پوهنتون پولی تخنیک کابل
مجله علم و تکنالوژی
جلد۵۲ - شماره ۳
قوس - سال ۱۴۰۳ - ه.ش.
P-ISSN: 2305 - 896X
KPU-JST
تاریخ دریافت اثر: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲
تاریخ قبولی اثر: ۱۴۰۳/۰۶/۲۴

ارزیابی ظرفیت پل کانکریتی گادر I- مانند متشنج‌قبلی نوع پس‌کشیده به روش اجزای محدود

[*1]مسیح الله جلالی، [2]پوهنمل دکتور مجتبی امین، [3]پوهنوال خواجه داود کوکبی
[*1] فارغ التحصیل دوره ماستری، دیپارتمنت انجنیری شاهراه و ساختمان‌های ترانسپورتی پوهنتون پولی‌تخنیک کابل
ایمیل آدرس و شمارهٔ تماس: masiullahjalali@gmail.com، ۰۷۹۷۰۰۴۷۸۸
[2] استاد، پوهنحی انجنیری ساختمان های ترانسپورتی، پوهنتون پولی‌تخنیک کابل
ایمیل آدرس و شمارهٔ تماس: m.amin@kpu.edu.af، ۰۷۰۰۷۵۴۶۰۴
[3] استاد، پوهنحی انجنیری ساختمان های ترانسپورتی، پوهنتون پولی‌تخنیک کابل
ایمیل آدرس و شمارهٔ تماس: daud.kawkabi@kpu.edu.af، ۰۷۹۹۳۴۲۰۴۰

خلاصه

مقاله هذا به بررسی ظرفیت موجوده پل کانکریتی گادر I-مانند متشنج قبلی نوع پس‌کشیده می‌پردازد. برای انجام این تحقیق پل حیرتان که در بالای کانال قوش‌تیپه قرار دارد، مورد مطالعه قرار گرفته است. پل مذکور در سه وایه ۳۰متری به طول ۹۰متر ساخته شده است. این درحال است که عرض مجموعی کانال که پل از آن می‌گذرد در حدود ۱۰۸ متر می‌باشد. که در این حالت مشکلات پل‌پایه‌های ساحلی که در داخل کانال گردیده باعث ایجاد آشفتگی جریان آب در اطراف آن گردیده و از طرف دیگر زیبایی پل را نیز متأثر ساخته و همچنان با توجه به تیپ گادر که درآن بکار رفته است، غیر اقتصادی نیز می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی پل حیرتان در سه وایه ۳۶متری به طول مجموعی ۱۰۸متر با استفاده از نرم افزار CSiBridge که بر اساس روش اجزای محدود کار می‌کند، انجام شده است. ابتدا پارامترهای مهم که توسط آن می‌توان کارکرد نرم‌افزار را کنترول کرد، به شکل دستی محاسبه گردیده و پل مذکور به روش اجزای محدود مدل شده است. بعداز اجرای تحلیل بالای مدل نتایج تحلیل با نتایج محاسبات دستی مقایسه گردیده است، که تفاوت چندان نداشته است. بعداز دریافت نسبت تقاضای بر ظرفیت دریافت گردید که ظرفیت موجوده از تقاضای که متوجه آن است، بیشتر می‌باشد. بعداً پل با وایه‌های ۳۶متری مدل گردیده است که نتایج تحلیل آن نشان می‌دهد مشخصات مواد و ابعاد که در این پل به کار رفته است جوابگوی نیازمندی‌ها در وایه‌های ۳۶متری نیز می‌باشد.

اصطلاحات کلیدی: متشنج‌قبلی، پس‌کشیده، گادر I-مانند، روش‌اجزای محدود، نسبت تقاضای بر ظرفیت.

---

*۱ - مولف مسوول

۱. مقدمه

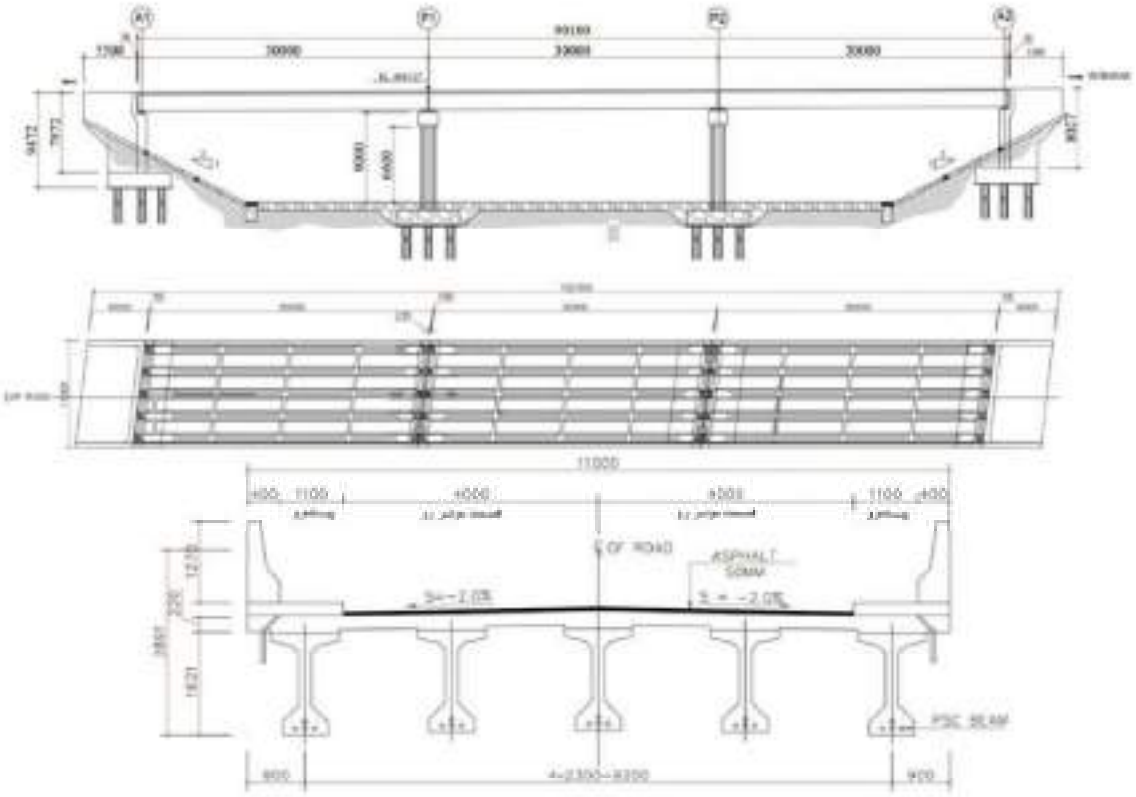
پل‌ها ساختمان‌های مهم در مسیر سرک بوده که بخاطر عبور از موانع دریایی، دره‌ای و موانع شهری به اشکال، انواع و مواد مختلف ساخته می‌شود. معمول‌ترین نوع آن برای وایه‌های متوسط و مناسب برای شرایط افغانستان پل‌های متشنج قبلی نوع کش‌شده بعدی[۲] با گادرهای آی‌مانند[۳] می‌باشد. استفاده از کانکریت متشنج قبلی مزایای زیاد دارد، که می‌توان ازمقاومت و ظرفیت انتقال بار بیشتر، عمر طولانی، نیاز به حفظ و مراقبت کمتر، زمان ساخت کمتر و زیبایی آن به صورت خلاصه نام برد.

امروزه اکثر پل‌ها به روش بار و مقاومت فکتور شده[۴] که توسط آشتو[۵] تدوین گردیده و هر چند مدت بعد بروز می‌شود، دیزاین می‌گردد. انجمن آشتو و انستیتیوت کانکریت پیش‌ساخته/متشنج‌قبلی[۶] آمریکا به اتفاق هم مقاطع ستندرد را پیشنهاد نمودند تا از یک طرف از کار فکری طراح کاسته و از طرف دیگر ازتنوع قالب‌بندی به شدت می‌کاهد [۴]. استفاده از گادرهای آشتو از اثر این‌که هر تیپ آن برای یک محدودهٔ از طول وایه پیشنهاد گردیده در صورت استفاده برای کمیت اصغری این انتروال غیر اقتصادی و برای کمیت‌های اعظمی محدوهٔ پیشنهادی وریانت پل بحرانی به بار می آید. از آنجای که معیارهای دیزاین به تخنیکی-اقتصادی بودن وریانت‌ها تأکید می‌کند، باید وریانت های پل به گونه دقیق تحلیل گردد. یکی از روش‌ها برای این منظور استفاده از مدل های عددی و روش اجزای محدود[۷] می‌باشد. روش اجزای محدود یک روش تحلیل عددی برای تحلیل رفتار ساختمان و حل مشکلات پیچیده انجنیری می‌باشد. دراین روش ساختمان به اجزا تقسیم گردیده و هر جز به طور جداگانه مورد تحلیل قرار می‌گیرد که در نهایت از یکجا نمودن تمام اجزا نتایج به کل‌سیستم تعمیم داده می‌شود. از جمله مزیت‌های این روش می‌توان به ارائه دقیق از ساختمان مدل شده، اعمال تغییرات در شرایط و اندازه‌های پل، امکان پیش‌بینی عملکرد پل، ارزیابی سطح بی‌خطری، بهینه‌سازی وریانت‌ها، صرفه‌جویی در زمان و هزینه دیزاین اشاره کرد. [۲]

۲. مسئله یا پرابلم

پل‌ها ساختمان پُراهمیت و قیمتی در مسیر سرک اند و نیازمند طراحی و دیزاین به گونه دقیق و مطابق به شرایط کشور می‌باشد، متأسفانه در افغانستان پل‌ها به گونه که باید طراحی و دیزاین گردد، نمی‌شود. به عنوان نمونه در این تحقیق پل حیرتان که بالای کانال قوش تیپه اعمار گردیده است(شکل ۱)، مورد مطالعه قرار گرفته است. پل حیرتان دارای طول مجموعی ۹۰ متر بوده که در سه وایه ۳۰ متره بالای کانال قوش تیپه ساخته شده است در حالیکه عرض مجموعی کانال ۱۰۸ متر می‌باشد. از طرف دیگر گادر تیپ ۵ آشتو که برای طول وایه (۲۶-۳۸) متر و در بعضی حالات تا ۴۵ متر قابل استفاده است، در آن بکار رفته است. استفاده از وایه‌های ۳۰ متره مشکلات را از قبیل ضیق ساختن مجرای آب کانال، غیر اقتصادی بودن پل و کاهش زیبایی آن را به بار آورده است. برای این‌که در زمینه دیزاین پل‌های متشنج قبلی به روش دستی[۸] کاری شده باشد و از طرف دیگر جهت ارتقای سطح مهارت مدل سازی به روش اجزای محدود که به کمک آن پارامترهای مختلف را به گونه بسیار دقیق و نزدیک به حالت واقعی تحلیل می‌گردد، این تحقیق با استفاده از نرم افزار سی‌اس‌آی‌بریج[۹] که یک نرم افزار قدرتمند در زمینه مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل‌ها می‌باشد صورت گرفته است.

2 - Post-tensioned
3 - I-Girder
4 - Load resistance Factored Design (LRFD) method
5 - American Association of State Highway and transportation Officials (AASTHO)
6 - Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI)
7 - Finite Element Method (FEM)
8 - Manual design/Hand calculation
9 - CSiBridge



شکل ۱: مقطع طولی، مقطع عرضی و پلان پل حیرتان (تمام اندازه‌ها به ملی‌متر می‌باشد)

۳. اهداف تحقیق

این تحقیق جهت تحقق اهداف ذیل صورت گرفته است:

۱- کسب مهارت دیزاین پل به روش آشتو و به صورت دستی؛

۲- کسب مهارت مدل سازی پل متشنج قبلی نوع پس‌کشیده به روش اجزای محدود؛

۳- اجرای تحلیل‌های دقیق از مدل ساخته و مقایسه آن با نتایج محاسبات دستی؛

۴- کسب توانایی ارزیابی تخنیکی-اقتصادی وریانت‌های پل با استفاده از نسبت تقاضای بر ظرفیت و پیشنهاد وریانت بهتر.

۴. اهمیت و ضرورت تحقیق

۱- تیپ‌های گادر آشتو برای محدوده از طول وایه پیشنهاد گردیده که استفاده از کمیت اصغری آن باعث غیر اقتصادی شدن وریانت و کمیت اعظمی آن باعث بحرانی[10] شدن وریانت پل می‌گردد اجرای این تحقیق ازاین جهت مفید است که با استفاده از روش اجزای محدود پل حیرتان به گونه دقیق تحلیل گردیده از یک طرف میزان تخنیکی-اقتصادی بودن وریانت مورد بررسی قرار می‌گیرد و از طرف دیگر وایه مناسب مطابق به عرض کانال پیشنهاد می گردد تا یک سطح اطمینان قابل پیمایش محاسبه گردیده و در آینده از نتایج آن برای بهتر شدن وریانت های دیزاین پل استفاده به عمل آید.

10 - Critical

۵. سوالات تحقیق

این تحقیق برای پاسخ دادن به سؤالات ذیل صورت گرفته است:

۱- چگونه می‌توان کارکرد نرم‌افزار را با استفاده از محاسبات دستی کنترول کرد؟
۲- تا چه اندازه ظرفیت موجوده در پل حیرتان به کار رفته است، آیا اقتصادی است؟
۳- چگونه می‌توان تیپ مناسب گادر آشتو را انتخاب نمود که در عین حال تخنیکی و اقتصادی باشد؟
۴- چقدر استفاده از روش اجزای محدود برای بهینه سازی وریانت‌های دیزاین پل می‌تواند مؤثر باشد؟

۶. فرضیه تحقیق

۱- خروجی‌ها در نتیجه تحلیل مدل با استفاده از محاسبات دستی کنترول می‌گردد؛
۲- گادر تیپ ۵ آشتو برای پل بالای کانال قوش تیپه غیر اقتصادی بوده و نیازمند تحقیق در زمینه می‌باشد؛
۳- روش اجزای محدود جهت دریافت نسبت تقاضای بر ظرفیت[11] نتایج قناعت‌بخش را می‌دهد؛
۴- با استفاده از روش اجزای محدود می‌توان وریانت های بهتر برای دیزاین پل طراحی کردد.

۷. پیشینه تحقیق

پل‌های متشنج قبلی ساختمان‌هایی هستند که از کانکریت متشنج قبلی در ساخت آنها استفاده می‌کنند. استفاده از کانکریت متشنج قبلی باعث می‌شود که پل‌ها باربری بالا، استحکام بالا و عمر مفید طولانی‌تری داشته باشند. طراحی و محاسبات پل‌های متشنج قبلی شامل تحلیل بارگذاری، طراحی سیستم پیش‌تنیدگی و کنترل تشنجات در طول عمر ساختمان است. استفاده از کانکریت متشنج قبلی در پل‌ها باعث افزایش مقاومت در برابر بارگذاری، کاهش نیاز به ستون‌ها و پایه‌های پشتیبان، مقاومت بالا در برابر زلزله و افزایش عمر مفید ساختمان می‌شود. [۳]

به دلایل متعدد، کانکریت مورد استفاده در پل‌های متشنج قبلی، دارای مقاومت بالاتری نسبت به کانکریت استفاده شده در ساختمان‌های آهنکانکریت معمولی می‌باشد. به این دلیل که کانکریت متشنج قبلی تحت تشنجات فشاری بیشتری قرار می‌گیرد و افزایش مساحت مقطع جهت کاهش تنش‌ها باعث افزایش وزن ساختمان می‌شود و نتیجتاً طراحی غیراقتصادی می‌شود. بنابراین، خصوصیات کانکریت مانند مقاومت فشاری، مودول ارتجاعیت، مقاومت کششی کانکریت، خزش، انقباض و کیبل‌های متشنج قبلی با توجه به نوع نیروی متشنج قبلی‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. [۴]

نظر به نوع اعمال قوه متشج قبلی دو نوع سیستم متشنج سازی وجود دارد. الف: سیستم متشنج‌سازی قبل از کانکریت‌ریزی یا پیش‌کشده[12] و ب: سیستم متشنج‌سازی بعد از کانکریت‌ریزی یا پس‌کشیده[13]. در سیستم متشنج‌سازی پیش‌کشیده، کیبل‌ها قبل از کانکریت‌ریزی کشش داده می‌شوند. در سیستم متشنج‌سازی پس‌کشیده، کشش در کیبل‌ها بعد از کانکریت‌ریزی از طریق غلاف‌ها کش می‌شود. [۱]

تحلیل و طراحی پل‌های متشنج‌قبلی از طریق محاسبات دستی و استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی کامپیوتری انجام می‌شود. برای روش محاسبات دستی در طراحی پل آشتو یک راهنمای طراحی تحت عنوان "طراحی پل‌های موترو به رویکرد ضرایب بار و مقاومت ارائه کرده است. در حال حاضر، استفاده از مدل‌های کامپیوتری برای انجام تحلیل ساختمانی مخصوصاً در بخش انجنیری پل مروج شده است. انجنیران در نظر دارند از مدل مناسبی استفاده کنند تا بتوانند با دقت پاسخ مدل پل را برای اهداف تحلیل و طراحی پیش‌بینی کنند. در سال‌های اخیر، محققان به توسعه بسیاری از

11 - Demand/Capacity (D/C)
12 - pre-tensioning
13 - post-tensioning

تکنیک‌های مدل‌سازی پرداخته اند که می‌توانند برای مدل‌سازی یک پل استفاده شوند. [۵]
انواع مدل‌های برای تحلیل و طراحی پل‌ها استفاده می‌گردد شامل مدل اسپاین (Spine)، مدل فریم، مدل شبکه (Grid)، مدل فریم - پوسته (Frame shell) و مدل پوسته کامل (Full shell) هستند. از دو حالت تحلیل (استاتیک و مودال) که می‌توانند به عنوان تحلیل طولی دسته‌بندی شوند، نتایج بین تکنیک‌های مدل‌سازی مختلف به جز برخی موارد، بسیار مشابه است [۶]. استفاده از مدل‌های عددی مختلف برای انجام تحلیل ساختمان در در بخش انجنیری پل به عنوان یک شیوه رایج شناخته شده است. محققان و انجنیران پل باید از مدل مناسبی جهت اجرای تحلیل و طراحی استفاده کنند تا بتوانند با دقت نتایج را برای اهدف بهینه سازی وریانت‌های دیزاین پیش‌بینی کنند. در سال‌های اخیر، محققان در حال توسعه تکنیک‌های مدل‌سازی متعددی هستند که می‌توانند برای مدل‌سازی، تحلیل، طراحی و بهینه سازی وریانت‌های دیزاین پل استفاده شود. [۷]
یکی از مسائل مهم در زمینه مدل سازی به هدف تحلیل عملکرد پل و پارامترهای مورد نیاز در روش اجزای محدود که از نرم‌افزارها استفاده می‌گردد، اعتباربخشی به مدل ساخته شده می باشد. تا تحلیل‌های که انجام می‌شود و نتایج که در نتیجه تحلیل‌های مدل عددی به دست می‌آید قابل اعتبار باشند.
روش های مختلف جهت اعتباربخشی به مدل‌عددی ساخته شده وجود دارد، از آن جمله می‌توان از مدل‌سازی فزیکی گرفته تا اعبتاربخشی به کمک نرم‌افزار دیگر و یا محاسبات دستی نام برد. برای این منظور در منبع [۲] جهت اعتباربخشی به مدل عددی از مدل فزیکی با مقیاس ۱:۲ استفاده نموده است، طوری‌که مدل فزیکی تحت بار قرار گرفته بعد بالای مدل عددی نیز تحت عین شرایط بار را اعمال گردیده است، از مقایسه نتایج آن اعتباربخشی به مدل عددی انجام شده است.
جهت بهینه‌سازی وریانت‌های دیزاین و استفاده معقول از تیپ‌های گادر پیشنهادی توسط مراجع ستندرد نیز کارهای صورت گرفته است به عنوان مثال در منبع [۸] تحقیق را تحت عنوان "بدیل‌ها برای مقاطع پیشنهادی فعلی آشتو"[14] به هدف دریافت مقاطع مناسب و اقتصادی برای وایه‌های مختلف انجام دادند و بعد از محاسبات زیاد در نتیجه آن دریافتند که برای وایه‌های ۹.۱ الی ۲۱.۳ متر تیپ یک، دو و سوم آشتو اقتصادی بوده و نیاز به استفاده از بدیل آن نیست ولی برای وایه های بیشتر نوع (Bulb Tee) را پیشنهاد نمودند.
یک تحقیق دیگری تحت عنوان "طراحی بهینه هزینه پل متشنج قبلی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلی"[15] به هدف کم ساختن هزینه پل بادر نظرداشت قیمت مواد، ساختمان و نصب قطعات پل صورت گرفت که از طریق بهینه سازی فاصله بین گادرها، ابعاد مقطع گادر، تعداد رشته‌ها در هر کیبل، تعداد کیبل‌های متنشج‌قبلی‌سازی، مقدار سیخ‌های کششی و فشاری، ضخامت سلب و پروفایل کیبل‌ها را با درنظرداشت معیارهای دیزاین و خواسته‌های ساحوی قیمت‌های بهینه را برای موارد ذکر شده پیشنهاد نمودند. با در نظر داشت نتایج حاصله از مدل به روش اجزای محدود تا ۳۵ فیصد از مصارف کل پل صرفه جویی نمودند. [۹]
روش‌های مختلف جهت بهینه‌سازی وریانت‌های دیزاین وجود دارد، از آن جمله می‌توان از تغییر دادن مشخصات مواد، ابعاد مقطع، فاصله بین گادر های اساسی، مساحت سیخ‌ها، تعداد کیبل‌های متشنج‌قبلی سازی و غیره نام برد [۸]. اغلب منابع مربوط به پیشینه تحقیق در بخش پیشنهادات به تحقیقات بیشتر در این زمینه به خصوص با نظرداشت نسبت تقاضای بر ظرفیت در طول وایه های مختلف با استفاده از روش‌های دقیق‌تر نظیر روش اجزای‌محدود تأکید نموده اند، از طرف دیگر پل حیرتان که دارای طول مجموعی ۹۰ متر بوده و نظر به دلایل هایدرولیکی، زیبایی و اقتصادی این کانال به پل با طول مجموعی ۱۰۸ متر نیاز دارد. بنابراین ابتدا پل موجوده در نرم‌افزار CSiBridge مدل‌سازی و بعد از آن پل مذکور برای ۱۰۸ متر در سه وایه ۳۶ متری مدل گردیده و مورد تحلیل قرار گرفته است.

14 - Alternatives to the Current AASHTO Standard Bridge Sections
15 - Cost Optimum Design of Posttensioned I-girder Bridge Using Global Optimization Algorithm

۸. روش تحقیق

این تحقیق به روش کتاب‌خانه‌ای[16] طوری صورت گرفته است که ابتدا داده‌های مورد نیاز از وزارت محترم فؤاید عامه اخذ گردید، بعد با استفاده از معلومات که از نقشه‌های دیزاین پل حیرتان پارامترهای دیزاین و مشخصات مواد بکار رفته همه لیست گردیده و به روش محاسبات دستی تمام بار ها جمع‌آوری گریده و از بارهای مرده و زنده مومنت و برش در قسمت‌های مختلف وایه محاسبه گردید، بعد از آن خلص نتایج آن درج جداول مربوطه گردیده است. بعد حالت موجوده با نظرداشت مشخصات آن در برنامه معرفی شده و مدل عددی آن ساخته شد. بعد از اجرای تحلیل مدل عددی مطابق به ضرایب‌توزیع[17] بار زنده آشتو و روش اجزای محدد، پارامترهای مورد نیاز همه خروجی گرفته شده و جهت اعتبار بخشی به برنامه با نتایج دستی مقایسه گردید، نتایج تحلیل نشان دهنده آن بود که ظرفیت موجوده به گونه قابل ملاحظه بکار نرفته است و امکان افزایش طول وایه وجود دارد. براین اساس مدل عددی دیگری با طول وایه ۳۶ متر ساخته شده و پارامترهای مورد نیاز در آن تحلیل و نتایج آن با محاسبات دستی و مدل وایه‌های ۳۰ متره مقایسه و بر اساس آن نتیجه اخذ و بعد از مناقشه نتیجه گیری و پیشنهادات این تحقیق ارائه گردیده است.

۹. تحلیل نتایج و مناقشه تحقیق

مطابق به تسلسل که در بخش روش تحقیق تشریح گردیده است؛ پل حیرتان که دارای طول مجموعی ۹۰ متر در سه وایه ۳۰ متره، ۱۱ متر عرض مجموعی(شامل دوخط حرکت به عرض ۴ متر، ۱.۵ متر دوطرف شانه و پیاده‌رو)، پنج گادر تیپ ۵ آشتو با فاصله‌های ۲.۳ متر از هم، ۰.۲۲ متر ضخامت تخته و ۵ میلی‌متر ضخامت پوشش بوده در دو طرف عرض پل بریر با وزن ۶.۳۱۲ کیلونیوتن در هر متر بوده و دیافراگم با عرض ۰.۳ متر و ارتفاع ۱.۲ متر می‌باشد. بار زنده آشتو[18] منحیث بار زنده در نظر گرفته شده و بر اساس کود دیزاین آشتو و کود دیزاین‌پل افغان طراحی و دیزاین آن صورت گرفته است. از کانکریت ۴۰ میگاپاسکال برای گادر های متشتج قبلی و ۳۰ میگاپاسکال برای سایر بخش‌ها استفاده گرددیده است. سیخ های فولادی گرید ۶۰ و کیبل‌های متشنج‌قبلی سازی گرید ۲۷۰ استفاده به عمل آمده است. بعد جمع‌آوری بارها و محاسبه مومنت و برش از اثر آن‌ها خلص نتایج آن درج جدول ۱ می‌باشد. بعداً جهت کنترول نتایج تحلیل‌های مدل عددی پل در برنامه CSiBridge در هفت مرحله (تعریف نوع پل، تعریف طول پل، تعریف اجزای تشکیل دهنده پل، تعریف بارها، توحید اجزای پل و ساختن مدل، اجرای تحلیل و دیزاین مقطع پل) معرفی گردیده است، که خلص نتایج آن قرار ذیل ارائه می‌گردد.

16 - Desktop Study
17 - Distribution Factor (DF)
18 - AASHTO HL-93

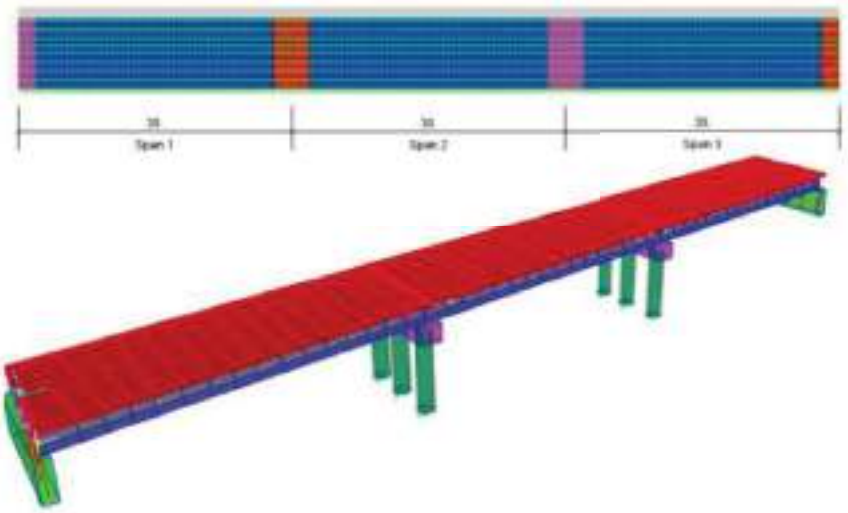
جدول ۱: خلاصه محاسبات مومت و برش در گادرهای داخلی و خارجی به روش دستی

مومنت اثر اثر بار مرده						
گادرهای داخلی						
مقطع	M (DC)	M (DW)	M (Dia)	M (Ice + Snow)		
X=0	0	0	0	0		
X=L/4	2481.3	218.32	266.88	74		
X=L/2	3308.4	291.093	352.33	112.5		
گادرهای خارجی						
مقطع	M (DC)	M (DW)	M (Dia)	M (Ice + Snow)	M (D footpath)	M (D barrie)
X=0	0	0	0	0	0	0
X=L/4	2369.925	53.156	237.12	74	465.244	532.575
X=L/2	3159.9	70.875	312.54	112.5	620.325	710.1
نیروهای برشی از اثر بار مرده						
گادرهای داخلی						
مقطع	V (DC)	V (DW)	V (Dia)	V (Ice + Snow)		
X=0	441.12	38.825	34.77	15		
X=L/4	220.56	19.406	11.59	7.5		
X=L/2	0	0	11.59	0		

گادرهای خارجی						
قطع	V (DC)	V (DW)	V (Dia)	V (Ice + Snow)	V (D footpath)	V (D barrier)
X=0	421.32	9.45	31	15	82.71	94.68
X=L/4	210.66	4.725	10.33	7.5	41.355	47.34
X=L/2	0	0	10.33	0	0	0

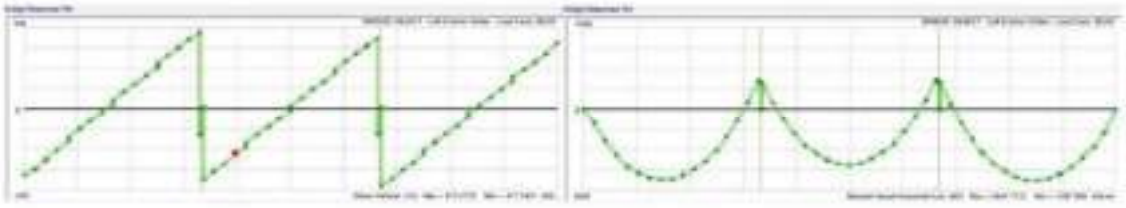
خلاصه مومنت و نیروهای برشی از اثر بار زنده				
مقطع	گادرهای داخلی		گادرهای خارجی	
	M_(ll+IM)	V_(ll+IM)	M_(ll+IM)	V_(ll+IM)
X=0	0	392.646	0	393.183
X=L/4	1723.576	258.047	2330.506	292.734
X=L/2	2040.647	137.317	2759.229	155.776

با استفاده از امکانات برنامه مدل پل حیرتان ساخته شده و در شکل ۱ نشان داده شده است.

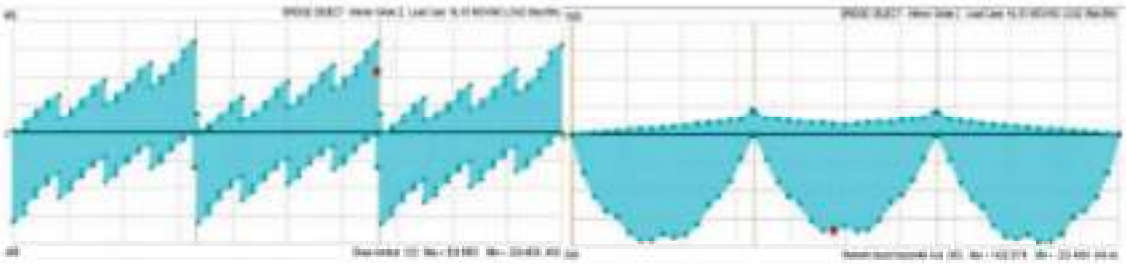


شکل۲: مدل اجزای محدود پل حیرتان با وایه‌های ۳۰ متر

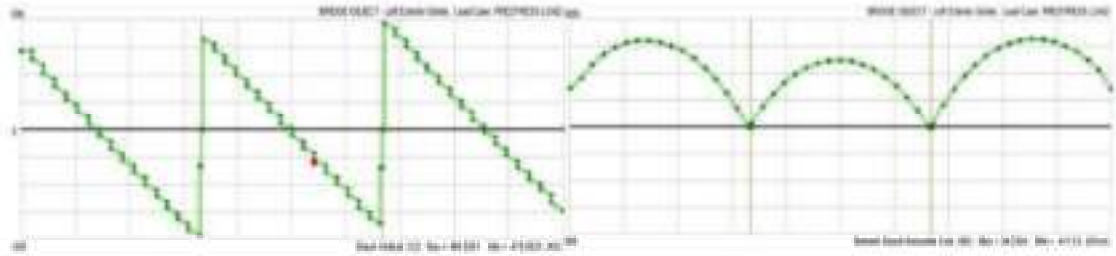
با استفاده از بخش تحلیل برنامه بالای مدل پل حیرتان تحلیل انجام شد که نتایج ذیل از آن اخذ گردید.



شکل۳: دیاگرام مومنت و برش اعظمی از اثر بار مرده

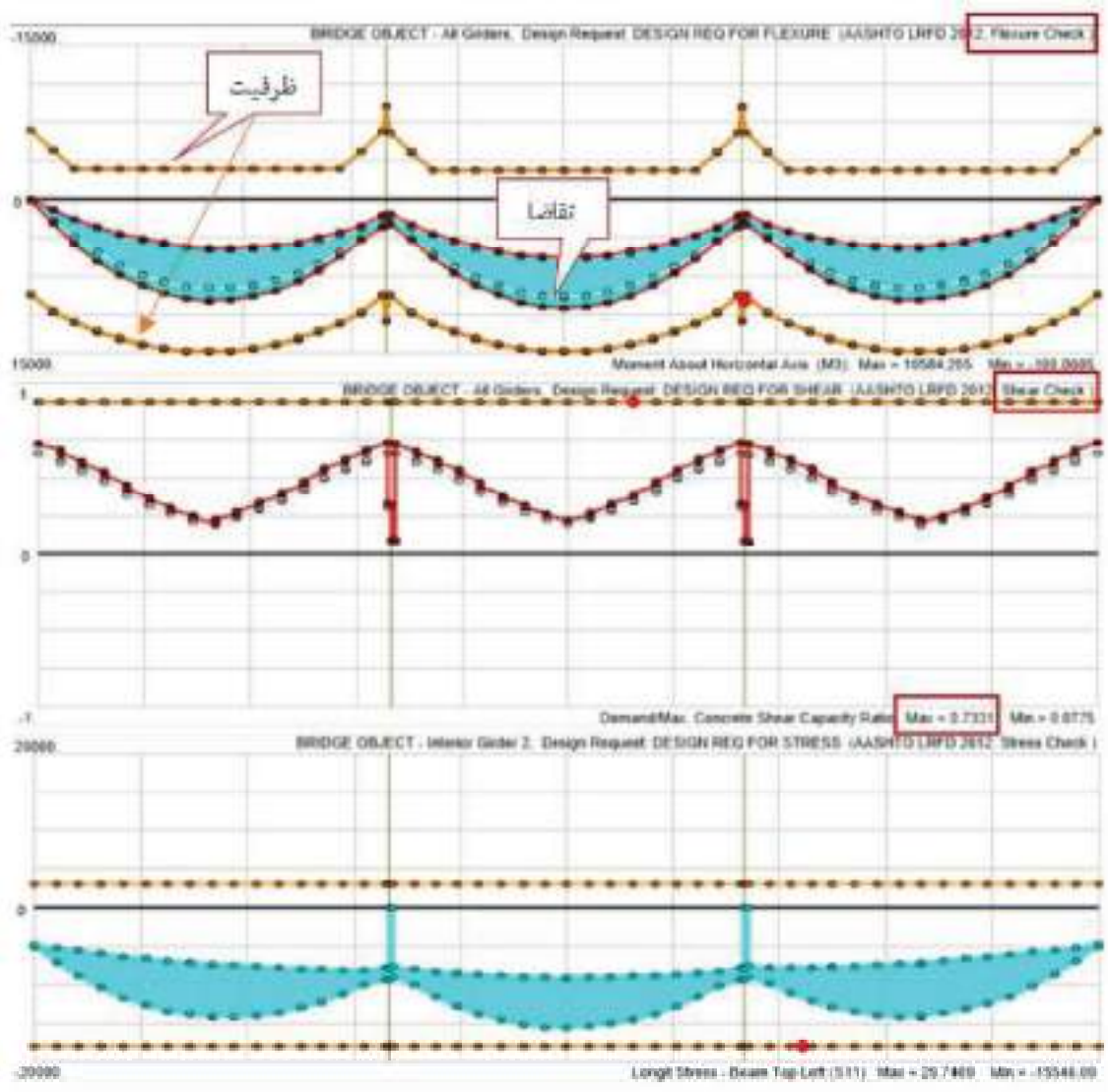


شکل۴: دیاگرام مومنت و برش اعظمی از اثر بار زنده HL-۹۳



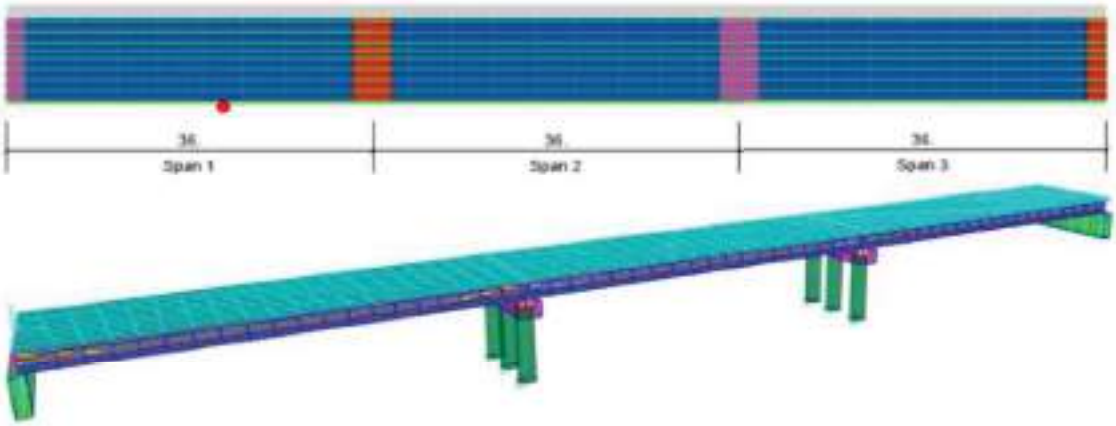
شکل۵: مومنت و برش اعظمی از اثر قوه متشنجقبلی

بعد از اجرای تحلیل با درنظرداشت ترکیبات بار نسبت تقاضای‌برظرفیت در سه حالت برای برش، مومنت و تشنجات قرار ذیل دریافت گردید.



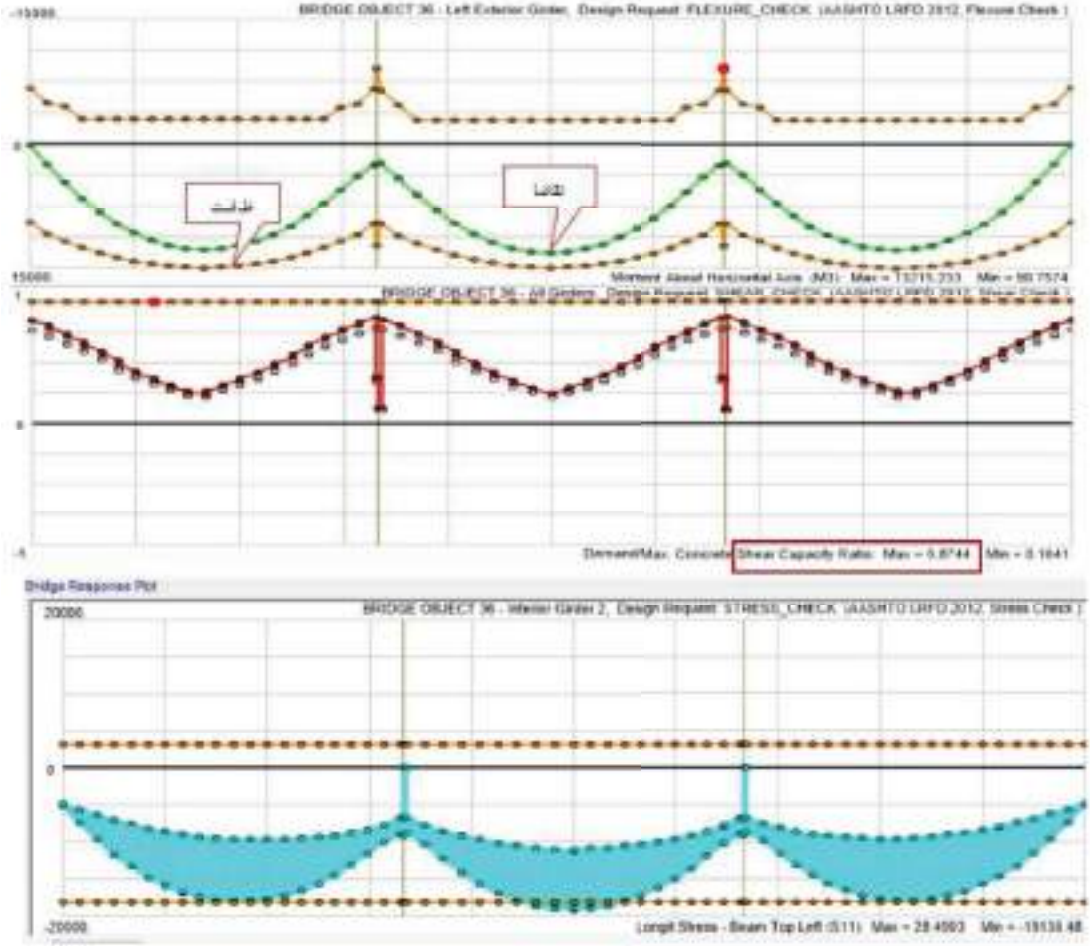
شکل۶: میزان استفاده از ظرفیت نظر به مومنت، برش و تشنجات با وایه‌های ۳۰ متر

قسمی‌که در شکل۶ دیده می‌شود ظرفیت در پل حیرتان به اندازه قابل ملاحظه از تقاضای موجود بیشتر است. بنابراین مدل دیگری با سه وایه ۳۶ متری که در مجموع پل به طول ۱۰۸ متر را تشکیل می‌دهد نیز مدل گردیده که مدل اجزای محدود و نتایج حاصله از آن قرار ذیل می باشد.



شکل ۷: مدل اجزای محدود پل حیرتان با سه وایه ۳۶ متری

بعد از اجرای تحلیل اجزای محدود نتایج میزان استفاده از ظرفیت این وریانت در شکل ۹ و ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۸: میزان استفاده از ظرفیت نظر به مومنت، برش و تشنجات با وایه‌های ۳۶ متر

نتایج محاسبات دستی مبنی بر جمع‌آوری بار ها و مقدار مومنت و برش ناشی از آن در مقاطع (x=0,L/4,L/2) با نتایج که از تحلیل مدل اجزای محدود بدست آمده بود، در حد قابل قبول باهم نزدیک بودند. بنابراین نتایج مغلق‌تری که از تحلیل اجزای محدود مدل پل اخذ گردیده نیز تا حد قابل قبول معتبر و قابل تأیید می‌باشد. با در نظرداشت نتایج حاصله از تحلیل مدل اجزای محدود، میزان استفاده از ظرفیت در حالت که طول وایه‌ها ۳۰ متر است، در حالی‌که ضرایب بار و مقاومت نیز در آن ضرب گردیده است، در حدود ۷۳ فیصد می‌باشد، بنابراین حالت موجوده می‌تواند جوابگوی خواسته‌ها برای وایه‌های بزرگتر نیز باشد. بدین ملحوظ مدل پل جدید را با طول مجموعی ۱۰۸متر در سه وایه ۳۶ متری ترتیب گردیده و تحلیل را بالای آن اجرا شده است. نتایج تحلیل دراین مدل نشان می‌دهد که میزان استفاده از ظرفیت پل در حدود ۸۷ فیصد می‌باشد. در تحقیقات اجرا شده در منابع [۸] و [۹] کارهای مشابه به نتایج این مقاله را انجام داده اند، اما با این فرق که شده تحلیل‌ها بر مبنای نسبت تقاضای‌برظرفیت و تغییر طول وایه نه بلکه بر اساس شاخص‌های چون تغییر ابعاد مقطع که مشکلات قالب‌بندی را ایجاد می‌کند، تغییر فاصله‌بین‌گادرها، کم‌کردن مساحت‌سیخ‌ها و تاندن‌ها و غیره می‌باشد.

۱۰. نتیجه گیری

استفاده از کانکریت متشنج‌قبلی نوع پس‌کشیده با گادرهای I- مانند یک گزینه خوب برای پل‌ها با وایه متوسط بوده و در عین حال نیازمند تحلیل‌های دقیق از رفتار پل در برابر بارهای است که پل در جریان خدمت آن‌را برداشت می‌کند. استفاده از روش اجزای محدود می تواند یک گزینه خوب برای تحلیل و پیش‌بینی عملکرد پل‌ها می‌باشد. که می‌شود با استفاده از نتایج آن وریانت‌های دیزاین پل را از لحاظ تخنیکی-اقتصادی بودن کنترول نمود. با درنظرداشت داده‌های دیزاین پل‌ها که از طرف وزارت محترم فواید عامه، شهرداری کابل و شرکت انکشاف ملی جهت پیش‌برد این تحقیق شریک ساخته شد، و نتایج تحلیل های که انجام شد، مشکلات در وریانت‌های دیزاین این پل‌ها شناسایی گردید. به عنوان نمونه پل حیرتان که بالای کانال آب‌یاری قوش تیپه مورد مطالعه موردی قرار گرفت، طوری‌که ابتدا با استفاده از نقشه‌های پل ساخته شده[19] به روش دستی پارامترهای مهم که در کنترول برنامه نیاز است، محاسبه و نتایج تحلیل‌های مدل عددی با آن چک گردید، که در حد قابل قبول می‌باشد.

با در نظر داشت نتایج تحلیل‌های که از مدل عددی به روش اجزای محدود حاصل گردید، پل حیرتان با سه وایه ۳۰ متری دارای ظرفیت بیشتر نسبت به تقاضای است که در جریان خدمت متوجه آن است، بنابراین مدل دیگری با سه وایه ۳۶ متری ترتیب و مورد تحلیل قرار گرفت که با توجه به آن میزان استفاده از ظرفیت موجود تا ۸۷ فیصد رسید که با درنظرداشت این که بار و مقاومت هردو نیز فکتور شده می‌باشد، در حد قابل قبول قرار دارد. از طرف دیگر مسائل زیبایی، ضیقی جریان و اقتصادیت آن نیز مرفوع می گردد. بنابراین می‌توان گفت استفاده از روش اجزای محدود و نرم افزار CSiBridge روش مناسب برای اجرای تحلیل‌ها در بخش طراحی پل‌ها می‌باشد.

۱۱. پیشنهادات

بادرنظرداشت نتایج حاصله ازاین تحقیق پیشنهادات ذیل موجود می‌باشد:

توجه بر غنی‌سازی کود دیزاین پل افغانستان، توحید روش دیزاین، تصحیح روابط و فرمول ها مطابق به شرایط افغانستان از طریق ساختن یک انجمن مشخص؛

استفاده از روز اجزای محدود برای اجرای تحلیل‌ها در شرایط مختلف و پیش‌بینی عملکرد پل ها؛

رایج ساختن نرم‌افزارهای طراحی و دیزاین پل که بر اساس روش اجزای محدود کار می‌کنند.

19 - As Build Drawing

۱۲. مآخذ

[1] Raju, K. (2017). Prestressed Concrete. McGraw-Hill.
[2] Murray, C. D. (2019). Destructive testing and computer modeling of a scale prestressed concrete I-girder bridge. Unpublished master›s thesis.
[3] Nawy, E. G. (2013). Prestressed Concrete: A Fundamental Approach. Pearson.
[4] Tahouni, S. (2008). لپی‌حارط [Bridge Design]. Tehran University Press. [In Persian]
[5] Schommer, S., & T. Kebig, V.-H. Nguyen, A. Zürbes, S. M. (2018). Modeling of a Pre-Stressed concrete bridge with 3D finite elements for structural health monitoring using model updating techniques. University of Luxembourg.
[6] Yapar, O., Basu, P. K., & Nordendale, N. (2015). Accurate finite element modeling of pretensioned Pre-Stressed concrete beams. In Engineering Structures (Vol. 101, pp. 163–178). https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.07.018
[7] Eriksson, J. (2017). Modelling Techniques for Post-tensioned Concrete Slab Bridges (Master›s thesis). Chalmers University of Technology.
[8] Meir, J. V., Formerl, G., Resea rch Assistant, G., Cicciarelli, M. R., Ramirez, J. A., & Lee, R. H. (2007). Alternatives to the Current AASHTO Standard Bridge Sections. PCI JOURNAL.
[9] Rana, S., & Ahsan, R. (2010). Design of Pre-Stressed concrete I-girder bridge superstructure using optimization algorithm. JSCE.

بیوگرافی مولف

دیپلوم انجنیر مسیح الله جلالی استاد رشته انجنیری سرک‌سازی در انستیتوت ساختمانی و جیودیزی

انجنیر مسیح الله جلالی فارغ التحصیل دوره ماستری، دیپارتمنت انجنیری شاهراه و ساختمان‌های ترانسپورتی پوهنتون پولی‌تخنیک کابل و استاد رشته انجنیری سرک‌سازی در انستیتوت ساختمانی و جیودیزی.

پوهنمل مجتبی امین استاد پوهنحی ساختمان‌های ترانسپورتی پوهنتون پولی‌تخنیک کابل

محترم پوهنمل مجتبی امین استاد پوهنحی ساختمان‌های ترانسپورتی پوهنتون پولی‌تخنیک کابل می‌باشد. وی دارای مدرک ماستری در رشته سترکچر از انستیتوت تکنالوژی آسیایی (AIT) تایلند و دکتورای انجنیری سترکچر و میکانیک ساختمان از دانشگاه کیوشو کشور چاپان می‌باشد . در سال ۱۳۶۶ هـ ش. در شهر کابل متولد شده و در سال ۱۳۸۴ بعداز ختم لیسه شامل پوهنتون پولی‌تخنیک و رشته انجنیری ساختمان‌های ترانسپورتی گردیده است . در سال ۱۳۸۸ هـ ش از آن رشته فارغ و از سال ۱۳۸۹ به این طرف منحیث عضوکادرعلمی و استاد در این پوهنحی ایفای وظیفه می‌کند.

پوهنوال دیپلوم انجنیرخواجه داود کوکبی استاد دیپارتمنت انجنیری شاهراه و ترانسپورتیشن پوهنتون پولی‌تخنیک کابل

محترم پوهنوال دیپلوم انجنیرخواجه داود کوکبی فرزند خواجه محمود کوکبی استاد دیپارتمنت انجنیری شاهراه و ترانسپورتیشن پوهنتون پولی‌تخنیک کابل در سال ۱۳۴۶ درشهرکابل تولد و در سال ۱۳۶۸ از انستیتوت پولی‌تخنیک کابل به درجه ماستری رشته سرک‌های موترو فارغ التحصیل گردیده است .در وزارت فواید عامه منحیث انجنیر در ریاست راه و میدان‌سازی آمریت پلان الی سال ۱۳۷۶ ایفای وظیفه نموده و بعداً درسال ۱۳۷۶ بحیث کادرعلمی شامل دیپارتمنت سرک‌سازی وقت گردیده وتا فعلاً بحیث استاد دیپارتمنت انجنیری شاهراه و ترانسپورتیشن ایفای وظیفه می‌نماید.