تعیین زوایای بهینه ی کابل ها در پل‌های کابلی ایستا به روش انرژی

فرهاد عابدی سنگ نویی[1]، عزیزاله اردشیر بهرستاقی[2]، علیرضا میرزا گل تبار[3]

Sooshyant7@yahoo.com
A_ardeshir@ustmb.ac.ir
Ar-goltabar@nit.ac.ir

خلاصه

دراین مقاله به بررسی و تعیین زوایای بهینه کابل ها با عرشه در پل‌های کابلی ایستا با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی هندسی و ماده ای پرداخته شده است. روش بکارگیری شده، استفاده از قضیه حداقل نمودن انرژی پتانسیل کل سیستم می باشد. در تبیین اجزای این روش، از سری فوریه سینوسی استفاده شده و با استفاده از روش ریتز- ریلی و برقراری شرایط همسازی تغییرشکل ها در برج ها و عرشه و کابل ها، معادلات لازم استخراج شده و ماتریس ضرایب تحت عنوان ماتریس سختی– نرمی تعیین می‌شوند. با حل دستگاه معادلات مذکور، ضرایب مجهول سری فوریه به دست می‌آیند. با اعمال بارهای استاتیکی مرده و زنده به عرشه و تغییر زاویه کابل‌ها در هر مرحله، تحلیل انجام می‌گیرد. جهت برآورد عددی نتایج و کنترل صحت سنجی آنها از نرم افزارهای MathCAD و Sap2000 استفاده شده است.

کلمات کلیدی: پل های کابلی ایستا؛ تحلیل استاتیکی غیرخطی؛ ماتریس سختی - نرمی؛ زوایای بهینه؛ روش انرژی.

1. مقدمه

یکی از معیارهای پیشرفت بشر، توانایی ساخت سازه‌هایی عظیم‌تر و بلندتر می‌باشد. پل‌های کابلی ایستا به عنوان نمونه‌ای از این سازه‌ها می‌باشد. تحلیل و ساخت پل‌های کابلی ایستا با پیشرفت در علوم کامپیوتر و تکنولوژی تولید فولادهای پرمقاومت از یک سو و همچنین از جنبه‌های اقتصادی، آسانی ساخت و زیبایی از سوی دیگر سبب شده تا در نیم قرن اخیر از پر کاربردترین سازه‌ها برای ارتباط دهانه‌های متوسط تا بزرگ(از 200m تا 1000m) مورد استفاده قرار گیرند[4 و 5 و 7].

گرایش به ساخت پل های کابلی با دهانه های بزرگتر این سوال را به وجود آورده است که آیا تحلیل های خطی سازه می توانند پاسخ سازه را به درستی ارزیابی کند؟ برای مثال، افزایش طول کابل و به طبع آن افزایش مقدار افتادگی کابل، می تواند منجر به کاهش سختی شده و متعاقبا رفتار غیر خطی پل تحت بار زنده را نمایان‌تر کند. این امر سبب نگرانی در مورد ایمنی و اطمینان از عمکرد مورد انتظار در این نوع سازه‌ها شده است. به همین دلیل در این سازه‌ها اثرات غیر خطی هندسی و ماده‌ای را نمی‌توان نادیده گرفت. در نظر گرفتن رفتار غیرخطی موجب پیچیده‌تر شدن تحلیل شده زیرا در این حالت اصل جمع آثار قوا دیگر صادق نمی باشد و باید همزمان معادلات همسازی و تعادل بر اساس شکل دگرگون یافته سازه ارضا و اعمال شوند[1]. تعیین توزیع بهینه نیروهای کششی کابل‌ها یکی از مراحل مهم طراحی پل‌های کابلی ایستا می‌باشد که عمده ترین نقش را در ساخت این گونه سازه‌ها دارد. با پیش تنیده کردن هر کابل، پل پایدارتر و زمان کمتری نیز برای مدلسازی آن نیاز است. لازار و همکاران[Lazar et al, 1972] و توری و همکاران [Tori et al,1986] اولین مهندسینی بودند که بهینه سازی نیروهای کابل را مورد بررسی قرارداده اند. در سال های گذشته روشهای تکراری زیادی برای بهبود و ارتقا عملکرد این نوع پل ها به روش بهینه سازی نیروهای کابل پیشنهاد شده است. ونگ و همکاران [Wang et al, 2002, 1996] روش تغییر مکان صفر[4] را با توجه به بار مرده تیرها و برج ها که شامل اثرات غیر خطی ناشی از افت کابل می باشد، با تکرار حلقه های تعادل و پیدا کردن شکل جدید سازه ارایه کرده است. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد این روش برای پل های کابلی ایستا با دهانه بزرگ که دارای درز[5] هستند، برای همگرایی دچار مشکل شده چراکه باعث بوجود آمدن نیروهای افقی نامتعادل کننده در برج پل کابلی ایستای نامتقارن می‌شود این اثر سبب

---

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، موسسه غیر انتفاعی پردیسان، فریدونکنار، ایران
[2] استادیار دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل، ایران
[3] استادیار دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

[4] Zero Displacement Method
[5] Gap