

Pavimentazioni in calcestruzzo:  
la scelta ideale per le rotatorie

# ASPETTI COSTRUTTIVI E SUGGERIMENTI PER UN CORRETTO DIMENSIONAMENTO



**Federbeton**

Federazione delle associazioni della filiera del cemento e del calcestruzzo armato

Materiale sviluppato da:  
A.I.T.E.C.  
Associazione Italiana Tecnico Economica Cemento  
Piazza G. Marconi, 25  
00144 Roma  
www.aitecweb.com  
areatecnica@aitecweb.com

in collaborazione con:  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale,  
"Sapienza Università di Roma"

Autori:  
Prof. Ing. Paola Di Mascio  
Dott. Ing. Fabio Miseri  
Dott. Ing. Laura Moretti

COPYRIGHT:  
Pubblicazione: FEDERBETON, Dicembre 2010

Editore: PUBBLICAMENTO S.r.l.

Grafica e impaginazione: Marco Veronesi

Tutti i diritti sono riservati.

La riproduzione e la trasmissione in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico o meccanico, comprese fotocopie registrazioni o altro tipo di sistema di memorizzazione o consultazione dei dati sono assolutamente vietate senza previo consenso scritto di FEDERBETON.

*Le foto riportate nella pubblicazione, salvo diversa indicazione, sono state gentilmente concesse dall'archivio Febelcem e Belgian Road Research Center.*

## Indice

<b>1</b>	Introduzione .....	<b>2</b>
<b>2</b>	Classificazione delle rotatorie .....	<b>4</b>
<b>3</b>	Le pavimentazioni per le rotatorie .....	<b>8</b>
3.1	Tipologie di pavimentazioni in calcestruzzo per le rotatorie .....	9
<b>4</b>	Aspetti costruttivi della pavimentazione .....	<b>11</b>
4.1	Sottofondo e fondazioni .....	11
4.2	I giunti .....	11
4.3	Le caratteristiche superficiali .....	<b>12</b>
4.4	Le caratteristiche del calcestruzzo .....	12
<b>5</b>	Tecniche di posa .....	<b>13</b>
5.1	Rotatorie in lastre di calcestruzzo con giunti (JPCP) .....	15
5.2	Rotatorie in calcestruzzo ad armatura continua (CRCP) .....	19
5.3	Metodo per il calcolo della lunghezza dell'armatura trasversale .....	24
<b>6</b>	Confronto delle specifiche di costruzione in 4 paesi europei .....	<b>28</b>
<b>7</b>	Riferimenti bibliografici .....	<b>32</b>
	Appendice 1: Glossario .....	<b>33</b>

# INTRODUZIONE

1 La rotatoria è una tipologia di intersezione stradale a raso costituita da un'area centrale inaccessibile, circondata da un anello percorribile solo in una direzione ed in senso antiorario da traffico proveniente da più entrate (Figura 1). La soluzione permette la raccolta e distribuzione di tutti i veicoli che si attestano all'incrocio e che quindi percorrono la medesima traiettoria indipendentemente dalla provenienza e dalla destinazione.

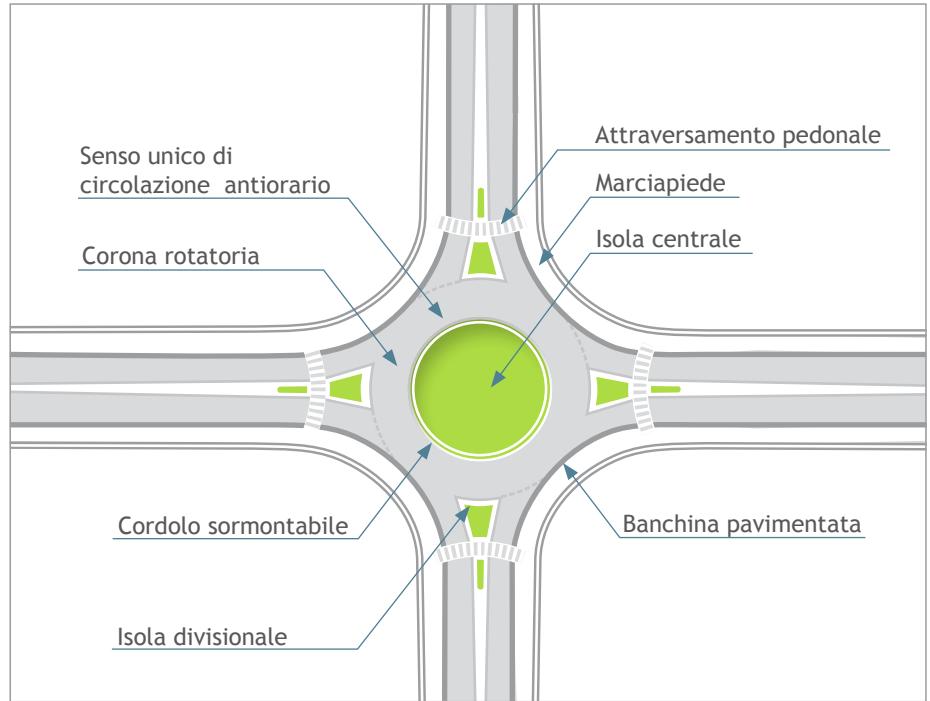


Figura 1: Elementi costitutivi di una rotatoria.

La circolazione rotatoria è spesso adottata per migliorare la sicurezza della circolazione, visto che il funzionamento della circolazione, almeno nelle rotatorie ad una sola corsia, consente una riduzione dei punti di conflitto. In un'intersezione a quattro bracci, le tre possibili manovre elementari, ovvero la divergenza, la convergenza e l'intersecazione, danno luogo a 8 punti di conflitto di diversione, 8 punti di conflitto di immissione e 16 punti di conflitto di intersecazione, men-

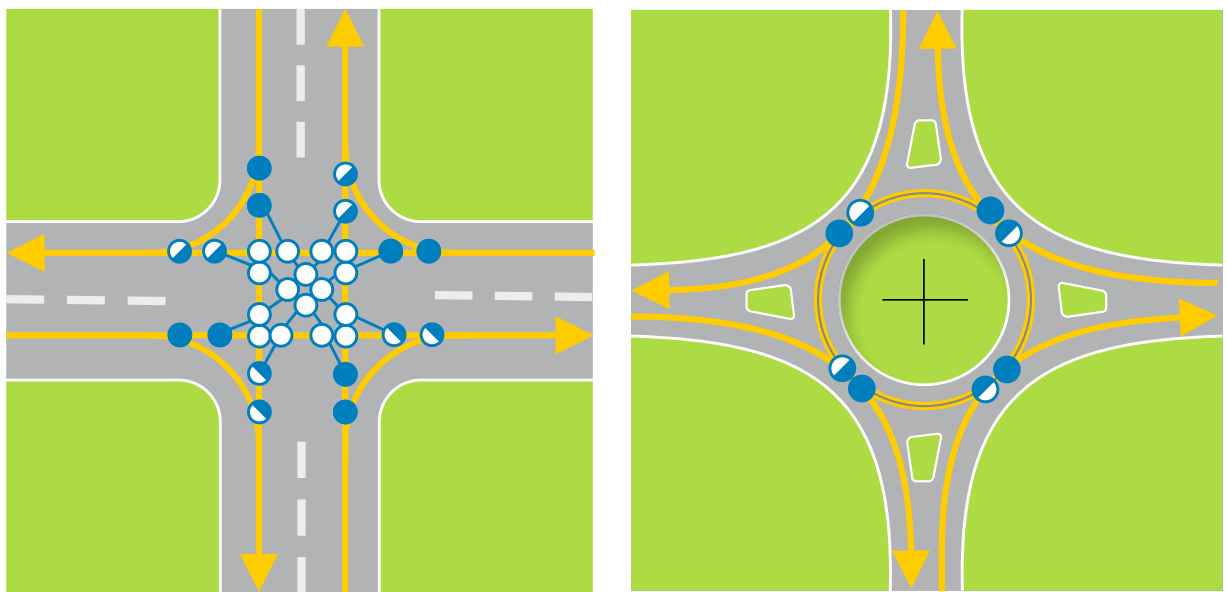


Figura 2: Comparazione dei punti di conflitto.

● Divergenza 8   ● Immissione 8   ○ Intersecazione 16   ● Divergenza 4   ● Immissione 4   ○ Intersecazione 0

# 1 INTRODUZIONE

tre in una rotatoria si registrano 4 punti di diversione, 4 punti di immissione e nessun punto di intersezione delle traiettorie (Figura 2). L'organizzazione di un'intersezione rotatoria migliora la sicurezza della circolazione: su essa, infatti, si registra generalmente una riduzione degli incidenti e del tasso di mortalità, non solo per i conducenti dei veicoli ma anche per i pedoni e i ciclisti <sup>[7]</sup>.

Le utenze deboli sono però sfavorite da percorsi più lunghi rispetto a quelli che percorrerebbero in condizioni di intersezione a raso non rotatoria. In Inghilterra la soluzione efficace ma costosa per raggiungere a piedi il centro della rotatoria è la costruzione di sottopassi pedonali.

Per i ciclisti non sono mai previste piste riservate sulla corona rotatoria in quanto sarebbero interessate dalle manovre di entrata o uscita dalla corona rotatoria dei veicoli motorizzati. Le piste ciclabili sono invece spostate su aree di intersecazione dei bracci di entrata e uscita (Figura 3).

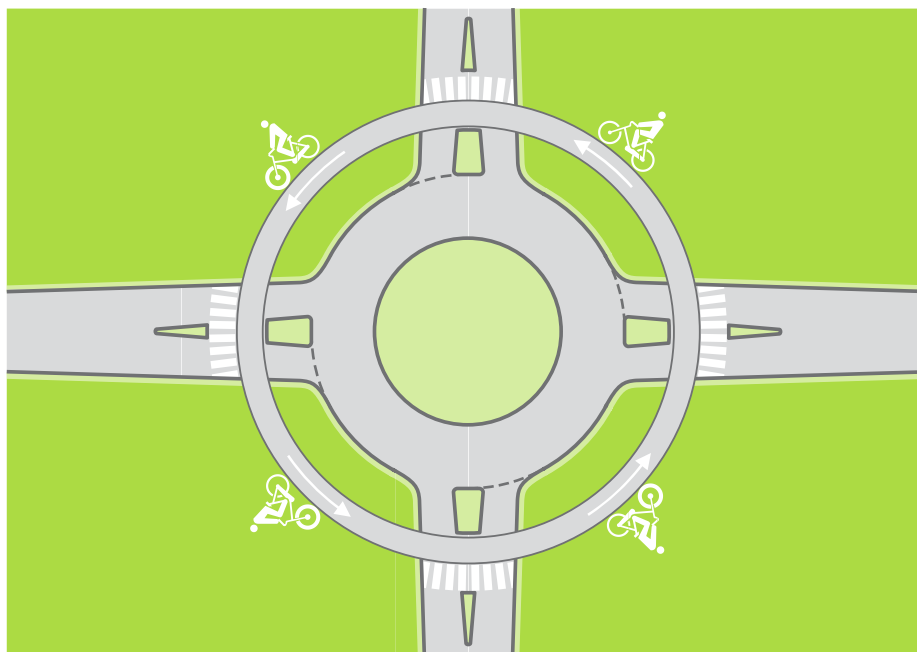


Figura 3:  
Immissione della pista  
ciclabile in una rotatoria <sup>[22]</sup>

La prestazione funzionale di una rotatoria può risultare comparabile o migliore di quella di un'intersezione regolata dai segnali di dare precedenza o stop. Anche se si intersecano più di quattro bracci, le correnti si muovono senza interruzione o con intervalli di immissione ridotti.

Le manovre svolte lungo una corona rotatoria sono più fluide.

E' consentita l'inversione di marcia in modo agevole e sicuro ma una soluzione rotatoria non consente di dare continuità alle corsie riservate o priorità ai servizi di emergenza, che rischiano di ritardare, in caso di congestione del traffico sulla corona rotatoria.

Nel caso di flussi di traffico prossimi alla capacità, sono però da preferire intersezioni semaforizzate in quanto una rete di semafori coordinati incrementa la capacità del sistema, svincolato dalle decisioni di ogni singolo utente.

I vantaggi ambientali associati a questo tipo di intersezione sono la riduzione delle emissioni inquinanti e del rumore, grazie all'assenza di manovre di arresto e partenza dei veicoli.

Le caratteristiche geometriche di una rotatoria comportano una maggiore superficie pavimentata, perciò è maggiore l'intrusione visiva e maggiore l'inquinamento idrico rispetto ad un'equivalente soluzione di intersezione a raso.

# 2 CLASSIFICAZIONE DELLE ROTATORIE

Vi sono molti modi di classificare una rotatoria: secondo il regime di precedenza, la velocità di percorrenza, il numero di corsie di approccio, ecc.

La normativa italiana distingue tra rotatorie:

- “convenzionali” con diametro esterno compreso tra 40 e 50 m; (grandi rotatorie con corsie di accesso che mantengono la stessa ampiezza fino al punto di immissione);
- “compatte” con diametro esterno compreso tra 25 e 40 m (dal diametro minore rispetto alle convenzionali e con ampliamenti di sezione, presso i punti di immissione, nelle corsie di accesso);
- “mini” con diametro esterno compreso tra 14 e 25 m.

Un ulteriore elemento distintivo tra le tre tipologie fondamentali di attrezzatura rotatoria è rappresentato dalla sistemazione dell'isola circolare centrale, che può essere resa in parte transitabile per le manovre dei veicoli pesanti, nel caso di mini-rotatorie con diametro esterno compreso fra 25 e 18 m, mentre lo diventa completamente per quelle con diametro compreso fra 18 e 14 m; le rotatorie compatte sono invece caratterizzate da bordure non sormontabili dell'isola centrale.

La classificazione è analoga in gran parte dei Paesi Europei e negli Stati Uniti d'America.

La tipologia proposta dalla U.S. Federal Highway Administration <sup>[20]</sup> sembra forse la più completa perché basata sul concetto per cui “una rotatoria è un tipo di intersezione circolare, ma non tutte le intersezioni circolari possono però essere classificate come rotatorie”. Si individuano:

- Rotonde (Rotaries): intersezioni circolari a grande diametro (anche > 100 m), dove la precedenza è data al traffico entrante;
- Rotatorie (Roundabouts): intersezioni circolari con speciali caratteristiche come la precedenza al traffico sulla corona rotatoria, approcci canalizzati, disegno geometrico delle curve pensato per rallentare il traffico (< 50 km/h);
- Rotonde di quartiere (Neighborhood traffic circles) intersezioni circolari realizzate alle intersezioni delle strade locali, per calmierare il traffico o per ragioni “estetiche”.

Si definiscono inoltre quattro sottocategorie di rotatorie in ambito urbano:

- Mini rotatorie (Mini roundabouts)  
Piccole rotatorie in aree a bassa velocità, utili in regimi di diritto di precedenza o, nel caso di rotatorie compatte, quando il regime di precedenza è difficile da far rispettare.  
L'isola centrale è valicabile e i benefici per i pedoni risiedono nelle brevi distanze da percorrere (trasversali alle corsie di accesso) e nella scarsa velocità veicolare;
- Rotatorie urbane compatte (Urban compact roundabouts)  
Si tratta di una versione più estesa di quella precedente e che persegue gli stessi fini. L'isola centrale non è valicabile e può richiedere una fascia di rispetto (apron) che la circonda.  
Vi è una sola corsia di approccio e di percorrenza. I marciapiedi possono richiedere una sistemazione a verde con funzione di rispetto.

# 2 CLASSIFICAZIONE DELLE ROTATORIE

Gli attraversamenti a raso devono prevedere rifugi. Sia per questo, che per il tipo precedente, la capacità non è un fattore imprescindibile;

- Rotatorie urbane a corsia unica (Urban single-lane roundabouts)  
Si tratta di dispositivi con una corsia unica sia di accesso, sia di percorrenza intorno alla corona rotatoria, come il tipo compatto, ma il diametro del cerchio inscritto è maggiore e gli approcci hanno una giacitura più tangente.  
Capacità veicolari importanti e congruenti con le velocità di entrata e uscita dalla corona rotatoria sono caratteristiche importanti di questa configurazione;
- Rotatorie urbane a doppia corsia (Urban double-lane roundabouts)  
Rispetto al tipo precedente, vi sono almeno due corsie di accesso per ogni approccio e le corsie di percorrenza sono più ampie. Il disegno delle piste ciclabili e dei marciapiedi richiede particolare attenzione, tuttavia i percorsi da compiere a piedi sono abbastanza lunghi.

Per Robinson <sup>[20]</sup> le rotatorie dunque differiscono dalle intersezioni circolari in quanto prevedono di dover dare la precedenza all'entrata e di acquisirla nella circolazione intorno alla corona rotatoria, di dover predisporre attraversamenti pedonali agli approcci e di vietare il parcheggio.

Al contrario nelle rotonde di quartiere il regime di precedenza può essere dato alle auto che accedono alla corona rotatoria, i pedoni possono attraversare diametralmente passando per l'isola centrale, il parcheggio può essere ammesso.

Appare evidente, dunque, come la maggior parte delle "rotatorie" in ambito residenziale o in aree centrali siano di fatto dei veri e propri neighborhood traffic circles.

Un modo per classificare le rotatorie potrebbe allora basarsi non tanto sulle caratteristiche fisiche quanto sul contesto di applicazione, come sintetizzato in Tabella 1.

Secondo le norme svizzere SN 640263, le rotatorie vengono divise in due categorie, in relazione al loro diametro esterno e alla loro configurazione: le compatte (per traffici intensi, con diametro esterno fra 26 e 40 m e isola centrale non valicabile) e le mini (per traffico locale, con diametro esterno tra 14 e 26 m ed isola centrale valicabile o semi valicabile).

Queste ultime sono sconsigliate in caso di traffico pedonale elevato. Nella Guide Suisse des Giratoires <sup>[21]</sup> la classificazione viene rivista secondo una nuova tipologia: rotatorie grandi, compatte e mini, che differiscono non solo per dimensioni ma anche per ambito di applicazione e limitazioni di manovra.

Non vi sono accorgimenti particolari per la fruizione dei pedoni se non gli attraversamenti agli accessi.

Le prescrizioni francesi del CERTU <sup>[22]</sup> sono analoghe a quelle svizzere con leggere differenze per ciò che attiene la classificazione di alcuni parametri geometrici.

Analoghe sono anche le raccomandazioni per gli attraversamenti pedonali con l'accorgimento di ubicarli a 2,5 m dal cartello di segnalazione di dare la precedenza.

In Tabella 2 si riassumono le principali caratteristiche delle rotatorie, secondo i diversi standard nazionali.











CLASSIFICAZIONE ROTATORIE	Tabella 1 – Rotatorie in contesti urbani <sup>[23]</sup>			
Tipologia All'entrata di	GRANDI	PICCOLE	MINI	ROTONDE
Aree urbane				
Aree residenziali				
Aree ad uso misto				
Aree a bassa velocità veicolare				

Tabella 2 – Caratteristiche delle rotonde secondo alcuni standard nazionali

	Diametro del cerchio iscritto (m)	Ampiezza della corsia nella corona rotonda (m)	Ampiezza della corsia di uscita (m)	Ampiezza della corsia d'entrata (m)	Raggio di entrata (m)	Raggio di uscita (m)	Raggio dell'isola centrale (m)	Distanza dell'attraversamento dal segnale di precedenza (m)	Capacità (v/g)	Velocità di accesso (km/h)	Velocità lungo la corona rotonda (km/h)	Nazione		
Rotatoria convenzionale	<b>40-50</b>	<b>6</b>	<b>4,5</b>	<b>3,5*</b>					Da definire in funzione della geometria			<b>Italia</b>		
	30-60									35-50		USA		
													Norvegia	
	55-80												Francia	
	32-40												Germania	
												Svizzera		
Rotatoria compatta	<b>25 - 40</b>	<b>7</b>	<b>4,5</b>	<b>3,5*</b>					Da definire in funzione della geometria			<b>Italia</b>		
	30 - 40	≤ 6		6	10 - 12			7,5		20.000	25		USA	
	31 - 45	8 - 11		7 - 8			≥ 25	> 5					Norvegia	
	33		4 - 5	3 - 4	≤ 15	8 - 15	≥ 6,5	5					Francia	
	28 - 30									25.000			Germania	
	26 - 35	5 - 7		3,5 - 3	12	10 - 12						30 - 40	Svizzera	
	Piccola (1 corsia)	25 - 30			<b>3,5</b>						15.000			<b>Italia</b>
		26 - 30	8 - 11		4,3 - 4,9									USA
			7					≥ 5						Norvegia
							3,5 - 4	2				Francia		
												Germania		
												Svizzera		
Mini rotonda	<b>14 - 25</b>	<b>7 - 8</b>	<b>4</b>	<b>3,5</b>			<b>&lt; 4</b>		Da definire in funzione della geometria			<b>Italia</b>		
	13 - 25						4			10.000	25		USA	
	≤ 25						1,5 - 4						Norvegia	
	7,5 - 12			2,5 - 3,5			1,5 - 2,5				30 - 50		Francia	
	14 - 26	7 - 8	2,75 - 3,5										Germania	
														Svizzera

\* 6,00 m per due corsie

# 3 LE PAVIMENTAZIONI PER LE ROTATORIE

Le pavimentazioni delle rotatorie e dei tronchi di accesso ad esse sono soggette a sollecitazioni, di tipo tangenziale, che generalmente sono di entità molto maggiore di quelle che si avrebbero in un tronco infrastrutturale di tipo corrente.

Le corsie di entrata sono zone di frenata e accelerazione, che provocano il trasferimento di carico tra gli assi e sollecitazioni di aderenza molto elevate. Sulla pavimentazione della corona rotatoria, l'aumento di tensione è causato dagli sforzi tangenziali determinati dalla rotazione degli assi, singolo o doppio, dei mezzi pesanti, o anche dal moto di pivoting degli assi tridem. Questi sforzi sono tanto più marcati quanto più il raggio della rotatoria è piccolo. Ciò si traduce in un aumento delle tensioni tangenziali di taglio sulla superficie del rivestimento.

Poiché inoltre le velocità di percorrenza delle rotatorie sono piuttosto basse (da 30 a 40 km/h), il tempo di applicazione del carico è più lungo di quello che si ha nelle sezioni stradali in rettilineo e, d'altra parte, le traiettorie dei veicoli sono molto canalizzate proprio a causa della geometria circolare della rotatoria. Tutto questo si traduce in un elevato rischio di ormaiamento. Infine, l'effetto della forza centrifuga che risulta durante il moto in curva, modifica la ripartizione del carico fra le ruote di uno stesso asse provocando un sovraccarico delle ruote esterne alla curva del 10-20 % (Figura 4 e 5), secondo misurazioni francesi <sup>[1]</sup> e fino al 60 %-80% secondo gli studi belgi <sup>[4]</sup> e australiani <sup>[5]</sup>.

Rappresentazione grafica dell'effetto determinato dallo spostamento del carico sulla ruota esterna, dovuto alla forza centrifuga durante la percorrenza di una rotatoria.

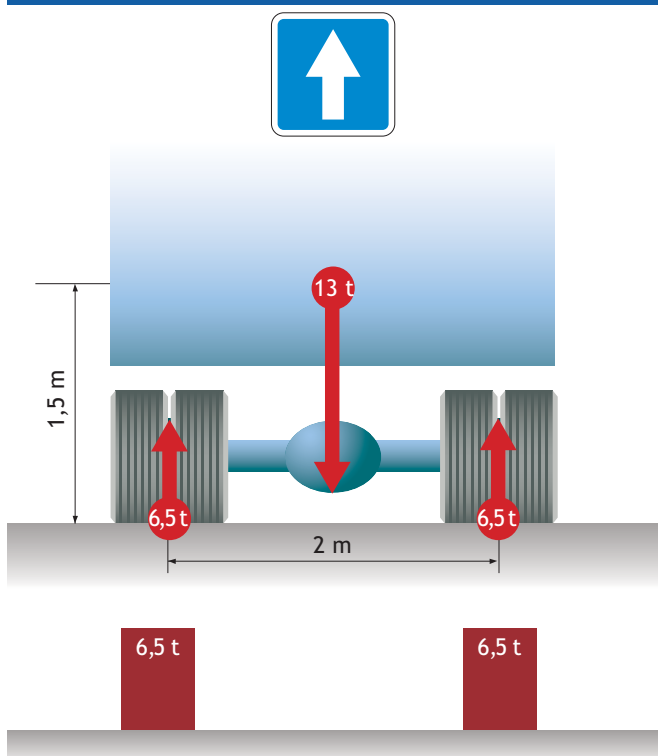


Figura 4: ripartizione uniforme del carico sulle ruote nella marcia rettilinea

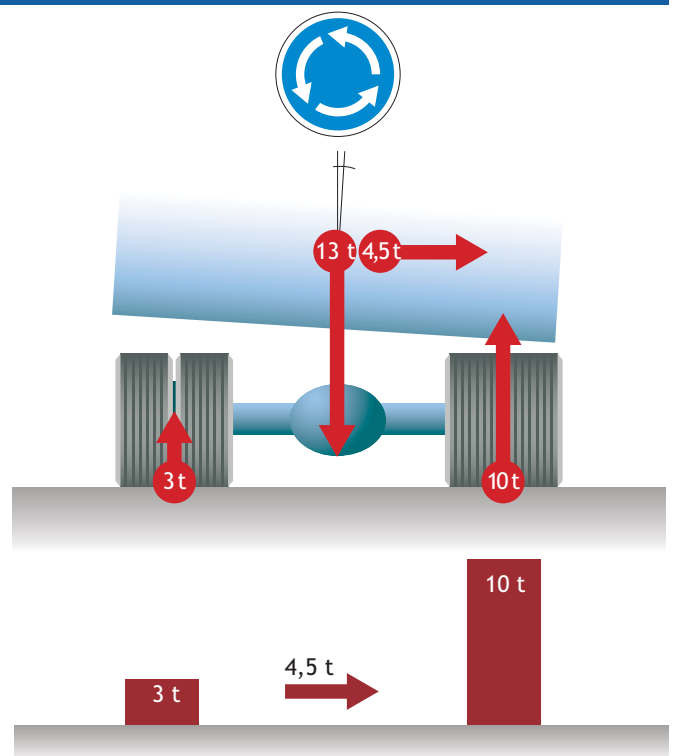


Figura 5: in curva la distribuzione del carico non è più uniforme.

La sovrastruttura è sollecitata prevalentemente in direzione radiale per effetto della forza centrifuga agente sui veicoli con le seguenti conseguenze: la formazione di ormaiamento della pavimentazione dovuta alla circolazione estremamente canalizzata e la rottura per

# 3 LE PAVIMENTAZIONI PER LE ROTATORIE

fatica della sovrastruttura in corrispondenza del passaggio delle ruote esterne dei veicoli a causa del citato sovraccarico delle stesse per effetto della forza centrifuga.

Gli sforzi tangenziali indotti determinano, soprattutto sulle pavimentazioni in conglomerato bituminoso, il distacco degli aggregati e lo scorrimento degli strati superficiali della pavimentazione rispetto a quelli inferiori.

Questi effetti determinano un considerevole aumento degli interventi di manutenzione determinati dal rapido deterioramento del conglomerato bituminoso.

La soluzione ottimale per contenere il degrado delle pavimentazioni realizzate su rotatoria e i relativi interventi di manutenzione, contenendo quindi i costi gestionali dell'infrastruttura stradale, è rappresentata dall'utilizzo delle pavimentazioni in calcestruzzo, particolarmente indicate:

- in presenza di traffico intenso e pesante;
- nei casi in cui la curvatura planimetrica molto accentuata e la velocità di percorrenza ridotta producono forze tangenziali centrifughe particolarmente gravose per il rivestimento in conglomerato bituminoso;
- per migliorare la percezione visiva del tracciato, in modo che i conducenti si avvicinino all'intersezione percependone le caratteristiche fisiche e geometriche, soprattutto di notte quando la luminanza del calcestruzzo garantisce una migliore visibilità della strada <sup>[1]</sup>;
- per limitare gli interventi di manutenzione <sup>[3]</sup>.

Grazie proprio alle limitate esigenze di manutenzione, l'impiego del calcestruzzo nella costruzione della pavimentazione consente vantaggi di tipo economico rispetto ad una pavimentazione in conglomerato bituminoso.

Lo spessore del pacchetto di pavimentazione rigida, generalmente ridotto rispetto al caso di una flessibile o semirigida <sup>[16]</sup>, favorisce la realizzazione di tali opere anche in ambito urbano, dove la movimentazione di terra e lo scavo spesso interferiscono con le infrastrutture presenti e le esigenze degli utenti stradali.

La costruzione ex novo di una pavimentazione in calcestruzzo, visti i ridotti volumi movimentati, a parità di geometria della rotatoria, richiede un tempo di costruzione pari a circa 2/3 di quello necessario per la realizzazione di un'equivalente soluzione in conglomerato bituminoso <sup>[4]</sup>.

Il colore chiaro del calcestruzzo permette inoltre una più semplice ed immediata percezione di macchie di idrocarburi, spesso causa di perdita di aderenza <sup>[1]</sup>.

## 3.1 Tipologie di pavimentazioni in calcestruzzo per le rotatorie

La scelta del tipo di pavimentazione si basa su considerazioni diverse a seconda del sito e delle sollecitazioni trasmesse dal traffico. In ambito urbano e periurbano, per traffici scarsi o medi, può essere

# LE PAVIMENTAZIONI PER LE ROTATORIE

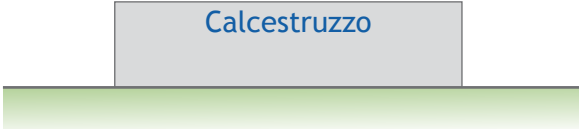
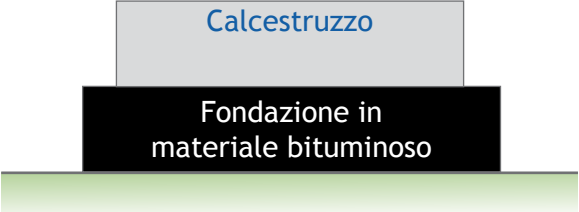
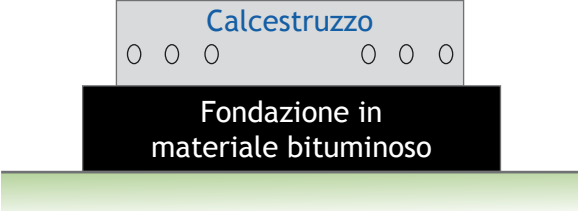
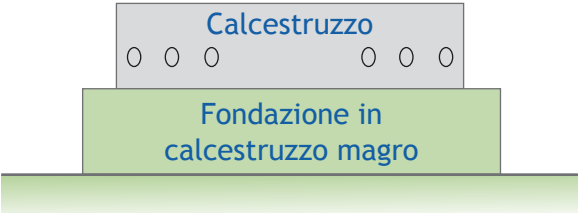
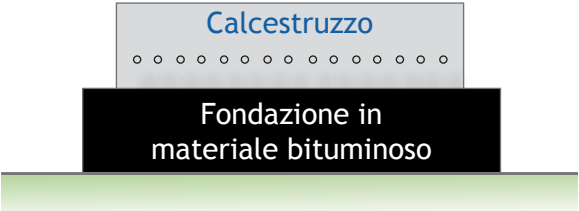
**3** impiegata una pavimentazione composta da un unico strato: la lastra di calcestruzzo appoggiata direttamente sul sottofondo con giunti senza barre (Figura 6-A).

All'aumentare delle sollecitazioni dovute al traffico, si possono invece inserire nel pacchetto di pavimentazione strati di fondazione in materiale bituminoso (Figura 6-B,C) o in calcestruzzo magro (Figura 6-D) e barre di compartecipazione ai giunti (Figura 6-C,D), oppure scegliere di costruire pavimentazioni in calcestruzzo ad armatura continua (Figura 6-E).

Alle tipologie appena descritte se ne può aggiungere un'altra che si potrebbe definire composita e che deriva dalla riabilitazione di vecchie pavimentazioni flessibili.

Tale tipo di sovrastruttura è costituita da una sottile lastra di calcestruzzo realizzata su strati ammalorati di conglomerato bituminoso. Questa tecnica è stata utilizzata in Francia nei pressi di Chambéry <sup>[1]</sup>, dove è stata costruita una pavimentazione in lastre di calcestruzzo di 8 cm di spessore, per riabilitare la vecchia pavimentazione in conglomerato bituminoso che presentava un evidente ormaiamento e altri degni dovuti alla circolazione di traffico molto pesante.

Figura 6:  
Tipologia di sovrastrutture in calcestruzzo

	DESCRIZIONE STRUTTURA PAVIMENTAZIONE	SCHEMA PACCHETTO PAVIMENTAZIONE
A	Lastra di calcestruzzo appoggiata direttamente sul sottofondo con giunti senza barre di compartecipazione.	
B	Lastra di calcestruzzo su fondazione bituminosa con giunti senza barre di compartecipazione.	
C	Lastra di calcestruzzo su fondazione bituminosa con giunti con barre di compartecipazione.	
D	Lastra di calcestruzzo su fondazione in calcestruzzo magro con giunti con barre di compartecipazione.	
E	Lastra di calcestruzzo ad armatura continua su fondazione bituminosa.	

# ASPETTI COSTRUTTIVI DELLA PAVIMENTA- ZIONE

## 4 4.1 Sottofondo e fondazioni

Gli strati di pavimentazione sottostanti alla lastra in calcestruzzo devono essere considerati, in fase di progetto, di importanza pari allo strato superiore, in quanto influenzano il buon esito di una costruzione. Per il sottofondo, la fondazione e gli elementi di drenaggio valgono le prescrizioni definite per tutte le altre pavimentazioni in calcestruzzo. Ovviamente le tecniche costruttive devono essere adeguate al variare delle modalità di posa e dei materiali impiegati.

Ad esempio, nel caso di fondazione in calcestruzzo magro, è necessario disporre i giunti longitudinali di questo strato parallelamente e in prossimità, ma non in corrispondenza, dei giunti longitudinali previsti nella lastra di pavimentazione.

In pianta, la distanza tra due giunti longitudinali appartenenti a due strati sovrapposti deve essere compresa tra 15 e 25 cm <sup>[5]</sup>.

Per i giunti trasversali, invece, lo sfalsamento minimo deve essere pari ad almeno 30 cm e non è previsto un limite massimo.

## 4.2 I giunti

Nella pavimentazione in calcestruzzo delle rotatorie sono previste le stesse tipologie di giunti delle lastre impiegate per gli altri tipi di tratti stradali: longitudinali e trasversali, di contrazione o costruzione, con e senza barre di compartecipazione o ferri di legatura, e giunti di isolamento con o senza trave di sostegno.

Per motivi strutturali, i giunti longitudinali devono essere collocati in prossimità della segnaletica orizzontale di delimitazione delle corsie, ma non sovrapposti, distanti circa 10 cm da essa.

Generalmente, i giunti longitudinali sono dotati di ferri di legatura; questi possono essere omessi nel caso in cui gli pneumatici dei veicoli transitino a più di 50 cm dal bordo libero della lastra.

I giunti trasversali sono generalmente radiali, ovvero ortogonali a quelli longitudinali, salvo nel caso di lastre a forma irregolare per le quali le condizioni geometriche e strutturali di apertura degli angoli richiedano una diversa disposizione.

I giunti di isolamento, non armati ma eventualmente rinforzati per la presenza di una trave in calcestruzzo sottostante, sono realizzati tra la zona di accesso e la zona di transizione onde evitare che le sollecitazioni meccaniche dell'una danneggino l'altra.

Le travi, generalmente lunghe 50 cm e spesse 20 - 40 cm, previste nei giunti di isolamento e nei giunti longitudinali non armati, hanno la stessa funzione delle lastre di transizione realizzate in corrispondenza di opere d'arte.

La presenza della trave in calcestruzzo migliora la resistenza strutturale della pavimentazione, ma non garantisce le medesime condizioni che si avrebbero in presenza di un'armatura, perciò tale soluzione deve essere impiegata solo in casi strettamente necessari, preferibilmente in zone non direttamente interessate dalla circolazione veicolare.

Giunti di isolamento non armati e privi di travi sottostanti vengono realizzati, come per le pavimentazioni rigide ordinarie, per separare la sovrastruttura da strutture adiacenti o da elementi inseriti nella pavimentazione, quali pozzetti e tombini. In presenza di oggetti

# ASPETTI COSTRUTTIVI DELLA PAVIMENTA- ZIONE

4 inseriti nella pavimentazione, il layout dei giunti deve prevenire il rischio di formazione di fessure a partire dagli angoli.

## 4.3 Le caratteristiche superficiali

La pendenza trasversale minima deve essere non inferiore al 2% verso l'esterno per consentire lo smaltimento delle acque meteoriche dalla piattaforma <sup>[1] [12]</sup> e per migliorare la percezione della circolazione rotatoria da parte dell'utente, evitare cambi bruschi di pendenza in corrispondenza delle entrate e delle uscite.

La superficie in calcestruzzo con aggregato esposto migliora la percezione della rotatoria <sup>[1]</sup>.

In Francia è stata sperimentata con successo la spazzolatura della superficie in calcestruzzo: la soluzione meccanica elimina i problemi connessi al controllo della malta di calcestruzzo non idratato <sup>[12]</sup>.

La tessitura superficiale delle pavimentazioni in calcestruzzo delle rotatorie non differisce da quella delle pavimentazioni dei tratti stradali in rettilineo o in curva: per volumi di traffico bassi a velocità ridotta è sufficiente un trattamento con tela di juta o una leggera spazzolatura <sup>[5]</sup>, in altre situazioni sono consigliabili la tecnica delle striature o l'esposizione dell'aggregato.

## 4.4 Le caratteristiche del calcestruzzo

Il calcestruzzo impiegato per le rotatorie stradali deve avere una resistenza a trazione per flessione idonea a sopportare le sollecitazioni ripetute prodotte dal traffico e dalle condizioni climatiche e la sua consistenza deve essere adatta ai processi di posa in opera.

L'apertura al traffico della rotatoria, secondo le esperienze francesi <sup>[11]</sup>, può essere prevista quando il calcestruzzo ha raggiunto una resistenza a compressione pari a 20 MPa.

Il raggiungimento di tale valore dipende dalla formulazione della miscela cementizia e dal suo processo di maturazione.

In condizioni normali di temperatura, l'apertura al traffico può avvenire dopo 2 o 3 giorni per il calcestruzzo tradizionale, dopo 18-24 ore per i calcestruzzi a presa rapida e dopo 4-6 ore per i calcestruzzi speciali a base di cemento alluminoso.

# 5 TECNICHE DI POSA

La posa del calcestruzzo per la costruzione delle pavimentazioni in calcestruzzo delle rotonde può avvenire mediante due diverse tecniche: quella Laser Screed e quella a casseforme scorrevoli (slipform). La prima si impiega generalmente con successo nel caso di realizzazione in un'unica fase di rotonde a più corsie.

La stesa del calcestruzzo per mezzo di una trave lisciatrice ben si adatta alle variazioni di larghezza della sezione stradale.

Di solito si realizzano casseforme fisse costituite da elementi lineari di lunghezza compresa tra 50 cm e 1 m, alti quanto lo spessore dello strato in calcestruzzo, resi solidali per mezzo di appositi sistemi di fissaggio (Figura 7).

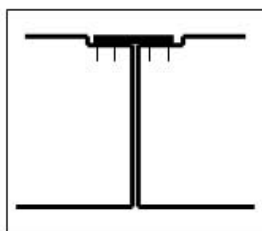


Figura 7:

Esempio di realizzazione con casseforme fisse.

Con questa tecnica il calcestruzzo viene gettato utilizzando una gru posta al centro della rotonda e conseguentemente livellato e compattato con aghi vibranti.

Questi ultimi sono generalmente disposti ogni 1,5 m di larghezza di pavimentazione da realizzare. Infine viene passata la trave livellatrice (Figure 8 a, b, c, d).



Figura 8:

Esempio di realizzazione con tecnica Laser Screed

# 5 TECNICHE DI POSA

L'impiego di slipform per la stesa del calcestruzzo è indicato solo per rotatorie di grande diametro e/o per rami di approccio molto lunghi. La messa in opera del calcestruzzo con macchina a casseforme scorrevoli presuppone che, se le operazioni si concludono in un solo giorno, la pulizia della macchina debba essere svolta sulla rotatoria, ove la stessa macchina rimane ferma per il tempo di maturazione del calcestruzzo.

La possibilità di impiego della slipform dipende anche dalla sequenza costruttiva prevista in fase di progetto.

In presenza di cordoli preesistenti può non essere consentito l'uso di una macchina a casseforme scorrevoli, mentre gli stessi cordoli possono costituire le casseforme necessarie per utilizzare una macchina di tipo screed [4].

Figura 9:  
Esempio di realizzazione  
con tecnica Slipform.



Qualunque sia la tecnica adottata per la posa del calcestruzzo, è necessario disporre di una passerella (Figura 10) che non danneggi la superficie del calcestruzzo e consenta agli operatori di effettuare ritocchi, eseguire il trattamento superficiale, distribuire il prodotto di curing, rifinire i giunti. [3]



Figura 10:  
Esempio di passerella fissa per agevolare le  
lavorazioni di finitura.

# TECNICHE DI POSA

## 5 5.1 Rotatorie in lastre di calcestruzzo con giunti (JPCP)

Le pavimentazioni in lastre di calcestruzzo con giunti JPCP (Jointed Plain Concrete Pavement) sono state impiegate da lungo tempo in diversi Paesi sia in ambito urbano che extraurbano.

In particolare in Australia <sup>[5]</sup>, USA <sup>[7]</sup>, Francia <sup>[4]</sup> <sup>[12]</sup> <sup>[14]</sup>, Austria <sup>[24]</sup>, Belgio e Olanda hanno conosciuto una diffusione piuttosto importante sin dagli anni '90 e attualmente il loro stato di servizio può considerarsi soddisfacente.

Alcuni esempi sono riportati in Tabella 3.

Tabella 3 - Esempi di rotatorie con pavimentazioni in calcestruzzo a giunti.

Paese	Rif.	Traffico		Larghezza corona rotatoria (m)	Diametro interno (m)	Spessore lastra (cm)	Giunti		Tecnica di stesa
		Tipo	Volume				Interasse (m)	barre di compartecipazione	
Francia Saint Pierre-la- Cour	17	Industriale	500 Veicoli pesanti al giorno	8,25		22	5,00 giunti trasversali 4,5 giunti longitudinali	∅ 30 mm Interasse: 30 cm L=50 cm	Manuale per la corona rotatoria.
Francia Eulmont	12		9000 Veicoli leggeri al giorno	9,00	26,00	22		∅ 30 mm Interasse: 30 cm L=45 cm	Slipform per le vie d'accesso
Francia Diors (Indre)	13	Industriale	400 Veicoli pesanti al giorno	8,00	32,00	20	Lastre trapezoidali 3,00 lato corto 5,00 lato lungo	∅ 25 mm Interasse: 30 cm L=45 cm	Manuale
Francia Phare (Chambéry)	14	Pesante				27	6,00 lato più lungo lastra trapezoidale	∅ 30 mm Interasse: 30 cm L=45 cm	Manuale

# 5 TECNICHE DI POSA

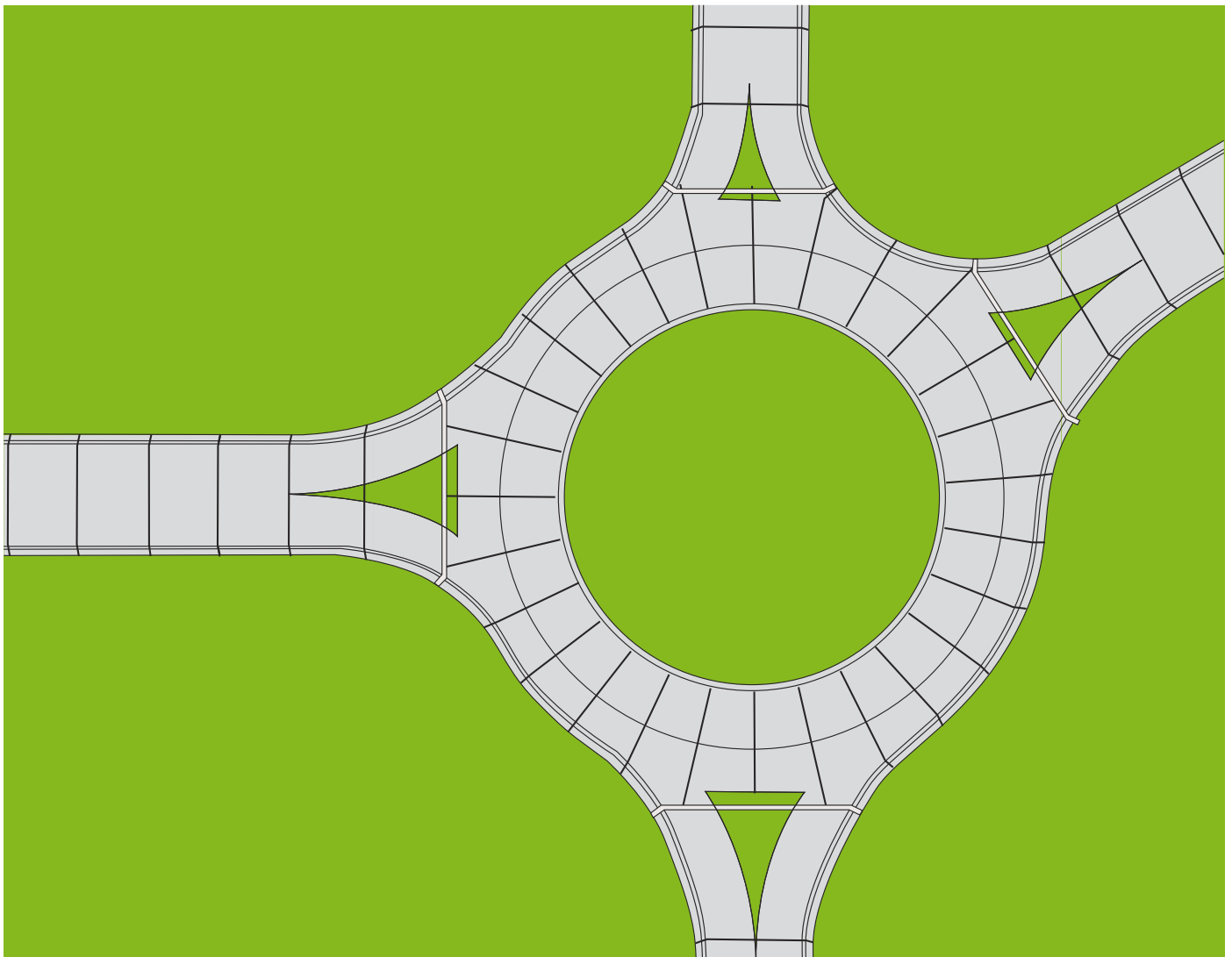
La disposizione dei giunti di contrazione in una rotatoria di tipo JPCP, nella quale le lastre hanno inevitabilmente forma trapezoidale, segue una geometria radiale (Figura 11, Figura 12). Secondo questo schema la corona rotatoria è separata dai bracci.

I due bracci limitrofi di accesso e uscita sono separati mediante le isole divisionali [8].

La disposizione dei giunti in una rotatoria di tipo JPCP segue le seguenti regole (Figura 13):

- dimensione  $h$  della lastra non superiore a 4,5 m e non inferiore a 1 m nelle aree soggette a traffico e 0,6 m in zone non trafficate (per es. le banchine) [5];
- lunghezza massima dei lati lunghi  $b$  non superiore a 25 volte lo spessore della lastra;
- angoli interni  $\alpha$  della lastra maggiori di  $80^\circ$ , in caso contrario si dispone un'apposita armatura soprattutto se tali porzioni di pavimentazione sono direttamente interessate dal passaggio degli pneumatici [8];
- lunghezza minima dei lati corti  $a$  non inferiore a 1,5 m;
- disposizione dei giunti radiali regolare e continua;
- adattamento puntuale della forma delle lastre in corrispondenza del bordo esterno della corona rotatoria, elementi di drenaggio e inserti presenti nella pavimentazione (Figura 14).

Figura 11:  
Esempio di rotatoria con pavimentazione  
JPCP a lastre radiali



# 5 TECNICHE DI POSA

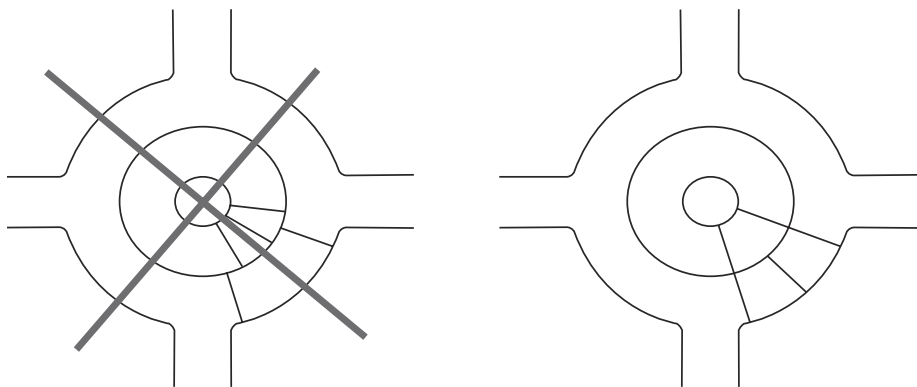


Figura 12: Disposizione radiale dei giunti.

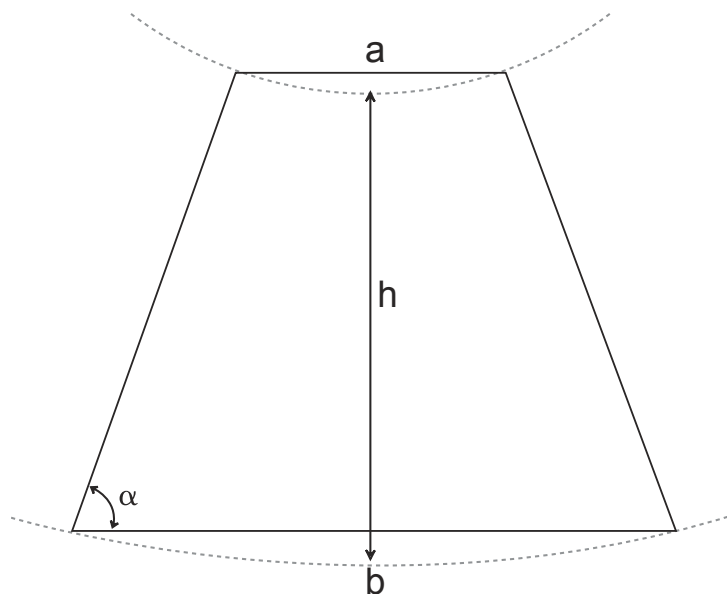


Figura 13: Geometria di una lastra trapezoidale.

L'interasse massimo tra i giunti, fermo restando il limite geometrico imposto, varia anche in funzione del materiale con cui è realizzato il piano di posa delle lastre in calcestruzzo. Fondazioni in materiale granulare consentono la realizzazione di lastre di dimensioni maggiori rispetto a quanto consentito da fondazioni stabilizzate <sup>[8]</sup>.

Per piani di posa granulari tale valore è pari a 24 volte lo spessore della lastra, per piani di posa stabilizzati è 21 volte lo spessore della lastra. I giunti trasversali di costruzione devono trovarsi ad una distanza di almeno 1,5 m da un giunto di contrazione.

Le lastre di forma irregolare, nelle quali il rapporto tra lunghezza e larghezza supera il valore di 1,25, devono essere opportunamente armate e rinforzate in quanto soggette a rapida formazione di fessurazione agli angoli, soprattutto se di apertura inferiore a  $90^\circ$ , e fessurazione a blocchi.

Il layout di una pavimentazione a geometria radiale può essere distinto in tre zone:

- circolare (in corrispondenza della corona rotatoria),
- di avvicinamento (in corrispondenza dei bracci di ingresso o uscita),
- di transizione (nell'area compresa tra i bracci e la corona rotatoria).

La disposizione dei giunti lungo la corona rotatoria segue il criterio convenzionale, applicato ad un ramo di strada il cui asse longitudi-

# 5 TECNICHE DI POSA

nale si sviluppa in modo circolare anziché rettilineo.

In funzione delle dimensioni geometriche della rotatoria, sono realizzati giunti longitudinali concentrici intersecati da giunti trasversali radiali di costruzione o contrazione.

I giunti longitudinali sono armati da ferri di legatura per contrastare lo spostamento radiale delle lastre indotto dalla forza centrifuga applicata dagli pneumatici dei veicoli in transito.

Nelle zone di approccio, la geometria delle lastre segue criteri di definizione convenzionali.

I giunti longitudinali e trasversali sono definiti in modo da rispettare, ove possibile, l'ortogonalità reciproca e la regolarità delle lastre. Anche in queste zone i giunti longitudinali sono armati da ferri di legatura.

Un giunto longitudinale non armato è previsto nel caso di larghezze di pavimentazioni superiori a 16 m.

La posizione dei giunti longitudinali non armati deve essere lontana dall'area di passaggio degli pneumatici.

Se le zone di approccio sono realizzate in conglomerato bituminoso, la scelta di tale soluzione deve considerare gli oneri manutentivi che comporta in esercizio.

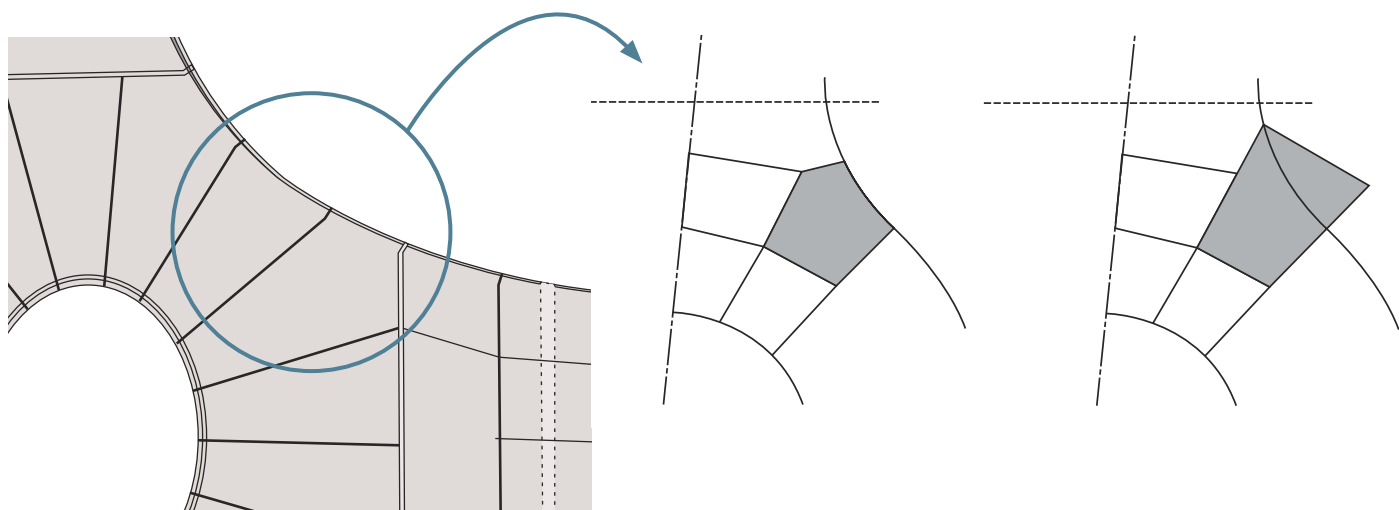
Le sollecitazioni tangenziali cui è sottoposta la pavimentazione, visto il moto vario dei veicoli e le deformazioni cicliche radiali della corona rotatoria, espongono il conglomerato bituminoso al rischio di deformazioni permanenti o rotture.

Si consiglia quindi la costruzione di lastre ancorate in corrispondenza dell'ultimo tratto del ramo di approccio, per limitare così le deformazioni cicliche a carico del conglomerato bituminoso.

La zona di transizione costituisce l'area strutturalmente più critica sia perché la geometria dell'intersezione comporta la definizione di lastre di forma irregolare o con angoli acuti, sia perché l'area è soggetta alle sollecitazioni trasmesse dalla pavimentazione della corona rotatoria e dalla pavimentazione della zona di approccio.

Per limitare lo stato tensionale indotto, viene disposto un giunto di isolamento tra le zone di approccio e le zone di transizione.

Figura 14:  
Adattamento della geometria delle lastre  
al bordo della corona circolare.



I giunti trasversali delle lastre di una rotatoria in JPCP possono essere dotati o meno di barre di compartecipazione a seconda dell'entità traffico pesante. Generalmente sono consigliate per TGM di veicoli pesanti superiore a 100 [9].

Le lastre di accesso ad una rotatoria, viste le sollecitazioni meccaniche cui sono soggette, possono essere armate con reti elettrosaldate 15x15 di diametro 10 mm disposte nel terzo superiore dello spessore

# 5 TECNICHE DI POSA

della lastra in calcestruzzo.

La presenza dell'armatura contrasta la propagazione di fessure a blocco una volta che queste si sono formate. L'esperienza australiana dimostra l'efficacia di calcestruzzo fibrorinforzato, non solo nel contrastare la propagazione delle fessure a blocco, ma anche nel ritardare l'inizio del fenomeno di fessurazione, siano esse del tipo a blocchi o ad angolo <sup>[5]</sup>.

## 5.2 Rotatorie in calcestruzzo ad armatura continua (CRCP)

La tecnica delle pavimentazioni in calcestruzzo ad armatura continua CRCP (Continuously Reinforced Concrete Pavement) è impiegata da lungo tempo, con successo, nel campo delle costruzioni stradali. Negli ultimi 10-15 anni è stata impiegata anche nelle pavimentazioni delle rotatorie, soprattutto quelle caratterizzate da elevati volumi di traffico pesante.

Per alcuni esempi di rotatorie realizzate in Francia, Belgio e Olanda <sup>[27]</sup> sono riportati in Tabella 4 le principali caratteristiche di queste realizzazioni.

Tabella 4 - esempi di rotatorie in calcestruzzo ad armatura continua.

Paese	Rif.	Traffico		Larghezza corona rotatoria (m)	Diametro interno (m)	Spessore lastra (cm)	Armatura	Tecnica di stesa
		Tipo	Volume veicoli pesanti al giorno					
Francia Bissy (Chambery)	18	industriale	750	9,00		20		Casseforme fisse
Francia Aurvault	2	extraurbano	700	8,00	14,00	20 <small>22 le vie di accesso in JPCP</small>	0,67% 57 ø16 mm	Casseforme fisse
Belgio Gaurain Ramecroix	26	extraurbano		8,00	70,00	20	longitudinale: ø 16 mm/15 cm trasversale: ø 14 mm/70 cm	Casseforme fisse
Belgio Bruyelle	26	extraurbano		5,00	35,00	20		Casseforme scorrevoli
Belgio Mouscon	26	extraurbano		8,00				Casseforme scorrevoli
Belgio Antoing	26	extraurbano		7,50	40,00	20	longitudinale: ø 16 mm/15 cm trasversale: ø 12 mm/40 cm	Casseforme fisse
Olanda Eindhoven	28	extraurbano		10,80		23	longitudinale: ø 16 mm/12 cm trasversale: ø 12 mm/80 cm	Casseforme scorrevoli
Olanda Ekkersrijt	29	extraurbano				25	longitudinale: ø 20 mm/18 cm trasversale: ø 12 mm/70 cm	Casseforme scorrevoli

# 5 TECNICHE DI POSA

Le pavimentazioni di tipo CRCP realizzate su rotatorie offrono garanzie strutturali e funzionali in quanto le armature trasversali rispondono alle sollecitazioni trasversali indotte dal traffico, mentre le armature longitudinali riducono la formazione dei giunti a quelli di costruzione, riducendo i costi di manutenzione degli stessi.

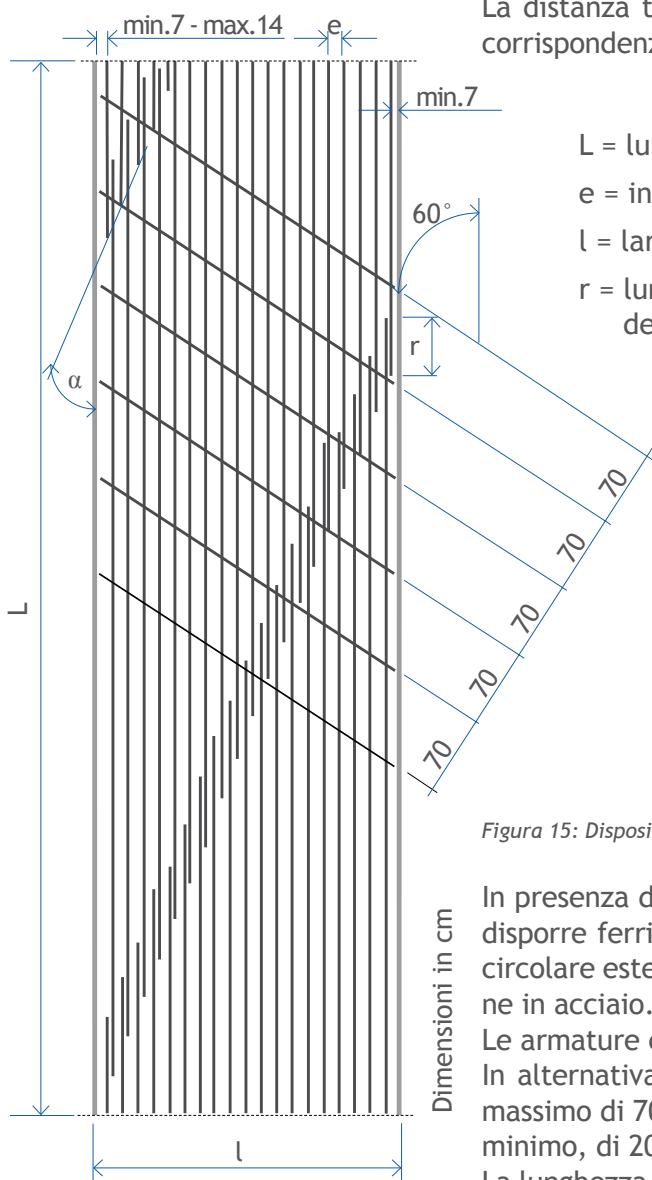
Le sovrastrutture in CRCP su rotatoria sono costituite dalla messa in opera di una o più lastre separate da giunti longitudinali di costruzione.

L'armatura longitudinale di una CRCP su rotatoria deve seguire perfettamente la curvatura della piattaforma stradale, la lunghezza di sovrapposizione dei ferri deve essere almeno pari a 50 volte il diametro nominale.

In ogni caso bisogna mantenere un angolo di sovrapposizione alfa costante ed evitare la formazione di sezioni radiali deboli ove si verifichi la sovrapposizione di oltre un terzo delle armature longitudinali.

Può essere necessario variare la lunghezza di sovrapposizione in funzione del raggio della circonferenza dell'armatura longitudinale corrente. L'armatura trasversale deve formare un angolo di  $60^\circ$  con la tangente all'asse della piattaforma (Figura 15).

La distanza tra i ferri trasversali può essere stabilita pari a 70 cm in corrispondenza di un raggio di piattaforma pari a  $2/3$  il raggio esterno.



- L = lunghezza dell'armatura longitudinale
- e = interasse dell'armatura longitudinale
- l = larghezza della carreggiata
- r = lunghezza di sovrapposizione dei ferri dell'armatura longitudinale

Figura 15: Disposizione delle armature trasversali

Dimensioni in cm

In presenza di rotatorie con raggio interno superiore a 20 m si possono disporre ferri di armatura trasversale complementari sulla semicorona circolare esterna (Figura 16) per limitare variazioni brusche della sezione in acciaio.

Le armature complementari (L2) sono disposte con interasse 1 m. In alternativa, si dispongono le armature trasversali con un interasse massimo di 70 cm, in corrispondenza della circonferenza esterna e uno minimo, di 20 cm, in corrispondenza della circonferenza interna.

La lunghezza delle barre trasversali in tal caso è eventualmente ridotta per soddisfare i criteri geometrici di disposizione e mantenere l'interasse minimo sulla circonferenza interna pari a 20 cm [3].

# 5 TECNICHE DI POSA

La larghezza della pavimentazione sulla corona rotatoria può subire variazioni all'intersezione con i bracci di uscita e di ingresso, ove si dispongono apposite armature aggiuntive come in Figura 17 e 18.

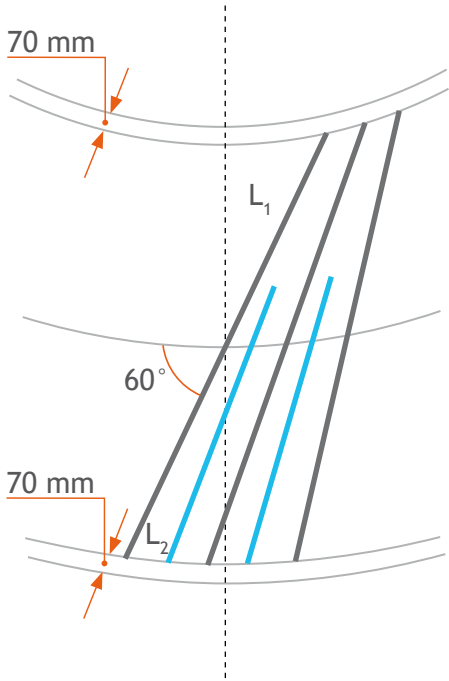


Figura 16: Disposizione delle armature trasversali nella semicorona esterna nel caso di rotonde con più di 20 m di diametro.

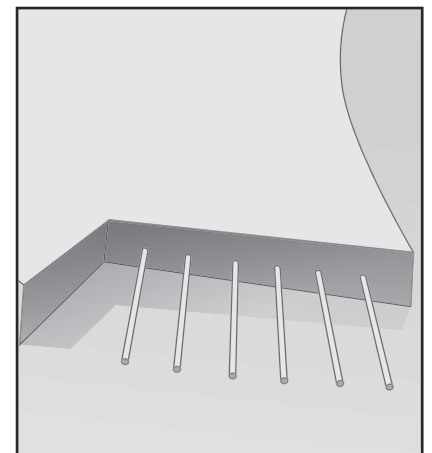
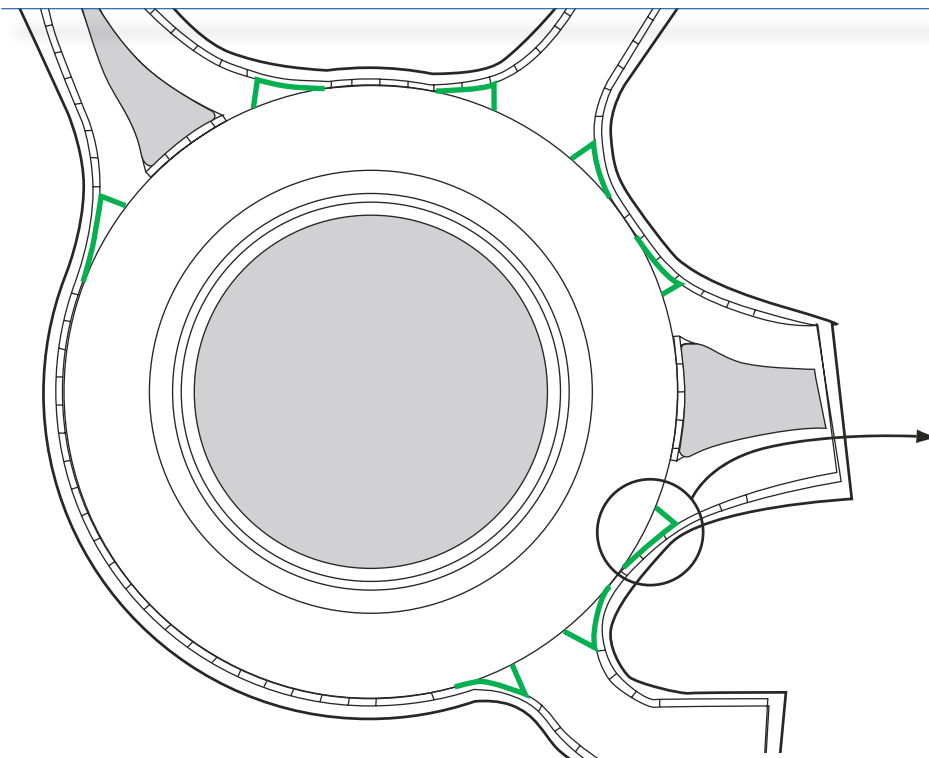


Figura 17: Pavimentazione CRCP all'innesto dei bracci di ingresso e uscita.

# 5 TECNICHE DI POSA



Figura 18: Lavorazioni nelle zone di innesto dei bracci di ingresso e uscita.

I giunti di costruzione radiali devono essere realizzati alle spalle delle isole divisionali, in modo da evitare che vengano sollecitati dal traffico in ingresso e in uscita (Figura 21).

Nel caso in cui la pavimentazione in calcestruzzo si realizza in due o più fasi (Figura 19) molto distanti è necessario ancorare le estremità di getto per contrastare i movimenti di estremità dovuti a fenomeni termo-igrometrici.

Le barre longitudinali in testata devono essere disposte evitando che, anche in questo caso, una volta conclusa la pavimentazione si formino in corrispondenza dei giunti di costruzione sezioni di resistenza ridotta, in quanto sede di sovrapposizione di tutti i ferri longitudinali.

Una soluzione consiste nel prolungamento delle barre longitudinali, ovvero nella disposizione di armature di attesa, oltre il giunto di costruzione per 1, 2, 3, 4, 5 m alternativamente, come rappresentato in Figura 20 <sup>[25]</sup>.

# 5 TECNICHE DI POSA



Figura 19 :  
Realizzazione di una rotatoria  
in due fasi distinte.

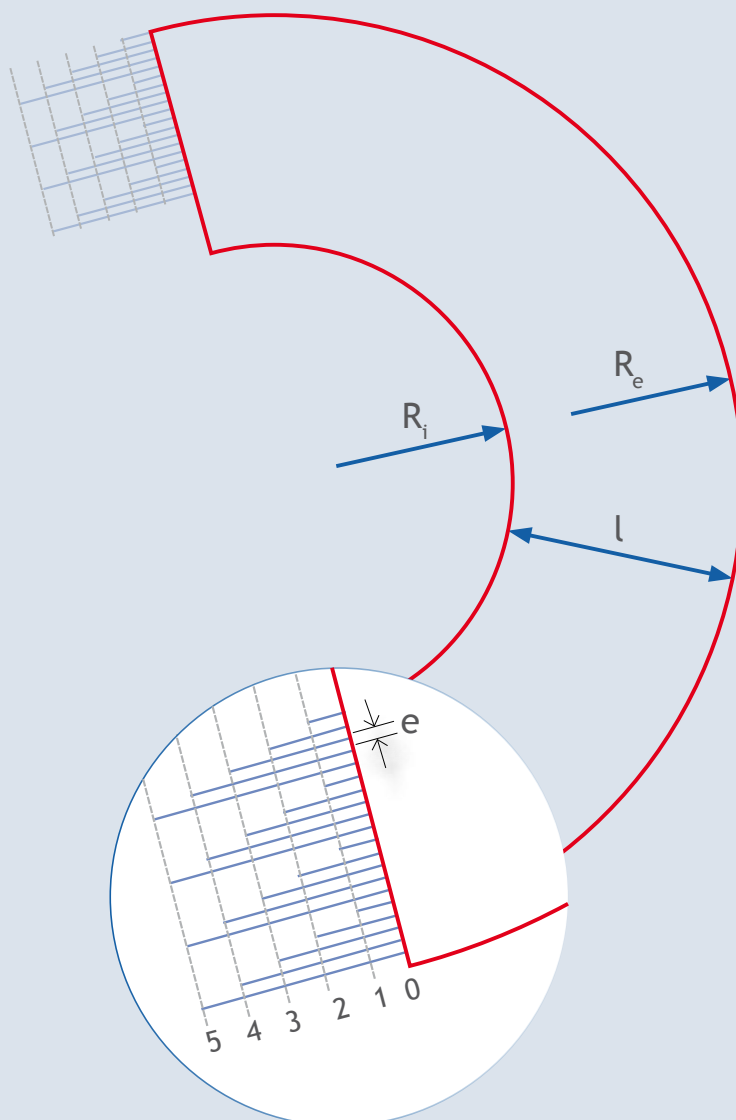
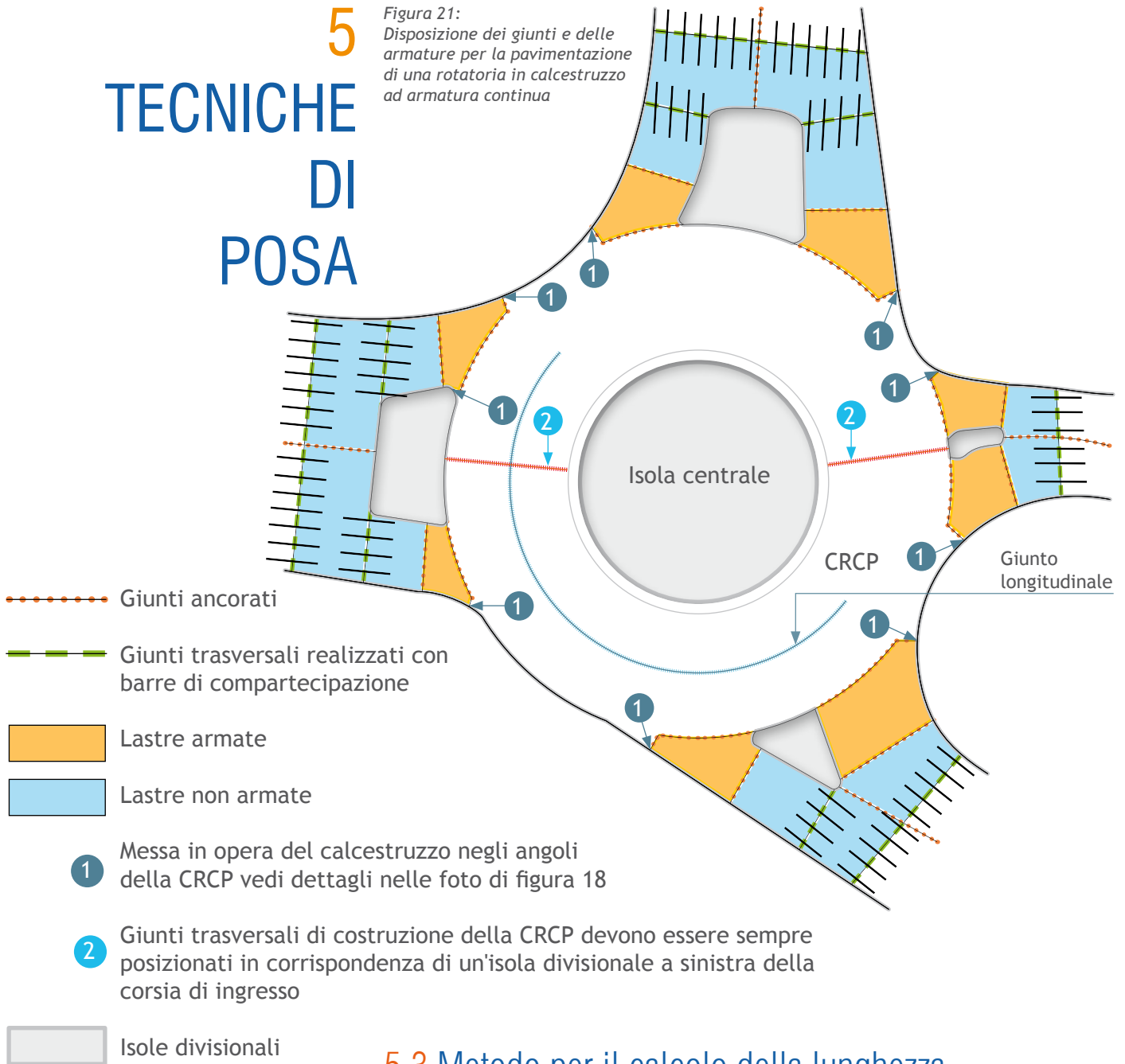


Figura 20:  
Disposizione delle armature di attesa.

La parte dei bracci di ingresso e di uscita adiacente alla corona rotatoria deve essere realizzata durante la costruzione della stessa corona rotatoria, quindi inclusa nella pavimentazione CRCP, onde evitare che in tali zone vengano a formarsi lastre di tipo JPCP con angoli molto piccoli, o lati inferiori a 1,5 m (Figura 21).

# 5 TECNICHE DI POSA

Figura 21:  
Disposizione dei giunti e delle  
armature per la pavimentazione  
di una rotonda in calcestruzzo  
ad armatura continua



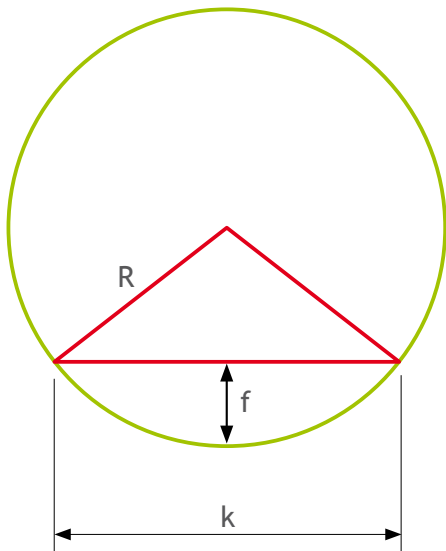
## 5.3 Metodo per il calcolo della lunghezza dell'armatura trasversale

Per il calcolo della lunghezza delle armature trasversali in una rotonda con pavimentazione CRCP, vale quanto di seguito riportato. Dato un cerchio di raggio  $R$  e  $f$  la freccia della corda  $k$ , la lunghezza di  $k$  può essere calcolata attraverso la formula:

$$(1) \quad k = 2\sqrt{R^2 - (R - f)^2}$$

ovvero:

$$(2) \quad k = 2\sqrt{f(2R - f)}$$



# 5 TECNICHE DI POSA

Per una rotatoria di raggio interno  $R_i$  e di raggio esterno  $R_e$ , la lunghezza delle armature trasversali che formano un angolo di  $60^\circ$  con la tangente all'asse longitudinale della pavimentazione può essere calcolata come segue:

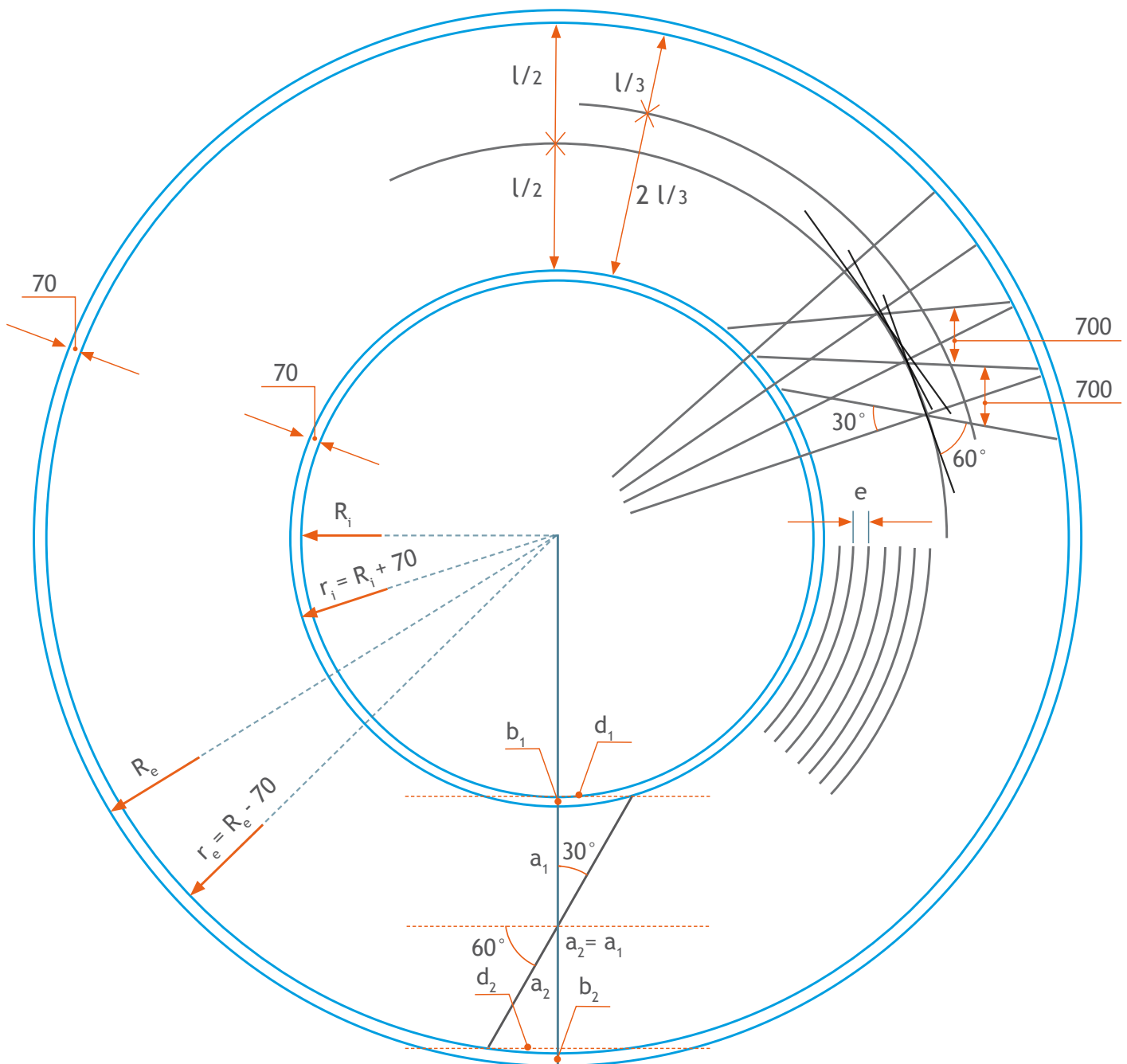
$$(3) \quad \operatorname{tg} 30 = \frac{d_1}{a_1 + b_1}$$

Vista l'equazione (2) ne deriva che:

$$(4) \quad d_1 = \sqrt{b_1 (2r_i - b_1)}$$

da cui:

$$(5) \quad a_1 = \frac{l}{2} - 70$$



# 5 TECNICHE DI POSA

Posto l pari alla larghezza della corona rotatoria pavimentata in calcestruzzo ad armatura continua.

Attraverso le equazioni (3), (4) e (5),  $b_1$  è calcolato risolvendo la seguente equazione di secondo grado:

$$b_1^2 (tg^2 30 + 1) + b_1 (2a_1 tg^2 30 - 2r_i) + tg^2 30 a_1^2 = 0 \quad (6)$$

Noto  $b_1$ ,  $c_1$  è ricavabile:

$$\cos 30 = \frac{a_1 + b_1}{c_1} \quad (7)$$

$$\Rightarrow c_1 = \frac{a_1 + b_1}{\cos 30} \quad (8)$$

Dal momento che vale la seguente relazione,

$$tg 30 = \frac{d_2}{a_2 - b_2} \quad (9)$$

Dalla (2) si può ricavare:

$$d_2 = \sqrt{b_2 (2r_e - b_2)} \quad (10)$$

Ovvero,

$$a_2 = a_1 = \frac{l}{2} - 70 \quad (11)$$

Attraverso le equazioni (9), (10) e (11),  $b_2$  è calcolato risolvendo la seguente equazione di secondo grado:

$$b_2^2 (tg^2 30 + 1) - b_2 (2a_2 tg^2 30 + 2r_e) + tg^2 30 a_2^2 = 0 \quad (12)$$

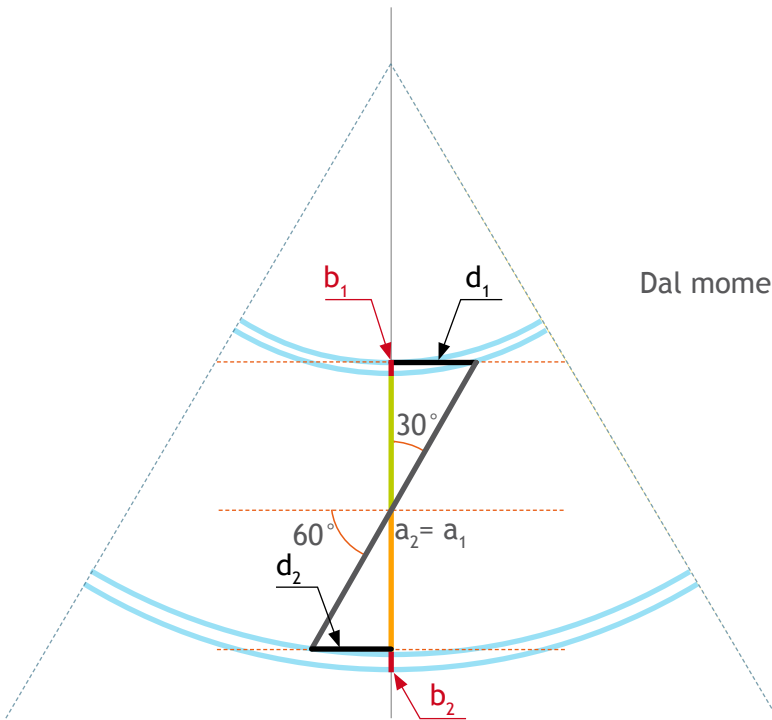
Noto  $b_2$ ,  $c_2$  è ricavabile:

$$\cos 30 = \frac{a_2 - b_2}{c_2} \quad (13)$$

$$\Rightarrow c_2 = \frac{a_2 - b_2}{\cos 30} \quad (14)$$

La lunghezza delle armature trasversali è perciò pari a:

$$L_t = c_1 + c_2 = \frac{a_1 + b_1}{\cos 30} + \frac{a_2 - b_2}{\cos 30} \quad (15)$$



# TECNICHE DI POSA

5 Considerando una rotatoria di raggio interno  $R_i$  pari a 10 m e raggio esterno  $R_e$  pari a 20 m:

$$l = 10 \text{ m} \Rightarrow a_1 = a_2 = 4,93 \text{ m}$$

$$R_e = 20 \text{ m} \Rightarrow r_e = 19,93 \text{ m}$$

$$R_i = 10 \text{ m} \Rightarrow r_i = 10,07 \text{ m}$$

Da cui si ricava  $b_1 = 0,500 \text{ m}$  e  $b_2 = 0,189 \text{ m}$   
La lunghezza delle armature trasversali è perciò pari a:

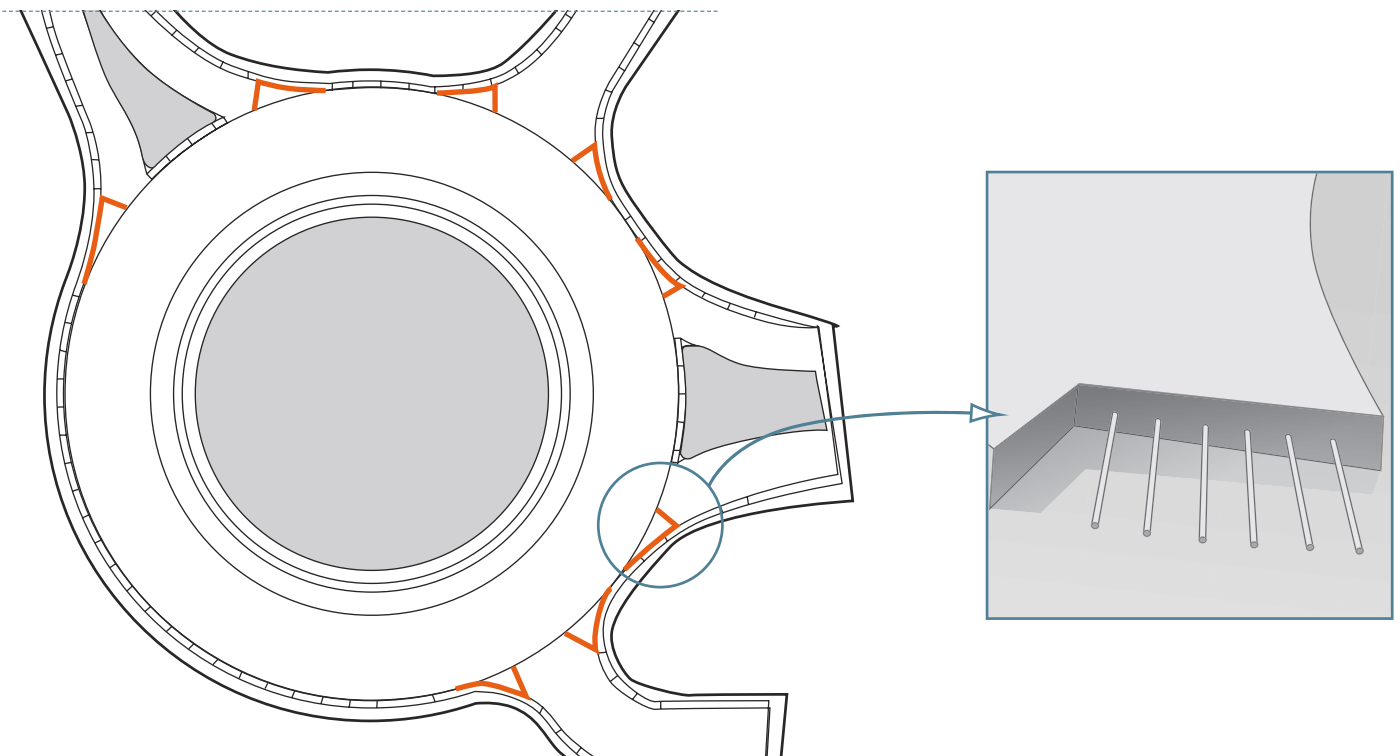
$$L_t = \frac{4,930 + 0,500}{\cos 30} + \frac{4,930 - 0,189}{\cos 30} = 11,74 \text{ m}$$

Si rileva dunque che in rotatoria la lunghezza delle armature trasversali è leggermente superiore a quella che si ha nelle pavimentazioni in rettilo. In caso di larghezza della carreggiata pari a 10

m, la lunghezza delle armature trasversali è 11,39 m  $\left( = \frac{10 - 0,14}{\cos 30} \right)$

La larghezza della pavimentazione sulla corona rotatoria può subire variazioni all'intersezione con i bracci di uscita e di ingresso, ove si dispongono apposite armature aggiuntive come in figura.

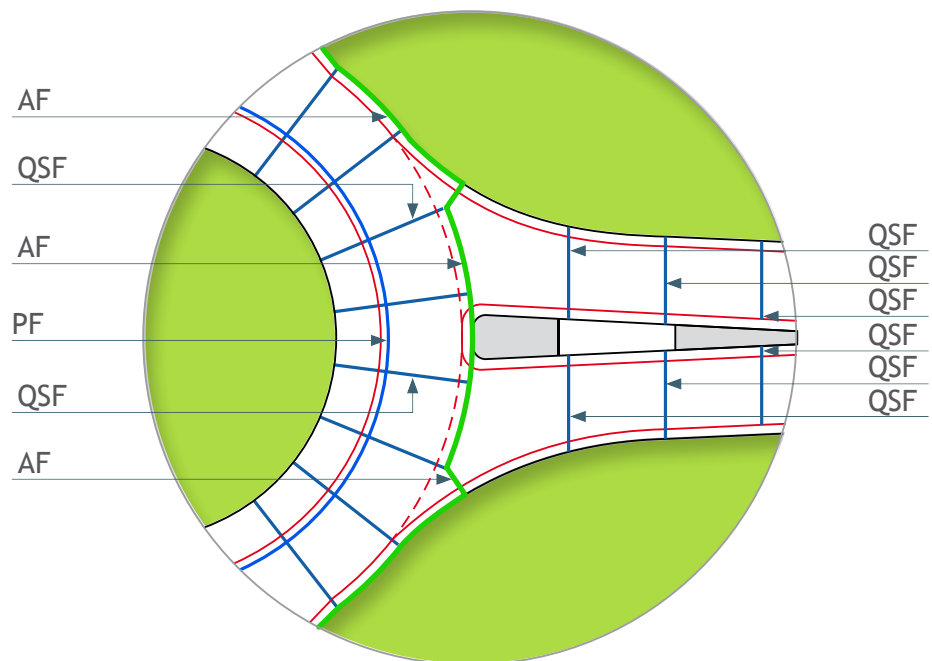
Figura 22: pavimentazione CRCP all'innesto dei bracci di ingresso e uscita.



# 6 CONFRONTO DELLE SPECIFICHE DI COSTRUZIONE IN 4 PAESI EUROPEI

Un confronto internazionale tra le differenti modalità costruttive di roatorie è stato pubblicato nel fascicolo "Update 3/2008 - Novità sulle pavimentazioni stradali in calcestruzzo" una pubblicazione edita da BETONSUISSE Marketing AG, Berna, BDZ, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V., Düsseldorf and VÖZ, Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, Vienna.

Di seguito vengono riportate alcune informazioni estratte dalla pubblicazione.



- Distribuzione dei giunti
- Segnaletica orizzontale
- Stesa a mano realizzata con calcestruzzo fluido

Legenda:

- QSF:**  
Giunti trasversali di contrazione
- LSF:**  
Giunti longitudinali sul raccordo
- PF:**  
Giunto longitudinale
- AF:**  
Giunto di isolamento

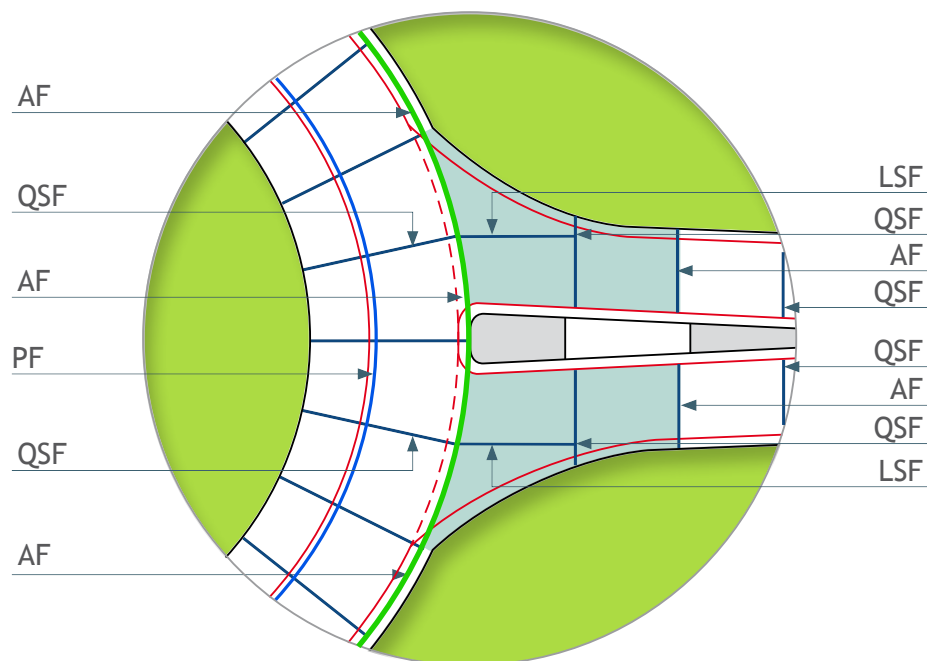


Figura 23:

Esempio di disposizione dei giunti realizzata in Austria per la posa in opera manuale (figura di sopra) e meccanica (figura di sotto), secondo il bollettino della ÖVBB (Associazione Austriaca per il Calcestruzzo e la Chimica Edilizia) «Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken» (rotatorie con superficie stradale in calcestruzzo).

Dati a confronto per la costruzione di rotatorie in calcestruzzo in quattro paesi dell'Europa centrale <sup>[30]</sup>

Descrizione	Germania	Svizzera	Austria	Belgio
Sperimentate dal	2006	2003	1995	1995
Numero di rotatorie costruite (fino al 2007)	1	45	Circa 80	> 70

Costruzione				
Spessore della lastra di calcestruzzo	24 cm	25-26 cm	22-25 cm in funzione della classe di traffico	20-25 cm con armatura continua
Strato di fondazione	Conglomerato bituminoso 10 cm	Conglomerato bituminoso 8-10 cm	Dipende dalla classe di traffico	Conglomerato bituminoso 5 cm su calcestruzzo magro 20 cm
Armatura della lastra	3 kg/m <sup>2</sup>	Armatura: 5 kg/m <sup>2</sup> o calcestruzzo fibrorinforzato (dosaggio fibre 30-35 kg/m <sup>2</sup> )	nessuna	Longitudinalmente circa 0,75%; trasversalmente 0,10%
Barre di compartecipazione	∅ 25/500 mm, ogni 25 cm	∅ 22/500 mm, ogni 50 cm	∅ 25/500 mm, ogni 25 cm	
Ferri di legatura	∅ 20/800 mm, ogni 90 cm <sup>1)</sup>	∅ 16/500 mm, ogni 50 cm		
Lunghezza del braccio di accesso/uscita in calcestruzzo [m]	≥ 30 m <sup>2)</sup>	> 10-15 m, armati fino a 40 m	circa 50 m	
Transizione calcestruzzo/conglomerato bituminoso	Giunto flangiato con angolo obliquo (circa 17°) <sup>1)</sup>	Generalmente non flangiato, ma giunto con angolo obliquo (circa 10-15°)		Giunto di dilatazione
Sistemazione margine esterno e isola centrale	Cordolo sormontabile/non sormontabile <sup>1)</sup>	Cordolo di calcestruzzo o granito		

Calcestruzzo				
Resistenza a compressione dello strato superiore di calcestruzzo [N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 40 (media)	≥ 37	≥ 40	≥ 52,5 nei carotaggi, dopo 90 giorni per calcestruzzo poroso
Resistenza a compressione dello strato inferiore di calcestruzzo [N/mm <sup>2</sup> ]	Non previsto	Non previsto	≥ 35	Non previsto

Resistenza a trazione per flessione [N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 5,5	≥ 5,5	≥ 5,5; calcestruzzo lavato ≥ 7,0	
Classe di resistenza a compressione e classe di esposizione del calcestruzzo, strato superiore	C30/37; XF4, XM2	C30/37; XC4, XD3, XF4	C30/37; XF4, XM2	C35/45
Classe di resistenza a compressione e classe di esposizione del calcestruzzo, strato inferiore	Non previsto	Non previsto	C30/37; XF4	Non previsto
Strati di calcestruzzo	Uno	Uno	Uno/Due	Uno
Tessitura superficiale	Spazzolatura	Spazzolatura	Spazzolatura	Calcestruzzo lavato

Geometria dei giunti				
Giunti di contrazione	Giunti trasversali	Giunti trasversali	Giunti trasversali	-
Giunti sul raccordo	Giunti longitudinali armati realizzati nelle lastre di accesso e uscita		LSF in figura 23.	
Giunti di isolamento	Non armati tra la rotatoria e l'accesso, 2 a rotatoria, con soglia <sup>1)</sup>	Non armati tra la rotatoria e l'accesso; 2-4 ancorati nella rotatoria	Accesso, non armati	Tra accesso e strada adiacente
Lunghezza della lastra L	≤ 7,5 m	≤ 5-8 m	≤ 5,5 m	
Rapporto tra lunghezza (L) e larghezza (B) della piastra	B/L > 0,4, altrimenti armatura	L = 1,5-1,7 B	L = 1,5 B	
Lunghezza L / spessore della piastra D	L ≤ 25 D	L = 25-27 D; se più grande: armatura (fibre di acciaio)	L ≤ 25 D	
Lunghezza minima dello spigolo lastra in ingresso e uscita [m]			> 0,3 m	

Riferimenti legislativi				
Rotatoria in calcestruzzo	-	SN 640 461b: lastra di calcestruzzo, concezione, realizzazione, 2008	Bollettino «Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken» (rotatorie con superficie stradale in calcestruzzo) ÖVBB 2006 e RVS 08.17.03	-
Rotatoria	Bollettino per l'applicazione di Kreisverkehren 06; linee guida per l'impianto arterie urbane RAST 06	SN 640 024a: 2006 efficienza, qualità del traffico, carico - intersezioni con rotatoria	RVS 03.05.14 Intersezioni a livello - impianti con rotatorie	Vademecum Rotonde
Posa in opera del calcestruzzo	(ZTV Beton-StB 01), ZTV Beton-StB 07, TL Beton-StB 07	SN 640 461a Strati di calcestruzzo (1994, in revisione); SN 640 461b lastra di calcestruzzo, 2008	RVS 08.17.02 2007	SB250 (Fiandre) RW99 (Vallonia)
Calcestruzzo	(ZTV Beton-StB 01), ZTV Beton-StB 07, TL Beton-StB 07	SN EN 206-1:2000 Calcestruzzo - Parte 1: Definizione, caratteristiche, produzione e conformità	ÖNORM B 4710-1; Calcestruzzo - Parte 1: Definizione, produzione, impiego e test di conformità	SB250 (Fiandre) RW99 (Vallonia)
Calcolo	RStO 01	SN 640 324a 1997-10 Dimensionamento	RVS 03.08.63 Dettagli strutturali, dimensionamento della pavimentazione	Metodi di dimensionamento convenzionali (Fiandre)
Giunti	(ZTV Fug-StB 01), ZTV Beton-StB 07, TL Beton-StB 07	SN 640 462:2005-12 Lastra di calcestruzzo - Filler e materiali per la sigillatura dei giunti	RVS Bollettino 08.17.04	SB250 (Fiandre) RW99 (Vallonia)

- 1) Specifiche di progetto definite per la prima rotatoria in calcestruzzo realizzata a Bad Sobernheim (Germania)
- 2) Specifiche per il progetto M BEB 2008 (Germania)

# 7

## Riferimenti Bibliografici

1. “Chambéry: le BCMC au service de giratoires très sollicités - Routes, n.85 settembre 2003
2. “Rond-point: la solution BAC» - Routes, n.78 dicembre 2001
3. “Les giratoires en béton arme continu: Conception - mise en œuvre» - R. Dulmont, C. Ployaert
4. “Carrefours giratoires: Des solutions durables en béton de ciment» - CIMbéton T56
5. “Concrete Roundabout Pavements: A Guide to their Design and Construction” - Roads and Traffic Authority 2004
6. “Le intersezioni stradali e le nuove norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni” - T. Esposito, R. Mauro, M. Corradini 2007
7. “Concrete Roundabouts: The Michigan Experience” 2007
8. “Concrete Roundabouts” TRB National Roundabouts Conference 2005
9. “Concrete Roundabouts - Rigid Pavement Well-Suited for Increasingly Popular Intersection Type” - R&T UPDATE 2005
10. “Roundabouts: an Informational Guide” - U.S. Department of Transportation 2000
11. “Carrefours giratoires en béton: la solution pour la gestion des conflits, la fluidité du trafic et la sécurité des usagers” - Routes n. 107, 2009
12. “Eulmont: du béton goujonné pour un giratoire soumis à fort trafic” - Routes n. 107, 2009
13. “Diors (Indre) : un giratoire en béton à l’entrée d’une zone industrielle” - Routes n. 107, 2009
14. “Giratoire en béton du Phare (Chambéry) :concilier esthétisme et résistance” - Routes n. 107, 2009
15. “Du béton coloré dans la masse pour les îlots centraux et les séparateurs de voies de 5 giratoires de l’Oise” - Routes n. 107, 2009
16. “Gron (Yonne): un giratoire à toute épreuve” - Routes n. 82, 2002
17. “Saint-Pierre-la-Cour :giratoire et double piste en béton pour sécuriser la circulation dans une cimenterie” - Routes n. 112, 2010
18. “À Bissy, près de Chambéry : un giratoire en béton armé continu fibré” - Routes n. 112, 2010
19. “Italia e Svizzera: rotatorie a confronto” - G. Di Giampietro, Le strade 10/2001
20. Robinson, B. W. -“Roundabouts an informational guide”, U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration, 2000, su: [www.fhwa.dot.gov](http://www.fhwa.dot.gov)
21. Bovy, H. et al. - Guide Suisse des Giratoires, Cahier TEA n.10, 1997, Department de Genie Civil, EPFL, Losanna

# 7 Riferimenti Bibliografici

22. Gauvry, P. et al. Carrefours urbains - guide, 1999, ed. CERTU, Lione
23. Alessandro Ranzo, Antonio D'Andrea, Paola Di Mascio, Maria Vittoria Corazza "Caratteristiche funzionali e costruttive delle infrastrutture per la mobilità pedonale", Editrice Librerie Dedalo, ISBN 88- 86599 - 66 - 8, Settembre 2004.
24. J. Steigenberger "Roundabouts with concrete pavements: Austrian experiences"
25. R. Debroux, R. Dumont, C. Ployaert "Roundabouts in continuously reinforced concrete design - construction"
26. A. Jasieski "Les giratoires en béton arme continu. Conception- Mise en oeuvre", Dossier Ciment, FEBELCEM, 13 aout 1997.
27. Doorgaand gewapende betonverhardingen - Autosnelwegen en overige toepassingen (publicatie 160)  
Working group CROW, 110 pages - January 2001.
28. Ferry Smits, Hendrik Jan Vennix "Sustainable Futuristic Roundabout in the City of Eindhoven, the Netherlands"
29. .Ron A.M.J. Van der Aa, George Jurriaans, Huub W.A. Vissers "THE EKKERSRIJT SUSTAINABLE ROUNDABOUT CONSTRUCTION (A50)
30. Kreisverkehrsanlagen in Betonbauweise - eine länderübergreifende Übersicht (Aktuelles zum Thema Betonstrassen update 3/08 Betonsuisse)

## Appendice 1 : *Glossario* <sup>[10]</sup>

<b>Isola centrale</b>	<i>Area rialzata al centro della rotatoria intorno alla quale circola il traffico</i>
<b>Isola divisionale</b>	<i>Area rialzata o identificata con segnaletica orizzontale sui bracci di entrata per dividere il traffico entrante da quello uscente.</i>
<b>Corona rotatoria</b>	<i>Percorso curvilineo usato dai veicoli per viaggiare in senso antiorario intorno all'isola centrale.</i>
<b>Cordolo sormontabile</b>	<i>Area sormontabile dell'isola centrale adiacente alla corona rotatoria richiesta nelle piccole rotatorie per accogliere le ruote dei veicoli di grandi dimensioni.</i>
<b>Linea orizzontale di precedenza</b>	<i>Segnaletica orizzontale, secondo codice della strada, di dare precedenza posta lungo la circonferenza inscritta, per i veicoli entranti in rotatoria.</i>
<b>Attraversamento pedonale</b>	<i>Previsto in tutto le rotatorie, deve essere posto dietro la linea orizzontale di precedenza. L'isola divisionale interessata all'attraversamento pedonale deve essere interrotta per essere completamente accessibile a pedoni, sedie a rotelle, biciclette.</i>
<b>Larghezza di avvicinamento</b>	<i>Larghezza della sezione stradale che porta il flusso di traffico entrante. Generalmente non è superiore a metà della larghezza totale della carreggiata.</i>
<b>Larghezza di allontanamento</b>	<i>Larghezza della sezione stradale che porta il flusso di traffico uscente. Generalmente non è superiore a metà della larghezza totale della carreggiata.</i>
<b>Larghezza di entrata</b>	<i>Larghezza misurata perpendicolarmente dal ciglio destro del braccio di entrata al punto di intersezione del ciglio sinistro e la circonferenza inscritta.</i>
<b>Larghezza di uscita</b>	<i>Larghezza misurata perpendicolarmente dal ciglio destro del braccio di uscita al punto di intersezione del ciglio sinistro e la circonferenza inscritta.</i>
<b>Raggio di entrata</b>	<i>Minimo raggio di curvatura del ciglio esterno all'entrata.</i>
<b>Raggio di uscita</b>	<i>Minimo raggio di curvatura del ciglio esterno all'uscita.</i>
<b>Diametro del cerchio inscritto</b>	<i>È misurato fra i cigli più esterni alla corona rotatoria.</i>

