تحقیق و بررسی به منظور تدوین بارگذاری استاندارد پل‌ها

دکتر علیرضا رهائی

استادیار دانشکدهٔ مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در طرح و محاسبه پلهای مختلف باید اثر انواع بارهای متحرک عبوری در نظر گرفته شوند که با عنایت به‌تنوع و کثرت این بارها لازم است یک سیستم بارگذاری استاندارد به‌عنوان مبنای طراحی تهیه شود. مجموعه دستورالعملهای فنی کشور ایران که در سال ۱۳۳۴ تدوین شده بسیار قدیمی بوده و با شرایط ترافیک فعلی انطباق ندارد. لذا در پروژه تحقیقاتی حاضر با جمع‌آوری مشخصات ترافیک فعلی، ترسیم خطوط تاثیر و محاسبه مقادیر نیروهای داخلی حاصل از بارهای واقعی و بارهای استاندارد کشورهای مختلف، یک مجموعه آباک طراحی و ضرائب تصحیح برای طرح پلها پیشنهاد شده است.

Research and Consideration to Layout the Bridge Loading Standards

A.R. Rahaei, Ph.D.

Civil Eng. Dept. Amirkabir Univ. of Tech.

ABSTRACT:

Consideration of moving loads is of great importance and a major need in design and calculations of bridges. Hence the need for having a standard loading system seems to be unavoidable.

The present Iranian code of loading for bridge design, printed in 1955, is an old one, and so, not comparable with the present volume of traffic on the roads. Therefore, in the paper presented herein, the present traffic datas have been collected, and also influence lines have been drawn for S.F. and B.M. appeared in bridges of 1, 2, 3 and 4 spans. Next the results are compared with those obtained in ASSHTO, German and French codes, and then, the final conclusions are presented as a set of curves and correcting coefficients.

مقدمه

در برنامه توسعه و عمران کشورهای مختلف، ایجاد راههای ارتباطی از اهمیت خاصی برخوردار است. در مسیر هر راه به‌منظور عبور از رودخانه و دره‌ها یا تقاطع غیرهمسطح با راههای دیگر، لازم است سازه‌ای به‌نام پل ایجاد گردد.

پلها در گذشته عمدتا" از الیافهای گیاهی یا مصالح بنائی (سنگ، آهک، آجر و ... به‌صورت دستگاههای فشاری) اجرا می‌شدند که نمونه آنها پلهای قدیمی اصفهان (سی‌وسه پل، پل خواجو و ...) است اما در چند دهه اخیر، پلهای مدرن عمدتا" از مصالح بتن مسلح، بتن پیش‌تنیده و فلزی ساخته می‌شوند. در مقایسه هزینه اجرای هر متر طول راه و پل بدین نتیجه می‌رسیم که هزینه اجرای پلها به‌عنوان یک ابنیه فنی چندین برابر هزینه مربوط به‌اجرای راههای متعارف‌بوده و لذا با عنایت به‌شرایط بهره‌برداری، عمر مفید و بررسیهای اقتصادی لزوم مطالعه دقیق پلها از اهمیت خاصی برخوردار است. در طرح یک پل ابتدا با توجه به‌طول دهانه، شرایط زمین، امکانات اجرائی مصالح و غیره، نوع پل انتخاب شده و بعد از تخمین ابعاد اولیه،

آنالیز سازه انجام می‌شود. در این مرحله قاعدتا" انواع بارهائی که امکان دارد در طول دوره بهره‌برداری بر سازه اعمال گردد باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد که با عنایت به‌کثرت و تنوع این بارها، کار محاسبه وآنالیز پیچیده و پرحجم خواهد بود. لذا عموما" در کشورهای مختلف یک سیستم بارگذاری استاندارد که متناسب با نوع ترافیک عبوری تدوین شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بررسی اثر بارهای متحرک (که موقعیت ثابتی ندارند) ابتدا خطوط تاثیر نیروهای داخلی برای مقاطع مختلف ترسیم و با قرار دادن سربار استاندارد در موقعیتهای مختلف در نهایت پوش خطوط تاثیر برای هر بارگذاری ترسیم می‌شود. سپس هر عضو برای بحرانی‌ترین حالت از بارگذاری طرح و محاسبه شده و برای مجموعه آنها نقشه‌های اجرائی تهیه می‌گردد.

شرح مقاله

از مطالعه متون و کتب فنی چنین برمی‌آید که تاکنون مطالعه آماری دقیقی برای ارزیابی انواع ترافیک عبوری از راههای ایران به‌عمل نیامده است. تنها در حدود سی‌سال پیش (سالهای ۱۳۳۴ و ۱۳۳۶) به‌منظور ارائه یک مجموعه مبانی اولیه، کمیسیونی متشکل از متخصصین سازمان برنامه‌و وزارت راه تشکیل شد و آئین‌نامه‌های برخی کشورها مورد بحث و بررسی قرار گرفت و بدین‌ترتیب این کمیسیون بدون انجام یک کار تحقیقاتی مستقل (که در آن زمان ابزار آن نیز مهیا نبود)، به‌مقایسه مشخصات راههای ایران با راههای کشورهای مختلف پرداخت و نهایتا" به‌دلیل انطباق تقریبی شرایط محلی و جغرافیائی ایران با کشور سوئیس، کتابچه مشخصات و دستورات اتحادیه تخصصی راهسازی آن کشور را به‌عنوان مبنای اولیه جهت تدوین و مجموعه دستورالعملهای فنی، خود برگزید. از این مجموعه، در سال ۱۳۳۶، دستورالعمل فنی شماره ۱۱ شامل سربارهای استاندارد پلها منتشر شد که با توجه به‌شرایط خاص آن زمان و احتمالا" کمبود کادر متخصص و ابزار کار، دارای کمبودها و ابهامات متعدد می‌باشد. باوجود این باعنایت به‌عدم انجام تحقیقات و پژوهشهای لازم در کشور و با این وصف که در این فاصله زمانی، آئین‌نامه‌های متعدد در کشورهای مختلف اروپائی و آسیائی در زمینه بارگذاری پلها انتشار یافته، این دستورالعمل هنوز به‌عنوان مبنای طراحی پلهای کشور مورد استفاده می‌باشد. از طرف دیگر در چند دهه اخیر، وسائل نقلیه جدیدی با وزن و فواصل محورهای متفاوت به‌ناوگان حمل و نقل کشور افزوده شده که لازم است اثر آنها را در طرح پلها مورد بررسی قرار داد. لذا در جهت جوابگوئی به‌این نیاز و امکان ارائه یک مجموعه دستورالعملهای جدید، پروژه حاضر تعریف گردید که در ادامه مطلب خطوط کلی آن و نتایج حاصله به‌اختصار ذکر خواهد شد.

۱ـ مطالعه ترافیک موجود

همان طور که قبلا" ذکر شد در چند دهه اخیر توسط ارگانهای مختلف (از جمله وزارت راه و ترابری و بازرگانی) وسائط نقلیه جدیدی از کشورهای خارجی خریداری شده که در مسیرهای مختلف مشغول حمل مسافر و بار می‌باشند. در این ارتباط ابتدا با مراجعه به‌ارگانهای مختلف دولتی و خصوصی، مشخصات کلیه وسائل نقلیه عبوری از راهها (شامل تعداد، وزن وفاصله محورها) کسب شد که نمونه‌ای از آن در جدول شماره ۱ ارائه شده است. از طرف دیگر در آنالیز بارگذاری، مساله آمار هر نوع از وسائل نقلیه از اهمیت خاصی برخوردار است که بدین منظور نیز با مراجعه به‌ارگانهای ذیربط‌آمار وسائل عبوری از بعضی محورهای مهم اخذ گردید که نمونه آن در جدول شماره ۲ داده شده است.

۲ـ بررسی آئین‌نامه‌های معتبر:

برای امکان مقایسه اثر ترافیک موجود بر پلها چند آئین‌نامه معتبر مربوط به‌کشورهای امریکا، آلمان، فرانسه و دستور فنی شماره ۱۱ مورد مطالعه قرار گرفته و مشخصات کامیونهای آنها مطابق جدول شماره ۳ استخراج گردید.

۳ـ انتخاب مدل محاسباتی:

با توجه به‌آمار و مشخصات پلهای موجود در ایران، مدل محاسباتی شامل پلهای ایزواستاتیک به‌دهانه ۱۰ تا ۱۰۰ متر (۱۰ مدل)، پلهای دو دهانه، سه دهانه و چهار دهانه با دهانه‌های مساوی و متفاوت، با مقطع ثابت یا متغیر (جمعا" در ۷ مدل) انتخاب شد.

۴ـ ترسیم خطوط تاثیر:

با توجه به‌تعدد مدلهای محاسباتی، یک برنامه کامپیوتری برای ترسیم خطوط تاثیر سیستمهای معین و نامعین تهیه شده و با استفاده از آن، خطوط تاثیر نیروی برشی و لنگر خمشی مقاطع مختلف برای هر مدل ترسیم شد.

۵ـ مطالعه تحلیلی:

برای هریک از مدلهای محاسباتی، انواع وسائل نقلیه واقعی‌و همچنین کامیونهای استاندارد، روی‌آنها قرارگرفته و با تعیین موقعیت بحرانی، مقادیر لنگرهای خمشی و نیروی برشی حاصله مورد محاسبه قرار گرفت.

۶ـ تعیین تغییرات نیروهای داخلی:

برای هریک از مدلهای دو مجموعه منحنی به‌شرح زیر ترسیم شد.

الف ـ منحنی تغییرات نیروی برشی در مقاطع مختلف‌و برای وسائل نقلیه متفاوت حقیقی و استاندارد.

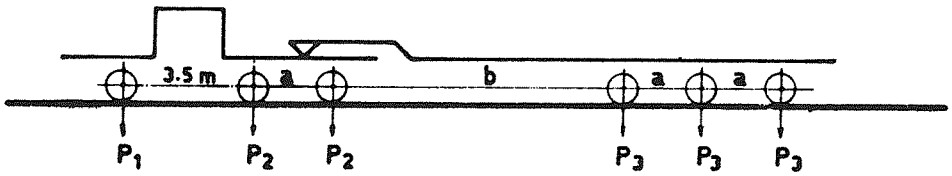
نمونه‌ای از این نتایج (مجموعا" ۳۳ آباک) که برای دهانه‌های ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ متر، دو دهانه، سه دهانه و چهار دهانه ترسیم شده در صفحه بعد ارائه گردیده است.

نتیجه‌گیری:

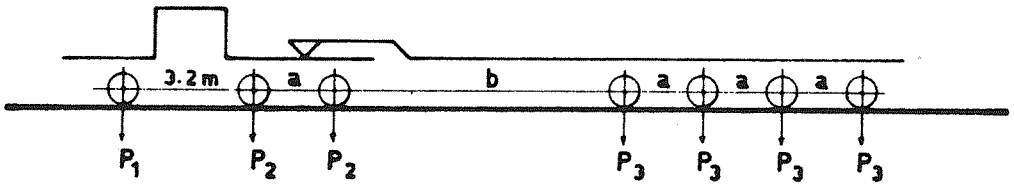
با مقایسه نتایج حاصل از مطالعات تحلیلی موارد زیر را می‌توان مورد تاکید قرار داد:

۷ـ۱ـ در مقایسه چهار نوع بارگذاری استاندارد کامیون آلمان بیشترین و کامیون آشتو (امریکا) همواره کمترین مقادیر نیروهای داخلی را حاصل می‌نماید.

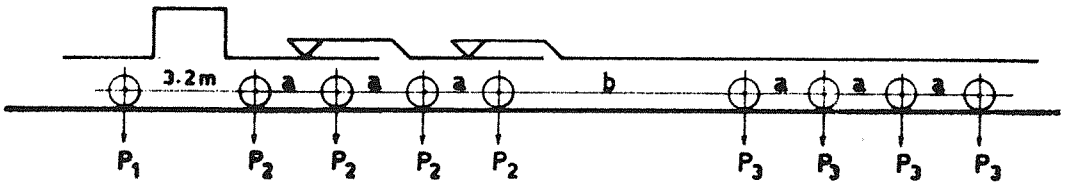
۷ـ۲ برای پلهای ایزواستاتیک به‌دهانه ۱۰ تا ۶۰ متر، کامیون استاندارد ایران تنها درصورتی می‌تواند ملاک محاسبه قرار گیرد که یک ضریب تشدید ۱۰ تا ۱۱۰ درصد (برای دهانه‌های مختلف) بر



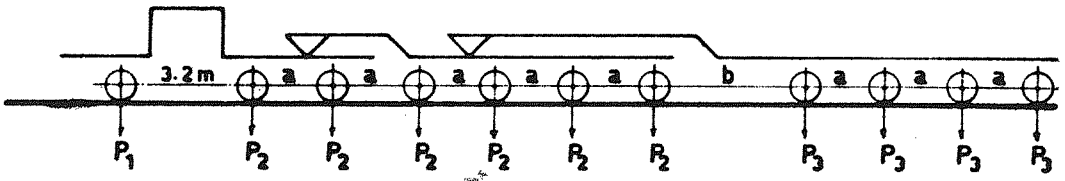
تریلی ۶ محور



تریلی ۷ محور



تریلی ۹ محور



تریلی ۱۱ محور

نوع تریلی	a	b	P_1	P_2	P_3
۶ محور	۱/۲۸ m	۶ m	۶ t	۱۰ t	۷/۵ t
	۱/۴۰ m	۸/۵ m	۶ t	۱۰ t	۱۰ t
۷ محور	۱/۲۸ m	۶ m	۶ t	۱۰ t	۷/۵ t
	۱/۴۰ m	۸/۵ m	۶ t	۱۰ t	۹ t
۹ محور	۱/۲۸ m	۸/۵ m	۶ t	۷/۵ t	۷/۵ t
	۱/۴۰ m	۸/۵ m	۶ t	۹ t	۹ t
۱۱ محور	۱/۲۸ m	۶ m	۶ t	۷/۵ t	۷/۵ t
	۱/۴۰ m	۸/۵ m	۶ t	۹ t	۹ t

جدول شماره ۱

ساعت	سواری	مینی‌بوس	پیکاپ	کامیون ۲ محور	کامیون ۳ محور	تریلی ۴ محور	تریلی ۵ محور	تریلی‌از۵ محوربالا	نفتکش‌وگازکش ۳ محور	نفتکش‌وگازکش از ۳محور ببالا	اتوبوس	جمع
۱–۰	۱۹۵	۲۲	۱۲۲	۴۳	۱۱	۳	۹	۰	۳	۵	۵	۳۹۸
۲–۱	۲۲۸	۱۸	۱۱۹	۱۸	۱۴	۱	۴	۰	۲	۴	۷	۴۱۵
۳–۲	۱۵۴	۳۱	۱۰۵	۱۶	۱۲	۲	۶	۰	۴	۲	۱۱	۳۴۳
۴–۳	۱۰۳	۲۵	۹۰	۲۸	۸	۰	۷	۰	۲	۳	۳	۲۶۸
۵–۴	۹۸	۴۲	۱۳۸	۳۵	۸	۰	۱۱	۰	۳	۸	۶	۳۵۰
۶–۵	۱۹۵	۲۸	۱۵۴	۱۶	۲	۵	۰	۰	۵	۶	۹	۲۵۹
۷–۶	۲۸۳	۵۹	۱۹۳	۲۴	۲۷	۳	۱۶	۰	۱	۳	۱۲	۶۲۱
۸–۷	۳۳۸	۶۳	۲۱۱	۳۵	۴۱	۲	۱۰	۲	۳	۵	۱۰	۷۲۱
۹–۸	۳۹۳	۳۸	۲۳۸	۵۴	۳۴	۴	۶	۵	۲	۹	۸	۷۹۱
۱۰–۹	۴۰۵	۳۲	۶۸	۲۵	۳	۶	۳	۳	۲	۸	۸	۸۱۴
۱۱–۱۰ ظهر	۳۴۸	۴۵	۲۲۱	۴۲	۳۹	۸	۱۳	۱	۵	۱۳	۹	۷۳۴
۱۲–۱۱	۳۸۲	۲۸	۱۹۳	۳۵	۴۸	۳	۲۰	۲	۷	۷	۱۴	۷۳۹
۱۳–۱۲	۲۹۲	۲۵	۲۱۴	۴۸	۴۲	۴	۲۶	۰	۹	۶	۷	۶۷۴
۱۴–۱۳	۳۱۶	۳۳	۲۰۶	۵۹	۳۵	۲	۱۱	۲	۲	۱۰	۱۱	۶۸۸
۱۵–۱۴	۳۴۸	۲۹	۱۵۴	۶۸	۳۹	۵	۱۷	۰	۲	۱۱	۶	۶۸۹
۱۶–۱۵	۳۹۰	۴۵	۱۲۳	۴۲	۵۴	۹	۲۲	۲	۴	۱۴	۹	۷۱۴
۱۷–۱۶	۴۳۲	۵۴	۱۸۵	۵۶	۵۶	۶	۱۴	۱	۴	۸	۱۲	۸۳۸
۱۸–۱۷	۳۷۰	۳۸	۲۳۰	۲۳	۳۲	۳	۱۷	۲	۱	۶	۸	۷۴۰
۱۹–۱۸	۲۹۶	۳۳	۲۱۱	۴۶	۲۰	۳	۱۹	۲	۳	۱۱	۵	۶۴۹
۲۰–۱۹	۲۳۸	۳۵	۱۲۲	۵۰	۱۱	۲	۱۲	۰	۳	۴	۳	۴۷۳
۲۱–۲۰	۳۰۲	۱۴	۱۰۴	۲۸	۱۳	۲	۸	۰	۶	۷	۹	۴۰۷
۲۲–۲۱	۱۸۴	۱۹	۹۳	۲۲	۱۱	۱	۵	۰	۲	۶	۱۰	۳۵۳
۲۳–۲۲	۱۸۹	۱۱	۷۲	۱۸	۱۳	۳	۵	۰	۵	۲	۴	۳۲۲
۱۴–۲۳	۱۱۵	۲۵	۵۴	۱۴	۸	۰	۴	۰	۳	۵	۹	۲۵۷
جمع	۶۵۱۴	۸۱۲	۳۸۰۶	۸۸۱	۶۲۱	۷۲	۲۷۳	۲۲	۸۴	۱۶۳	۱۹۵	۱۳۴۴۳

جدول شماره ۲

آن اعمال گردد (برای یک خط عبور).

۷–۳– برای پلهای ایزواستاتیک به‌دهانه ۷۰ تا ۱۰۰ متر بالاترین مقدار نیروهای داخلی مربوط به‌عبور تریلی ۵ محوره از این پلها می‌باشد. در این ارتباط می‌توان سربار معادل بارگذاری ایران را با ضرائب تشدید که مقادیر آن برای هر حالت مشخص شده ملاک طراحی قرار داد.

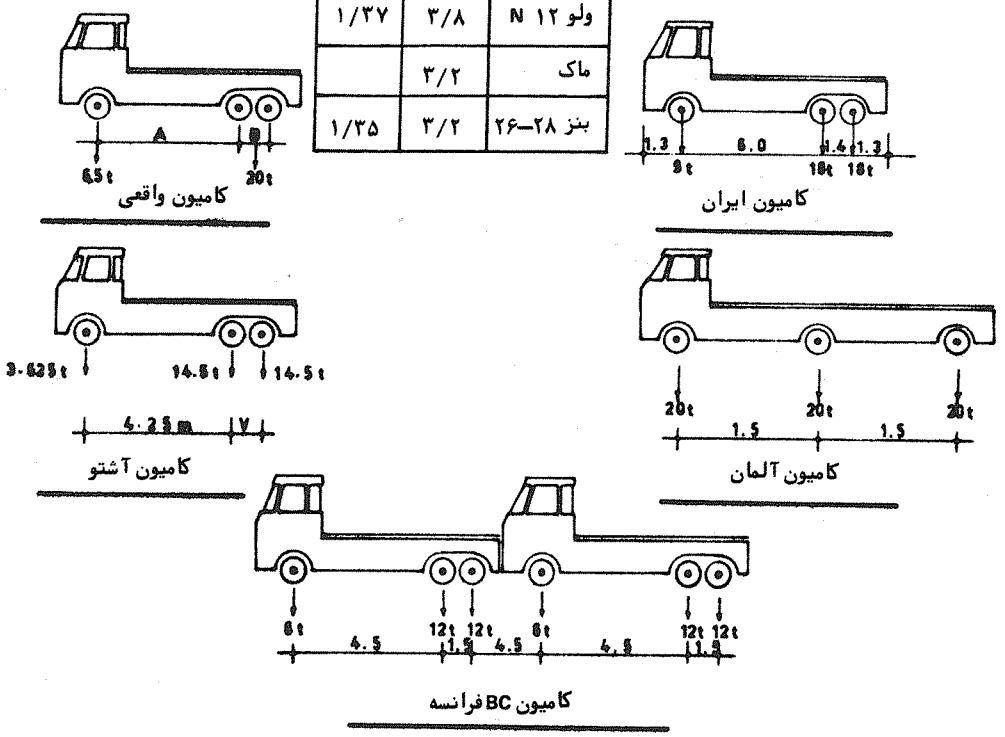
۷–۴– برای پلهای دو دهانه می‌توان سربار کامیون استاندارد را با ضرائب اصلاحی به‌کار گرفت. مثلا" برای پلهائی با دو دهانه ۱۰ متر و در محاسبه نیروی برشی در مقاطع بحرانی ضریب تصحیح معادل ۱/۴ و در تعیین لنگر خمشی و نیروی برشی بحرانی در پلهای با دو دهانه ۲۰ متر، ضرائب تصحیح به‌ترتیب معادل ۱/۷۵ و ۱/۲۵ می‌باشد (برای یک خط عبور)

۷–۵– برای پلهای سه دهانه (مثلا" هر دهانه ۶۰ متر)، نیروهای داخلی حاصل از تریلی ۱۱ محوره یعنی سنگینترین تریلی موجود در ایران ماکزیمم مقادیر را داشته و درصورتی‌که این مقادیر را با نیروهای داخلی حاصل از سربارهای ایران مقایسه کنیم، ضرائب تصحیح در حد ۲ تا ۲/۲۵ موردنیاز خواهد بود.

۷–۶– برای پلهای چهار دهانه بزرگ نیز مطابق منحنی‌های‌موجود نتایج مشابه حالت پلهای سه دهانه بوده و ضرائب تصحیح جهت به‌کارگیری سربارهای استاندارد ایران بین ۲/۳ تا ۲/۸ خواهد بود.

۷–۷– در جهت تکمیل این بخش از مطالعات مقادیر تنشهای مجاز خمشی و برشی برای مصالح بتنی در آئین‌نامه‌های مختلف مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در این ارتباط مشاهده می‌شود که تنشهای مجاز حاصل از آئین‌نامه ایران نسبت به‌سایر آئین‌نامه‌ها کمترین مقدار را داشته و بعد از آن به‌ترتیب آئین‌نامه‌های آشتو، آلمان و فرانسه قرار می‌گیرند. البته تناسب معادل بین نسبت نیروهای داخلی حاصل از

نوع کامیون	m^B	A_m
ولو N ۱۲	۳/۸	۱/۳۷
ماک	۳/۲	
بنز ۲۸–۲۶	۳/۲	۱/۳۵

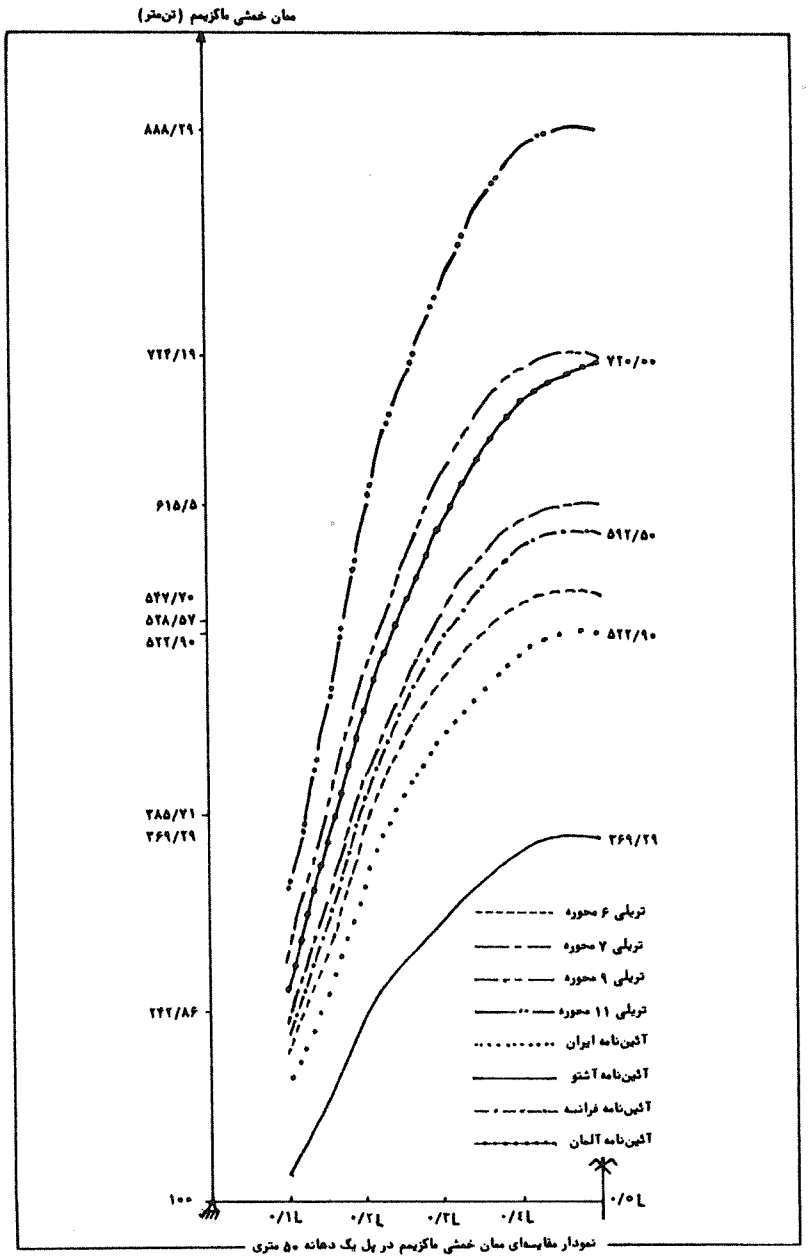


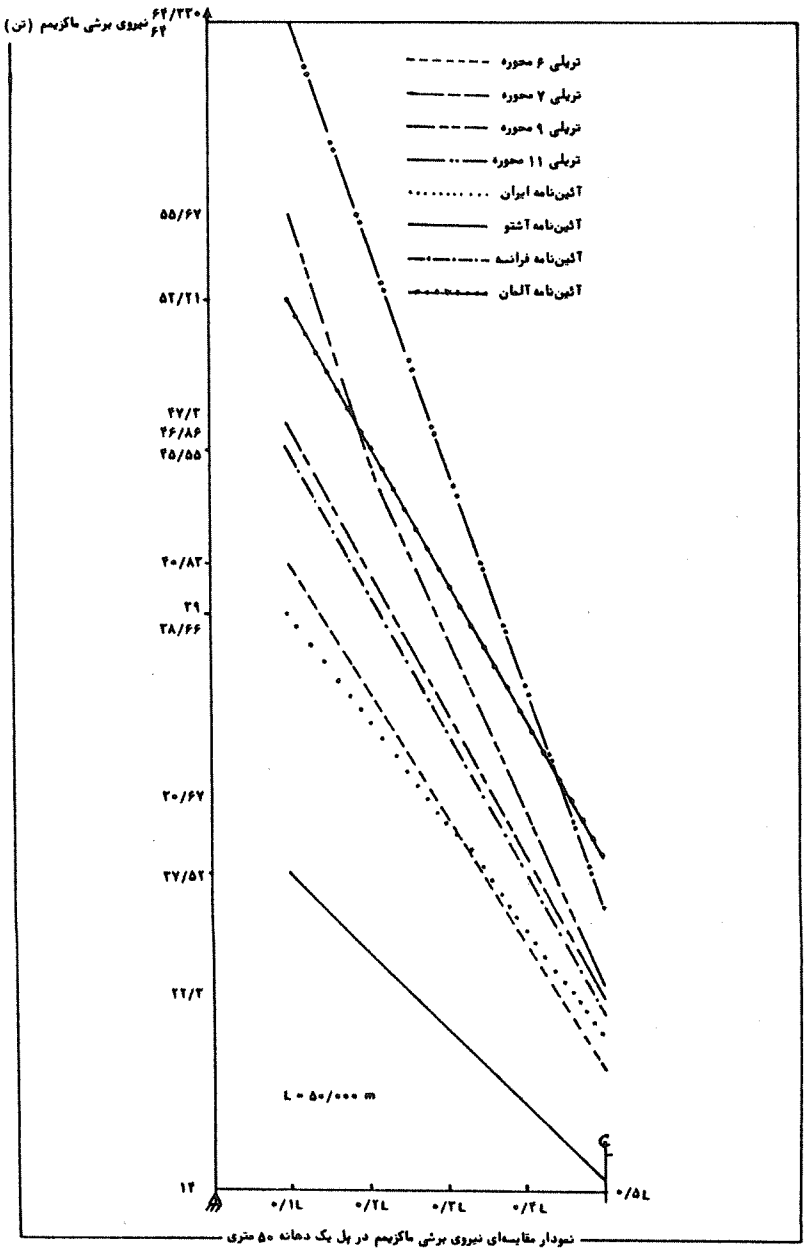
جدول شماره ۳

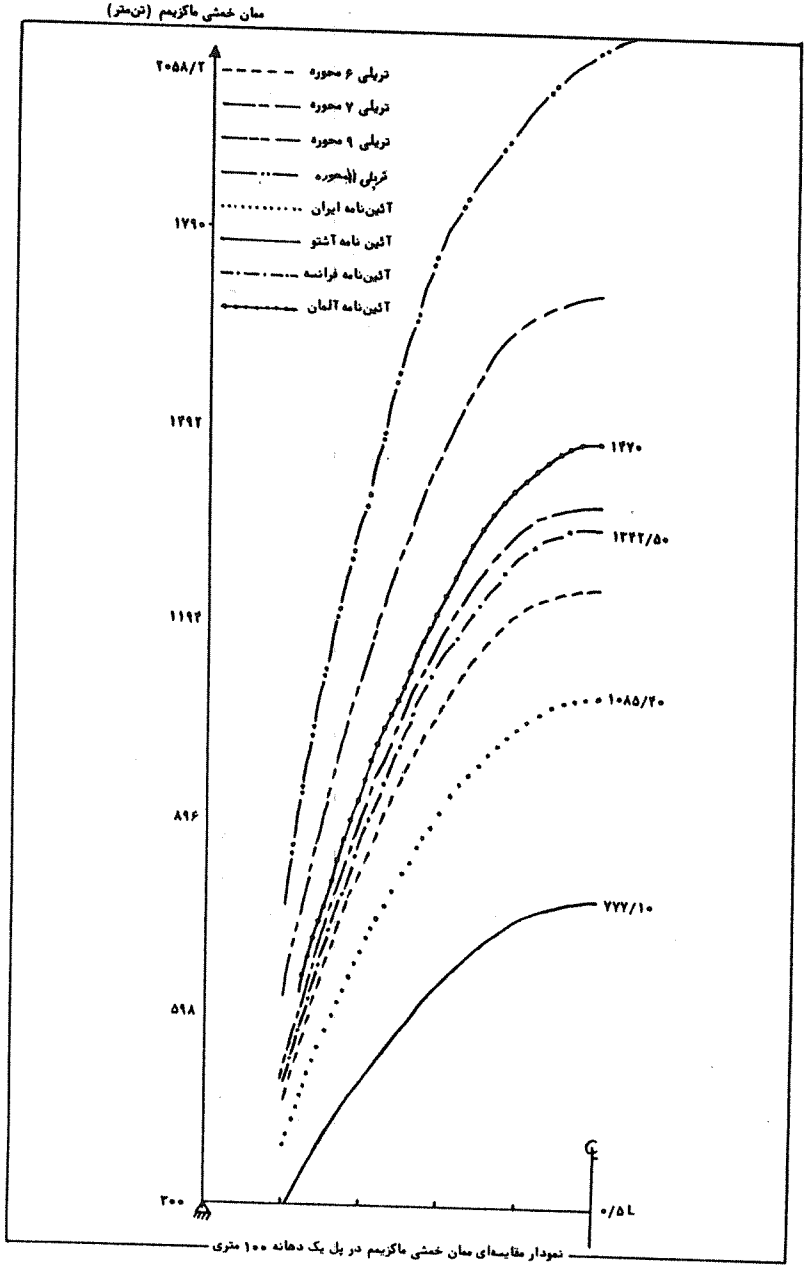
سربارها و تنشهای مجاز به‌هیچ‌وجه برقرار نیست.

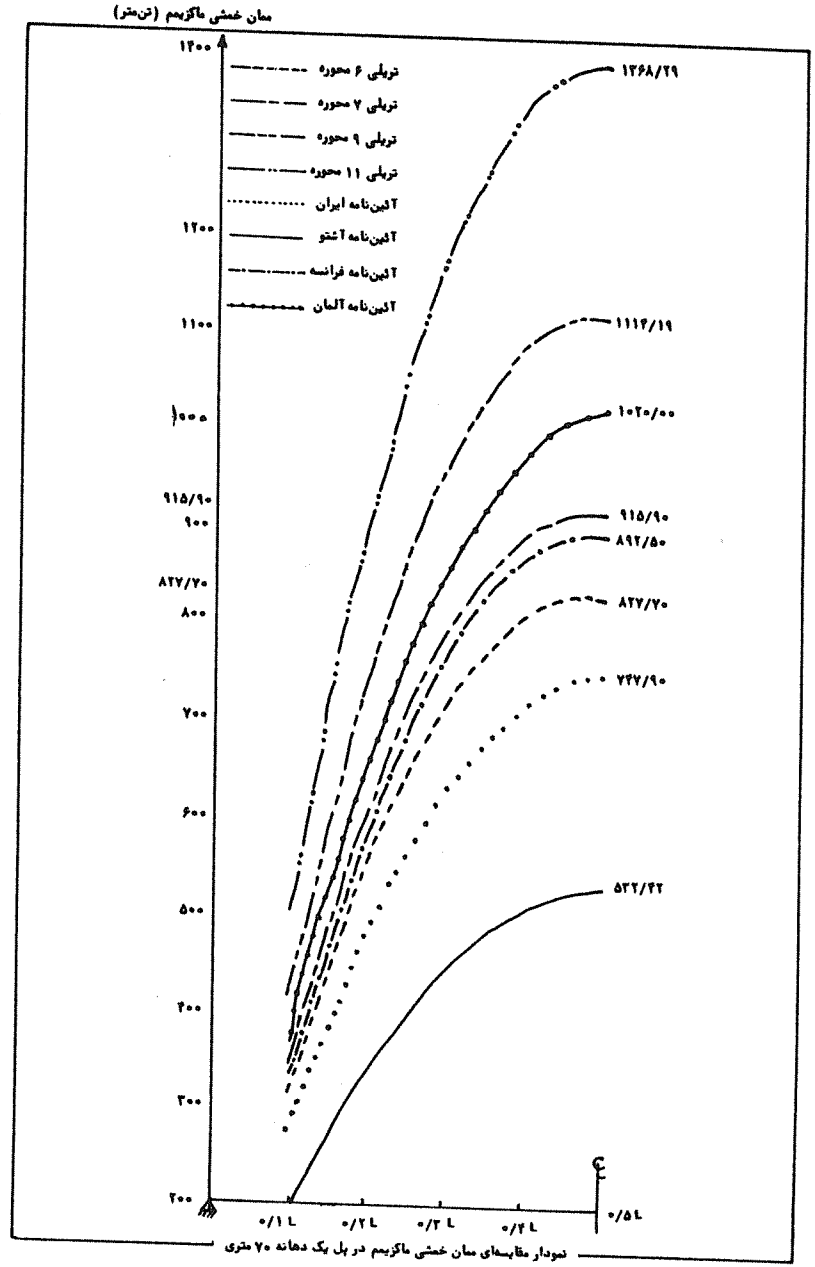
۷–۸ در حالت کلی هرچه طول پل افزایش می‌یابد، مقادیر نیروهای داخلی حاصل از تریلی‌های سنگین و بزرگ تعیین‌کننده‌تر بوده، که البته می‌توان اثر قطار با بار سبک را نیز مورد مطالعه قرار داد. از طرف دیگر در اکثر حالتها سربارهای آمریکائی کمترین مقادیر نیرو را حاصل نموده و استفاده مستقیم از آنها بدون در نظر گرفتن جوانب مختلف می‌تواند مشکلات جدی به‌بارآورد. خوشبختانه تاکنون تعداد پلهای بزرگ ساخته شده در ایران بسیار محدود بوده و با در نظر گرفتن ضرائب اطمینان بالا (تنشهای مجاز کم) آسیبهای ایجاد شده نسبتا" ضعیف بوده است. اما با بکارگیری روشهای جدید در طراحی سازه‌ها و به‌خصوص درمورد پلهای بزرگ مساله به‌کارگیری بارگذاری استاندارد ایران نیز ممکن است باعث حصول آسیبهای عمده شود. البته در جهت تدوین آئین‌نامه بارگذاری لازم است مطالعات دیگری در زمینه آمار وسائل نقلیه، اثر ضربه، اثر بارهای جانبی (باد، ترمز و زلزله) و بخصوص پخش عرضی بار که حالت واقعی‌تری از اثر ترافیک عبوری روی پل را نشان می‌دهد انجام شود، اما کار تحقیقاتی وسیع انجام گرفته می‌تواند به‌عنوان یک پایه نخست در تدوین این آئین‌نامه مورد استفاده قرار گیرد.

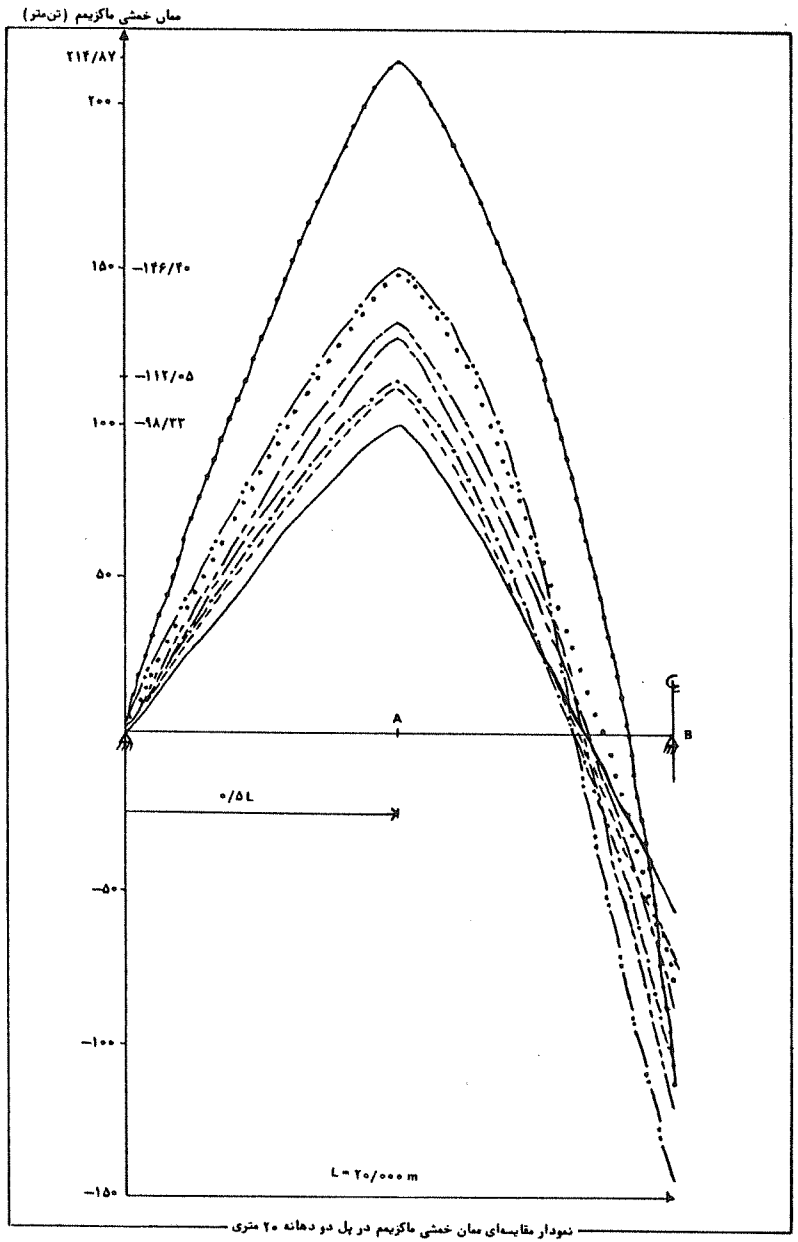
* *این پروژه با همکاری آقای مهدی علمی دانشجوی مجموعه سازه انجام شده که بدین‌وسیله از همکاری ایشان قدردانی می‌شود.*


ممان خمشی ماکزیمم (تن‌متر)
۸۸۸/۲۹
۷۲۴/۱۹
۶۱۵/۵
۵۲۷/۷۰
۵۲۸/۵۷
۵۲۲/۹۰
۲۸۵/۷۱
۲۶۹/۲۹
۲۴۲/۸۶
۱۰۰
۷۲۰/۰۰
۵۹۲/۵۰
۵۲۲/۹۰
۲۶۹/۲۹
تریلی ۶ محوره
تریلی ۷ محوره
تریلی ۹ محوره
تریلی ۱۱ محوره
آئین‌نامه ایران
آئین‌نامه آشتو
آئین‌نامه فرانسه
آئین‌نامه آلمان
۰/۱L
۰/۲L
۰/۳L
۰/۴L
۰/۵L
نمودار مقایسه‌ای ممان خمشی ماکزیمم در پل یک دهانه ۵۰ متری

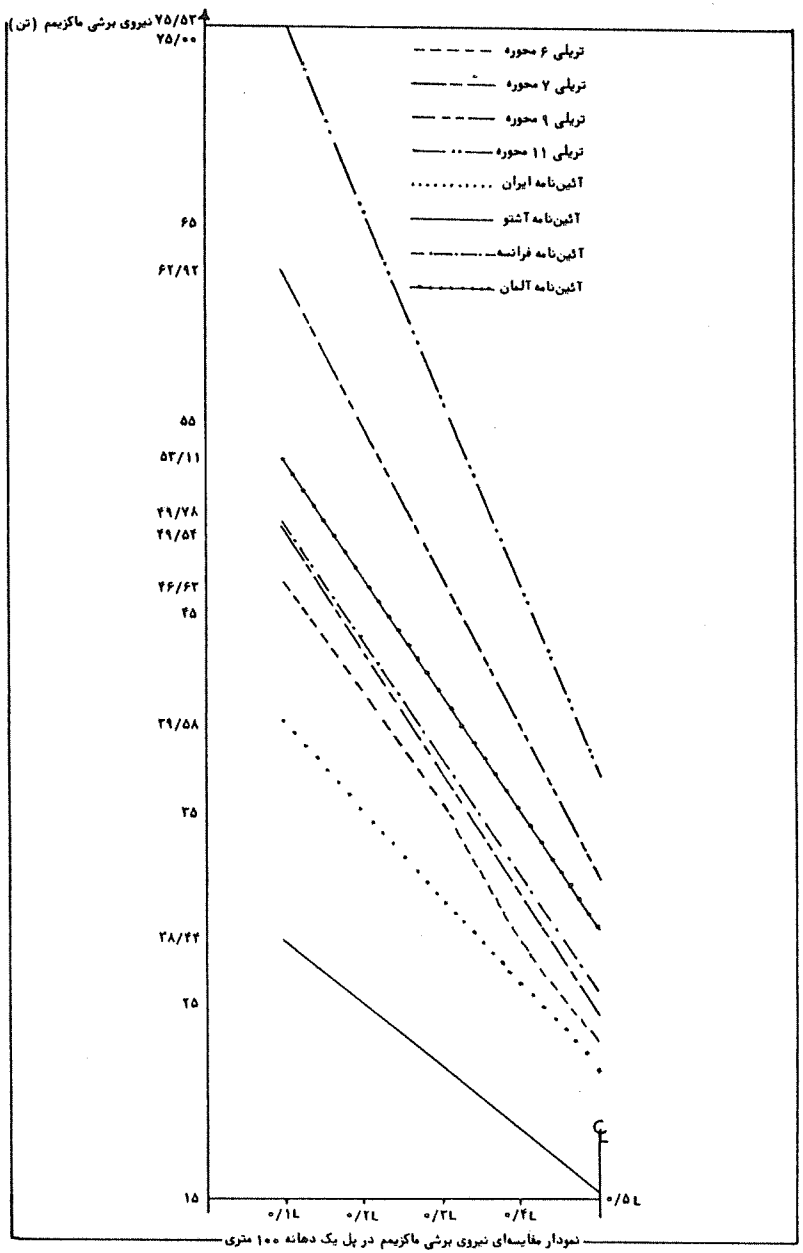

نیروی برشی ماکزیمم (تن)
۶۴/۳۳۰
۶۴
۵۵/۶۷
۵۲/۲۱
۴۷/۳
۴۶/۸۶
۴۵/۵۵
۴۰/۸۳
۳۹
۳۸/۶۶
۳۰/۶۷
۲۷/۵۲
۲۲/۳
۱۲
تریلی ۶ محوره
تریلی ۷ محوره
تریلی ۹ محوره
تریلی ۱۱ محوره
آئین‌نامه ایران
آئین‌نامه آشتو
آئین‌نامه فرانسه
آئین‌نامه آلمان
L = ۵۰/۰۰۰ m
۰/۱L
۰/۲L
۰/۳L
۰/۴L
۰/۵L
نمودار مقایسه‌ای نیروی برشی ماکزیمم در پل یک دهانه ۵۰ متری


ممان خمشی ماکزیمم (تن‌متر)
تریلی ۶ محوره
تریلی ۷ محوره
تریلی ۹ محوره
تریلی ۱۱محوره
آئین‌نامه ایران
آئین نامه آشتو
آئین‌نامه فرانسه
آئین‌نامه آلمان
۲۰۵۸/۲
۱۷۹۰
۱۴۹۲
۱۱۹۲
۸۹۶
۵۹۸
۳۰۰
۱۴۲۰
۱۳۲۲/۵۰
۱۰۸۵/۲۰
۷۷۷/۱۰
۰/۵L
نمودار مقایسه‌ای ممان خمشی ماکزیمم در پل یک دهانه ۱۰۰ متری

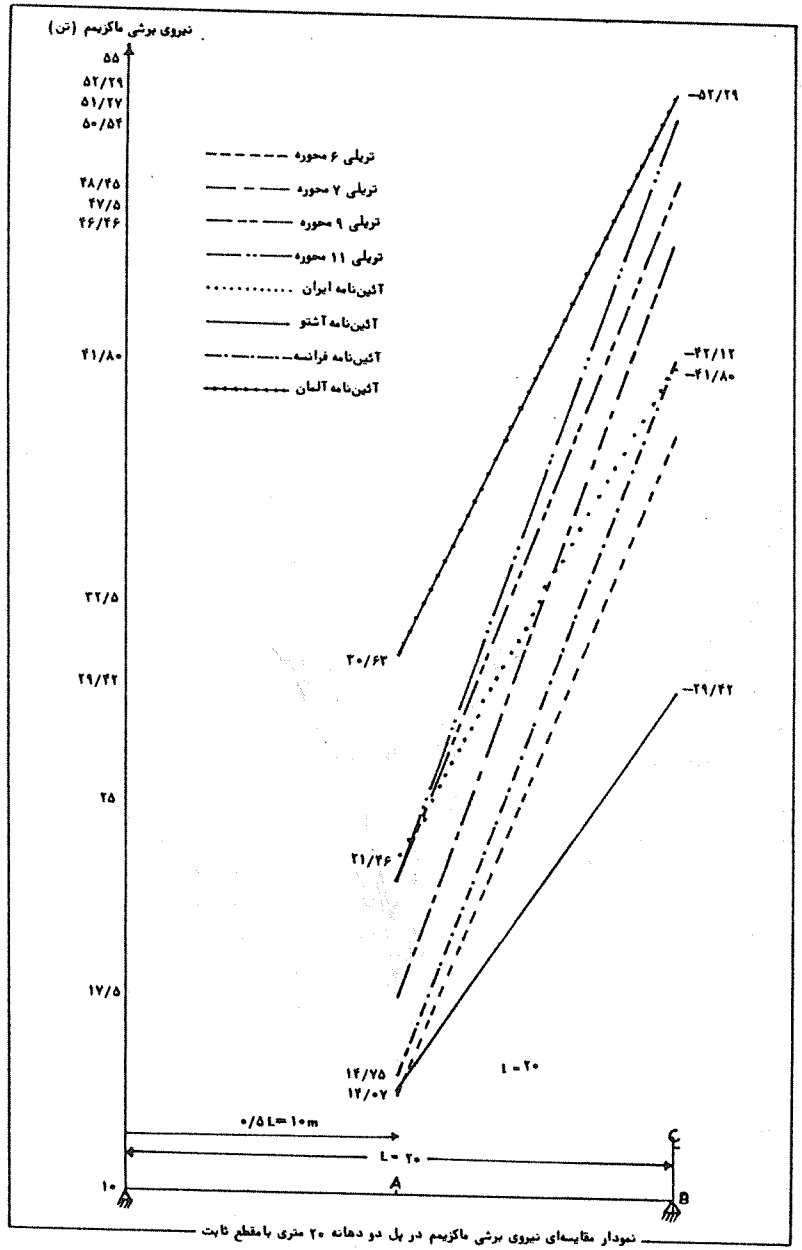

ممان خمشی ماکزیمم (تن‌متر)
تریلی ۶ محوره
تریلی ۷ محوره
تریلی ۹ محوره
تریلی ۱۱ محوره
آئین‌نامه ایران
آئین‌نامه آشتو
آئین‌نامه فرانسه
آئین‌نامه آلمان
۱۲۰۰
۱۱۰۰
۱۰۰۰
۹۱۵/۹۰
۹۰۰
۸۲۷/۷۰
۸۰۰
۷۰۰
۶۰۰
۵۰۰
۴۰۰
۳۰۰
۲۰۰
۱۳۶۸/۲۹
۱۱۱۴/۱۹
۱۰۲۰/۰۰
۹۱۵/۹۰
۸۹۲/۵۰
۸۲۷/۷۰
۷۴۷/۹۰
۵۳۲/۴۲
۰/۱L
۰/۲L
۰/۳L
۰/۴L
۰/۵L
نمودار مقایسه‌ای ممان خمشی ماکزیمم در پل یک دهانه ۷۰ متری



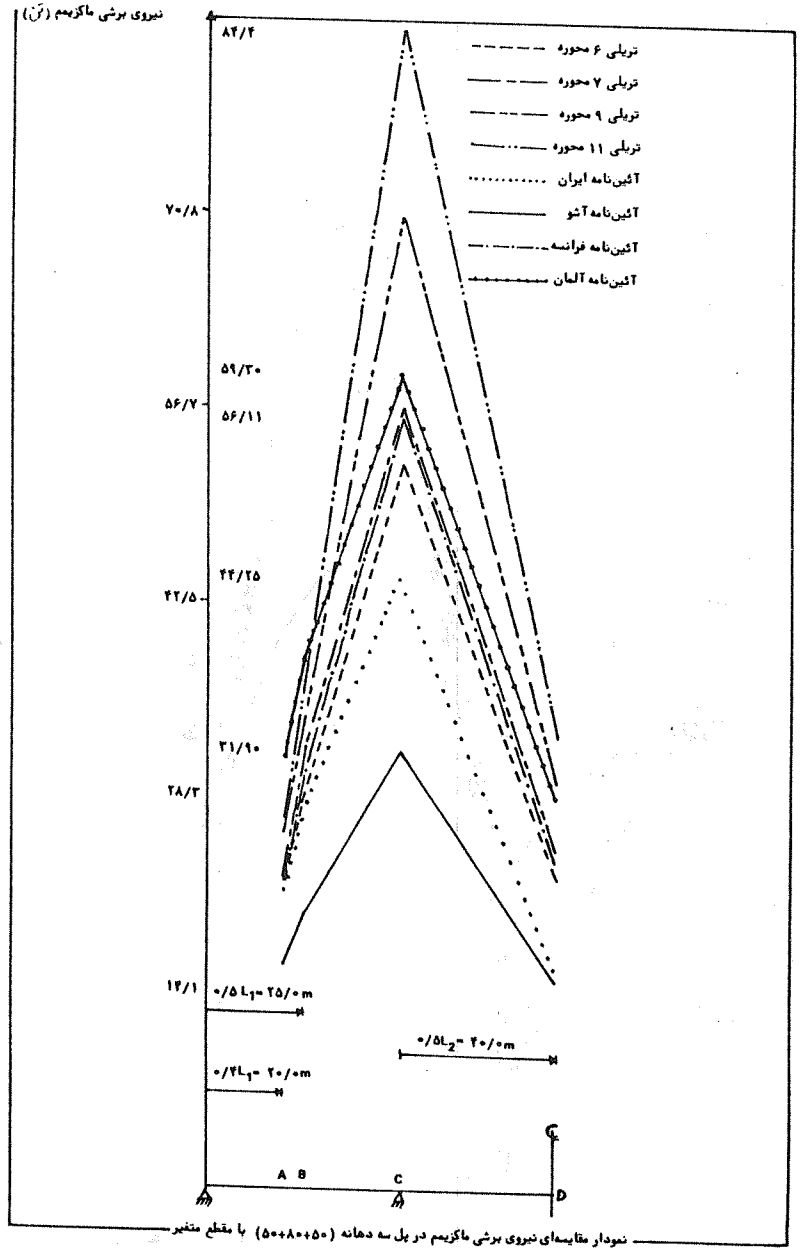
نمودار مقایسه‌ای ممان خمشی ماکزیمم در پل دو دهانه ۲۰ متری



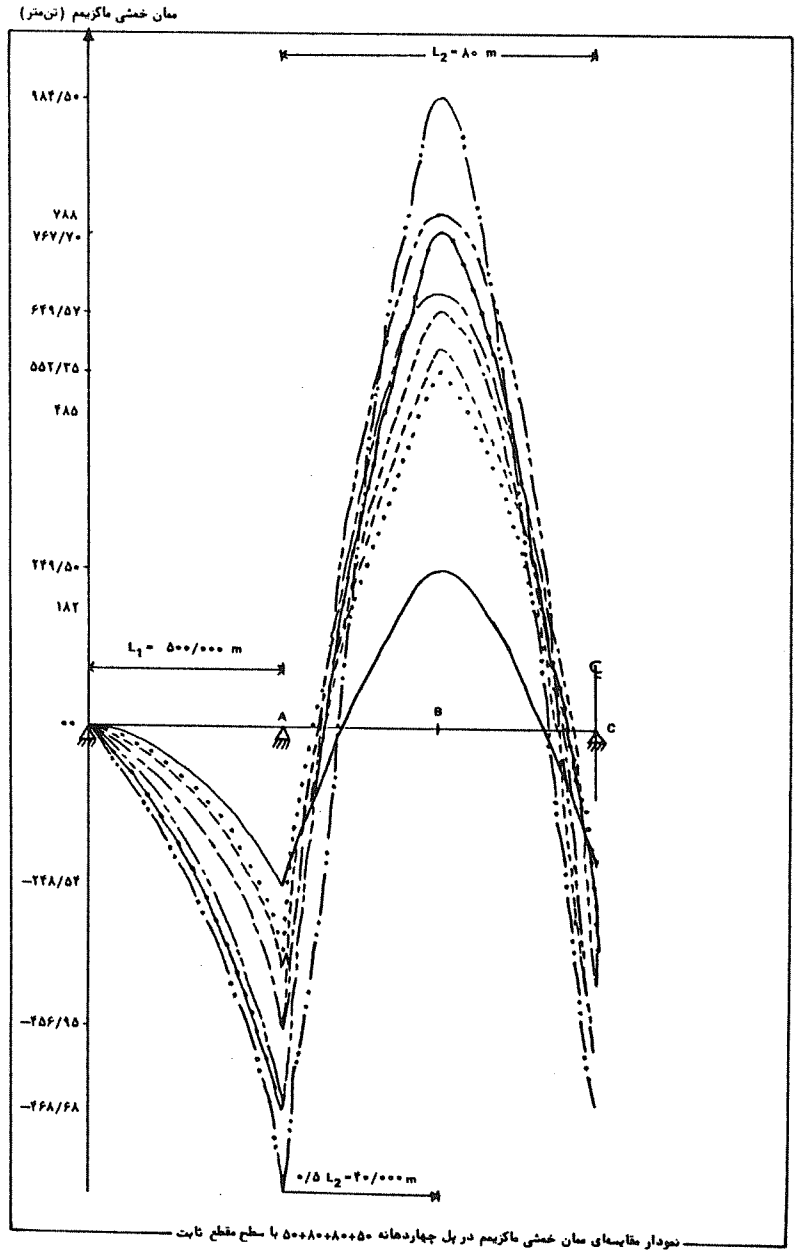
نمودار مقایسه‌ای نیروی برشی ماکزیمم در پل یک دهانه ۱۰۰ متری



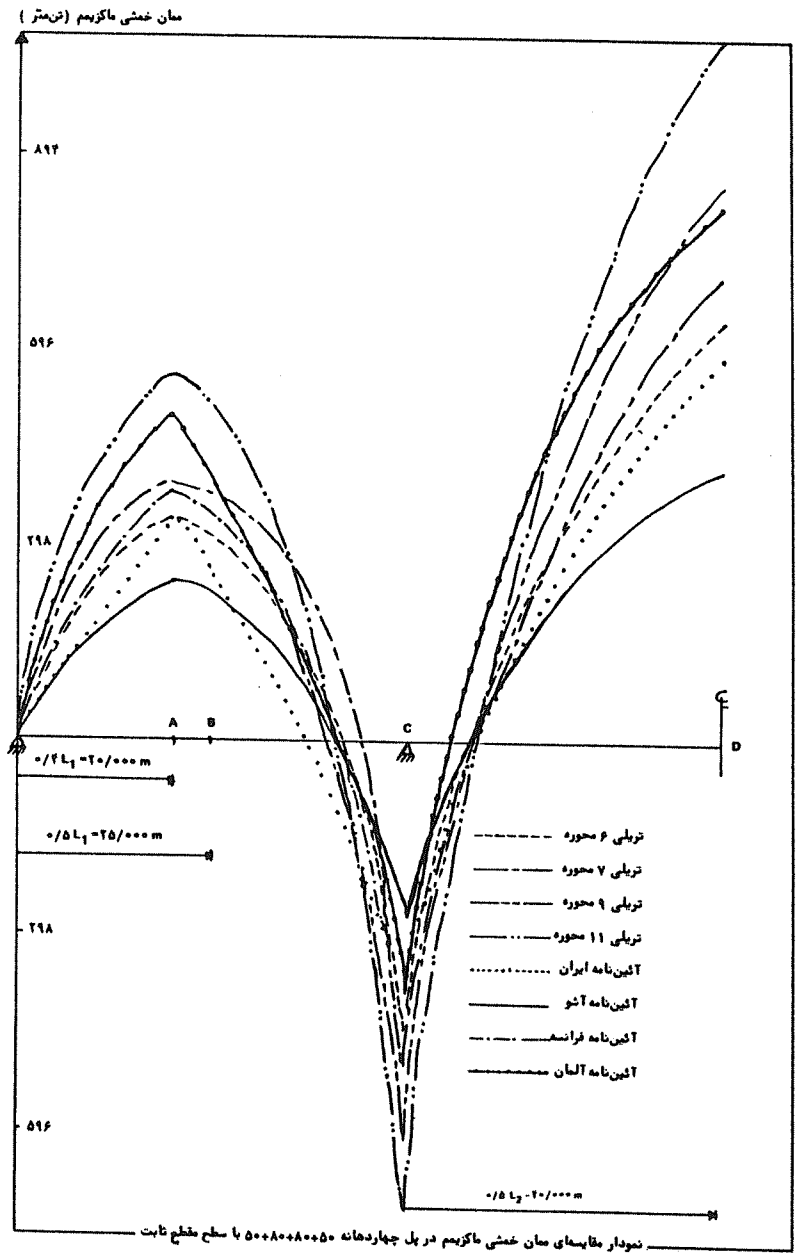
نمودار مقایسه‌ای نیروی برشی ماکزیمم در پل دو دهانه ۲۰ متری بامقطع ثابت



نمودار مقایسه‌ای نیروی برشی ماکزیمم در پل سه دهانه (۵۰+۸۰+۵۰) با مقطع متغیر



نمودار مقایسه‌ای ممان خمشی ماکزیمم در پل چهاردهانه ۵۰۰+۸۰+۸۰+۵۰ با سطح مقطع ثابت



نمودار مقایسه‌ای ممان خمشی ماکزیمم در پل چهاردهانه ۵۰۰+۸۰+۸۰+۵۰ با سطح مقطع ثابت

1. A.A.SH. TO. Association - Standard Specification for Highway Bridges. 1983.
2. Norris, Charles. Elementary Structural Analysis McGraw-Hill Co. 1960.
3. Ministere de L'equipement. Text No. 195. Conception, Calcul et Epreuves des Ourvages D'art - 1971.
4. S.E.T.R.A. Surcharge 71. Edition Setra. 1972.
5. Frederick Meritt. Standard Handbook for Civil Engineers McGraw Hill Co. 1968'
6. C.S.R.D.O. Stell Designer Manual Crosby Lockwood London. 1968.

۷. وزارت راه و ترابری. **آئین‌نامه راهسازی کشور ایران** ــ دستور فنی شماره ۱۱. تهران. ۱۳۳۶.
۸. وزارت راه و ترابری. **ناوگان باربری کشور** ــ تهران (بی‌تا).
۹. وزارت راه و ترابری ــ معاونت حمل و نقل. **آمار ترافیک راههای بین‌شهری**. تهران. ۶۴-۱۳۶۳.