

## پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران  
ارائه دهنده برترین و بروزترین مطالب علم عمران  
دانلود کتابها و جزوات آموزشی مهندسی عمران  
دانلود پروژه و گزارشهای کارآموزی نمونه  
دانلود برنامه های کاربردی عمران

## فصل 4

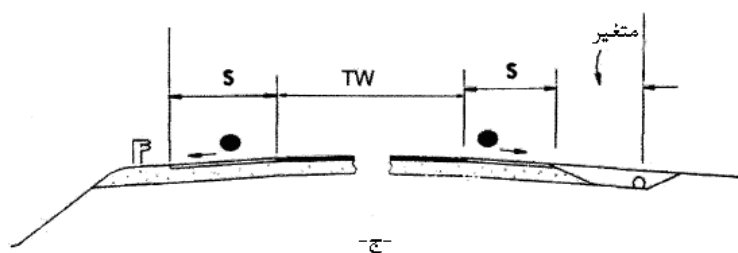
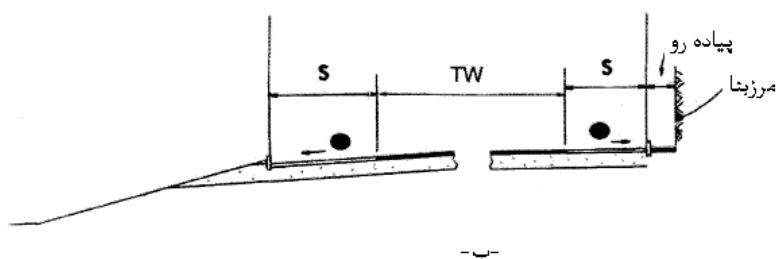
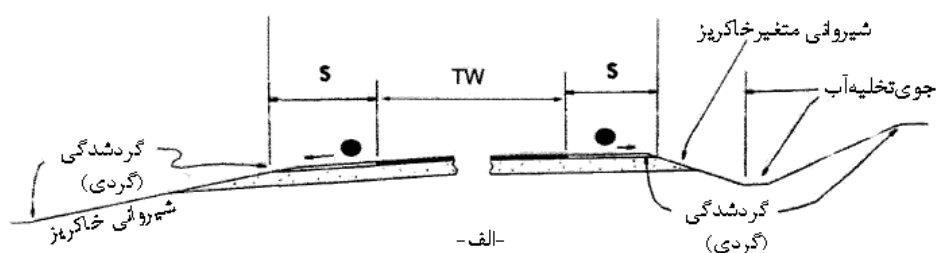
### اجزاء نیمرخ عرضی

#### کلیات

در این مجموعه، آشتو با یک بیان منطقی واژه‌های «پهنه راه»<sup>1</sup> و «سواره رو»<sup>2</sup> را به صورت زیر تعریف می‌کند:

**پهنه راه:** قسمتی از راه، شامل شانه‌ها است و برای استفاده خودروها، اختصاص یافته است. راه مجزا دارای دو پهنه راه و یا بیشتر است (به شکل‌های 1-4 و 2-4 مراجعه شود).

**سواره رو:** قسمتی از پهنه راه (غیر از شانه‌ها) است که مختص حرکت وسایل نقلیه است (به شکل‌های 1-4 و 2-4 مراجعه شود).



توجه :

TW = سواره رو

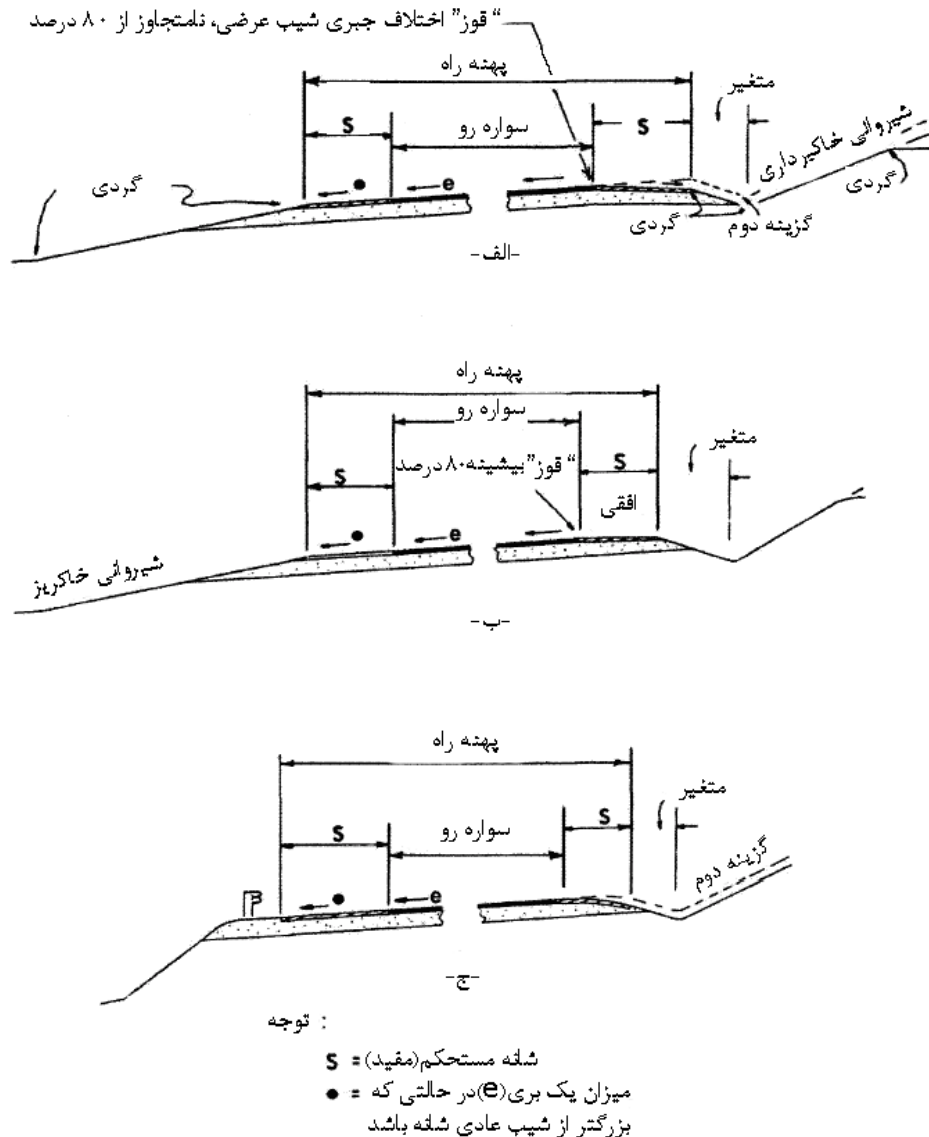
S = شانه مستحکم (مقید)

● = شیب ۲ تا ۶ درصد

شکل 1-4: نیمرخ عرضی نمونه، وضعیت عادی (بدون یک‌بری)

<sup>1</sup> roadway

<sup>2</sup> Traveled way



شکل 4-2: نیمرخ عرضی نمونه، دارای یک بری

## روسازی

### نوع رویه

انتخاب نوع روسازی بستگی به حجم و ترکیب ترافیک، مشخصات خاک، آب و هوا، کارایی روسازی در منطقه، مصالح در دسترس، حفظ انرژی، هزینه اولیه و هزینه نگهداری سالیانه و عمر خدمتدهی دارد. طراحی سازه‌ای روسازی موضوع این کتاب نیست، برای این منظور به راهنمای طراحی سازه‌های روسازی آشتو [1] مراجعه شود.

مشخصات مهم روسازی که با طرح هندسی مرتبط می‌شوند، عبارتند از: تأثیر بر روی رفتار راننده و قابلیت رویه برای حفظ شکل و ابعاد خود، تخلیه آب و حفظ مقاومت کافی در برابر لغزش. روسازی‌های با کیفیت بالا شکل خود را حفظ می‌کنند و اگر بر روی یک بستر مقاوم بنا گردند در لبه آنها خوردگی ایجاد نمی‌شود. همواری و طراحی شیب عرضی مناسب برای آنها باعث هدایت آسان خودرو توسط

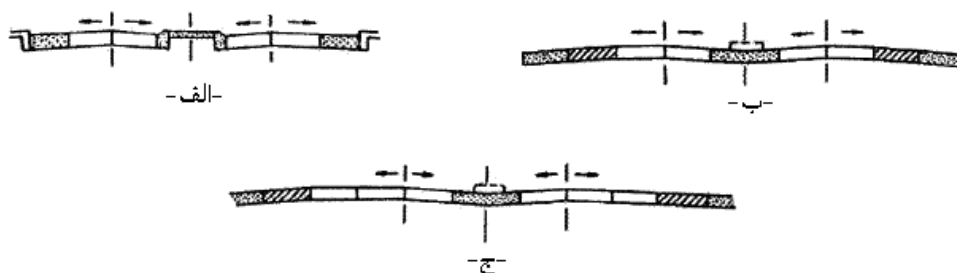
رانندگان و حرکت در مسیر مناسب می‌شود. در مقابل، در راه‌های با کیفیت پایین، رویه تمایل به خوردگی دارد، که این باعث کاهش عرض مؤثر می‌شود و نیازمند صرف نیروی بیشتری برای هدایت وسیله نقلیه در مسیر صحیح است. بنابراین از رویه‌های با کیفیت پایین در مواردی که حجم ترافیک کم است، استفاده می‌شود.

در حالی که انتخاب سرعت طرح، تابع بسیاری از عوامل غیر از نوع روسازی است، روسازی با کیفیت بالا نسبت به روسازی با کیفیت پایین شرایط بهتری برای سرعت جریان بالاتر، فراهم می‌کند. بنابراین نوع رویه انتخاب شده باید با سرعت طرح راه سازگار باشد.

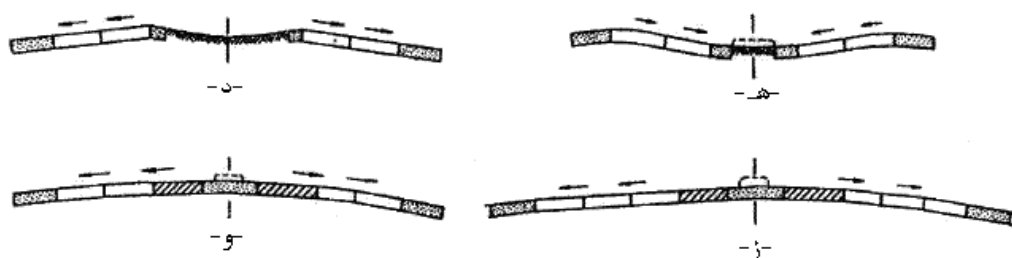
### شیب عرضی

در قسمت‌های مستقیم سواره‌روهای غیر مجزا، و یا در قوس‌های باز آن‌ها، یک نقطه بلند (تاج) در وسط یک شیب عرضی رو به پایین (سرازیر) به طرف دو لبه وجود دارد. شیب عرضی یکطرفه نیز، در سراسر پهنای سواره‌رو ممکن است به کار برده شود. شیب عرضی رو به پایین یا به صورت یک صفحه (مستوی) است یا گرد شده و یا ترکیبی از این دو است. در حالت صفحه‌ای یک شکستگی در تاج (نقطه بلند) و یک شیب یکنواخت در هر طرف وجود دارد. نیمرخ‌های خمیده معمولاً به شکل سهمی هستند با سطحی که اندکی در قسمت تاج، گرد شده و شیب عرضی به طرف لبه سواره‌روها افزایش می‌یابد. بدلیل متغیر بودن شیب عرضی، نیمرخ‌های سهمی شکل بوسیله ارتفاع تاج تعریف می‌شوند، (یعنی، افت قائم بین خط تاج تا لبه سواره‌رو). مزیت حالت خمیده در این است که در آن شیب عرضی به سمت کناره‌ها تندتر می‌شود، بنابراین تخلیه آب آسان می‌گردد. معایب نیمرخ خمیده، عبارت است از مشکل‌تر بودن اجرا، احتمال بیش از حد شدن شیب عرضی خطوط خارجی، همچنین تغییر شکل دادن محوطه سطح راه در تقاطع‌ها (که ممکن است از لحاظ اجرایی مشکل باشد یا صورت نامطلوبی پیدا کند).

در راه‌های مجزا هر یک از سواره‌روها ممکن است به صورت جداگانه دارای نیمرخ عرضی با شیب یک طرفه و یا دو طرفه باشند که تقریباً همیشه این شیب، سرازیری به طرف لبه خارجی است. نیمرخ‌ها که در آن هر سواره‌رو به صورت جداگانه شیب دو طرفه دارد (شکل 3-4-3-4 الف تا ج) از نظر تخلیه سیلاب، بهتر است. به علاوه اختلاف بین نقاط بالا و پایین نیمرخ، حداقل است. معایب این نوع نیمرخ این است که دریچه و معابر تخلیه بیشتری نیاز دارد و نحوه اجرای آن در تقاطع‌ها بخاطر تعداد زیاد نقاط بالا و پایین مشکل می‌شود. استفاده از این نوع نیمرخ باید به مناطقی که بارندگی زیاد دارند و برف و یخ بندان، عوامل مهمی هستند محدود شود. در چنین شرایطی، نیمرخ‌های بدون جدول و دارای میانه‌های عریض پست، مناسب هستند.



هر رویه دارای شیب دو طرفه



هر رویه دارای شیب یک طرفه

#### شکل 4-3: نیمرخ‌های معابر، در راه‌های مجزا (آرایش‌های اصولی شیب عرضی)

راه‌های دارای شیب عرضی یک طرفه، همانگونه که در شکل‌های 4-3 تا 4-3-ز نشان داده شده‌اند، برای رانندگانی که قصد تغییر خط را دارند شرایط بهتری را فراهم می‌آورند و تخلیه آب آن‌ها ممکن است به سمت میانه یا خارج راه باشد. تخلیه آب در خارج میانه، می‌تواند در احداث ابنیه تخلیه آب مؤثر باشد، تخلیه آب در خط داخلی تندر را کمینه کند و ساماندهی تقاطع‌ها را تسهیل نماید. تخلیه آب به سوی میانه‌ها، نسبت به حالت قبل مزیت دارد، چون بخش اعظم ترافیک خطوط خارجی، زودتر تخلیه می‌شود، این آب‌ها باید در مجرای زیر میانه جمع‌آوری شوند. در صورت وجود میانه‌های جدول‌دار، تخلیه آب در کنار یا روی خط پرسرعت متمرکز می‌شود. اگر میانه باریک باشد این تمرکز باعث پاشیده شدن آب بر روی شیشه خودروهای مقابل می‌شود.

میزان شیب عرضی عامل مهمی در طراحی نیمرخ عرضی است. یک‌بری در قوس‌ها بر اساس روابط انحنای - سرعت ارائه شده در فصل 3 تعیین می‌شود، اما شیب عرضی در قسمت‌های مستقیم یا قوس‌های با شعاع زیاد بخاطر وجود دو ضابطه متناقض وضعیت پیچیده‌ای یافته است. شیب جانبی تند، برای کاهش جمع شدگی آب در رویه‌های با شیب طولی ملایم، به علت نواقص رویه و نشست نابرابر مطلوب است. همچنین شیب عرضی تند در رویه‌های جدول‌دار، جریان آب را به یک عرض باریک در کنار جدول محدود می‌کند. از طرف دیگر شیب عرضی تند در قسمت‌های مستقیم راه بدلیل تمایل خودروها به رانده شدن به سمت لبه پست سواره‌رو نامطلوب است. این رانده شدن در مناطق برف‌گیر و یخ‌بندان موجب نگرانی است. از نظر هدایت خودرو شیب 2 درصد و کمتر از آن، محسوس نیست. با این حال شیب‌های عرضی بیش از 2 درصد، قابل توجه‌اند و هدایت وسیله نقلیه در آنها به کوشش هشیارانه‌ای نیاز دارد. بعلاوه شیب‌های عرضی تند موجب افزایش حساسیت در برابر سرخوردگی جانبی، به هنگام ترمز کردن خودرو در سطوح خیس یا یخ‌بسته یا توقف اضطراری در رویه‌های خشک می‌گردد.

شیوع بادهای تند ممکن است اثر شیب عرضی بر هدایت خودرو را به میزان قابل توجهی افزایش دهد. در مناطق کوهستانی یا تپه ماهوری با قطعات متناوب خاکریزی و خاکبرداری و یا در مناطقی که قطعات جنگلی و تنک، بصورت متناوب وجود دارد هرگونه باد عرضی قابل توجه، موجب اثرات متناوب روی خودروی در حال حرکت روی راه می‌شود و بر هدایت آن تأثیر می‌گذارد. در مناطقی که اینگونه شرایط محتمل است، پرهیز از شیب‌های عرضی تند، مطلوب است.

در راه‌های دو خطه درجه یک با شیب دو طرفه، شیب عرضی پذیرفته شده بین  $1/5$  تا  $2$  درصد است. در صورت وجود سه خط یا بیشتر در یک جهت، دو خط اولی نزدیک به تاج با حداقل شیب معمول اجرا می‌شوند و در هر جفت از خطوط بعدی یا بخشی از آن شیب افزایش می‌یابد. این افزایش ممکن است بین حدود  $0/5$  تا  $1$  درصد باشد. همانگونه که در شکل 4-3-ز نشان داده شده، در سمت چپ، سواره رو با شیب ممتد وجود دارد در حالی که در سمت راست شیب خط خارجی افزایش یافته است.

استفاده از شیب عرضی بیش از  $2$  درصد در راه‌های درجه یک با سرعت بالا و شیب دو طرفه مطلوب نیست. در هنگام سبقت راننده دو بار محور را قطع می‌کند و در معرض تغییر شیب بیش از  $4$  درصد قرار می‌گیرد. مسیر سبقت که به شکل منحنی معکوس است موجب قرار گرفتن خودرو سبقت گیرنده در معرض نیروی جانب مرکزی می‌گردد که وضعیت شیب عرضی، آن را تشدید می‌کند. وسایل نقلیه سنگین با مرکز ثقل بالا به هنگام عبور سریع از خط تاج به این سو و آن سو کشیده می‌شوند و کنترل آنها مشکل می‌گردد. شکل‌های 4-3-الف تا 4-3-ج نشان دهنده مواردی است که این حالت ممکن است اتفاق بیافتد.

در مناطق پر باران، ممکن است به شیب عرضی کمی تندتر مورد نیاز باشد تا تخلیه آب پهنه راه را آسان کند. در این موارد، شیب عرضی رویه‌های درجه یک را می‌توان به  $2/5$  درصد افزایش داد که در نتیجه با عبور از یک طرف خط تاج به طرف دیگر، اختلاف شیب  $5$  درصد حاصل می‌شود. چنانچه  $3$  خط یا بیشتر در هر جهت باشند حداکثر شیب عرضی باید به  $4$  درصد محدود شود. استفاده از این افزایش شیب، باید محدود به شرایط بحث شده در بالا باشد. برای بقیه حالات حداکثر شیب عرضی  $2$  درصد باید برای رویه‌های درجه یک به کار رود. هنگام استفاده از شیب‌های حداکثر در مناطق پر باران فراهم کردن آبرو و جدول‌ها باید مدنظر قرار گیرد.

مقادیر شیب عرضی ذکر شده، تا حد زیادی مربوط به رویه‌های درجه یک است برای رویه‌های درجه دو از شیب‌های عرضی بیشتری باید استفاده شود. جدول 4-4 حدود مقادیر قابل استفاده برای هر نوع رویه را نشان می‌دهد.

نوع رویه	حدود شیب عرضی (درصد)
درجه یک	1/5-2
درجه دو	2-6

شکل 4-4: شیب‌های عرضی عادی سواره‌رو

به علت طبیعت مصالح روسازی و ناهمواری‌های سطح راه، رویه‌های درجه دو مانند رویه‌های خاکی، شنی یا سنگ شکسته، حتی در قسمت‌های مستقیم، نیاز به شیب عرضی بیشتری دارند تا از نفوذ آب به داخل جسم روسازی جلوگیری شود. بنابراین می‌توان در این موارد از شیب عرضی بالای  $2$  درصد استفاده کرد. در صورت استفاده از جدول خارجی، مقادیر کمتر از آنچه در جدول 4-4 ذکر شده توصیه نمی‌شوند زیرا در این حالت احتمال ایجاد لایه‌ای از آب در قسمت قابل ملاحظه‌ای از سواره‌رو کنار جدول زیاد است. با هر

میزان بارش، عرضی از سواره‌رو که بوسیله آب پوشانده می‌شود با مقدار شیب عرضی، ناهمواری سطح جوی-ها، تعداد نقاط تخلیه و شیب طولی تغییر می‌کند. شیب عرضی بیش از 1 درصد مطلوب است و در برخی موارد، برای محدود کردن پخش سیلاب به نصف خط عبور خارجی، به شیب عرضی بیش از 1/5 درصد نیاز است. شیب عرضی 1/5 درصد برای رویه‌های جدول‌دار درجه یک، به عنوان حداقل قابل اجرا، پیشنهاد می‌شود. در جدول‌های همجوار با آبروهای با شیب تندتر می‌توان از شیب عرضی کمتر استفاده نمود. برای ایجاد نیمرخ عرضی بهتر، باید از شانه مستوی (دارای شیب یکسره) استفاده شود و در صورت امکان از نصب جدول خودداری شود.

### مقاومت در برابر لغزش (سر خوردن)

تصادف‌های ناشی از سر خوردن یکی از، آفت‌های مهم ایمنی راه است. نباید تمام تصادفات ناشی از سر خوردن را به اشتباه راننده و یا رانندگی با سرعت خیلی زیاد در شرایط موجود نسبت داد. سطح پهنه راه باید میزانی از مقاومت در برابر سر خوردن را تأمین کند که هدایت و ترمز گرفتن مورد انتظار در هر محل خاص، امکان‌پذیر گردد.

مطالعات نشان می‌دهند که وضعیت هندسی جاده بر غزش تأثیر می‌گذارد [2]. بنابراین مقاومت در برابر لغزش، باید در طراحی همه پروژه‌های نوسازی و موارد مهم بهسازی در نظر گرفته شود. مسیرهای افقی و قائم می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که احتمال لغزش، کاهش یابد. همچنین اصلاح مسیرهای افقی و قائم به عنوان بخشی از هر پروژه بهسازی، باید مد نظر قرار گیرد.

نوع و بافت رویه نیز بر مقاومت در مقابل لغزش راه تأثیر می‌گذارد. چهار عامل اصلی برای ضعف مقاومت در برابر لغزش روسازی‌های خیس عبارت است از: ایجاد شیار، صیقلی شدن، قیرزدگی و کثیف شدن روسازی. ایجاد شیار باعث جمع شدن آب زیر مسیر چرخ‌های وسایل نقلیه می‌شود، صیقلی شدن باعث کاهش ریزدانی سطحی (زبری) می‌گردد، قیرزدگی می‌تواند زبری را بپوشاند.

در هر دو مورد، حالت زبری سطح، که برای نفوذ پرده نازک آب مورد نیاز است کاهش می‌یابد. در صورت آلودگی سطح رویه در اثر روغن‌ریزی وسایل نقلیه، گرد و غبار، ویا مواد آلی، مقاومت در برابر لغزش آن، از بین می‌رود. معیارهای مورد استفاده برای اصلاح یا افزایش مقاومت در برابر لغزش باید منتج به خصوصیات زیر گردد:

دوام مقاومت در برابر لغزش اولیه بالا، قابلیت حفظ مقاومت در برابر لغزش در اثر عبور ترافیک با گذشت زمان، حداقل کاهش مقاومت در برابر لغزش در اثر افزایش سرعت.

ایجاد دندانه به هنگام بتن‌ریزی باعث کاهش استعداد جمع شدگی آب در سطح رویه‌های بتنی با سیمان پرتلند می‌شود. استفاده از لایه رویه یا روکش‌های دارای سنگدانه درشت، معمولترین روش برای اصلاح بافت رویه‌های آسفالتی است. روکش‌های آسفالتی با دانه بندی باز بدلیل داشتن خصوصیات اصطکاکی و هیدرولیکی، بسیار مؤثرند. برای کسب اطلاعات بیشتر به رهنمودهای آشتو برای طراحی رویه‌های مقاوم در برابر لغزش مراجعه شود [3].

### عرض خطوط

عرض خط در یک راه تأثیر زیادی بر ایمنی و راحتی رانندگی دارد. عموماً از عرض‌های بین 2/7 تا 3/6 متر استفاده می‌شود که 3/6 متر، اغلب در راه‌های درجه یک به کار می‌رود. افزایش هزینه تأمین عرض 3/6

نسبت به 3 متر تا حدودی با کاهش هزینه نگهداری شانه و کاهش هزینه نگهداری سطح راه بدلیل کاهش تمرکز چرخ‌ها در لبه‌های روسازی جبران می‌شود. عرض‌های بیشتر از 3/6 متر فضای آزاد مطلوبی را بین خودروهای بزرگ تجاری که در جهت مقابل هم در راه‌های دوطرفه دو خطه برون شهری پر حجم و بویژه با درصد بالایی از این خودروها، حرکت می‌کنند، فراهم می‌کند.

عرض خط بر سطح خدمت‌دهی راه نیز تأثیر می‌گذارد. خطوط باریک باعث می‌شوند که رانندگان خودروهایشان را در فاصله‌ای کمتر از میزان مطلوبشان از کنار یکدیگر حرکت دهند. فاصله‌های آزاد محدود نیز به میزان زیادی، همین تأثیر را دارند. به لحاظ ظرفیت، عرض مؤثر خطوط با محدودیت فضای آزاد جانبی در اثر موانعی از قبیل دیوارهای حایل، خرپاهای پل، دیوارهای کناری و خودروهای پارک شده کاهش می‌یابد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد تأثیر عرض خطوط بر ظرفیت و سطح خدمت‌دهی به HCM [4] مراجعه شود. علاوه بر تأثیر روی ظرفیت، جریان عبور غیرعادی حاصل از محدودیت عرض بر راحتی رانندگان و میزان تصادفات تأثیر نامطلوب دارد.

وقتی از عرض‌های نامساوی برای خطوط استفاده می‌شود، قراردادن خطوط با عرض بیشتر در طرف خارج (راست) باعث می‌شود که برای وسایل نقلیه بزرگ که معمولاً آن خط را اشغال می‌کنند فضای بیشتری فراهم شود و فضای بیشتری برای دوچرخه‌ها نیز تأمین گردد و همچنین به رانندگان این اجازه را می‌دهد که با فاصله بیشتری از لبه سواره‌رو حرکت کنند. چنانچه جدول‌گذاری فقط در کنار یک لبه باشد، خط عریض‌تر باید در کنار جدول قرار داده شود. اساس طرح، عرض کل پهنه راه است در حالی که استقرار نوارهای عبور، عرض خط را تعیین می‌کند.

گرچه عرض خط 3/6 متر هم برای راه شهری و هم برای راه برون شهری مناسب است ولی در بعضی موارد باید از عرض‌های کمتر استفاده کرد. در مناطق شهری که پیاده‌گذا، حریم و یا بناهای موجود، محدودیت‌هایی ایجاد می‌کند عرض 3/3 متر قابل قبول است. خط به عرض 3 متر برای راه‌های با سرعت کم و خط به عرض 2/7 متر برای راه‌های خلوت در مناطق برون شهری و مناطق مسکونی مناسب است. برای کسب اطلاعات بیشتر به گزارش شماره 362 NCHRP، تحت عنوان عرض راه‌های با حجم ترافیک کم [5] مراجعه شود. در برخی راه‌های شهری چند خطه ممکن است عرض خط داخلی، کم‌تر انتخاب شود تا خط خارجی عریض‌تر، مورد استفاده دوچرخه‌ها قرار گیرد، در این صورت خط داخلی به عرض 3 تا 3/3 متر و خط خارجی به عرض بین 3/6 تا 3/9 متر به کار می‌رود.

خطوط کمکی در تقاطع‌ها و تبادل‌ها به آسانی حرکت ترافیک کمک می‌کند. عرض این خطوط اضافی باید برابر با عرض خط ترافیک عبوری باشد ولی این عرض نباید کمتر از 3 متر انتخاب شود. در جاییکه خطوط گردش به چپ دو طرفه ممتد فراهم شده باشند عرض خط بین 3 تا 4/8 متر مناسب است.

این امکان وجود دارد که طرح عرض‌های خط عبور و شانه راه‌ها و خیابان‌های محلی با حجم ترافیک کمتر از 400 وسیله نقلیه در روز، با استفاده از همان معیارهای معمول برای راه‌های پر حجم یا اعمال اصلاحات وسیع برای این راه‌های کم حجم و خلوت، از نظر اقتصادی اثر بخش نباشد. در حال حاضر، آشتو، در حال ارزیابی معیارهای طرح جداگانه، برای راه‌ها و خیابان‌های محلی و جمع‌کننده با حجم کمتر از 400 وسیله نقلیه در روز، براساس ارزیابی خطرپذیری ایمنی است.

## شانه ها

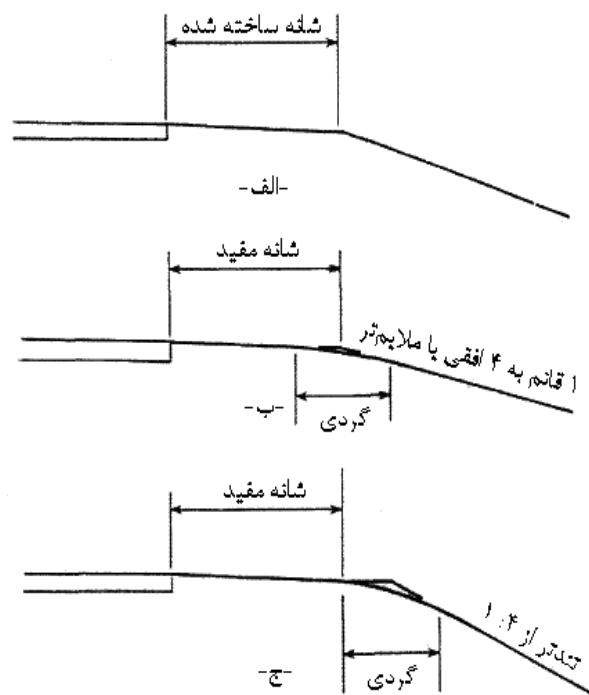


## مشخصات کلی

شانه بخشی از راه و در مجاورت سواره‌رو است که به منظور جاگیری خودروهای متوقف شده، استفاده‌های اضطراری، و بعنوان پشتیبان جانبی برای لایه‌های زیراساس، اساس و رویه، ایجاد می‌گردد. در برخی موارد دوچرخه سوارها می‌توانند از شانه استفاده کنند: عرض شانه‌ها از 0/6 متر در راه‌های کم اهمیت بدون رویه تا 3/6 متر برای راه‌های مهم که شانه‌ها ممکن است مستحکم یا رویه‌دار باشد تغییر کند.

واژه شانه با یک صفت اصلاحی متغیر بیان می‌شود تا عملکرد یا خصوصیات فیزیکی معین آن را بیان کند در اینجا دو صفت زیر ذکر شده است. معانی زیر، برای واژه‌هایی که در اینجا به کار می‌رود، مورد استفاده است:

- عرض شانه ساخته شده عبارت از فاصله بین لبه سواره‌رو تا محل تقاطع سطح شیب‌دار شانه و سطح شیب دار شیروانی خاکریز مطابق شکل 4-5-الف است.
- عرض مفید شانه، عرض واقعی شانه است که راننده در مواقع اضطراری و توقف کردن می‌تواند از آن استفاده کند. زمانی که شیب شیروانی به نسبت 4 افقی به 1 قائم یا ملایم‌تر باشد عرض مفید شانه برابر عرض ساخته شده آن است، زیرا در این صورت گرد شدگی به طول 1/2 تا 1/8 متر در محل شکستگی شانه، باعث کاهش قابل ملاحظه عرض مفید نمی‌شود. شکل‌های 4-5-ب و 4-5-ج، عرض مفید شانه را نشان می‌دهد.



شکل 4-5: شانه‌های ساخته شده و مفید

برای شانه‌ها ممکن است به صورت کامل یا محدود، از رویه استفاده می‌شود تا در همه شرایط جوی تحمل بار بیش از مصالح بومی را داشته باشد. مصالح مورد استفاده برای رویه شانه‌ها عبارتند از: شن، سنگ

شکسته، لایه نازک سنگ، افزودنی‌های شیمیایی یا معدنی، آسفالت سطحی و انواع مختلف رویه‌های بتنی و آسفالتی.

شانه‌ها در راه‌های برون شهری فرعی با حجم ترافیک کم اساساً به عنوان پشتیبان جانبی سازه‌ای برای رویه و به عنوان عرض اضافی برای سواره‌رو به کار می‌روند. این وضعیت به رانندگان اجازه می‌دهد تا در هنگام رو به رو شدن و یا سبقت گرفتن، با استفاده از شانه در لبه راه بدون خارج شدن از سواره رو حرکت کنند. راه‌های با سواره‌روی کم‌عرض، شانه‌های کم‌عرض و با حجم ترافیک قابل ملاحظه، سرویس ضعیفی را ارائه می‌کنند، همچنین میزان تصادفات نسبتاً بیشتری دارند و نیازمند نگهداری بیشتر و پرهزینه‌تری هستند. برای راه‌های برون شهری با ترافیک قابل ملاحظه، آزاد راه‌ها و برخی از بزرگراه‌های شهری شانه‌های با طراحی خوب و نگهداری مناسب مورد نیاز می‌باشند. مزایای این شانه‌ها عبارتند از:

- تأمین فضای خارج از سواره‌رو برای توقف خودروها برای رفع مشکلات مکانیکی، پنچرگیری و یا سایر کارهای اضطراری،
- تأمین فضای لازم برای رانندگان برای توقف اتفاقی بمنظور مشورت درباره نقشه‌های راه یا به دلایل دیگر،
- تأمین فضای لازم برای انجام مانورهای ناگهانی برای جلوگیری از بروز تصادفات و یا کاهش شدت آن‌ها،
- احساس باز بودن فضای راه که بوسیله شانه‌های با عرض کافی به رانندگان دست می‌دهد باعث افزایش راحتی و کاهش فشار روحی آن‌ها می‌شود،
- فاصله دید در خاکبرداری‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه ایمنی، بهبود پیدا می‌کند.
- برخی از انواع شانه باعث افزایش زیبایی می‌شوند،
- ظرفیت راه بدلیل تشویق حرکت با سرعت یکنواخت، بهبود می‌یابد،
- تأمین فضای لازم برای انجام عملیات نگهداری از قبیل برف روبی و انبار کردن برف،
- تأمین فضای آزاد جانبی برای علائم و نرده‌های ایمنی،
- آب باران در مناطقی دورتر از سواره‌رو می‌تواند تخلیه شود و در نتیجه میزان نفوذ آب در کنار سواره‌رو می‌تواند به حداقل برسد. این امر ممکن است موجب کاهش خرابی روسازی شود،
- از نظر سازه‌ای، روسازی تقویت می‌شود.
- تأمین فضای لازم برای استفاده عابران پیاده و دوچرخه‌سوارها، برای ایستگاه‌های اتوبوس، تجاوزهای اتفاقی خودروها، برای خودروهای مرسولات پستی، و برای انحراف ترافیک در هنگام ساخت و ساز.

برای کسب اطلاعات بیشتر درباره سایر فواید شانه به گزارش NCHRP 254 تحت عنوان «رهنمودهای مربوط به وضعیت هندسی و استفاده از شانه» [6] مراجعه شود.

بطور کلی راه‌های شهری در طول خطوط خارجی خود جدول دارند. در صورتی که خط خارجی به عبور ترافیک اختصاص یافته باشد یک وسیله نقلیه متوقف در این خط در طول ساعت اوج، جریان ترافیک را در تمام خطوط به هم می‌ریزد و آشفته می‌کند. چنانچه اجازه پارک کردن در کنار خیابان وجود داشته باشد، خط توقف، برخی از مزایایی را که در بالا برای شانه‌ها ذکر شد، تأمین می‌کند. خطوط توقف، در همین فصل در بخش «توقف در کنار خیابان» شرح داده شده‌اند.

## عرض شانه‌ها

مطلوب آن است که وسیله نقلیه متوقف شده در شانه حداقل 0/3 متر و ترجیحاً 0/6 متر از لبه سواره‌رو فاصله داشته باشد. در نتیجه عرض متعارف شانه‌ها در راه‌های درجه یک برابر 3 متر می‌شود. در مناطق ذوعارضه و راه‌های با حجم ترافیک کم، شانه‌های با این عرض ممکن است عملی نباشد. در راه‌های درجه 2 باید حداقل عرض شانه 0/6 متر و ترجیحاً 1/8 تا 2/4 متر در نظر گرفته شود.

- راه‌های پر ترافیک با سرعت طرح بالا و راه‌هایی که تعداد خودروهای سنگین عبوری در آن‌ها زیاد است حداقل عرض شانه مفید باید 3 متر و ترجیحاً 3/6 متر در نظر گرفته شود. هر چند که شانه‌های با عرض بیش از 3/0 متر ممکن است بطور غیرمجاز به عنوان خط سواره‌رو توسط رانندگان مورد استفاده قرار گیرند. چنانچه عبور عابر پیاده و دوچرخه سوار از شانه در نظر گرفته شود، حداقل عرض مفید شانه (یعنی عاری از نوارهای لرزآور) باید 1/2 متر در نظر گرفته شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد عرض شانه با در نظر گرفتن دوچرخه سوار به «راهنمای احداث دوچرخه‌روها، آشتو» [7] مراجعه شود. در مورد عرض شانه‌ها برای درجات مختلف راه در فصل 5 تا فصل 8 بحث شده است.

چنانچه در کنار راه اجزاء قائمی مثل دیوارها، حفاظ‌ها، و غیره وجود داشته باشد، مطلوب آن است که عرض شانه ساخته شده به اندازه‌ای باشد که اجزاء قائم، حداقل 0/6 متر از لبه خارجی شانه مفید، فاصله داشته باشند. بمنظور تأمین فضایی برای پایه نرده‌های ایمنی و یا تغییر شکل و خمیدگی ناشی از ضربه حفاظ به کار رفته، ممکن است وجود شانه عریض‌تر از حالتی که اجزاء قائم وجود ندارند، مناسب باشد. در راه‌های با حجم ترافیک کم حفاظ‌های کنار جاده ممکن است در لبه خارجی شانه نصب شوند، با این حال حداقل 1/2 متر فضای آزاد از لبه سواره‌رو تا حفاظ باید تأمین گردد.

هر چند مطلوب آن است که شانه‌ای با عرض کافی وجود داشته باشد تا خودرویی که روی آن قرار می‌گیرد، کاملاً خارج از سواره رو باشد، وجود شانه باریک بهتر از نبود آن است. به عنوان مثال وقتی خودرو در حال توقف اضطراری می‌تواند به نحوی از شانه باریک استفاده کند که فقط 0/3 تا 1/2 متر از سواره‌رو را اشغال نماید، خودروهای دیگر می‌توانند از عرض باقیمانده حرکت کنند. در مواردی مانند مناطق کوهستانی و یا پل‌های طویل (بیش از 60 متر) ممکن است بدلیل هزینه‌های سنگین غیر موجه از شانه‌های باریک استفاده شود.

صرفنظر از عرض، شانه باید پیوسته و ممتد باشد. استفاده کامل از شانه‌ها فقط زمانی میسر می‌شود که راننده در هر نقطه از طول سواره‌رو از وجود معبری قابل استفاده اطمینان داشته باشد. یک شانه ممتد احساس امنیت را چنان فراهم می‌کند که اغلب رانندگان در مواقع توقف ضروری از سواره‌رو خارج می‌شوند، ولی با شانه‌های ناپیوسته بعضی رانندگان لازم می‌بینند که روی سواره‌رو توقف کنند که در نتیجه وضعیت نامطلوبی پدید می‌آید. با یک شانه ممتد، فضایی ایجاد می‌شود که دوچرخه سواران بدون ایجاد مزاحمت برای حرکت وسایل نقلیه تندرو به راه خود ادامه دهند. گرچه شانه‌های پیوسته برتری دارند، وجود شانه‌های ناپیوسته و شانه‌های باریک، بهتر از نبودن آن است. در مورد شانه‌های ناپیوسته، بعداً در بخش "پهلوییها" بحث خواهد شد.

در محل سازه‌ها عرض شانه‌ها باید مشابه عرض شانه‌های مفید راه در نزدیکی سازه باشد. همانطور که قبلاً بحث شد باریک شدن یا حذف شانه، بویژه بر روی سازه‌ها، ممکن است مشکلات جدی برای ایمنی و جریان عبور ایجاد کند. در سازه‌های طویل گران قیمت معمولاً مطالعات بیشتری برای ابعاد عملی تجویز می‌-

شود. در چنین مواردی ممکن است عرض شانه کاهش داده شود. مبحثی درباره این شرایط در فصول 7 و 10 آورده شده است.

### نیمرخ‌های عرضی شانه

شانه‌ها باید همسطح با سواره‌رو و در کنار لبه آن قرار گیرند. این، عامل مهمی در سیستم‌های تخلیه جانبی آب‌هاست. در راه‌های مجزا با میانه‌های پست شیب عرضی شانه‌ها باید به گونه‌ای باشد که آب را از سطح سواره‌رو دور کند. در جاده‌های با میانه‌های باریک بلند ممکن است شیب شانه‌ها هم جهت با شیب سواره‌رو باشد. در مناطق پر برف شیب شانه‌های طرف میانه باید به سمت خارج از سواره‌رو باشد تا مانع جریان آب ناشی از برف‌های ذوب شده به سمت سواره‌رو و یخ بستن مجدد آن گردد. شیب عرضی شانه‌ها باید به حد کافی باشد تا آب سطحی را به سرعت تخلیه کند. ولی نباید آنقدر زیاد باشد که برای استفاده خودروها، محدودیت ایجاد نماید. نوع ساخت شانه در شیب عرضی تأثیر می‌گذارد، بنابراین این دو باید با هم طرح شوند. در شانه‌های دارای رویه بتنی و آسفالتی شیب عرضی بای بین 2 تا 6 درصد، با رویه شنی یا سنگ شکسته بین 4 تا 6 درصد و با رویه چمنی بین 6 تا 8 درصد باشد. در صورت وجود جدول در قسمت خارجی شانه‌ها، شیب عرضی باید همراه با سیستم تخلیه آب به صورت مناسبی طرح شود که مانع از جمع شدگی آب در سواره‌رو گردد.

باید توجه داشت که رعایت شیب‌های مذکور، چنانچه با توجه به نیمرخ عرضی سواره‌رو صورت گیرد، مشکلات حرکتی کمتری را پدید می‌آورد. در قوس‌های با شعاع زیاد و شیب عرضی عادی و قسمت‌های مستقیم، در صورت استفاده از شانه‌های چمنی حداکثر اختلاف جبری شیب‌های عرضی شانه و سواره‌رو باید بین 6 تا 7 درصد باشد. اگر چه این مقدار حداکثر مطلوب نیست ولی به علت مزایای حاصله برای استقامت روسازی در اثر اجتناب از جمع شدن آب در لبه سواره‌رو، قابل اغماض است.

شیب عرضی شانه‌های خارجی سواره‌روهای دارای یک‌بری، باید به گونه‌ای طراحی گردد که از شکستگی عرضی بیش از حد جلوگیری شود. برای مثال استفاده از شیب عرضی شانه به مقدار 4 درصد در قسمتی که برای سواره‌رو، یک‌بری 8 درصد اعمال شده است اختلاف جبری 12 درصد را در فصل مشترک سواره‌رو و شانه ایجاد می‌کند. شکستگی‌های در این حد، مطلوب نیستند و نباید مجاز شمرده شوند (شکل 4-2-الف). بهتر است که تمام یا قسمتی از شانه به شکل یک‌بری مساوی یا کمتر از سواره‌رو شیب داده شود (خط چین در شکل 4-2-الف با عنوان گزینه) چنانچه بدلیل جریان سیلاب یا ذوب برف و یخ روی سواره‌رو، این کار میسر نباشد می‌توان نوعی وضعیت بینابینی در نظر گرفت که حداکثر اختلاف جبری شیب عرضی شانه و سواره‌رو، با هموار کردن شانه در خارج قوس، حدود 8 درصد باشد (شکل 4-2-ب).

یک روش برای جلوگیری از شکستگی خیلی زیاد در شیب عرضی، استفاده از شانه‌های با نیمرخ خمیده در خارج سواره‌رو دارای یک‌بری است (شکل 4-2-ج). در این حالت شانه به صورت قسمت محدبی در می‌آید که به جای شکستگی تند در نقطه جدا شدن از سواره‌رو، به صورت مماس از این نقطه ادامه پیدا می‌کند. در این حالت مقداری از آب سطحی شانه از سواره‌رو عبور خواهد کرد. با این حال، اشکال بوجود آمده در اثر خمیدگی بوسیله حرکت ملایم خودروهایی که به علت اضطرار یا بطور اختیاری به سمت شانه حرکت می‌کنند، جبران می‌شود. باید توجه داشت که ساخت این گونه مقاطع بسیار مشکل است. به عنوان روش جایگزین برای مقاطع محدب می‌توان از مقاطع مستوی با چندین شکستگی در شیب عرضی استفاده کرد. شیب‌های عرضی شانه در بخش خارجی نیمرخ دارای یک‌بری که از مقادیر بحث شده در فوق به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر

باشد از نظر پایداری شانه مضر نیست. آب باران از سطح سواره‌رو به سمت شانه نمی‌رود بنابراین احتمال آسیب شانه در اثر فرسایش کمتر است.

در برخی نواحی، شانه‌ها با جدول یا جوی در لبه خارجی آنها طراحی می‌شوند تا تخلیه آب را به محوطه شانه رویه‌دار محدود کنند. جریان آب پهنه راه از طریق این جدول‌ها به سمت مجاری خروجی هدایت می‌شود. قسمت خارجی شانه رویه دار مانند جوی طولی عمل می‌کند. در این حالت شیب عرضی شانه‌ها باید مانند شانه‌هایی باشد که جدول و جوی ندارند، به استثنای این که ممکن است شیب مقداری در قسمت خارجی شانه افزایش داده شود. این نوع شانه‌ها به دلیل اینکه جدول بخش خارجی شانه، برای راننده، در هدایت خودرو به بیرون سواره‌رو، مزاحمت ایجاد می‌کند و شانه به عنوان یک آبرو، آب باران را از سواره‌رو دور نگه می‌دارد، مفید می‌باشند. با انجام خط کشی کافی یا نصب قطعات جدا کننده باید شانه از سواره‌رو به خوبی تشخیص داده شود.

## پایداری شانه

برای تأمین عملکرد مؤثر، شانه‌ها باید به حد کافی پایدار و مستحکم باشند تا بارهای وسیله نقلیه را در کلیه شرایط جوی بدون شیار افتادگی تحمل کنند. شیار افتادگی، لغزنده شدن یا ایجاد چاله حتی برای دوره کمی از فصل می‌تواند از کاربرد شانه با هدف مورد نظر، جلوگیری کند.

همه انواع شانه‌ها باید همسطح سواره‌رو احداث و نگهداری شوند. برای تأمین شانه همسطح عملیات نگهداری منظم، مورد نیاز است. شانه‌های غیرمستحکم به مرور زمان در اثر تحکیم نشست کرده و سطح آنها پایین‌تر از سطح سواره‌رو قرار می‌گیرد. این پایین رفتگی، چنانچه راننده با سرعت قابل ملاحظه‌ای وارد شانه شود بر کنترل وی تأثیر معکوس می‌گذارد. به علاوه چنانچه راننده اطمینان از همسطح بودن شانه سواره‌رو نداشته باشد، نزدیک به لبه سواره‌رو حرکت نخواهد کرد.

فواید متعدد شانه‌های رویه‌دار و یا تثبیت شده، شامل موارد زیر است:

- 1- تأمین محلی برای پناه خودروها در مواقع اضطراری،
- 2- حذف شیار چرخ و پایین افتادگی در مجاورت لبه سواره‌رو،
- 3- تأمین شیب عرضی کافی برای تخلیه آب پهنه راه،
- 4- کاهش هزینه‌های نگهداری،
- 5- تأمین پشتیبان جانبی برای اساس و رویه راه.

در محل‌هایی که دارای خاک و شرایط جوی مناسب هستند، استفاده از شانه‌های چمنی برای راه‌های محلی و برخی از جمع‌کننده‌ها مناسب است. این نوع شانه‌ها ساختاری دارد که می‌تواند مانع تخلیه آب سواره‌رو شود مگر آنکه شیب عرضی کافی تأمین گردد. چنانچه این شانه‌ها خیس شوند سطحی لغزنده خواهند داشت مگر آن که چمن‌ها مرتباً اصلاح (چمن‌زنی) و بر روی خاک دانه‌ای کاشته شوند. شانه‌های چمنی، سواره‌رو را خوب مشخص می‌کنند و راننده را به استفاده از شانه، به عنوان خط عبور، فرا نمی‌خوانند. شانه‌های چمنی تثبیت شده به نگهداری، کمی نیاز دارند و چمن‌زنی برای آن‌ها کافی است.

تجربه نشان می‌دهد که رانندگان در راه‌های با شانه‌های تثبیت نشده، به خصوص در راه‌های با حجم ترافیک بالا؛ مانند بزرگراه‌های حومه شهر با احتیاط عمل می‌کنند. این تجربه باعث شده است تا شانه‌های تثبیت نشده با نوعی شانه تثبیت شده یا رویه‌دار جایگزین گردد.

در برخی مناطق، در راه‌های برون شهری کل عرض راه و شانه‌های آن رویه سازی می‌شود. با توجه به شرایط، عرض رویه راه‌های دو خطه از 8/4 تا 13/2 متر، تغییر می‌کند. این کار موجب حفظ شانه‌ها از فرسایش و همچنین جلوگیری از نفوذ رطوبت به بستر روسازی می‌گردد و در نتیجه مقاومت و دوام روسازی افزایش می‌یابد. همچنین بطور کلی از نوارهایی در لبه سواره‌رو برای مشخص کردن شانه استفاده می‌شود، اما در پاره‌ای موارد، لبه سواره رو مشخص نمی‌گردد. این طرح بدلیل تأمین شانه ممتد مطلوب است حتی اگر عرض جداگانه آن مشهود نباشد.

در راه‌های با حجم ترافیک بالا، تجربه نشان می‌دهد که گاهی اوقات ترافیک از شانه‌های با سطح مستوی به عنوان خط عبور استفاده می‌کند. در شیب‌های ملایم تا تند، خودروهای سنگین ممکن است خود را به سمت راست بکشانند و به شانه تجاوز کنند، در حالی که تجاوز به شانه نامطلوب است، این کار به معنی مجوزی برای حذف شانه رویه دار به علت عواملی همچون ترافیک پر حجم یا استفاده خودروهای سنگین از شانه، نیست.

### دوگانگی شانه (با سواره رو)

بهتر است که بافت و رنگ شانه متفاوت با رنگ و بافت سواره رو باشد. این حالت موجب می‌شود که سواره رو، همواره و بویژه در شب و در شرایط نامساعد آب و هوایی به خوبی مشخص باشد و استفاده از شانه بعنوان یک خط عبور اضافی، منع شود. شانه‌های آسفالتی و شانه‌های مرکب از سنگ شکسته، شن و چمن همگی دو گانگی بسیار خوبی با روسازی بتنی دارند ولی در رویه‌های آسفالتی، یافتن این دو گانگی مشکل‌تر است. انواع مختلف سنگدانه‌ها و کلوخه‌های چمنی، دوگانگی خوبی را ارائه می‌کنند. در برخی از ایالت‌ها سعی شده است که دو گانگی را از طریق رویه درزبند با دانه‌های سنگی روشن‌تر تأمین کنند متأسفانه این تباین رنگی ممکن است ظرف چند سال کاهش یابد. استفاده از خط کشی لبه سوار رو همانگونه که در MUTCD [8] توضیح داده شده نیاز به دوگانه ساختن شانه را کاهش می‌دهد. در صورتی که احتمال استفاده دوچرخه‌سواران از شانه راه وجود داشته باشد باید لبه سواره رو خط کشی شود. در برخی از ایالت‌ها از نوارهای لرزآور گود در شانه‌ها استفاده می‌شود تا برای رانندگانی که به سمت شانه منحرف می‌شوند هشدار صوتی ایجاد کند. این کار به خصوص در شب و شرایط بد جوی مؤثر است. در هر حال، چنانچه قرار است شانه‌ها مورد استفاده دوچرخه قرار گیرند، باید احتیاط‌های لازم به عمل آید.

### پهلوگیرها

تأمین شانه عریض ممتد، از نظر اقتصادی همیشه عملی نیست بویژه وقتی مسیر از ترانشه‌های عمیق سنگی و یا وضعیت‌های دیگری می‌گذرد که عرض راه را محدود می‌کند. در این موارد استفاده از قطعات متناوب شانه‌های عریض یا پهلوگیرها باید مد نظر قرار گیرد. چنین پهلوگیرهایی، فضای لازم برای توقف اضطراری را فراهم می‌کنند و همچنین به خودروهای کندروتر اجازه می‌دهند که از خط عبوری کنار بکشند تا امکان سبقت برای خودروهای پشت سر فراهم گردد.

در طرح مناسب پهلوگیرها باید به طول پهلوگیر، شامل لچکی‌های ورودی و خروجی، عرض پهلوگیر، و موقعیت پهلوگیر نسبت به قوس‌های افقی و عمودی در موارد محدودیت فاصله دید توجه شود. پهلوگیرها باید طوری قرار گیرند که راننده در هنگام رسیدن به آنها با دیدی واضح بتواند تمام پهلوگیر را ببیند تا از وجود

پهلوگیر برای استفاده آگاه شود. در جایی که احتمال عبور دوچرخه وجود دارد، پهلوگیرها باید رویه‌دار شوند تا با کنار کشیدن دوچرخه‌ها در کنار، اجازه عبور ترافیک تندروتر داده شود.

## فاصله آزاد افقی تا موانع

اصطلاح « فضای آزاد » به منطقه عاری از موانع و نسبتاً مسطح، در آن سوی لبه سواره‌رو اطلاق می‌شود، که برای بازیابی خودروهای سرگردان فراهم شده است. این فضا شامل هر نوع شانه یا خطوط کمکی است. « راهنمای طراحی کناره راه آشتو » [10] در مورد عرض‌های فضای آزاد، در ارتباط با سرعت، حجم، و شیب شیروانی خاکریز بحث می‌کند. از این راهنما برای تعیین عرض‌های فضای آزاد برای آزادراه‌ها، شریانی‌های برون‌شهری، جمع‌کننده‌های برون‌شهری با سرعت بالا، می‌توان به عنوان مرجع استفاده کرد. برای جمع‌کننده‌های برون‌شهری با سرعت کم و راه‌های محلی برون‌شهری حداقل عرض فضای آزاد 3/0 متر باید تأمین شود.

برای شریانی‌های شهری، جمع‌کننده‌ها و خیابان‌های محلی که از جدول استفاده می‌شود، بطور کلی فضای آزاد محدود است و باید حداقل فاصله عقب‌نشینی 0/5 متر از نمای جدول تأمین گردد و در صورت امکان از عقب‌نشینی‌های بیشتر استفاده شود. این عقب‌نشینی « ترافیکی » توقف خودروها در کنار جدول را بدون ایجاد مشکل برای جریان عبور، میسر می‌سازد.

در عین حال با توجه به اینکه اغلب جدول‌ها قابلیت باز گرداندن خودروها به مسیر اولیه را ندارند هر جا که امکان دارد باید یک حداقل فضای آزاد متناسب با حجم ترافیک غالب و سرعت‌های خودرو فراهم کرد

## جدول‌ها

### نکات کلی

نوع و موقعیت جدول‌ها بر رفتار رانندگان و در نتیجه بر ایمنی و مفید بودن راه تأثیر می‌گذارد. جدول‌ها یک یا همه اهداف زیر را تأمین می‌کنند؛ کنترل تخلیه آب‌ها، مشخص کردن لبه راه، کاهش حریم، زیبایی، مشخص کردن پیاده‌روها، کاهش عملیات نگهداری، و به عنوان کمکی برای منظم شدن آبادانی‌های کنار راه. برحسب تعریف، جدول، شامل بخش برجسته یا قائمی است.

بطوری که در فصل 2، بخش « سرعت طرح » ذکر شد، جدول به صورت وسیعی در راه‌های شهری کم‌سرعت، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در استفاده از جدول در راه‌های پرسرعت برون‌شهری، به لحاظ ایمنی، باید هوشیارانه عمل کرد. در صورت نیاز به جدول‌گذاری در راه‌های برون‌شهری با سرعت بالا به علت مسائل مربوط به تخلیه آب، نیاز به کنترل دسترسی، محدودیت حریم و یا سایر دلایل، باید همواره جدول‌ها در لبه خارجی شانه قرار داده شوند.

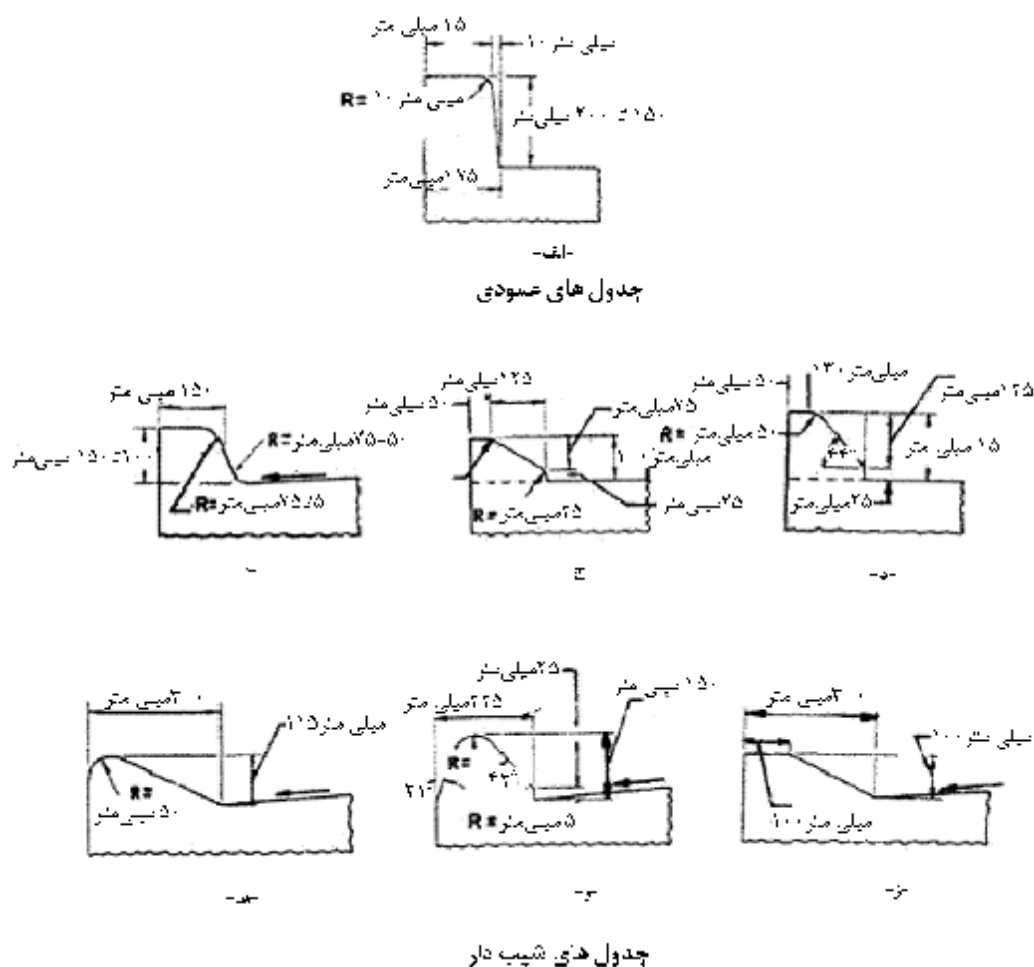
در حالی که بعضی نهادها از جدول‌های بتنی استفاده می‌کنند چنانچه به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد از جدول‌های گرانیتی نیز می‌توان استفاده کرد. در مناطقی که از مواد شیمیایی برای ذوب کردن برف و یخ استفاده می‌شود دوام گرانیت نسبت به بتن بیشتر است.

جدول‌های بتنی یا قیری متعارف، بویژه در هوای مه‌آلود یا شب هنگام با سطح راه خیس، از رویه‌های معمولی به سختی تشخیص داده می‌شوند. قابلیت دید جزایر جریان‌بندی شده با جدول و همچنین سواره‌رو با جدول ممتد کناری، با نصب علائم شب‌نما روی جدول، افزایش می‌یابد.

در روش دیگر افزایش قابلیت دید، استفاده از رنگ‌های شب‌نما و یا سایر رویه‌های شب‌نما مانند ترموپلاستیک، باعث نمایان شدن جدول می‌شوند. در عین حال برای افزایش کارایی، جدول‌های شب‌نما به صورت مرتب نیاز به تمیز کردن و تجدید رنگ دارند که معمولاً این کار هزینه نگهداری بالایی را در بر می‌گیرد. علامت‌گذاری جدول‌ها باید براساس MUTCD [8] انجام گیرد.

### شکل جدول‌ها

جدول‌ها به دو شکل قائم و شیب‌دار هستند شکل 4-6 شکل‌های مختلفی را که معمولاً مورد استفاده است نشان می‌دهد. جدول ممکن است به صورت واحد مجزا و یا جزئی از روسازی طراحی شود. طرح جدول‌های قائم و یا شیب‌دار می‌تواند شامل آبرو باشد تا ترکیبی از جدول و آبرو را تشکیل دهد.



شکل 4-6: جدول‌های نمونه راه

جدول‌های قائم ممکن است کاملاً قائم یا نزدیک به قائم باشند و بمنظور جلوگیری از خروج خودروها از راه به کار می‌روند. همانگونه که در شکل 4-6-الف نشان داده شده ارتفاع آنها بین 150 تا 200 میلی‌متر است. در آزاد راه‌ها و راه‌های با سرعت بالا نباید از جدول‌های قائم استفاده شود زیرا در صورت برخورد خودروهای خارج از کنترل به آن‌ها، احتمال چپ شدن یا پرت شدن وسیله نقلیه در اثر ضربه وجود دارد. چون جدول‌ها



برای جلوگیری از خروج خودروها از راه کافی نیستند، هر جا که تغییر جهت وسایل نقلیه به سمت راه، مورد نیاز باشد، باید از حفاظ ایمنی مناسب استفاده شود.

در کنار دیوارهای طویل یا تونل‌ها، به خصوص اگر شانه‌های کامل تأمین نشده باشند، وجود جدول‌ها قائم و پیاده‌روهای ایمنی مطلوب است. این جدول‌ها باعث می‌شوند تا رانندگان از حرکت در نزدیکی دیوار و به تبع آن پیاده‌روهای ایمنی خودداری کنند، در نتیجه ایمنی حرکت افرادی که از خودروهای خراب، پیاده شده‌اند تأمین می‌شود.

جدول‌های شیب‌دار به گونه‌ای طراحی می‌شوند که خودروها بتوانند در صورت نیاز به آسانی از آنها عبور کنند. همانگونه که در شکل‌های 4-6-ب تا 4-6-ز نشان داده شده است، جدول‌های شیب‌دار دارای ارتفاع کم و جبهه‌ای با شیب ملایم هستند. جدول‌های نشان داده شده در شکل‌های 4-6-ب و 4-6-ج و 4-6-د به گونه‌ای هستند که خودروها می‌توانند در شرایط اضطراری از آنها بالا بروند، البته این نوع جدول‌ها باعث خراشیده شدن زیر برخی از وسایل نقلیه می‌شوند. برای سهولت در عبور، جدول‌های شیب‌دار باید مانند شکل‌های 4-6-ه تا 4-6-ز، به خوبی گرد شوند.

جدول‌های پهن اعم از بتنی یا آسفالتی در بیشتر ایالات به کار می‌روند. این جدول‌ها معمولاً جبهه شیب‌دار دارند زیرا استحکام اولیه بهتری را تأمین می‌کنند، ساختن آنها آسان‌تر است و ارزان‌تر از انواع دارای جبهه تند هستند. نمونه طرح‌های جدول پهن در شکل‌های 4-6-ج، 4-6-ه و 4-6-ز نشان داده شده است.

وقتی شیب جدول تندتر از یک (قائم) به یک (افقی) باشد، چنانچه ارتفاع آن حداکثر 100 میلی‌متر و ترجیحاً کمتر باشد خودروها می‌توانند آسان‌تر از آنها بالا روند. در عین حال برای شیب بین 1:1 و 1:2 حداکثر ارتفاع جدول‌ها باید در حدود 150 میلی‌متر باشد. بعضی دستورالعمل‌ها یک بخش قائم در پایین‌ترین قسمت جبهه در نظر می‌گیرند تا مطابق شکل‌های 4-6-ج، 4-6-د و 4-6-و برای روکش آینده از آن استفاده شود. ارتفاع این بخش قائم نباید از حدود 50 میلی‌متر بیشتر شود و چنانچه ارتفاع کل جدول از 150 میلی‌متر بیشتر شود به جای آنکه جدول شیب‌دار تلقی گردد ممکن است به عنوان جدول قائم در نظر گرفته شود.

برای مشخص کردن جزایر جریان بندی در محوطه‌های تقاطع و یا لبه خارجی شانه‌ها، می‌توان از جدول‌ها شیب‌دار در لبه‌های میانه استفاده کرد. برای مثال هر یک از جدول‌ها شیب‌دار در شکل 4-6 ممکن است به عنوان جدول میانه استفاده شوند. در صورتیکه در جزایر جریان‌بندی از جدول استفاده شود باید مقداری عقب نشینی منظور کرد، میزان عقب‌نشینی جزایر جدول‌دار در فصل 9 بیان شده است.

جدول‌ها شانه‌ها در لبه خارجی شانه قرار داده می‌شوند تا کنترل تخلیه آب، مشخص‌تر کردن مسیر، کنترل دسترسی و کاهش فرسایش را اعمال نمایند. این جدول‌ها همراه با یک جوی ممکن است بخشی از سیستم طولی تخلیه آب باشند. چنانچه شانه‌های رویه‌دار عرض کافی برای پارک کردن خودرو نداشته باشد، جدول‌ها باید قابل عبور به نظر برسند تا خودروها به توقف بیرون از سواره‌رو ترغیب شوند. چنانچه احتمال استفاده دوچرخه سواران از راه وجود داشته باشد باید عرض کافی از جبهه جدول تأمین شود تا ضمن محافظت دوچرخه سواران از تصادف با خودروها، آنها مجبور به حرکت خیلی نزدیک به جدول نباشند. برای کسب اطلاعات بیشتر به «راهنمای احداث دوچرخه‌روها، آشتو» [7] مراجعه شود.

آبروها ممکن است در سمت سواره‌رو جدول‌های قائم یا شیب‌دار به عنوان سیستم اصلی تخلیه آب پهنه راه قرار گیرند. درپچه‌های ورود آب در جوی یا جدول و یا در هر دو قرار می‌گیرند. عرض جوی‌ها معمولاً بین 0/3 تا 1/8 متر است و شیب عرضی آنها بین 5 تا 8 درصد است تا ظرفیت هیدرولیکی مقطع جوی افزایش

یابد. بطور کلی شیب عرضی 5 تا 8 درصد حداکثر برای 0/6 تا 0/9 متر مجاور جدول به کار می‌رود. ظرفیت جریان جوی‌های کم عمق بدون جدول کم است بنابراین از لحاظ تخلیه آب، ارزش کمی دارند.

بطور کلی طراحی جوی برای تمامی رواناب عملی نیست و مقداری طغیان در روی سطح راه، محتمل است. میزان پخش آب روی سواره‌رو، باید بوسیله اندازه مناسب و فاصله صحیح دریاچه‌های ورود، در حد قابل اغماض نگه‌داشته شود. دریاچه‌های مشبک و گودشدگی‌های محل بریدگی جدول نباید در خطوط عبور قرار داده شوند زیرا بر عملکرد رانندگانی که از آنها فاصله می‌گیرند تأثیر منفی می‌گذارند. چنانچه دوچرخه سواران اجازه حرکت داشته باشند باید از دریاچه‌های مشبک ایمن برای دوچرخه استفاده شود. گود کردن جوی در محل بریدگی‌های جدول باید به بخش 0/6 تا 0/9 متری از جدول محدود شود تا تأثیر نامطلوب آن بر رانندگی به حداقل برسد.

جدول قائم یا شیب‌دار به عنوان یک جزء مقطع عرضی کاملاً خارج از سواره‌رو در نظر گرفته می‌شود. همچنین جوی با رنگ و بافت متمایز (دوگانه) نباید به عنوان قسمتی از سواره‌رو در نظر گرفته شود. چنانچه جوی، هم رنگ و هم بافت سواره‌رو باشد و شیب عرضی آن خیلی تندتر از سواره‌رو مجاور نباشد، ممکن است به عنوان بخشی از سواره‌رو در نظر گرفته شود. این کار در مناطق شهری که محدود بودن حریم مانع منظور نمودن جوی می‌شود، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. به هر حال جدول به هر شکلی که باشند بر فاصله جانبی رانندگان تأثیر می‌گذارند و رانندگان تمایل به فاصله گرفتن از آن‌ها دارند و در نتیجه عرض مؤثر خط عبوری کاهش می‌یابد. یک جوی با یک درز طولی قابل رؤیت و تا اندازه‌ای شیب عرضی تندتر از خط مجاور، نسبت به حالتی که جوی و سواره‌رو یکپارچه باشد، برای حرکت نزدیک به جوی، به صورت عامل بازدارنده‌تری عمل می‌کند.

### محل قرارگیری جدول

جدول‌های قائم یا شیب‌دار که در کنار لبه سواره قرار داده می‌شوند با توجه به شکل و ظاهرشان بر استقرار عرضی خودروهای متحرک تأثیر می‌گذارند. جدول‌هایی که جبهه‌ای با شیب ملایم دارند، رانندگان را تشویق به حرکت در فاصله نزدیک‌تر به خود می‌کنند. جدول‌هایی که جبهه‌ای با شیب تند دارند باعث می‌شوند تا رانندگان دور از آن‌ها حرکت کنند در نتیجه باید عرض اضافی برای پهنه راه در نظر گرفته شود. جدول‌های شیب‌داری که در لبه سواره‌رو نصب می‌شود، گرچه برای موارد اضطراری قابل عبور منظور شده ولی این خاصیت فقط در سرعت‌های کم، رضایت بخش است. در مناطق شهری با سرعت کم، جدول‌ها را می‌توان در لبه سواره‌رو قرار داد، اگر چه بهتر است در فاصله 0/3 تا 0/6 متری نصب شود.

آمار داده‌های مربوط به موقعیت عرضی وسایل نقلیه نسبت به جدول‌های بلند قائم نشان می‌دهد که رانندگان از جدول‌های قائمی که آنقدر بلند هستند که به سپر و یا کف خودرو آسیب می‌زنند، فاصله می‌گیرند [4]. این ارتباط به طور دقیق مشخص نیست ولی مسلم است که فاصله جانبی با ارتفاع و شیب جدول و محل استقرار سایر موانع در آن سوی جدول، تغییر می‌کند. فاصله جانبی در ابتدای جدول گذاری بیش از ادامه آن است. این فاصله ابتدایی، در صورتی که شروع جدول با پهن‌شدگی همراه باشد، کاهش خواهد یافت.

از جداول قائم نباید در آزاد راه‌ها و یا سایر شریانی‌های با سرعت بالا استفاده شود و در صورت نیاز به جدول باید از انواع شیب‌دار استفاده شود و نباید لبه خارجی شانه به سواره‌رو نزدیک‌تر باشد. به علاوه نقاط ابتدا و انتهای جدول گذاری باید به شکل شیب‌دار درآید. جداول قائم ناپیوسته در خیابان‌ها باید 0/6 متر از لبه

سواره‌رو فاصله داشته باشند. در جاهایی که جدول ممتد در طول میانه یا جزیره جریان‌بندی تقاطع یا تبادل به کار می‌رود، جدول‌ها باید حداقل 0/3 و ترجیحاً 0/6 متر از سواره‌رو فاصله داشته باشند. چنانچه از جدول، همراه با حفاظ‌های ترافیکی استفاده شود (همانند محل پل‌ها) به ارتفاع و نوع حفاظ باید دقت نمود. جدول نباید جلوتر از حفاظ قرار گیرد. جدول‌های مستقر در جلوی حفاظ می‌تواند موجب مسیرهای تصادف خیز غیر قابل پیش‌بینی گردد. در صورت استفاده از جدول به همراه حفاظ باید ارتفاع جدول به 100 میلی‌متر محدود شود یا جدول از نوع شیب‌دار باشد، که در بهترین حالت، هم بر حفاظ یا در پشت آن قرار گیرد. جدول نباید به همراه حفاظ بتنی میانه استفاده شود. استقرار نامناسب جدول ممکن است موجب شود که خودرو سرگردان از حفاظ بتنی بالا برود یا با آن برخورد کند و واژگون شود. برای بحث مفصل‌تر درباره کاربرد و استقرار جدول نسبت به نرده‌های ایمنی به «راهنمای طراحی کناره‌راه آشتو» [10] مراجعه شود.

## جوی‌های تخلیه آب و شیب شیروانی‌ها

### نکات کلی

طراحی سیستم تخلیه آب راه‌های جدید باید شامل ایمنی، ظاهر مناسب، کنترل آلاینده‌ها و نگهداری ارزان باشد. این منظور، با ایجاد شیب شیروانی ملایم، جوی‌های پهن تخلیه آب و ایجاد خمیدگی و گرد کردن جوی، حاصل خواهد شد.

یکی از بخش‌های مهم طراحی، هماهنگی و انسجام اجزاء راه است که از گسستگی‌ها در محیط اطراف راه جلوگیری می‌کند و ارتباطی بین همه اجزاء راه در نظر می‌گیرد. ارتباط بین جوی تخلیه آب و شیب شیروانی‌ها از نظر ایمنی مهم است زیرا طراحی خوب کناره‌راه باعث کاهش شدت تصادفات در اثر خروج خودروها از راه می‌شود.

### جوی‌های تخلیه آب

جوی‌های تخلیه آب در جمع‌آوری و انتقال آب‌های سطحی از حریم راه، نقش حیاتی دارند. بنابراین جوی‌های تخلیه آب باید دارای ظرفیت کافی برای سیلاب طرح باشند و عبور سیلاب‌های غیر عادی را با حداقل آسیب به راه امکان‌پذیر نمایند. وضعیت استقرار و شکل آنها باید به گونه‌ای باشد که انتقال آب‌های سطحی پهنه راه به شیروانی با ایمنی انجام گیرد. جوی‌ها باید در مقابل فرسایش، با ارزان‌ترین پوشش محافظ مقاوم در برابر سرعت جریان مورد انتظار، محافظت شوند. جوی‌ها باید تمیز و عاری از موادی باشند که باعث کاهش ظرفیت می‌گردد.

خرابی جوی باعث کاهش ظرفیت آن می‌شود و در نتیجه جریان از آن سرریز می‌کند و اغلب باعث فرسایش مناطق مجاور و رسوب مواد در آن می‌گردد.

وقتی احداث راه اثر نامطلوبی روی شرایط تخلیه آب پایین دست می‌گذارد، جوی‌های تخلیه آب باید وسیله‌ای مؤثر برای ذخیره جریان‌های داخل حریم راه باشند. جوی‌های تخلیه آب شامل قسمت‌های زیر هستند:

- 1- جوی‌های کناره راه در قسمت‌های خاکبرداری برای انتقال آب از مقطع عرضی راه،
- 2- جوی‌های پای شیروانی برای انتقال آب از هر قطعه خاکبرداری و از شیروانی‌های مجاور به نهرهای طبیعی،
- 3- جوی‌های جداکننده در پشت نقطه بالایی شیروانی‌های خاکبرداری برای جدا کردن آب سطحی،

4- مجاری ناودانی برای انتقال آب‌های جمع‌آوری شده از شیروانی تند خاکبرداری یا از شیروانی خاکریزی هدف اولیه برای ساخت جوی‌های کناره جاده، کنترل تخلیه آب سطحی است. اقتصادی‌ترین روش برای ساخت جوی کناره راه احداث جوی‌های روباز است که با کندن زمین طبیعی کناره راه حاصل می‌شود. از نظر کفایت هیدرولیکی، مطلوب‌ترین جوی شامل کناره‌های با شیب تند است. اگرچه محدودیت‌های پایداری شیب باعث می‌شود تا از شیب‌های ملایم‌تر استفاده شود، عوامل ساخت و نگهداری نیز محدودیت‌هایی بر میزان تندی شیب در سراسر راه تحمیل می‌کند. عامل جبران‌کننده هزینه‌های حریم راه نیز باید در انتخاب ترکیبی از شیب‌های مورد استفاده مد نظر قرار گیرد.

از نظر ایمنی، ترکیب شیب‌ها، به هنگام عبور خودروهای خارج شده از مسیر از آنها، نیز در طراحی کناره راه اهمیت زیادی دارد. بطور کلی شدت عبور عرضی خودروها از جوی‌های کناره راه با عرض کمتر از  $1/2$  تا  $1/4$  متر، برای اغلب ترکیب‌های شیب، بدون توجه به شکل جوی، مشابه است. ترکیب شیب‌های تشکیل دهنده این جوی‌های باریک را می‌توان به گونه‌ای انتخاب کرد که نیمرخ‌های عرضی ایجاد شده موجب عبور ایمن راننده بی‌احتیاط وسیله نقلیه از آنها شود.

استفاده از شیروانی‌های خاکریز تندتر از  $1:4$  (یک قائم به چهار افقی) محدوده شیروانی‌های خاکبرداری را به شدت کنترل می‌کند. شیروانی‌های خاکریز ملایم‌تر، آزادی عمل بیشتری را در انتخاب شیروانی خاکبرداری برای عبور ایمن فراهم می‌کند و همچنین فاصله بازبایی بیشتری را برای خودروهای خارج شده از مسیر، تأمین می‌کند. برای کسب اطلاعات بیشتر به «راهنمای طرح کناره راه آشتو» [10] مراجعه شود.

عمق جوی باید به اندازه کافی باشد تا آب سطحی را بدون اشباع شدن بستر روسازی جابجا کند. عمق آب، بویژه در شیب عرضی ملایم جوی، بستگی به مشخصات خاک دارد. در مناطقی با آب و هوای زمستانی خیلی سرد، بهتر است از شیب کناره‌های  $1V:5H$  و یا  $1V:6H$  استفاده شود تا میزان سطح برف‌گیر رویه (تجمع برف در اثر باد) کاهش یابد.

جوی تخلیه آب گرد شده با شیب ملایم و عرض زیاد باعث ایجاد احساس باز بودن میدان دید توسط راننده می‌شود که در نتیجه فشار روحی راننده نیز کاهش می‌یابد. با شیب کناره  $1V:4H$  جوی و شانه‌ای به عرض  $3/0$  متر تمامی جوی کنار راه برای راننده قابل دید است. این حالت، احساس محدودیت راننده را کاهش می‌دهد و تمایل راننده به استفاده از شانه به هنگام اضطرار را تا حد زیادی افزایش می‌بخشد.

حداقل شیب مطلوب جوی باید مبتنی بر سرعت‌های تخلیه آب مورد نیاز برای جلوگیری از رسوب کردن باشد. حداکثر شیب مطلوب در جوی‌های بدون پوشش باید به نحوی انتخاب شود که سرعت آب موجب کنده شدن علف‌ها و گیاهان نگردد. برای کسب اطلاعات بیشتر به «رهنمودهای تخلیه آب راه، آشتو» [11] مراجعه شود. شیب جوی نباید تابع شیب راه باشد، بویژه در جایی که راه دارای شیب ملایم است. استاندارد کردن طرح جوی‌های تخلیه آب کناره راه برای هر طولی از راه، هرچند مطلوب است اما ضرورت ندارد. نه تنها عمق، عرض جوی، شیب، نوع پوشش و فاصله بین نقاط تخلیه آب را می‌توان برای پذیرش مقادیر مختلف سیلاب تغییر داد، بلکه فاصله جانبی بین جوی و لبه سواره‌رو هم می‌تواند متغیر باشد. معمولاً در جایی که خاکبرداری ناچیز است و در جایی که خاکبرداری پایان می‌یابد و خاکریزی شروع می‌شود می‌توان به فاصله‌های جانبی مطلوب دست یافت. در عین حال باید مواظب بود از تغییرات بزرگ ناگهانی در قطعات راه جلوگیری شود زیرا چنان ناپیوستگی در محیط راه ایجاد می‌شود که با انتظارات راننده از راه، هماهنگی ندارد. همچنین باید دقت کرد که از شکستگی‌های بزرگ در شیب طولی جوی که باعث آب شستگی و ته‌نشینی لای می‌شود پرهیز گردد.

جوی‌های بالای شیروانی دارای نیمرخ عرضی کم عمق، ترجیحاً بوسیله یک ریسۀ خاکی متشکل از مصالح قرضه، برای جلوگیری از تخریب سطح زمین طبیعی، بوجود می‌آیند. این جوی‌ها باید دارای ظرفیت زیاد باشند و تا حد امکان از خطوط تراز تبعیت کنند مگر وقتی در بالای شیروانی در معرض لغزش قرار گیرند. در مناطق لغزشی، هر چه ممکن است باید سیلاب زودتر جمع‌آوری و تخلیه شود. قسمت‌هایی از جوی‌ها که خاک‌های بسیار نفوذپذیر را قطع می‌کنند ممکن است نیاز به پوششی از مصالح غیر قابل نفوذ داشته باشند.

جوی‌های تخلیه آب میانه بطور کلی محدوده‌های کم عمق و یا پستی هستند که در مرکز میانه یا نزدیک به آن قرار دارند و با شیروانی‌های ملایم راه‌های مجزا شکل می‌گیرند. محدوده‌های پست دارای شیب طولی برای تخلیه آب هستند و با هدایت به مجاری تخلیه سیلاب یا آبروها، آب‌ها از محل راه دور می‌شوند. گاهی از جدول‌های قابل عبور استفاده می‌شود تا کارایی دریاچه‌های ورود، افزایش یابد. برای مطالعه بیشتر به بخش تحت عنوان «میانه‌ها» در همین فصل مراجعه شود. درپوش‌های مشبک ایمنی در محل تخلیه آب‌های میانه و تخلیه‌های عرضی، در عین آنکه ایمنی خودروهای سرگردان را افزایش می‌دهد، چنانچه خوب طراحی نشود، ممکن است کارایی سازه تخلیه آب را کاهش دهد. کاهش ظرفیت دریاچه ورود، با جمع شدن خار و خاشاک در روی شبکه، تشدید می‌شود و گاهی موجب آب گرفتگی پهنه راه می‌گردد. اگر استفاده از شبکه‌ها، موجب کاهش چشمگیر ظرفیت هیدرولیکی یا ایجاد گرفتگی مجرا شود باید روش‌های دیگر تخلیه آب یا حفاظت از سازه را در نظر گرفت.

مجاری ناودانی برای حمل آب‌های جمع شده بوسیله جوی‌های جداکننده بر روی شیروانی خاکبرداری یا آب‌های جمع شده بوسیله جدول کنار شانه به کار می‌روند. این مجاری می‌توانند جوی‌های روباز و یا لوله باشند. سرعت‌های زیاد از ایجاد پیچ‌های تند در مجاری باز جلوگیری می‌کند و بطور کلی نیازمند وسیله‌ای برای کاهش انرژی جریان در خروجی مجرا هستند. مجاری سربسته یا لوله‌ها از نقطه نظر عوارض نشست و فرسایش ترجیح داده می‌شوند. به طور کلی در مناطق دارای خاک با قابلیت فرسایش زیاد اتصال‌ها باید آب‌بندی شوند تا از صدمه به راه جلوگیری شود. در مورد ترشح و چکه کردن که موجب فرسایش می‌شود باید احتیاط کرد.

برای جلوگیری از فرسایش جوی‌ها می‌توان از پوشش مقاوم در مقابل سرعت سیلاب استفاده کرد. نوع پوشش مورد استفاده به سرعت جریان، نوع خاک، شیب و هندسه جوی بستگی دارد. اقتصادی‌ترین پوشش، چمن است به جز در شیب‌های تند که سرعت جریان از سرعت مجاز مربوط به چمن، تجاوز می‌کند. سایر مواد مورد استفاده عبارتند از: بتن، آسفالت، سنگ و نایلون.

پوشش‌های نرم سرعتی بیشتر از پوشش‌های زیر مانند سنگ و چمن ایجاد می‌کنند. برای فرونشاندن انرژی جریان پرسرعت پیش از آنکه رها شود باید تمهیداتی به کار برد تا از آب شستگی در خروجی مجرا و آسیب به پوشش آن جلوگیری شود. اگر سرعت‌های فرسایش زیاد باشد، ممکن است طرح ویژه جوی یا مستهلک کننده انرژی آب مورد نیاز باشد.

» برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد طراحی و تمهیدات حفاظتی، شامل ضوابط تصفیه، به رهنمودهای تخلیه آب راه آشتو» [11]، کتاب‌های طرح تخلیه آب و کتاب‌ها و انتشارات «سرویس حفاظت خاک»<sup>1</sup>، انجمن مهندسين ارتش آمريكا و اداره احياء خاک<sup>2</sup> مراجعه شود. به علاوه مقالات اداره راه‌های فدرال

<sup>1</sup> - Soil Conservation Service

<sup>2</sup> - Bureau Of Reclamation

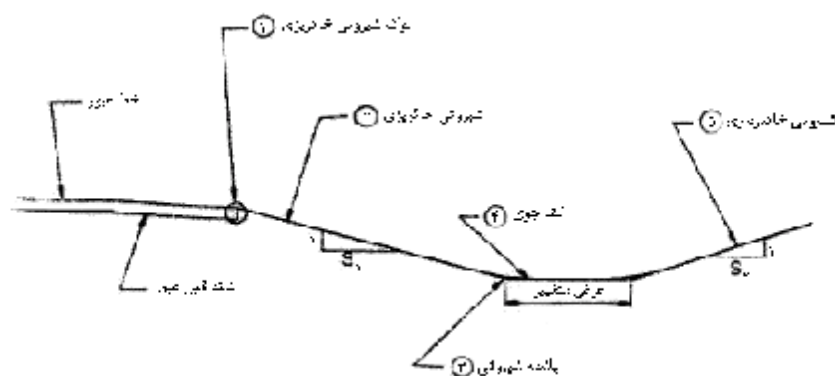
FHWA مانند طراحی جوی‌های پایدار با پوشش‌های انعطاف‌پذیر [12] منابع مناسبی هستند. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد تخلیه آب به فصل 3 مراجعه شود.

### شیب شیروانی‌ها

شیب شیروانی‌ها باید به گونه‌ای طراحی شود که پایداری پهنه راه را تضمین و برای بازیابی خودروهای خارج شده از مسیر فرصت منطقی فراهم کند.

سه قسمت از کناره به لحاظ ایمنی مهم هستند: لبه شیروانی خاکریزی، بدنه شیروانی خاکریزی و پاشنه شیروانی (نقطه تقاطع شیروانی خاکریزی با زمین یا شیروانی خاکبرداری که تشکیل جوی می‌دهد). این سه قسمت در شکل 4-7 نشان داده شده‌اند.

لبه شیروانی خاکریز در کاهش کنترل هدایت خودرو سهیم است زیرا در عبور از این نقطه خودروها آهنگ پرت شدن دارند. منطقه شیروانی خاکریزی در طراحی شیروانی‌های بلند با اهمیت است به طوریکه راننده قادر به بازیابی باشد و یا بتواند سرعت خود را قبل از برخورد به جوی، کم کند. پاشنه شیروانی اغلب در داخل فضای آزاد کناره راه قرار دارد و بنابراین احتمال رسیدن خودروی از مسیر خارج شده به جوی زیاد است. در این حالت باید یک اتصال تدریجی ایمن، بین شیروانی‌های خاکریزی و خاکبرداری، تأمین گردد.



شکل 4-7: طراحی نواحی کناره راه

تحقیقات درباره این سه قسمت از کناره راه نشان می‌دهد که گرد کردن نوک شیروانی خاکریزی، گرچه برای کاهش چپ شدن وسیله نقلیه ضروری نیست، ولی باعث افزایش ایمنی کلی کناره راه می‌گردد [13]. شیب‌های گرد شده احتمال پرت شدن خودرو سرگردان را کاهش می‌دهند و در نتیجه احتمال تجاوز کاهش می‌یابد و کنترل بیشتری در مورد وسیله نقلیه در اختیار راننده قرار می‌گیرد. شیب شیروانی‌های خاکریزی تندتر از  $1V:4H$  (یک قائم به چهار افقی) مطلوب نیست زیرا استفاده از آن‌ها به شدت انتخاب شیروانی خاکبرداری را محدود می‌کند. شیب‌های  $1V:3H$  و یا تندتر فقط در مواردی که شرایط محل، امکان استفاده از شیب‌های ملایم را میسر نمی‌سازد، پیشنهاد می‌شود. در صورت استفاده از شیب‌های  $1V:3H$  یا تندتر باید لزوم استفاده از حفاظ کنار راه مورد بررسی قرار گیرد.

عامل ایمنی مهم دیگر در راه‌های متقاطع، زاویه شکست بین شیروانی کنار راه و شیب عرضی است. مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که در طرح راه باید نسبت به استفاده از شیروانی‌های ملایم، در تقاطع‌ها،

بریدگی‌های میانه، حوالی انشعاب‌ها و خاکبرداری‌ها توجه بیشتری مبذول داشت. تأمین شیب ملایم‌تر بین لبه شانه و کف آبگذر، استقرار آبگذر در فاصله اندکی دورتر از راه و حتی پوشاندن قسمت‌های کوتاهی از تسهیلات تخلیه آب، باعث افزایش ایمنی کناره راه می‌شود و اغلب هزینه اضافی اندکی دارد.

شیب شیروانی خاکبرداری‌ها و خاکریزی‌ها، در خاک باید ملایم باشد و به خوبی گرد شود بطوری که با وضعیت پستی و بلندی، زمین و نوع کلی راه سازگار باشد. کنترل مؤثر فرسایش، نگهداری ارزان قیمت و تخلیه آب مطلوب بستر راه تا حد زیادی به شکل مناسب شیروانی‌ها بستگی دارند. مشخصات فنی خاک و شیب مورد نظر توأم برای تخمین پایداری شیب‌ها و امکان فرسایش مورد استفاده قرار می‌گیرند. اقتصاد کلی، نه تنها به هزینه اولیه ساخت بلکه به هزینه نگهداری نیز وابسته است. بعلاوه استفاده از شیب‌های طبیعی ملایم و گرد شده با ظاهر کلی مناسب برای حاشیه‌های راه در نزدیکی مناطق توسعه یافته و پرجمعیت مناسب هستند.

معمولاً شیروانی‌های خاکبرداری باید شیبی برابر  $1V:3H$  و یا کمتر داشته باشند تا تجهیزات نگهداری در آنها جای گیرند. در نواحی آباد ممکن است فضای کافی برای استفاده از شیب‌های مطلوب فراهم نباشد. شیروانی‌های خاکبرداری با شیب‌های تندتر از  $1V:3H$  باید با توجه به پایداری خاک و ایمنی ترافیک ارزیابی شوند. وقتی محدود بودن فضا منجر به استفاده از شیب‌های  $1V:2H$  یا تندتر گردد باید دیوارهای حائل در نظر گرفت. از طرف دیگر، خصوصیات خاک ممکن است استفاده از شیروانی‌های ملایم‌تر از  $1V:2H$  یا حتی  $1V:3H$  را ضروری نماید. اگر عرض کافی در دسترس نباشد، ممکن است دیوار حایل لازم گردد. نوع سازه حایل باید با منطقه عبور (شهری یا برون شهری) و سازه‌های تقاطع غیرهمسطح، سازگار باشد. برای حداقل کردن احساس محدودیت، دیوارها باید تا حد امکان از سواره‌رو دور باشند. چنانچه از دیوارهای حائل به همراه شیروانی خاکی استفاده می‌شود، دیوارها ممکن است هم سطح با راه و در مجاورت شانه یا در بخش خارجی عرض جدایی با روی راه پایین‌گذر قرار گیرند.

در آزاد راه‌ها و سایر شریانی‌های دارای کناره نسبتاً عریض، شیروانی‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که خودروهای خارج از کنترل، فرصت کافی برای بازایی داشته باشند. چنانچه کناره راه در نقطه خروج از راه نسبتاً مسطح، نرم و عاری از موانع ثابت باشد ممکن است بسیاری از تصادفات بالقوه از بین برود. در شیب  $1:6$  یا ملایم‌تر، خودرو سرگردان، به احتمال قوی، قابل بازایی و کنترل است بنابراین در صورت امکان باید از آن استفاده کرد. در ارتفاع‌های ملایم همراه با گردش‌دگی مطلوب، شیب‌های تندتر و در حدود  $1V:3H$  نیز قابل عبور هستند هرچند قابل بازایی نیستند. در خاکریزهای با ارتفاع متوسط، هزینه استفاده از شیب ملایم ممتد ممکن است خیلی زیاد باشد ولی امکان دارد که فضای بازایی منطقی هموار و گرد شده در مجاورت راه، عملاً فراهم شدنی باشد. در صورتی که شرایط خاص اجازه دهد فضای بازایی باید تا آن سوی لبه شانه ادامه یابد. متناسب با نیاز ترافیک، راه‌ها و خیابان‌هایی هم که حاشیه عریض دارند باید با کناره بدون مانع مشابه طراحی شود. هرچند به علت سرعت‌های معمولاً پایین‌تر و فضای آزاد کناری باریک‌تر در طول خیابان‌ها، فضای بدون مانع کناره راه، حداکثر بطور موضعی می‌تواند بکار رود. این مسئله در مورد تعریض و سایر بهسازی‌ها در حریم محدود نیز مصداق دارد.

ترکیب شیب‌ها در حالت مطلوب چنان انتخاب می‌شود که انتظار برود سرنشینان متعادل دچار ضایعه‌ای نشوند یا فقط آسیب‌های کوچکی ببینند و خودرو به هنگام عبور عرضی زیان مهمی متحمل نگردد. هرچند شرایط محلی، مانند محدودیت حریم یا توجیه اقتصادی چنین طرحی، ممکن است طراح را به استفاده از ترکیب شیب‌های تندتر از مطلوب وادار نماید. اگر محدودیت‌ها موجب عملی نشدن تأمین فاصله بازایی

مناسب در کنار راه گردد، باید نیاز به حفاظ کناری، مد نظر قرار گیرد. وقتی ارتفاع و شیب خاکریز راه، چنان است که شدت تصادفات احتمالی، بوسیله نصب حفاظ کناره راه، کاهش می‌یابد، نیمرخ عرضی باید با در نظر گرفتن گردش‌دگی کافی شیب و امکان نصب حفاظ طراحی شود.

شیروانی‌های ملایم و خوب گرد شده، چمن کاری و نگهداری بعدی آن را آسان می‌کند. روی شیروانی‌های 2 (افقی): 1 (قائم) در شرایط جوی مطلوب و روی شیروانی‌های 3 (افقی): 1 (قائم) در شرایط نیمه خشک می‌توان به آسانی چمن کاری کرد.

در شیروانی‌های 3 (افقی): 2 (قائم) و تندتر، چمن کاری حتی در مناطق پرباران، مشکل است. به علت سرعت زیادتر باران، آب لازم برای ماندگاری چمن، در خاک نفوذ نمی‌کند. وقتی شیروانی بیش از حد تند است، فقط گیاهان دارای ریشه عمیق که بستگی به آب سطحی ندارند، ممکن است مناسب باشند. شیروانی‌های 3 (افقی): 1 (قائم) و ملایم‌تر را می‌توان با استفاده از ماشین، چمن زنی کرد. گرچه شیروانی‌های تندتر، سطح چمن زنی را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند ولی روش‌های دستی وقت‌گیر مورد نیاز برای چمن زنی محوطه، هزینه نگهداری را اصولاً افزایش می‌دهد.

در برخی از انواع خاک‌ها، ملایم بودن معقول شیروانی‌ها برای تأمین پایداری ضروری است. خاک‌های عمدتاً رسی یا خاک سیلتی ریزدانه مستعد فرسایش هستند و برای آنها باید از شیب‌های 3 (افقی): 1 (قائم) یا ملایم‌تر استفاده شود. تقاطع‌های شیروانی‌ها در نیمرخ عرضی راه باید مکمل وضعیت زمین‌هایی باشد که راه از آن عبور می‌کند. بعضی زمین‌ها دارای شیروانی‌های خوب گرده شده و برخی دیگر دارای شیروانی‌های تیز گوشه هستند. طراح باید کوشش کند که دید طبیعی خوش منظری را پدید آورد. چون زمین‌های گرد شده در نتیجه فرسایش طبیعی حاصل شده‌اند، این شکل‌های گرد پدیدارند بنابراین استفاده از شکل‌های خوب گرد شده در طراحی نیمرخ عرضی راه، احتمالاً موجب پایداری آن خواهد شد.

برای دستیابی به منظر طبیعی در طول کناره راه، باید شیروانی‌ها به خوبی گرد شوند. شیب یکنواخت در قسمت خاکبرداری و خاکریزی اغلب به ظاهری خشک و ساختگی منجر می‌گردد. این منظره را می‌توان به شکل قابل انعطافی در آورد و با ملایم کردن انتهای شیروانی‌ها که در آنها خاکبرداری و خاکریزی دارای کم-ترین مقدار است و استفاده از تندتر کردن تدریجی شیروانی تا مقدار شیب کنترل حداکثر، در خاکبرداری و خاکریزی، آن منظره را طبیعی‌تر ساخت. این طرح را می‌توان به آسانی، با گرد کردن مطلوب نوک شیروانی خاکریزی در حد فاصل شانه و شیروانی به انجام رساند. در قسمت‌هایی که شامل برش و خاکریز کوتاه است، نتیجه این کار گرد کردن پیوسته است در حالی که برای قسمت‌های دارای طول قابل ملاحظه، اعمال این شیوه اثر قیف‌نمایی دارد. تدریجی کردن شیروانی‌ها، بویژه در انتهای برش‌ها وقتی که با افزایش عقب نشینی نهرهای تخلیه آب و افزایش پهنای شانه توأم می‌شود، مؤثر است.

ترکیب شیروانی‌های هموار و گرد کردن، در موارد بسیاری تحت عنوان نیمرخ عرضی بادگیر مورد اشاره قرار گرفته است. با استفاده از این شکل، بادهای عرضی، بدون آنکه حالت گردابی پیدا کنند و سبب فرسایش بوسیله باد و انباشته شدن برف گردند، در امتداد رویه حرکت می‌کنند. نیمرخ عرضی بادگیر معمولاً حداقل هزینه برف رویی را در بر دارد زیرا بادهای، به جای آنکه برف را، مانند نیمرخ‌های عرضی تیز و بدون گردش‌دگی انباشته کند، آن را از سطح سواره رو دور می‌کند. در مواردی که در طرح راه، برای اطمینان از تخلیه آب بستر، نیمرخ عرضی بادگیر روی خاکریز قرار می‌گیرد، حاصل کار، راهی است که حداقل هزینه نگهداری و بهره‌برداری را دارد و جریان عبور در آن ایمن است.



در پاره‌ای موارد رعایت جدی شیروانی‌های مشخص برای خاکبرداری یا خاکریزی، خط شکسته‌ای با شیب نامنظم را عاید می‌کند. از نظر زیبایی مطلوب‌تر آن است که شیب‌ها را تغییر دهند تا خطه شکسته منظمی حاصل گردد.

شیب‌های طراحی در سنگ، بسته به نوع مصالح، بسیار متغیر است. شیب 2 (افقی): 1 (قائم) معمولاً برای برش‌های سنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از روش‌های مدرن اجرا مانند پیش شکافتن، شیب‌هایی با تندی 1 (افقی): 6 (قائم) را در سنگ‌های با کیفیت خوب می‌توان به کار برد. برش‌های عمیق سنگی اغلب نیاز به ایجاد پله در شیروانی دارد. در سنگ‌های با کیفیت پایین برای افزایش زیبایی و پایداری می‌توان از پوشش گیاهی استفاده کرد. در بعضی مناطق، شیروانی‌های دنداندار به ایجاد پوشش گیاهی در سنگ‌های سست و شیب‌های کمکی می‌کند. دنداندار کردن را می‌توان در هر نوع مصالحی که شکاف بردار باشد یا جبهه قائم را در طول کافی برای ایجاد پوشش گیاهی نگه دارد، اجرا کرد [14]. برای این کار از شیب‌های خاکبرداری شیار داده شده در سنگ‌ها استفاده می‌شود [14].

مطلوب آن است که پاشنه شیروانی برش سنگی بعد از حداقل فاصله جانبی از لبه سواره رو که برای وسیله نقلیه سرگردان لازم است (اعم از آنکه مجدداً کنترل خود را به دست آورد و به پهنه راه برگردد یا آنکه به حالت توقف درآید) قرار گیرد. ایجاد پاشنه عریض در پایین شیروانی برش سنگی دارای مزایایی است که به سبب آن محل فرود برای قطعه سنگ‌های پایین افتاده و فضایی برای ذخیره برف‌ها در فصل سرد فراهم می‌گردد. این محل را می‌توان به عنوان جزئی از محوطه بازایی نیز آماده نمود.

رخمون‌های سنگی را اغلب به هنگام احداث راه‌های جدید، به لحاظ رعایت اهداف اقتصادی و زیبایی در محل حفظ می‌کنند. این کار، در فضای بازایی بدون مانع، در صورتی که حذف رخمون امکان‌پذیر باشد نباید انجام گیرد. چنانچه جابه‌جا کردن، امکان‌پذیر نباشد، باید اطراف رخمون را حفاظ کناره راه استفاده کرد. برای رهنمودهای بیشتر در مورد طراحی شیروانی‌ها به «راهنمای طرح کناره راه، آشتو» [10] مراجعه شود.

### شکل خارجی نیمرخ‌های عرضی

شکل‌های 1-4 و 2-4 نمونه وضعیت‌های مختلف اجزاء خارجی نیمرخ عرضی، شانه‌ها، جوی‌های کناری تخلیه آب، پیاده‌روها، جدول‌ها و شیروانی‌ها را به ترتیب برای مقاطع عادی دو طرفه و مقاطع یک بر نشان می‌دهد. تنها برخی از وضعیت‌های مطلوب نشان داده شده و سایر وضعیت‌های عملی، فقط مورد بحث قرار گرفته است.

### نیمرخ‌های عادی دو طرفه

شکل 1-4-الف نیمرخ را نشان می‌دهد که کاربرد وسیعی در راه‌های جدید دارد. ترکیب اجزاء ساده است و یک نیمرخ عرضی بادگیر<sup>1</sup> را تشکیل می‌دهد. عرض‌های شانه مفید هم در نیمرخ خاکبرداری و هم در نیمرخ خاکریزی منظور شده است.

<sup>1</sup> Stream lined

حدود شیب‌های کنترلی شانه بین 2 درصد برای سطح رویه دار یا نفوذناپذیر تا 8 درصد که حداکثر شیب قابل اجرا برای سطح چمنی است، قرار دارد.

در شکل 4-1-الف جوی تخلیه آب در سمت راست، از تقاطع شیروانی خاکریزی در سمت راه و شیروانی خاکبرداری در سمت خارجی، شکل گرفته است. ترکیب شیروانی‌های خاکریزی و خاکبرداری باید چنان طراحی شود که برای وسیله نقلیه سرگردان، قابل عبور باشد. جوی باید عرض لازم برای تأمین ظرفیت و عمق کافی برای تضمین پایداری بستر راه را داشته باشد. عمق جوی بین  $0/3$  تا  $1/2$  متر پایین‌تر از نقطه شکستگی شانه توصیه می‌شود.

در قسمت‌هایی که ممکن است خودرو سرگردان به کناره راه تجاوز کند گرد کردن تقاطع سطوح شیبدار، مطلوب است. در همه نقاط برخورد شیب‌ها گرد کردن برای افزایش زیبایی و راحت‌تر شدن نگهداری مؤثر است. عموماً عرض گردشگری بین  $1/2$  تا  $1/8$  متر حداقل مقدار مطلوب برای شانه است. گردشگری مورد نیاز بالای شیروانی خاکبرداری بستگی به چند عامل، از جمله نوع خاک، میزان شیب، ارتفاع شیروانی و شیب‌های زمین طبیعی دارد. گردشگری ممکن است بین  $1/2$  تا  $4/5$  متر تغییر کند. گرد شدگی پاشنه شیروانی خاکریز نیز برحسب شیب آن و ارتفاع خاکریز تغییر می‌کند و دارای همان ابعاد کلی شیروانی خاکبرداری است. این گردشگری اختلاف شیب را به حداقل می‌رساند و پایداری خاکریز را افزایش می‌دهد.

شکل 4-1-ب نوعی از نیمرخ دارای جدول را نشان می‌دهد که برای کنترل تخلیه آب با جدا کردن پهنه راه و پیاده‌رو به کار می‌رود. در سمت چپ نوعی جدول مربوط به حفاظت شیروانی خاکریز نشان داده شده است. شیب شانه، در این حالت باید در ارتباط با سیستم تخلیه آب به گونه‌ای طراحی شود که از جمع شدن آب جلوگیری به عمل آید. برای تخلیه آب، خروجی‌های متعدد لازم است. تا حد امکان پیاده‌روها باید از سواره رو جدا باشد. در مناطق کاملاً آباد با دفاتر کار و مغازه‌های خرده فروشی ممکن است به علت محدودیت حریم، جدا کردن پیاده رو از سواره رو، امکان پذیر نباشد. در چنین مواردی برای جدا کردن پیاده رو از لبه پهنه راه، همانطور که در سمت راست شکل نشان داده شده از جدول استفاده می‌شود.

شکل 4-1-ج نیمرخ خاکریزی با شیب تند را نشان می‌دهد که نرده ایمنی در لبه شانه سمت چپ راه قرار دارد. چنانچه پیاده‌رو نیاز باشد باید پشت نرده ایمنی قرار داده شود. برای نیمرخ‌های خاکریز کم ارتفاع، سرپوشیده کردن تسهیلات تخلیه آب، همانطور که در سمت راست شکل نشان داده شده موجب افزایش ایمنی کناره راه می‌شود.

### نیمرخ‌های یک بر

طرف پایین دست سه نیمرخ عرضی یک‌بر در شکل 4-2 مشابه پایین دست نظیر در شکل 4-1 است، به استثنای شیب شانه در آن مواردی که مقدار یک‌بری بیش از شیب عرضی عادی شانه است. از نظر بهره‌برداری مطلوب آن است که در این موارد، شیب شانه در سمت پایین دست، مساوی با یک‌بری سواره‌رو باشد. در شکل 4-2-الف جهت شیب شانه در بالادست نیمرخ عرضی، همانند نیمرخ عادی با سواره رو دو طرفه است ولی این حالت، محدودیت دارد. برای پرهیز از تأثیر شکستگی نامطلوب، قدر مطلق اختلاف جبری شیب‌های عرضی در لبه سواره رو، نباید از 8 درصد تجاوز کند. در نتیجه از این نیمرخ باید برای مقادیر کوچک شیب شانه و یک‌بری استفاده شود. شیب شانه در گزینه دوم شکل 4-2-الف همان شیب یک‌بری سواره رو است.

در شکل 4-2-ب شانه افقی در لبه بالایی نیمرخ، حالت بینابینی است که از تخلیه آب شانه بر روی سواره رو، با حفظ ضابطه حداکثر اختلاف جبری 8 درصد، جلوگیری می‌کند. استفاده از این نیمرخ در خاک‌های پایدار که میزان نفوذ آبی که مستقیماً روی شانه می‌ریزد، زیاد نیست، امکان‌پذیر است. در مناطق با بارش برف زیاد این نیمرخ باعث می‌شود که آب‌های حاصل از ذوب ریشه برف روی شانه، به جریان یافتن در عرض سواره رو متمایل شوند و احتمال یخ‌زدگی به هنگام یخ بستن مجدد آن آب‌ها فراهم شود.

در شکل 4-2-ج شکستگی شانه در بالادست، با قوس قائم عرضی به خوبی گرد شده است به گونه‌ای که آب‌های فرود آمده روی شانه به دو قسمت بین سواره رو و شیروانی خاگریز یا جوی تقسیم می‌شوند. در این شانه‌های گرد شده خودروها می‌توانند به صورت تقریباً افقی، که برای تعویض لاستیک و بازدید وسیله نقلیه لازم است، بایستند. قوس قائم نباید کمتر از 1/2 متر طول داشته باشد و حداقل، شیب 0/6 متر قسمت داخلی شانه باید برابر شیب یک‌بری باشد. شانه در گزینه دوم شکل 4-2-ج به شکل خط شکسته، با چند شکستگی است.

یک‌بری، برای جریان ترافیک در شریانی‌های مناطق کم‌تر توسعه یافته و راه‌های برون شهری و آزاد راه-های شهری، دارای مزیت است. در حالی که در مناطق آباد، ترکیب معابر عریض، نزدیک بودن آبادانی‌های اطراف، محدودیت‌های شیب عرضی و نیمرخ برای تخلیه آب، تعدد خیابان‌های متقاطع و سایر عوامل شهری، متفقاً اعمال یک‌بری را ناممکن یا نامطلوب می‌سازد. بطور معمول در خیابان‌های محلی مناطق مسکونی، تجاری و صنعتی، یک‌بری اعمال نمی‌گردد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد یک‌بری، به فصل 3 مراجعه شود.

## حفاظ‌های ترافیکی

### نکات کلی

حفاظ‌های ترافیکی برای جلوگیری از برخورد خودروهای خارج شده از سواره رو با اجسامی که احتمال شدت تصادف با آنها بیشتر از شدت برخورد با حفاظ باشد، تعبیه می‌شوند. از آنجا که احتمال تصادف با خود حفاظ‌ها هم وجود دارد، در استفاده کردن از آنها باید دقت کافی به عمل آید.

برای کسب اطلاعات بیشتر به «راهنمای طرح کناره راه آشتو» [10] مراجعه شود. تحقیقات در مورد تولید حفاظ‌های کامل‌تر و از نظر اقتصادی کاراتر، ادامه دارد. معیارهای مورد بحث حاضر، بدون شک در آینده اصلاح و تکمیل خواهد شد. بنابراین، طراح باید از مفاهیم و معیارهای جدید حفاظ، آگاهی روز آمد داشته باشد. حفاظ‌های ترافیکی شامل حفاظ‌های طولی و ضربه‌گیرها هستند. نقش اصلی حفاظ‌های طولی، هدایت مجدد و بازگرداندن خودروهای از مسیر خارج شده (سرگردان) است. نقش اصلی ضربه‌گیرها کاهش سرعت خودروهای سرگردان تا حالت توقف است.

حفاظ‌های طولی در امتداد کنار راه و یا میانه‌ها قرار داده می‌شوند. جان پناه یا نرده پل در «مشخصات و معیارهای طرح برای پل‌های راه آشتو» مورد بحث قرار گرفته است. حفاظ‌های طولی به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

1- انعطاف پذیر

2- نیمه سخت

3- سخت

تفاوت مهم این سه نوع، در میزان انحراف (خمیدگی) حفاظ‌ها پس از برخورد خودرو با آنها است. سیستم‌های حفاظ انعطاف‌پذیر پس از برخورد خودروها انحراف بیشتری می‌یابند و بطور کلی نسبت به سیستم‌های سخت و نیمه سخت نیروهای ضربه‌ای کمتری به خودروها وارد می‌کنند. مقاومت این سیستم، از نیروی کششی در عضو طولی ناشی می‌شود. در محدوده برخورد، کابل یا پایه نرده از پایه جدا می‌شود، بنابراین پایه مقاومت ناچیزی ارائه می‌کند. با این حال پایه‌های خارج از محدوده برخورد، مقاومت کافی نشان می‌دهند تا انحراف عضو طولی (نرده) در حد قابل قبول نگه‌داشته شود.

نقش اصلی این سیستم بازگرداندن خودروها به مسیر است و به علت خمش بوجود آمده در هنگام ضربه، فضای آزاد بیشتری بین آن‌ها و اجسام ثابت ایجاد می‌شود.

در سیستم نیمه سخت، مقاومت، از ترکیب مقاومت کششی و خمشی نرده حاصل می‌شود. در این سیستم پایه‌ها طوری طراحی می‌شوند که در منطقه برخورد پاره شوند یا بشکنند و از این طریق، نیروی ضربه با عمل تیر به پایه‌های مجاور، توزیع شود. در عین حال پایه‌های خارج از منطقه برخورد، برای کنترل انحراف عضو طولی در حد قابل قبول مقاومت می‌کنند و وسیله نقلیه سرگردان را به مسیر جریان ترافیک باز می‌گردانند.

سیستم سخت در اثر ضربه، انحراف قابل ملاحظه‌ای ندارد. در حین تصادف، انرژی در اثر بالا و پایین رفتن بدنه خودرو و تغییر شکل بدنه فلزی آن، پراکنده می‌شود. با افزایش زاویه برخورد، نیروهای کاهنده سرعت حفاظ به علت عدم انحراف آن، افزایش می‌یابد. بنابراین نصب سیستم سخت، در مواردی که زاویه‌های برخورد کوچک محتمل باشد، مانند امتداد میانه‌ها و شانه‌ها، بسیار مناسب است. این سیستم، ثابت کرده است که به عنوان سپر محافظ در محل‌هایی مانند محوطه کار، که انحراف و جابه‌جایی حفاظ، قابل گذشت نیست، بسیار مؤثر است. چون آسیب‌دیدگی سیستم سخت در اثر ضربه، بسیار ناچیز است، نیاز مختصری به نگهداری و تعمیر دارد. در این زمینه باید توجه داشت که احجام سنگین ترافیک، مانع تعویض نرده‌های آسیب دیده می‌شود.

عوامل مهم برای انتخاب سیستم حفاظ طولی شامل کارایی حفاظ، مشخصات انحراف جانبی و فضای موجود برای جاگیری انحراف است. همچنین باید به سازگاری سیستم با تغییرات بهره‌برداری، ایمن‌سازی پایانه‌ها و هزینه‌های نگهداری اولیه و آینده توجه شود.

در مورد چاره‌جویی برای رفع موانع کناره راه، شش گزینه وجود دارد:

- 1- جابجا کردن یا طراحی مجدد مانع به صورتی که عبور از آن ایمن شود،
- 2- جابجایی مانع به محلی که احتمال برخورد با آن کمتر باشد،
- 3- کاهش شدت ضربه با استفاده از وسیله پاشکن یا کمرشکن مناسب،
- 4- انحراف خودرو از کنار مانع، بوسیله حفاظ ترافیکی طولی یا ضربه‌گیر،
- 5- مشخص کردن جسم در صورتیکه گزینه‌های فوق مناسب نباشد،
- 6- رها کردن وضعیت موجود به حال خود و چاره‌جویی نکردن.

نیمرخ عرضی راه، کارایی حفاظ ترافیکی را به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود جدول‌های بتنی، جدول‌های آسفالتی، شانه‌های شیب‌دار و میانه‌های پله‌دار، ممکن است باعث پرش خودروهای سرگردان از روی موانع یا قرار گرفتن در زیر آنها شود یا چنان به آن‌ها برخورد کند که خودرو چپ شود. کارایی بهینه حفاظ طولی یا تأمین سطح نسبتاً افقی در جلوی حفاظ و در مورد حفاظ‌های نیمه سخت و انعطاف‌پذیر، تأمین سطح نسبتاً افقی بین حفاظ و پشت آن، عملی می‌گردد. چنانچه از جدول‌های بتنی و آسفالتی برای کنترل تخلیه آب استفاده شود آنها را باید همبر جبهه حفاظ یا کمی عقب‌تر از آن نصب کرد. در

نوسازی‌ها باید از منظور نمودن جدول‌های بتنی و آسفالتی که جزء متشکله مجموعه سیستم حفاظ نیستند صرف‌نظر شود و تخلیه آب بوسیله گودی‌های ملایم یا روش‌های دیگری که به کارایی حفاظ، آسیب نمی‌رساند، کنترل شود. وقتی قرار است حفاظ در حوالی جدول موجود نصب شود و هزینه برداشتن جدول توجیه‌پذیر نیست، طراح باید در انتخاب و نصب حفاظ به گونه‌ای عمل کند که تأثیر جدول بر کارایی حفاظ به حداقل کاهش یابد.

## حفاظ‌های طولی

### حفاظ‌های کنار راه

حفاظ کنار راه عبارت از، سیستم طولی برای حفاظت رانندگان از شیب‌ها و موانع قرار گرفته در امتداد طرفین راه است. این حفاظ‌ها، گاهی ممکن است برای حفاظت از پیاده‌ها، تماشاجیان و دوچرخه‌سوارها از جریان عبور ماشینی به کار رود. عناصری که می‌تواند حفاظت بوسیله حفاظ کنار راه را تجویز کند، عبارتند از: موانع خاگریز، موانع کنار راه و محوطه‌های حساس مانند زمین‌های بازی.

تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که گرد کردن در محل شانه و پاشنه شیروانی خاگریز می‌تواند احتمال تصادف را کاهش دهد. شیب‌های گرد شده، احتمال پرت شدن وسیله نقلیه سرگردان را کاهش می‌دهد و در نتیجه احتمال پرت شدن به خارج معبر، کم می‌شود و کنترل بهتر خودرو در اختیار راننده قرار می‌گیرد.

ارتفاع و شیب خاگریز، عوامل کلیدی در تعیین ضرورت استفاده از حفاظ در خاگریز هستند. طراح باید به مجوزها و معیارهای موجود، برای تعیین ضرورت حفاظ مراجعه کند [10].

وضعیت مطلوب، وجود کناره راه هموار بدون مانع است. وقتی چنین شرایطی وجود نداشته باشد باید از معیارهای تعیین ضرورت حفاظ کمک گرفت. موانع کناری راه شامل محوطه‌های غیر قابل عبور و اشیاء ثابت است. اگر برداشتن، اصلاح یا جابه‌جا کردن یک مانع، ممکن نباشد، ممکن است استفاده از حفاظ، لازم گردد. هدف از حفاظ، بالابردن ایمنی است. بنابراین تنها در صورتی باید حفاظ را نصب کرد که احتمال تصادف با آن کمتر از مانع کناری باشد.

حفاظ‌های کوتاه، توصیه نمی‌شود. چنانچه در دو یا چند محل نزدیک به هم نصب حفاظ لازم باشد، باید از حفاظ پیوسته استفاده کرد.

حفاظ‌ها باید در آن سوی لبه شانه نصب شوند تا از عرض کامل شانه بتوان استفاده کرد. خاگریزی که حفاظ بر روی آن نصب می‌شود باید به اندازه کافی پهن باشد تا تکیه‌گاه جانبی را تأمین کند. در محل پل‌ها، حفاظ‌های کناره راه باید در امتداد نرده پل باشد و به شکل صحیح به پل متصل شود تا احتمال اینکه وسیله‌ای به حفاظ برخورد کند و سپس جدول یا نرده به زیر آن گیر کند به حداقل برسد. ایمن کردن صحیح انتهای آزاد حفاظ نیز مهم است. قسمت انتهایی ترمیم نشده، مانع خطرناک انتهایی به حساب می‌آید. برای تأمین حفاظ‌های ایمن باید دو انتهای آنرا در زمین پنهان کرد، با تپه خاکی پوشاند، به سمت عقب خم کرد یا به کمک ضربه‌گیر یا پایانه تایید شده‌ای، آنرا حفاظت کرد. انتهای حفاظ‌هایی که در زمین پنهان می‌شود باید چنان طراحی گردد که بلند شدن جلوی خودروهای تصادف‌کننده به حداقل برسد. «راهنمای طرح کناره راه آشتو» [10] در مورد نحوه ترمیم قابل قبول انتهای حفاظ، اطلاعات بیشتری در اختیار می‌گذارد.

ضرورت استفاده از حفاظ در برش سنگی و نزدیک تخته سنگ‌های بزرگ به داوری و نظر طراح، و شدت تصادف و فضای آزاد جانبی موجود بستگی دارد.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد حفاظ‌های کنار راه به «راهنمای طرح کنار راه آشتو» [10] مراجعه شود.

## حفاظ‌های میانه

حفاظ میانه یک سیستم طولی است که برای کمینه کردن احتمال قطع مسیر ترافیک جهت مقابل توسط وسیله نقلیه سرگردان به کار می‌رود. در صورتیکه حجم ترافیک کم باشد احتمال این که یک خودرو میانه را قطع کند و با وسیله نقلیه‌ای که از طرف مقابل می‌آید تصادف کند، کم است. همچنین در میانه‌های نسبتاً عریض احتمال عبور خودروها از میانه و تصادف آنها با وسیله نقلیه مقابل نسبتاً کم است. در این موارد، بطور کلی وقتی حفاظ میانه پیشنهاد می‌شود که سابقه عبور خودروها از میانه و تصادف با خودرو مقابل وجود داشته باشد. در راه‌های جدید چنانچه وقوع تصادف از این نوع به مقدار زیاد انتظار برود استفاده از حفاظ میانه پیشنهاد می‌شود.

اگرچه با استفاده از حفاظ میانه میزان تصادفات ناشی از عبور از میانه کاهش می‌یابد ولی در کل، میزان تصادفات به دلیل کاهش فضای مانورهای بازگشت به راه، افزایش می‌یابد. ضرورت حفاظ برای میانه‌هایی که سواره‌روهای غیر همتراز را از یکدیگر جدا می‌کنند، باید مورد توجه خاص قرار گیرد. توان کنترل وسیله نقلیه سرگردانی که از راه در تراز بالاتر خارج شده در بازگشت به راه یا رسیدن به حال توقف، با افزایش اختلاف تراز کاهش می‌یابد. به این ترتیب، احتمال تصادف‌های شاخ به شاخ در اثر عبور از میانه، زیاد می‌شود. نکته مهم ایمنی در طرح حفاظ‌های میانه، حفاظت رانندگان از انتهای آزاد حفاظ است. چنانکه قبلاً بحث شد، دو انتهای آزاد حفاظ را می‌توان در زمین پنهان کرد، با تپه خاکی پوشاند، به سمت عقب خم کرد یا با ضربه گیر یا پایانه مناسب، حفاظت نمود. برای کسب اطلاع بیشتر از روش ترمیم قابل قبول پایانه به «راهنمای طرح کنار راه آشتو» [10] مراجعه شود.

برای همه راه‌های مجزا، صرفنظر از عرض میانه و حجم ترافیک، کناره طرف میانه نیز باید برای سایر عوامل از قبیل موانع و شیب تند جانبی، همانگونه که قبلاً بحث شد مورد بررسی قرار گیرد. نصب حفاظ‌های میانه در راه‌های چند خطه یا سایر راه‌هایی که کنترل محدود دسترسی دارند باید مورد توجه دقیق قرار گیرد. حتی در میانه‌های باریک هم امکان بازیابی وسیله نقلیه از کنترل خارج شده، وجود دارد. همچنین در این میانه‌ها ممکن است وضعیت طوری باشد که عبور عرضی یا گردش به چپ ترافیک میسر گردد. با نصب حفاظ، انتهای آن در بریدگی میانه، همانند مانع خطرناک خواهد بود. ضربه گیرها، با وجود نیاز به هزینه اولیه بالا و هزینه نگهداری، ممکن است برای حفاظت راننده سرگردان (بدون کنترل) در سراسر انتهای حفاظ، ضرورت پیدا کند. بنابراین قبل از نصب حفاظ میانه در راه‌های مجزا به غیر از آزاد راه‌ها باید در مورد بریدگی میانه، سابقه تصادف، مسیر، فاصله دید، سرعت طرح، حجم ترافیک و عرض میانه، ارزیابی به عمل آید. همچنین برای فاصله بین راه اصلی عبوری و راه کناری در صورتیکه عرض آن 15 متر یا کمتر باشد، در ترافیک راه کناری دو طرفه باشد، حفاظ منظور گردد.

انواع معمول حفاظ میانه عبارتند از: تیر W (دو پشته) فولادی دو طرفه نصب شده بر پایه‌های قوی، تیر قوطی نصب شده بر پایه‌های ضعیف و حفاظ بتنی. برخی از انواع معمول، عبارتند از: حفاظ دو کابلی یا سه کابلی نصب شده بر پایه‌های فولادی، تیر W نصب شده روی پایه‌های ضعیف، تیر فولادی (سه پشته) قوی نصب شده بر پایه‌های قوی، و حصار مرکب از چند رشته کابل برای کسب اطلاعات بیشتر به «راهنمای طرح کناره راه آشتو» [10] مراجعه شود.

در انتخاب نوع حفاظ میانه هماهنگی محل نصب با انحراف جانبی ناشی از تصادف، دارای اهمیت است. حداکثر انحراف باید از نصف عرض میانه کمتر باشد تا از تداخل با ترافیک مقابل جلوگیری شود. حفاظ میانه باید طوری طراحی شود که خودرو را به مسیر حرکت قبلی خود باز گرداند. همچنین در طرح باید به زیبایی ظاهر توجه شود.

در راه‌های شلوغ، استفاده از حفاظ بتنی با جبهه شیب‌دار مزایای زیادی دارد. برای مثال این نوع حفاظ خودروهایی را که با آن برخورد می‌کند با زاویه کوچکی منحرف می‌کند. این حفاظ از نظر زیبایی مناسب است و به نگهداری کمی نیاز دارد. ویژگی اخیر در راه‌هایی که میانه باریک دارد دارای اهمیت است زیرا عملیات تعمیر، سواره‌رو را اشغال می‌کند و برای انجام آن ممکن است بستن یکی از خطوط عبور لازم گردد. در میانه‌های دامنه‌ای (میانه‌ای که بین دو راه غیر همتراز قرار دارد) انواع حفاظ میانه مناسب، با حالت عادی متفاوت است. سیستم‌های کابل، تیر W بر روی پایه‌های ضعیف و تیر قوطی بطور کلی، محدود به میانه‌های نسبتاً مسطح است و ممکن است برای بعضی میانه‌های دامنه‌ای، مناسب نباشد. «راهنمای طراحی کنار راه آشتو» [10] رهنمودهای بیشتری در این زمینه ارائه می‌کند. در هنگام انتخاب و طرح حفاظ، توجه به تأثیر بالقوه آن بر فاصله دید در قوس‌های افقی دارای اهمیت است.

به علت تحقیقات و پیشرفت‌های روز افزون، طرح حفاظ‌های میانه و پایانه‌ها، بطور مداوم در حال تکمیل است. باید به آخرین پیشرفت‌ها در زمینه طرح حفاظ میانه و پایانه‌ها، مراجعه شود. حفاظ میانه بتنی پیش تنیده را می‌توان برای محافظت موقتی از محوطه کارگاه و هدایت ترافیک در طول ساخت و ساز به کار برد. این نوع حفاظ می‌تواند به عنوان بخشی از راه تکمیل شده نیز مورد استفاده قرار بگیرد.

## نرده پل‌ها

نرده پل برای جلوگیری از سقوط خودروها، عابران پیاده و دوچرخه‌سواران از روی سازه به کار می‌رود. «مشخصات استاندارد برای پل‌های راه، آشتو جاده» [15] طرح هندسی، بار طرح و ضوابط حداکثر تنش مجاز مصالح برای طراحی نرده‌های ترافیکی عابران پیاده، دوچرخه‌سواران و ترکیبی از آنها مشخص نموده است. نرده‌های پل، نوعی حفاظ ترافیکی طولی هستند که با سایر حفاظ‌های طولی اصولاً به لحاظ پی، تفاوت دارند. این نرده‌ها، بعنوان بخشی از سازه محسوب می‌شوند در حالی که سایر حفاظ‌ها معمولاً در زمین یا روی زمین کار گذاشته می‌شوند.

نیاز به حفاظ ترافیکی، به ندرت در انتهای پل، رفع می‌شود. بنابراین نرده‌گذاری پل باید با نصب حفاظ طولی کناره راه که خود نیز باید دارای پایانه قابل قبولی باشد، ادامه یابد. بین نرده پل و حفاظ کناره راه، معمولاً به لحاظ سختی این دو نوع حفاظ نوعی عدم تجانس وجود دارد. این تفاوت سختی باید به دقت و بطور تدریجی در یک طول مناسب، به هم تبدیل شود تا مجموعه حفاظ را از گیر کردن به وسیله نقلیه تصادف کننده و احاطه کردن آن باز دارد.

وقتی حفاظ کناره راه بین لبه سواره‌رو و نرده پل به نحوی تأمین شده که می‌توان بین آن دو، پیاده‌رو منظور نمود. باید ایمن کردن پایانه حفاظ را مورد توجه ویژه قرار داد. طرح ترمیم پایانه به طوریکه هم کارا و هم ایمن باشد مشکل است. این کار باید به نحوی انجام شود که هم ایمنی حرکت خودروها فراهم شود و هم مزاحمتی برای استفاده عابران پیاده از پیاده‌رو بوجود نیاید.

فاصله‌های آزاد جانبی پیشنهادی بین سواره‌رو و نرده پل معمولاً بیشتر از فواصل عقب نشینی جدول است. این مسئله، هنگامی که در طرفین پل از نیم‌رخ جدول دار و در روی پل از نیم‌رخ همکف (شانه با سواره‌رو) استفاده شود، می‌تواند مشکل کند. این مشکلات، ممکن است از وضعیتی ناشی شود که طول پل و قطعه راه-های نزدیک آن، باعث شوند که پل شبیه یک معبر دارای کنترل دسترسی باشد که در آن ترافیک در سرعت بیش از 80 کیلومتر در ساعت حرکت خواهد کرد. اگر چه سرعت در طرفین پل کمتر از 80 کیلومتر در ساعت باشد، این سرعت‌های زیاد ممکن است استفاده از جدول را در خارج از پل و نه در روی آن قابل پذیرش کند. در چنین مواردی ممکن است حذف جدول در اولین تقاطع بعد از انتهای پل منطقی باشد. راه حل دیگر کاهش ارتفاع جدول و شیب‌دار نمودن ملایم آن در سمت جریان عبور، با رعایت فاصله کافی قبل از شروع نرده ایمنی است. این کار، منطقاً با حفظ ترافیکی، حتی اگر در بخش پر سرعت پل ادامه یابد، همخوانی دارد.

### ضربه گیرها

ضربه گیرها عبارت از سیستم‌های حفاظتی برای جلوگیری از برخورد خودروهای سرگردان (از مسیر خارج شده) با موانع کناره راه، از طریق کاهش سرعت تا حد توقف ایمن، پیش از مقابله با مانع یا هدایت به مسیر خارج از مانع، هستند [10]. یک مورد معمول از کاربرد ضربه گیر در انتهای نرده پل واقع در دماغه است. چنانچه شرایط محلی اجازه دهد ضربه گیر باید به عنوان جایگزین برای حفاظ کناره راه برای حفاظت در برابر اجسام صلب مانند پایه‌های پل، پایه علائم دروازه‌ای، کوله‌ها و یا انتهای دیوارهای حائل، در نظر گرفته شوند. همچنین ممکن است ضربه گیرها برای حفاظت در برابر پایانه حفاظ میانه و حفاظ کناره راه مورد استفاده قرار گیرند.

آماده‌سازی محل، برای استفاده از ضربه گیرها مهم است. شرایط محلی نامساعد ممکن است باعث به مخاطره افتادن کارایی ضربه گیر شود. ضربه گیرها باید در محوطه مسطح و عاری از جدول و یا هر مانع فیزیکی دیگر قرار داده شوند. در طراحی راه‌های جدید باید هر جا که مقتضی باشد، گزینه‌های مربوط به استفاده از ضربه گیر، مد نظر قرار گیرد.

### میانه‌ها

میانه قسمتی از راه است که دو جهت مخالف سواره‌رو را جدا می‌کند. در شریانی‌های دارای 4 خط یا بیشتر وجود میانه بسیار مطلوب است. عرض میانه به صورت فاصله بین لبه داخلی دو سواره‌رو بیان می‌شود و شانه سمت چپ جزء عرض میانه است. وظایف اصلی میانه عبارت از: جداسازی دو جریان عبور مخالف، تأمین فضای بازیابی برای خودروهای خارج از کنترل، تأمین مکانی برای توقف در مواقع اضطراری، تأمین محلی برای تغییر سرعت و جاگیری خودروها برای گردش به چپ و دور زدن، به حداقل رساندن خیرگی ناشی از نور چراغ ترافیک مقابل و تأمین عرض لازم برای افزایش خطوط عبور در آینده است. به علاوه مزایای دیگر میانه‌ها در شهرها عبارت از: فضای سبز باز، تأمین محلی امن برای پناه گرفتن عابران در هنگام عبور از عرض خیابان و کنترل برخوردهای ترافیک در تقاطع است. برای کارایی بیشینه، میانه باید هم در شب و هم در روز به خوبی قابل رؤیت و متمایز از سواره‌رو باشد. میانه‌ها ممکن است پست، بلند و یا هم سطح با سواره‌رو باشند.

برای تعیین عرض میانه باید به نیاز بالقوه آن به حفاظ طولی توجه شود. در صورت امکان عرض‌های میانه باید طوری باشد که حفاظ طولی ضرورت پیدا نکند. حدود کلی عرض‌های میانه از 1/2 تا 24



متر یا بیشتر تغییر می‌کند. عوامل اقتصادی، اغلب عرض میانه‌ای را که می‌توان تأمین کرد محدود می‌کنند. با افزایش عرض میانه هزینه اجرا و نگهداری افزایش می‌یابد ولی این افزایش هزینه ممکن است در مقایسه با هزینه کل راه ناچیز و از نظر مزایایی که حاصل خواهد شد توجیه‌پذیر باشد.

در تقاطع‌های بدون چراغ راه‌های مجزای برون شهری، میانه تا حد امکان باید عریض باشد. با این حال، در نواحی شهری و حومه شهری به نظر می‌رسد که میانه‌های باریک در تقاطع‌های بدون چراغ عملکرد بهتری دارند و بنابراین در این نواحی از میانه‌های عریض‌تر فقط باید زمانی استفاده شود که جاگیری حرکات تقاطعی و گردشی وسایل نقلیه طویل مطرح باشد [16]. در تقاطع‌های بدون چراغ، میانه‌ها باید به قدر کافی عریض باشند تا خودروهای طرح بتوانند حرکتهای مورد نظر را با ایمنی به انجام رسانند. خودروی طرح مناسب برای تعیین عرض میانه باید براساس ترافیک واقعی یا پیش‌بینی شده مجموعه خودروهای راه متقاطع یا خودروهایی که دور می‌زنند انتخاب شود. نکته دیگر در استفاده از میانه‌های عریض‌تر در راه‌ها، به غیر از آزادراه‌ها، تدارک فضای کافی برای جاگیری خودروهایی است که برای ورود به انشعاب‌های خصوصی و تجاری، در تقاطع‌های بدون چراغ، بریدگی‌های میانه راه را قطع می‌کنند.

این بریدگی‌های میانه ممکن است در تقاطع‌ها، نیاز به کنترل داشته باشند (به فصل 9 مراجعه شود). در حالتی که تقاطع به چراغ نیاز دارد ممکن است استفاده از میانه‌های عریض مزیت به حساب نیاید. زمان اضافی برای وسایل نقلیه‌ای که از عرض میانه عبور می‌کنند می‌تواند منجر به ناکارایی در عملکرد چراغ گردد. در صورت محدودیت حریم، تأمین میانه عریض، چنانچه به قیمت باریک شدن کناره‌های طرفین راه تمام شود، ممکن است توجیه‌پذیر نباشد. برای آنکه کناره، بمنزله سپری بین املاک خصوصی در طول راه و سواره‌رو، بویژه در حالت منطقه‌بندی محدود یا بدون منطقه‌بندی، بطور مؤثر عمل کند، یک عرض کناره منطقی مورد نیاز است. در نوار کناری باید محلهایی برای پیاده‌رو، علائم، خطوط انتقال نیرو، محل توقف، جوی‌های تخلیه آب، سازه‌ها، شیروانی‌های مناسب، فضای آزاد بازیابی تأمین شود و هرگونه رویش بومی باقیمانده در محل خنثی شود. باریک کردن محوطه‌های کناری ممکن است موانع و مزاحمت‌هایی را ایجاد کند که میانه برای گریز از آنها، طرح شود. میانه‌های پست بطور کلی در آزادراه‌ها ترجیح داده می‌شوند زیرا تخلیه آب و پارو کردن برف با کارایی بیشتری انجام می‌شود. شیب شیروانی‌های طرفین میانه ترجیحاً باید 6 (افقی): 1 (قائم) باشد ولی شیب 4 (افقی): 1 (قائم) ممکن است کافی باشد. درپچه‌های ورود سیستم تخلیه آب در میانه باید همسطح با زمین طراحی شود و در محل ورود به آبروها، شبکه ایمنی قابل عبور منظور گردد.

میانه‌های برجسته در شریانی‌هایی که تنظیم حرکات گردش به چپ در آنها مطلوب است به کار می‌رود. همچنین از آنها در حالتی که میانه باید گیاه کاری شود و به خصوص وقتی که باریک باشد، بسیار استفاده می‌شود. محل و نوع گیاهکاری باید مورد توجه دقیق قرار گیرد. گیاه کاری به خصوص در میانه‌های باریک، ممکن است برای عملیات نگهداری مشکلاتی ایجاد کند. همچنین درختکاری در میانه، می‌تواند در موقعیت نامناسب، مانع دیدی در برابر رانندگانی که می‌خواهند گردش کنند، بوجود آورد. گیاهکاری و سایر جنبه‌های منظر آرای در میانه، ممکن است موانعی در کنار راه پدید آورند، این عملیات باید بر اساس « راهنمای طرح کناره راه، آشتو » [10] انجام شود.

از میانه‌های هم کف معمولاً در شریانی‌های شهری استفاده می‌شود. در صورت استفاده از این میانه‌ها در آزادراه‌ها حفاظ طولی لازم است. در بسیاری از موارد نیم‌رخ دو طرفه به کار می‌رود تا نیاز به جمع‌آوری آب

سطحی در میانه از بین برود. بطور کلی میانه، اندکی پست با شیب عرضی حدود 4 درصد و یا با شیب‌های کمی تندتر از شیب عرضی راه ترجیح داده می‌شود.

نظریه تبدیل میانه‌های هم کف به خطوط عبور گردش به چپ دو طرفه به میزان وسیعی پذیرفته شده است. این نظریه، هنگامی که با حالت نبودن میانه مقایسه شود، مزایای متعددی را عاید می‌کند. از جمله این مزایا کاهش زمان سفر، افزایش ظرفیت، کاهش میزان تصادفات مخصوصاً تصادف‌های عقب، انعطاف پذیری بیشتر بدلیل اینکه خط طرف میانه می‌تواند به عنوان جایگزین خط عبوری، به هنگام بسته بودن خط عبور اصلی، مورد استفاده قرار گیرد و بالاخره راضی‌تر بودن رانندگان و مالکان املاک مجاور است [33]. عرض-های میانه بین 3 تا 4/8 متر طرح بهینه برای خطوط گردش به چپ دو طرفه را امکان‌پذیر می‌سازد.

در مورد خط کشی مناسب به MUTCD [8] و در مورد جزئیات بیشتر و بحث مفصل‌تر، به فصل دوم مراجعه شود.

در بسیاری از موارد، ممکن است خطوط گردش به چپ دو طرفه، مناسب نباشد و تبدیل خطوط گردش به چپ دو طرفه موجود به میانه‌های غیر قابل عبور باید مد نظر قرار گیرد. این خطوط در موارد متعدد برای تأمین دسترسی به انشعاب‌های تجاری نزدیک به هم و کم ترافیک در طول راه‌های شریانی، مورد استفاده قرار گرفته است. از لحاظ مدیریت دسترسی، این خطوط، بیش از آن که فرصت‌های کنترل دسترسی را محدود کند، آن را افزایش می‌دهد. نهادهای مسئول امر راه، جداول برجسته یا حفاظ‌های بتنی میانه را به جای میانه‌های همکف در راه‌های موجود نصب می‌کنند تا مدیریت دسترسی راه را همزمان با افزایش ترافیک و مشکلات ایمنی، بهبود بخشند. بعلاوه بعضی از بریدگی‌های میانه مربوط به خیابان‌های کم اهمیت، بسته شده است تا فقط گردش به راست از این خیابان‌ها و به سمت آن‌ها امکان‌پذیر باشد. این ترمیم میانه می‌تواند تعداد و محل تصادف‌ها در طول قطعه‌ای از معبر را کاهش دهد. باید در نظر داشت که احجام گردش به چپ حذف شده می‌تواند شلوغی و تصادف‌ها را در تقاطع‌های پایین دست افزایش دهد، پیش‌بینی‌های مربوط به احجام ترافیک ناشی از دور زدن در محل-های پایین دست نیز، باید در نظر گرفته شود.

وقتی هیچ منبع ثابتی برای روشن کردن راه وجود ندارد، خیرگی ناشی از چراغ‌های جلو در عرض میانه یا فضای بین راه اصلی و راه جانبی، مخصوصاً در محل پیچ‌های نسبتاً تند یا ناهمواری نیم‌رخ مسیرهای روبرو، می‌تواند آزاردهنده باشد. در این وضعیت‌ها باید نوعی نوربند را به عنوان بخشی از نصب حفاظ میانه در نظر گرفت به شرطی که نوربند، مانند حصار برف عمل نکند و موجب مشکلات ناشی از انباشته شدن برف نگردد. وقتی میانه‌ها عرضی حدود 12 متر یا بیشتر داشته باشند رانندگان احساس می‌کنند از ترافیک مقابل جدا هستند و در نتیجه آسایش و آزادی مطلوب در رانندگی حاصل می‌شود، سرو صدا و فشار هوای ناشی از ترافیک مقابل قابل توجه نیست و خیرگی ناشی از چراغ‌های جلو در شب، بسیار کاهش می‌یابد. میانه‌های با عرض 18 متر و بیشتر ممکن است مانند پارک، منظر آرایی شوند.

جدا کردن ترافیک دو طرف با میانه همسطح یا برجسته، فواید مشهودی دارد. میانه‌های عریض‌تر در تقاطع‌های برون شهری بدون چراغ مطلوب هستند ولی در تقاطع‌ها شهری و حومه شهری و یا در تقاطع‌هایی که چراغ‌دار هستند یا در آینده قابل پیش‌بینی نیاز به نصب چراغ پیدا می‌کنند عرض بیشتر از 18 متر برای میانه ممکن است مطلوب نباشد.

برای راهنمایی بیشتر در مورد انتخاب عرض‌های میانه برای تقاطع‌های همسطح راه‌های مجزا به گزارش NCHRP 375، «طراحی تقاطع میانه»، مراجعه شود.

## راههای جانبی

راههای جانبی وظایف مختلفی به عهده دارند و خدمت رسانی آنها وابسته به نوع شریانی خدمت گیر و ویژگی های مناطق اطراف آنها دارد. آنها می توانند برای کنترل دسترسی به شریانی، به کار روند، وظایف یک خیابان را که به املاک مجاور انجام دهند و جریان ترافیک در طرف شریانی را سامان بخشند. راههای جانبی ترافیک محلی را از ترافیک عبوری با سرعت بالاتر جدا کرده و انشعابات مربوط به مناطق مسکونی و تجاری مستقر در طول راه را جدا می کنند. رابطهای عرضی، دسترسی بین سواره رو اصلی و راههای جانبی را تأمین می کنند و معمولاً در مجاورت چهارراهها قرار داده می شوند. بنابراین ویژگی عبوری راهها نیز حفظ می شود و تحت تأثیر توسعه بعدی کناره راه، قرار نمی گیرد.

راههای جانبی در همه انواع معابر، مورد استفاده قرار گرفته اند. هر فصل از این کتاب که به نوع خاصی از راه اختصاص یافته، شامل مبحثی پیرامون کاربرد راههای جانبی متناسب با آن نوع خاص نیز می باشد. راههای جانبی، بیش از همه، در آزاد راهها که کاربری اصلی آنها توزیع و جمع آوری ترافیک بین خیابانهای محلی و تبادل های آزاد راهی است به کار می روند. در پاره ای شرایط، راههای جانبی برای خیابانهای شریانی، هم در مناطق تجاری شهر و هم در نواحی نیمه شهری، مطلوب اند. راههای جانبی نه تنها دسترسی مطلوب تری از خیابانهای شریانی پرسرعت را به مناطق تجاری و مسکونی فراهم می کنند، بلکه به حفظ ایمنی و ظرفیت راههای شریانی پرسرعت نیز کمک می کنند. در مناطق برون شهری برای توسعه بزرگراهها ممکن است به راههای جانبی تا اندازه ای دور از حریم بزرگراه نیاز باشد و این راههای جانبی به عنوان اتصالات دسترسی بین راههای متقاطع و مزارع همجوار یا آبادانی های دیگر، خدمت رسانی کنند.

با وجود مزایای استفاده از راههای جانبی در خیابانهای شریانی، کاربرد راههای جانبی پیوسته در خیابانهای شریانی نسبتاً پرسرعت همراه با چهارراهها ممکن است نامطلوب باشد. در طول خیابانهای متقاطع حرکات عبوری و گردشی مختلف در تقاطعهای متعدد نزدیک به هم ممکن است احتمال وقوع تصادف را به شدت افزایش دهد. تقاطعهای چند شاخه نیز در مقابل حرکات ورود ممنوع آسیب پذیر هستند. اگر راههای جانبی در فاصله قابل توجهی از خط اصلی در محل راههای متقاطع، بمنظور طولانی کردن فاصله بین تقاطعهای پی در پی، قرار گیرند در روند ترافیک بهبود حاصل خواهد شد. در نواحی شهری کمترین فاصله مطلوب میان شریانی و راههای جانبی در حدود 50 متر است. بحث مفصل درباره راههای جانبی در تقاطعها در فصل 9، بخش «اجزاء طرح تقاطع با راههای جانبی» آمده است.

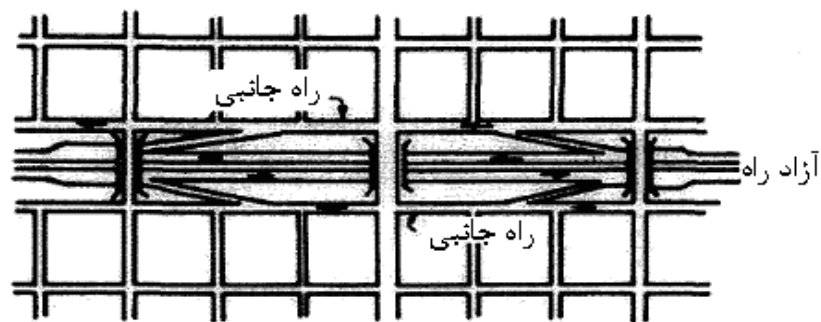
بطور کلی، راههای جانبی موازی سواره رو هستند و ممکن است در یک یا هر دو طرف شریانی و پیوسته یا منقطع باشند. در جاهایی که الگوی خیابان نامنظم باشد یا راه، شبکه خیابانی را بطور مورب، قطع کند فاصله بین سواره رو اصلی با راه جانبی ممکن است متغیر باشد. نحوه چیدمان و الگوهای راههای جانبی در شکل های 4-8 و 4-9 نشان داده شده است. شکل 4-8-الف معمولترین نوع چیدمان را نشان می دهد که دو راه جانبی به فاصله تقریباً مساوی از آزاد راه و به موازات آن قرار دارند. در نواحی شهری، راههای جانبی که موازی آزاد راه هستند، استفاده از آنها را به عنوان پشتیبانی سیستم به هنگام وقوع تصادف یا خرابی در آزاد راه، میسر می سازند. شکل 4-8-ب یک آزاد راه یا یک راه جانبی را نشان می دهد. در بخش کناری فاقد راه جانبی،

خیابان‌های محلی به پخش و جمع‌آوری ترافیک خدمت‌دهی می‌کنند. شکل 4-9 یک الگوی نامنظم راه‌های جانبی را نشان می‌دهد.

از نقطه نظر عملکردی و ایمنی راه جانبی یک طرفه به دو طرفه برتری دارد. در حالیکه جریان یک طرفه تا اندازه‌ای برای ترافیک محلی ایجاد مشکل می‌کند، بطور کلی با کاهش تلاقی‌های وسیله نقلیه و پیاده‌ها، در تقاطع خیابان‌ها، این مشکل جبران خواهد شد و همچنین موجب کمتر شدن عرض راه و حریم آن می‌شود. راه‌های جانبی دوطرفه در تقاطع‌های شلوغ، حرکت‌های چرخشی و تقاطعی را پیچیده می‌کند، در جایی که رابط‌های خروجی به راه جانبی دو طرفه متصل می‌شوند، احتمال بروز اشتباه افزایش می‌یابد. این مشکل در جایی که رابط با زاویه تند به راه جانبی می‌پیوندد بزرگتر است زیرا در این حالت برای راننده‌ای که در خلاف جهت حرکت می‌کند، منظره رابط ورودی نمایان می‌شود.

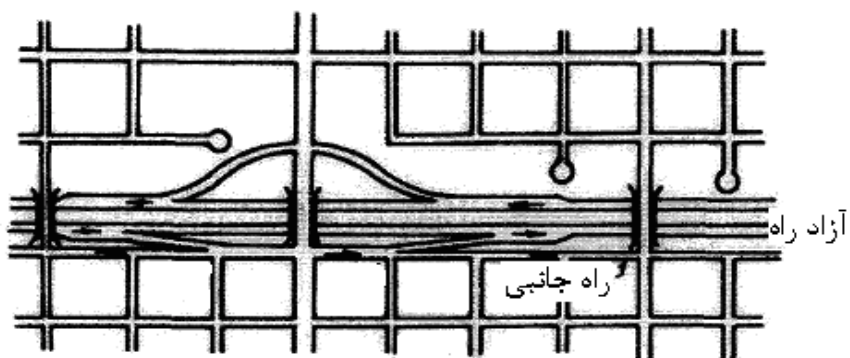
راه‌های جانبی دو طرفه ممکن است برای نواحی شهری نیمه توسعه یافته‌ای بکار رود که سیستم خیابان‌های ارتباطی آنقدر نامنظم و ناپیوسته است که عملکرد یکطرفه موجب افزایش قابل ملاحظه طول مسیر و ایجاد ناراحتی می‌گردد. همچنین ممکن است راه‌های جانبی دو طرفه، برای مناطق برون شهری و حومه شهری که نقاط دسترسی به مسیرهای عبوری کم است یا جایی که فقط یک راه جانبی تأمین می‌شود و یا در جایی که خیابان‌ها یا راه‌های مرتبط با راه جانبی بسیار از هم دورند، مناسب باشد. در نواحی شهری آباد یا آنها که احتمالاً آباد خواهند شد، راه‌های جانبی دوطرفه، در جایی که خیابان غیرموازی در فاصله معقول از راه جانبی وجود ندارد باید در نظر گرفته شوند.

ارتباط میان شریانی و راه جانبی بخش مهم طراحی محسوب می‌شود. در شریانی‌های با ترافیک کندرو و راه‌های جانبی یک طرفه، رابط کوتاه یا خروجی در کناره بیرونی کم عرض می‌تواند به خوبی عمل کند. بطور کلی استفاده از رابط کوتاه برای اتصال یک آزاد راه به راه جانبی دو طرفه رضایت بخش نیست. زیرا ممکن است موجب ورودی اشتباه به آزاد راه گردد و احتمال وقوع تصادف در تقاطع رابط‌ها و راه جانبی را افزایش دهد. در آزادراه‌ها و سایر شریانی‌هایی که سرعت عبور بالا دارند، رابط‌ها و پایانه‌های آنها باید با وسعت نظر طراحی شوند تا زمینه را برای تغییر سرعت و جاگیری فراهم کنند. جزئیات طراحی رابط در فصل‌های بعدی آمده است.



با دو راه جانبی

-الف-

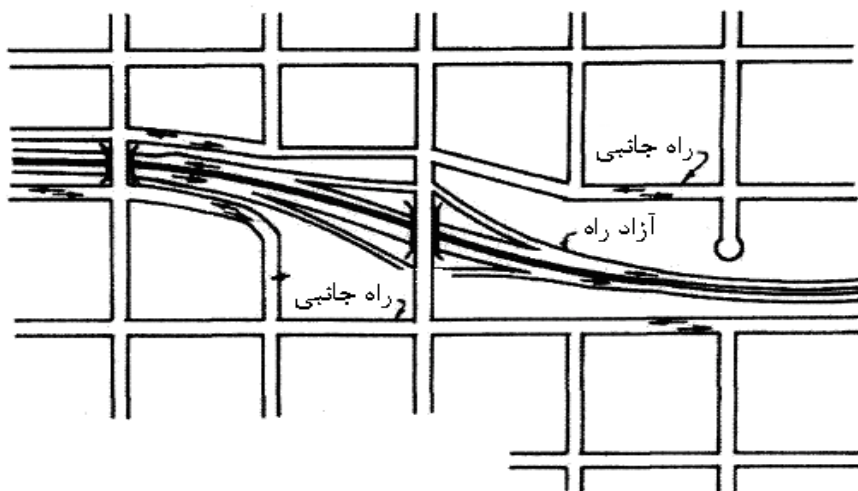


با یک راه جانبی

-ب-

شکل 4-8: چیدمان نمونه راه‌های جانبی

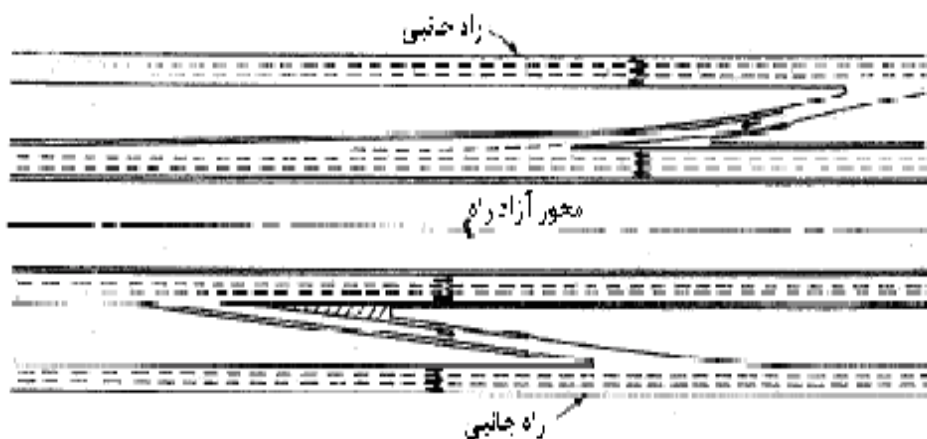
شکل‌های 4-10 و 4-11 چیدمان نمونه راه‌های جانبی با رابط‌های ورودی و خروجی را که برای آزادراه‌ها و سایر شریانی‌های اصلی پرسرعت قابل استفاده است نشان می‌دهد. راه جانبی یک طرفه نشان داده شده در شکل 4-10 برای تأمین عملکرد خوب هم برای آزادراه‌ها و هم برای راه‌های جانبی طراحی شده است. شکل 4-11 یک چیدمان از رابط‌های ورودی و خروجی را در راه‌های جانبی دو طرفه نشان می‌دهد. این طرح شامل یک کناره بیرونی پهن است که همیشه در مناطق شهری عملی نیست. عرض واقعی بستگی به طرح رابط‌ها و پایانه آنها دارد. در بیشتر موارد، عرض کناره خارجی در محدوده پایانه، بزرگتر از 60 متر خواهد بود. رابط خروجی با زاویه قائمه به راه جانبی متصل شده است تا مانع ورودی خلاف جهت شود.



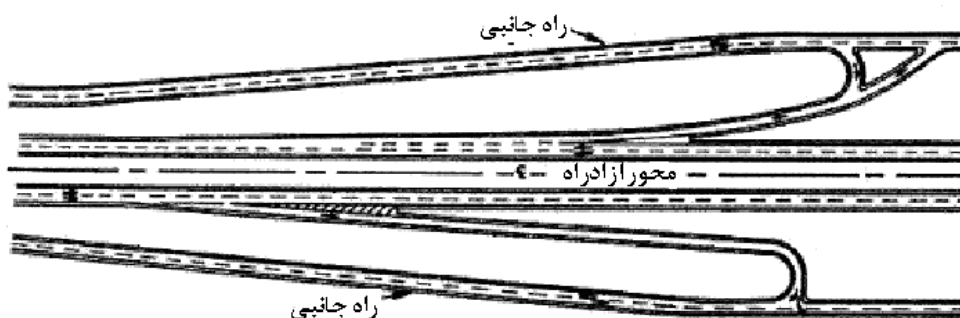
#### شکل 4-9: راه‌های جانبی، الگوی نامنظم

استقرار علائم و استفاده از خط کشی برای جلوگیری از حرکات ممنوع باید مورد توجه دقیق قرار گیرد. به علت وجود احتمال حرکت‌های ممنوع، رابط خروجی نباید راه جانبی را روبروی محل دسترسی خیابان دو طرفه کناری، قطع کند.

طراحی یک راه جانبی، متأثر از نوع عملکردی است که از آن انتظار می‌رود. وقتی یک راه جانبی ممتد است و از مناطق بسیار آباد می‌گذرد، ویژگی یک خیابان مهم را می‌یابد که هم به ترافیک محلی و هم به ترافیک سرریز سواره‌رو اصلی خدمت رسانی می‌کند. در جایی که راه‌های جانبی ممتد نیستند و یک الگوی بی قاعده و نامنظم را پی می‌گیرند و یا از کنار یا پشت ساختمان‌ها عبور می‌کنند یا فقط به آبادانی‌های پراکنده را خدمت‌دهی می‌کنند، ترافیک آنها سبک بوده و عملکرد آنها مانند راه‌ها محلی خواهد بود. در مورد رهنمودهای مربوط به عرض‌های راه جانبی دو خطه در جمع‌کننده‌های شهری و برون شهری به فصل 6 مراجعه شود.



#### شکل 4-10: راه‌های جانبی یکطرفه، رابط‌های ورودی و خروجی



#### شکل 4-11: راه‌های جانبی دوطرفه، رابط‌های ورودی و خروجی

#### کناره‌های بیرونی

محوطه بین سواره‌رو راه اصلی (ترافیک عبوری) و راه یا خیابان جانبی، «کناره بیرونی» نام دارد.

این کناره‌ها مانند حائل بین ترافیک عبوری در راه های شریانی و ترافیک محلی در راه های جانبی است و فضایی را برای شانه راه عبوری و رابط‌های اتصال از راه شریانی به راه جانبی و برعکس فراهم می‌کند. هر چه کناره بیرونی عریض‌تر باشد، تأثیر ترافیک محلی بر ترافیک عبوری، کم‌تر خواهد بود.

کناره‌های بیرونی پهن امکان منظر آرای بی‌تری را فراهم و راه و املاک اطراف آن را جذاب‌تر می‌کنند. بخش قابل توجهی از پهنای کناره بیرونی در تقاطع با خیابان های عرضی در کمینه کردن تلاقی وسیله نقلیه و پیاده نقش مؤثری دارد.

وقتی رابط اتصال بین راه اصلی (راه عبوری) و راه جانبی، تأمین می‌شود، کناره بیرونی باید بسیار عریض‌تر از نوع معمول آن باشد. عرض مورد نیاز بیشتر بستگی به پایانه‌های رابط دارد.

در راه‌های جانبی دو طرفه، راننده راه عبوری هم با ترافیک جهت مخالف راه جانبی در سمت راست و هم با ترافیک جهت مخالف راه شریانی در سمت چپ روبرو می‌شود.

عرض کناره بیرونی باید به اندازه کافی باشد تا آثار جریان های جهت مخالف را، بویژه در ایجاد مزاحمت، گیج کردن و آشفتگی ناشی از نور چراغ در شب، به حداقل برساند. در راه های جانبی یکطرفه، لازم نیست پهنای کناره بیرونی همانند راه های جانبی دو طرفه باشد.

شکل 4-12 راه جانبی یکطرفه با توقف مجاز در کنار راه را نشان می‌دهد که خدمت رسانی به مشاغل، در امتداد خیابان شریانی بزرگ مجزا در یک منطقه بسیار آباد یک شهر بزرگ را برعهده دارد. کناره بیرونی برجسته و جدول دار حائل بین ترافیک عبوری و ترافیک محلی ایجاد می‌کند و برای عابرین پیاده، جان پناهی فراهم می‌کند.

مقطع عرضی و ساماندهی یک کناره بیرونی تا اندازه زیادی بستگی به پهنای آن و نوع شریانی و راه جانبی دارد. بهتر است که تخلیه آب این نوار کناری بیرون از راه عبوری و با استفاده از جوی و جدول کناره راه جانبی یا در محل پستی از داخل کناره، انجام شود. در شکل 4-13 نمونه‌های نیمرخ عرضی کناره بیرونی، برای انواع شریانی‌ها نشان داده شده است.



شکل 4-12: راه جانبی در منطقه تجاری با کناره بیرونی

نیمرخ عرضی نشان داده شده در شکل 4-13-الف برای خیابان های شریانی با سرعت پایین در نواحی بسیار آباد قابل کاربرد است. شکل 4-13-ب حداقل کناره بیرونی که می‌تواند در آزاد راه‌های کف گذر و

خیابان های شریانی تندگذر به کار رود را نشان می دهد. این کناره فقط شامل شانه های راه عبوری و راه جانبی به همراه یک حفاظ است.

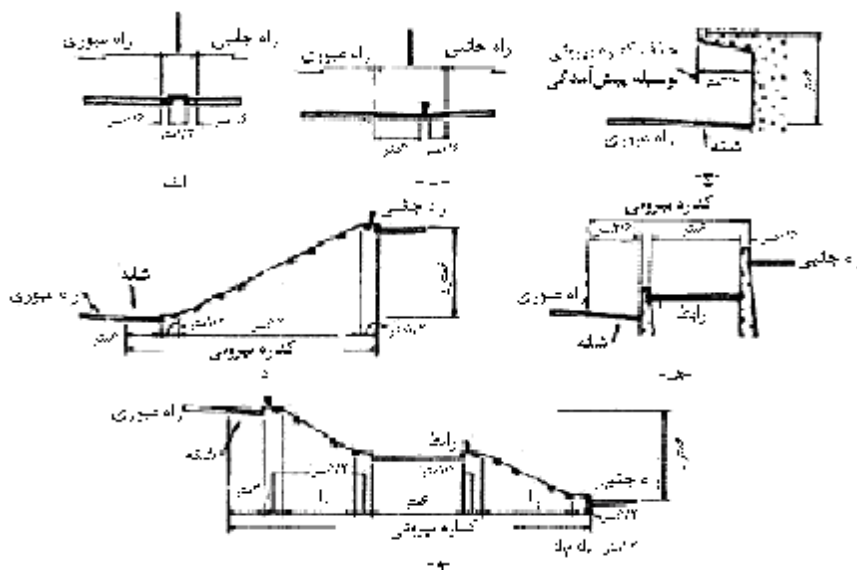
شکل 4-13- ج یک شریانی پایین گذر به همراه راه جانبی طره ای را نشان می دهد. در این نمونه لبه داخلی راه جانبی درست در بالای لبه خارجی راه عبوری قرار گرفته است. شکل 4-13- د یک نمونه معمول کناره بیرونی را در طول قطعه ای از آزاد راه پایین گذر نشان می دهد. شکل 4-13- ه نیمرخ دیواردار در یک شریانی پایین گذر دارای رابط و شکل 4-13- و، نمونه ای از کناره بیرونی آزادراه دارای رابط را نشان می دهد.

## کنترل سر و صدا

### نکات کلی

سروصدا را می توان صدای ناخواسته تعریف کرد. وسایل نقلیه موتوری سر و صدای ترافیکی تولید می کنند که ناشی از موتور، آگزوز و اثر متقابل لاستیک ها با راه است. تلاش هایی باید به عمل آید که انتشار سر و صدا در نواحی حساس به صدای راه به حداقل برسد. طراح باید سطح سر و صدای موجود یا بالقوه را ارزیابی کند و قابلیت اجرایی کاهش سر و صدای جریان عبوری راه را در بررسی های مربوط به تعیین مسیر و طرح راه، تخمین بزند.

اندازه گیری فیزیکی عکس العمل انسان به صدا مشکل است زیرا دستگاهی وجود ندارد که مستقیماً بتواند آن را اندازه گیری کند. یک ارتباط محدود را می توان بوسیله استفاده از مقیاس A بر روی سطح صوت سنج استاندارد بدست آورد. این اندازه گیری قرائت مستقیمی را برحسب دسی بل مؤثر (dBA) به دست می دهد.



شکل 4-13: نمونه های کناره برون

برای فهمیدن برخی از اصول تولید و انتقال صدا، آگاهی از چند رابطه کلی مفید به نظر می رسد. از آنجایی که صدا روی مقیاس لگاریتمی اندازه گیری می شود، کاهش صدا به میزان 10dBA، برای شنونده تنها نصف سطح صدای اصلی خواهد بود. مثلاً صدایی با شدت 70 dBA فقط به اندازه یک دوم بلندی صدای 80 را دارد، البته با فرض اینکه ترکیب فرکانس و سایر ویژگی هایشان یکسان باشد. دو برابر کردن منبع صدا، افزایشی به میزان 3 dBA در سطح صدا را تولید می کند. برای مثال، اگر وسیله ای که در مسافت مشخصی از گیرنده صدا قرار گرفته، صدایی به سطح



60 dBA تولید کند، دو وسیله از همان نوع و در همان مبدأ، صدایی با شدت 63 dBA تولید خواهند کرد و چهار وسیله نقلیه 66 dBA و هشت وسیله نقلیه 69 dBA و به همین ترتیب.

با افزایش مسافت، شدت صدا نیز کاهش پیدا می‌کند، اما این کاهش صدا آنگونه که تصور می‌شود سریعاً سریع صورت نمی‌گیرد. برای مثال، با دو برابر شدن فاصله از راه سطح صدا تقریباً 3dBA تا 4/5 dBA کاهش پیدا می‌کند.

یک سطح صدای حاصل از ترافیک، بسته به محیطی که صدا در آن شنیده می‌شود، عکس -العمل‌های متفاوتی را در افراد ایجاد می‌کند. سطح واقعی صدا، به خودی خود، نشانگر مناسبی برای میزان ناراحتی عمومی به شمار نمی‌رود. مثلاً اگر منبع صدا از نظر پنهان باشد، عکس‌العمل معمولاً کم‌تر است. نوع آبدانی یک محدوده عامل دیگری است که بر میزان ناراحتی تأثیر می‌گذارد. سطح بالای سر و صدای ترافیک معمولاً در محیط‌های صنعتی بیشتر از محیط‌های مسکونی قابل تحمل است. شدت<sup>1</sup> صدا و<sup>2</sup> فرکانس آن، عوامل دیگری هستند که بر عکس‌العمل‌های انسان به صدا تأثیر می‌گذارند. هر چه شدت صدا بیشتر یا هر چه فرکانس صدا مشخص‌تر باشد، میزان آزاردهندگی آن بیشتر است. برای کسب اطلاعات بیشتر به «راهنمای ارزیابی و کاهش سر و صدای ترافیک، آشتو» [32] مراجعه شود.

### روش‌های کلی طراحی

اولین گام در تجزیه و تحلیل آثار سرو صدای حاصل از راه‌ها، تعریف معیارهایی برای اندازه‌گیری اثرات صدا است. با تعریف این معیارها، مناطق حساس به صدا قابل شناسایی هستند که ممکن است شامل مناطق مسکونی، مدارس، کلیساها، پارک‌ها، بیمارستان‌ها، مراکز نگهداری سالمندان، کتابخانه‌ها و غیره باشند. میزان صداهای موجود با اندازه‌گیری فعالیتها یا کاربری‌های حساس به سر و صدایی که مشخص شده، تعیین می‌شوند. سپس، سطح سرو صدای حاصل از راه توسط یکی از روش‌های پیش‌بینی سر و صدا که در حال حاضر مورد استفاده است، پیش‌بینی می‌شود.

ردۀ فعالیت	شرح ردۀ فعالیت	سطوح سرو صدا برای طرح <sup>(1)</sup> (dAB)	
		$L_{10}(h)$	$L_{eq}(h)^{(2)}$
الف	مناطق که در آن سکوت و آرامش، اهمیت فوق‌العاده دارد و نیاز مهم عمومی به حساب می‌آید و محل‌هایی که حفظ آن کیفیت‌ها، برای آنکه خدمت مورد نظر توسط آن محل، ادامه یابد، ضروری است. این محل‌ها می‌تواند شامل آمفی تئاترها، پارک‌های خاص یا بخشی از پارک‌ها، فضاهای باز یا محدوده‌های تاریخی باشد که توسط مسئولین محلی ذیصلاح برای فعالیت‌های در نظر گرفته شده که مستلزم سکوت و آرامش یا شرایط خاص است.	60 (بیرون محل)	57
ب	محوطه‌های پیک‌نیک، تفریح، محوطه‌های بازی و ورزش و پارک‌هایی که جزء ردۀ «الف» نیست و نیز محل‌های مسکونی، هتل، هتل، سالن‌های گردهم‌آیی عمومی، مدرسه‌ها، کلیساها و بیمارستان‌ها.	70 (بیرون محل)	67
ج	زمین‌های آباد، ویژگی‌ها یا فعالیت‌هایی که جزء گروه الف و ب فوق‌الذکر نیست.	75	72

<sup>1</sup> pitch

<sup>2</sup> Inter mittency

(بیرون محل)			
-- <sup>(3)</sup>	--	زمین‌های آباد نشده که برای سکونت یا سایر استفاده‌های انسان در نظر گرفته نشده است.	د
55 <sup>(4)</sup> (داخل محل)	52	محل‌های سکونت، هتل‌ها، سالن‌های گردهم‌آیی عمومی، مدرسه‌ها، کلیساها، کتابخانه‌ها، بیمارستان‌ها، سالن‌های سخنرانی.	ه
<p>(1) منبع : کتاب برنامه راه فدرال جلد 7 فصل 7، بخش 3، بخشنامه 348، 9 اوت 1982</p> <p>(2) برای یک پروژه معین می‌توان یکی از دو مقدار (و نه هر دو مقدار) <math>L_{10}^{(h)}</math> یا <math>L_{eq}^{(h)}</math> را مورد استفاده قرار داد.</p> <p>(3) معیار کاهش سر و صدا برای این گونه زمین‌ها، معین نشده است. اگر احتمال آباد شدن این زمین‌ها زیاد باشد، می‌توان درباره آن‌ها مثل زمین‌های آباد رفتار کرد. تدارک برای کاهش سر و صدا، مبتنی بر نیاز، فواید مورد انتظار، و هزینه اعمال چنین معیارهایی خواهد بود.</p> <p>(4) معیار کاهش سر و صدا در این رده، در دو مورد به کار می‌رود: 1) فعالیت‌های داخلی در محل‌هایی که هیچ‌گونه فعالیت یا کاربری حساس به سر و صدا در خارج آن مشخص نشده است و 2) فعالیت‌های خارجی که یا فاصله آن از راه، زیاد است و یا چنان محصور شده که سرو صدا بر آن تأثیر مهمی ندارد ولی بر فعالیت‌های داخل محل تأثیر دارد.</p>			

#### جدول 4-14: معیارهای کاهش سرو صدا برای کاربری‌های مختلف زمین

عوامل مربوط عبارتند از : ویژگی‌های ترافیکی (سرعت، حجم و ترکیب)، عوارض زمین (پوشش گیاهی، موانع و فاصله) و همچنین ویژگی‌های راه (ترکیب، نوع رویه، شیب‌ها و نوع راه). معمولاً پیش‌بینی براساس ترافیکی که بدترین سر و صدای ترافیکی ساعتی را بر مبنای قاعده‌مندی برای سال طرح تولید می‌کند، به عمل می‌آید. اطلاعات بیشتر در زمینه پیش‌بینی سر و صدا، در این منابع: [21و20و19و18و17] موجود است.

جدول 4-14 معیارهای کاهش صدا را بر اساس مطالعات ارائه شده توسط اداره راه‌های فدرال<sup>1</sup>، برای کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد. این سطوح سر و صدا برای تعیین تأثیر صدا بر هر یک از کاربری‌های زمین، مورد استفاده قرار می‌گیرد. تأثیرات صدای ترافیک با دو معیار مشاهده می‌شوند: 1) هنگامی که سطوح پیش‌بینی شده به معیارهای کاهش صدا نزدیک می‌شود و یا از آنها فراتر می‌رود 2) هنگامی که سطوح پیش‌بینی شده صدا از سطح سرو صدای موجود به مقدار معتنابهی تجاوز کند حتی اگر از معیارهای کاهش صدا فراتر نرود. برای ارزیابی کافی تأثیر صدای ترافیک در طرح پیشنهاد شده هر دو معیار مذکور باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

#### طرح‌های کاهش سر و صدا

مشکلات بالقوه سر و صدا در مراحل ابتدایی طرح باید شناسایی شود. مسائل مسیر، شیب، تعادل عملیات خاکی و حریم راه، همه باید با توجه به آثار سر و صدا، حل شود. اگر کاهش سر و صدا، در طرح منظور شده باشد ارزان و عملی است و چنانچه منظور نشود یا در مراحل پایانی طرح مورد توجه قرار گیرد، پرهزینه خواهد بود. یک روش مؤثر برای کاهش سر و صدای ترافیک در مناطق مجاور آن است که راه، چنان طراحی شود که اجسام جامد در خط دید بین منبع صدا و گیرنده صدا قرار گیرند. ترجیحاً می‌توان از وضعیت زمین به عنوان یک مانع طبیعی، طوری استفاده کرد که خوش منظر باشد.

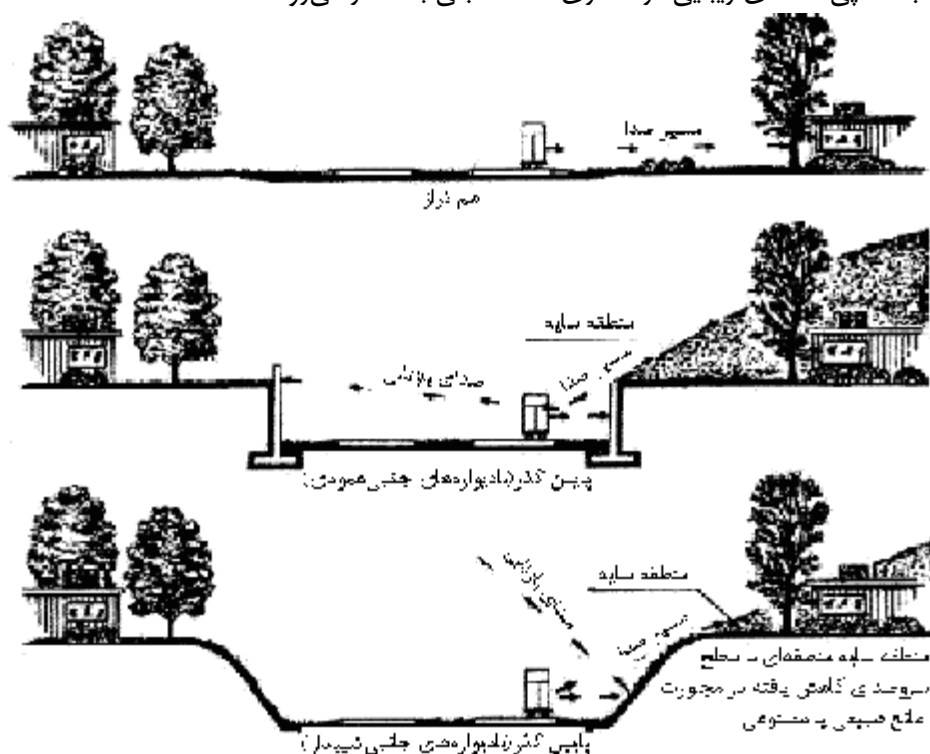
<sup>1</sup> FHWA

از لحاظ مسائل سر و صدا، قطعه راه پایین‌گذر، دارای مطلوب‌ترین وضع است. احداث راه در تراز پایین‌تر از سطح زمین بطور کلی اثری مشابه نصب حفاظ دارد (به عبارت دیگر منطقه سایه‌ای ایجاد خواهد شد که در آن سر و صدا کاهش می‌یابد، به شکل 4-15 مراجعه شود).

در حالتی که راه روی خاکریز قرار می‌گیرد، خاکریز آن سوی شانه گاهی خط دید گیرنده‌های نزدیک راه را مسدود می‌کند و اثر سر و صدا را کاهش می‌دهد (به شکل 4-16 مراجعه شود).

در بعضی محل‌ها، صداگیرها (حفاظ‌های صوتی) می‌تواند قابل توجه باشد مخصوصاً در راه‌های کف‌گذر یا بالا‌گذر که از مناطق حساس به سر و صدا عبور می‌کنند. دیوارهای بتنی، چوبی، فلزی و بنایی بسیار مؤثرند. یکی از خوش منظره‌ترین موانع، ایجاد پله خاکی است که با زمین طبیعی اطراف، همخوانی داشته باشد این کار، باید به عنوان جزئی از عملیات خاکی راه در نظر گرفته شود. مواردی وجود دارد که ایجاد پله خاکی مؤثر، در محدوده حریم عادی یا با خریداری حداقل حریم اضافی امکان‌پذیر است. اگر حریم راه برای جـاگیر پلـه خـاکی در تـمـامی اـرتـفـاع، کـفـی نـبـاشـد، می‌توان از ترکیب پله کوتاه‌تر با دیوار یا توری، تا رسیدن به ارتفاع مطلوب استفاده کرد.

بوته‌ها، درختان و پوشش سبز زمین بخاطر نفوذپذیری به جریان هوا، به عنوان سپر صدا خیلی مؤثر نیستند. با این حال تقریباً همه سپرهای گیاهی گاهی باعث نوعی کاهش سر و صدا می‌شود و بطور استثنا درختکاری پهن و توپر می‌تواند موجب کاهش قابل ملاحظه سطح سر و صدا گردد. حتی اگر کاهش سر و صدا مهم نباشد، پی آمدهای زیبایی درختکاری، نکته مثبتی به شمار می‌رود.

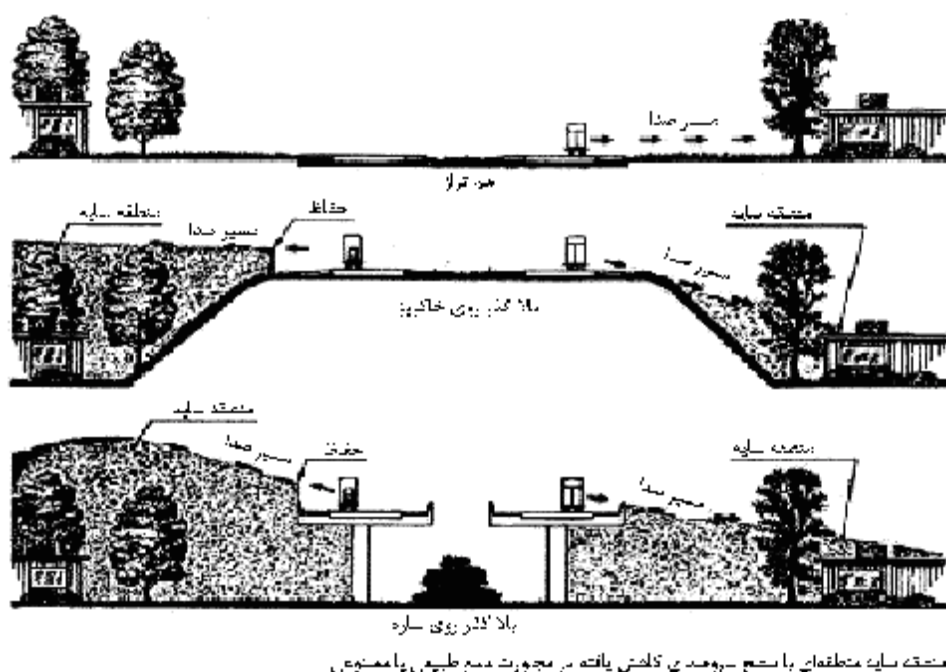


شکل 4-15: آثار پایین بودن گذر راه

## کنترل کناره راه

### نکات کلی

کارایی و ایمنی یک راه بدون کنترل دسترسی تا حد زیادی وابسته به وضعیت تداخل ترافیک کناره راه است که بوسیله ورود و خروج وسایل نقلیه بین راه و واحدهای تجاری، مسکونی یا سایر آبادانی‌های کنار راه مشخص می‌شود. مالکان املاک مجاور حق دسترسی دارند، اما مطلوب آن است که به مسئولین راه اختیار داده شود که محل، طراحی و عملکرد انشعابات دسترسی و سایر اجزاء کناره راه مانند صندوق‌های پستی را نیز کنترل و تنظیم کنند. چنین کنترل دسترسی، تداخل در ترافیک عبوری راه را به حداقل می‌رساند. تداخل ناشی از توسعه نا آگاهانه کناره راه و انشعابات کنترل نشده، منجر به کاهش ظرفیت، افزایش تصادفات و متروک شدن زود هنگام راه می‌گردد.



شکل 4-16: آثار بالا گذر بودن راه

### انشعابات

محل تلاقی انشعابات در واقع یک تقاطع با حجم پایین است، بنابراین طراحی و تعیین محل آنها در خور توجه خاص است. آثار بهره‌برداری انشعابات مستقیماً وابسته به طبقه‌بندی عملکردی راهی است که انشعاب به آن دسترسی پیدا می‌کند. مثلاً در حالیکه انشعابات ممکن است اثر نامطلوبی روی عملکرد شریانی‌ها بگذارند، در خیابان‌های محلی که دسترسی به مؤسسات و بناهای محلی را فراهم می‌کنند، اتصالات مهمی بشمار می‌آیند.

انشعابات گردش به راست فقط در جایی مطلوب است که نیم‌رخ عرضی شامل میانه جدول‌دار یا میانه همسطح دارای حفاظ باشد. انشعابات که هم برای گردش به راست و هم برای گردش به چپ مورد استفاده

قرار می‌گیرند به میزان قابل ملاحظه‌ای در ترافیک عبوری تداخل ایجاد می‌کنند و برای خیابان‌های شریانی نامطلوب هستند. با این وجود، در خیابان‌های اصلی که نوع مشاغل آنها راننده را به سمت خود می‌کشاند، حذف گردش به چپ در انشعاب‌ها ممکن است باعث بدتر شدن روند ترافیک شود چرا که بر اثر این کار، حذف حجم زیادی از وسایل نقلیه مجبور خواهند بود که دور بزنند و یا اینکه اطراف خیابان‌های آن منطقه حرکت کنند تا به مقصد برسند.

تنظیم و طراحی انشعابات، رابطه بسیار نزدیکی با حریم موجود و کاربری منطقه و همچنین ضوابط منطقه‌بندی زمین‌های همجوار دارد. در معابر جدید، حریم مورد نیاز را می‌توان برای تأمین نظم و کنترل مطلوب انشعابات، بدست آورد. برای پرهیز از شرایط دسترسی نامطلوب، در معابر موجود یا باید حریم اضافی تأمین کرد و یا اینکه با مالکان املاک مجاور، برای اصلاح وضعیت موجود، توافق کرد. اغلب کنترل مطلوب انشعابات باید با استفاده از اختیارات پلیس، لزوم دریافت مجوز برای کلیه انشعابات جدید و تطبیق انشعابات موجود با ضوابط مقرر، انجام گیرد. هدف از تدوین مقررات انشعابات، حفظ کارایی آنها و ارتقاء کارایی بهره‌برداری از طریق تأمین فاصله مناسب و طراحی دقیق انشعابات است. دستیابی به این اهداف به نوع و میزان قدرت قانونی اعطا شده به مسئولین راه بستگی دارد. بسیاری از ایالت‌ها و یا شهرداری‌های محلی سیاست‌های جدیدی را برای انشعابات اتخاذ کرده‌اند و واحدهای جداگانه‌ای را برای صدور اجازه به منظور احداث انشعابات جدید یا تغییر انشعاب‌های موجود اتصال به راه‌های مهم تشکیل داده‌اند. برای کسب اطلاعات بیشتر درباره مقررات و طراحی انشعابات، به نشریه « رهنمودهای مربوط به تعیین محل و طراحی انشعابات » [22] مراجعه شود.

مقررات مربوط به انشعابات، موارد ذیل را کنترل می‌کنند: تجاوز به حریم، تعیین محل و طراحی انشعابات، فاصله دید، تخلیه آب‌ها، استفاده از جدول، پارکینگ، عقب نشینی، روشنایی و علائم. برخی از اصول طراحی تقاطع‌ها می‌تواند مستقیماً به انشعابات نیز اعمال شود. یک جنبه مهم طراحی انشعابات حذف فضاهای رویه‌دار یا تسطیح شده مجاور سواره رو است که خودروها با قرار گرفتن روی آن می‌توانند به معابر وارد یا از آن خارج شوند. جنبه دیگر، تأمین عرض کافی برای انشعاب، ابعاد گلوگاه و همچنین طراحی مناسب برای جاگیری انواع خودروهایی است که از مغازه‌های کنار راه خرید می‌کنند.

فاصله دید، که ضابطه مهم دیگری است، می‌تواند بوسیله سازه‌های غیرضروری کنار راه محدود شود. بنابراین هیچگونه تابلوی تبلیغاتی نباید در حریم راه نصب شود. تابلوها و اجزاء مشابه خارج حریم که مانع دید می‌شوند باید با اختیارات قانونی یا از طریق خریدن حق ارتفاق، محدود شوند.

در مورد معابر بدون کنترل دسترسی که در کنار آن فعالیت کسبی گسترده‌ای وجود دارد، باید استفاده از راه‌های جانبی مورد توجه قرار گیرد. این نوع کنترل و طراحی خصوصاً با خیابان‌ها و راه‌های جدیدی که می‌توان حریم کافی برای آنها تحصیل کرد مرتبط است. در مرحله اول، بخش‌های متناوبی از راه‌های جانبی ساخته می‌شوند تا انشعابات را که در اوایل کار مورد نیاز هستند متصل کنند. سپس در مراحل بعدی امتدادها یا قطعات بیشتری از راه‌های جانبی ساخته می‌شود تا انشعابات را که از گسترش آبادانی‌های کنار راه به وجود آمده‌اند جدا کنند. بنابراین در تمام مراحل از تداخل‌های کنار راه جلوگیری می‌شود و ویژگی عبوری راه یا خیابان با تدارک تدریجی و صحیح راه‌های جانبی، حفظ می‌گردد.

## صندوق‌های پستی

صندوق‌های پستی و دکه‌های روزنامه فروشی وابسته به آن که توسط ماشین‌های ویژه حمل و نقل مرسولات خدمت رسانی می‌شوند، ممکن است بسته به محل صندوق پستی، ابعاد نیمرخ عرضی خیابان یا راه، وضعیت فاصله دید در اطراف صندوق پستی، حجم ترافیک و میزان مقاومت پایه صندوق در برابر ضربه، بطور مستقیم یا غیر مستقیم، به شدت برای رانندگان، ایجاد خطر کنند. ایمنی خودروهای نامه بر و نیز مجموعه وسایل نقلیه، هر دفعه که خودروهای مذکور سرعت خود را برای توقف کاهش می‌دهند و سپس دوباره شروع به حرکت می‌کنند تحت تأثیر قرار می‌گیرد. هنگامی که نیمرخ عرضی راه و همچنین موقعیت جانبی صندوق پستی چنان باشد که قسمتی از سواره‌رو توسط خودرو نامه‌بر، به هنگام تخلیه صندوق، اشغال شود، خطر به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد.

ارتفاع صندوق به اندازه‌ای است که آن را در تراز شیشه جلوی بسیاری از اتومبیل‌ها قرار می‌دهد. این شرایط وقتی بحرانی‌تر می‌شود که صندوق پستی چندتایی نصب شده باشد. در بسیاری از مناطق، نصب متعارف صندوق پستی چندتایی، شامل دو یا چند تیرک عمودی و یک تیر افقی روی آن است که صندوق‌های پستی روی آن قرار می‌گیرد.

این الوار افقی هنگامی که با خودرو برخورد می‌کند از شیشه جلو وارد محل سر نشین خودرو می‌شود. از نصب چنین تأسیساتی در برابر جریان عبور خودروها نباشد. صندوق پستی باید در جایی قرار داده شود که برای استفاده کنندگان راحت باشد و ایمنی تردد وسایل نقلیه، خودرو نامه‌بر و استفاده کنندگان را به خطر نیندازد. مسئله حداقل پیاده‌روی استفاده کنندگان برای رسیدن به صندوق پستی در طول خیابان یا راه، فاصله دید موجود قبل از محل صندوق (مخصوصاً در معابر قدیمی) و محدودیت فاصله دید جانبی در ورودی انشعابات، باید مد نظر باشد. از قرار دادن صندوق پستی در کنار راه‌های پرسرعت و پر ترافیک در صورت وجود محل‌های مناسب دیگر برای صندوق، باید خودداری کرد.

نصب صندوق‌های جدید باید در صورت امکان در منتهی الیه سمت راست تقاطع با معبر دیگر صورت گیرد یا انشعاب جداگانه‌ای برای صندوق در نظر گرفته شود. صندوق‌ها باید در سمت راست راه‌ها در جهت حرکت خودرو نامه‌بر نصب شود، در معابر یکطرفه می‌توان صندوق را در سمت چپ نیز نصب کرد. بهتر آن است که صندوق در محلی نصب شود که در معرض تصادف با وسیله نقلیه خارج از کنترل نباشد. چنانچه این تدبیر عملی نباشد، صندوق باید از نوعی انتخاب شود که در صورت تصادف به صورت ایمن، له شود یا از پایه بشکند. صندوق باید به اندازه‌ای محکم به دیرک‌های حائل نصب شود که هنگام تصادف به سمت شیشه جلوی خودرو پرتاب نگردد. این معیارهای ایمنی باید در مورد نصب صندوق چندتایی نیز رعایت شود.

یکی از نکات مهمی که در مورد صندوق پستی باید در نظر گرفته شود، موقعیت آن نسبت به سواره‌رو است. اساساً خودرویی که در کنار یک صندوق می‌ایستد باید خارج از سواره‌رو باشد. هر چه حجم ترافیک و سرعت آن بالاتر باشد، باید فاصله آزاد بیشتری رعایت شود. تنها استثناء از این امر خیابان‌های کم حجم و کم سرعت است.

اغلب خودروهایی که در کنار صندوق پستی می‌ایستند، چنانچه صندوق در خارج از شانه مفید یا پهلوگیر 2/4 متری نصب شده باشد، خارج از سواره‌رو قرار خواهند گرفت. این وضعیت برای اغلب راه‌های برون شهری توصیه می‌شود. برای راه‌های پر تردد و پر سرعت، توصیه می‌شود که پهنای شانه یا پهلوگیر، قبل از

صندوق تا 3 متر و در برخی موارد تا 3/6 متر افزایش یابد. با این حال ممکن است حتی در نظر گرفتن عرض 2/4 متر برای شانه یا پهلوگیر، در راه‌ها یا خیابان‌های کم تردد کم سرعت عملی نباشد.

برای فراهم کردن فضای کافی برای بازکردن درب صندوق پستی، توصیه می‌شود که قسمت جلویی صندوق پستی 200 تا 300 میلی متر عقب‌تر از شانه یا پهلوگیر واقع شود. در مورد قوانین جاری پست برای عقب نشینی، باید استفسار شود.

در مناطقی که بارش سنگین و مکرر برف دارند، صندوق پستی را می‌توان در امتداد ریسۀ متعارف برف کنارزده شده قرار داد ولی فاصله آن از لبۀ سواره رو، در شانه‌های پهن‌تر از 3 متر، نباید کم‌تر از 3 متر باشد. صندوق‌های پستی طره‌ای، ممکن است برای عملیات برف‌روبی، برتری داشته باشد. در صورت امکان صندوق را باید پشت نرده ایمنی قرار داد.

در برخی مناطق شهری و یا برون شهری صندوق‌های پستی در امتداد خیابان‌ها یا راه‌های مشخصی که اداره پست محلی، مسیرهای تحویل مرسولات را برای آن در نظر گرفته قرار داده می‌شوند. در این مناطق اگر راه دارای جوی و جدول باشد، جلوی صندوق باید در فاصله 15 تا 30 سانتیمتری پشت جدول قرار گیرد. در خیابان‌های مسکونی بدون جدول یا شانه که حجم تردد و سرعت جریان عبور پایین باشد، صندوق باید 20 تا 30 سانتیمتری پشت لبۀ سواره رو باشد.

برای کسب راهنمایی در خصوص نصب صندوق‌های پستی به آخرین ویرایش نشریه آشتو در زمینه «راهنمای نصب صندوق پستی در راه‌ها» [23] و «راهنمای طرح کناره‌راه» [10] مراجعه شود.

## تونل‌ها

### نکات کلی

احداث خیابان‌ها یا راه‌ها ممکن است دارای بخش‌هایی باشد که برای گذر از زیر یا از میان موانع طبیعی یا کمینه کردن تبعات آذراه بر جامعه، به صورت تونل ساخته می‌شود. شرایط کلی که ساختن تونل را توجیه می‌کند عبارتند از :

\* رشته کوه‌های طولی و باریکی که ایجاد مقطع خاکبرداری در آنها یا از لحاظ اقتصادی به صرفه نیست و یا پیامدهای زیست محیطی دارد.

\* حریم راه باریک که تمام سطح آن برای احداث خیابان مورد احتیاج باشد.

\* محوطه‌های بزرگ تقاطع و یا مجموعه تقاطع‌های متصل به هم در خیابان‌بندی‌های مورب و نامنظم

\* محوطه خطوط راه‌آهن و یا باندهای پرواز فرودگاه و یا سایر موارد مشابه

\* پارک‌ها و کاربری‌های مشابه موجود و برنامه‌ریزی شده

\* هنگامی که هزینه‌های تملک حریم راه از هزینه ساخت و بهره‌برداری تونل بیشتر باشد.

اگرچه هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری تونل‌ها فراتر از محدوده بحث این رساله است، به هر حال این هزینه‌ها باید در نظر گرفته شوند.

سایر ویژگی‌های طرح و اجرای تونل در ادامه بحث می‌شود. در مورد تونل‌های راه، مندرجات این قسمت نباید بحث کاملی به حساب آید. مطالبی که ذکر خواهد شد اطلاعات کلی زمینه‌ای را برای برنامه‌ریزان و طراحان راه فراهم می‌کند. برای نیل به این مقصود اساسی سعی شده است که مطالب به زبان ساده بیان شوند. مانند سایر شاخه‌های تخصصی مهندسی، مطالب ساده شده این قسمت باید با احتیاط مورد استفاده قرار

گیرند. بعلاوه مسائل مربوط به تهویه تونل، روشنایی، تلمبه زنی و سایر موارد مکانیکی و الکتریکی تونل‌ها در این بحث نمی‌گنجد.

### انواع تونل‌ها

تونل‌ها به دو دسته عمده تقسیم می‌شوند: 1) تونل‌هایی که توسط روش‌های معدنی (حفاری زیرزمینی) ساخته می‌شوند 2) تونل‌هایی که با روش‌های «حفاری از رو و پوشاندن»<sup>1</sup> ساخته می‌شوند. دسته اول شامل تونل‌هایی است که بدون برداشتن لایه خاک یا سنگ روی تونل ساخته می‌شوند. معمولاً این نوع تونل‌ها براساس روش مناسب ساخت به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند. نامگذاری این دو گروه نمایانگر ویژگی کلی مصالحی است که حفاری در آن صورت می‌گیرد (احداث تونل در سنگ سخت و احداث تونل در زمین نرم).

از جمله مواردی که طراحان راه باید به آن توجه خاص داشته باشند، نیازهای سازه‌ای این روش‌های ساخت تونل و هزینه‌های نسبی آن‌ها است. به طور کلی احداث تونل در زمین سنگی سخت، ارزان‌تر از زمین نرم است. تونل‌سازی در سنگ‌های سخت، بی‌عیب و همگن، نسبت به تونل‌سازی در زمین‌های نرم نیازهای سازه‌ای کمتری دارد و ارزان‌تر است. احداث تونلی که زیر آب واقع می‌شود و داخل مصالحی قرار می‌گیرد که به نگهداری فوری نیاز دارد، مستلزم استفاده از روش‌های بسیار گران تونل‌سازی در زمین نرم مانند روش‌های ایجاد سپر و هوای فشرده است.

شکل مقطع عرضی سازه تونل با توجه به نوع و سربارهای آن متفاوت است. در مواردی که سازه در معرض بار فوقانی و فاقد هرگونه فشار جانبی است، تونل نعل اسبی به کار می‌رود. هرچه فشار جانبی افزایش یابد، انحنا دیوارها زیاد می‌شود و شمع‌های کف بند، افزایش می‌یابد. هنگامی که بار شبیه فشار هیدرواستاتیکی می‌شود، معمولاً مقطع تمام دایره، کاراتر و با صرفه‌تر است. ابعاد همه تونل‌ها طوری در نظر گرفته می‌شود که فضای کافی برای معابر تهویه، تأمین گردد.

دسته دوم تونل‌ها شامل دو نوع تونل است که از رو ساخته می‌شوند: تونل‌های خندقی و تونل‌های حفاری و پوشاندن (تونل‌های کند و پوش). نوع خندقی منحصر به پروژه‌هایی است که زیرتر از آب اجرا می‌شود. در روش خندقی، قطعات پیش ساخته تونل روی عرشه کشتی یا بارانداز خشکی ساخته می‌شوند، سپس آن‌ها را با شناور به محل مورد نظر انتقال می‌دهند و در داخل یک خندق لایروبی و گود شده فرو می‌برند و در زیر آب به هم متصل می‌کنند. سپس خندق را پر می‌کنند. هنگامی که شرایط با توجه به خاک زیرسطحی، میزان جریان رودخانه، حجم و کیفیت جریان رودخانه، دسترسی به امکانات ساخت و ساز و نوع سازه‌های جلو رودخانه مطلوب ارزیابی شد، روش خندقی ممکن است با صرفه‌تر از سایر روش‌ها باشد.

روش حفاری و پوشاندن (کند و پوش) اصولاً متداول‌ترین نوع ساختن تونل‌های کم عمق است که اغلب در محیط‌های شهری مشاهده می‌شود. همانطور که از نام آن پیدا است این روش شامل حفاری در فضای باز، ساختن تونل در داخل حفره و پر کردن روی تونل ساخته شده است. در شرایط ایده آل، این روش برای ساختن تونل‌هایی که در عمق کم واقع می‌شوند با صرفه‌ترین روش است. در عین حال باید به این نکته توجه داشت که خرابی‌های سطحی و یا مشکلات خطوط انتقال نیرو عموماً اعمال این روش را بسیار گران و دشوار می‌سازد.

<sup>1</sup> Cut and-cover



## نکات کلی طراحی

تونل ها باید تا آنجا که ممکن است کوتاه تر ساخته شوند زیرا اولاً احساس محدودیت و زیاد شدن صدای ترافیک می تواند برای رانندگان ناخوشایند باشد و ثانیاً تونل، پر هزینه ترین سازه راه است. مسیر افقی در تونل نیز، یکی دیگر از عوامل مهم طراحی است. در حد امکان، هر چه طول بیشتری از تونل در امتداد مستقیم باشد نه تنها طول به حداقل می رسد بلکه کارایی عملکرد آن هم افزایش می یابد. تونل هایی که با انحنای تند طراحی می شوند ممکن است منجر به کاهش فاصله دید توقف گردند. بنابراین، فاصله دید در برابر جبهه دیواره تونل باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

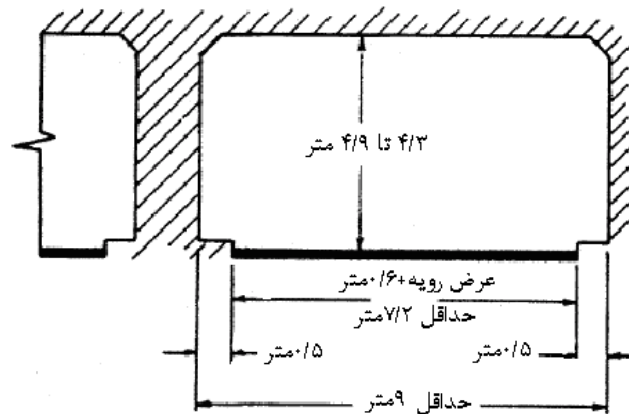
نیمرخ طولی تونل نکته مهم دیگر طراحی است. شیب های تونل ها باید در درجه اول براساس راحتی راننده تعیین و در عین حال تلاش شود تا بین هزینه های ساخت از یک سو و هزینه های بهره برداری و نگهداری تونل از سوی دیگر تعادل برقرار گردد. عوامل زیادی باید در شیب و طول تونل ها و تأثیر آن ها در روشنایی و تهویه مدنظر قرار گیرند. مثلاً هزینه های روشنایی در دهانه ورود و خروج تونل، حداکثر است و به میزان نور موجود طبیعی و نیاز به تبدیل مناسب روشنایی (از فضای آزاد به داخل تونل) دارد. هزینه های تهویه نیز به طول تونل، شیب راه، طبیعی یا مصنوعی بودن تهویه، نوع سیستم و محدودیت کیفیت هوا بستگی دارد.

در طراحی کلی راه داخل تونل باید احتیاج به نصب علائم راهنمایی را برطرف کرد. زیرا فضای آزاد متعارف عمودی و جانبی برای نصب این علائم کافی نیست و هرگونه افزایش فضای آزاد مستلزم هزینه بسیار گزاف است. رابط های خروجی باید در فاصله مناسبی از دهانه تونل قرار گیرند، تا امکان نصب علائم راهنمایی مورد نیاز بین تونل و محل خروج فراهم شود، این فاصله حداقل باید 300 متر باشد. از موارد بسیار نامطلوب، انتظار پیوستن، جدا شدن و ضربدری شدن ترافیک در داخل تونل است و مربوط به حالتی است که تونل بین دو تبادیل بسیار نزدیک به هم واقع شده باشد. بنابراین باید از منظور نمودن دوراهی ها و رابط های ورودی و خروجی در داخل تونل ها پرهیز کرد.

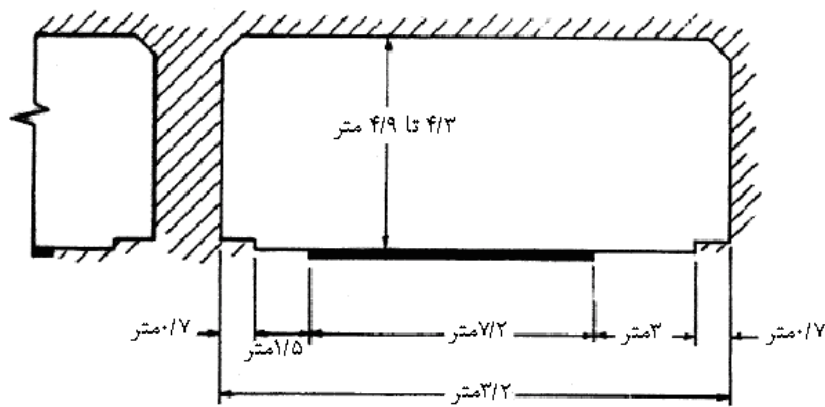
## نیمرخ های تونل

از نقطه نظر ارائه خدمات ترافیکی، معیارهای طراحی تونل ها اصولاً نباید با آنچه برای سازه های غیرهمسطح بکار می رود فرق داشته باشد. معیارهای مربوط به مسیر افقی و نیمرخ طولی و فاصله های آزاد قائم و افقی بطور کلی عیناً در مورد تونل ها نیز به کار می رود. بجز اینکه به علت هزینه های بالا و محدودیت حریم، معمولاً از مقادیر حداقل استفاده می شود.

رعایت شانه چپ و راست آزاد راه در داخل تونل، به همان شکلی که در حوالی تونل وجود داشته، مطلوب است. در واقع، نیاز به فضای جانبی اضافی در تونل ها از زیر سازه های غیر همسطح، به علت افزایش احتمال خراب شدن وسایل نقلیه در فاصله های طولانی تر بیشتر است. اگر در داخل تونل شانه تعبیه نشود، هنگامی که ترافیک سنگین است، خرابی وسایل نقلیه می تواند منجر به تأخیرهای غیر قابل اغماضی گردد، هرچند ممکن است هزینه تأمین شانه در داخل تونل ها بسیار هنگفت باشد بخصوص در مورد تونل های طویل که از طریق روش های چال زنی یا پیشروی سپر ساخته می شوند. لذا تعیین عرض شانه ها در داخل تونل باید براساس تجزیه و تحلیل دقیق تمام عوامل مؤثر انجام شود. در صورتی که امکان ایجاد شانه در داخل تونل ها وجود نداشته باشد باید تدابیری اتخاذ شود تا خدمات امداد و کمک رسانی 24 ساعته در اطراف تونل وجود داشته باشد و به محض اینکه وسیله ای در داخل آن متوقف شد، بلافاصله نسبت به جابجایی آن اقدام کنند.



-الف-



-ب-

\* ضخامت روکش آبی اضافه شود.

#### شکل 4-17: نیمرخ‌های متعارف تونل دو خطه

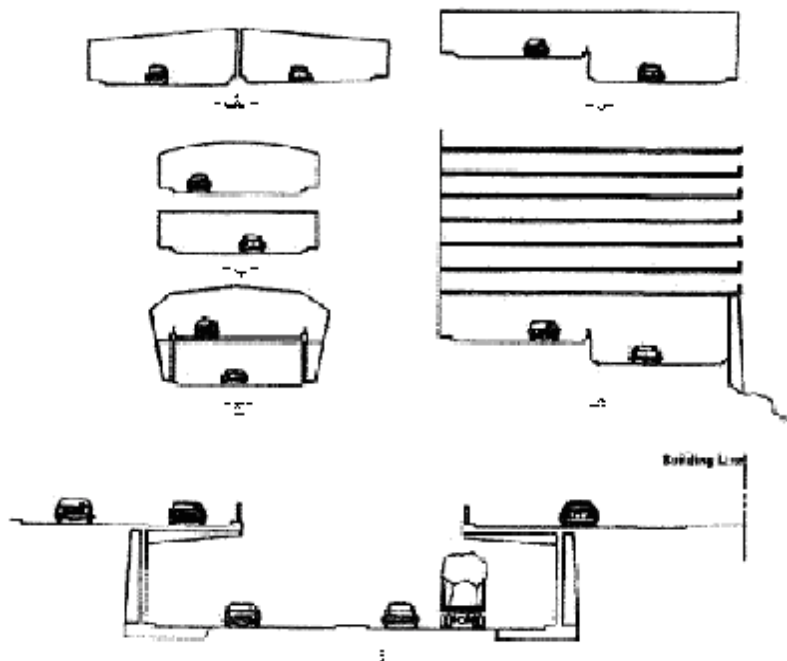
شکل 4-17 نیمرخ‌های عرضی حداقل و مطلوب را برای یک تونل دوخطه نشان می‌دهد. حداقل عرض کف (پهنه) راه بین جدول‌ها، بطوری که در شکل 4-17-الف نشان داده شده است باید دست کم 0/6 متر بزرگتر از سواره‌رو بیرون تونل باشد اما نباید کوچکتر از 7/2 متر باشد. جدول یا پیاده‌رو هر طرف باید حداقل 0/5 متر باشد. مجموع عرض آزاد بین دیواره‌های تونل دو خطه حداقل باید 9 متر باشد. عرض کف راه و عرض جدول یا پیاده‌رو، با توجه به نیاز می‌تواند در محدوده عرض آزاد 9 متر تغییر کند، هر چند عرض هر یک، نباید از حداقل‌های ذکر شده در بالا کمتر باشد.

حداقل فاصله آزاد قائم برای آزادراه‌ها 4/9 متر و برای راه‌های دیگر، 4/3 متر است. با این حال حداقل ارتفاع آزاد نباید کمتر از حداکثر ارتفاع قانونی بار وسایل نقلیه باشد و مطلوب آن است که ضخامت اضافی برای روکش آینده، منظور شود. شکل 4-17-ب یک نیمرخ مطلوب را نشان می‌دهد که شامل دو خط 3/6 متری، یک شانه 3 متری در سمت راست، یک شانه 1/5 متری در سمت چپ و یک جدول یا پیاده‌رو 0/7 متری در هر طرف است. عرض کف راه، ممکن است در صورت نیاز به تطبیق بهتر با ابعاد طرفین تونل، به

صورت نامساوی بین دو طرف، توزیع شود. فاصله آزاد قائم در نیمرخ مطلوب، برای آزاد راه ها 4/9 متر و برای راه های دیگر، 4/3 متر است.

معمولاً پیاده‌ها اجازه رفت و آمد در تونل‌های آزاد راه را ندارند. البته باید فضایی برای پیاده‌روی اضطراری و دسترسی پرسنل نگهداری باید تأمین شود. پیاده‌روهای بلند با عرض 0/7 متر بعد از محوطه‌شانه، هم برای ایمنی پیاده روی و هم به عنوان سپری برای حفظ روکاری دیوار و لوازم روشنایی در مقابل پیش آمدگی خودروها، مفید است. ممکن است برای پیاده‌ها یا استفاده‌های ویژه دیگر مثل مسیر دوچرخه، تونل‌های جداگانه‌ای تجویز شود.

شکل 4-18، چند نیمرخ مختلف تونل و یک راه نیمه مسقف را نشان می‌دهد. ترافیک جهت‌دار باید به دلایل ایمنی و برای کاهش اثر گیج شدن راننده در ترافیک دوطرفه فضای محدود شده، جدا شود. این جداسازی می‌تواند بوسیله دهانه‌های دوقلو مطابق شکل 4-18-الف، دو طبقه کردن نیمرخ، مطابق شکل‌های 4-18-ب و 4-18-ج یا پله‌ای کردن مطابق شکل 4-18-د انجام شود. در حالت پله‌ای، فضای بالای نیمرخ برای تأمین نور، تهویه و دید، آزاد است. شکل 4-18-ه حالتی را نشان می‌دهد که تونل، زیر ساختمان‌های دامنه کوه ایجاد شده است. حالت نیمه مسقف، مطابق شکل 4-18-و، نور و تهویه را برای راننده فراهم می‌کند و ضمناً تداخل آزاد راه را با مجموعه‌ای که از آن می‌گذرد به حداقل می‌رساند. این نوع نیمرخ در فصل 8، در بخش «آزاد راه های پایین‌گذر» توضیح داده شده است.



شکل 4-18: نیمرخ‌های نموداری تونل

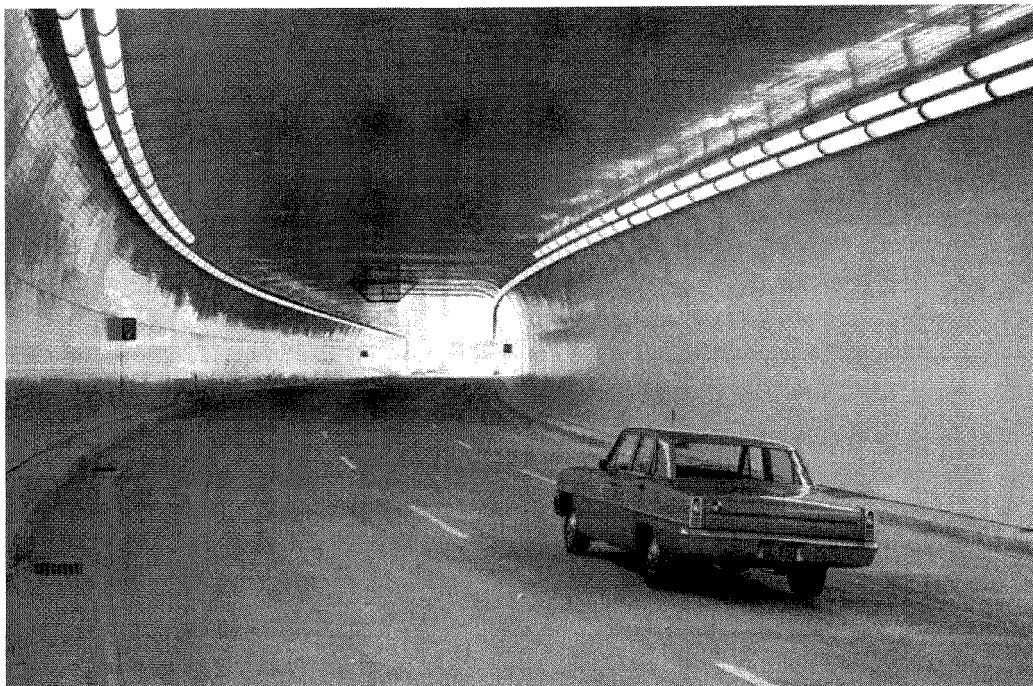
### مثال‌هایی از تونل‌ها

شکل 4-19 احداث تونل آزاد راه، در دامنه کوه را نشان می‌دهد. سردرها بصورت شطرنجی و جذاب طراحی شده‌اند. تبادل در فاصله کافی از تونل قرار می‌گیرند تا برای نصب علائم به نحو کارا و تأمین حرکات لازم جریان عبور فضای مناسبی فراهم شود.

شکل 4-20 فضای داخلی یک تونل سه خطه یک طرفه را نشان می‌دهد. دو ردیف از واحدهای روشنایی در بالای دیواره تونل در این شکل قابل توجه است. ردیف بالای چراغ‌ها، روشنایی مکمل هنگام روز را در دهانه ورودی تأمین می‌کند تا اثر ناگهانی ورود از نور طبیعی به نور مصنوعی را کاهش دهد. کاشی‌های لعابدار روی دیوارها و سقف، سطوح‌های انعکاسی را فراهم می‌کند که درخشندگی و یکنواختی روشنایی را افزایش می‌دهند. عرض جدول تا جدول 12/3 متر همراه با پیاده‌رو ایمن به عرض 0/7 متر در طول هر دیوار تأمین شده است.



شکل 4-19: ورودی تونل آزاد راه



شکل 4-20: داخل تونل سه خطه یک طرفه

## تسهیلات پیاده

### پیاده‌روها

پیاده‌روها جزء متشکله خیابان‌های شهری هستند اما بندرت در راه‌های برون شهری، تأمین می‌شوند. هر چند احتمال تصادف پیاده‌ها در بسیاری از مناطق برون شهری، بدلیل سرعت بالاتر و کمبود روشنایی بیشتر است، اطلاعات موجود نشان می‌دهد که پیاده‌روها در مناطق برون شهری، تصادف پیاده‌ها را کمتر می‌کند.

پیاده‌روها در مناطق برون شهری و حومه شهر در نقاط توسعه یافته اجتماعی مانند نواحی مسکونی، مدارس، مشاغل محلی و کارخانه‌های صنعتی که باعث جمع شدن پیاده در نزدیکی راه یا در طول آن می‌شود، قابل توجه است. وقتی نواحی مسکونی حومه شهر توسعه می‌یابد، تسهیلات ابتدایی راه، برای استفاده از آبادانی ایجاد شده، مورد نیاز است. اما احداث پیاده‌روها گاهی به تعویق می‌افتد. در هر حال اگر فعالیت پیاده‌ها پیش‌بینی شود، پیاده‌روها باید بخشی از ساختن معبر باشند. شانه‌های راه اگر طوری باشند که پیاده را در هر شرایط جوی به استفاده از خود تشویق کنند، ممکن است نیاز به پیاده‌رو را رفع نمایند. اگر پیاده‌روها مورد استفاده قرار گیرند باید از شانه راه جدا باشند. چنانچه پیاده‌روها در سطحی بالاتر از سطح شانه‌ها اجرا شوند نیمرخ عرضی آنها نوعاً به نیمرخ راه شهری نزدیک می‌شود.

در نواحی حومه شهر و مناطق شهری، یک نوار حاشیه‌ای، راه را از خانه‌ها و محل کسب مردم جدا می‌کند. وظیفه اصلی این نوار، فراهم کردن فضایی برای پیاده‌روها است. وظایف دیگر آن فراهم کردن فضایی برای چراغ‌های خیابان، شیرهای آتش نشانی، لوازم خدماتی خیابان و گیاهکاری برای زیبایی و فراهم

کردن نواری به عنوان سپر است. عرض نوار حاشیه‌ای متغیر است اما  $2/4$  متر حداقل عرض قابل قبول است. جوی‌های گود طبیعی ممکن است در این نوارها قرار گیرند و به عنوان جایگزینی مقرون به صرفه برای جدول و جوی استفاده شوند.

عرض پیاده‌روها در مناطق مسکونی ممکن است از  $1/2$  متر تا  $2/4$  متر تغییر کند. عرض حاشیه سبز (درخت کاری شده) بین پیاده‌رو و جدول سواره‌رو، در صورت وجود، باید حداقل  $0/6$  متر باشد تا امکان فعالیت‌های نگهداری و مرمت مهیا باشد. پیاده‌روهایی که تمام عرض نوار حاشیه‌ای را اشغال می‌کنند معمولاً توجیه‌پذیر و اغلب برای محیط‌های تجاری و مجتمع‌های مسکونی چندگانه متصل به هم، نزدیک مدارس و سایر مکان‌های مولد عابر پیاده و بالاخره جایی که عرض نوار حاشیه‌ای محدود است، مناسب هستند. در جایی که پیاده‌روها در کنار جدول واقع می‌شوند عرض‌ها باید تقریباً  $0/6$  متر بیشتر از پیاده‌روهایی باشد که در آنها حاشیه سبز (درخت کاری شده) پیاده‌رو را از جدول جدا می‌کند. این مقدار اضافه، فضایی برای لوازم خدماتی خیابان و محلی برای انباشت برف، خارج از عرض مورد نیاز عابرین پیاده را تأمین می‌کند. همچنین این فضا، در کنار جریان ترافیک، امکان باز شدن درب‌های ماشین‌های پارک شده و جاگیری سپر جلو، در پارکینگ مورب را فراهم می‌کند.

توجیه ساخت پیاده‌روها به امکان تصادف وسایل نقلیه و عابرین پیاده بستگی دارد. مجوزهای مربوط به حجم ترافیک و عابر پیاده، برای احداث پیاده‌روها تعیین نشده است. به طور کلی، هر جا که وضعیت آبادانی زمین و کناره راه، بر رفت و آمد عادی عابرین پیاده در امتداد راه تأثیر داشته باشد، یک پیاده‌رو و یا یک نوار عبور متناسب با شرایط موجود باید فراهم شود.

به عنوان یک راهکار کلی، پیاده‌روها باید در طول هر خیابان و یا راهی که فاقد شانه است ساخته شوند هر چند که تردد عابرین پیاده در آن احتمالاً بسیار کم باشد. در جایی که پیاده‌روها در طول راه‌های پر سرعت ساخته می‌شوند، نوارهای حائل نیز باید در نظر گرفته شوند تا پیاده‌روها را از محل سواره‌رو جدا کنند. پیاده‌روها باید دارای سطوح مناسب با هر نوع آب و هوایی باشند تا هدف مورد نظر را تأمین کنند. بدون در نظر گرفتن این امر، عابرین پیاده از سواره‌رو استفاده خواهند کرد. محل گذر عرضی عابرین پیاده در محیط‌های شهری، بطور منظم مشخص می‌شود ولی در محیط‌های برون‌شهری، این امر به ندرت انجام می‌گیرد. در هر صورت در جایی که دارای تمرکز عابر پیاده است باید از وسایل مناسب کنترل ترافیک استفاده شود و همراه با آن، پیاده‌روهایی در حریم، احداث گردد.

هنگامی که دو مجتمع مسکونی بسیار به هم نزدیک هستند باید دقت شود که آن دو را، با پیاده‌رو به هم مرتبط کرد حتی اگر تردد عابر پیاده احتمالاً کم باشد. این امر باعث می‌شود که از تصادف بین عابر پیاده و وسایل نقلیه در این قسمت از مسیر عبوری، جلوگیری شود.

تسهیلات عابر پیاده مثل پیاده‌روها باید طوری طراحی شود که پاسخگوی نیاز افراد معلول نیز باشد. برای بحث بیشتر در این مورد به بخش‌های گذرگاه‌های غیر هم‌سطح عابر پیاده و پخی‌های جدول پیاده‌روها مراجعه شود.

بطور کلی رهنمودهایی که در این بخش درباره محل‌های ویژه عابرین پیاده مطرح شد، درباره پل‌ها نیز کاربرد دارند. در عین حال به علت هزینه بسیار بالای پل‌ها و ویژگی‌های بهره‌برداری آن‌ها جزئیات محلی رفت و آمد عابرین پیاده بر روی پل‌ها اغلب متفاوت از راه متصل به آن است. مثلاً در جایی که حاشیه سبز (درخت کاری شده) بین پیاده‌رو و سواره‌رو به یک پل می‌رسد، ادامه این حاشیه سبز، به ندرت توجیه‌پذیر است.

وقتی شانه هم کف به یک پل می‌رسد و تردد عابرین پیاده نیز به مقدار بسیار کم پیش‌بینی می‌شود عرض این شانه باید در روی پل ادامه یابد و احتمالاً افزایش پیدا کند تا محدودیتی که توسط نرده‌های پل بر عابرین پیاده اعمال می‌شود جبران گردد. شانه هم کف راه نباید توسط پیاده‌رو بلند، در روی پل‌ها قطع شود در محل‌هایی که چنین وضعیتی از قبل وجود دارد و حذف آن به لحاظ اقتصادی به صرفه نیست، انتهای پیاده‌رو بلند پل باید به صورت پخی (لچکی قائم) 1:20 به شانه متصل گردد.

غالباً مقتضی است که در روگذرهای خیابان و پل‌های طولانی، پیش‌بینی‌هایی برای پیاده‌ها به عمل آید. در خیابان‌هایی که تردد در آنها با سرعت کم انجام می‌شود، یک ردیف جدول عمودی در لبه پیاده‌رو، معمولاً برای جدا کردن آن از جریان عبور وسایل نقلیه کافی است. ادامه ارتفاع جدول باید تا رسیدن به محل سازه‌ها و در روی سازه‌ها حفظ شود. در روی سازه راه‌های با سرعت بالاتر می‌توان از یک نرده محافظ با ارتفاع کافی برای جدا کردن پیاده‌رو و سواره‌رو استفاده کرد. در سمت خارجی پیاده‌روها، باید نرده‌های عابر پیاده و یا شبکه مخصوص عابر پیاده به کار رود. بر روی پل‌های طویل (بیشتر از 60 متر) ممکن است تنها یک پیاده‌رو تعبیه شود. در این حال باید دقت شود که پیاده‌روهای طرفین پل دسترسی نسبتاً مستقیم و ایمن به پیاده‌رو پل را فراهم سازند. ممکن است نصب حصارهایی برای هدایت عابرین پیاده لازم گردد تا از ایجاد هرگونه برخورد بین عابرین پیاده و خودروها جلوگیری به عمل آید.

برای مطالعه درباره مشکلات احتمالی تعبیه حفاظ ترافیکی بین سواره‌رو و پیاده‌رو به بخش قبلی این فصل تحت عنوان « نرده‌های پل » مراجعه شود. برای مطالعه پیرامون طراحی پیاده‌روها برای استفاده معلولین به بخش «پخی‌های (لچکی‌های قائم) جدول پیاده‌رو» در قسمت بعدی این فصل مراجعه شود. راهنمایی‌های پیش‌تر در مورد پیاده‌رو و گذر عابر پیاده را می‌توان در مجموعه‌های « رهنمودهایی در مورد قابلیت دسترسی معلولین امریکایی ADAAG » [24] و « راهنمای برنامه‌ریزی، طرح و بهره‌برداری تسهیلات عابر پیاده، آشتو » [25] یافت.

### گذرگاه‌های غیر همسطح عابر پیاده

گذرگاه‌های غیر همسطح عابر پیاده امکان تقاطع مسیر عابرین پیاده و خودروها، در دو تراز مختلف را فراهم می‌کنند. عبور پیاده از عرض راه، از بالا یا زیر آن انجام می‌گیرد. این گذرگاه‌ها برای عابرین پیاده، جان‌پناه مناسبی را فراهم می‌کند تا بدون هیچگونه تلاقی با وسایل نقلیه از یک طرف به طرف دیگر خیابان یا راه عبور کنند. جدا کردن مسیر عابر پیاده باید در جایی انجام شود که حجم تردد عابر پیاده، حجم ترافیک، ظرفیت تقاطع‌ها و دیگر شرایط، ایجاد چنین راه حلی را توجیه کند، البته چند تعیین محل و طراحی خاص گذرگاه غیر همسطح عابر پیاده نیازمند مطالعات جداگانه در هر مورد است. گذرگاه‌های غیر همسطح عابر پیاده در محل‌هایی مانند مراکز تجاری، کارخانه‌ها، مدارس و مکان‌های ورزشی، که اوج تردد عابر پیاده همراه با ترافیک ملایم تا سنگین خودروها وجود دارد و نیز در حالتی که پیاده‌ها، در صورت عدم احداث آن با خطر یا ناراحتی غیر متعارف روبرو می‌شوند، قابل توجیه است. گذرگاه غیر همسطح و معمولاً روگذر، ممکن است در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، در محلی که خیابان‌های متقاطع، به پایان می‌رسد، لازم گردد. در بسیاری از آزادراه‌ها، روگذر خیابان‌های متقاطع معمولاً در فواصل سه تا پنج خیابان (بلوک) منظور می‌شود. چون این وضعیت برای عابرینی که می‌خواهند آزاد راه را در انتهای خیابان‌های بن‌بست شده، قطع کنند، مشکلات زیادی را به وجود

می‌آورد، می‌توان از پل عابر پیاده استفاده کرد. قوانین و ضوابط محلی، ایالتی و یا فدرال باید برای بررسی معیارهای اضافی احتمالی مورد احتیاج و همچنین رهنمودهای اضافی طراحی مورد بازبینی قرار گیرند.

در جایی که راه‌های کناری در مجاورت راه شریانی قرار دارند، گذرگاه‌های عابر پیاده ممکن است برای مجموعه سواره‌روها و یا فقط برای راه عبوری طراحی شوند. در صورتی که راه‌های کناری حجم تردد کم و نسبتاً کندی داشته باشند، ایجاد گذرگاه غیرهمسطح برای مجموعه سواره‌روها ممکن است توجیه نداشته باشد. با این حال، در برخی موارد، گذرگاه باید در محل راه کناری نیز ادامه یابد. در تقاطعی که گذرگاه غیر همسطح پیش‌بینی نشده، ممکن است استفاده از حصار، برای جلوگیری از گذر عابرین از عرض راه شریانی مورد نیاز باشد.

گذرگاه‌های عابر پیاده و یا سازه‌های روگذر در محل خیابان‌های شریانی در صورتی ممکن است مورد استفاده عابرین پیاده قرار گیرند که آن‌ها به این مطلب پی برند که استفاده از چنین امکاناتی برای آن‌ها راحت‌تر از عبور از سواره‌رو است. بطور کلی از نظر عابرین پیاده استفاده از زیرگذرها ناخوشایندتر است. این اکراه در صورتی ممکن است به حداقل برسد که زیرگذر در امتداد ورودی پیاده‌رو قرار گیرد و پیاده‌رو به نحوی با شیب ملایم به طرف زیرگذر هدایت شود که پیوسته به زیرگذر دید داشته باشد. میدان دید کافی و روشنایی مناسب برای افزایش احساس امنیت در زیرگذرها لازم است. در مورد زیرگذرهای بسیار طولانی، ممکن است تهویه مورد نیاز باشد.

شیب‌راهه عابر پیاده باید در تمام پل‌های عابر پیاده ایجاد شود. در مکان‌هایی که لازم و امکان‌پذیر باشد می‌توان علاوه بر شیب‌راهه، راه پله را نیز فراهم کرد. استفاده از بالابر (آسانسور) در مواردی که طول شیب‌راهه منجر به دشواری تردد افراد سالم و یا معلول شود باید مد نظر قرار گیرد.

عرض گذرگاه‌های غیر همسطح عابر پیاده باید حداقل 2/4 متر باشد. گذرگاه‌هایی با عرض بیشتر در مکان‌هایی که حجم تردد عابر پیاده خیلی زیادی دارند، مثل مناطق مرکزی شهرهای بزرگ و یا اطراف مجموعه‌های ورزشی، ممکن است مورد احتیاج باشد.

مشکل جدی روگذرهای عابر پیاده و پل‌های هوایی دارای پیاده‌رو، وجود افراد مزاحمی است که ممکن است از روی مکان‌های مذکور بر روی وسایل نقلیه عبوری که از زیر این ساختارها تردد می‌کنند اشیائی پرتاب کنند. پیامدهای پرتاب اشیاء از روی پل‌ها ممکن است بسیار خطرناک باشد. در واقع گزارش‌های مکرری در خصوص مرگ و میرها و جراحت‌های شدید ناشی از این نوع مزاحمت‌ها وجود دارد. هنوز وسیله و یا روش عملی که بتواند در سطح بین‌المللی برای منع افراد از پرتاب اشیاء از روی روگذرها مورد استفاده قرار گیرد، وجود ندارد. مثلاً اشیاء کوچک از طریق منافذ توری‌ها قابل پرتاب هستند. یک عامل بازدارنده مؤثر می‌تواند استفاده از پرده‌های پلاستیکی محکم باشد، هر چند این نوع پلاستیک‌ها گران بوده و به نحو غیر قابل‌تحملی در تابستان گرم می‌شوند. آنها همچنین مسیر عبور عابرین پیاده را تاریک می‌کنند و ممکن است باعث وادار کردن افراد به ارتکاب انواع دیگری از جرایم شوند. روگذر پیاده کاملاً بسته، این خطر را نیز دارد که ممکن است کودکان روی قسمت فوقانی آن قدم بزنند یا بازی کنند. در مناطق دارای برف و یخبندان، احتمال اینکه تکه‌های برف و یخ آب شده از روگذر مسقف به سمت راه سقوط کند، باید در نظر گرفته شود.

در حال حاضر، برقرار کردن مجوزهای قطعی در مورد این که کی و کجا باید حفاظ نصب شود که پرت کردن اشیاء از بالای پل روگذر به سمت راه را منع نماید، عملی نیست. نیاز کلی رعایت جنبه‌های اقتصادی در طرح و تمایل به دور نگه‌داشتن وضعیت آزاد روگذر از محدودیت ناشی از حصار باید دقیقاً در برابر نیاز به تأمین بهره‌برداری ایمن، هم برای رانندگان و هم برای عابرین پیاده سنجیده و متعادل شود.



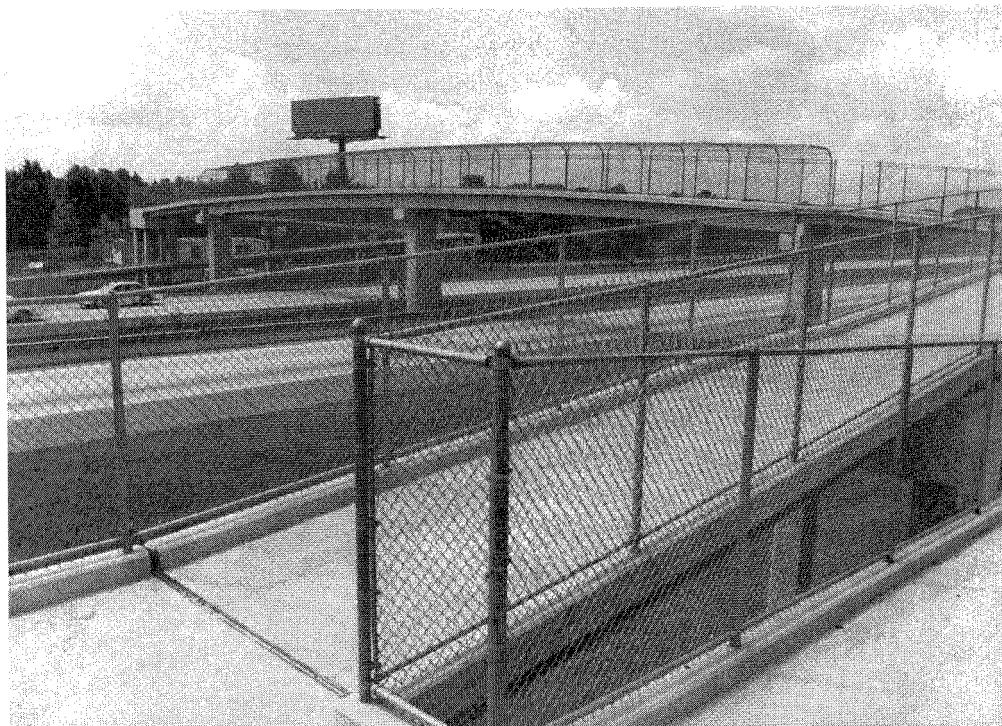
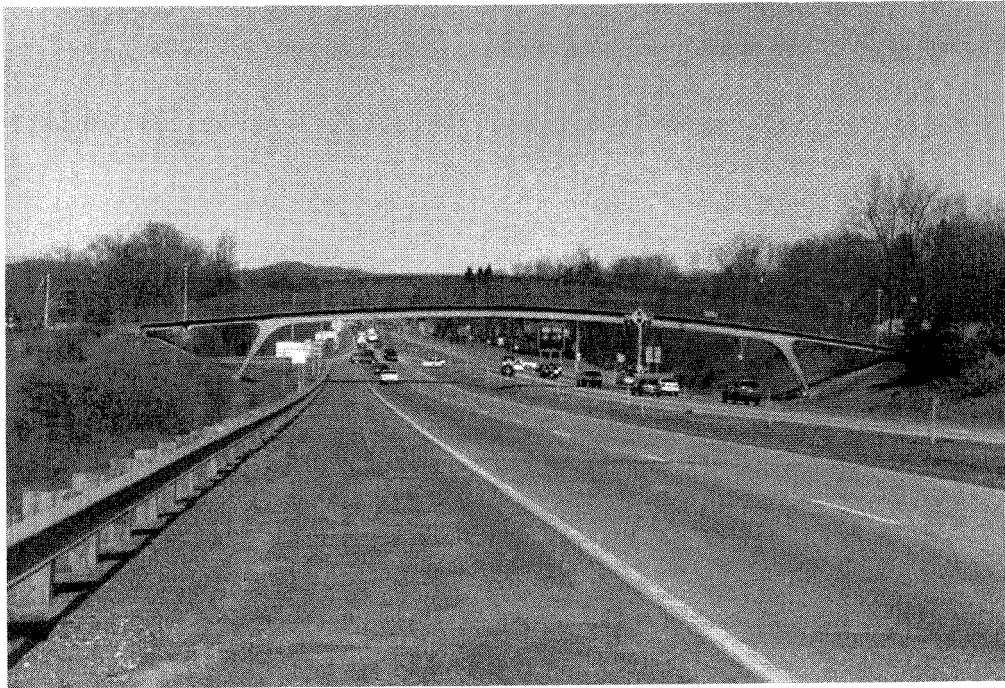
مکان‌هایی که برای آنها حتماً باید به هنگام ساختن روگذر، حفاظ در نظر گرفت عبارتند از:

- روگذرهایی که نزدیک مدارس، زمین بازی و یا جاهای دیگری که انتظار می‌رود روگذر، مکرراً توسط کودکانی که همراه والدینشان نیستند مورد استفاده قرار گیرند.
  - کلیه روگذرهای واقع در محوطه‌های بزرگ شهری که منحصراً توسط عابرین پیاده استفاده می‌شوند و به آسانی و تحت نظارت پلیس قرار نمی‌گیرند.
  - روگذری که سابقه حوادث در سازه‌های همجوار آن لزوم استفاده از حفاظ را ایجاب می‌کند.
- همچنین حفاظ‌ها باید بر روی روگذرهای موجود که سابقه پرتاب اشیاء از روی آنها وجود دارد و مواردی که مسلم به نظر می‌رسد که افزایش نظارت، نصب علائم هشداردهنده و یا دستگیری چند نفر از مرتکبین خلاف نمی‌تواند مشکل را کاهش دهد، نصب شود.
- اطلاعات کاملتر درباره استفاده از پرده‌های محافظ در روگذرهای عابر پیاده در « راهنمای طرح کناره راه، آشتو » آمده است.
- شکل 4-21، دو نمونه از روگذرهای عابر پیاده، در راه های مهم را نشان می‌دهد.

### پخی‌های جدول پیاده‌روها

هنگامی که طراحی پروژه‌ای شامل جدول‌ها و پیاده‌روهای مجاور باشد، باید احتیاجات افراد معلول که وسایل نقلیه آنها صندلی چرخدار و وسایلی از این قبیل است، مورد توجه قرار داشته باشد [26]. تقاطع خیابان با جدول‌های دارای شیب تند نمی‌تواند برای افراد معلول مانعی ایجاد کند. در واقع، دسترسی معقول و کافی را می‌توان از طریق پخی‌های جدول پیاده‌رو فراهم کرد. جزئیات طراحی پیاده‌رو و پخی-های جدول برای صندلی چرخدار، با توجه به عوامل زیر تغییر می‌کند:

- عرض پیاده‌رو
  - محل پیاده‌رو نسبت به جبهه پشت جدول
  - ارتفاع و عرض نیمرخ عرضی جدول
  - شعاع گردش طرح و طول قوس در امتداد جبهه جدول
  - زاویه تقاطع‌های خیابان
  - مکان‌های موجود یا پیش‌بینی شده برای نصب علائم و لوازم چراغ راهنمایی
  - دریچه‌های ورود آب بارش و دریچه‌های بازدید خطوط انتقال نیرو
  - موانع بالقوه دید
  - عرض خیابان
  - عرض حاشیه (کناره)
  - شیب خیابان به همراه شیب پیاده‌رو، جدول، پخی و جوی
- در نتیجه، انواع اصلی پخی جدول براساس ویژگی‌های هندسی هر تقاطع تعیین شده و مورد استفاده قرار گرفته است. در حال حاضر، ADAAG [24] پخی جدول را با عرض حداقل 0/9 متر و حداکثر شیب 8/33 درصد توصیه می‌کند. شیب عرضی در پیاده‌روهای مجاور نباید بیش از 2 درصد باشد. در بالای هر پخی جدول یک محل ورود صاف و مسطح مورد نیاز است. علاوه بر آن

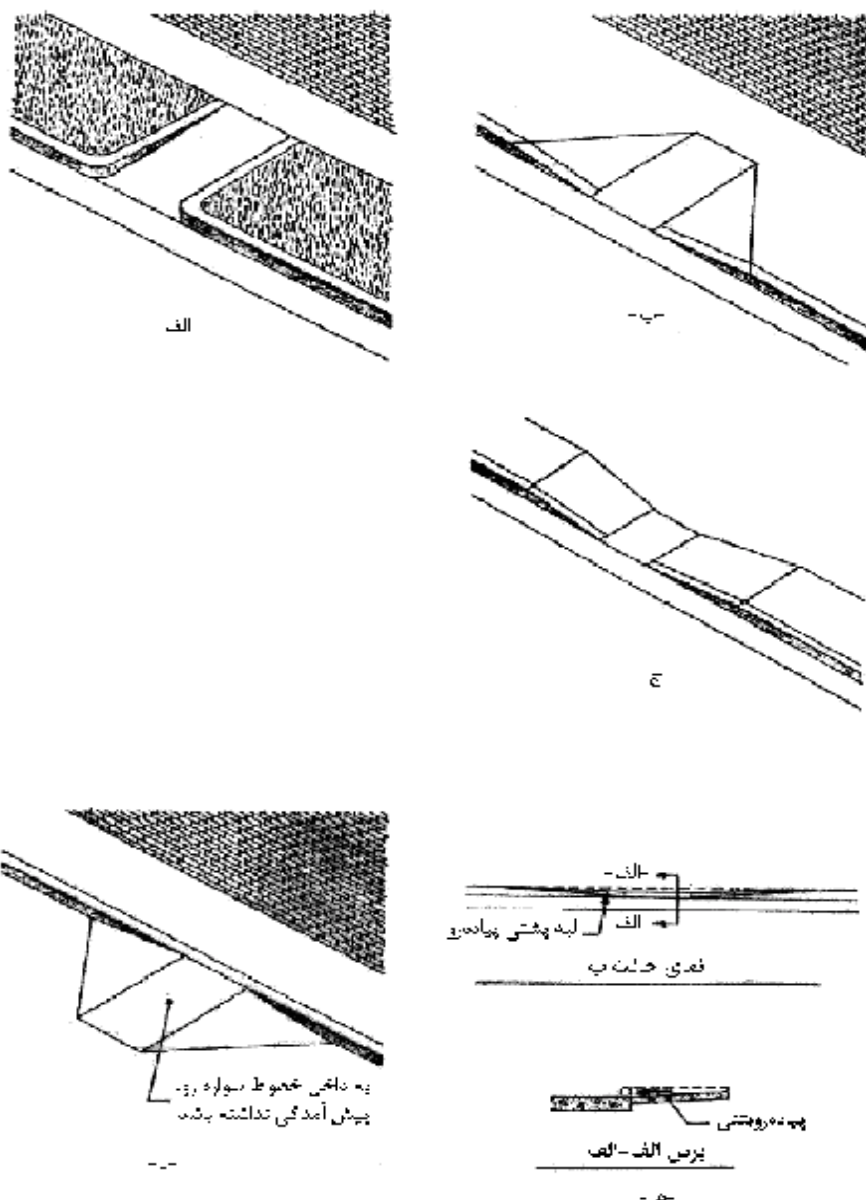


شکل 4-21: روگذرهای عابر پیاده متعارف در راه‌های مهم

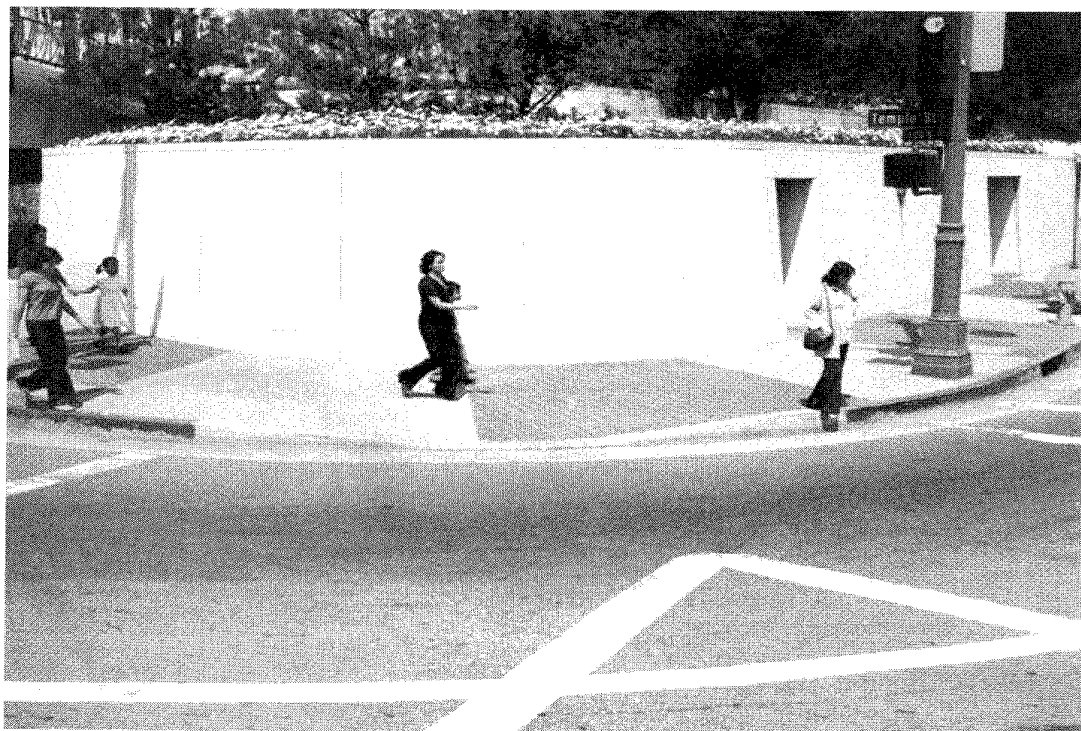
باریکه‌های هشداردهنده قابل تشخیص به عرض 0/6 متر طبق ADAAG، در پایین پخی‌های جدول برای بهبود قابلیت تشخیص افرادی که ناتوانی دید دارند توصیه می‌شود.

شکل 4-22 طرح‌های مختلف پخی جدول پیاده‌رو را نشان می‌دهد. شکل شماره 4-22-الف وضعیتی را نشان می‌دهد که کل اختلاف تراز سطح‌ها در خارج از پیاده‌رو تأمین شده است. این وضعیت، مطلوب است زیرا دیگر لازم نیست کسی در محوطه پخی، پیاده‌روی کند. در این حالت، اگر وجود محدودیت‌های منظر

در بسیاری از مکان‌هایی که پیاده‌رو مورد احتیاج است، پخی جدول باید در پیاده‌رو گنجانده شود همانطور که در شکل‌های 4-22-ب و 4-22-ج ملاحظه می‌گردد. شکل 4-22-ب طرحی عادی با فضای کافی برای اعمال شیب پخی جدول را نشان می‌دهد. شکل 4-22-ج نمونه ای است از مکانی که محدودیت عرض باعث شده که پخی جدول به طور کامل در داخل فضای پیاده‌رو قرار گیرد.



شکل 4-22: جزئیات پخی جدول پیاده رو



شکل 4-23: پخی جدول پیاده رو در وسط شعاع (قوس)

هنگامی که سایر گزینه‌ها عملی نباشند، پخی جدول ساختگی، مطابق شکل 4-22-د مورد استفاده قرار خواهد گرفت. با این حال، پخی جدول نباید به داخل سواره‌رو پیشامدگی داشته باشد. همچنین اگر توجه شود، این راه حل ممکن است تأثیر نامطلوبی بر تخلیه آب‌ها داشته باشد.

محوطه پخی جدول ساختگی باید ایمن باشد و پخی ساختگی تنها در جایی به کار رود که معبر دارای خط توقف باشد.

محل پخی جدول پیاده‌رو باید به دقت با محل گذر عرضی عابر پیاده هماهنگ شود. با این کار، باید اطمینان حاصل شود که پایین پخی جدول در مرز خط‌کشی‌های موازی گذر عرضی عابر پیاده قرار می‌گیرد. کف پخی جدول باید بر سطح جدول عمود باشد و حداقل کجی را در پیاده‌رو، پخی جدول و قسمت تغییر یافته خیابان ایجاد کند.

شکل 4-23 نمونه‌ای از یک پخی جدول پیاده‌رو را در وسط قوس جدول نشان می‌دهد. در مکان‌هایی که ترافیک عابر پیاده و یا وسایل نقلیه ملایم تا زیاد است، استفاده از این ترکیب پیشنهاد نمی‌شود. چنین ترکیبی، استفاده‌کنندگان از پخی جدول را مجبور می‌کند تا به صورت مورب وارد تقاطع شوند و شاید آنها را منحرف کرده در معرض تصادف با وسایل نقلیه هر دو سو قرار دهد. این وضعیت برای افرادی که دارای ناتوانی دید هستند نگران‌کننده است. شکل 4-24 پخی‌های جدول پیاده‌رو را در انتهای قوس جدول نشان می‌دهد.

پخی جدول برای افراد معلول، تنها به تقاطع‌ها و محل‌های گذر عرضی خط‌کشی شده محدود نمی‌شود. آن‌ها را باید در سایر نقاط مناسب و مشخص که تمرکز عابر پیاده وجود دارد مثل محل‌های پیاده و سوارشدن مسافر و گذرهای عرضی انشعاب‌ها، فراهم نمود. چون گذر عرضی عابر پیاده، در غیر محل تقاطع، بطور کلی برای رانندگان غیر منتظره می‌باشد باید در چنین محل‌هایی علائم اخطار، نصب و توقف را ممنوع کرد. برای کسب اطلاعات بیشتر به MUTCD [8]، ADAAG [24] و «راهنمای برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری تسهیلات پیاده» [25] مراجعه شود.

شکل 4-25 یک پخی جدول پیاده‌رو در محل انشعاب را نشان می‌دهد. پخی‌های جدول باید سطح غیر لغزنده داشته باشند.

همانطور که در شکل 4-26 نشان داده شده است وقتی یک راه مهم یا راه متقاطع فرعی دارای ترافیک پیاده باشد و طرح هندسی راه شامل جزایر یا میانه‌های برآمده باشد مسیر افقی باید شامل پخی‌های جدول برای اشخاص معلول و ناتوان باشد. در جزایری به عرض کمتر از  $1/2$  متر استفاده کنندگان از صندلی چرخدار به علت آسیب‌پذیری در مقابل ترافیک نمی‌توانند با ایمنی پناه بگیرند. عرض جزیره  $1/8$  متر، یک عرض مطلوب است.

هر تقاطع برحسب زاویه‌های تقاطع، عرض راه‌های گردشی، اندازه جزایر، دریچه‌های تخلیه آب وسایل کنترل ترافیک و دیگر متغیرهایی که قبلاً توضیح داده شد، متفاوت خواهد بود. بنابراین یک مسیر افقی مناسب باید تهیه شود که تمامی طرح‌های هندسی مطلوب و شامل نیمرخ‌های عمودی خط جریان جدول را نشان دهد. سپس این مسیر افقی باید مورد ارزیابی قرار گیرد تا محل‌های مناسب و ایمن پخی‌ها برای استفاده معلولین، تعیین گردد. دریچه‌های ورود آب سطحی باید در سمت بالادست همه گذرهای عرضی و پخی‌های پیاده‌رو قرار گیرد. این عملکرد طراحی بر الگوی‌های گذر عابر پیاده، خطوط ایست و علائم انتظامی حاکم است و در نوسازی‌ها مطلوب‌ترین محل پایه‌های چراغ راهنمایی را تعیین می‌کند.

پخی‌های جدول باید در تمامی تقاطع‌هایی که دارای جدول و پیاده‌رو می‌باشند حتی اگر شیب راه از شیب مجاز پیاده‌رو بیشتر باشد، تأمین شود. این وضعیت، حرکت صندلی‌های چرخدار را آسان می‌کند. برای کسب اطلاعات بیشتر درباره پخی‌های جدول پیاده‌رو برای اشخاص معلول می‌توان به ADAAG [24]، «راهنمای برنامه‌ریزی، طرح و بهره‌برداری تسهیلات پیاده، آشتو» [25]، و «طراحی پیاده‌روها و باریکه‌های دسترسی، بخش 1: مرور رهنمودها و تجارب موجود [27] و «بخش 2: بهترین راهنمای تجربی طراحی» [28] مراجعه کرد.

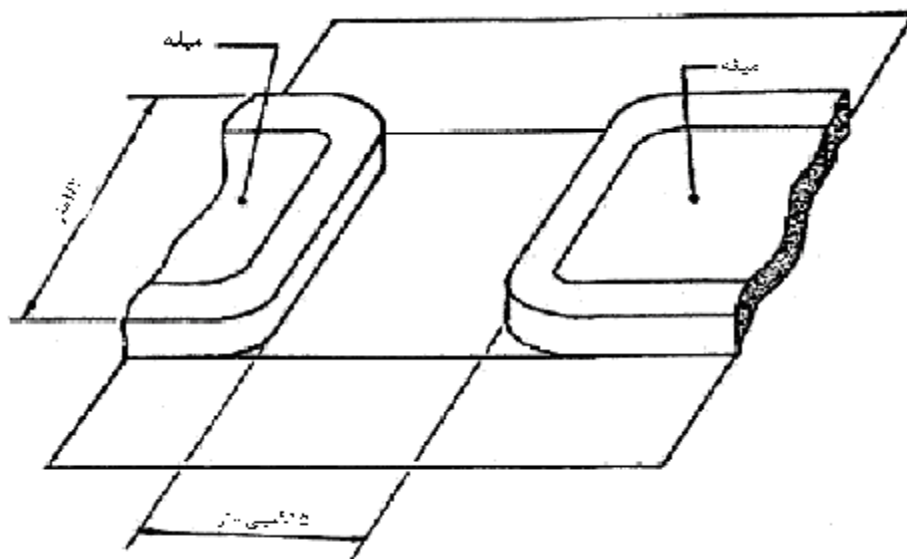




شکل 4-24: پخی جدول پیاده رو در انتهای قوس جدول



شکل 4-25: پخی جدول پیاده رو در محل انشعاب



شکل 4-26: دروازه میانه و جزیره

### معابر دوچرخه

مهمترین معابر مورد نیاز برای دوچرخه‌سواری می‌تواند، وضع موجود راه‌ها و خیابان‌ها باشد، البته در بعضی محل‌ها یا مسیرها طراحی دوچرخه‌رو جداگانه مناسب است.

احداث دوچرخه‌روها باید مطابق با «راهنمای احدات معابر دوچرخه، آشتو» [7] باشد. حتی اگر معابر ویژه دوچرخه فراهم شده باشد باید افزودن تدارکات عملی برای سفر با دوچرخه در راه مدنظر قرار گیرد داده شود.

فصل 2 توضیحات بیشتری را در این باره ارائه می‌دهد.

## پهلوگیرهای اتوبوس

یکی از گونه‌های حمل و نقل عمومی که اهمیت فزاینده‌ای دارد، سفر با استفاده از اتوبوس است. نقش پهلوگیرها، جدا کردن محل توقف اتوبوس از سواره‌رو است. محل پهلوگیرها و طراحی آنها باید دسترسی بدون معطلی را با ایمن‌ترین و کاراترین روش عملی تأمین کند.

### آزادراه‌ها

هدف اصلی طراحی پهلوگیر اتوبوس در آزادراه‌ها، تأمین فضایی برای کاهش سرعت، توقف و افزایش سرعت مجدد اتوبوس‌ها در سطح رویه‌دار خارج سواره‌رو است. سایر اجزاء طرح پهلوگیر عبارتند از: سکوه‌های مسافر، شیرابه‌ها، پلکان‌ها، نرده‌ها، علائم و خط‌کشی‌ها. طول خطوط تغییر سرعت باید به اندازه‌ای باشد که اتوبوس بتواند تقریباً با میانگین سرعت حرکت راه از مسیر اصلی خارج و یا به آن وارد شود، بدون آنکه برای مسافرن ناراحتی بوجود آید. طول مسیر افزایش سرعت اتوبوس از محل پهلوگیر باید تا حد امکان بیش از مقادیر حداقل باشد، زیرا ظرفیت سرعت‌گیری اتوبوس با توجه به میزان بار آن کندتر از وسایل نقلیه سبک است. خطوط کاهش سرعت با طول معمولی مناسب هستند. عرض ایستگاه‌های اتوبوس و خطوط تغییر سرعت، با احتساب شانه، باید 6 متر در نظر گرفته شود تا اتوبوس‌ها بتوانند از کنار اتوبوس متوقف عبور کنند. محوطه پهلوگیر باید از لحاظ رنگ و بافت با سواره‌رو عبوری تفاوت داشته باشد تا خودروهای عبوری از تجاوز یا ورود به آن خودداری کنند.

نوار حایل بین لبه خارجی شانه آزاد راه و لبه خط پهلوگیر تا جایی که ممکن است باید عریض باشد ترجیحاً 6 متر و یا بیشتر. با این حال در موارد خاص، این عرض را می‌توان به 1/2 متر کاهش داد. معمولاً در منطقه حایل، استفاده از حفاظ لازم است و نصب توری نیز مطلوب است، تا عابرین پیاده را از وارد شدن به آزاد راه باز دارد. عرض سکوه‌های سوار کردن مسافر نباید کمتر از 1/5 متر داشته باشند و بهتر است عرض آنها 1/8 متر تا 3 متر باشد. برخی شرایط آب و هوایی، سرپوشیده کردن سکوها را تجویز می‌کند. شکل 4-27 مقطع عرضی نمونه یک پهلوگیر را نشان می‌دهد که شامل یک نیم‌رخ عادی، یک نیم‌رخ زیرگذر و یک نیم‌رخ سازه بالاگذر است.

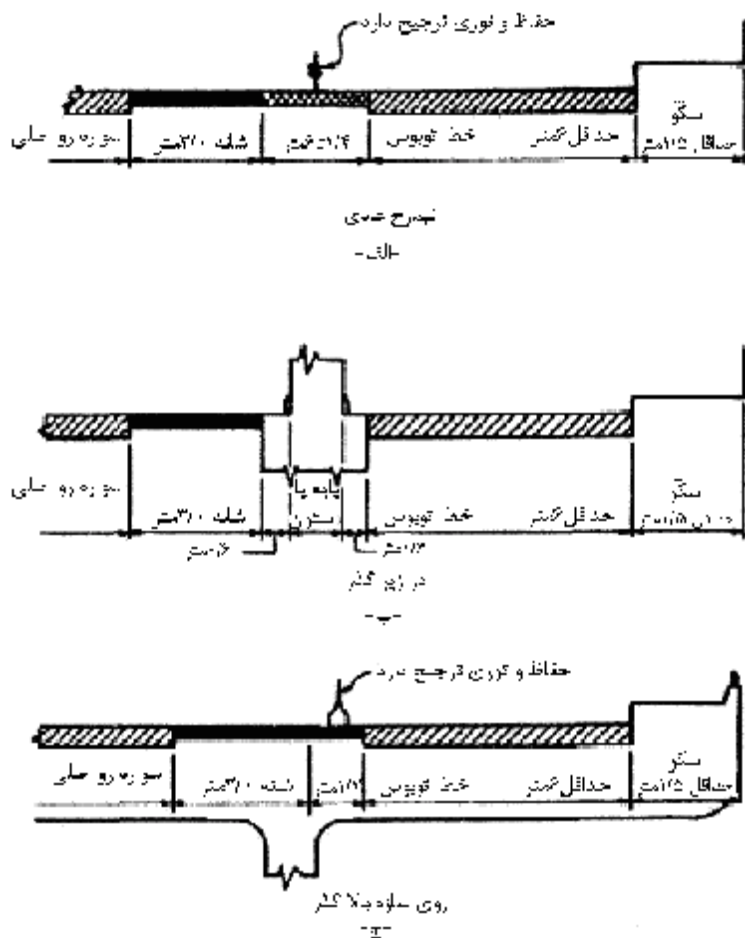
### شریانی‌ها

در شریانی‌ها، تداخل بین اتوبوس‌ها و سایر وسایل نقلیه با ایجاد پهلوگیر، به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. به ندرت اتفاق می‌افتد که در خیابان‌های شریانی درجه دو، حریم کافی برای احداث پهلوگیر در حاشیه مسیر وجود داشته باشد. با این حال از هر فرصتی برای نیل به این مقصود باید استفاده کرد.

برای اینکه پهلوگیرها کارایی کامل داشته باشند باید شرایط زیر فراهم باشد: 1- خط کاهش سرعت یا لچکی برای امکان ورود آسان به محل سوار و پیاده کردن مسافر 2- فضای کافی توقف، برای جاگیری حداکثر تعداد اتوبوس‌هایی که انتظار می‌رود در یک زمان محل را اشغال کنند، 3- خط پیوند که بازگشت اتوبوس به سواره‌رو عبوری را امکان‌پذیر نماید.

خط کاهش سرعت باید دارای لچکی ملایمی باشد تا راننده را قبل از توقف، به فاصله گرفتن کامل از خط عبوری وادار کند.

معمولاً تأمین طول کافی برای آنکه کاهش سرعت در خارج از سواره‌رو عبوری انجام شود، عملی نیست. نسبت طول به عرض حدود 5:1، مقدار حداقل مطلوب است. وقتی ایستگاه اتوبوس خارج از تقاطع قرار گرفته باشد، می‌توان محوطه تقاطع را به عنوان محوطه ورود تا حالت توقف، منظور کرد. در محل سوار و پیاده شدن مسافر، باید طولی در حدود 15 متر برای هر اتوبوس تأمین شود و عرض آن حداقل 3 متر باشد، البته 3/6 متر بهتر است. لچکی پیوند یا لچکی ورود مجدد ممکن است قدری تندتر از لچکی کاهش سرعت باشد اما بهتر است تندتر از 3:1 نباشد. وقتی پهلویی قبل از تقاطع است، عرض راه متقاطع معمولاً به اندازه‌ای است که فضای مورد نیاز برای پیوستن به ترافیک عبوری را فراهم می‌کند. حداقل طول کل پهلویی برای محوطه مسافرگیری دو اتوبوس باید در حدود 55 متر برای ایستگاه کنار معبر، 45 متر برای ایستگاه نزدیک معبر و 40 متر برای ایستگاه دور از معبر باشد.



شکل 4-27: پهلویی‌های اتوبوس

این ابعاد برای عرض محوطه 3 متر است. برای عرض 3/6 متر، باید آنرا 4 تا 5 متر افزایش داد. طول‌های بیشتر پهلویی، مانور اتوبوس را تسهیل می‌کند، رانندگان اتوبوس را کاملاً راضی می‌کند و تداخل با ترافیک عبوری را کاهش می‌دهد.

شکل 4-28، پهلویی اتوبوس در کنار خیابان را نشان می‌دهد. عرض آن 3 متر و طول آن با لچکی‌ها، 63 متر است. لچکی کاهش و افزایش سرعت، نسبت 4:1 دارد.

برای کسب اطلاعات بیشتر درباره پهلویی‌های اتوبوس، به «راهنمای معابر وسایل نقلیه پر سرشین، آشتو» [29] و «راهنمای جانمایی و طراحی ایستگاه‌های اتوبوس» [30] مراجعه شود.



## تسهیلات پارک سوار

### مکان یابی

تسهیلات پارک سوار باید در کنار خیابان ها یا راه ها قرار داده شود و برای مسافرین روزمره که از آنها استفاده می کنند، قابل رؤیت باشد. بهتر است پارکینگ ها قبل از گلوگاه ها یا نقاطی که تراکم قابل ملاحظه ای وجود دارد، قرار گیرند. این ها باید تا جایی که می شود در نزدیکی مناطق مسکونی قرار داده شوند تا سفر وسایل نقلیه تک سرنشین را به حداقل برسانند. تسهیلات پارک سوار باید به اندازه کافی دور از یکدیگر در نظر گرفته شوند زیرا هزینه های تملک زمین غیر قابل اجتناب است.



شکل 4-28: پهلوگیر اتوبوس در کنار خیابان

علاوه بر آن دسترسی عابرین پیاده و دوچرخه سواران به تسهیلات پارک سوار باید در نظر گرفته شود. سایر مواردی که بر محل پارکینگ اثر دارند عبارتند از: آثار محل، کاربری زمین های اطراف، ظرفیت موجود شبکه ارتباطی بین راه و مکان های پیشنهاد شده، وضعیت پستی و بلندی زمین ها و هزینه های تملک زمین.

### طرح

اندازه توقفگاه پارک - سوار، به حجم طرح، محوطه های موجود و همچنین تعداد و اندازه سایر توقفگاه ها در محدوده مورد نظر بستگی دارد. 20 تا 60 فضای توقف، حدود منطقی برای احداث پارک سوار را ارائه می کند.

هر یک از محوطه‌های توقفگاه باید در نزدیک ورودی ایستگاه دارای امکانات پیاده کردن مسافر و همچنین محلی برای توقف‌های کوتاه‌مدت برای سوار کردن مسافر باشند. این محل باید کاملاً از مکان‌های پارک - سوار مجزا باشد.

باید به مکان‌هایی برای پیاده و سوار شدن مسافر اتوبوس، تاکسی‌سرویس‌ها، پارکینگ دوچرخه و پارکینگ ویژه برای افراد معلول، توجه داشت. تلاقی عابرین پیاده و وسایل نقلیه باید به حداقل برسد. نوارهای پارکینگ باید بر مسیر اتوبوس عمود باشند تا عابرین پیاده مجبور به گذر از عرض معبر بین آن‌ها نباشند. تمام مسیرهای اتوبوس باید حداقل دارای عرض 6 متر باشند تا در صورت توقف یک اتوبوس در مسیر، سایر اتوبوس‌ها بتوانند از کنار آن عبور کنند. فضاهای توقف برای خودرو با اندازه معمولی، باید به ابعاد  $2/7 \times 6$  متر باشد. در صورتی که قسمت معینی از توقفگاه برای سواری‌های کوچک در نظر گرفته شود، فضاهای به ابعاد  $2/4 \times 4/5$  متر کافی است. پارکینگ‌هایی که برای افراد معلول در نظر گرفته می‌شوند باید طبق ADAAG [24] باشند.

پیاده‌روها باید حداقل دارای عرض  $1/5$  متر و محل‌های سوار و پیاده کردن مسافر باید حداقل دارای عرض  $3/6$  متر باشند. مکان‌های اصلی سوار و پیاده کردن مسافر باید دارای پخی جدول پیاده‌رو باشند. بهتر است، عابرین پیاده بیش از 120 متر پیاده‌روی نکنند گرچه در حالات خاص ممکن است مسیرهای کمی طولانی‌تر هم مجاز باشد. مسیرهای عابرپیاده از محل توقف تا محل سوار شدن باید حتی الامکان مستقیم باشد. امکانات قفل کردن دوچرخه در جاییکه احتیاج است باید در نظر گرفته شود.

شیب محوطه پارکینگ باید به گونه‌ای تنظیم شود که تخلیه آب‌های سطحی به نحو مؤثری انجام گردد. شیب مسیرهای تردد وسایل نقلیه در داخل پارکینگ‌ها حداقل یک درصد و میزان مطلوب آن 2 درصد و حداکثر آن 5% توصیه می‌شود. از شیب‌های بیشتر از 8% به موازات طول وسایل نقلیه پارک شده باید اجتناب کرد. برای در نظر گرفتن حداکثر شیب قابل قبول، شرایط آب و هوایی باید در نظر گرفته شود. شعاع در نظر گرفته شده برای مسیرهای تردد وسایل نقلیه در محوطه پارکینگ و راه‌های دسترسی باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا جاگیری وسایل نقلیه‌ای را که قرار است خدمت رسانی کنند، امکان‌پذیر نماید. دسترسی به پارکینگ باید در محل‌هایی باشد که برای تردد وسایل نقلیه عبوری، اختلال کمتری ایجاد کنند. محل دسترسی باید حداقل 90 متر از تقاطع‌های دیگر فاصله داشته باشد و برای وسایل نقلیه‌ای که به پارکینگ وارد و یا از آن خارج می‌شوند باید دید کافی وجود داشته باشد و این به آن معنا است که خروجی‌ها و ورودی‌ها نباید در قوس‌های عمودی محدب قرار بگیرند و حداقل باید 90 متر دید جانبی وجود داشته باشد.

بازاء هر 500 جایگاه خودرو در پارکینگ، حداقل باید یک خروجی و ورودی وجود داشته باشد. در صورت امکان ورودی‌ها و خروجی‌ها باید در مکان‌های مجزا و با دسترسی به خیابان‌های جداگانه ایجاد شوند و ترجیحاً امکاناتی برای دسترسی به وسایل نقلیه عمومی ایجاد شود. همچنین بهتر است دسترسی وسایل نقلیه عمومی، مجزا باشد.

خمیدگی‌های جدول باید حداقل دارای شعاع 9 متر باشند. گرچه برای دسترسی اختصاصی وسایل نقلیه سبک  $4/5$  متر، مناسب است.

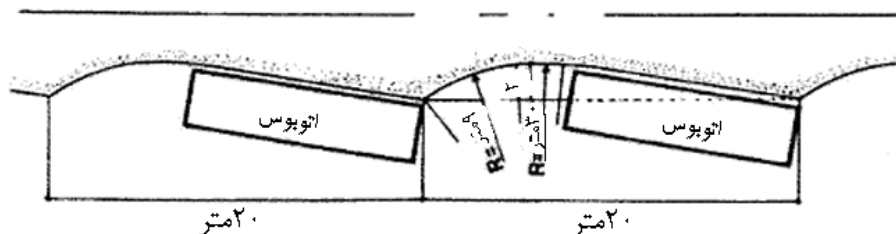
مکان‌های اصلی سوار کردن مسافر باید برای حفاظت از استفاده‌کنندگان وسایل نقلیه عمومی دارای سایبان باشد. چنین جایگاه‌هایی باید دارای حداقل فضای لازم برای جاگیری مسافران در غیر ساعت اوج باشد و در صورت امکان فضای وسیعتری برای این کار اختصاص یابد. برای تعیین ابعاد سایبان، تعداد مسافرانی که قرار است از جایگاه استفاده کنند در ضریب  $0/3$  تا  $0/5$  متر مربع ضرب شود. از آنجایی که

جایگاه ممکن است بعداً به نحو نسبتاً آسان، توسعه یابد (البته به شرطی که فضای کافی بر روی سکو در نظر گرفته شده باشد)، ساختن جایگاهی که از همان آغاز قابلیت خدمت‌دهی به همهٔ مسافران را داشته باشد چندان ضروری به نظر نمی‌رسد. امکاناتی که برای جایگاه ویژهٔ مسافران مورد نیاز است عبارتند از: روشنایی، نیمکت، اطلاعات مسیر، مکان‌های ویژهٔ زباله و تلفن.

طرح محوطهٔ سوار شدن به اتوبوس ممکن است موازی یا دنده اراهی باشد و بهترین طرح به تعداد اتوبوس‌هایی که انتظار می‌رود از امکانات مذکور استفاده کنند بستگی دارد. در جایی که انتظار می‌رود بیش از دو اتوبوس به طور همزمان از یک مکان استفاده کنند، طرح دنده اراهی، برتری دارد زیرا رد شدن از اتوبوس متوقف، آسان‌تر است. طرح توصیه شده برای آرایش دنده اراهی در شکل 4-29 نشان داده شده است. طول فضای مورد نیاز برای طرح‌های موازی 29 متر است. این طول امکان سوار کردن مسافر را برای دو اتوبوس فراهم می‌کند. برای هر فضای اضافی 14 متر مورد نیاز است. عرض محوطهٔ سوار کردن مسافر باید حداقل 7/2 متر باشد تا عبور از کنار یک اتوبوس ایستاده، میسر گردد. محل سوار و پیاده شدن مسافران باید جدول‌گذاری شود تا ارتفاع بین زمین و اولین پلهٔ اتوبوس و تجاوز اتوبوس‌ها به محل مذکور را کاهش دهد. محل‌های سوار کردن مسافر از نوع موازی نباید روی قوس‌ها واقع شوند زیرا برای رانندگان، متوقف کردن وسیلهٔ نقلیه بطوری که هم درب جلو و هم درب عقب در نزدیکی جدول قرار گیرند بسیار مشکل است.

برای جاگیری اتوبوس‌های مفصلی ممکن است طرح‌های ویژه‌ای مورد نیاز باشد. خصوصاً وقتی که طرح محوطه نوع دنده اراهی مورد استفاده قرار گیرد. محوطهٔ پارکینگی که خوب طراحی شده باشد دارای مکانی به عنوان سپر حفاظتی در اطراف محوطهٔ پارکینگ و با منظر آرایشی مناسب و اغلب دارای حصار است تا آن را از زمین‌های اطراف جدا کند.

عرض سپر حفاظتی باید حداقل 3 متر باشد. روشنایی باید در همهٔ پارکینگ‌ها، بجز آنهایی که کوچکتر هستند، فراهم باشد. میزان شدت روشنایی متوسط تأمین شده بین 2/2 تا 5/4 لوکس معمولاً کفایت می‌کند.



شکل 4-29: محوطه بارگیری اتوبوس دنده اراهی

سیستم‌های تخلیهٔ آب باید به گونه‌ای باشند که سیلاب باعث آسیب‌رساندن به ماشین‌های پارک شده نشود. در برخی شرایط اگر مقدار کمی آب در محل پارکینگ جمع شود قابل چشم‌پوشی است و چنانچه تخلیهٔ آب به عنوان بخشی از سیستم هدایت سیلاب‌های سطحی طراحی شده باشد، این مقدار کم آب، مشکلی ایجاد نمی‌کند. البته در سیستم تخلیه آب‌ها حجم سیلاب که باید توسط آن هدایت شود بستگی به نظر و عملکرد شهرداری دارد.

عمق آب‌های جمع شده در سطح پارکینگ نباید بیش از 75 تا 100 میلی‌متر باشد و در سطح پیاده‌روها، مسیرهای ویژهٔ دوچرخه و مکان‌هایی که مسافران منتظر وسایل نقلیهٔ عمومی می‌مانند، نباید هیچ‌گونه آبی جمع شود.

شکل 4-30 پارک سوار متعارف را نشان می‌دهد. برای کسب اطلاعات بیشتر به « راهنمای طراحی معابر وسایل نقلیه پر سرنشین، آشتو» [29]، « گزارش شماره TCRP19، راهنمای طراحی و تعیین محل ایستگاه اتوبوس» [30] و « راهنمای برای طراحی تسهیلات پارک - سوار، آشتو» [31] مراجعه شود.

### توقف در کنار خیابان (توقف حاشیه‌ای)

شبکه جاده‌ای باید به گونه‌ای طراحی و اجرا گردد که تردد وسایل نقلیه در سیستم، با کارایی و ایمنی انجام شود. گرچه عبور و مرور وسایل نقلیه، وظیفه اصلی شبکه جاده‌ای است، برخی از قطعات شبکه، در نتیجه کاربری زمین برای توقف کنار معبر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در طراحی آزادراه‌ها و سایر معابر دارای کنترل دسترسی و نیز اغلب شریانی برون شهری، خیابان‌های جمع‌کننده و خیابان‌های محلی، توقف خودرو تنها برای مواقع اضطراری باید مجاز در نظر گرفته شود. توقف در حاشیه خیابان بطور کلی ظرفیت ترافیک عبوری را کاهش می‌دهد و موجب کندی جریان عبور می‌گردد و احتمال تصادفات را افزایش می‌دهد. از آنجایی که وظیفه اصلی یک شریانی، جابجایی وسایل نقلیه است، جلوگیری از توقف وسایل نقلیه در حاشیه خیابان‌های شریانی شهری و راه‌های شریانی برون شهری، مطلوب است. با این حال، در مناطق شهری و مجتمع‌های برون شهری واقع در مسیر راه‌های شریانی، کاربری‌های موجود و آتی زمین ممکن است مستلزم توقف در کنار معبر باشد. معمولاً امکانات کافی برای توقف وسایل نقلیه در خارج از معبر، وجود ندارد. بنابراین طراح باید به توقف‌های حاشیه‌ای توجه کند تا خیابان یا راه با کاربری زمین، سازگار گردد.



شکل 4-30: تسهیلات پارک سوار متعارف

وقتی پروژه پیشنهادی شامل توقف حاشیه‌ای است، باید پارکینگ نوع موازی را در نظر گرفت. در بعضی شرایط پارکینگ مورب، برای خیابان مجاز است. نوع پارکینگ که برای کنار خیابان در نظر گرفته می‌شود باید تابع نوع عملکرد و پهنای خیابان، کاربری زمین‌های مجاور، حجم ترافیک و جریان موجود و آتی ترافیک باشد. توقف مورب خودروها، مسائل خاصی به همراه دارد که از متفاوت بودن طول وسایل نقلیه، مشکلات فاصله دید مربوط به استیشن‌ها و کامیونت‌ها و وسایل نقلیه تفریحی، ناشی می‌شود. طول اضافی این گونه خودروها، ممکن است با سواره‌رو تداخل کند.

بخش مهمی از مشکل پارکینگ درون شهری، توزیع نامتعادل تسهیلات پارکینگ خارج خیابان بین نواحی تجاری مرکزی شهر و کمبود این تسهیلات در نواحی تجاری همجوار است. پی آمد این عدم تعادل و کمبود، این است که تقاضای پارکینگ‌های حاشیه‌ای برای تحویل اجناس و خریدن آن‌ها وجود دارد. در موارد متعدد، کوچه‌ها و دیگر نواحی بارگیری خارج خیابان در بسیاری از مناطق، تأمین نشده است. از این‌رو امکان توقف-های کوتاه مدت برای امور کسبی یا خرید باید فراهم گردد.

در خیابان‌های شریانی شهری، وقتی خطوط ترافیک عبوری موجود، پاسخگوی تقاضای ترافیک باشد، توقف در کنار جدول، قابل قبول است در شریانی‌ها برون شهری فقط برای توقف‌های اضطراری باید پیش-بینی لازم به عمل آید. در پروژه‌های نوسازی شریانی‌های شهری یا پروژه‌هایی که برای بالا بردن درجه مسیر موجود به سطح شریانی، باید حریم اضافی تحصیل شود، به منظور افزایش ظرفیت و ایمنی پارکینگ‌ها باید تا حد امکان حذف شوند. در عین حال آثار کاربری زمین‌های مجاور باید به دقت مد نظر قرار گیرد، زیرا کمبود پارکینگ حاشیه‌ای می‌تواند سبب فقدان رفاه اقتصادی برای املاک مجاور شود.

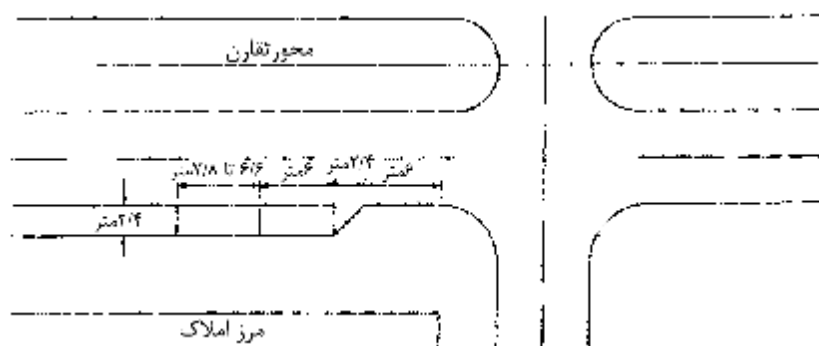
طبق بررسی‌ها، بیشتر وسایل نقلیه، موازی جدول به فاصله 150 تا 300 میلی متر از نمای جدول توقف می‌کنند و بطور متوسط، حدود 2/1 متر از فضای واقعی خیابان را اشغال می‌کنند. بنابراین حداقل عرض مطلوب، برای توقف، 2/4 متر است، البته برای فراهم کردن فاصله آزاد مناسب تر از سواره‌رو و امکان استفاده از خط توقف به عنوان خط عبور در ساعات اوج، عرض 3 تا 3/6 متر مطلوب است. همچنین این عرض برای جاگیری وسایل نقلیه تحویل کالا، خط دوچرخه‌رو و پیچیدن دوچرخه‌سوار از کنار درب باز یک وسیله نقلیه، کاملاً کافی است.

در خیابان‌های جمع‌کننده شهری، تقاضا برای دسترسی به املاک و توان جابه‌جایی برابر است. عرض مطلوب خط پارکینگ در جمع‌کننده‌های شهری 2/4 متر است که با بسیاری از انواع عملکرد ترافیکی و کاربری زمین، هماهنگی دارد. برای تأمین فاصله آزاد بهتر و امکان استفاده از خط توقف در ساعات اوج، عرض 3 تا 3/6 متر مطلوب است. همچنین عرض 3 تا 3/6 متر با عملکرد خط تندرو شهری هماهنگ است. در جمع‌کننده‌های شهری که در مجاورت مناطق مسکونی هستند و فقط وسیله نقلیه سبک از خط توقف استفاده می‌کند، عرض 2/1 متر نتیجه موفقیت‌آمیزی داشته است. در واقع مجموع عرض 10/8 متر، شامل دوخط عبور 3/3 متری و خط توقف 2/1 متری در هر طرف، بسیار به کار رفته است.

در خیابان‌های محلی معمولاً توقف‌های حاشیه‌ای مجاز است. عرض کف راه 7/8 متری، نمونه نیم‌مرخ عرضی مورد استفاده در بسیاری از مناطق مسکونی شهری است. این عرض، یک خط عبور را حتی در جایی که در هر دو طرف خودرو متوقف قرار دارد، تأمین می‌کند. معمولاً در چنین خیابان‌های محلی خطوط توقف ویژه، مشخص نمی‌شود. کمبود دو خط عبور نیز ممکن است گاهی موجب ناراحتی استفاده‌کنندگان باشد، هر چند تعداد این موارد بسیار کم بوده است. پارکینگ اتفاقی متناوب در دو طرف خیابان، معمولاً منجر به وجود فواصلی می‌شود که ترافیک دو طرفه در آن، امکان‌پذیر است.

شیوه‌های نوین اجرا در معابر جدید، باید به دقت رعایت شود تا در مرز خط توقف پیشنهادی یک جداکننده طولی، بوجود آید. بررسی‌ها نشان داده است که این گونه جداکننده‌ها، به اطمینان از اینکه خودرو متوقف، از خط عبور فاصله دارد، کمک می‌کند. در خیابان‌های آسفالت شده پیشنهاد می‌شود برای مشخص شدن خط توقف، خط‌کشی انجام شود. خط‌کشی محل‌های توقف مشوق استفاده منظم‌تر و کاراتر از آنها است مخصوصاً در مواردی که ممنوع کردن توقف، لازم می‌گردد و از تجاوز به محوطه‌های شیر آتش‌نشانی، ایستگاه‌های اتوبوس، محل‌های بارگیری و نزدیکی گوشه‌های تقاطع جلوگیری می‌کند.

در مناطق شهری، نواحی مرکزی کسب و کار و مناطق تجاری که وجود پیاده گذرهای مهم عابرین پیاده، محتمل است، طراحی ارتباط بین خط توقف و تقاطع باید مورد توجه قرار گیرد. وقتی خط توقف تا تقاطع ادامه می‌یابد، رانندگان ممکن است از آن به عنوان خط اضافی گردش به راست استفاده کنند. این گونه حرکات گردشی، ممکن است مشکلات حرکتی ایجاد کند و اغلب منجر به عبور خودروها از جدول و احتمالاً منجر به تصادف آنها با بعضی از تأسیسات تقاطع مانند پایه‌های علائم و چراغ راهنما یا پایه‌های چراغ روشنایی گردد. حذف تدریجی خط توقف در فاصله حداقل 6 متر قبل از تقاطع، یک روش برای از بین بردن این مشکلات است. مثالی از نحوه اعمال این روش، در شکل 4-31 نشان داده شده است. روش دوم، ممنوع کردن توقف در این فاصله، از طریق ایجاد یک خط گردش کوتاه است.



شکل 4-31: حذف تدریجی خط توقف در تقاطع

#### منابع:

1. AASHTO. *Guide for the Design of Pavement Structures*, Washington. D.C.: AASHTO, 1986.
2. Dunlap, D. F., P. S. Fancher, R. E. Scott, C. C. MacAdam, and L. Segal. *Influence of Combined Highway Grade and Horizontal Alignment on Skidding*, NCHRP Report 184, Washington, D. C.: Transportation Research Board, 1978.
3. AASHTO. *Guidelines for Skid Resistant Pavement Design*, Washington, D.C.: AASHTO, 1976.
4. Transportation Research Board. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2000.
5. Zegeer, C. V., R. Stewart, F. M. Council, and T. R. Neuman. *Roadway Widths for Low Traffic Volume Roads*, NCHRP Report 362, Transportation Research Board, 1994.

6. Downs, Jr., H. G., and D. W. Wallace. *Shoulder Geometrics and Use Guidelines*, NCHRP Report 254, Washington, D. C.: Transportation Research Board, 1982.
7. AASHTO. *Guide for the Development of Bicycle Facilities*, Washington, D. C.: AASHTO, 1999.
8. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Washington, D. C.: 2003.
9. Harwood, D. W., and C. J. Hoban. *Low Cost Methods for Improving Traffic Operation on Two-Lane Roads*, Report FHWA IP-87-2, Washington, D. C.: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 1987.
10. AASHTO, *Roadside Design Guide*, Washington. D.C.: AASHTO, 2002.
11. AASHTO. *Highway Drainage Guidelines*, Washington, D. C.: AASHTO, 2004.
12. Federal Highway Administration. *Design of Stable Channels with Flexible Linings* HEC-15. Washington, D. C.: FHWA, Office of Engineering, Bridge Division, 1988.
13. Marquis. E. L., R. M. Olson, and G. D. Weaver. *Selection of Safe Roadside Cross Sections*, NCHRP Report 158, Washington, D. C.: Transportation Research Board, 1975.
14. Richards, D., and D. Ham. *Serrated Soft-Rock Cut Slopes*, Report No. FHWA-RDDP-5-1. Washington, D. C.: Federal Highway Administration, 1973.
15. AASHTO. *Standard Specifications for Highway Bridges*, Washington, D. C.: AASHTO, 2002.
16. Harwood, D. W., M. T. Pietrucha, M. D. Wooldridge, R. E. Brydia, and K. Fitzpatrick. *Median Intersection Design*, NCHRP Report 375, Washington, D. C.: Transportation Research Board, 1995.
17. Simpson, M. A. *Noise Barrier Design Handbook*. Report No. FHWA-RD-76-58, McLean, Virginia: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 1976.
18. Barry, T. M., and J. A. Reagan. *FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model*, Report No. FHWA-RD-77-108, Mclean, Virginia: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1978.
19. Bowlby, W. *SNAP 1.1-Revised Program and User's Manual for the FHWA Level I Highway Traffic Noise Prediction Computer Program*, Report No. FHWA-DP-45-4, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1980.

20. Bowlby, W., J. Higgins, and J. Reagan. *Noise Barrier Cost Reduction Procedure STAMINA 2.0/OPTIMS: Manual*, Report No. FHWA-DP-58-1, Washington, D. C.: Federal Highway Administration, 1982, Revised March 1983.
21. Bowlby, W. *Sound Procedures for Measuring Highway Noise: Final Report*, Report No. FHWA-DP-45-IR, Washington, D. C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1981.
22. Institute of Transportation Engineers. *Guidelines for Driveway Design and Location*, Washington, D.C.: 1985.
23. AASHTO. *A Guide for Erecting Mailboxes on Highway*, Washington, D. C.: AASHTO, 1994.
24. Architectural and Transportation Barriers Compliance Board (Access Board). *Americans with Disabilities Act Accessibility Guidelines (ADAAG)*, Washington, D. C.: July 1994 or most current edition.
25. AASHTO. *Guide for the Planning, Design, and Operation of Pedestrian Facilities*, Washington, D. C.: AASHTO, 2004.
26. Templer, J. *Development of Priority Accessible Networks: An Implementation Manual. Provisions for the Elderly and Handicapped Pedestrians*, Report No. FHWA-IP-80-8, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1980.
27. Federal Highway Administration. *Designing Sidewalks and Trails for Access, Part I: Review of Existing Guidelines and Practices*, Report No. FHWA-HEP-99-006, Washington, D. C., 1999.
28. Federal Highway Administration. *Designing Sidewalks and Trails for Access, Part II: Best Practices Design Guide*, Washington, D. C., September 2001.
29. AASHTO, *Guide for High-Occupancy Vehicle (HOV) Facilities*, Washington, D. C., AASHTO, 2004.
30. *Guidelines for the Location and Design of Bus Stops*, TCRP Report 19, Washington, D. C., Transportation Research Board, 1996.
31. AASHTO, *Guide for Park-and-Ride Facilities*, Washington, D. C., AASHTO, 2004.
32. AASHTO, *Guide on Evaluation and Abatement of Traffic Noise*, Washington, D. C., AASHTO, 1993.
33. Bonneson, J. A., and P. T. McCoy. *Capacity and Operational Effects of Midblock Leftturn Lanes*. NCHRP Report 395, Washington, D. C., Transportation Research Board, 1997.