دانشکده عمران

گروه راه و ترابری

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی هندسی قوس های معکوس در محیط سه بعدی راه

Geometrical design of horizontal reverse curves in 3D highway alignments

استاد راهنما: دکتر علی منصور خاکی

دانشجو: مهدی آذین

تابستان ۱۳۸٦

تشکر و قدردانی:

با سپاس فراوان از استاد محترم ، آقای دکتر منصور خاکی، که با راهنمایی و مساعدت های ارزنده خویش من را در تهیه و تدوین این رساله یاری نمودند.

با قدردانی از پدر ، مادر و خانواده عزیزم که همیشه مشوق و راهنمای من در تمامی مراحل زندگی بودند. همچنین با تشکر از همه اساتید محترم گروه راه و ترابری و حمل و نقل دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت ایران که با صبر و درایت، در تعلیم و تربیت دانشجویان می کوشند.

با امید به گسترش روزافزون علم و فن آوری در کشور عزیزمان ایران، این رساله را به گروه راه و ترابری دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت تقدیم می نمایم.

چکیده

طراحی هندسی راه به عنوان یکی از عوامل مهم در تأمین ایمنی و سرعت حمل و نقل جاده‌ای اهمیت زیادی در روند طراحی و ساخت جاده‌ها دارد. همواره با صرف هزینه‌های زیاد جهت نقشه‌برداری و تعیین عوارض طبیعی سعی می‌شود تا طرح نهایی راه با درنظرگرفتن کلیه عواملی که تأمین‌کننده ایمنی و راحتی در عبور وسایل نقلیه است، بدست آید. با این وجود همیشه احتمال وجود نقاط حادثه‌خیز در مسیر راه‌ها وجود دارد که یکی ازمهمترین آنها در محل قوسهای معکوس است. روشهای موسوم جهت طراحی هندسه مسیر، همه برپایه دو نمای دوبعدی معروف به پلان و پروفیل راه می‌باشند که بر اساس آیین‌نامه‌های معتبری چون آشتو و تک (AASHTO & TAC) تهیه شده است. در این رساله ساختار دوبعدی طراحی راه به طور خاص در طراحی قوسهای معکوس مورد تجدیدنظر قرار گرفته و محیط سه‌بعدی را برای شبیه‌سازی مسیر پیشنهاد می‌کند و این سؤال را جستجو می‌کند که آیا ضوابط و معیارهای حاضر در طراحی دوبعدی یک قوس معکوس تأمین‌کننده سرعت طرح و ایمنی مسیر می‌باشد و در صورت عدم جوابگویی به این نیازها چه راه‌حلی برای رفع این مشکل باید اندیشید.

از یک نرم‌افزار پیشرفته جهت مدل‌سازی سه‌بعدی مسیر طراحی شده با معیارهای مرسوم استفاده شد. در این مدل‌سازی قوس‌های معکوس افقی با انحناهای عمودی در حالت مقعر و محدب (sag and crest) به طور مجزا و همزمان ترکیب شد؛ برای کل طول مدلها، مسافت قابل رؤیت در محیط سه بعدی با استفاده ازیک برنامه کامپیوتری که توسط نویسنده

رساله نوشته شده است بدست آمد و نتایج حاصل از آن با نتایج حاصل از تحلیل دو بعدی مقایسه گردید. بعد از بررسی عواملی چون فاصله دید در روز و شب و نیز عوامل دینـامیکی مؤثر بر پایداری وسیله نقلیه نتایج حاصل نشان دادکه با توجه بـه ماهیـت سـه بعـدی مـسیر آنچه به عنوان محیط دوبعدی در طراحی مـسیر در نظـر گرفتـه شـده در بـسیاری ا زمـوارد واقع‌بینانه نبوده و نیازمند تجدیدنظر کلی در روش‌های مرسوم می‌باشیم. در پایان نیز استفاده ازبرنامه های کامپیوتری با قابلیت شبیه سازی و تحلیل سه بعدی جهت بررسی طرح هندسی راه توصیه می‌شود.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱: تعریف مسأله ۱

۱-۱- تعریف کلی مسأله ۲

۱-۲- نیاز به مطالعه در مورد مسأله ۳

۱-۳- اثرات مهم مطالعه بر مسأله از نظر بهبود آن ٦

۱-٤- اهداف و فرضیات ۸

۱-۵- دامنه اثر مسأله درجامعه علمی و اجتماعی ۱۱

۱-٦- محدودیتها و چهارچوب پروژه ۱۲

فصل ۲ : کاوش در متون ۱٤

۲-۱ مقدمه و طبقه‌بندی ۱۵

۲-۱-۱ متون و روشهای متداول ۱٦

۲-۱-۲ فرضیات دوبعدی متداول ۱۷

۲-۲ بررسی مقالات ۲۲

۲-۳ بررسی تزها و پروژه‌ها ۲٦

۲-٤ بررسی کتابها. ۲٦

۲-٥ بررسی کنفرانس‌ها ۲۷

۲-٦ سوالات مطرح شده و یافته‌ها تا زمان حاضر ۲۷

فصل ۳ : روش تحقیق ۲۹

۳-۱- روش بکارگرفته شده و دلایل آن ۳۰

۳-۲- دستورالعمل‌های جمع‌آوری اطلاعات در روش‌های بکاررفته ۳۱

۳-۳ تعاریف، اختصارات و نشانه‌های ریاضی ۳۲

۳-۳-۱ حرکت ذره بر مسیر منحنی‌الشکل ۳۲

۳-۳-۲ تابع تغییرات شتاب جانبی یا ژرک ۳۳

۳-۳-۳ حرکت و آثار ناشی از افزایش شتاب ۳٥

۳-۳-۳-۱ ارتعاش ۳٥

۳-۳-۳-۲ بی‌وزنی ۳٦

۳-۳-٤ شتاب ۳٦

۳-۳-٤-۱ شتاب خطی ۳۷

۳-۳-٤-۲ شتاب منفی و ضربه ۳۷

۳-۳-٥ آثار فیزیولوژیکی ناشی از شتاب ۳۷

۳-۳-٦ شتاب جانبی ۳۸

۳-۳-٦-۱ عوامل تشدید شتاب جانبی ۳۸
۳-۳-۷ شتاب قائم ۳۹
۳-۳-۷-۱ عوامل تشدید شتاب قائم ۳۹
۳-۳-۸ راحتی ۳۹
۳-۳-۸-۱ کیفیت سواری ٤۰
۳-۳-۸-۲ راحتی سواری ٤۱
۳-۳-۹ مسافت دید (SD) ٤۱
۳-۳-۹-۱ مسافت دید توقف (SSD) ٤۱
۳-۳-۹-۲ مسافت دید سبقت (PSD) ٤۳
۳-۳-۱۰ فاصله دید چراغ جلو ٤٤
۳-٤- برنامه کامپیوتری ٤٥
۳-٤-۱ معرفی (AutoCAD Land Development & Civil 3D) ٤٥
۳-٤-۲ معرفی ActiveX ٤۸
۳-٥- ارائه مباحث ضروری علمی ٤۹
۳-٥-۱ محاسبه مسافت دید در فضای دوبعدی ٤۹

فصل ٤ : جمع آوری اطلاعات ٥۲
٤-۱ مقدمه ٥۳

٤-٢ موضوعات موردنظر ٥٤

٤-٢-١ حرکت بر روی مسیر شیب‌دار ٥٤

٤-٢-٢- حرکت بر روی قوس قائم ٥٥

٤-٢-٣- نیروی گریز مرکز در هنگام حرکت بر روی قوس سهمی قائم ٥٨

٤-٢-٤ - حرکت بر روی قوس دایره‌ای همزمان با پیمایش قوس قائم سهمی ٦٠

٤-٢-٥- تغییرات بربلندی ٦٣

٤-٢-٦- طول قوس پیوندی ٦٣

٤-٢-٧- تحلیل دینامیکی وسیله نقلیه در هنگام عبور از قوس معکوس ٦٥

٤-٢-٨- بررسی فاصله دید در هنگام عبور از قوس افقی معکوس ٦٦

٤-٢-٨-١ برنامه کامپیوتری مدو (3D- ASD) ٦٦

٤-٢-٨-١-١ ورودی‌های برنامه مدو ٦٧

٤-٢-٨-١-٢ الگوریتم کلی و روند تحلیل در برنامه مدو (3D- ASD). ٧٣

٤-٢-٨-١-٣ خروجی برنامه ٧٥

٤-٢-٩- نمونه‌های مدل‌سازی شده ٧٦

٤-٢-٩-١ فرضیات اولیه ٩٠

٤-٣- نتایج تحلیل با برنامه مدو ٩١

٤-٤- مشکلات در جمع‌آوری اطلاعات ۹۲

فصل ۵: تحلیل اطلاعت و ارائه نتایج ۹۳

۵-۱- تحلیل اطلاعات. ۹٤

۵-۱-۱- نمونه ۱-٤ ۹٤

۵-۱-۲- نمونه ۱-٦ ۱۰۱

۵-۱-۳- نمونه های ۲-٤ و ۲-٦ ۱۰۷

۵-۱-٤- نمونه های ۳-٤ و ۳-٦ ۱۱۳

۵-۱-۵- اثر تغییرات بربلندی بر شعاع حداقل ۱۱۸

۵-۲ نتیجه گیری در مورد هر یک از سؤالات ۱۱۹

۵-۳- نتیجه گیری در مورد کل تحقیق ۱۲۱

۵-٤- کاربردهای عملی و تئوری ۱۲۲

۵-۵- پیشنهادهای تحقیقاتی برای آینده ۱۲۳

مراجع (references) ۱۲٤

پیوست ۱ : جداول خروجی برنامه مدو ۱۲۷

پیوست ۲ : متن کامل برنامه مدو ۱۹۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ٤-١: مقادیر شعاع حداقل قوس افقی در حالت ترکیب آن با قوس قائم ٦٢

جدول ٤-٢: ضریب اصطکاک طولی ٧٥

جدول پ-١: فاصله دید روز درنمونه ١-٤ با مقطع خاکبرداری ١٢٨

جدول پ-٢: فاصله دید شب در نمونه ١-٤ با مقطع خاکبرداری ١٣٢

جدول پ-٣: فاصله دید روز در نمونه ١-٦ با مقطع خاکبرداری ١٣٦

جدول پ-٤: فاصله دید شب در نمونه ١-٦ با مقطع خاکبرداری ١٤٠

جدول پ-٥: فاصله دید روز در نمونه ١-٤ با مقطع خاکریزی ١٤٤

جدول پ-٦: فاصله دید شب در نمونه ١-٤ با مقطع خاکریزی ١٤٨

جدول پ-٧: فاصله دید شب در نمونه ١-٤- مسطح با مقطع خاکریزی ١٥٢

جدول پ-٨: فاصله دید شب در نمونه ١-٦ با مقطع خاکریزی ١٥٦

جدول پ-٩: فاصله دید روز در نمونه ٢-٤-الف (خاکبرداری) ١٦٠

جدول پ-١٠: فاصله دید شب در نمونه ٢-٤-ب (خاکبرداری) ١٦٥

جدول پ-١١: فاصله دید روز در نمونه ٢-٦-الف (خاکبرداری) ١٧٠

جدول پ-١٢: فاصله دید روز در نمونه ٢-٦-ب (خاکبرداری) ١٧٥

جدول پ-١٣: فاصله دید روز در نمونه ٣-٤-الف (خاکبرداری) ١٧٩

جدول پ-١٤: فاصله دید شب در نمونه ٣-٤-ب (خاکبرداری) ١٨٤

جدول پ-١٥: فاصله دید روز در نمونه ٣-٦-الف (خاکبرداری) ١٨٩

جدول پ-١٦: فاصله دید شب در نمونه ٣-٦-ب (خاکبرداری) ١٩٣

فهرست اشکال و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: حوزه‌های اصلی در سازگاری طرح هندسی راه [۲] ۷

شکل ۲-۱: نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس[۱] ۱۷

شکل ۲-۲: مشخص کردن منطقه خطر برای PVSD [٦] ۲۳

شکل ۲-۳: توزیع نقاط بررسی شده دریک ترکیب سه بعدی . [۷] ۲٤

شکل ۲-٤: مقایسه میان سرعت بهره برداری مشاهده شده ۲٤

و سرعت پیش بینی شده مدلهای دو بعدی و سه بعدی در نقطه ۲ برای دو

منطقه متفاوت دارای قوس افقی و قوس قائم مقعر. [۷]

شکل ۲-۵: : مقایسه میان سرعت بهره برداری مشاهده شده ۲۵

و سرعت پیش بینی شده مدلهای دو بعدی و سه بعدی در نقطه ۲ برای چهار

منطقه متفاوت دارای قوس افقی و قوس قائم محدب. [۷]

شکل ۳-۱: مؤلفه های نیروی وارده بر یک وسیله نقلیه در قوس[۱۲] ۳۵

شکل ۳-۲: جهات قراردادی محورها و دوران آنها ٤۰

شکل ۳-۳: مسافت دید در قوس قائم محدب[۱۵] ٤۲

شکل ۳-٤: مسافت دید در قوس افقی ٤۳

شکل ۳-۵: مسافت دید قوس قائم سهمی در خطاالقعر (S<L). ٤٤

شکل ۳-٦: مسافت دید قوس قائم سهمی در خط‌القعر (S>L). ٤٤

شکل ۳-۷: پارامترهای مسافت دید در قوس افقی(S>L , S<L) ٥٠

شکل ٤-۱: حرکت بر روی مسیر شیبدار ٥٤

شکل ٤-۲: حرکت بر روی قوس قائم ٥٥

شکل ٤-۳: منحنی قائم سهمی ٥٦

شکل ٤-٤: تغییرات شیب در قوس قائم سهمی ٥۷

شکل ٤-٥: میزان تغییرات شعاع حداقل برای قوس افقی در برابر تغییرات شیب عرضی ٦۳

شکل ٤-٦: زوایای شعاع نور برای خودرو طرح [٥] ۷۲

شکل ٤-۷ الگوریتم برنامه مدو **۷٤**

شکل ٤-۸: جزئیات نمونه ۱-٤ ۷۸

شکل ٤-۹: جزئیات نمونه ۱-٦ ۷۹

شکل ٤-۱۰: جزئیات نمونه ۲-٤-الف ۸۰

شکل ٤-۱۱: جزئیات نمونه ۲-٤-ب ۸۱

شکل ٤-۱۲: جزئیات نمونه ۲-٦-الف ۸۲

شکل ٤-۱۳: جزئیات نمونه ۲-٦-ب ۸۳

شکل ٤-۱٤: جزئیات نمونه۳-٤-الف ۸٤

شکل ٤-١٥: جزئیات نمونه ٣-٤-ب ٨٥

شکل ٤-١٦: جزئیات نمونه ٣-٦-الف ٨٦

شکل ٤-١٧: جزئیات نمونه ٣-٦-ب ٨٧

شکل ٤-١٨: تیپ مقطع عرضی خاکبرداری برای نمونه های دارای شعاع ٦٠٠ متر ٨٩

شکل ٤-١٩: تیپ مقطع عرضی خاکبرداری برای نمونه های دارای شعاع ٦٨٠ متر ٨٩

شکل ٤-٢٠: تیپ مقطع عرضی خاکریزی ٩٠

شکل ٥-١: فاصله دید در نمونه ١-٤ (دید در روز ، خاکبرداری). ٩٥

شکل ٥-٢: سرعت ایمن در نمونه ١-٤ (دید در روز ، خاکبرداری) ٩٦

شکل ٥-٣: فاصله دید در نمونه ١-٤ در شب (خاکبرداری) ٩٧

شکل ٥-٤: سرعت ایمن در نمونه ١-٤ (دید در شب ، خاکبرداری) ٩٧

شکل ٥-٥: فاصله دید در نمونه ١-٤ در روز (خاکریزی) ٩٩

شکل ٥-٦: فاصله دید در نمونه ١-٤ در شب (خاکریزی) ٩٩

شکل ٥-٧: فاصله دید در نمونه ١-٤-مسطح در شب (خاکریزی) ١٠٠

شکل ٥-٨: سرعت ایمن در نمونه ١-٤ (دید در شب ، خاکریزی) ١٠١

شکل ٥-٩: فاصله دید در نمونه ١-٦ در شب (خاکریزی) ١٠٢

شکل ۵-۱۰: سرعت ایمن در نمونه ۱-٦ (دید در شب ، خاکریزی) ۱۰۳

شکل ۵-۱۱: فاصله دید در نمونه ۱-٦ در روز (خاکبرداری) ۱۰٤

شکل ۵-۱۲: سرعت ایمن در نمونه ۱-٦ (دید در روز ، خاکبرداری) ۱۰٤

شکل ۵-۱۳: فاصله دید در نمونه ۱-٦ در شب (خاکبرداری) ۱۰٦

شکل ۵-۱٤: سرعت ایمن در نمونه ۱-٦ (دید در شب ، خاکبرداری) ۱۰٦

شکل ۵-۱۵: فاصله دید در نمونه ۲-٤-الف در روز (خاکبرداری) ۱۰۸

شکل ۵-۱٦: فاصله دید در نمونه ۲-٦-الف در روز (خاکبرداری) ۱۰۸

شکل ۵-۱۷: سرعت ایمن در نمونه ۲-٤-الف (دید در روز ، خاکبرداری) ۱۰۹

شکل ۵-۱۸: سرعت ایمن در نمونه ۲-٦-الف (دید در روز ، خاکبرداری) ۱۰۹

شکل ۵-۱۹: فاصله دید در نمونه ۲-٤-ب در شب (خاکبرداری) ۱۱۱

شکل ۵-۲۰: فاصله دید در نمونه ۲-٦-ب در شب (خاکبرداری) ۱۱۱

شکل ۵-۲۱: سرعت ایمن در نمونه ۲-٤-ب (دید در شب ، خاکبرداری) ۱۱۲

شکل ۵-۲۲: سرعت ایمن در نمونه ۲-٦-ب (دید در شب ، خاکبرداری) ۱۱۲

شکل ۵-۲۳: فاصله دید در نمونه ۳-٤-الف در روز (خاکبرداری) ۱۱٤

شکل ۵-۲٤: فاصله دید در نمونه ۳-٤-ب در شب (خاکبرداری) ۱۱٤

شکل ۵-۲۵: فاصله دید در نمونه ۳-٦-ب در شب (خاکبرداری) ۱۱۵

شکل ۵-۲٦: فاصله دید در نمونه ۳-٦-الف در روز (خاکبرداری) ۱۱۵

شکل ۵-۲۷: سرعت ایمن در نمونه ۳-٤-الف (دید در روز ، خاکبرداری) ۱۱٦
شکل ۵-۲۸: سرعت ایمن در نمونه ۳-٤-ب (دید در شب ، خاکبرداری) ۱۱٦
شکل ۵-۲۹: سرعت ایمن در نمونه ۳-٦-الف (دید در روز ، خاکبرداری) ۱۱۷
شکل ۵-۳۰: سرعت ایمن در نمونه ۳-٦-ب (دید در شب ، خاکبرداری) ۱۱۷
شکل ۵-۳۱: اثر تغییرات بربلندی بر اندازه شعاع حداقل قوس افقی ۱۱۹

فصل ۱

تعریف مسأله

۱-۱- تعریف کلی مسئله

روشهای موجود در تحلیل و طراحی هندسی راه هم‌اکنون به صورت دوبعدی (2D) بوده و راه در دو نمای جداگانه مورد طراحی قرار می‌گیرد. در محلهایی که مسیر مورد طراحی دارای قوسهای افقی و یا عمودی بصورت منفرد و بدون تلفیق با هم باشد این نوع نگرش دوبعدی (2D) می‌تواند تأمین‌کننده ملاحظات طراحی باشد اما در مواردی که قوسهای قائم و افقی در کل و یا قسمتی از طول خود با یکدیگر تلفیق می‌گردند این نوع نگرش نمی‌تواند مقادیر واقعی برای پارامترهایی از جمله فاصله دید و یا پایداری وسیله نقلیه را به صورت واقع‌بینانه‌ای تأمین نماید.

استانداردهای موجود چه در تأمین فاصله دید و چه در محاسبات وابسته به پایداری وسیله نقلیه، کاملاً براساس نمای دو بعدی جداگانه مرسوم بدست آمده است و این مسأله تا حد زیادی باعث شده است که نتایج حاصل از پیش‌فرضهای غلط در بسیاری موارد منجر به نتایج اشتباه گردد. مقادیر بدست آمده برای شعاع‌های افقی و یا طول قوس قائم برطبق استانداردهای دو بعدی (2D) می‌تواند کمتر از مقدار موردنیاز بوده و ایمنی عبور را کاهش دهد و یا می‌تواند عملاً بیش از مقادیر حقیقی باشد که در این صورت طراحی انجام شده اقتصادی نبوده و هزینه‌ها درجهت بهینه‌سازی استفاده نشده.

برای مثال با یک تصور هندسی ساده می‌توان درک نمودکه درمسیرهای مرکب با قوس عمودی محدب که برروی قوس افقی واقع شده است، چنانچه دارای مقطع خاکریزی شده باشد، طول لازم برای تأمین فاصله دید در انحنای عمودی کمتر از مقدار بدست آمده

در روشهای مرسوم است. همچنین همواره از حرکت وسیله نقلیه در جهات عمودی و تـأثیر آن بر میزان اصطکاک میان تایرها و روسازی صرفه‌نظر شده است که این خود عـاملی بـرای کاهش ایمنی در روشهای موجود می‌باشد.

آنچه در طراح سه بعدی (3D) راه مورد توجه قرار می‌گیرد. تعریف نقاط موجود در سطح راه در یک دستگاه سه بعـدی بـا متغیرهـای مـستقل x,y,z مـی‌باشـد کـه جـایگزین متغیرهای دوبعدی x, y و همچنین کیلومتراژ و ارتفاع (km,El)، که به ترتیـب در پـلان و پروفیل استفاده می‌شوند، می‌گردد.

استانداردهای دوبعدی برای طراحی قوسهای معکوس نیـز بـدون درنظرگـرفتن اثـر توامان قوسهای افقی و قائم می‌باشند. با توجه به حادثه‌خیزبودن این قوسها و پیچیدگی طرح هندسی آن، در این رساله تلاش می‌شود تا با جمع‌آوری یافته‌ها و شبیه سـازی وتحلیـل سـه بعدی نمونه های گوناگون که بر اساس استانداردهای کنونی (دو بعدی) طراحـی شـده انـد؛ روشی جدید برای طراحی هندسی قوسهای معکوس در توصیف سه بعـدی(3D) راه ارائـه شود.

۱-۲- نیاز به مطالعه در مورد مسأله

در ایران بیش از ۸۰ درصد حمل و نقل بین شهری در جاده‌ها صورت مـی‌پـذیرد.*((راهها چون شریانهای حیات‌بخش در رشد و پایداری اقتصادی جامعه عمل می‌کنند. نگـاهی کوتاه به کشورهای صنعتی و کشاورزی دنیا نشان می‌دهد با وجود این کـه هـم‌اکنـون دارای*

شبکه‌های ارتباطی پیچیده و تار عنکبوتی هستند و این شبکه‌ها از استانداردهای بالائی هم برخوردار بوده و تمام مناطق کشور را زیرپوشش خود گرفته است، معذالک هنوز هم این کشورها سهم بزرگی از بودجه عمرانی سالانه خود را صرف احداث، تکمیل، توسعه و نگهداری راه‌ها می‌نمایند. در حالی که در کشور عزیز ما ایران، بسیاری از نقاط هنوز از داشتن راه معمولی محروم می‌باشند و به جرأت می‌توان گفت که چند دهه لازم خواهد بود که قسمت اعظم بودجه عمرانی صرف احداث راه های حیاتی و شبکه های ارتباط ضروری گردد.))[۱]

سالانه بیش از ۵۰۰۰۰۰ نفر در سراسر دنیا، جان خود را در حوادث رانندگی از دست می‌دهند (بیش از یک مرگ در هر دقیقه) و نیز ۱۰۰۰۰۰۰۰ نفر در این حوادث مجروح می‌شوند که علاوه بر ضایعات انسانی، هزینه هنگفتی را به جوامع بشری تحمیل می‌کند (Terlow 1990). تنها در سال ۱۹۹٤، در کانادا، ۲٤۸۲۳۵ نفر، مسبب ۱٦۹۵۰۲ حادثه تصادف اتومبیل بودند (Transportating 1995) [۲]. این مقدار در کشور ما بسیار بیشتر است. آمار وحشتناک ۳ مرگ در هر ساعت در ایران اهمیت ایمنی حمل و نقل جاده‌ای را بیش از هر مکان دیگری متذکر می‌شود.

در کانادا بیش از ۵۰ درصد حوادث مرگ‌بار در محل قوسهای موجود در جاده‌های بین شهری اتفاق می‌افتد (Lamm et al 1992). درصد زیادی از این حوادث صرفاً در محل قوسهای معکوس می‌باشد. به طور کلی قوسهای موجود در یک راه بین شهری مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر ایمنی آن می‌باشند [۲].