

بررسی علل آسیب دیدگی و مکانیزم های کاهنده پایایی و دوام بتن در کانال های آبیاری

یعقوب محمدی، استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی
مهدی شادمند، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده:

با توجه به محدودیت های موجود در منابع آبی کشور و همچنین نقش اساسی کانال ها در انتقال آب، شناخت عوامل مخرب پوشش کانال های انتقال آب ضروری می باشد. در این پژوهش سعی شده با تاکید بر عوامل کاهنده پایایی و دوام بتن در پوشش بتنی کانال های آبیاری، با ارائه روش هایی به منظور افزایش دوام بتن، گامی در جهت بالا بردن دانش فنی مهندسی این عرصه برداشته شود. طراحی بر اساس دوام بتن می تواند تضمینی بر پایداری سازه باشد نه طراحی بر اساس مقاومت؛ زیرا درسازه هایی که بر اثر حملات شیمیایی فرسوده و تخریب میشوند، نمی توان تنها به مقاومتی که ملاک محاسبات بوده اکتفا نمود. از آنجا که کانال های هیدرولیکی همواره تحت حمله مایعات شیمیایی قرار دارند، طراحی بر اساس دوام میتواند تضمینی بر استفاده بهینه از آنها باشد، که در نهایت منجر به اقدامات قابل توجهی در خصوص مدیریت تأمین، انتقال و مصرف آب شود.

واژگان کلیدی: پایایی بتن، دوام بتن، کانالهای انتقال آب

۱- مقدمه

ها در خاک، همواره خطر آسیب پذیری و اسفنجی شدن پوشش بتنی کانال ها را به دنبال دارد. از جمله این نمک ها سولفات های کلسیم (گچ)، منیزیم و سدیم می باشند، که وجود آنها در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک، صدمات جبران ناپذیری به کانال های آبیاری با پوشش بتنی وارد می سازد [۱].

آبیاری از مسائل مهمی است که تاثیر بسزایی در وضعیت کشاورزی منطقه داشته و بر وضعیت کیفی و کمی تولید محصولات کشاورزی نیز تاثیرگذار می باشد، به این علت همواره مورد توجه خاص کشاورزان بوده است. اجرای طرح پوشش بتنی باعث جلوگیری از نشت آب در اراضی کشاورزی، افزایش بازدهی انتقال آب و جلوگیری از هدر رفتن منابع آبی می شود.

۲- عمده مشکلات خرابی بتن در کانال های آبیاری

با توجه به محدودیت های موجود در منابع آبی کشور و افزایش روز افزون تقاضا برای مصارف آب به ویژه در بخش کشاورزی، استفاده بهینه از منابع محدود آب و افزایش بازدهی آبیاری، امری روشن و اجتناب ناپذیر است. خوشبختانه در سال های اخیر اهتمام جدی و اقدامات قابل توجهی در خصوص مدیریت تأمین، انتقال و مصرف آب صورت گرفته بطوریکه در راستای افزایش بازدهی انتقال آب تاکنون

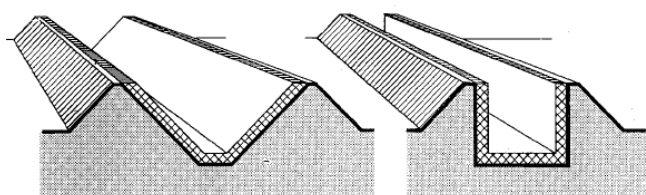
بر اساس نتایج کارگاه های پوشش بتنی، برخی از کانال های آبیاری بعد از مدتی در نقاط مختلف کشور دچار ترک خوردگی و تخریب گردیده و باعث تلفات آب در مسیر انتقال و توزیع و هدر رفت سرمایه گذاری در این بخش شده اند. برای مقابله با این مشکل ارزیابی و اصلاح روش های اجرایی پوشش بتنی کانال های آبیاری سراسر کشور با هدف جلوگیری از اتلاف آب ضروری می باشد. وجود نمک

نزدیک به دو میلیون هکتار از اراضی آبی کشور به شبکه های مدرن آبیاری و زهکشی مجهز گردیده اند (انواع پوشش های بتنی کانالها در اشکال ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده اند). این در حالی است که براساس برنامه های توسعه ای کشور و پتانسیل های موجود این رقم به حدود چهار میلیون هکتار افزایش خواهد یافت. از طرف دیگر بررسی های انجام شده در خصوص وضعیت بهره برداری از این شبکه ها نشان می دهد که اغلب این شبکه ها در مراحل مختلف بهره برداری دچار مسائل و مشکلات عدیده ای بوده و علیرغم هزینه های زیاد، اهداف مورد نظر آنها بطور کامل محقق نگردیده است. گرچه مشکلات حادث شده معلول عوامل مختلف نظیر ضعف در طراحی و اجرای کیفیت نامناسب مصالح مصرفی، شرایط بهره برداری و نگهداری، شرایط نامناسب بستر سازه ها و ... می باشند، ولی تحقیقات انجام شده در این خصوص نشان می دهد که عوامل مربوط به شرایط ژئوتکنیکی بستر و تأثیر املاح شیمیایی موجود در آب بر دوام بتن، بیشتر از سایر موارد نمودار داشته و اقدامات علاج بخش در این خصوص نیز بسیار مشکل و غیر اقتصادی می باشد [۲].

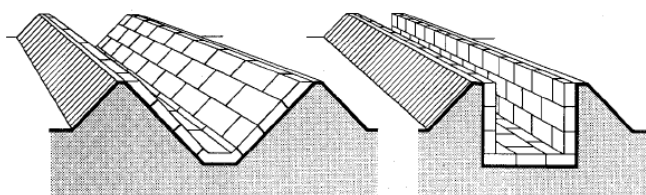
خرابی های سازه های بتنی در شرایط محیطی مهاجم از مهمترین مسائل صنعت بتن در دهه های اخیر بوده است. بخش عمده این خرابی ها ناشی از عدم شناخت رفتار مصالح و عدم انتخاب مصالح مناسب برای محیط های مختلف می باشد. بخش دیگری از علت این خرابیها به ضعف در اجرا و عدم رعایت اصول لازم در یک اجرای مناسب وابسته است. بخش دیگر مربوط به عدم شناخت کامل محیطی است که سازه بتنی در آن ساخته می شود، تغییرات دما و رطوبت در محیط های مختلف و وجود یون های مضر می تواند زمان شروع و پیشرفت خرابی ها را تسریع بخشیده و عمر مفید سازه های بتنی را کوتاه سازد [۳]. انتخاب مصالح مناسب و آگاهی از عملکرد آنها در شرایط محیطی مختلف و رعایت اصول و ضوابط اجرای کارهای بتنی می تواند دوام سازه های بتنی را افزایش قابل ملاحظه ای ببخشد. با این همه شرایط محیطی مهاجم و شدید برای بتن می تواند با مرور زمان تغییراتی را در آنها بوجود آورد و این امر نیاز به نگهداری و تعمیر را اجتناب ناپذیر می سازد [۴].

هدف از ایجاد پوشش های بتنی در کانال های آبیاری، ممانعت از تلفات آب در اثر نشت، افزایش ظرفیت دبی کانال و حداکثر سرعت مجاز بالاتر، کاهش رسوب و ضریب زبری، محدود نمودن رشد علف های هرز و دیگر پارامترهای مهندسی می باشد [۵]. یکی از عمده ترین مشکلات در مراحل اجرایی شبکه های آبیاری و زهکشی، ایجاد ترک و شکستگی در پوشش بتنی کانال های آبیاری است [۶].

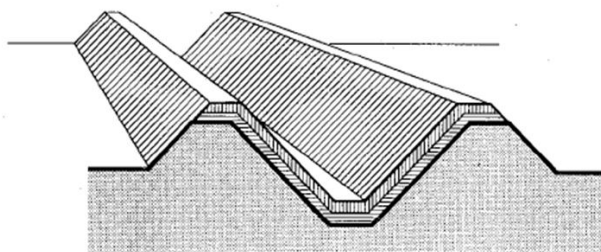
تخریب پوشش های بتنی بصورت ترک، بالازدگی و ایجاد درز و شکاف هر ساله باعث هدر رفتن مقادیر زیادی از منابع آبی کشور به صورت نشت و خسارات مالی می شود [۷]. ایجاد ترک در سطح بتن موجب نفوذ آب به درون خاک و ایجاد نشست های موضعی در زیر پوشش بتنی کانال ها می گردد. با افزایش وسعت این گونه تخریب ها، حفره هایی در زیر پوشش بتنی در کف یا جداره کانال های آبیاری و یا خاک پشت کانال (برم ها) و یا در کنار پی سازه ها ایجاد می شود. این حفره ها می توانند محل تمرکز آب و افزایش انحلال گچ و نهایتاً تخریب های وسیع آینده باشند. عملکرد نامطلوب تأسیسات هیدرولیکی همچون سیفون ها، کالورت ها، دبی بیش از حد مجاز کانال و ... سبب بالا آمدن آب از کانال ها شده و حجم قابل توجهی از آب وارد خاک می شود. در نتیجه این عامل سبب سریع گچ در آب و شسته شدن خاک و در نهایت تخریب کامل مقطع می گردد. فرار آب از درزهای پوشش بتنی کانال، باعث تمرکز تراوش آب شده و انحلال سریع گچ در آب و شسته شدن خاک و تخریب کامل مقطع می گردد [۸].



شکل ۱- پوشش بتنی



شکل ۲- پوشش سنگی



شکل ۳ - پوشش توسط خاک رس فشرده یا سیمان و ماسه

۳- حمله سولفاتها در بتن

دوام و پایداری بتن در مقابل عوامل مهاجم محیط اطراف بتن که ممکن است در خاک و آب و هوا موجود باشد بسیار با اهمیت است. بطور عمده چنین عواملی متشکل از سولفات های محلول بخصوص سولفاتهای سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و کلرورها و قلیایی هایی است که اغلب در خاک و آب بطور طبیعی در نقاط دنیا وجود دارد. یکی از این مسایل حمله سولفاتی می باشد.

حمله سولفات در بتن کلاً شامل انبساط، ترک و افت مقاومت مکانیکی ناشی از تشکیل اترینگایت (Ettringite) و گچ (Gypsum) می باشد. این مینرال ها در نتیجه اندرکنش بین آب سولفات و محصولات هیدراتاسیون سیمان، نظیر منوسولفات هیدراته (C4ASH18) و هیدروکسید کلسیم (CH) تشکیل می شوند. بدیهی است که سیمان پرتلند مستعد حمله سولفات است. مکانیسم حمله، به غلظت یون سولفات در محلول مهاجم و ترکیب سیمان بویژه به مقدار C₃A بستگی دارد. مرحله اولیه حمله سولفات، واکنش انبساطی بین یون های سولفات و هیدروکسید کلسیم است.

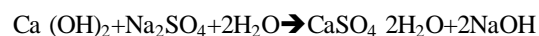
بطور کلی واکنش های مهم بین خمیر سخت شده سیمان و یون های سولفات را می توان به دو دسته تقسیم نمود:

الف- تشکیل سولفوآلومینات ها شامل مونوسولفات و اترینگایت

ب- تشکیل گچ

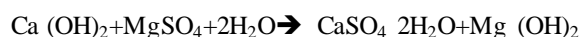
حجم این واکنش ها به میزان قابل توجه ای بیشتر از حجم ترکیباتی که جایگزین نموده اند می باشد. به نحوی که واکنش با سولفات ها سبب انبساط و گسیختگی بتن می شود [۹].

واکنش سولفات سدیم با هیدروکسید کلسیم را می توان بصورت زیر نوشت:



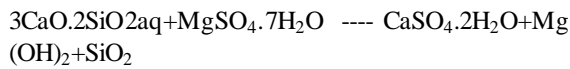
آب های جاری می توانند هیدروکسید کلسیم $\text{Ca}(\text{OH})_2$ را کاملاً در خود حل نموده و به خارج ببرند، اما اگر هیدروکسید سدیم NaOH جمع شود، حالت تعادل حاصل خواهد شد و فقط قسمتی از SO_3 بصورت گچ، رسوب می کند.

عکس العمل با آلومینات کلسیم هیدراته را می توان بصورت زیر نوشت:



$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ محصول واکنش فوق عبارتست از سولفوآلومینات کلسیم که اترینگایت نامیده می شود و باعث افزایش قابل توجهی در حجم بتن می شود. از طرف دیگر سولفات منیزیم بر

سیلیکات کلسیم هیدراته و هیدروکسید کلسیم و آلومینات کلسیم هیدراته نیز حمله می کند و نحوه عکس العمل بصورت زیر است:



بعلت قابلیت حل شدن خیلی کم هیدروکسید منیزیم $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ، این واکنش تا مرحله تکمیل شدن ادامه می یابد، بطوریکه تحت پاره ای از شرایط حمله سولفات منیزیم از دیگر سولفات ها خیلی شدیدتر است. روند حمله سولفات ها با افزایش قدرت محلول بیشتر می شود. سرعت حمله بر بتن علاوه بر غلظت سولفات، بر روندی که سولفات در اثر واکنش با سیمان جایگزین می شود بستگی دارد. بنابراین در تخمین خطر حمله سولفات ها، نحوه حرکت آب های زیرزمینی نیز باید مشخص شود. هنگامیکه یک طرف بتن در معرض فشار آب حاوی سولفات ها قرار می گیرد، روند حمله بیشترین مقدار را خواهد داشت [10].

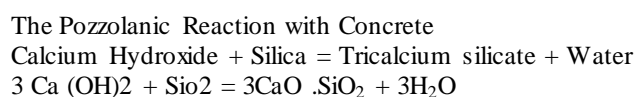
۴. نفوذپذیری بتن کانال های آبیاری

نفوذپذیری بتن در کانال های انتقال آب، از دو دیدگاه حائز اهمیت می باشد، دیدگاه اول تاثیر نفوذپذیری در حفظ و نگهداری سیال موجود در کانال بوده که بسته به نوع سیال میزان حساسیت آن تعیین می گردد. مثلاً اگر کانال بتنی حاوی سیالی آلوده و مضر برای محیط زیست باشد حتی کمترین نشت از کانال غیر قابل توجهی می باشد. دیدگاه دوم نقش نفوذپذیری در دوام بتن و عمر مفید کانال بتنی می باشد. اکنون کاملاً مشخص شده است که توجه به مقاومت تنها به عنوان یک معیار برای طرح بتن برای محیط های مختلف و کاربری های متفاوت نمی تواند پاسخگوی مشکلات صنعت بتن باشد که در دراز مدت در سازه های بتنی ایجاد می گردد. مشاهده خرابی هایی ناشی از عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشورهای در حال توسعه، افکار را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. از جمله عواملی که می تواند منجر به خوردگی بتن و فولاد موجود در آن شده و نیز در سرمای شدید موجب ترک خوردن بتن گردد، نفوذ آب به داخل بتن می باشد. نفوذپذیری بتن یکی از خواص مهم بتن در رابطه با دوام آن است، که این خاصیت، تسهیلاتی را فراهم می کند که آب یا سیالات دیگر بتوانند از میان بتن جریان پیدا کرده و مواد مضر و آسیب رسان را با خود به درون بتن حمل نمایند (شکل ۲) و نهایتاً منجر به تخریب بتن و خارج کردن سازه های بتنی از حالت

انتقال نامیده میشود و تا رسیدن به بلوغ نهائی بتن، در معرض خطرات فراوان قرار دارد. سیمان در واکنش با آب مشکلاتی بوجود می آورد (درفرمول های فوق بیان شده) که بعضاً جبران ناپذیر است. لذا استفاده از پوزولان بخصوص خاکستر پوسته برنج و فلاش بجای بخشی از سیمان برای تثبیت دوام الزامی است .

۶. واکنش شیمیائی پوزولان در بتن

پوزولان یک مصالح سیلیکاتی یا سیلیکاتی آلومیناتی است که بخودی خود ارزش سیمانی زیادی ندارد ولی در صورت داشتن نرمی کافی و وجود رطوبت در دمای عادی با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی می دهد تا یک ترکیب دارای خواص سیمانی بدست آید.



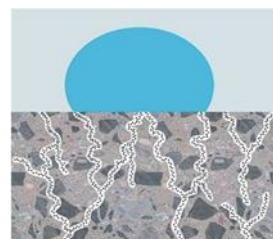
۷. عوامل موثر بردوام و پایایی بتن

دوام و پایایی بتن گستره وسیعی از مفاهیم را در بر می گیرد. در بیشتر اوقات ایجاد پایایی با کاهش نفوذ پذیری و جذب آب بتنارتباط دارد (مرجع [۱۳] راه حلهایی برای پایین آوردن درصد جذب آب ارائه نموده است). از بین بردن منافذ مویینه یا کاهش آن و یا کوچکتر کردن ابعاد منافذ معمولاً به دوام آن کمک می کند. برخی شکل های دوام مانند سایش پذیری ممکن است به عوامل دیگری منجمله کیفیت سنگدانه ها مرتبط باشد. بنابراین ذکر کلی چند عامل نمی تواند پاسخ مناسب باشد. علاوه بر کیفیت اجزا بتن و نسبتهای اختلاط، کیفیت حمل و ریختن، چگونگی تراکم و پرداخت و عمل آوری بتن، پوشش های سطحی بتن، شرایط محیطی و عوامل زیان آور موجود و رویارو با بتن از جمله عواملی است که بر دوام و پایایی بتن اثر گذار است. بنابراین تنها عامل بر پایایی آن، کیفیت خود بتن نیست. با استفاده از مواد افزودنی مناسب و مصرف بجا و صحیح آنها میتوان پایایی بتن را در شرایط مختلف بخوبی افزایش داد .

۸. نتیجه گیری

از آنجا که کانالهای هیدرولیکی تحت حمله مایعات شیمیایی قرار دارند بنابراین طراحی بر اساس دوام میتواند تضمینی بر کیفیت استفاده بهینه از آنها باشد. برای دستیابی به این امر باید در تهیه طرح اختلاط هر بتن خاص، دقت لازم بکار گرفته شود و راهکارهای زیر مورد استفاده قرار گیرد:

بهره برداری شوند. برخی راه کارهای کاهش نفوذپذیری عبارتند از: استفاده از مواد آب بند کننده در ترکیبات بتن (مواد هوازا)، پوشش های سطحی (پلیمری)، متراکم ساختن (استفاده از پوزولانها، طرح نوین دانه بندی) و... [11].



شکل ۴- نمای شماتیک از نفوذ آب در بتن

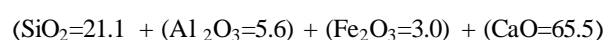
۵. اصول پایه در طراحی بتن

دانش جدید، طراحی بتن را بر اساس مقاومت، ملاک محاسبات نمی داند زیرا اعتقاد بر این است که:

نمونه های تهیه شده در آزمایشگاه با بتن ریخته شده در قالب سازه متفاوت بوده و شرایط نگهداری نمونه در آزمایشگاه با بتن ریخته شده در بدنه سازه متفاوت است. همچنین مقاومت بدست آمده از نمونه آزمایشگاهی با مقاومت بتن سازه متفاوت بوده و شرایط بلوغ نمونه بتن در آزمایشگاه با بتن سازه فرق می کند. تأثیرات محیطی و نیروهای وارده عواملی از قبیل تنش، کرنش، خزش، حرکت حرارتی، کششی، خمشی و برشی و غیره کاملاً فرق می کند.

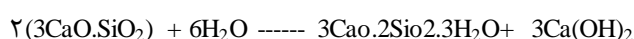
به فرض محال که همه شرایط مساوی باشد، حال وقتی سازه بر اثر حملات شیمیائی فرسوده و تخریب میشود، آن مقاومت که ملاک محاسبات بوده، کجا رفته؟ پس طراحی بر اساس دوام می تواند تضمینی بر پایداری سازه باشد نه طراحی بر اساس مقاومت [۱۲].

استدلال فرآیند ترکیب سیمان با آب



$$\text{PC} = 95.2$$

حرارت



ژل

آب آهک

وقتی آب با سیمان ترکیب میشود ضمن تولید گرمایی معادل ۷۵ تا ۸۰ درجه سانتی گراد، دو ماده تشکیل میشود، یکی کلسیم سیلیکات هیدرات که همان ژل یا چسبی است که سنگدانه ها را بهم می چسباند و دیگری هیدراکسید کلسیم یا آب آهک که هردو در فرآیندهای مختلف حملات شیمیائی موجب فرسایش و تخریب بتن می شوند. این دو ماده تشکیل خمیر یا ملاتی می دهند که منطقه

[10]-Neville A.M Brooks J.J:"Concrete Technology"Essex.Longman Group , London 1987.

[11]-Increasing Concrete Coating Durability against Corrosion by using nano particles, Dr.Farshad Vazinram, Eng.Mohammad Mahdi Khodaparast, Middle East Coatings Show 2010 Conference, 29 & 30 March 2010.

[۱۲]- منوچهرامامقلی بابادی، طرح بتن برای مخازن آب، کارگاه دستاورد تحقیقات آب و فاضلاب تهران ۱۳۹۰.

[13]-Improvement of Concrete's Durability and Permeability by Adding Natural Pozzolans , M.A.Lashteneshaie, H.Afsoos Biria, M.Saffari Tabalvandani, P.Kaafi Siaestalkhi, INTERNATIONAL

- طرح اختلاط براساس دوام محاسبه گردد.
- از پوزولان بجای بخشی از سیمان استفاده شود.
- از فوق روان کننده برای کاهش آب مخلوط استفاده گردد.
- استفاده از سایر مواد و افزودنی ها با توجه به شرایط سازه و محیط صورت گیرد.
- استفاده از نیروی انسانی مجرب در ارتباط با تمام مراحل عملیات بتن دستگاه ها و تجهیزات مرتبط باید مدرن باشند.

مراجع

[۱]- جهانگیر عابدی کوپایی و محمد علی فتحی، بررسی ویژگی های مکانیکی پوشش بتنی کانال های آبیاری حاوی خاکستر پوسته شلتوک در محیط های سولفاته، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی سال هفتم شماره دوم تابستان ۱۳۸۲

[۲]- قلعه، «دانه بندی بهینه مصالح سنگی جهت ساخت بتن پوشش کانال های آبیاری»، سومین سمینار ملی مسائل ژئوتکنیکی آبیاری و زهکشی، ۱۳۹۱

[3]-A.A. Ramezaniapour, "Diagnosis of concrete structures and causes of deterioration in the marine environments", Symposium on diagnosis of concrete and steel structures, Tohoku University, August 1999, Sendai, Japan

[۴]- رضانیان پور، عملکرد ملات های تعمیراتی با پایه های مختلف برای سازه های بتنی در محیط های شدید، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[۵]- بهراملو، عباسی، "مسائل فنی و بهره برداری موجود در کانال های آبیاری کوچک ناشی از ضعف ترک خوردگی"، دومین کنفرانس ملی تجربه های ساخت تأسیسات آبی و شبکه های آبیاری و زهکشی، ۱۳۸۶

[۶]- رحیمی، "مسائل احداث کانال های آبیاری در خاک های نامتعارف"، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، مجموعه مقالات کارگاه فنی: ساخت کانال های آبیاری، محدودیت ها و راه حل ها"، نشریه شماره ۳۹، ۱۳۷۹

[۷]- گلابتونچی، طالبی، "برخی علل ترک خوردگی و روشهای اجرایی چند برابر علاج بخشی در پوشش بتنی کانال های آبیاری"، کارگاه فنی تخصصی ساخت کانال ها، محدودیت ها و راه حل ها، ۱۳۷۹

[۸]- حسینی مبر، کهندل، منتصری، "بررسی روش های پیشگیری از بروز ترک و ترمیم آن در پوشش کانال های بتنی"، سومین سمینار ملی مسائل ژئوتکنیکی شبکه های آبیاری و زهکشی، ۱۳۹۱

[۹]-رنجبر تکلیمی، ملک محمد، بررسی خواص مهندسی و پایایی بتن های ساخته شده با سرباره کوره آهنگدازی اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده عمران دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۶۸