



تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونک هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری			
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 1 of 21			
		Issue	1	Date	8/1/2018	
		Revision	1	Date	8/1/2018	
		Prepared		Checked		

کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری

در سازه‌های پل

نویسنده: شرکت استرونک هلد ایران

STRONGHOLD IRAN

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 2 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	

## چکیده

در چند دهه‌ی اخیر استفاده از تکیه‌گاه الاستومری در پل‌ها افزایش چشمگیری پیدا کرده است. استفاده از تکیه‌گاه الاستومری باعث استهلاک نوسانات طبیعی عرشه‌ی پل ناشی از انبساط و انقباض و بارهای دینامیکی و ترافیکی شده و این تغییر شکل‌ها را به پایه انتقال نمی‌دهد، به عبارت دیگر تکیه‌گاه الاستومری به عنوان جداگر عمل کرده و عملکرد دو قسمت عرشه و پایه‌ی پل را از هم جدا می‌کند. نحوه‌ی صحیح نصب این تکیه‌گاه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد که بایستی مطابق با استانداردهای موجود انجام پذیرد. عدم نصب صحیح الاستومر، جنس نامرغوب، سپری شدن عمر مفید الاستومر و اعمال شدن بارهای نامعقول از جمله دلایلی هستند که می‌توانند الزامات مربوط به تعویض بالشتک الاستومر را فراهم نمایند. هدف از گزارش پیش-رو، ارائه‌ی برنامه کنترل کیفیت، نگهداری و بازرسی‌های دوره‌ای الاستومر و نحوه‌ی صحیح نصب و تعویض الاستومر بوده و به صورت مفصل مورد بررسی قرار گرفته است.


**کلمات کلیدی:** تکیه‌گاه الاستومری، انبساط و انقباض، جداگر، پل، بالشتک الاستومری، لرزه گیر، نگهداری

## ۱- مقدمه

کاربرد تکیه‌گاه‌های الاستومری (نئوپرن) در پل‌ها از حدود سال ۱۹۵۰ آغاز گردیده و تا اکنون دارای سابقه عملکرد بسیار خوبی بوده و امروزه به عنوان پرمصرف‌ترین تکیه‌گاه پل مطرح می‌باشند. نئوپرن‌ها را در دو نوع نئوپرن طبیعی (تولید شده از کائوچو) و نئوپرن مصنوعی (تولید شده از کلروپن) دسته‌بندی می‌نماید.

نئوپرن (Neoprene) یا کلروپرن (Polychloroprene) از خانواده لاستیک‌های مصنوعی هستند که از پلیمریزاسیون کلروپرن تولید می‌شوند. نئوپرن دارای تعادل شیمیایی خوبی بوده و در دماهای مختلف انعطاف‌پذیر باقی می‌ماند و در هر دو حالت جامد و مایع وجود دارد.

نئوپرن به صورت ساده که فقط از الاستومر ساده تشکیل شده و یا مسلح که شامل لایه‌های متناوب الاستومر به علاوه فولاد می‌باشد به دلیل انعطاف پذیری برشی مناسب، به صورت گستره‌ای به عنوان جداساز لرزه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدین ترتیب که در پل‌ها در اثر جابجایی عرشه، نیروی برشی کمی را بر پایه‌ها (ستون‌ها) انتقال می‌دهد و در ساختمان‌ها نیز در اثر

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 3 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	

جابجایی فونداسیون نیروی برشی کمی به اسکلت انتقال می‌دهد. لاستیک‌های استفاده شده در این لرزه‌گیرها، لاستیک طبیعی (NR) و یا الاستومر مصنوعی (CR) است. نئوپرن به عنوان محصولی ایده‌آل برای کم کردن و انتقال نیروی وارده که در اثر ترافیک و ارتعاش و انبساط و انقباض حرارتی بر روی پل‌ها و سایر سیستم‌های مهندسی وارد می‌شود استفاده می‌گردد [۱].

تکیه‌گاه الاستومری المانی است که بین دو جزء از سازه قرار داده می‌شود (برای مثال بین پایه پل و عرشه در پل‌ها) که باعث کاهش نوسان سازه فوقانی شده و میزان حرکت ناشی از زلزله را نیز کاهش می‌دهد. علاوه بر این عملکرد مهم، تکیه‌گاه‌های الاستومری بایستی اجازه یا عدم اجازه حرکات مربوطه (از جمله انتقالی یا چرخشی) به المان‌های متصل به خود را بدهند و در عین حال دارای دوامی مطابق با عمر مفید سازه مورد نظر داشته باشند.


هدف اصلی از گزارش پیش رو ارائه‌ی برنامه کنترل کیفیت، نگهداری و بازرسی‌های دوره‌ای الاستومر و نحوه‌ی صحیح نصب و تعویض الاستومر بوده و به صورت مفصل مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲- کنترل کیفیت بالشتک الاستومر

کنترل کیفیت بالشتک‌های الاستومری از مرحله ساخت بالشتک در محل کارخانه شروع می‌شود. این برنامه کنترل کیفیت شامل نظارت بر روند ساخت بالشتک و همچنین کیفیت مصالح استفاده شده در پروسه ساخت می‌باشد. برای کنترل کیفیت مصالح الاستومری آزمایش‌های متنوعی بر روی اجزای تشکیل دهنده این المان انجام می‌گردد. بصورت کلی دو نوع آزمایش می‌تواند بر روی تکیه‌گاه‌های الاستومری انجام گردد. یکسری از آزمایش‌ها بر روی مواد و مصالح تشکیل دهنده‌ی بالشتک از جمله خواص لاستیک‌ها و خصوصیات فولاد مصرفی انجام می‌شود و یکسری آزمایش‌های دیگر نیز بر روی نمونه‌ی کامل بالشتک انجام می‌گردد.

در ادامه تعدادی از آزمایش‌هایی که بر روی خواص مصالح تشکیل دهنده‌ی بالشتک (لاستیک) انجام می‌شود نشان داده شده است. در انجام این آزمایشات می‌توان از استانداردهای ASTM یا ISO استفاده کرد.

- آزمایش دانسیته (استاندارد ASTM D297)
- آزمایش مانایی فشار (استاندارد ASTM D395 یا ISO 815)

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 4 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	


- آزمایش استحکام کششی و آزمایش ازدیاد طول نهایی (استاندارد ASTM D412 یا ISO 37)
- آزمایش زمانبندی حرارتی (استاندارد ASTM D573 یا ISO 48 یا ISO 188)
- آزمایش مقاومت پارگی (استاندارد ASTM D624 یا ISO 34-1)
- آزمایش دمای تردی نمونه (استاندارد ASTM D746)
- آزمایش سفتی حرارتی آنی (استاندارد ASTM D1043)
- آزمایش مقاومت در برابر ازن (استاندارد ASTM D1149 یا ISO 1431-1)
- آزمایش سنجش سختی (استاندارد ASTM D2240)

مطابق با استانداردهای مذکور و با توجه به اینکه ضخامت نمونه‌های مورد آزمایش خیلی کم می‌باشد لذا نمونه برداری از لاستیک از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. استفاده از ضخامت‌های دلخواه لزوماً به نتایج درست منتهی نخواهد شد.

علاوه بر آن از جمله آزمایش‌هایی که بر روی نمونه ساخته شده بالتک انجام می‌شود بصورت زیر می‌باشد. این آزمایش‌ها نیز می‌تواند بر اساس استاندارد مختلف انجام گیرد.

- آزمایش محاسبه مدول برشی نمونه تکیه‌گاه الاستومری (استاندارد EN 1337-3)
- آزمایش محاسبه مدول فشاری نمونه تکیه‌گاه الاستومری (استاندارد EN 1337-3)

علاوه بر انجام آزمایش، بایستی یک نظارت دقیق بر پروسه‌ی ساخت و عمل‌آوری تکیه‌گاه‌های الاستومری انجام گردد. عمل ولکانیزاسیون بالتک از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تأثیر زیادی بر نحوه‌ی اتصال لایه‌های لاستیک و فولاد دارد. در صورتی که این اتصال بخوبی انجام نگردد احتمال جدایی لایه‌های لاستیک و فولاد و خرابی کلی بالتک تحت بار جانبی وجود دارد. در شکل (۱) یک نمونه از بالتک که بدلیل عدم چسبندگی مناسب لایه‌های لاستیک و فولاد در پروسه ساخت، بدون آن‌که تغییر شکل جانبی قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، گسیخته شده و کارایی خودش را از دست داده است.

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 5 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	




شکل ۱- گسیختگی بالشتک در اثر جداشدگی لایه‌های لاستیک و فولاد

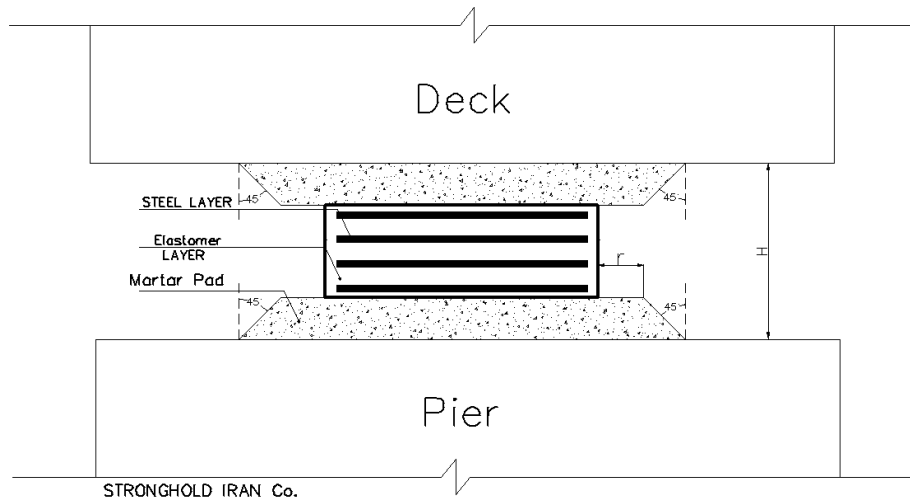
### ۳- نصب تکیه‌گاه‌های الاستومری

نصب صحیح بالشتک نئوپرن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و تأثیر زیادی در عملکرد آن در طول عمر مفید سازه دارد. استفاده از نیروی متخصص، مصالح مرغوب و نظارت بر مراحل نصب می‌تواند اشتباهات احتمالی در نصب بالشتک را به حداقل برساند. دقت شود در صورت جوشکاری در نزدیکی تکیه‌گاه الاستومری نباید دمای اجزای متصل به الاستومر از ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد فراتر برود.

در زمان نصب تکیه‌گاه‌های الاستومری در محل بایستی محل نصب تکیه‌گاه در بهترین شرایط ممکن باشد. پایین و بالای تکیه‌گاه (محل اتصال به سازه) بایستی صاف و تمیز و افقی و عاری از هرگونه مواد روغنی و گریس باشد. برای رسیدن به این شرایط می‌توان از یک ملات (گروت) با مقاومت بالا در پایین و بالای تکیه‌گاه استفاده کرد. مشخصات گروت استفاده شده بایستی منطبق بر استاندارد بوده و از مقاومت بالایی برخوردار باشد تا در اثر بارهای فشاری خرد نشده و به عنوان تکیه‌گاهی برای الاستومر باشد. ضخامت معمول گروت حدود ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر بوده و نباید بیشتر از ۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود. حداقل فاصله بین پایه‌ی پل و عرشه فولادی (بعد از اجرای گروت) بایستی ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود تا در صورت نیاز بتوان با جک‌های موجود، تکیه‌گاه مورد نظر را تعویض کرد. به عنوان یک پیشنهاد لازم است که لایه گروت در تمامی جهات به

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 6 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	

اندازه ارتفاع بالشتک عریض‌تر از بالشتک الاستومر باشد تا در صورت لغزش احتمالی، بالشتک از لایه گروت بیرون نزنند. شکل (۲) نمایی شماتیک از بالشتک الاستومر و لایه گروت را نشان می‌دهد.




شکل ۲- نمایی شماتیک از بالشتک الاستومر و لایه‌های گروت

#### ۴- نگهداری و بازرسی‌های دوره‌ای

انجام بازرسی‌های دوره‌ای و به تبع آن نگهداری از بالشتک الاستومری یکی از مهمترین عواملی است که می‌تواند عمر مفید تکیه‌گاه را افزایش دهد. از نظر مفهومی کلیه عملیات و فعالیت‌هایی را که در راستای سالم و مرتب نگاه داشتن تجهیزات انجام میشود را نگهداری می‌گویند. از جمله عملیاتی که در نگهداری انجام می‌شود عبارت است از: بازدید مرتب تکیه‌گاه‌ها، رفع عیوب و نواقص احتمالی و جلوگیری از وقوع آسیب‌های بزرگ و تعمیرات دوره‌ای در فواصل معین. با انجام بازرسی‌های دوره‌ای و عملیات نگهداری امکان تعویض یا ترمیم بالشتک می‌تواند به تأخیر بیفتد. توصیه می‌گردد مدت زمان بازرسی‌های دوره‌ای بصورت منظم و در هر سال توسط متخصصین مربوطه انجام گردد. از جمله عملیاتی که در بازرسی بایستی مورد توجه قرار گیرد عبارتند از کنترل تغییرشکل بالشتک و مقایسه با تغییرشکل مجاز، سالم بودن لایه‌ی گروت بالا و پایین بالشتک، عدم وجود پارگی در بالشتک و کنترل لغزش بالشتک. در صورت مشاهده هر یک از موارد مربوطه بایستی اقدامات لازم انجام گیرد.



تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونک هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 7 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	

## ۵- تعویض و ترمیم تکیه‌گاه‌های الاستومری


در این بخش به بیان دلایل تعویض و ترمیم بالشتک پرداخته و سپس یکی از روش‌هایی که می‌توان برای تعویض و یا ترمیم الاستومر بکار برد مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنا به دلایل مختلفی ممکن است نیاز باشد که تکیه‌گاه الاستومری موجود در یک سازه‌ی پل تعویض گردد. از جمله این دلایل می‌توان به سپری شدن عمر مفید سازه، مشکلات موجود در نصب اولیه، مشکلات موجود در طراحی اولیه، مشکلات موجود در پروسه ساخت، اعمال بارهای نامعقول و اتفاقی، جنس نامرغوب بالشتک و ... اشاره نمود. در ادامه هر یک از مشکلات اشاره شده جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### ۱-۵- سپری شدن عمر مفید بالشتک

عمر مفید بالشتک ارتباط مستقیمی با کیفیت مواد اولیه الاستومر دارد. چنانچه از مصالح با مرغوبیت بالا در ساخت قطعه الاستومری استفاده شود عمر این قطعه نیز افزایش پیدا می‌کند. در شکل (۳) یک نمونه از بالشتک الاستومری که سال‌ها از عمر مفید آن می‌گذرد نشان داده شده است. در اینگونه موارد چاره‌ای جز تعویض بالشتک وجود ندارد. بصورت کلی، در پل‌های قدیمی تعویض بالشتک الاستومری یکی از مراحل بهسازی پل‌ها محسوب می‌شود.



شکل ۳- خرابی بالشتک در اثر سپری شدن عمر مفید الاستومر

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 8 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	

## ۲-۵- مشکلات موجود در نصب اولیه


در صورتی که ضوابط و استانداردهای مربوط به نصب بالشتک الاستومر رعایت نشود، نیاز به تعویض و ترمیم تکیه‌گاه الاستومری بیش‌تر می‌شود. بنابراین، نظارت بر نصب صحیح و زیرسازی مناسب و استفاده از مصالح مرغوب و بکارگیری نیروی متخصص از جمله فاکتورهایی هستند که می‌توانند خطاها و مشکلات نصب اولیه را به مقدار قابل توجهی کاهش دهند. در شکل (۴) خرابی تکیه‌گاه الاستومری به دلیل عدم رعایت اصول و ضوابط مربوطه به زیرسازی و عدم استفاده از لایه گروت در نصب اولیه نشان داده شده است.



شکل ۴- خرابی تکیه‌گاه الاستومری به دلیل عدم زیرسازی مناسب و عدم استفاده از لایه گروت

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد لایه گروت بایستی در هر دو جهت عریض‌تر از بالشتک در نظر گرفته شود تا در صورت لغزش احتمالی، بالشتک از کناره‌ها بیرون نزند. این مورد در شکل (۵) نشان داده شده است. با لغزشی که اتفاق افتاده است، بالشتک از لایه گروت بیرون زده است که می‌تواند مقدمات خرابی و ناپایداری تکیه‌گاه الاستومری را فراهم سازد.




تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 9 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	



شکل ۵- لغزش بالشتک و بیرون زدگی از لایه گروت زیرین

### ۳-۵- مشکلات موجود در طراحی اولیه

در طراحی بالشتک الاستومر توجه به مقدار بارهای اعمالی از اهمیت بالایی برخوردار است. در اکثر مواقع لغزش تکیه‌گاه‌های الاستومری بدلیل عدم در نظرگیری حداقل بار فشاری بر روی الاستومر می‌باشد. مطابق با آیین نامه EN 1337-3 [۳] حداقل بار فشاری بر روی بالشتک برای جلوگیری از لغزش تکیه‌گاه برابر با ۳۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع می‌باشد. در شکل (۶) نمونه‌ای از تکیه‌گاه الاستومر که در اثر مشکلات موجود در طراحی اولیه از روی تکیه‌گاه لغزیده است نشان داده شده است. در اثر این لغزش لاستیک بالشتک نیز آسیب جدی دیده و کارایی خود را از دست می‌دهد همچنین اتصال بین ورق فولادی و لاستیک نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 10 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	




شکل ۶- لغزش بالشتک بدلیل عدم در نظرگیری حداقل بار فشاری در طراحی اولیه

#### ۴-۵- مشکلات موجود در پروسه‌ی ساخت

همانطور که پیش‌تر نیز اشاره شد در صورتی که استانداردهای لازم در ساخت بالشتک رعایت نشود، بعد از نصب بالشتک و بعد از سپری شدن زمان اندک تحت کوچکترین بار عیب‌های موجود خود را نشان می‌دهند. از جمله این عیوب میتوان به عدم چسبندگی کافی و مناسب بین لایه‌های لاستیک و ورق فولادی، عدم استفاده از مصالح مرغوب، عدم ولکانیزاسیون مناسب و ... اشاره نمود.

در شکل‌های (۷) تا (۹) چندین مورد از عیوب مذکور از جمله موجدار شدن لایه‌ها، جدایی لایه‌های لاستیک و ورق و جنس نامرغوب به وضوح نشان داده شده است.

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 11 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	




شکل ۷- موجدار شدن بالشتک و جدایی لایه لاستیک و فولاد بدلیل عدم چسبندگی مناسب



شکل ۸- خرابی لاستیک بدلیل استفاده از جنس نامرغوب




تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 12 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	



شکل ۹- جدایی لایه لاستیک و فولاد بدلیل عدم چسبندگی مناسب

#### ۵-۵- اعمال بارهای نامتعارف و اتفاقی

در پاره‌ای از موارد ممکن است بالشتک الاستومری تحت تأثیر بارهای اتفاقی از جمله برخورد شیء تیز با بالشتک یا ذوب بالشتک در اثر جوشکاری در نزدیک آن و یا زمین لرزه با شدت بالا قرار گیرد. در اثر زلزله تغییر مکان بالایی به سازه اعمال می‌گردد و سبب لغزش بالشتک می‌گردد. در اثر اعمال بار جانبی با شدت بالا علاوه بر لغزش بالشتک، احتمال خرابی کلی و شکست تکیه‌گاه نیز وجود دارد. در شکل (۵) لغزش بالشتک الاستومری بر روی تکیه‌گاه نشان داده شده است.

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 13 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	




شکل ۵- لغزش بالشتک الاستومری تحت بارهای اتفاقی از جمله زمین لرزه

در بعضی موارد مشاهده می‌شود که در اثر انبساط و انقباض یا بارهای ترافیکی، بالشتک تغییرشکل داده است. در این گونه موارد بعد از بررسی تغییرشکل مجاز بالشتک مطابق با آیین‌نامه‌های مربوطه با مقدار مشاهده شده مقایسه می‌گردد و از لحاظ خرابی نیز به صورت دقیق واریسی می‌شود. چنانچه تغییرشکل‌ها در محدوده مجاز باشند و خرابی در بالشتک مشاهده نشود، نیازی به تعویض الاستومر نیست. در چنین حالتی برای مدت کوتاهی از روی بالشتک باربرداری می‌شود تا تکیه‌گاه الاستومری به حالت اولیه خود بازگردد سپس بارگذاری مجدد بر روی بالشتک انجام می‌گردد.

#### ۵-۶- مطالعه موردی تعویض بالشتک الاستومری

در شکل (۶) یک بالشتک الاستومر بعد از تغییرشکل ناشی از انبساط و انقباض و بارهای ترافیکی نشان داده شده است.

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 14 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	



شکل ۶- تغییرشکل ایجاد شده در بالشتک الاستومری در اثر انبساط و انقباض و بارهای ترافیکی

مطابق با شکل (۶) ممکن است تحت اثر انبساط و انقباض، تغییرشکل جانبی در بالشتک الاستومری ایجاد گردد. در این گونه موارد بایستی ابتدا بصورت دقیق تمام قسمت‌های بالشتک از لحاظ خرابی و بریدگی و ارسی گردیده و سپس این تغییرشکل جانبی با تغییرشکل مجاز الاستومر مقایسه گردد. در ادامه نحوه محاسبه تغییرشکل مجاز الاستومر بیان گردیده و با مقدار مشاهده شده مقایسه می‌گردد.

۱-۶-۵- محاسبه تغییرشکل مجاز مطابق با آیین نامه DIN 4141:


مطابق با آیین نامه DIN 4141 [2] مقدار تغییرشکل جانبی مجاز برای بالشتک الاستومر متأثر از ضخامت مؤثر لاستیک (T) و بعد کوچک بالشتک (a) بوده و مطابق با رابطه زیر بدست می‌آید:

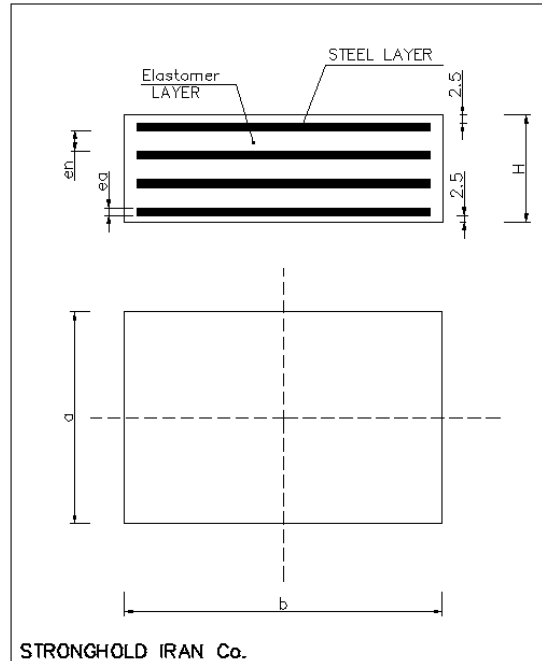
$$\text{for } \frac{T}{a} \leq 0.2 \rightarrow \tan \gamma = 0.7 \rightarrow \delta_{all} = \tan \gamma \times T$$

$$\text{for } \frac{T}{a} > 0.2 \rightarrow \tan \gamma = \left(0.9 - \frac{T}{a}\right) \rightarrow \delta_{all} = \tan \gamma \times T$$

مشخصات ابعادی بالشتک الاستومری در شکل (۷) نشان داده شده است.



تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 15 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	



شکل ۷- جزئیات لایه‌های الاستومر و ابعاد پلان

برای بالشتک به ابعاد 500x600x204 (میلی‌متر)، که دارای ضخامت مؤثر لاستیک ۱۴۸ میلی‌متر و بعد کوچک ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد، مقدار تغییرشکل مجاز بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{T}{a} = \frac{148}{500} = 0.295 > 0.2 \rightarrow \tan \gamma = 0.9 - \frac{T}{a} = 0.9 - 0.295 = 0.604$$


تغییرشکل مجاز برابر است با:

$$\delta_{all} = \tan \gamma \times T = 0.604 \times 148 = 89.4 \text{ (mm)}$$

میزان تغییرشکل مشاهده شده: ۵۰ میلی‌متر

میزان تغییرشکل مجاز مطابق با آیین نامه DIN 4141 : ۸۹,۴ میلی‌متر

$$\text{check: } \delta \leq \delta_{all} \rightarrow \rightarrow \rightarrow 50 \text{ (mm)} \leq 89.4 \text{ (mm)} \rightarrow \text{ok}$$

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 16 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	


تغییر شکل مشاهده شده ۵۶ درصد تغییر شکل مجاز می‌باشد. با توجه به اینکه تغییر شکل در محدوده مجاز بوده و خرابی در بالشتک مشاهده نشد، لذا نیازی به تعویض بالشتک نبوده و کافی است که بمدت کوتاه باربرداری شود تا تغییر شکل به حالت اول برگشته و سپس بارگذاری مجدد بر روی بالشتک انجام شود.

#### ۵-۶-۲- محاسبه نیروی جک و چیدمان صحیح جک

استفاده از جک‌ها با ظرفیت کافی برای بلند کردن عرشه یکی از مهمترین مراحل در تعویض و ترمیم تکیه‌گاه‌های الاستومری بحساب می‌آید. ابتدا از طریق نقشه‌های موجود مقدار وزن عرشه که بر روی بالشتک سوار شده است محاسبه می‌گردد. با توجه به مقدار وزن مورد نظر تعداد و ظرفیت جک‌های مورد نیاز برای بلند کردن عرشه از روی بالشتک محاسبه می‌گردد. لازم به ذکر است با توجه به اینکه ترافیک عبوری از روی عرشه همچنان ادامه دارد لذا بایستی از ضریب اطمینان بالایی برای محاسبه تعداد و نیروی جک‌ها استفاده گردد. در مطالعه‌ی موردی در این گزارش از چهار عدد جک ۲۲۰ تنی که مجموعاً ۸۸۰ تن ظرفیت دارند برای بلند کردن عرشه با وزن ۵۰۰ تن استفاده شده است.

نکته مهم دیگری که بایستی به آن توجه گردد، عملیات بالابری بصورت سنکرونیزه انجام شود بعبارت دیگر بلند کردن عرشه با اعمال نیروی همزمان به جک‌ها در زمان واحد صورت گیرد. در این صورت نیروی جک‌ها بصورت متعادل به عرشه اعمال شده و تمامی جک‌ها به یک اندازه تحت نیروی وزن ناشی از عرشه و ترافیک عبوری قرار می‌گیرند.

در شکل‌های (۸) و (۹) نحوه چیدمان جک‌ها در دو طرف بالشتک الاستومر و اعمال همزمان نیرو نشان داده شده است.

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استروننگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 17 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	




شکل ۸- چیدمان جک‌ها در اطراف بالشتک



شکل ۹- اعمال نیروی همزمان به گروه جک‌ها

در جاگذاری جک‌ها بایستی از ورق‌های با ابعاد نسبتاً بزرگ استفاده گردد تا از پانچ احتمالی عرشه جلوگیری شود. با توجه به زیاد بودن وزن عرشه پل و کم بودن ابعاد جک‌ها امکان برش پانچ در عرشه‌ی پل وجود دارد. (شکل ۱۰).

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 18 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	




شکل ۱۰- استفاده از ورق‌های با ابعاد بزرگ در بالا و پایین جک برای جلوگیری از برش پانچ

بعد از تثبیت جک‌ها و جاگذاری ورق‌های بالا و پایین آن، نیروی مورد نظر به جک‌ها اعمال شده و عرشه از بالشتک جدا می‌شود. با توجه به اینکه ترافیک روی پل در هنگام اعمال نیرو همچنان ادامه دارد لذا بایستی مقدار بلند شدگی عرشه به اندازه‌ای باشد که به آسفالت روی عرشه و همچنین درز انبساط پل آسیبی وارد نکند. شکل‌های (۱۱) و (۱۲) جدا شدن بالشتک الاستومری از عرشه بعد از اعمال نیروی جک را نشان می‌دهد.

\*\*\* لازم به ذکر است که در تمامی مراحل از جمله کارگذاری جک‌ها، آماده‌سازی سطوح، کارگذاری ورق‌های پانچ، اعمال نیروی جک، بالا بردن عرشه‌ی پل، انجام بازرسی‌های چشمی، ترمیم لایه‌ی گروت و بارگذاری مجدد بایستی تمامی نکات ایمنی رعایت شده و از افراد خبره و مجرب برای این منظور استفاده گردد تا از حوادث احتمالی جلوگیری گردد.



تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 19 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	




شکل ۱۱- جدا شدن بالشتک از عرشه‌ی پل



شکل ۱۲- جدا شدن بالشتک از پایه‌ی پل

مشاهده می‌شود بعد از اینکه عرشه توسط جک‌ها بالا برده شد مقدار تغییرشکل موجود در بالشتک از بین رفته و بالشتک به حالت اول خود باز می‌گردد (رفتار الاستیک).

تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 20 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	

با توجه به اینکه وزن قابل توجهی روی بالشتک سوار می‌باشد لذا در هنگام بلند کردن عرشه امکان خرابی و پوکیدگی لایه گروت وجود دارد. در این صورت بایستی قبل از بارگذاری دوباره، لایه‌ی گروت ترمیم شده و بعد از تمیز کاری لایه‌ی بالا و پایین بالشتک، نیروی جک‌ها را به آرامی حذف کرده و عرشه بر روی الاستومر قرار بگیرد. در شکل (۱۳) خرابی لایه گروت بعد از اعمال نیروی جک نشان داده شده است.




شکل ۱۳- خرابی لایه‌ی گروت زیرین بالشتک در اثر بلند کردن عرشه

## ۶- نتیجه‌گیری

بالشتک الاستومری به دلیل انعطاف‌پذیری برشی مناسب، به صورت گسترده‌ای به عنوان جداساز مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به افزایش استفاده از بالشتک‌های الاستومری، نیاز به ارائه‌ی برنامه‌ی جامع برای بازرسی دوره‌ای و نگهداری و همچنین آموزش روش‌های نصب و تعویض این تکیه‌گاه‌ها اهمیت دو چندان پیدا می‌کند. در این گزارش در ارتباط با نگهداری و بازرسی بالشتک‌های الاستومری و همچنین نحوه‌ی نصب صحیح این المان مورد بررسی قرار گرفته و سپس یکی از روش‌های تعویض این المان مهم بررسی گردید. علاوه بر آن، نکات مهم در نحوه‌ی آماده‌سازی و چیدمان جک‌ها و همچنین محاسبه‌ی نیروی جک‌ها و اعمال نیروی جک‌ها که از اهمیت بالایی نیز برخوردار می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین بازرسی‌های قبل و بعد از بلند کردن عرشه‌ی پل بررسی شده و در قالب یک مطالعه‌ی موردی ارائه گردید.



تهران، بلوار میرداماد، تقاطع آفریقا، پلاک ۲۹۹، واحد ۱-۴-۵ تلفن تماس: ۸۸۶۴۰۰۳۹-۴۱	شرکت استرونگ هلد ایران	Project Name	بالشتک‌های الاستومری		
	کنترل کیفیت، نصب و تعویض بالشتک‌های الاستومری در سازه‌های پل	Page	Page 21 of 21		
		Issue	1	Date	8/1/2018
		Revision	1	Date	8/1/2018
		Prepared		Checked	

مراجع

[۱]. کاربرد تکیه‌گاه‌های الاستومر در ساختمانهای لرزه جدا. دکتر ابولفضل حسنی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشریه: ک-۳۴۰، سال ۱۳۸۱.

[۲]. DIN 4141-14. STRUCTURAL BEARINGS - LAMINATED ELASTOMERIC BEARINGS - PART 14. DESIGN AND CONSTRUCTION.

[۳]. EN 1337-3. STRUCTURAL BEARINGS – PART 3: ELASTOMERIC BEARING.

#### کپی برداری از این مقاله تنها با ذکر مرجع بلامانع می باشد ####