

التقاطعات الدوّارة Roundabouts

من أكثر الأساليب التي يتبعها المهندس الطرقي للتقليل من الحوادث عند التقاطعات في مستوى واحد، وخاصةً عندما تتقاطع كثير من الطرق في نفس المكان، هو إنشاء التقاطعات الدائرية، التي لاقت تصاميمها نجاحاً كبيراً في كثير من الدول الأوروبية والأمريكية. الدوار عبارة عن مساحة من الأرض تتشعب منها عدة طرق ويكون في وسطها جزيرة على شكل دائرة، وهذا التقاطع مفيد في المناطق التي يزيد فيها حجم المرور عن حدود معينة بحيث لا تستطيع التقاطعات البسيطة استيعابه.

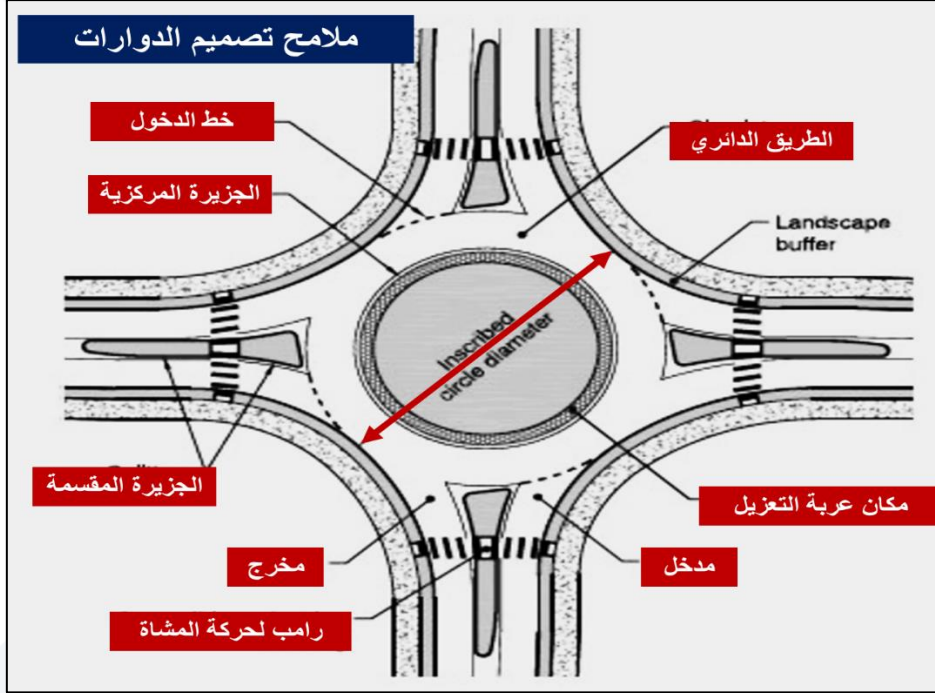


مميزات التقاطعات الدوّارة:

- 1- تنظم حركة السير مع عدم التوقف
- 2- سهولة التوجه إلى اليمين أو اليسار أو حتى إلى الخلف مع توفر الأمان في الحركة
- 3- إزالة التعارض المباشر الناتج عن وجود تقاطع متعامد
- 4- تكاليف أقل من تكاليف التقاطعات المفصولة

مساوئ التقاطعات الدوّارة:

- ❖ لا تعمل بفاعلية إذا كانت الطرق المغذية لها تعمل بنفس الكثافة
- ❖ تصعب من حركة المشاة
- ❖ يجب أن تزداد مساحتها كلما زادت السيارات الداخلة أو الخارجة منها
- ❖ تحتاج إلى إشارات كثيرة في الليل والنهار لمنع وقوع الحوادث عليها



الظروف الملائمة لتوضع التقاطع الدوار:

- المواقع التي تتعرض فيها العربات لأزمة 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.

إن عملية تصميم التقاطع الدوار هي عملية تجريبية ITERATIVE، كما أنها تختلف عن تصميم الأشكال الأخرى للتقاطعات حيث أنها تتطلب تكراراً (تجريبياً) بين التخطيط الهندسي والتحليل التشغيلي وتقييم السلامة، لذلك فإن التعديلات البسيطة في الوضع الهندسي يمكن أن تؤدي إلى تغييرات في السلامة وفي الأداء التشغيلي، و لذلك فإن المصمم يحتاج إلى التفتيح 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 يجب تحديد ثلاثة عناصر أساسية في مرحلة التصميم التمهيدي:

1- الحجم الأمثل للدوار The optimal size،

2- الموقع الأمثل The optimal position،

3- المنحى والتوجيه الأمثل لأنزع 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.

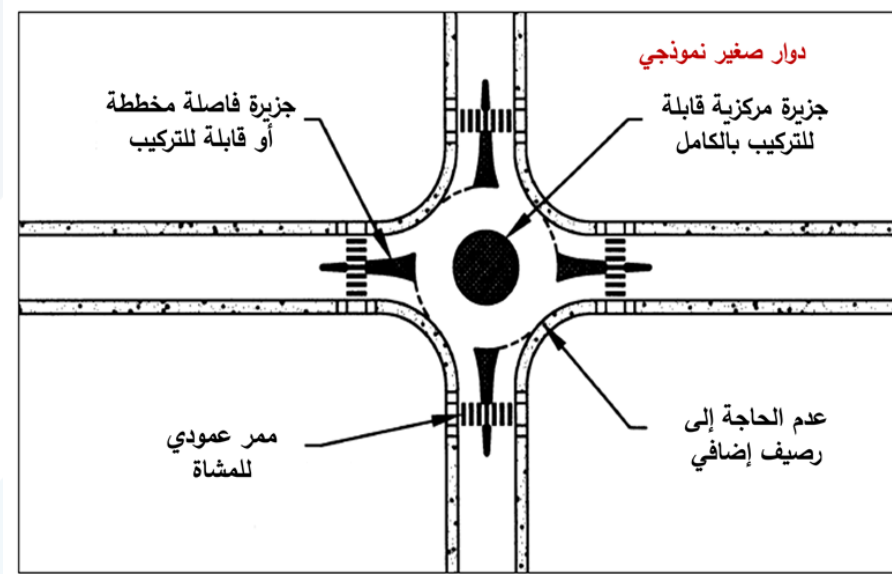
مبادئ التصميم العامة: General Design Principles:

تختلف مبادئ التصميم الأساسية العامة بين كل أنواع الدورات، كالدورات ذات الحارات المزدوجة (المضاعفة)، والدورات في المناطق الريفية (Rural roundabouts)، والدورات الصغيرة (Mini-roundabouts)، ويجب ملاحظة أنّ تصميم الدوار بحارة مفردة يختلف بشكل واضح عن غيره من الدورات والعديد من التقنيات المستخدمة في التصميم لا يمكن نقلها مباشرة لتصميم الأنواع الأخرى من الدورات.

(أصناف) الدورات

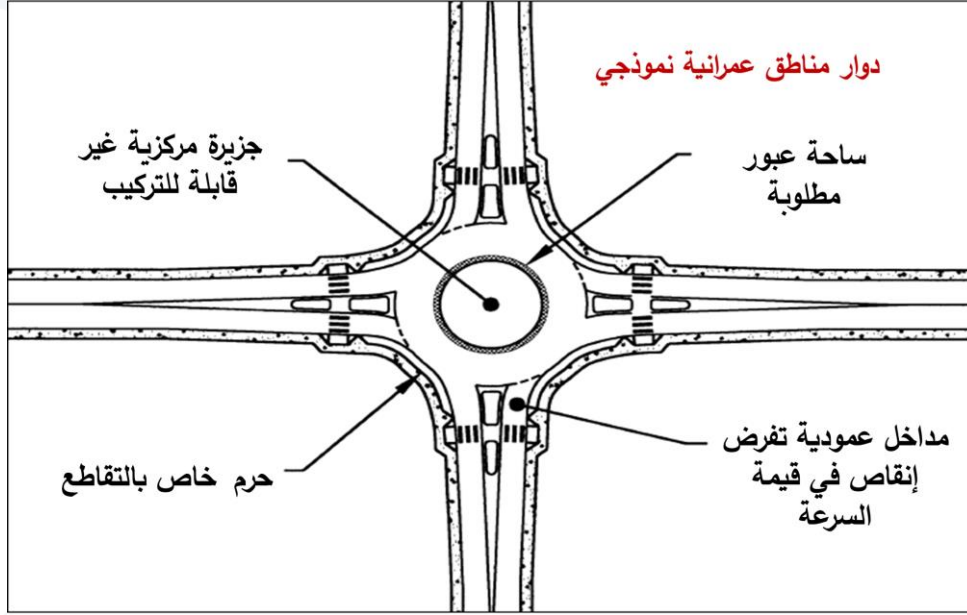
1- الدورات الصغيرة:

تُستخدم الدورات الصغيرة في المدن الحضرية مع سرعة تشغيل متوسطة تبلغ 60 كم / ساعة أو أقل، وهي غير مكلفة نسبياً ومناسبة للمشاة لأن مسافات العبور قصيرة ولأن سرعة المركبات تكون منخفضة.



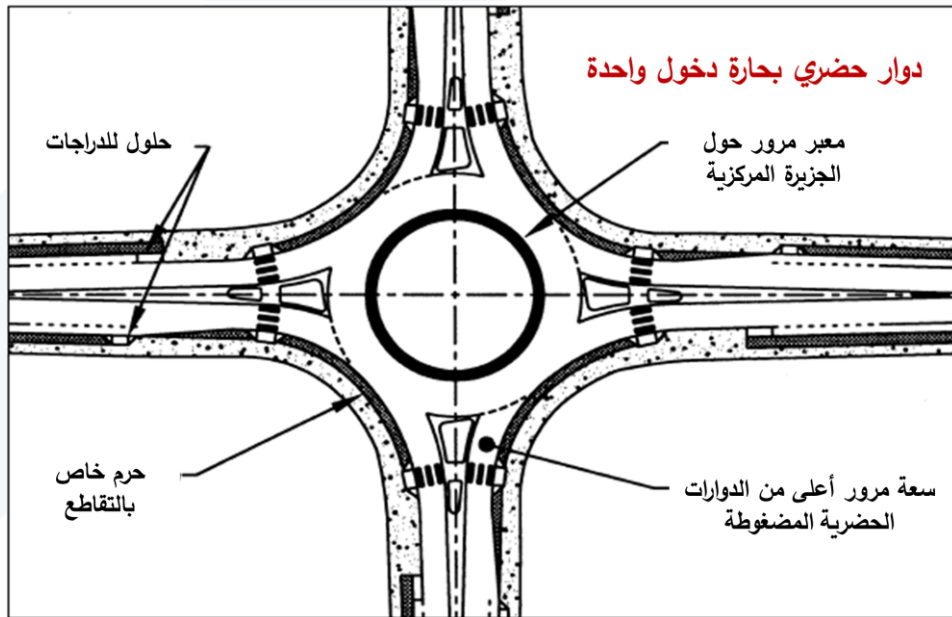
2- دورات المناطق العمرانية:

تستخدم في المناطق الحضرية أيضاً ومصممة لتكون مخدمة للمشاة والدراجات الهوائية لأن أذرعها المتعامدة تتطلب سرعات منخفضة جداً من قبل المركبة للدخول إلى الشريط الدائري والخروج منه. كل الأذرع لديها مداخل من حارة واحدة، والهدف الرئيسي من هذا التصميم هو تمكين المشاة من الاستخدام الآمن والفعال للتقاطع.



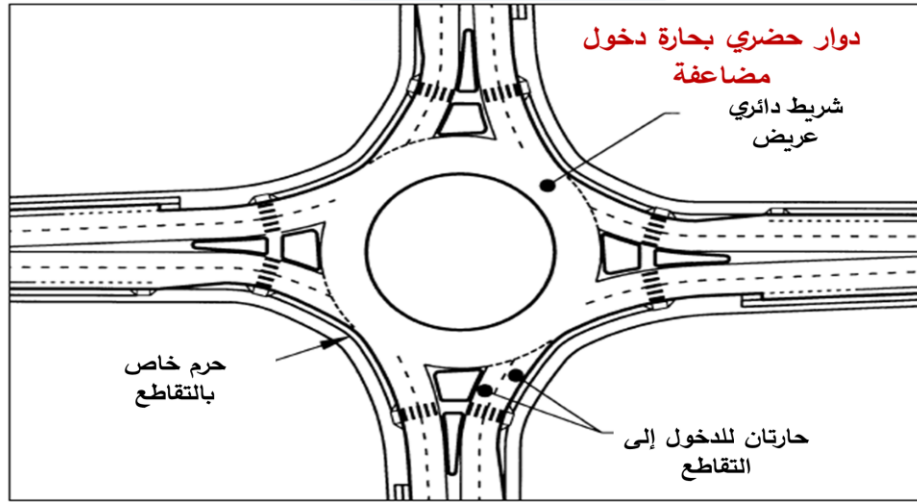
3- دوارات حضرية بحارة دخول واحدة:

يتميز هذا النوع من التقاطعات بأنه يحتوي على حارة واحدة لكل مدخل في كل ذراع وشريط دائري بحارة واحدة. تتميز عن الدوارات السابقة (الصغيرة - في المناطق العمرانية) بأقطارها الكبيرة وعرض المداخل والمخارج الكبير، مما يؤدي إلى سعات أعلى، ويسمح بتصميمها بسرعات أعلى قليلاً عند المدخل وعلى الشريط الدائري وعند المخرج.



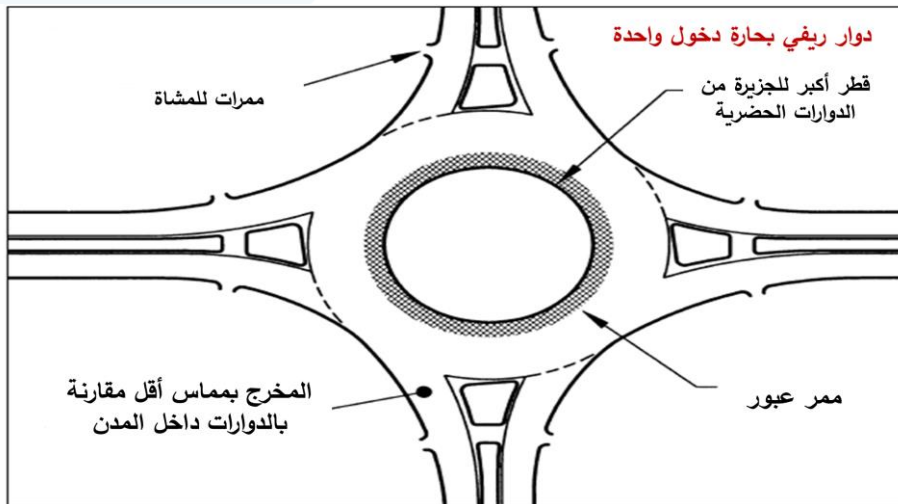
4- دوارات حضرية بحارة دخول مضاعفة (مزدوجة - حارتين):

تتشابه السرعات عند المدخل وعلى الشريط الدائري وعند المخرج مع تلك (السرعات) الموجودة في الدوارات ذات حارة دخول واحدة، مع التأكيد على أنه من المهم أن تكون سرعة المركبات ثابتة في جميع أنحاء الدوار.



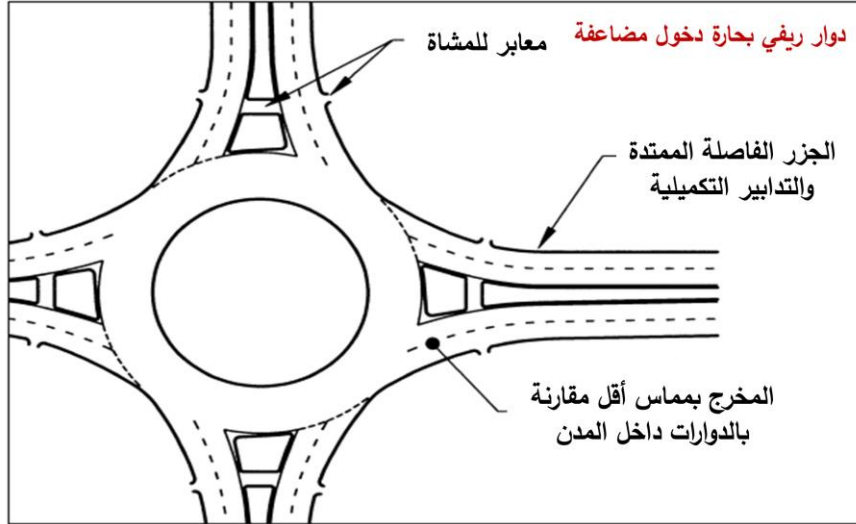
5- دوارات ريفية بحارة دخول واحدة:

عموماً تكون السرعة عالية وتتراوح بين 80 و100 كم / ساعة، مما يتطلب تدابير إضافية للعناصر الهندسية ومراقبة حركة المرور على الطريق لإجبار السائقين على تخفيض السرعة قبل دخول الدوار. قد يكون للدوارات الريفية أقطار أكبر من الدوارات الحضرية للسماح بسرعات أعلى قليلاً في المداخل وعلى الشريط الدائري وفي المخارج، إذا كان من المتوقع غزارة قليلة للمشاة عند هذه الدوارات حالياً وفي المستقبل.



6- دوارات ريفية بحارة دخول مضاعفة (مزدوجة - حارتين):

تتميز بخصائص سرعة مماثلة للدوارات الريفية بحارة دخول واحدة من 80 إلى 100 كم / ساعة، وتختلف في وجود مسارين للدخول.

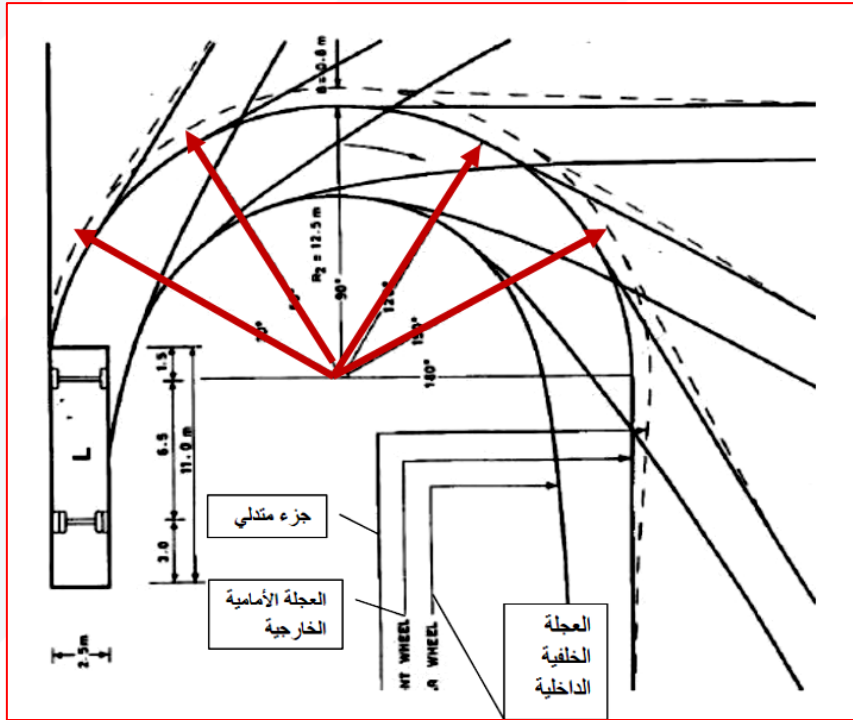
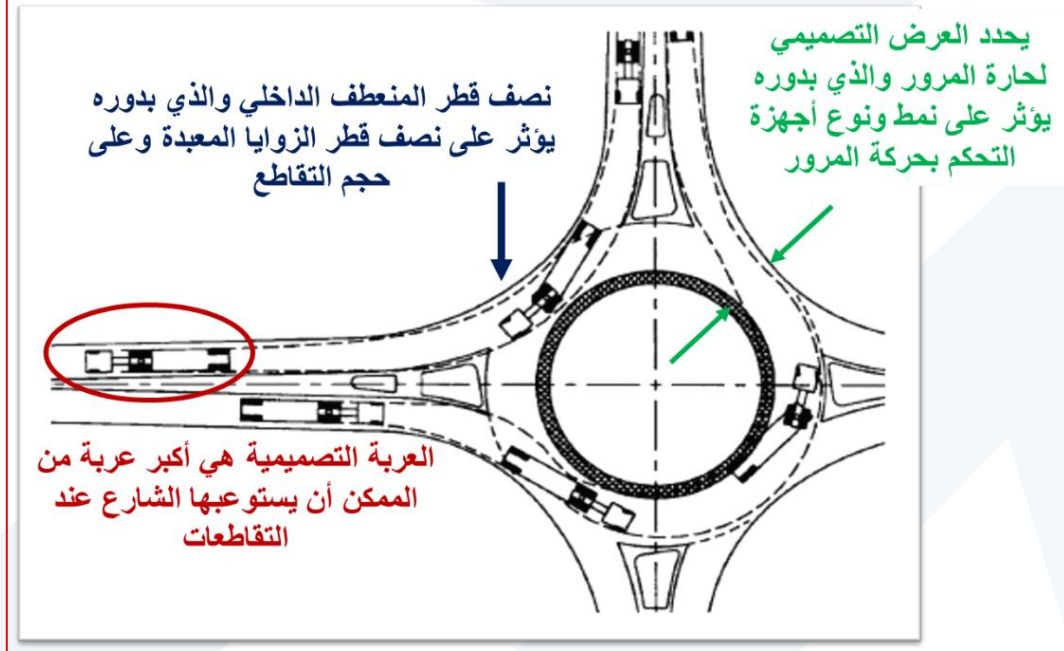


عناصر التصميم	دوار صغير	دوار المناطق المزدهمة	دوار حضري بشريط بحارة واحدة	دوار حضري بشريط بحارتين	دوار ريفي بشريط بحارة واحدة	دوار ريفي بشريط بحارتين
السرعة التصميمية العظمى (للدخول)	25 كم / ساعة (15 ميل في الساعة)	25 كم / ساعة (15 ميل في الساعة)	35 كم / ساعة (20 ميل في الساعة)	40 كم / ساعة (25 ميل في الساعة)	40 كم / ساعة (25 ميل في الساعة)	50 كم / ساعة (30 ميل في الساعة)
العدد الأقصى من حارات الدخول	1	1	1	2	1	2
قطر الشريط الدائري	13 م إلى 25 م (من 45 قدماً إلى 80 قدماً)	25 م إلى 30 م (من 80 إلى 100 قدماً)	30 م إلى 40 م (من 100 إلى 130 قدماً)	45 م إلى 55 م (150 إلى 180 قدماً)	35 م إلى 40 م (115 إلى 130 قدماً)	55 م إلى 60 م (180 إلى 200 قدماً)
التعامل مع الجزر الفاصلة	تُرْفَع إذا أمكن وإيقاف حركة المشاة	تُرْفَع وإيقاف حركة المشاة	تُرْفَع وإيقاف حركة المشاة	تُرْفَع وإيقاف حركة المشاة	تُرْفَع وتمدد وإيقاف حركة المشاة	تُرْفَع وتمدد وإيقاف حركة المشاة
حجم الخدمة اليومية النموذجية	10,000	15,000	20,000	20,000	20,000	مشار إليها في الفصل الرابع

المركبة التصميمية Design Vehicle:

لقد لوحظ أن هناك عامل هام في تخطيط الدوار وهو الحاجة لملاءمة أكبر مركبة تصميمية يحتمل أن تستخدم التقاطع، لذلك قبل البدء بعملية التصميم يجب أن يكون المصمم مدركاً لمتطلبات المركبة التصميمية

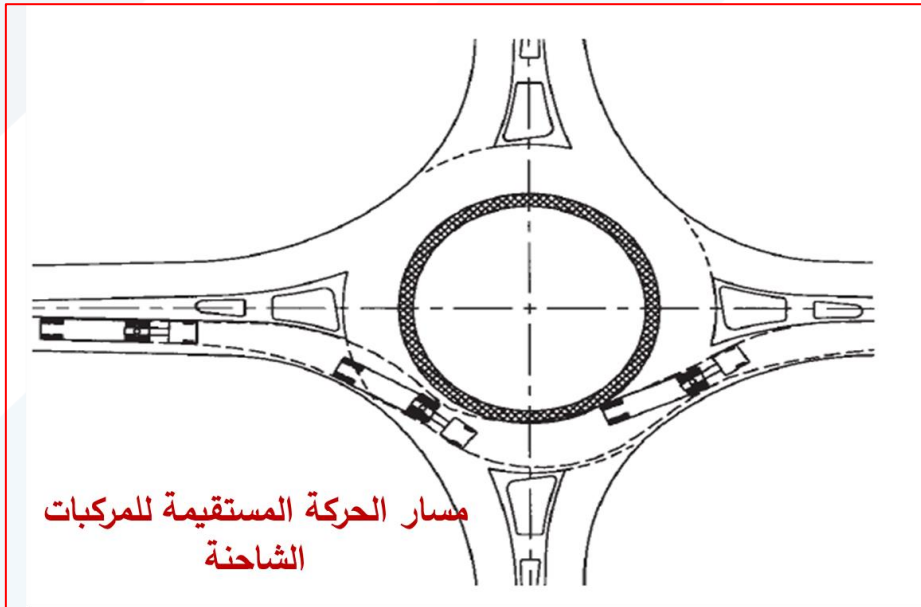
ويملك المسودات المطبوعة المناسبة لانعطاف المركبة، أو يمتلك برنامج لتحديد مسار انعطاف المركبة بالاعتماد على التصميم بمعونة الحاسب CAD، وذلك من أجل تحديد المسار الممتد للمركبة.



شكل توضيحي لطريقة الانعطاف الأعظمية المناسبة لسيارة شاحنة



ويعتبر باص النقل المدني هو العربة التصميمية المناسبة لمختلف أنواع خدمات النقل كما هو محدد من قبل منظمة AASHTO، ويبلغ طوله 12 متر أما عرضه فهو 2.4 متر.



السرعة التصميمية Design speed:

إنّ زيادة منحنى 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 منحنى 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 فإن زيادة منحنى 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.

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، لذلك فإنّ الوصول إلى سرعات مناسبة للعربات يعتبر الهدف التصميمي الأهم (الخرج)، حيث أنّ التصميم الجيد للدوّار سيخفف من السرعات النسبية بين تيارات النقل المتصادمة (conflicting) وفقاً لمتطلبات العربة لإنجاز الدوران على طول الخط أو المسار المنحني.



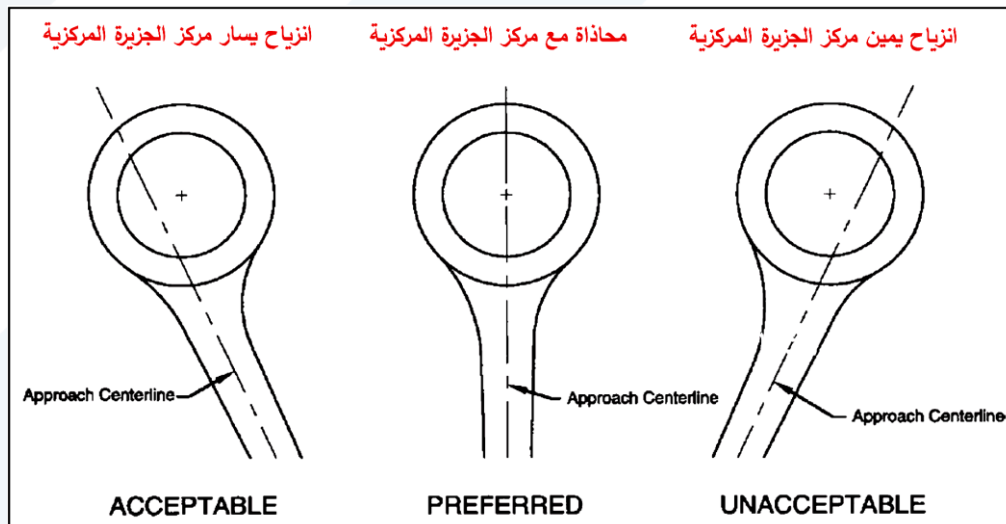
- وبالتالي يجب: 1- تقليل السرعات النسبية على العناصر الهندسية المتتالية.
2- تقليل السرعات النسبية بين تدفقات حركة المرور المتضاربة

نوع الدوار	السرعة الأعظمية الموصى بها للدخول
Mini-Roundabout	25 km/h
Urban Compact	25 km/h
Urban Single Lane	35 km/h
Urban Double Lane	40 km/h
Rural Single Lane	40 km/h
Rural Double Lane	50 km/h

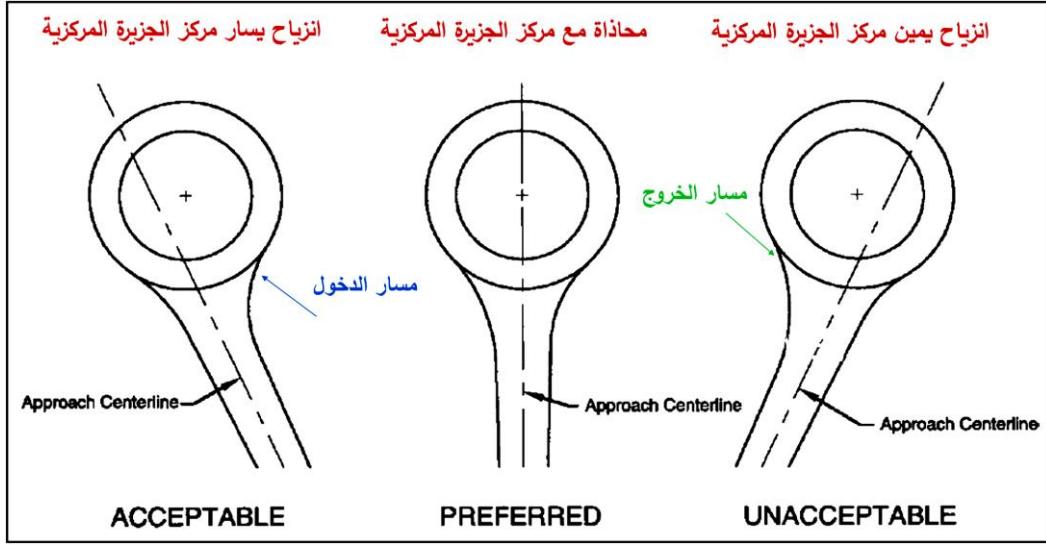
سرعات الدخول العظمى الموصى بها

محاذاة مسارات الاقتراب والمداخل:

يقع الدوار بشكل مثالي عندما تمر الخطوط المركزية (المحاور) لجميع أذرع الاقتراب من مركز الدائرة الخارجية، يسمح هذا الموقع عادةً بتصميم العناصر الهندسية بالشكل المناسب بحيث تحافظ المركبات على سرعات بطيئة عند المدخل والمخرج، كما أن المحاذاة الشعاعية تجعل الجزيرة المركزية أكثر وضوحاً عند اقتراب السائقين.



يسمح هذا الانزياح بتحقيق انحناءات كافية عند الدخول، وهو أمر ذو أهمية قصوى في كل الحالات، خاصة عندما تكون الدائرة الخارجية للدوار صغيرة نسبياً. من المهم أن يكون مسار الخروج منحنياً بما فيه الكفاية للحفاظ على سرعة السيارة منخفضة وتقليل المخاطر بالنسبة للمشاة.

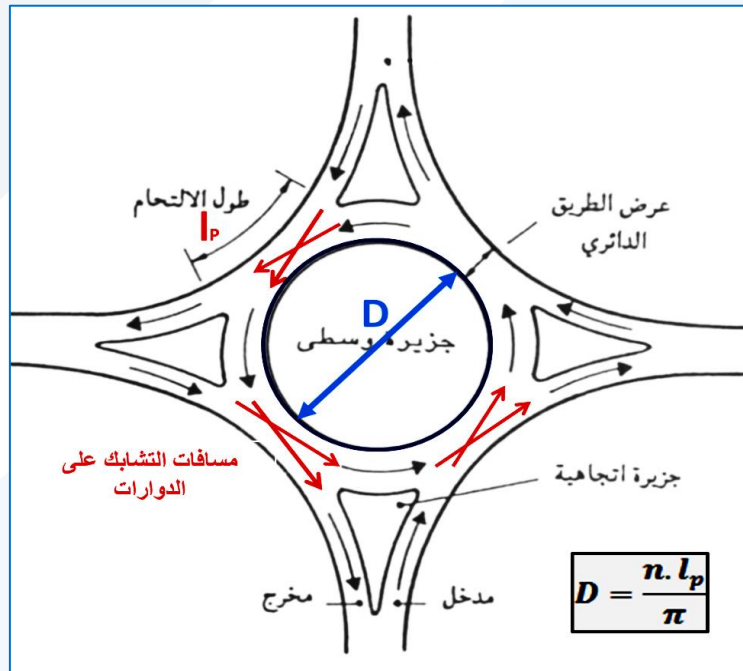


من غير المقبول أبداً تقريب محاذاة المحور إلى يمين نقطة مركز الدوار، مما يقلل من فرصة توفير انحناء دخول كاف، وستكون العربات قادرة على دخول الدوار بسرعة كبيرة، مما يؤدي إلى المزيد من حوادث فقدان التحكم ومعدلات تصادم أعلى بين دخول العربات وانتشارها بالدوار. إذا لم يكن من الممكن محاذاة الأذرع من خلال نقطة المركز، فسيكون من الممكن قبول إزاحة طفيفة إلى اليسار (أي تمرير الخط الأوسط إلى يسار نقطة مركز الدوار).

التصميم الهندسي للدوار GEOMETRIC DESIGN OF ROUNDABOUT

تضمن عملية التصميم الهندسي للدوار (Roundabouts) الاختيار الأمثل بين كل من متطلبات السلامة والغزارة، حيث أن العمليات على الدوار تكون أكثر أماناً لأن القوى الهندسية للمرور الداخلة إلى الدوار والمستديرة حوله تكون بسرعات منخفضة. عملية تصميم الدوار هي عملية اختيار للتوازن الأمثل بين كل من متطلبات السلامة والكفاءة العملية (operational performance)، بالإضافة إلى متطلبات الراحة للعربات الكبيرة. تكون السرعات في الدورات في المناطق الريفية على الأذرع كبيرة جداً، بالإضافة إلى أن المشاة والدراجات ستكون في حدودها الأصغر، وتختلف الحركة عليها بشكل واضح عنها في المناطق المدنية، حيث يكون للدراجات وللمشاة حصة رئيسية.

يتم تصميم الدوار في الحالات التي تتوافر فيها مساحة الأرض اللازمة للدوار، ويفضل أن تكون الأفرع المتقاطعة أربعة أو أكثر. ويعتبر الدوار أفضل من التنظيم وفق الإشارات المرورية حتى حجم مروري معين، وخاصةً إذا كانت أحجام المرور في الأفرع متساوية، ويجب الأخذ في الاعتبار أن يزيد القطر الإجمالي الخارجي للدوار عن عرض أكبر طريق متقاطع (مثلاً طريق عرض 60 م متقاطع مع طريق عرض 40 م لا يقل القطر الخارجي للدوار عن 60 م). من المعروف أن طبيعة الحركة على التقاطعات الدائرية هي طبيعة تشابكية، أي أن المسارات تتقاطع بزوايا صغيرة تقدر بحوالي 5-7 درجات، ويتحدد حجم الجزيرة الوسطية استناداً إلى عدد الطرق المؤدية إلى التقاطع (والتي تكون عادة من 3-7 طرق) وإلى طول مسافة التشابك اللازمة، ومن المعروف أن مسافة التشابك تصغر وتكون غير كافية عندما تكون الجزيرة الوسطية صغيرة، علماً أن طول منطقة التشابك مرتبط بسرعة العربات في هذه المنطقة.



ويمكن حساب قطر الجزيرة المركزية في التقاطعات الدائرية المنتظمة من العلاقة التالية:

$$D = \frac{n \cdot l_p}{\pi}$$

n - عدد الطرق المؤدية إلى التقاطع؛ l_p - طول مسافة التشابك اللازمة وتؤخذ من العلاقة التالية:

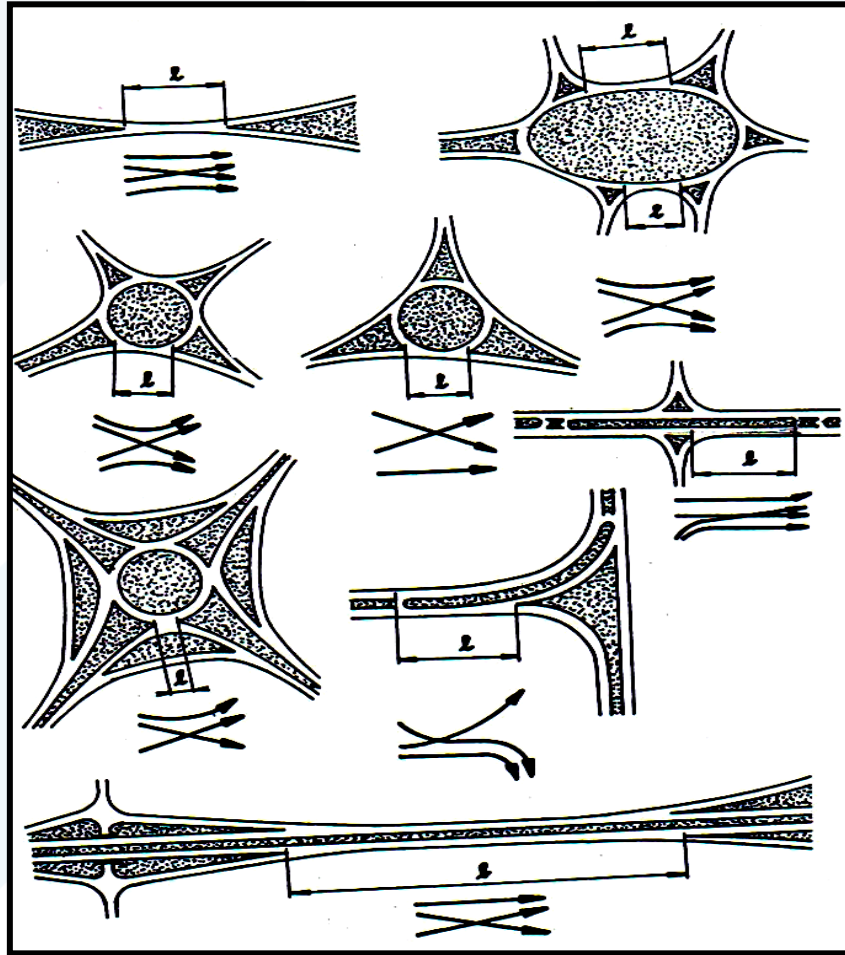
$$l_{p,min} = 40 + 1,2 B$$

$$l_{p,min} = 50 + 2B$$

B - عرض الشارع.

تعتبر **حارات التشابك** من الأقسام الأساسية للتقاطع الطرقي، والتي يتم عليها تغيير اتجاهات الحركة مع استمرار الحركة عليها دون توقف، وتقسم إلى نوعين أساسيين:

- **حارات تشابك طويلة**، حيث يتم فيها اختلاط أرتال العربات مع بعضها ومن ثم يتم انفصالها، وقد يصل طولها إلى **150 متر**؛
- **حارات تشابك قصيرة** بطول لا يقل عن **30 متراً**، حيث لا يتم فيها اختلاط أرتال العربات مع بعضها، وهي تستخدم في الأماكن التي تتطلب تأمين استمرارية التدفقات المرورية بدون توقف، كما أنه يجب أن تكون عريضة بحيث تسمح بتشابك العربات وبالوقت نفسه بعدم انقطاع التدفق المروري، الذي لا يشارك في عملية التشابك، على ألا يزيد عرضها عن **15 متر** كي لا تحدث فوضى مرورية.



أمثلة عملية لحارات التشابك على الطرق الواقعة في مستوى واحد

قطر الدائرة الخارجية هو المعيار الأساسي المستخدم لتحديد حجم الدوار، ويقاس بين الحواف الخارجية للشريط الدائري، وهو مجموع قطر الجزيرة المركزية وضعف عرض الشريط الدائري. يتم تحديد قطر الدائرة الخارجية لعدد من أهداف التصميم، وغالباً ما يتعين على المصمم تجريب أقطار مختلفة قبل تحديد الحجم الأمثل في موقع معين.

Site Category نوع الدوار	Typical Design Vehicle عربة التصميم النموذجية	Inscribed Circle Diameter Range* قطر الدائرة الخارجية
Mini-Roundabout دوار صغير	Single-Unit Truck شاحنة مفردة	13–25m (45–80 ft)
Urban Compact دوار المناطق العمرانية	Single-Unit Truck/Bus شاحنة مفردة / حافلة (باص)	25–30m (80–100 ft)
Urban Single Lane دوار حضري وحيد الحارة	WB-15 (WB-50)	30–40m (100–130 ft)
Urban Double Lane دوار حضري مزدوج الحارة	WB-15 (WB-50)	45–55m (150–180 ft)
Rural Single Lane دوار ريفي وحيد الحارة	WB-20 (WB-67)	35–40m (115–130 ft)
Rural Double Lane دوار ريفي مزدوج الحارة	WB-20 (WB-67)	55–60m (180–200 ft)

يجب أن تكون الجزيرة المركزية للدوار مرتفعة وأن تحوي مناظر طبيعية لأسباب جمالية من أجل إدراك السائق للدوار، وعلاوة على ذلك، فإن حجم الجزيرة المركزية يلعب دوراً أساسياً في تحديد مقدار انحراف المسار المستقيم للعربة.

