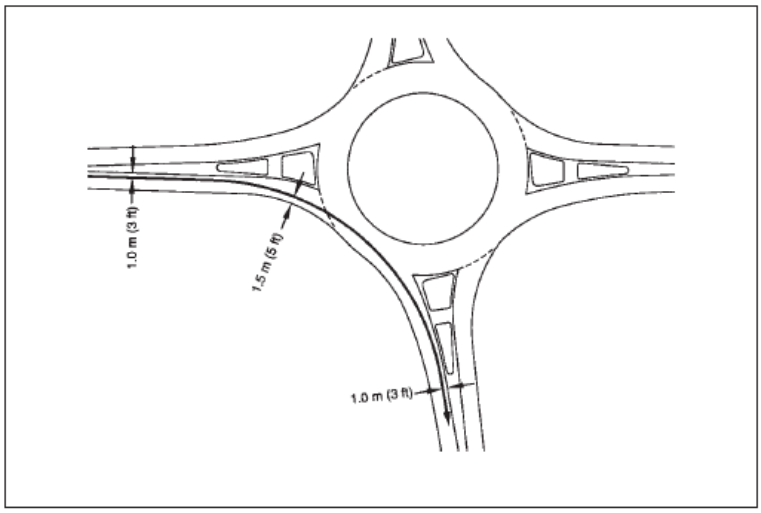


Exhibit 6-7. Example of critical right-turn movement.

يُفضل عند إنشاء الرسوم الأولية أن تتم باليد ، وذلك أفضل من استخدام النماذج الجاهزة(Drafting templates)أو برامج التصميم بمعونة الحاسب (CAD) .

حيث أنّ الرسم باليد يمكن أن يعطي صورة أكثر واقعية عن الطريق التي سيسلكها السائق ليتخطى الدوّار، مع منحنيات وصل انتقالية ومماسات أكثر سلاسة .

فعند وجود مسودات أولية لمسار السرعة الأكبر ، يستطيع المصمم أن يقوم بقياس أنصاف الأقطار الأصغرية مستخدماً مسطرة منحنيات أو بإدخال الرسم إلى برنامج تصميم بمعونة الحاسب (CAD) واستخدامه لقياس أنصاف أقطار المنحنيات .

نقوم بتحديد السرعة التصميمية للدوّار من نصف القطر الأصغر على طول المسار الأسرع المسموح ، ويكون عادة ، في الطرق الدوّارة ، عندما تنعطف العربة نحو اليسار حول الجزيرة المركزية .

* على كل حال ، من المهم عند التصميم الهندسي للدوّار ، أن لا يكون نصف قطر

ممر (مسار) الدخول (كمثال ، كما في حالة العربة المنعطفة نحو اليمين عبر ممر الدخول) أكبر بكثير من نصف قطر المسار الدائري(للدوّار) .
ويجب رسم المسار الأسرع لكل الأذرع على الدوّار .
لأنّ منشأة المسار الأسرع عبارة عن عملية ذاتية تتطلب الكثير من المحاكمة الشخصية ، يُفضّل أن تتضمن هذه العملية الخطوة التالية في التصميم .

2-1-4 – العلاقة بين السرعة _ المنحني Speed – Curve relationship :

إنّ العلاقة فيما بين سرعة الرحلة (Travel speed) والمنحي الأفقي قد تمّ توثيقها في منشورات ال AASHTO ، سياسة التصميم الهندسي للطرق و الشوارع، A Policy on Geometric Deisgn of Highways and Streets والمعروفة عادة بالكتاب الأخضر Green Book .
يُمكن استخدام العلاقة 6-1 لحساب السرعة التصميمية لنصف قطر مسار مُعطى :

$$V = \sqrt{127\ R\ (e + f)} \quad (6\text{-}1)$$

V : السرعة التصميمية km/h

R: نصف القطر m

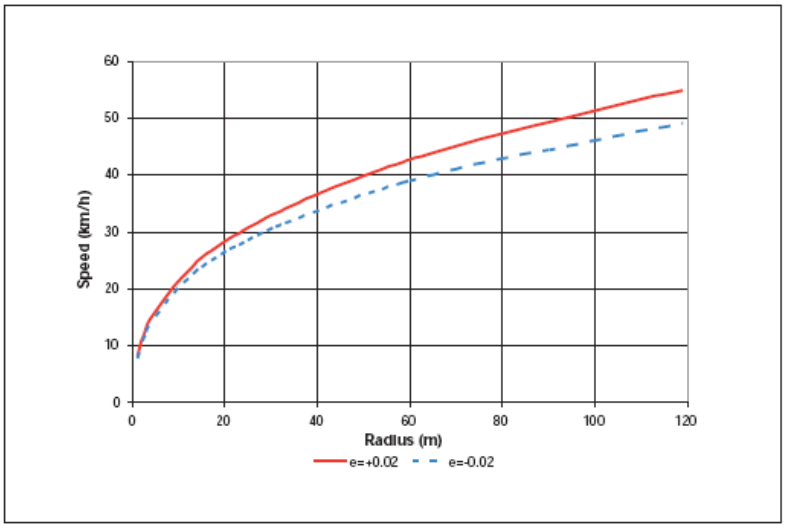
e : قيمة الرفع العرضاني (Superelevation) m/m

f : معامل الاحتكاك الجانبي . (Side friction factor) .

** تفرض عادة قيمة الرفع العرضاني 0,02+ لمنحنيات الدخول والخروج، و 0,02- لمنحنيات الدوران حول الجزيرة المركزية .*

نستطيع تحديد قيمة الاحتكاك الجانبي وفقاً لعلاقات AASHTO من أجل المنحنيات في التقاطعات (AASHTO 1994 المخطط 19-111) .
إنّ عامل الاحتكاك بين دواليب العربات وطبقات الرصف يتغير بتغير سرعة العربة كما هو مبين في المخطط (6-8)، وباستخدام معاملات الاحتكاك المناسبة والموافقة لكل سرعة يظهر المخطط (6-10) العلاقة فيما بين السرعة ونصف قطر المنحني لكل من حالتي الرفع : 0,02&-0,02 .

Exhibit 6-10. Speed-radius relationship (metric units).



2-1-5 – ثبات السرعة Speed consisttency :

بالإضافة إلى تحديد السرعات التصميمية للحركات الأسرع ، هناك موضوع آخر مهم وهو ثبات السرعة لكل الحركات.مع كل الإنقاص بالسرعة فإنّ توافق السرعة يمكن أن يساعد في تخفيف نسبة و خطورة التصادمات بين تيارات العربات المتصادمة ويُسّهل أيضاً من عملية اندماج تيار المرور المعاكس ويقلل من الفواصل الحرجة (Critical gaps) وهذا بدوره يُحسن من الغزارة الداخلة . إنّ هذا المبدأ يتضمن ما يلي :

- يجب تخفيض السرعات النسبية بين العناصر الهندسية المتتالية .
- يجب تخفيض السرعات النسبية بين تيارات المرور المتصادمة.

كما هو مبين في الشكل (6-12) ، يجب تدقيق خمسة أنصاف أقطار لكل ذراع :

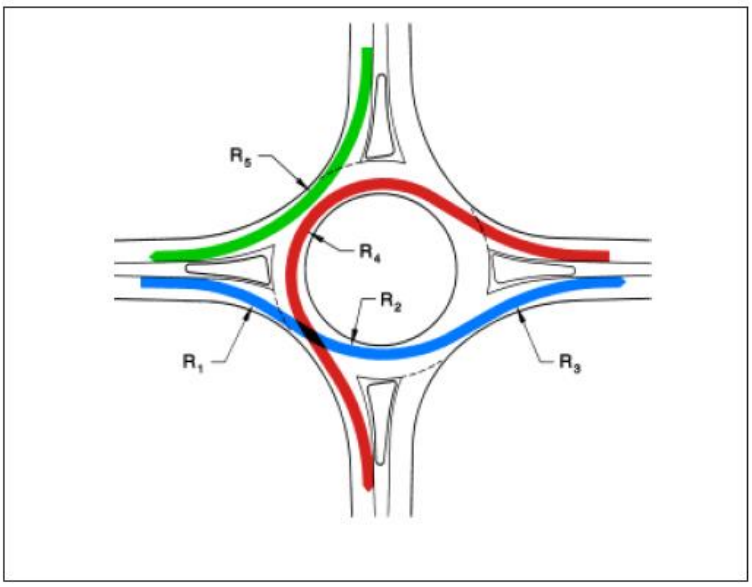


Exhibit 6-12. Vehicle path radii.

R1 : The entry path radius ، نصف قطر مسار الدخول (وهو نصف القطر الأصغر على مسار الحركة المستقيمة الأسرع قبل الخط المُحدث .

R2 : The circulating path radius ، نصف قطر مسار الدوران ، (وهو نصف القطر الأصغر لمسار الحركة الأسرع (المستقيمة) حول الجزيرة المركزية .

R3 : The exit path radius ، نصف قطر مسار الخروج ، (وهو القطر الأصغر لمسار الحركة المستقيمة الأسرع عند الخروج من الدوّار .

R4 : The left turn path ، نصف قطر مسار الانعطاف نحو اليسار ، (وهو نصف القطر الأصغر لمسار الحركة اليسارية المتصادمة) .

R5 : The right turn path ، نصف قطر مسار الانعطاف نحو اليمين ، (وهو نصف القطر الأصغر للمسار الأسرع للعربات المنعطفة نحو اليمين) .

ومن المهم الانتباه إلى أنّ أنصاف الأقطار هذه ليست نفسها لأنصاف أقطار الحواجز ومنصفات الطريق ، في البداية ، عند وضع المخططات الهندسية يتم التغاضي عن المنصفات والحواجز ومن ثمّ يتم رسم مسارات العربات وفقاً للقواعد المنصوص عليها في الفقرة (3-1-2) .

يُفضّل أن يكون R1<R2 على المسار الأسرع ، والذي بدوره سيكون عند الانعطاف أصغر من R3 .

يؤكد هذا أنّ السرعات سيتم تخفيضها إلى المستوى الأدنى عند مدخل الدوّار وبالتالي سيتم تخفيض عدم السيطرة على الحوادث بشكل واضح جداً . إنّ هذا سيساعد في تخفيف الفرق بين الدخول والدوران مما سيقلل من نسب التصادم للعربات الداخلة والتي تدور حول الدوّار .

في بعض الحالات لا يمكن جعل R1<R2 ضمن حدود الطريقة المعطاة أو لضرورات طبوغرافية، وعندها يمكن أن نقبل كون R1>R2 على أن يكون الفرق في السرعات أقل من 20 km/h , 12 mph ويُفضّل أن يكون هذا الفرق أقل من 10 km/h , 6 mph .

في الدوّارات ذات الحارة المفردة يمكن إنقاص قيمة R1 بسهولة ، يتم إنقاص نصف قطر الحاجز أو يمكن أن نبعد خط الذراع (الخط المحدد للذراع) أبعد إلى اليسار ليسمح بسرعة دخول أبطأ (مع أرجحية لسرعات خروج أكبر مما سيعرض المشاة لمزيد من الأخطار) .

أمّا في حالة الدوّارات بحارات مزدوجة فإنّ الأمر سيكون أكثر صعوبة ، لأنّ منحنيات الدخول الصغيرة ستسبب تداخلاً في مسار الحركة الطبيعية لتيارات النقل المتجاورة .

يحدث تداخل المسارات (path overlap) عندما تقود هندسية التقاطع العربة في الحارة اليسارية للذراع إلى أن تنجرف (تندفع) بشكل طبيعي عبر الحارة اليمينية للذراع (قبل خط الذراع) وذلك لتفادي الجزيرة المركزية .

ويمكن أن يحدث أيضاً عندما تقوم العربة الداخلة من الحارة اليمينية بشق طريقها بشكل طبيعي عبر الاتجاه اليساري لطريق لمسار الدوران بالقرب من الجزيرة المركزية .

عندما يحدث هذا التداخل في المسارات على الدوّارات سيؤدي حتماً إلى إنقاص قيم الغزارة وزيادة أخطار التصادم .

لذلك وعند تصميم الدوّارات ذات الحارات المزدوجة يجب الانتباه حتى نستطيع

الوصول إلى القيم المثلى لكل من R1, R2, R3 .

يجب أن تكون قيمة R3 أصغر من R1,R2 وذلك لزيادة قدرة السيطرة على الحوادث . ويمكن في الدوّارات ذات الحارة المفردة ، مع وجود تأثير للمشاة أن نبقي على قيمة R3 صغيرة (مثل أو أكبر من R2 بقليل) وذلك من أجل تصغير سرعات الخروج .

يجب أخذ الحيطة بشكل أكبر في حالة الدوّارات المزدوجة ، وذلك لتخفيف حدوث تداخل للحركة في مسا ر الخروج. إنّ تداخل الحركة في مسار الخروج يمكن أن يحدث عندما تخرج العربة من الجانب اليساري لمسار الدوران، بالقرب من الجزيرة

المركزية ، إلى الحارة اليمينية لمخرج الدوّار . ويجب تكبير أنصاف الأقطار قدر الإمكان في الأماكن التي يتوقع وجود المشاة فيها وذلك لتخفيض إمكانية حدوث تداخل في الحركة.

يجب وضع منحني خروج أضيق عند وجود المشاة وذلك لضمان سرعات منخفضة بشكل واضح باتجاه عبور المشاة .

إنّ نصف القطر R4 يجب أن يتم حسابه بحيث يكفل أن يكون الفرق الأعظمي بين سرعتي الدخول والدوران لا يزيد عن 20 km/h . إنّ الحركة المنعطفة نحو اليسار هي الحرجة لأنّها تملك أصغر سرعة دوران .

زيادة الفرق في السرعة بين الدخول و الدوران يمكن أن يسبب زيادة في حوادث التصادم للعربات المفردة وذلك نتيجة لفقدان السيطرة على العربة .

بشكل عام نستطيع تحديد قيمة R4 بإضافة 1.5 m إلى نصف قطر الجزيرة المركزية .

بالاستناد لهذه الفرضية يعرض لنا الجدول (13-6) قيماً تقريبية ل R4 وقيم عظمى ل R1 .

Inscribed Circle Diameter (m)	Approximate R_4 Value Radius (m)	Speed (km/h)	Maximum R_1 Value Radius (m)	Speed (km/h)
Single-Lane Roundabout				
30	11	21	54	41
35	13	23	61	43
40	16	25	69	45
45	19	26	73	46
Double-Lane Roundabout				
45	15	24	65	44
50	17	25	69	45
55	20	27	78	47
60	23	28	83	48
65	25	29	88	49
70	28	30	93	50

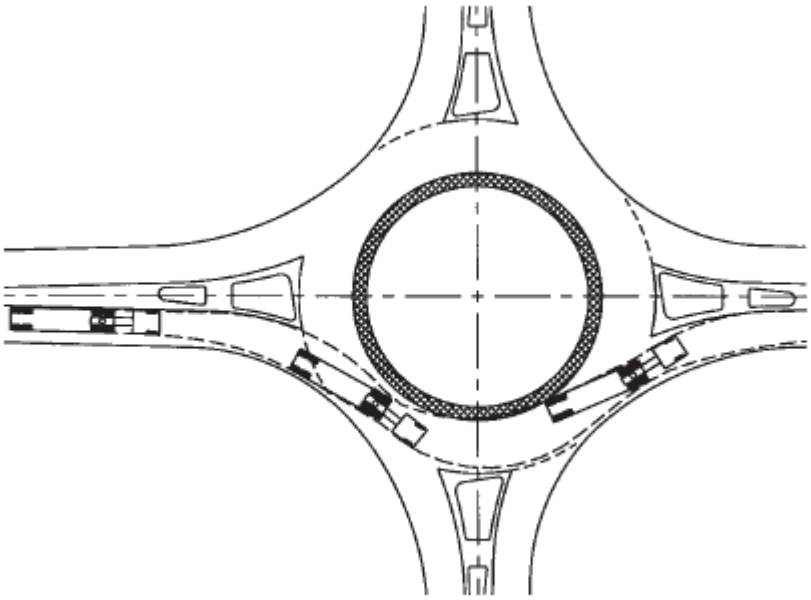
Exhibit 6-13. Approximated R_4 values and corresponding R_1 values (metric units).

وأخيراً ، يتم تقييم نصف القطر لأسرع مسار ممكن لحركة الانعطاف لليمين R5، بشكل مماثل ل R1 ويجب أن يكون له سرعة تصميمية مثل أو أقل من السرعة التصميمية للدوّار ، وأن لا تزيد عن السرعة التصميمية للحركة المتصادمة معها R4 بأكثر من 20 km/h .

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

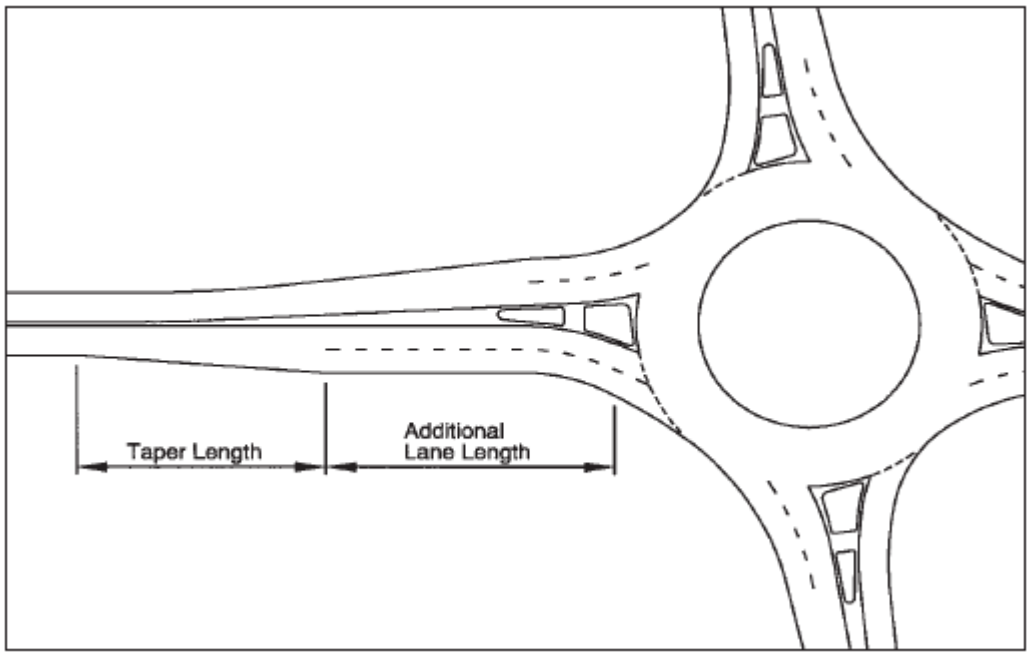
يختلف عرض مدخل الدوار تبعاً للغزارة المرورية التي تعبر المدخل، والمركبة التصميمية، وعرض الطريق المؤدي إلى الدوار، وعموماً يتراوح عرض المدخل بين 3.65m إلى 4.60m لكل حارة من حارات المرور مع المحافظة على الحد الأدنى لعرض المداخل وذلك من أجل زيادة سلامة الحركة المرورية في منطقة الدوار.

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.

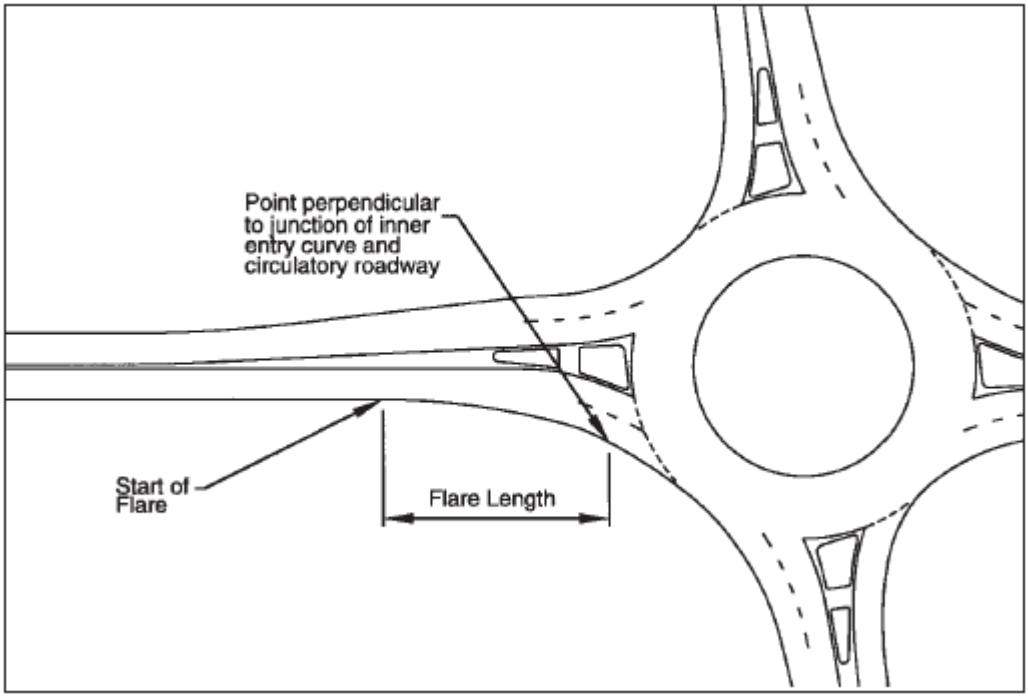
فلقد أشارت الدراسات إلى أن التحكم بعرض المدخل يزيد من السعة وفق الطريقتين التاليتين:

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.

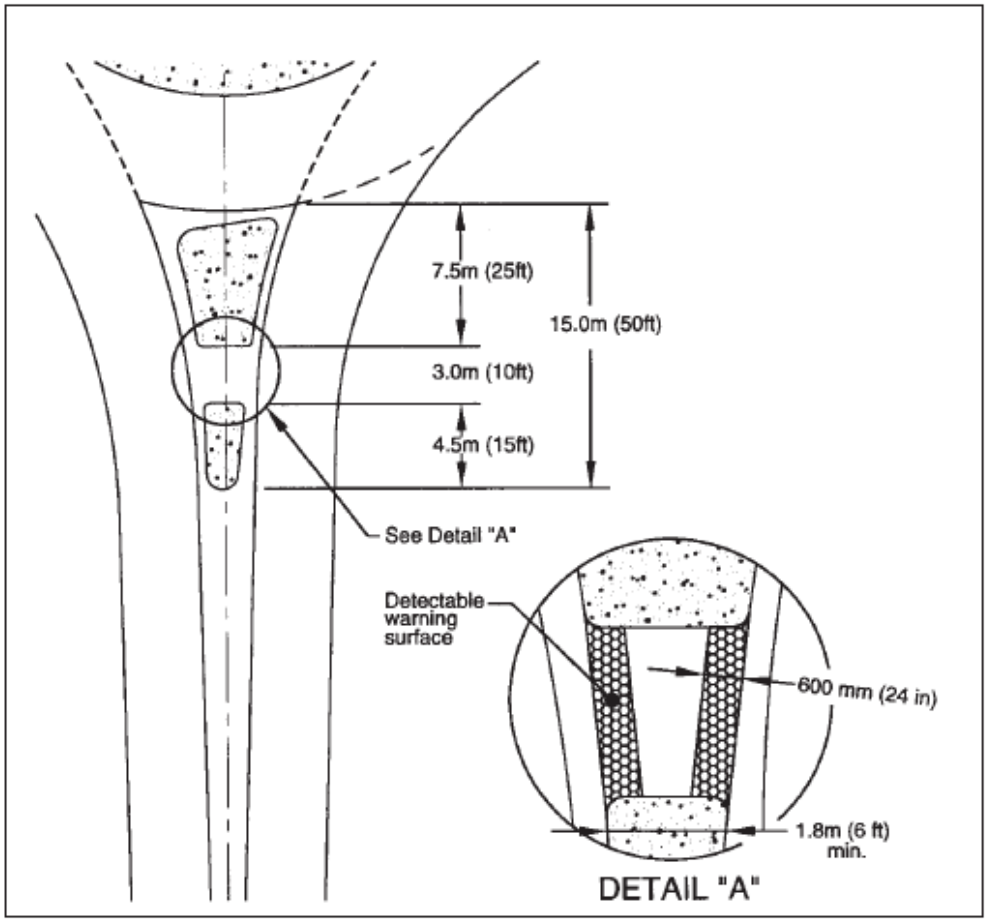
فالهدف من وجود الجزر الفاصلة هو كالتالي:

- 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- الانعطاف داخل الدوار: Deflection

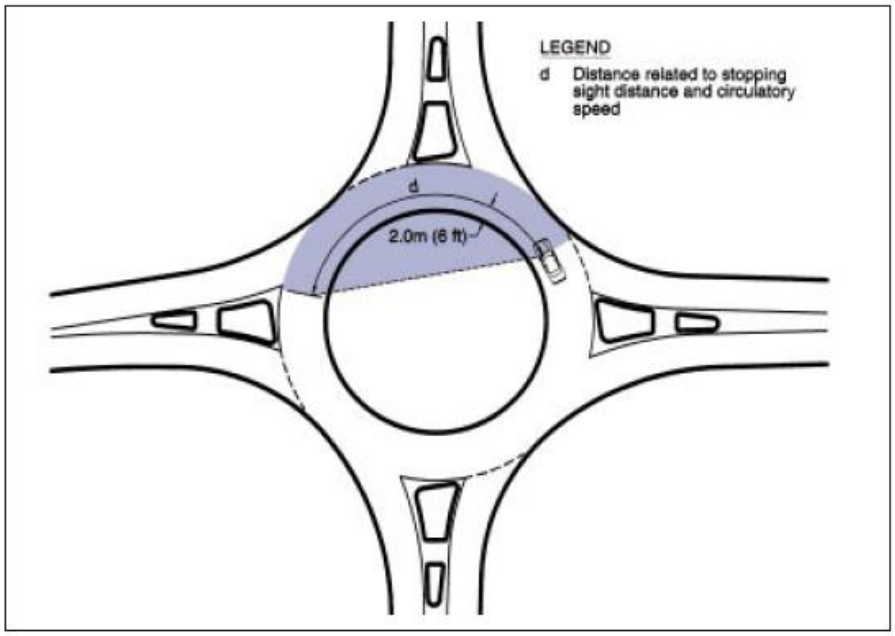
لقد توصل الباحثون إلى أهم العوامل المؤثرة على أمان تشغيل الدوار وهو الانعطاف الكافي للمركبات الداخلة إلى الدوار، ويتم تصميم الدوار بحيث تكون السرعة لجميع المركبات أقل من 45 Km/h والتي تنفذ عن طريق ضبط التصميم الهندسي للمدخل وضمان مسار المركبات المارة طولياً، ويتم انعطاف المركبات تبعاً لأحد العوامل التالية:

- تخطيط المدخل والمكان المخصص بجزر الفصل للأذرع.
- تأمين الجزيرة المركزية ذات الحجم والمكان المناسب.

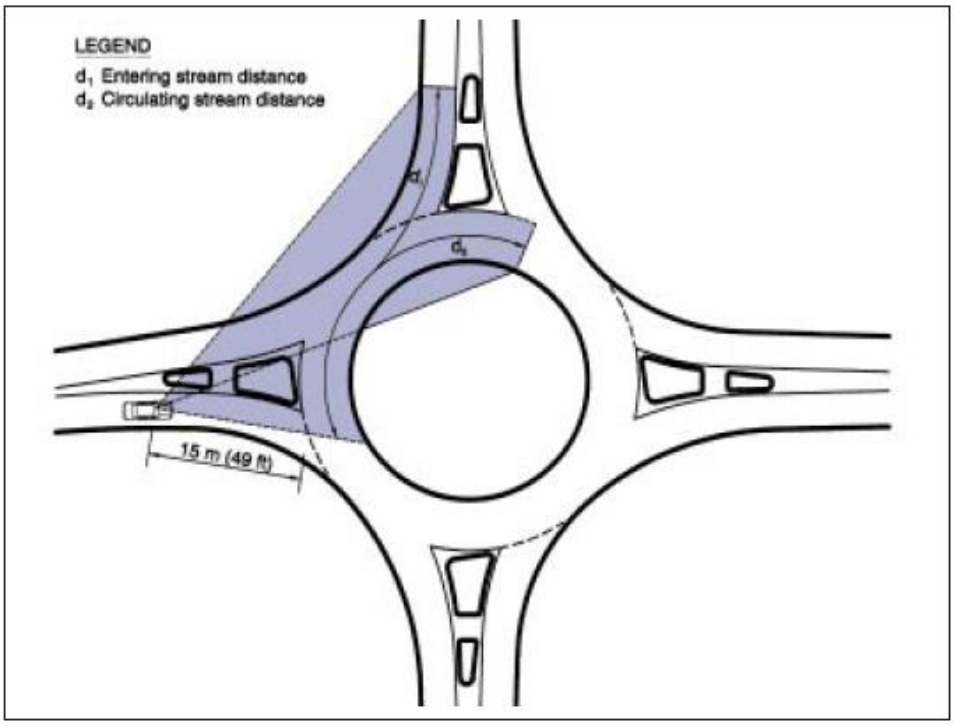
9- مسافة الرؤيا: Sight distance

يتم تطبيق مسافة الرؤيا لجميع المنحنيات الرأسية والأفقية عند الدوار، وتؤثر الحالات التالية تأثيراً فعالاً على أمان تشغيل الدوار وعلى أماكن وضع الطلاء الطرقي وتنسيق الموقع.

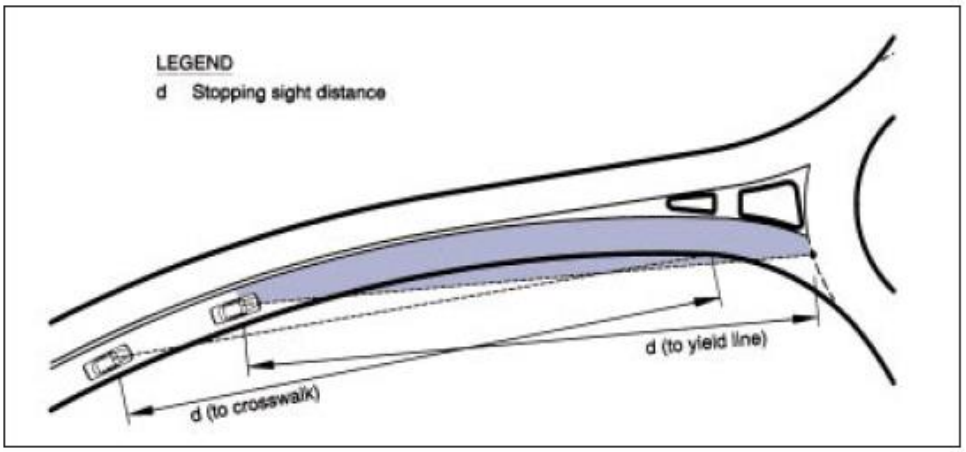
حالة 1 : تخطيط الأذرع بحيث يتمكن السائق ضمن الطريق الدائري من رؤية الجزيرة المركزية والجزيرة الفاصلة، كما يجب أن يتوفر له مسافة رؤية كافية للتوقف على الأذرع.



حالة 2 : تحقيق مسافة الرؤية عند التقاطعات: أي توقف السائق عند خط YIELD مع وجود خط رؤية واضح لحركة المرور الموجودة على الأذرع والداخلة إلى الدوار.



حالـة 3: مسـافة الرؤيـا عنـد الاقتـراب: مـن المفتـرض أن يـرى السـائق القـادم مـن أحـد الأذرع المركبات الداخلة إلى الدوار قبل الوصول إلى خط الـ YIELD .



10- 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.

11- 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 .