



تخریب پل های سگمنتال پس تنیده با استفاده از روش مهندسی معکوس

سامان سنجری^{۱*}، حسین سیدی مرعکی^۲، حسین راهنمایی^۲، امیرعباس قادری پور^۴

^{۱*} کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت (civilresearch.sanjari@gmail.com)

^۲ کارشناس ارشد مهندسی سازه، کارشناس تحقیق و توسعه

^۳ کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، مدیر واحد تحقیق و توسعه

^۴ کارشناس تحقیق و توسعه

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۰۸)

چکیده

تخریب ارتباط عمده با پایداری زیست محیطی دارد و از آنجایی که با انجام تخریب چرخه حیاتی جدیدی برای مواد شکل می گیرد، لذا تخریب ساختمان‌های فرسوده و قدیمی به کاهش نیاز استفاده از منابع جدید کمک می کند. مهندسی تخریب علمی است که در آن با برنامه ریزی و نظارت‌های لازم و اطمینان از حفظ ایمنی اقدام به خراب کردن سازه‌ها می کنیم، به علم مهندسی تخریب، ساخت معکوس نیز می گویند. بعضا می توان با توجه به علم مهندسی معکوس که از پاسخ به سوال می رسد، اقدام به کشف تکنولوژیکی یک سیستم که از طریق تجزیه و تحلیل ساختار و عمل کرد آن حاصل می شود کرد. در این مقاله اقدام به بررسی فرایند تخریب یک پل سگمنتال post tensional (پس تنیده) با استفاده از علم مهندسی معکوس کرده ایم که در این فرایند به کاربرد دقیق مهندسی معکوس در تخریب اینچنین سازه‌هایی پی می بریم. علاوه بر اهمیت بحث تخریب تا به امروز هیچگونه آیین نامه‌ای در داخل کشور برای آن تدوین نشده است و بعضا آیین نامه‌های خارجی نیز بیشتر به حفاظت و ایمنی حین تخریب پرداخته و کمتر صحبتی راجع به برنامه، جزئیات و چگونگی روش‌های تخریب ارائه کرده‌اند و در این پژوهش بر آن شده ایم تا بخشی از آیین نامه‌های مرتبط دنیا در این زمینه را گردآوری نماییم. و یکی از بهترین روش‌های تخریب با توجه به داده‌های گردآوری شده را پیشنهاد نماییم.

کلمات کلیدی

مهندسی تخریب، ایمنی، مهندسی معکوس، پس تنیده.



Demolition of Post-tensioned Segmental Bridges using Reverse Engineering Method

Saman Sanjari ^{1*}, Hossein Seyedi Marghaki ², Hossein Rahnamaei ³, Amir Abbas Ghaderi Pour ⁴

^{1*} M.Sc. of Engineering and Construction Management, Project Manager (b.haseli@yahoo.com)

² M.Sc. of Structural Engineering, Master of Research and Development Unit

³ M.Sc. of Engineering and Construction Management, Head of Research and Development Unit

⁴ Expert of Research and Development Unit

(Date of received: 16/03/2022, Date of accepted: 28/04/2022)

ABSTRACT

Demolition is mainly related to environmental sustainability, and since demolition creates a new life cycle for materials, the demolition of dilapidated and old buildings helps reduce the need to use new resources. Demolition engineering is a science in which we destroy structures with the necessary planning and supervision and ensuring safety, also called demolition engineering, reverse construction. Sometimes, due to the reverse engineering science that comes from the answer to the question, it is possible to make a technological discovery of a system that is obtained through the analysis of its structure and function. In this paper, we have investigated the process of demolition of a post tensional segmental bridge using reverse engineering, in which we find the exact application of reverse engineering in the demolition of such structures. Despite the importance of the demolition issue, no regulations have been drafted for it in the country to date, and some foreign regulations have paid more attention to protection and safety during the demolition and have given less talk about the plan, details and methods of demolition. In this research, we have tried to collect some of the relevant regulations in the world in this field and one of the best ways of demolition base on data gathered will proposed.

Keywords:

Demolition Engineering, Safety, Reverse Engineering, Post tensional.



۱- مقدمه

اگر بخواهیم تعریفی از علم مهندسی تخریب را ارائه نماییم عبارتست از؛ یک علم مهندسی که در آن ساختمان‌ها و سازه‌ها به طور ایمن و کارآمد از بین می‌روند. از طرفی فرایند تخریب ساختمان با حوزه علمی در حال توسعه روش پایدار و سبز ساختمان ارتباط دارد. با توجه به اینکه در ارتباط با مبحث تخریب تا به امروز در داخل کشور آیین نامه مجزا و مشخصی وجود ندارد، لذا بطور پراکنده از آیین‌نامه‌های؛ مبحث دوازده مقررات ملی، نشریه مشخصات عمومی کارهای ساختمانی سازمان مدیریت و همچنین آیین نامه حفاظت کارگاه‌های ساختمانی وزارت کار و امور اجتماعی استفاده می‌شود که همگی این آیین نامه‌ها بیشتر حفاظت و ایمنی حین تخریب را در نظر می‌گیرند و هیچ صحبتی از برنامه، جزییات و چگونگی روش‌های تخریب در آن‌ها نیامده است. همچنین آیین نامه OSHA's (Occupational Safety and Health Administration) که به عنوان یک کتاب مبنا در عرصه بین الملل می‌باشد به ارائه رویکردی جامع در مورد ایمنی و بهداشت ساخت و ساز اشاره می‌کند. همانطور که از نام و توضیح بالا مشخص می‌گردد، این آیین نامه در رابطه با تخریب، محدود به محافظت از کارگران می‌شود و قوانینی در خصوص مهندس ندارد. OSHA در واقع تدابیری را بیان می‌کند که فرآیند مهندسی را توسط یک فرد دارای صلاحیت و قبل از تخریب مشخص می‌کند. تخریب دارای حالات و روش‌های متفاوتی می‌باشد به گونه ای که انفجار یکی از انواع آن است که در آن مهندسان و متخصصان اقدام به طراحی و بعضاً شبیه سازی انفجاری سازه پیش رو انجام می‌دهند تا از حالات فرو ریزش ساختمان اطمینان حاصل کنند. به این گونه که در مواقعی‌ای و به دلیل وجود فضای مناسب در سمت مشخصی از ساختمان، مهندسان تخریب اقدام به بررسی به منظور غلتاندن ساختمان به همان سمت می‌کنند که معمولاً با استفاده از مواد منفجره این عمل صورت می‌گیرد و این روش یکی از راحت‌ترین و ایمن‌ترین نوع انفجار محسوب می‌شود. به زمین انداختن ساختمان در این حالت چیزی شبیه به بریدن و غلتاندن یک درخت می‌باشد. به عنوان مثال برای واژگونی یک ساختمان به سمت جنوب، ابتدا مواد منفجره را در ضلع جنوبی ساختمان قرار می‌دهند، در این روش ممکن است گروه انفجار (تخریب) از کابل آهنی برای پشتیبانی ستون‌های ساختمان استفاده کنند، با این روند ستون‌ها در حالی که به سمت خاصی کشیده می‌شوند، سقوط می‌کنند. از جمله بزرگترین چالش‌ها در علم مهندسی تخریب، کنترل چگونگی ریزش آن است. در مواردی و به هر دلیل از جمله مجاورت با دیگر سازه‌ها و وجود تاسیسات و ... امکان استفاده از مواد منفجره فراهم نیست و به اجبار اقدام به استفاده از دیگر روش‌های تخریب می‌کنیم که این روش‌ها می‌توانند استفاده از تخریب دستی، تخریب ماشینی، تخریب با ماشین‌های با دکل (بازو) بلند، تخریب به روش استفاده از گوی تخریب، تخریب‌های نوین و غیره می‌باشند.

۲- آیین نامه OSHA

قبل از شروع و در زمان اجرای عملیات تخریب یک ساختمان، می‌بایست بررسی و کارشناسی‌های مهندسی صورت پذیرد تا وضعیت قاب‌ها، دیوارها و کف‌ها مشخص شوند. هنگامی که کار برای شروع آماده می‌شود، همه تاسیسات یا منابع انرژی خاموش می‌شوند، تمام کف‌ها یا دیوارهایی که تخریب شده‌اند باید به شیوه‌ای مناسب مهار شوند و تمام دهانه‌های دیوار یا کف باید محافظت شوند. در صورت وجود مواد شیمیایی خطرناک، گازها، مواد منفجره، مواد قابل اشتعال یا دیگر مواد مشابه خطرناک دیگری که با استفاده از لوله، مخازن یا سایر تجهیزات موجود در ساختمان مورد استفاده قرار گرفته است، برای از بین بردن خطرات احتمالی باید قبل از تخریب عملیات آزمایش مربوط به تخلیه مواد از محل‌های ذکر شده و پاکسازی آن‌ها صورت بگیرد. در هنگام تخریب به وسیله مواد قابل احتراق (تخریب انفجاری) می‌بایست خطوط شیلنگ شارژ شده مجهز به شیر آتش نشانی، کامیون‌های حامل تانکرهای آب به همراه پمپ و یا تجهیزات مشابه دیگر می‌بایست موجود باشند. در حین تخریب و در تمام مدت می‌بایست تاسیسات بارانی (آب پاش) اتوماتیک تا زمانی که معقول باشد در سرویس باقی بمانند. اداره و کنترل شیرهای آب پاش بارانی فقط توسط افراد دارای صلاحیت و مجوز امکان پذیر است. تغییر یا اصلاح سیستم‌های آب پاش بارانی به منظور صدور مجوز برای تغییر یا افزایش تخریب می‌بایست به سرعت انجام گیرد تا محافظت اتوماتیک در سریع‌ترین زمان ممکن به منظور خدمات رسانی به عملیات تخریب بازگردد. همچنین دریچه شیر کنترل آب پاش بارانی می‌بایست روزانه و به منظور تعیین محدوده بسته‌ای از کار و افزایش فرایند محافظت از سرویس



کنترل شود. تنها باید از پله ها، راهروها و نردبان‌هایی استفاده کرد که به عنوان وسیله ای برای دسترسی به سازه (ساختار) ساختمان طراحی شده‌اند. پله‌ها و راهروها و نردبان‌ها و دیگر تجهیزات مشابه می‌بایست به صورت دوره‌ای بازدید و سرویس و نگهداری شوند تا شرایطی امن و تمیز را به منظور استفاده فراهم آورند. پلکان‌های عمودی (نردبان‌ها) باید به درستی روشن شوند (نورپردازی مناسب) و بطور کامل و مناسب تا دو طبقه زیر تراز که در حال انجام فعالیت هستند باید به منظور حفظ ایمنی پوشیده شوند. در هنگام استفاده از گوی تخریب و به هنگام اعمال ضربه هرگز در محلی که ممکن است تحت تاثیر عملیات تخریب قرار بگیرد نباشید مگر اینکه برای انجام این عملیات به شما (نیروی انسانی) نیاز داشته باشند. در طول انجام عملیات تخریب می‌بایست یک فرد دارای صلاحیت (فرد ذیصلاح) به ادامه بررسی‌ها و نظارت بر پیشرفت کار به منظور یافتن پیشامدهای مخاطره آمیز حاصل از سقف‌ها و دیوارها و مصالح سست و رو به زوال منصوب گردد. مطابق آیین نامه OSHA و به منظور راهنمایی و کمک برای تشخیص به هنگام استفاده از مهندس در پروژه‌های مختلف عمرانی چک لیستی به شکل زیر آورده شده است: (به منظور صرفه جویی قسمت مربوط به تخریب بصورت Highlight آورده شده است).

Underground Construction, Caissons, Cofferdams, and Compressed Air			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. Check-in/check-out procedures in place — 1926.800(c)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Ground stability in subsidence and underground areas — 1926.800(o)(2), (3)(i)(A), (iv)(A)-(B)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. Medical locks designed for working pressure of 75 psig — 1926.803(b)(10)(vii)
Demolition			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. Survey conducted prior to demolition activities — 1926.850(a)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Design of chutes — 1926.852(g)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. Removal of floor arches not more than 25 feet above grade and not endangering stability of structure — 1926.857(d)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. Dismembered steel not over stressed — 1926.858(d)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. Inspection during mechanical demolition — 1926.859(g)
Rollover Protective Structures: Overhead Protection			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. Minimum performance criteria for rollover protective structures — 1926.1001(a)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Design of overhead protection for operators of agricultural and industrial tractors — 1926.1002(a)(1)

شکل ۱: چک لیست استفاده از مهندس در پروژه تخریب.

۳- مهندسی معکوس

جامعه امروزی بیش از هر زمان دیگری برای بقا، ادامه و پیشرفت نیازمند تغییرات می‌باشد و در همین راستا دستخوش تغییرات در همه ابعاد زندگی انسانی و ماشینی قرار گرفته است که در این میان مهندسی معکوس یک روش آگاهانه و عالمانه جهت دستیابی به فناوری برتر رشد و توسعه می‌باشد. استفاده از روش مهندسی معکوس از قرن‌ها پیش متداول بوده و در دهه اخیر رواج جهانی یافته است. ژاپن از جمله کشورهایی است که با استفاده از همین روش توانسته خلاء فناوری بین خود و کشورهای پیشرفته صنعتی را پر کند. در ایران هم پس از پیروزی انقلاب اسلامی و به دنبال تحریم‌های اقتصادی با القاب فرهنگ خودباوری و خوداتکایی و با تکیه بر نگاه به داخل، از روش مهندسی معکوس به عنوان یک روش موفق برای پاسخگویی به نیازهای اساسی استفاده شده است. این رویکرد روشی منطقی و نظام مند برای تعیین میزان کمبود اطلاعات فنی به منظور پشتیبانی از ساخت و به طور ویژه در این پژوهش به منظور پشتیبانی از ساخت معکوس یک محصول (پل سگمنتال)، با انجام یک کار تیمی منسجم برا تکمیل این اطلاعات با استفاده از روش‌های گوناگون، نقشه‌ها و مراحل انجام کار را به طور مشخص و معین تدوین کرده تا در هنگام تخریب (ساخت معکوس) سازه‌هایی همچون پل‌های سگمنتال Post Tensional (پس تنیده) که دارای حساسیت بالا به دلیل وجود کابل‌های با نیروهای داخلی زیاد که در صورت اجرای اشتباه عملیات، احتمال وقوع فاجعه در تخریب رخ خواهد داد. همچنین با استفاده از علم مهندسی



معکوس برای پیدا کردن روش‌ها و راهکارهای ساخت معکوس همواره کم هزینه‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها استخراج می‌شوند که این خود دلیل استفاده از این علم در تخریب (مهندسی معکوس) می‌باشد.

۴- تخریب

۴-۱- فرآیند تخریب

همانطور که قبل تر گفته شد فرآیند تخریب یک علم مهندسی می‌باشد که در آن ساختمان‌ها و سازه‌ها به طور ایمن و کارآمد از بین می‌روند. این فرایند باتوجه به شرایط زیر برای هر سازه به گونه ای متفاوت مشخص می‌گردد:

- ۱- موقعیت اطراف سازه به لحاظ تراکم ساخت و ساز.
- ۲- مجاورت سازه مد نظر با سازه‌های اطراف به لحاظ گروه خطر پذیری که در صورت خسارت دیدن این سازه‌ها دچار تلفات، خسارات، آتش سوزی و انتشار مواد سمی و مضر برای محیط زیست در کوتاه مدت و بلند مدت و... خواهد گردید.
- ۳- ارتفاع و سیستم سازه‌ای.
- ۴- عدم وجود افراد و تجهیزات مورد نیاز برای انتخاب هر یک از فرآیند تخریب.

۵- بودجه اقتصادی و نظر فنی کارشناس ذی صلاح.

انواع فرآیند تخریب: تخریب دستی، تخریب ماشینی، تخریب با ماشین بازولند هیدرولیکی، تخریب به روش استفاده از گوی تخریب، تخریب به روش انفجاری، تخریب با روش Tecorep، روش تخریب برش و پایین‌آوردن کاجیما، تخریب با استفاده از مواد تخریبی غیرانفجاری (NEDA) و تخریب با استفاده از برش با اژه.

۴-۲- مراحل تخریب

از آنجایی که قصد استفاده از مهندسی معکوس در مهندسی تخریب (ساخت معکوس) را داریم یکبار دیگر لازم است اشاره نماییم که کالای خروجی مد نظر حاصل از مهندسی معکوس در این فرایند کالایی به اسم ساخت معکوس می‌باشد، که در آن اقدام به تخریب اصولی و نظام‌مند سازه‌ای را کرده‌ایم تا خروجی حاصل از عملیات تخریب با هزینه بهینه، زمان مناسب، کمترین میزان مزاحمت و آلودگی محیطی برای مجاورین و در نهایت بازیافت هرچه بیشتر و بهتر از مصالح بجا مانده از آن اتفاق بیافتد.

گام ۱: بررسی نقشه‌های معماری و استخراج و تفهیم نقشه‌های سازه و اجرایی از ساختمان موجود و همچنین سیستم سازه‌ای آن به منظور تشخیص فرایند مهندسی مستقیم در هنگام ساخت.

گام ۲: بازدید میدانی از سازه ساخته شده به منظور مطابقت نقشه‌ها با بنای ساخته شده و تفهیم مغایرت‌ها در صورت موجود. تمامی این بازدیدها و اقدامات برای درک بهتر به منظور تشریح و ترسیم مراحل مهندسی مستقیم از سازه ساخته شده می‌باشد.

گام ۳: تعیین سازه‌های پشتیبان کننده از سازه ساخته شده و بیان تمام پارامترهای اثر گذار بر پایداری این سازه.

گام ۴: تهیه و طراحی ساخت معکوس سازه از طریق مهندسی معکوس به منظور پیدا کردن بهینه ترین راه تخریب بنا. (در برخی موارد با شبیه سازی کامپیوتری در محیطی مجازی اقدام به کنترل و بررسی بیشتر رفتارهای سازه تحت تخریبی از جمله انفجار می‌کنیم).

گام ۵: انتخاب فرایند ساخت معکوس حاصل از مهندسی معکوس باتوجه به طرح و شرایط تاثیر گذار پیرامونی و ذاتی سازه که قبل تر به آن‌ها اشاره شد.

گام ۶: تدوین و طراحی برنامه‌ای جامع به منظور حمل نخاله‌ها و ضایعات حاصل از ساخت معکوس.

گام ۷: نظارت مستمر بر عملیات تخریب (مطابق با استاندارد OSHA و دیگر استانداردهای مربوطه) تا پایان عملیات ساخت معکوس.

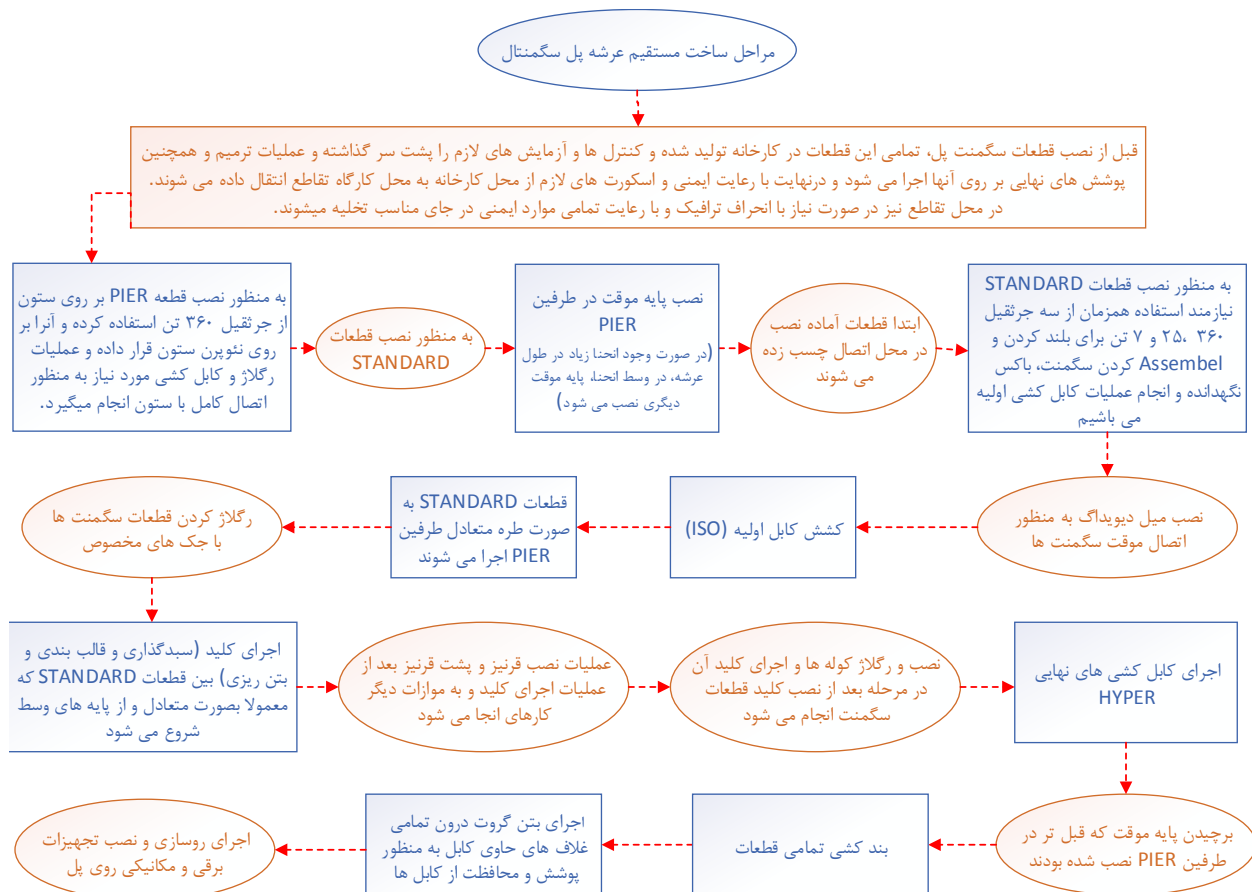


۵- مطالعات مهندسی معکوس به منظور ساخت معکوس (نمونه موردی پل سگمنتال پس تنیده تقاطع غیر همسطح

سربازان گمنام امام زمان (ع) شهر کرمان)

۱-۵- تعیین مراحل ساخت مستقیم

تهیه فرایند و مراحل ساخت مستقیم عرشه پل سگمنتال پس تنیده اجرا شده در تقاطع غیرهمسطح سربازان گمنام امام زمان شهر کرمان مهمترین بخش برای رسیدن به نقشه و طرحی مناسب برای تخریب آن نیز می‌باشد، به همین منظور تهیه چارتی مشابه زیر که از دقت بالایی برخوردار باشد بسیار اهمیت دارد:



شکل ۲: چارت ساخت مستقیم عرشه پل سگمنتال پس تنیده.

۲-۵- بازدید میدانی

از پل مورد نظر به منظور کنترل و مطابقت با نقشه‌های موجود و چارت ساخت مستقیم، بازدید میدانی صورت می‌گیرد. در صورت وجود هر گونه مغایرت در اجرا سازه پل سگمنتال پس تنیده با نقشه‌های موجود، نسبت به اصلاح چارت و یا نقشه‌های موجود اقدام می‌کنیم و در صورت لزوم اقدام به برداشت نقشه چون ساخت می‌نماییم.

۳-۵- تعیین سازه های اثرگذار و پشتیبان بر سازه پل

در این مرحله اقدام به شناسایی اینچنین سازه های پشتیبانی می‌کنیم و میزان اثر گذاری آنها با سازه اصلی پل را مشخص می‌نماییم. برای مثال رمپ های دوطرف عرشه پل می‌توانند اثر پشتیبانی بر سازه عرشه پل داشته باشند.



۴-۵- طراحی و تعیین مراحل ساخت معکوس سازه

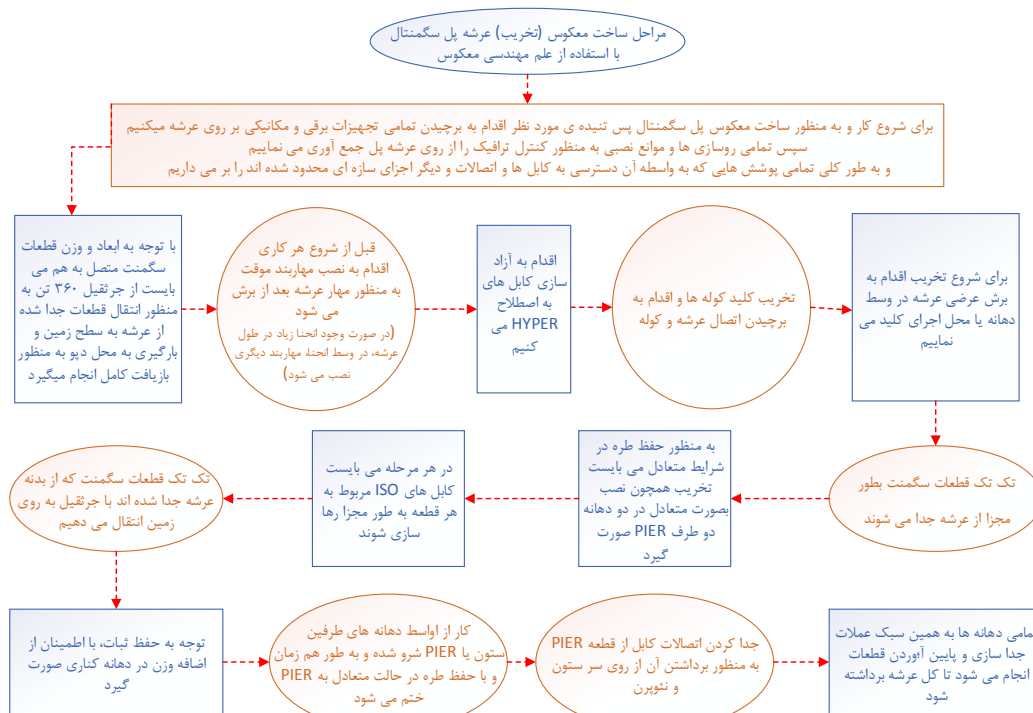
۴-۵-۱- مقدمه و تاریخچه

عدم وجود ویا تعداد بسیار اندک سوابق در زمینه تخریب و حتی تعداد اندک پژوهش‌های علمی صورت گرفته، تخریب ایمن سازه های پس تنیده و بالاخص پل‌های سگمنتال پس تنیده را دشوار می‌کند. هنگامی که پس تنیدگی برای اولین بار در دهه ۱۹۴۰ روایج یافت، می‌توان گفت هیچ تحقیق و پژوهش و یا دیدگاهی در ارتباط با تخریب این سازه‌ها وجود نداشتند. John Riddle از Topbond در سال ۲۰۱۸ با استفاده از مهندسی معکوس و تکنیک های آن مهاربندهای موقت مورد نیاز برای مهار نیروهای پس تنیده در هنگام تخریب را طراحی کرده و اثبات کرد که می‌توان از فرایندهای مهندسی معکوس برای توسعه استراتژی‌های تخریب ایمن برای سازه‌های پس تنیده استفاده کرد. John Riddle این طراحی را برای یک پل پس تنیده در Wood Street in Kingston-upon-Thames در انگلستان انجام داد.

۴-۵-۲- مهاربندهای موقت

در واقع سیستمی است که به منظور مهار عرشه بعد از برش در میانه دهانه استفاده می‌شود. برای تقاطع‌های غیر همسطح شهر کرمان و به منظور مهار عرشه از پایه‌های موقت که در هنگام نصب مورد استفاده قرار گرفتند به منظور مهاربندی موقت استفاده می‌شود.

۴-۵-۳- تعیین مراحل ساخت معکوس (نمونه موردی پل سگمنتال پس تنیده تقاطع غیر همسطح سربازان گمنان امام زمان (ع) شهر کرمان) باتوجه به اطلاعات موجود از مراحل ساخت مستقیم تقاطع غیر همسطح شهر کرمان و اصول مهندسی حاصل از تحلیل تنش‌های رخ داد در کابلها و تاثیر گروت اجرا شده دور کابلها و دیگر پارامترها، به منظور طراحی مراحل ساخت معکوس سازه عرشه پل سگمنتال تقاطع غیرهمسطح سربازان گمنان امام زمان (عج) شهر کرمان با استفاده از علم مهندسی معکوس اقدام میکنیم که به شرح زیر می‌باشد.



شکل ۳: چارت و فرایند تخریب (بر اساس مهندسی معکوس).



پس از جداسازی تمامی قطعات عرشه را به محل مناسبی انتقال می‌دهیم تا در آنجا عملیات تخریب سگمنت‌ها و بازیافت فولاد و دیگر مواد و مصالح با بررسی و توجیه اقتصادی آن صورت بگیرد.

۵-۵- انتخاب فرایند ساخت معکوس

مطالعات و تجربیات گذشته ((Monitoring of a post-tensioned bridge during demolition (1987))، استفاده از اهره الماس برای برش مقاطع بتنی از جمله سگمنت‌های پیش ساخته پل‌های پس تنیده به دلیل گیر کردن تغیبه در آن غیر موثر می‌باشد. کار تخریب با استفاده از چکش‌های پنوماتیکی (پیکور) دستی و یا استفاده از ماشین آلاتی از جمله بیل هیدرولیکی مجهز به چکش هیدرولیکی صورت می‌گیرد. برای مثال برای جدا سازی قطعه سگمنت از عرشه (سگمنت مجاور) از چکش هیدرولیکی استفاده کرده و سپس با جرثقیل اقدام به حمل آن می‌کنیم.

۵-۶- تدوین و طراحی برنامه ای جامع به منظور حمل نخاله ها و ضایعات

همانطور که قبل تر نیز اشاره کردیم، به منظور جلوگیری از دپوی قطعات تخریب شده در محل (به دلیل عدم وجود فضای کافی و مناسب)، پس از جدا سازی قطعات اقدام به بارگیری آن‌ها بر روی ماشین آلاتی از جمله کمرشکن می‌کنیم و آن‌ها را به محلی دیگر انتقال دهیم تا ادامه عملیات تخریب و جداسازی متریکال قابل بازیافت بر روی آن‌ها صورت گیرد.

۵-۷- انجام نظارت مستمر بر آن (مطابق OSHA و دیگر استانداردهای مربوطه) تا پایان عملیات ساخت معکوس (تخریب)

سازه‌های سگمنتی کمترین هشدار مربوط به خرابی را نشان می‌دهند، اما شکلی از ساختار دارد که در آنها با استفاده از ابزار دقیق، هشدار به راحتی افزایش می‌یابد. فشار سنج‌هایی که در اتصالات حساس نصب شده‌اند، هشدارهای لازم در مورد مشکلات را در زمانی سریعتر اطلاع می‌دهند. برای مثال، باز شدن اتصالات با اثبات کمبود استرس در تعدادی از پل‌ها در فرانسه مدت ها قبل از اینکه آنها واقعاً ایمن نباشند، تشخیص داده شد. در هنگام ساخت معکوس می‌بایست به چهار ویژگی اصلی به منظور نظارت توجه شود که عبارتند از:

۱- برای کابل‌های گروتی ضعیف، برش می‌تواند منجر به اتصال بیش از حد فولاد در چندین بخش از محل برش شود. این مسئله می‌تواند سبب ایجاد مشکلاتی در تخریب گردد. در برخی موارد می‌بایست میزان پیوند اتصال با نظارت بر تغییر در کرنش‌های سطح بتنی که در امتداد خط کابل‌های قطع شده رخ داده است، ارزیابی می‌شود.

۲- با انجام روند تخریب، ممکن است تنش‌های فشاری بیش از حد در فلنج بالا ایجاد شود و یا ممکن است فشارهای کششی در فلنج‌های پایین در قطعات نزدیک پایه‌ها ایجاد شود.

۳- رفتار قطعه روی ستون (pier) و چرخش‌های آن می‌بایست به منظور اطمینان از عدم ترک خوردن در مفصل بتنی به دلیل برداشته شدن وزن عرشه تحت نظارت قرار بگیرد.

۴- همزمان با نظارت بر ستون و قطعه pier می‌بایست پایداری کلی سازه با برداشتن هر قطعه سگمنت کنترل گردد.

به منظور شناسایی اولین مود شکست (خرابی) آماس سنج ارتعاشی (vw) می‌بایست به داخل سگمنت و سرتاسر اتصالات درجا و در انتهای هر دو وسط دهانه و دهانه‌های گوشه مجاور پایه (کوله) نصب گردند. کاهش ناگهانی پیش تنیدگی می‌بایست بی درنگ در اتصالات ظاهر شود اگر که تنش‌های کششی در صفحه بالای سگمنت شروع شوند. مود دوم شکست تنش‌های کششی سرتاسر اتصالات در پایین لبه بیرونی و پایین در مجاورت قطعات pier رخ می‌دهد. بنابراین آماس سنج ارتعاشی در این محل‌ها و در مجاورت تکیه گاه‌های موقت قرار داده شده‌اند. از طرف دیگر عملیات پیش سازه می‌بایست از فاصله‌ای امن تا سازه در حال تخریب صورت گیرد تا خطری برای مهندسیین و ناظرین عملیات تخریب وجود نداشته باشد.



۶- جمع بندی و نتیجه گیری

تحقیقات و پژوهش‌های صورت گرفته بیانگر عدم وجود مقاله یا پژوهش مشخص و قابل استناد در ارتباط با تخریب ایمن پل‌های سگمنتال می‌باشد. تکنیک‌های مهندسی معکوس امکان تجزیه و تحلیل نیروهای قفل شده در عرشه و مهار آن‌ها در هنگام تخریب با استفاده از مهاربندهای جانبی را فراهم می‌کند. الگوریتم سازی تمامی مراحل ساخت پل‌های سگمنتال و استفاده از مهندسی معکوس و الگوریتم سازی مراحل تخریب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد و هرچه قدر مراحل ساخت و تخریب به صورت دقیق تر و جزئی تر الگوریتم سازی گردند، احتمال یک تخریب موفق و ایمن را فراهم می‌سازد. ضمناً ارائه ریسک، که شامل اولویت بندی ریسک‌های موجود، درصد ریسک، برنامه مقابله و به طور کلی رعایت کامل اصول ایمن و نظارت مستمر در مدت زمان اجرای عملیات تخریب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود افزودن صلاحیت مهندسی تخریب به سایر صلاحیت‌های سازمان نظام مهندسی ساختمان به منظور بالا بردن توان فنی و اجرای مهندسیین فعال در عرصه تخریب و مدل سازی عملیات تخریب پل‌های سگمنتال با نرم افزارهای شبیه سازی می‌تواند در نگرش تخریب در این گونه سازه‌ها موثر باشد.

۷- مراجع

- [1]-Riddle, J., 2018, **Safe demolition of post-tensioned reinforced concrete bridges**, Civil Engineering journal, 171, 150-150.
- [2]- Idris, P., Lindsell, P., and Buchner, S., 1987, **Monitoring of a post-tensioned bridge during demolition**, IABSE reports.
- [3]- Handbook of OSHA Construction Safety and Health, Second Edition.
- [4]-American National Standard for Construction and Demolition Operations, ANSI/ASSE A10.1 – 2011 Pre-Project & Pre-Task Safety and Health Planning.