قدس نیرو

نشریه فنی تخصصی
شماره ۱۶۰ - زمستان ۱۳۸۴

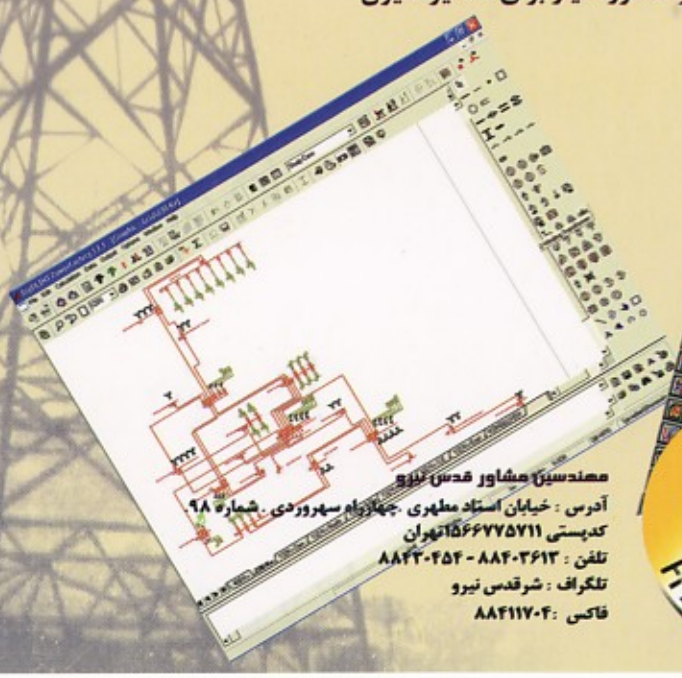
امکانات گسترده، دانش فنی روزآمد و تجربیات سی‌ساله شرکت مهندسین مشاور قدس نیرو همگی در کالبد شرکت‌های اقماری وابسته به این موسسه بزرگ حضور دارند. چابکی شرکت‌های اقماری درکنار وزنه سنگینی چون قدس‌نیرو ارائه‌دهنده بهترین خدمات و بیشترین تضمین‌ها به کارفرمایان در طرح‌های صنعت آب و برق، گاز و نفت و پتروشیمی و سایر صنایع سنگین کشور است.

شرکت مهندسی انتقال توان پارس در زمینه‌های زیر همکار امین ومورد اعتماد شماست:

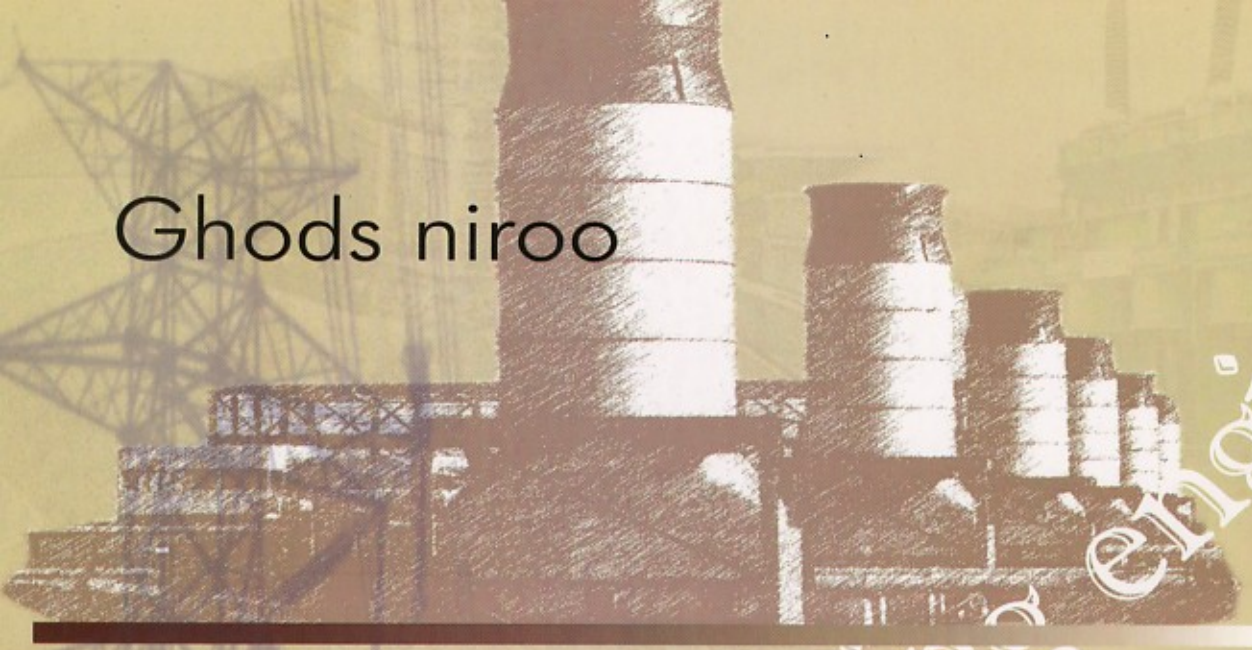
- خدمات مشاوره شامل طراحی و نظارت بر اجرای خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ
- خدمات مهندسی و تدارکات برای خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ
- اجرای پروژه‌های EPCخطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ
- خدمات مشاوره شامل طراحی و نظارت بر اجرای شبکه‌های توزیع شهری و روستایی
- خدمات‌مهندسی و تدارکات برای شبکه‌های توزیع شهری و روستایی
- اجرای طرح‌های توزیع به صورت کلید در دست
- برنامه‌ریزی و مطالعات سیستم‌های قدرت
- مطالعات طرح جامع کوتاه، میان و بلندمدت
- مطالعات بهینه‌سازی شبکه‌های قدرت و رفع معایب
- مطالعات ریسک سیستم‌های قدرت و طراحی روش‌های بهبود
- مطالعات شبکه‌های توزیع صنعتی و طراحی اقدامات اصلاحی مورد نیاز
- طراحی و توسعه نرم‌افزارهای مهندسی
- طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز برای مکانیزاسیون شبکه‌های توزیع

شرکت مهندسی انتقال توان پارس

عضو گروه شرکت‌های مهندسین مشاور قدس نیرو

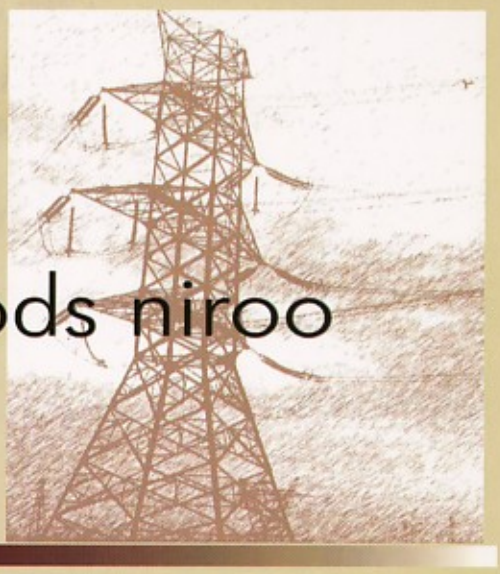


مهندسین مشاور قدس نیرو
آدرس : خیابان استاد مطهری ،چهارراه سهروردی ، شماره ۹۸،
کدپستی ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱تهران
تلفن : ۸۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۸۴۳۰۴۵۴
تلگراف : شرقدس نیرو
فاکس : ۸۸۴۱۱۷۰۴

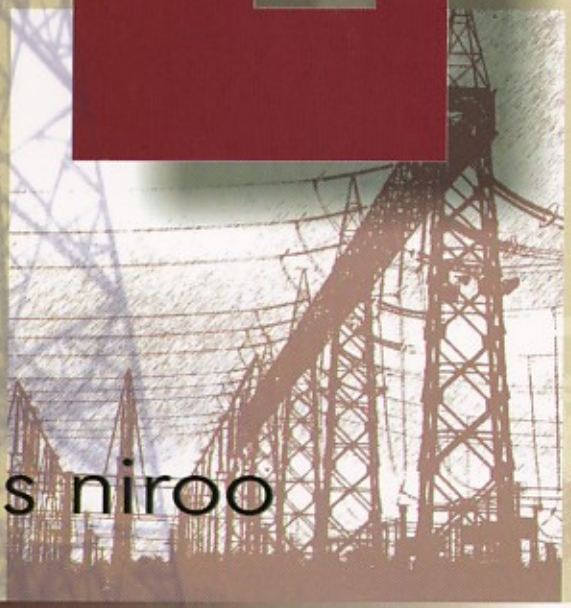


consulting engineers

Ghods niroo



Ghods niroo



Ghods niroo

Ghods niroo

مهندسین مشاور قدس نیرو

(سهامی خاص)

مهندسین مشاور قدس نیرو
آدرس : خیابان استاد مطهری ،چهارراه سهروردی ، شماره ۹۸
کدپستی ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱تهران
تلفن : ۸۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۸۴۳۰۴۵۴
تلگراف : شرقدس نیرو
فاکس :۸۸۴۱۱۷۰۴

تهران - خیابان استاد مطهری - چهارراه سهروردی . شماره ۹۸. کدپستی ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱
تلفن : ۸۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۸۴۳۰۴۵۴ فاکس : ۸۸۴۱۱۷۰۴
تلگراف : شرقدس نیرو ایران تلکس : جی ان سی ائی ایران ۲۲۴۵۰۷
NO.98 OSTAD MOTAHARI AVE, TEHRAN 1566775711- IRAN
TEL : 88403613 - 88430454 Email : info@ ghods-niroo.com
CABLE : SHERGHODS NIROO IRAN - FAX : 88411704

بسمه تعالی

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو
شماره ۱۶ - زمستان ۱۳۸۴

مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری‌راد
سـر دبیـر : مهندس فتانه دوستدار
طـراحـی : واحد طراحی و تبلیغات

فهرست مطالب

معرفی	۱
سرمقاله	۲
کاربرد کامپوزیت تقویت شده با الیاف (FRP) در بازسازی و مقاوم سازی سازه‌های بتنی- مهندس رضا امیری	۳
جوشکاری لوله‌های فولادی کرم- مولیبدن در نیروگاهها و شرح خواص برتر فولاد P91 -مهندس سانازاسدکرمی	۱۳
بررسی و مقایسه روشهای مطالعه پدیده تشدید در خاکهای آبرفتی- مهندس منصوره جعفرزاده	۲۱
روش طراحی‌لرزه‌ای بر اساس‌عملکرد-مهندس حسین دانشور	۳۰
مدلهای مدیریت دانش- مهندس شهرزاد خسروی	۴۱

با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری‌زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس علی شاه‌حسینی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

ازمدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

هیأت تحریریه:
مهنـدس پـورنگ‌پاینـده، مهندس حسن تفرشی، مهندس مسعود حبیبا...زاده، مهندس جواد خضرایی، مهندس فتانه دوستدار، مهندس محمد ابراهیم رئیسی، مـهنـدس محـمد حـسن زرگـر شوشتری، مهندس محمود زواری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس نرگس علیرمائی، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس علی‌اصغر کسائیان، مهندس وحید مرتضوی، مهندس‌محمدیحیی نصرالهی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

این نشریه از طریق اینترانت قدس‌نیرو نیز در دسترس علاقمندان می‌باشد.

ارتباط مستقیم با مقاله‌دهندگان از طریق Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترانت قدس‌نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۴۸۲ امکان‌پذیر می‌باشد.

از خوانندگان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای نشریه می‌باشند تقاضا می‌شود موارد ذیل را رعایت فرمایند:

- موضوع مقاله در چارچوب اهداف نشریه و در ارتباط با صنعت آب و برق باشد.
- مقاله‌های تألیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر و مقاله‌های ترجمه شده منضم به تصویر اصل مقاله باشد.
- مقاله ارسالی بر روی یک کاغذ A4 و با خط خوانا و یا تایپ شده و شکل‌ها، عکس‌ها، نمودارها و جداول کاملاً واضح و قابل استفاده باشند.
- توضیحات و زیرنویس‌ها به صورت مسلسل شماره‌گذاری شده و در پایان هر مقاله ذکر شوند.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، ادغام و ویرایش مطالب مقالات آزاد است.
- مقاله دارای چکیده، مقدمه، نتیجه‌گیری و لیست مراجع بوده به همراه رزومه مختصری از صاحب مقاله ارائه گردد.
- مقاله ارسالی قبلاً در نشریه دیگری چاپ نشده‌باشد.
- موارد فوق‌الذکر برای دریافت مقاله از علاقمندان خارج از قدس نیرو نیز برقرار می‌باشد.

بنـــام خـــدا

سرمقاله

در جهان پرتکاپوی امروز، تغییرات به بخشی اجتناب‌ناپذیر از فرایند حیاتی انسان‌ها تبدیل شده است. تغییرات، بـدون وقفه، در همه چیز و همه جا رخ می‌دهند. سازمان‌ها و جوامع تغییرات شگرفی را تجربـه مـی‌کننـد. شـتاب روزافـزون فن‌آوری سرعت تغییرات را دو چندان کرده است. بارها شنیده‌ایم آنان که در برابر تغییرات مقاومت کنند خود نیـز بـه ناچار دچار تغییر خواهند شد. بی تفاوتی در برابر تغییرات نیز خود بـه نـوعی عامـل رکـود و توقـف تبـدیل مـی‌شـود. سازمان‌ها به مثابه سازواره‌ای زنده همچون همه موجودات زنده به تغییـرات واکـنش نـشان مـی‌دهنـد. در ایـن میـان تصمیمات رهبران یا مدیران و سرپرستان در هدایت سازمان به سوی موفقیت نقشی انکارناپذیر دارد.

مدیران و سرپرستان موفق آن گروه از رهبران هستند که به موقع و با واقع بینی برای سئوالاتی از قبیل آنکه: تغییرات چرا، چگونه و چه موقع اتفاق می‌افتند؟ پاسخ‌هایی در خور و مناسب وضعیت سازمان خود داشته باشند. این رهبران بـا مدیریت صحیح در حوزهٔ فعالیت خود اغلب پیش از آنکه امواج تغییر با ضربات سنگین خود بـر سـازمان وارد شـود بـا درایت و تیزبینی به استقبال آن می‌روند و با ترسیم چشم انداز مناسب و ایجاد فضای امید و نشاط به اقنـاع کارکنـانی می‌پردازند که از هر تغییر بیمناک و آزرده‌اند. رهبران موفق به خوبی می‌دانند که هر تغییر آنگاه می‌تواند موفقیت آمیز و همیشگی باشد که تمامی بدنه سازمان در آن درگیر و مؤثر باشند. فراموش نکنیم که در فرهنگ متعـالی مـا نیـز در این زمینه توصیه‌های مؤکد و مکرری آمده است، به قول لسان الغیب:

قومی به جد و جهد گرفتنـد وصل دوست — قومی دگر حواله به تقدیر می‌کننـد

فی‌الجملـــه اعتماد مکن بر ثبـات دهـر — کین کارخانه‌ایست که تغییر می‌کنند

کاربرد کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP)
در بازسازی و مقاوم سازی سازه های بتنی

رضا امیری
کارشناس ساختمان کارگاه نیروگاه سنندج- مدیریت مهندسی نیروگاههای گازی I

چکیده:

قرارگیری بتن تحت تنشهای فشاری چند محوره باعث افزایش مقاومت و شکل پذیری بتن میگردد که این افزایش مقاومت و شکل‌پذیری به دلیل جلوگیری از گسترش ترکهای عرضی در بتن می باشد. محصور کردن بتن توسط فولادهای عرضی، ورقهای فولادی و یا کامپوزیتها (FRP[1]) باعث ایجاد تنشهای چند محوره میگردد. امروزه استفاده از کامپوزیتها به دلیل خواص فوق العاده آن از قبیل مقاومت و سختی بالا، وزن اندک، مقاومت در برابر خوردگی، نصب آسان و سریع، کارایی اجرایی خوب، انعطاف پذیری بیشتر در طراحی، انجام تقویت در زمان استفاده از سازه، مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله ابتدا مزایای کامپوزیتهای محصور کننده نسبت به فولاد ارایه گردیده و سپس چند مدل تنش-کرنش معروف در مورد طراحی (FRP) ارائه و در ادامه راهنمایی‌هایی در راستای طراحی آنها ارایه گردیده است.

مقدمه:

در جهان امروز شاهد نیاز روزافزون به استفاده از مواد ترکیبی برای دستیابی به خواص مطلوب هستیم، زیرا عموما یک ماده به تنهایی نمیتواند با توجه به جنبه‌های اقتصادی و یا کارایی و عملکرد، پاسخگوی مجموعه خواص مورد نیاز برای آن باشد. استفاده از مصالح کامپوزیت در صنعت ساختمان به سرعت در حال توسعه است .در این زمینه اولین تحقیقات انجام شده، از اوایل دهه ۱۹۸۰ آغاز شد و زلزله ۱۹۹۰ کالیفرنیا و ۱۹۹۵ کوبه ژاپن از جمله عوامل مؤثر برای بررسی کاربرد کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP) برای تقویت و مقاوم سازی سازه‌های بتنی در مناطق زلزله خیز گردید. امروزه تعداد زیادی از شرکتها مشغول تولید، طراحی و اجرای این سیستم ها در پروژه‌های ساختمانی سراسر دنیا هستند. به تنهایی در ایالات متحده صدها پروژه با استفاده از میلیونها فوت‌مربع از این مصالح تقویت شده اند.امروزه نگهداری از سازه‌ها به دلیل هزینه ساخت و تعمیر، بسیار حائز اهمیت است. با مطالعه رفتار سازه‌های بتنی مشخص میشود که عوامل متعددی مانند خوردگی بتن ، فولاد ، اشتباهات طراحی و محاسبه ، عدم اجرای مناسب ، تغییر کاربری سازه‌ها ، آسیب دیدگی ناشی از وارد شدن بارهای تصادفی و شرایط محیطی و . . . از دوام آنها می کاهد. همچنین تغییر آیین نامه های ساختمانی که تغییراتی در ضرایب بار و اطمینان و بعضی روابط میدهد، شرایطی را باعث می‌گردد که بررسی مجدد مقاومت سازه را ایجاب می نماید. امروزه با توجه به معایب موجود در دیگر روشهای مقاوم سازی سازه های بتنی، استفاده از کامپوزیتهای (FRP) که در سطح خارجی بتن اجرا میگردند ، توسعه روزافزون یافته است.

۱- مواد تشکیل دهنده کامپوزیتهای (FRP)

کامپوزیتهای(FRP) متشکل از الیاف بسیار مقاوم در یک ماتریس پلیمری هستند. الیافها در کامپوزیتها، عضو اصلی باربر هستند و مقاومت و سختی زیادی در کشش دارند. ماتریس پلیمری، الیاف را در محل و آرایش مطلوب نگه می‌دارد و به عنوان یک محیط

1- Fiber Reinforcement Polymer.

منتقل کننده بار بین الیاف عمل می کند، به علاوه آنها را از صدمات محیطی در اثر بالا رفتن دما و یا رطوبت حفظ می کند. برحسب آنکه الیاف تشکیل دهنده کامپوزیت FRP از نوع شیشه ، کربن یا آرامید باشد، این کامپوزیتها به سه گروه اصلی زیر تقسیم بندی می‌شوند :

- کامپوزیت GFRP با الیاف شیشه ای.
- کامپوزیت CFRP با الیاف کربنی.
- کامپوزیت AFRP با الیاف آرامیدی.

همچنین مواد و مصالح سازنده کامپوزیتهای FRP عبارتند از :

- صمغ ها (Resins) :که عمدتا از نوع اپوکسی‌ها، وینیل استرها و پلی استرها هستند.
- بتونه ها (Putty fillers) :برای پر کردن فضای خالی سطحی کوچک در زیر لایه.
- صمغ های اشباع کننده (Saturating resins): برای اشباع کردن الیاف مسلح کننده.
- چسب ها (Adhesives): برای چسپاندن ورقهای چند لایه FRP به زیر لایه بتنی.
- پوششهای محافظ (Protective coating): برای محافظت کامپوزیتهای FRP در مقابل صدمات احتمالی ناشی از شرایط محیطی.
- الیاف (Fibers): الیاف شیشه، آرامید، کربن و تسلیح کننده‌های مرسوم مورد استفاده در کامپوزیتهای FRP می باشند، و به این کامپوزیتها مقاومت و سختی میدهند.

۲- روشهای اجرایی کامپوزیتهای (FRP)

روشهای تقویت المانهای سازه‌ای در ساختمانهای بتنی به صورتهای ذیل میباشند:

- سیستم چسباندن به صورت مرطوب wet-lay up :

در این روش اجرا، الیاف FRP به دو صورت ذیل اجرا میگردد:

- روش پیش آغشته : در این روش ابتدا الیافهای FRP به رزین مایع مخصوصی آغشته شده و پس از اشباع آن به عضو بتنی چسپانده می شود.
- روش الیاف خشک : در این روش از یک نوع رزین که tixotropic میباشد برای چسپاندن الیاف خشک به عضو بتنی استفاده میشود.

- سیستم پیش تنیده (prestressed) :در این روش ابتدا الیاف FRP بوسیله دستگاههایی پیش تنیده میشود وسپس به صورت wet-lay up به سطح بتن چسبانده میشود.
- سیستم قرارگیری میلگردهای FRP در سطح و داخل بتن : در این روش میلگردهای FRP به جای میلگردهای فولادی استفاده میشود.

۳- مشخصات فیزیکی کامپوزیتهای (FRP)

الف- چگالی

چگالی کامپوزیتهای FRP در دامنه $1.2gr/cm^3$ تا $2.1gr/cm^3$ قرار دارد که این مقدار حدود ۴ تا ۶ برابر کمتر از چگالی فولاد است .

ب- ضریب انبساط حرارتی

ضریب انبساط حرارتی کامپوزیتهای FRP در دو راستای طولی و عرضی متفاوت است و به نوع الیاف ، نوع رزین ودرصد حجمی الیاف بستگی دارد. شایان ذکر است که این کامپوزیتها با افزایش دما منقبض و با کاهش دما منبسط میشوند.

پ -تاثیر دمای زیاد

در دمای فراتر از Tg ، ضریب کشسانی پلیمر به دلیل تغییرات ساختار مولکولی آن به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد.مقدار Tg به نوع رزین بستگی دارد ولی به طور کلی بین ۶۰ تا ۸۲ درجه سانتیگراد است. در یک ماده مرکب الیاف رفتار بهتری در مقابل دما در مقایسه با رزین از خود نشان میدهند .آنها میتوانند در راستای طولی تا رسیدن به آستانه دمای مربوط به الیاف ، مقداری نیرو تحمل کنند. این آستانه دما برای الیاف شیشه ای در حدود ۱۰۰۰ درجه ، برای آرامید در

حدود ۱۷۵ درجه وبرای الیاف کربن در حدود ۲۷۵ درجه سانتیگراد است. آزمایشها، نشان داده‌اند که در دمای حدود ۲۵۰ درجه سانتیگراد که بسیار بیشتر از Tg رزین است، کاهش مقاومت کششی CFRP در حدود ۲۰٪ خواهد بود.

۴-مشخصات و رفتار مکانیکی FRP

۴-۱- رفتار کششی

کامپوزیتهای FRP تحت اثر نیروی کششی قبل از شکست هیچ رفتار خمیری (تسلیم شدن) از خود نشان نمیدهند. رابطه تنش-کرنش در این کامپوزیتها تا لحظه شکست خطی است. مقاومت کششی FRP به طور عمده بستگی به نوع الیاف سازنده آن دارد.

مشخصات کششی کامپوزیتهای FRP توسط سازندگان این مواد ارایه میشود. شکل (۱) و جدول (۱) نمونه‌ای از این مشخصات است.

۴-۲- رفتار فشاری

گرچه به کاربرد کامپوزیتهای FRP برای مقابله با تنشهای فشاری نمی‌توان تکیه کرد، لیکن آزمایشها برای بررسی رفتار فشاری نیز انجام پذیرفته است.

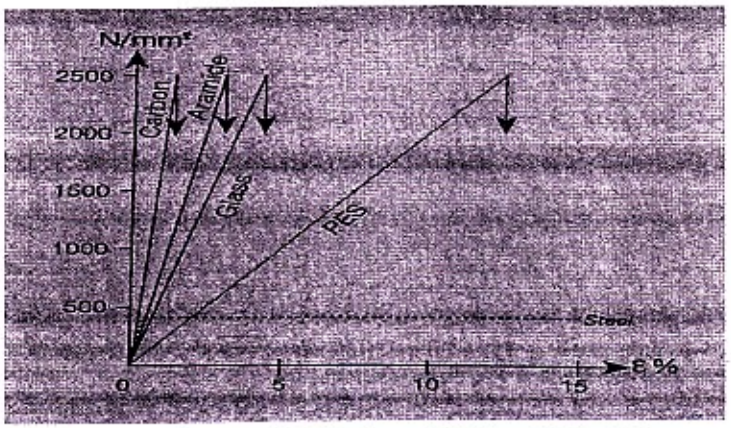
نتایج این آزمایش‌ها به شرح زیر است:

مقاومت فشاری کامپوزیتهای AFRP ، CFRP، GFRP به ترتیب ۲۰٪ و ۷۸٪ و ۲۰٪ مقاومت کششی آنها است.

۴-۳- شکست خزشی

کامپوزیتهای FRP تحت بار ثابت، میتوانند پس از یک دوره زمانی که "زمان تداوم" نامیده میشود، به طور ناگهانی دچار شکست شوند. مهمترین عوامل مؤثر در کاهش زمان تداوم عبارتند از :

- افزایش نسبت تنش کششی ماندگار به مقاومت کوتاه مدت کامپوزیت FRP



شکل (۱): نمودار تنش – کرنش کامپوزیتهای FRP

جدول (۱) نمونه ای از مشخصات کامپوزیتهای FRP ومشخصات کامپوزیتهای FRP موجود در ایران

Type of Fibre	Modulus of elasticity Gpa	N/mm2 Tensile Strength
Carbon	۶۴۰-۲۴۰	۴۰۰۰-۲۵۰۰
Aramid	۱۲۴	۴۰۰۰-۳۰۰۰
Glass	۷۰-۶۵	۳۰۰۰-۱۷۰۰
Polyester	۱۵-۱۲	۳۰۰۰-۲۰۰۰
Steel	۲۰	۵۵۰-۲۵۰

- شرایط متغیر محیطی مانند دمای زیاد ، قرار گیری در معرض تابش اشعه فرابنفش ، شرایط قلیایی شدید، چرخه‌های خشک – مرطوب شدن و چرخه‌های یخ زدن –ذوب شدن ،آزمایشهای انجام شده نشان میدهند که بین شکست خزشی و لگاریتم زمان در تمامی سطوح بارگذاری یک رابطه خطی وجود دارد. نسبت سطح تنش در شکست خزشی به مقاومت نهایی اولیه، پس از ۵۰۰ هزار ساعت (حدود ۵۰ سال) ،برای کامپوزیتهای CFRP,GFRP و AFRPبه ترتیب ۹۱ درصد ،۳۰درصد و ۴۷درصد است.

۴-۴-خستگی

طی ۳۰ سال گذشته اطلاعات قابل توجهی از رفتار خستگی مواد FRP در شاخه هوا-فضا به دست آمده است. اغلب آزمایشها بر روی الیاف با درصد حجمی تقریبی ۶۰ درصد تحت بارگذاری سیکلی سینوسی کششی، انجام پذیرفته است. نتایج این آزمایشها نشان میدهند که در سیکلهای با یک میلیون تکرار ، مقاومت خستگی FRP عموما بین ۶۰ تا ۷۰ درصد مقاومت نهایی استاتیکی اولیه آنهاست و تقریبا رطوبت و دمایی که سازه بتن مسلح تحت تاثیر آن قرار دارد ، اثری در نتایج آزمایش نداشته است.

۴-۵- *دوام*

بسیاری از کامپوزیتهای FRP هنگامی که در معرض برخی عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و عوامل شیمیایی قرار میگیرند، مشخصات مکانیکی آنها کاهش می‌یابد. میزان دوام کامپوزیت FRP به شدت عوامل محیطی، مدت زمان قرار گیری تحت عوامل محیطی، نوع رزین و نوع الیاف بستگی دارد.

۵-ملاحظات کلی طراحی

ملاحظات کلی طراحی براساس اصول متداول طراحی سازه‌های بتن مسلح ارایه شده در آیین نامه‌ها و دانش مربوط به رفتار مکانیکی تسلیح FRP استوار است. کامپوزیتهای تقویتی FRP بایستی به گونه ای طراحی شوند که ضمن حفظ سازگاری کرنش FRP و بتن، نیروهای کششی را نیز تحمل کنند.کامپوزیتهای FRP نبایستی برای مقابله با نیروهای فشاری طراحی شوند، لیکن تحمل فشار ناشی از تغییر جهت لنگر خمشی در بارگذاری‌های لرزه‌ای،برای کامپوزیت FRP طراحی شده برای نیروی کششی، قابل قبول است.

۵-۱-*فلسفه طراحی*

فلسفه طراحی بر پایه اصول طراحی حالت حدی استوار است. کامپوزیتهای تقویتی FRP باید براساس ضوابط مقاومت و خدمت پذیری آیین نامه‌های بتن و با استفاده از ضرایب بار و ضرایب کاهش مقاومت مندرج در آیین نامه‌ها طراحی گردند.

علاوه بر ضرایب کاهش مقاومت یاد شده ،ضرایب کاهش دیگری برای مشارکت تسلیح FRP به دلیل کمبود دانش نسبی در زمینه FRP نسبت به بتن مسلح اعمال میشود.

در طرح لرزه‌ای، سطح عملکرد ایمنی جانی هدف اصلی است، بنابراین برای فراهم کردن اتلاف انرژی ، ایجاد سطوحی از خسارت در سازه مجاز است. براین اساس پس از وقوع زمین لرزه ، ممکن است که اعضاء بهسازی شده نیازمند ترمیم مجدد باشند.

۵-۲-*تقویت ستونهای بتن مسلح بوسیله الیاف FRP*

بر اثر نیروهای اینرسی ناشی از زلزله ،در اعضای قاب نیروهای برشی و خمشی بوجود می آیند، لذا در طراحی مناسب برای زلزله، اطمینان از شکل پذیری سازه امری اجتناب ناپذیر میباشد. به این معنی که سازه باید قادر به تحمل تغییر شکلها بدون شکست اعضاء باشد. لنگرهای خمشی زیاد باعث تسلیم آرماتورها یا کمانش آنها میشود. همچنین تنشهای فشاری زیاد باعث

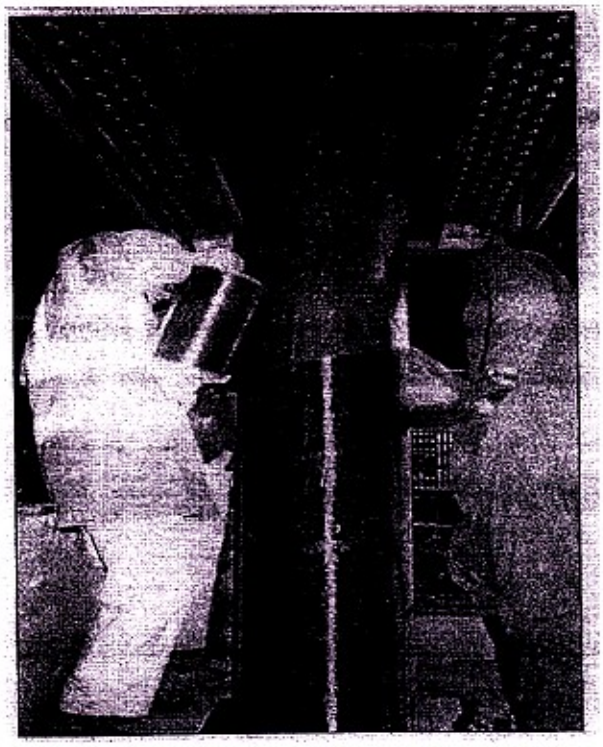
خردشدن بتن میگردد و اگر محصور شدگی بتن کافی نباشد، بتن خرد شده و تخریب میگردد. همه این موارد باعث تشکیل مفصل پلاستیک شده و اگر تعداد آنها از حد معینی فراتر رود باعث ناپایداری سازه و فرو ریختن آن میگردد. در نتیجه مؤثرترین و مناسب ترین روش برای تقویت ستونهای بتن مسلح در برابر بارهای لرزه‌ای ، روش محصور کردن به علت ایجاد تنشهای شعاعی میباشد. به طور کلی مزایای بتن محصور شده با FRP به شرح ذیل است:

- محصور با ژاکت FRP به منظور اصلاح و بهبود شکل پذیری خمشی: هدف اولیه محصور کردن ، افزایش شکل پذیری خمشی میباشد. ستونهایی که کمبود میلگرد برشی دارند، نمیتوانند چرخش غیر الاستیک بزرگی در نواحی مفصل پلاستیک تحمل کنند. آزمایشات بر روی ستونهای دایره‌ای تقویت شده با FRP به طور واضح نشان میدهد که آنها قادر هستند شکل‌پذیری را به طور مؤثرتر از روش ژاکت فولادی افزایش دهند.
- محصور با ژاکت FRP برای بهبود همپوشانی میلگردها: چسباندن الیاف در راستای طولی باعث افزایش مقاومت خمشی ستون میگردد، علاوه براین در قسمتهایی از ستون که آرماتورهای طولی قطع گردیده‌اند، این روش مؤثر میباشد ، مشکل عمده این روش مهار الیاف طولی و کمانش الیاف در فشار ناشی از سیکلهای رفت و برگشتی بارهای جانبی میباشد که با استفاده از ژاکت‌نمودن عضو در جهت عرضی این مشکل نیز بر طرف می‌شود.
- محصور با ژاکت FRP به منظور بهبود سختی خمشی : باژاکت نمودن عضو، سختی آن نیز افزایش یافته و این افزایش وابسته به نوع ژاکت میباشد. که حدود آن بین صفر تا ۱۰ درصد است. افزایش سختی باعث جذب بیشتر نیروهای زلزله نسبت به حالت قبل از تقویت میگردد. فایده اصلی محصور کردن با FRP در واقع کمترین افزایش در سختی خمشی میباشد که سبب بهبود و اصلاح شکل پذیری از طریق افزایش ظرفیت خواهد شد. از طرف دیگر پایین بودن سختی عضو باعث تغییر شکلهای بیشتری شده و اثرات P-DELTA را افزایش میدهد. در نتیجه عضو سازه ای تقویت شده با FRP در معرض بارهای اضافی قرار نخواهد گرفت و همچنین از شکست ناگهانی عضو جلوگیری می گردد (شکل ۲).

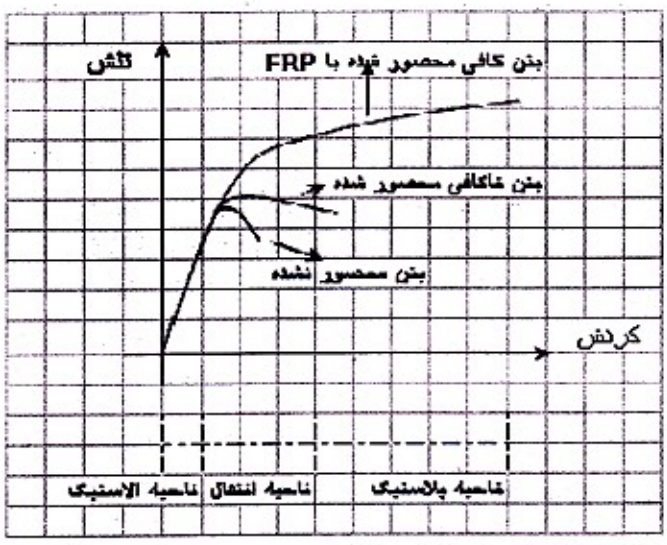
۵-۲-۱- رفتار تنش-کرنش بتن محصور شده با FRP

در شکل (۳) رفتار بتن محصور شده و محصور نشده تحت بار محوری مورد مقایسه قرار گرفته است.منحنی تنش-کرنش بتن محصور شده بطور کلی شامل دو بخش است. بخش اولیه منحنی اشاره به قسمت خطی و بخش ثانویه اشاره به منطقه پلاستیک دارد. شیب قسمت خطی منحنی اساسا شباهت به شیب قسمت خطی بتن محصور نشده دارد. نوع ژاکت محصور کننده بتن اثر کمتری روی بخش خطی منحنی دارد. به جز اینکه ژاکتهای سخت تر تمایل به افزایش مختصر تنش و کرنش در نقطه انتقال منحنی دارند. دلیل اینکه منحنی‌های تنش-کرنش بتن محصور شده و محصور نشده در منطقه خطی شبیه به یکدیگر میباشند، این است که بتن در بارهای کم ، انبساط جانبی کمتری داشته و در نتیجه فشار جانبی محصور شدگی ژاکت فعال نمیشود. ناحیه خمیری بلافاصله پس از مقاومت حداکثر بتن محصور نشده تشکیل میشود. در این نقطه بتن به سرعت منبسط شده، زیرا که رفتاری خمیری داشته و ژاکت فعال میشود که در ناحیه پلاستیک افزایش کم در تنش باعث افزایش زیاد در انبساط جانبی میشود .این انبساط باعث دو عامل می‌گردد: اولا" شرایط ساختار درونی بتن را تخریب کرده و ثانیا" فشار محصور کنندگی را افزایش میدهد. از این رو با توجه به اینکه الیاف تا لحظه گسیختگی رفتار خطی خواهند داشت، این دو عامل در شناخت شیب بخش خمیری منحنی کمک میکند.

اگر بتن خوب محصور شده باشد، شیب ناحیه خمیری مثبت و کاملا خطی خواهد بود و دلالت بر این دارد که فشار محصورکنندگی برای مهار اثرات شرایط خرابی بتن مناسب است و اجازه تشکیل تنشهای بزرگتر را میدهد. اگر بتن به قدر کافی محصور نشود، تنش محوری حداکثر ، شبیه به حالت بتن محصور شده نخواهد بود که دلالت بر ناکافی بودن فشار محصورشدگی برای شروع اثرات خرابی بتن که کرنشهای بزرگتری را تحمل می‌کنند، دارد.



شکل (۲) : نمایش دورپیچی الیاف کربن دور ستون



شکل (۳) :نمودار تنش-کرنش بتن محصور شده و نشده

۵-۲-۲- *بررسی مدلهای تنش کرنش بتن محصور شده*

قرارگیری بتن تحت تنشهای فشاری چند محوره باعث افزایش مقاومت و شکل پذیری بتن می‌شود که این افزایش مقاومت و شکل پذیری به دلیل جلوگیری از گسترش ترکهای عرضی در بتن گردد. تنشهای چند محوره به وسیله محصور کردن بتن توسط فولادهای عرضی ، ورقهای فولادی یا کامپوزیتها صورت میگیرد. برای شناخت رفتار تحت تنشهای چند محوره آزمایشات زیادی انجام شده است . نخستین آزمایش در سال ۱۹۲۸ توسط Richard انجام گرفت. در این آزمایش فشارهای یکنواخت با مقادیر مختلف توسط سیال وبه صورت فعال به بتن وارد شد. نتایج آزمایش نشان داد که نسبت مقاومت فشاری بتن محصور شده به بتن محصور نشده رابطه خطی با نسبت فشار جانبی به مقاومت بتن محصور شده دارد.

این محققین همچنین با محصور کردن بتن توسط دور پیچهای فولادی (فشار غیر فعال) به همان نتیجه ناشی از فشار سیال دست یافتند، ضریب ۴/۱ تا ۴/۸ توسط Consider در سال ۱۹۰۶ ، بدست آمد و در سال ۱۹۴۹ Balmer مقدار آن را بین ۴/۵ تا ۷ بدست آورد.

در جدول (۲) مدلهای مختلف دیگری را میتوان مشاهده نمود که همگی برای ستونهای دایره‌ای ارایه شده‌اند.

F_L ، فشار محصور کنندگی ژاکت

$F`co$ ، مقاومت فشاری بتن محصور نشده

$F`cc$ ، مقاومت فشاری بتن محصور شده

εcc ، کرنش نهایی بتن محصور شده

Ej ، مدول الاسیسیته ژاکت استفاده شده

Tj ، ضخامت ژاکت

d ، قطر ستون دایره ای

σt ، مقاومت کششی ژاکت در جهت شعاعی

υ ، ضریب پواسون

Ec ، مدول الاسیسیته بتن

۵-۳-*تقویت خمشی تیرهای بتن مسلح ، به وسیله الیاف (FRP)*

چسباندن FRP به ناحیه کششی بتن در اعضای خمشی در طول مورد نظر سبب افزایش ظرفیت خمشی مقطع خواهد شد. فرضیاتی که در محاسبات خمشی مقطع تقویت شده با FRP در نظر گرفته میشود شامل موارد زیر میباشد:

- محاسبات طراحی برپایه ابعاد واقعی ، ترتیب قرارگیری میلگرد میباشد.
- کرنش در بتن و FRP به طور خطی متناسب با فاصله از محور خنثی میباشد، یعنی شکل مقطع قبل از بارگذاری و بعد از بارگذاری بدون تغییر باقی میماند.
- تغییر شکل برشی در لایه چسب از آنجاییکه ضخامت لایه چسب بسیار نازک میباشد ، نادیده گرفته میشود.
- ماکزیمم کرنش فشاری در بتن ۰/۰۰۳ در نظر گرفته میشود.
- از مقاومت کششی بتن صرفنظر میگردد.

ضمنا ،FRP تقویتی رفتاری خطی و الاستیک تا لحظه شکست از خود نشان میدهد (شکل ۴).

۵-۴-تقویت برشی تیر بتن مسلح ، بوسیله الیاف(FRP)

بطور کلی مصالح FRP میتواند به صورتهای زیر سبب افزایش مقاومت برشی اعضاء بتنی شود:

- نصب ورقه های FRP در دو طرف جان تیر
- دور پیچ U شکل بدلیل وجود دال در قسمت فوقانی تیر
- دور پیچ کردن کامل سیستم FRP به دور مقطع به گونه‌ای که هر چهار طرف آن را بپوشاند.

جدول (۲): مدلهای مختلف برای مقاومت فشاری بتن محصور شده

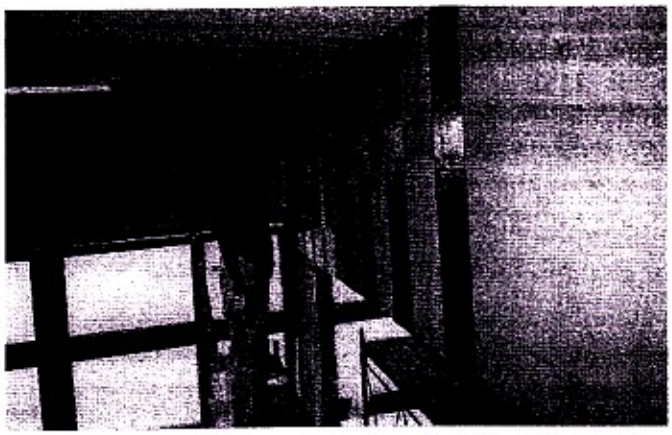
نام مدل	فرمولاسیون مدل
Fardis,Khalili (1982)	$f'cc = f'co + 4.1 f\ell \ , \ \varepsilon_{cc} = 0.002 + 0.001\frac{E_j t_j}{d.f'co} , f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d}$
Karbhari,Gao (1997)	$f'cc = f'co + 3.1 f'co.\nu.\frac{2t_j.E_j}{d.E_c} + \frac{2\sigma_j t_j}{d} , f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d} ,$ $\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}\left[1 + 10.5\left(\frac{f\ell}{f'co}\right)^{0.525}\right]$
Miyanchi (1997)	$f'cc = f'co + 4.1(K_e.f\ell), K_e = 0.85 , f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d} ,$ $\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}\left[1 + 10.5\left(\frac{f\ell}{f'co}\right)^{0.373}\right]$
Saffi (1997)	$f'cc = f'co + K_1.f\ell , K_1 = 2.2\left[\frac{f\ell}{f'co}\right]^{-0.16} , K_2 = 537\varepsilon_{co} + 2.6$ $\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}\left[1 + K_2\left[\frac{f'cc}{f'co} - 1\right]\right], f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d}$
Kono (1998)	$f'cc = f'co(1 + 0.0572 f\ell), f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d} , \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}(1 + 0.28 f\ell)$
Park,Chun (1999)	$f'cc = f'co\left[-1.254 + 2.254\sqrt{\frac{1 + 7.94 f\ell}{f'co}} - 2\frac{f\ell}{f'co}\right] ,$ $f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d} , \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}\left[1 + 5\left[\frac{f'cc}{f'co} - 1\right]\right]$
Wu,Xiao (2000)	$f'cc = f'co\left[1 + \left(4.1 - 0.75\frac{f'co^2}{Ej}\right)\frac{f\ell}{f'co}\right] , f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d}$ $\varepsilon_{cc} = \frac{\varepsilon_j - 0.0005}{7\left[\frac{f'co}{\varepsilon_j}\right]0.8}$
Puldio,Saiidi (2000)	$f'cc = f'co + 9.8 f\ell^{0.7} , f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d} , \varepsilon_{cc} = \frac{0.5\varepsilon_j}{0.09 - 0.23L_n\left[\frac{f\ell}{f'co}\right]}$
Teng,Lam (2001)	$f'cc = f'co + 2.15 f\ell , f\ell = \frac{2E_j.\varepsilon_j.t_j}{d} , \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}\left[2 + 15\frac{f\ell}{f'co}\right]$

شکل (۴) : نمایش تیر تقویت شده با FRP در خمش

روش اخیر مؤثرترین روش میباشد و اغلب برای ستونهایی که معمولا دسترسی به هر چهار طرف آنها امکان‌پذیر میباشد استفاده میگردد. قراردهی الیاف به صورت عمود بر محور عضو یا عمود بر امتداد ترکهای برشی سبب افزایش مقاومت برشی عضو میگردد. بعلاوه، افزایش مقاومت برشی، احتمال گسیختگی خمشی را نسبت به گسیختگی برشی بیشتر کرده و در نتیجه عضو سازه‌ای، شکل پذیرتر می‌گردد (شکل ۵).

۶- نتیجه گیری

تقویت و تعمیر سازه های بتن آرمه آسیب دیده و سازه‌هایی که در معرض نیروهای زلزله قرار دارند با چندین روش که از جمله آن میتوان به استفاده از ژاکتهای بتنی، ژاکتهای فولادی و ژاکتهای پلیمری اشاره نمود، صورت می گیرد. امروزه استفاده از ژاکتهای پلیمری به دلیل خواص فوق‌العاده آن که در متن مقاله آمده است بیشتر از سایر موارد، قابل توجه می‌باشد. در بهسازی سازه‌های بتن مسلح تقویت آن اعضایی از سازه که امکان ایجاد تقویت و شکل‌پذیری و استهلاک انرژی بیشتری را برای کل سازه فراهم می‌کند هدف اصلی است. ایجاد مفصل پلاستیک در تیر می‌تواند سبب شکل‌پذیری مناسب و در استهلاک انرژی بسیار موثر باشد.



شکل (۵): نمایش تیر تقویت شده با FRP در برش

۷- مراجع

1- ACI 440 .2R-02(2002) " Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening of concrete structures,"U.S.

2- ISIS Canada, (2001) "strengthening reinforced concrete structure with externally bonded FRP " Design manual.

3-Fib,(2001)"Externally bonded FRP reinforcement for RC structures" Switzerland .

4- Concrete society,(2000) "Design guidance for strengthening concrete structures using fiber composite materials " Report 55,UK

آقای رضا امیری دارای لیسانس مهندسی (عمران- عمران) از دانشگاه آزاد اسلامی بوده و ۴ سال سابقه کار دارد که یک سال آن در قدس نیرو است. زمینه علاقمندی ایشان طراحی سازه‌های بتنی و فولادی و مقاوم‌سازی در برابر زلزله می‌باشد. آقای امیری در تهیه این مقاله از همکاری آقای رضا آقانوری (از همکاران قدس‌نیرو) بهره‌مند شده که از ایشان نیز سپاسگزاریم.

Email : AMIRI265@YAHOO.COM

جوشکاری لوله‌های فولادی کرم ـ مولیبدن در نیروگاهها و شرح خواص برتر فولاد P91

ساناز اسد کرمی
کارشناس متالورژی پروژه‌های کنترل کیفیت- مدیریت مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده:

فولادهای مورد استفاده در تجهیزات نیروگاهی که دمای کاری آنها بالای ۴۵۰درجه سانتیگراد باشد عموماً از نوع فولادهای کرم ـ مولیبدن می باشند که استحکام بیشتری نسبت به فولادهای کربنی در دمای بالا دارند. یکی از جدیدترین فولادهای کرم_مولیبدن که به تازگی در صنایع نیروگاهی کاربرد فراوان یافته P91 یا T91 می باشد که به صورت فزاینده ای در ساخت خطوط اصلی بخار ،اجزای بویلر ، هدر[1] و بویلر بازیاب[2] استفاده می شود. این نوع فولاد علاوه بر قابلیت بالای جوشکاری، مقاومت خوبی نسبت به خزش در دماهای بالای ۶۰۰ درجه سانتیگراد ویا حضور گاز هیدروژن داغ دارد. در این مقاله خواص فولادهای کرم-مولیبدن و برتریهای فولاد P91 در مقایسه با سایر فولادهای این گروه، همچنین پروسه جوشکاری آن مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با توجه به حساسیت پروسه عملیات حرارتی و تأثیر آن درتعیین عمر مفید این نوع مواد، شرح کاملی از مراحل عملیات حرارتی فولاد P91 مورد بحث قرار می‌گیرد.

مقدمه:

شرکتهای سازنده نیروگاه، همواره سعی در کاهش هزینه‌های ساخت وتعمیرات تجهیزات نیروگاهی دارند. با این وجود خواهان سیستمی با راندمان بالا در شرایط مختلف کاری مثل دما و فشار بالا هستند. برای رسیدن به این اهداف، طراحان تمایل دارند که فولادهای آلیاژی به عنوان ماده اولیه مورد استفاده قرار گیرد و در عین حال سازندگان و پیمانکاران نصب نیز به دنبال ابزار و روش‌های نوین با بازدهی بالاتر هستند. عمده‌ترین مشکل فولادها در دمای بالا حساسیت آنها نسبت به خزش و شکست هیدروژنی می‌باشد. با توجه به عملکرد مناسب فولادهای کرم_ مولیبدن در دماهای کاری بالا استفاده از این گروه فولادها از سال ۱۹۵۰ در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی رایج شد. تا سال ۱۹۷۰ از فولاد 2%Cr-1%Mo (P22) در ساخت اجزای مختلف نیروگاهها استفاده می‌شد، اما امروزه به طور گسترده‌ای از فولاد 9%Cr –MO-V که از فولادهای پیشرفته این گروه به دلیل قابلیت جوشکاری بهتر و استحکام بالاتر در دماهای بالا می‌باشد، استفاده می‌شود. با توجه به کاربرد روز افزون فولادهای کرم-مولیبدن پیشرفته در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی، جامعه جوشکاران آمریکا (AWS) استاندارد D10 را برای جوشکاری فولادهای کرم ـ مولیبدن پیشرفته شامل فولادهایی که مقادیرکرم آنها در ترکیب شیمیایی فولاد، بین ۹تا۱۲ درصد می‌باشد، تدوین کرده است.

۱-خواص P91

یکی از معمولترین فولادهای کرم-مولیبدن مورد استفاده در صنایع نیروگاهی ودر اجزایی با دمای کاری بالای C ۶۰۰° فولاد P91 می باشد که خواص برترآن عبارت است از :

- مقاومت بالا نسبت به خزش، بدون ترک گرم

1- Header
2- Heat Recovery Steam Generator (H.R.S.G.)

- استحکام بالا (حداقل دو برابر) نسبت به سایر فولادهای آلیاژی با ۹٪_۱۲٪ کرم
- مقاوم نسبت به شرایط "ترد شوندگی" در دوره‌های کاری طولانی
- خواص مفید در ساخت مانند قابلیت بالای ریختگی و فورج پذیری و جوشکاری

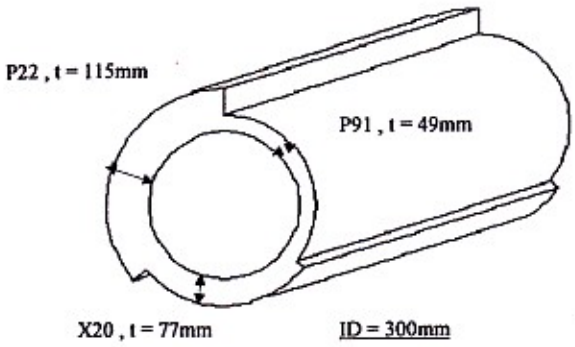
فازهای تشکیل دهنده این فولاد پس از عملیات حرارتی شامل مارتنزیت تمپر شده و اندکی "آستنیت باقیمانده" می باشد.

استحکام P91 نزدیک به 700 Mpa بوده و مکانیزم سختی پذیری آن ترکیبی از دو روش سختی‌سازی محلول جامد و سرد کردن سریع می‌باشد.

این فولاد به دلیل قابلیت سرویس دهی طولانی در دمای بالای C° ۴۵۰ امروزه به طور گسترده‌ای درساخت اجزای بویلر ها و لوله‌های تحت فشاربرددارد. فولاد P91 نوع پیشرفته‌ای از فولاد P22 و از گروه فولادهای کرم-مولیبدن می‌باشد که خواص آن بهبود یافته و تقریباً جایگزین P22 شده است. فولاد P91 نسبت به فولادP22 دارای استحکام در دماهای کاری بالا می باشد. همچنین P91 در ضخامت‌های معادل، نیمی از ضخامت فولادهای قبلی می‌تواند همان استحکام را دارا باشد که این امر باعث کاهش زمان جوشکاری، بار اعمالی به نگهدارنده‌ها، و فلز پر کننده" مصرفی در جوشکاری می‌شود. از نقطه نظر طراحان ،P91 یک ماده" اولیه بسیار ایده آل است در حالی که از دیدگاه سازندگان، با توجه به اینکه عملیات حرارتی آن در تعیین عمر مفید ماده از حساسیت بالایی برخوردار است، ماده‌ای مشکل آفرین محسوب می‌شود که نیاز به آموزش خاصی در این ارتباط می‌باشد.

انتخاب پروسه جوشکاری مناسب نیز در کیفیت نهایی جوش اعمالی تأثیر دارد.

پدیده غیر منتظره‌ای که در مورد این فولاد وجود دارد، حساسیت آن به خوردگی تحت تنش می‌باشد که دلیل آن هنوز مشخص نشده است ولی برای پیشگیری بهتر است از آلودگیهای سولفوری چون روغنها به دور باشد.



شکل(۱): ضخامت دیواره لوله برای فولاد P91 ، در مقایسه با فولادهای P22 و X20 در شرایط کاری یکسان (دمای 600 درجه، فشار 30Mpa و 100,000 ساعت کار)

P91 فولادی است شامل کرم و مولیبدن که مقادیر کنترل شده ای وانادیوم و نیوبیوم و نیتروژن به آن اضافه شده تا مقاومت خوبی در مقابل خزش در دماهای بالا داشته باشد.

جدول (۱) ترکیبات این فولاد را به طور کامل مشخص میکند.

این فولاد را می توان با مشخصه های زیر در استانداردهای مختلف یافت:

UNS	ASTM	EN
K90901 J84090	Gr.91	1.4903

P91 را معمولاً" در شرایط نرمال و تمپر شده می‌توان یافت. در صورتی که برای مقاصد جوشکاری و یا ساخت به کار رود، می‌بایستی مجدداً" در دمای ۷۶۰درجه سانتیگراد تمپر شود.

جدول (۱)

COMPOSITION	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Nb	V	N
Weight%	0.1	0.5	0.3	<0.01	<0.02	9	0.1	1	0.08	0.2	0.05

مطابق با کاربرد P91 در صنایع مختلف نیروگاهی و پالایشگاهها کدهای استاندارد خاصی در نظر گرفته شده است :

- جهت مصارف سیستم لوله کشی نیروگاهی (PIPING SYSTEM) کد ASME:B31.1
- جهت مصارف سیستم لوله کشی (PIPING) پالایشگاههای نفت و پتروشیمی کد ASME B1.3 .
- جهت اجزای بویلر نیروگاهها کد ASME SEC. I .
- جهت لوله های تحت فشار کد ASME SEC.VIII
- جهت مصارف هسته‌ای، کد ASME SEC.III در نظر گرفته شده‌اند.

۲-روش جوشکاری

پروسه هایی که در جوشکاری P91 کاربرد دارد شامل:GTAW[1] (جوشکاری با گاز محافظ آرگون و الکترود غیر مصرفی تنگستن)، FCAW[2] (جوشکاری با سیم جوش توپودری و گاز محافظ)، SMAW[3] (جوشکاری با الکترود دستی)، SAW[4] (جوشکاری زیر پودری)، PWHT[5] (عملیات حرارتی پس از جوشکاری) می‌باشد. SMAW اولین روشی بود که برای جوشکاری این فولاد استفاده گردید و البته در صورت بکارگیری جوشکاران ماهر هنوز هم کاربرد دارد. امروزه به دلیل کاهش جوشکاران ماهر در این زمینه و تمایل به سرعت عملکرد جوشکاری، توجه به سایر روشها افزایش یافته است. به خصوص پروسه FCAW کاربرد بیشتری دارد. روش GTAW با وجودی که جوش با کیفیت مطلوب ایجاد می‌کند، ولی به دلیل سرعت پایین پروسه، کاربرد کمتری دارد. در پروسه SMAW الکترود E9015-B9 پیشنهاد می‌شود. در روش FCAW انتخاب الکترود اهمیت و حساسیت بیشتری دارد، زیرا بسیاری از سیم جوشهای معمول در این روش، چقرمگی[9] کافی را در دمای بالای 70°F (حداقل دمای تست هیدرو استاتیک مطابق ASME) ندارند. تنها الکترودی که برای این پروسه مناسب تشخیص داده شده است سیم جوش Supercore F91 می‌باشد. در روش SAW الکترود پیشنهادی (سیم جوش) E9015-B9-H4 می باشد، که H4 مشخص می‌کند در هر ۱۰۰ گرم از فلز جوش کمتر از 4ml هیدروژن وجود دارد.

۳-عملیات حرارتی

به طور معمول در جوشکاری P91 نیاز به پیش گرم‌کردن[6] اتصال و نگهداری در دمای خاص "بین دو پاس"[7] و نیز پخت هیدروژنی[8] و پس گرم(PWHT) وجود دارد. پیش‌گرم تا دمای 500 - 600 °F سبب دفع رطوبت و در نتیجه کاهش هیدروژن می‌گردد. وجود هیدروژن در این فولاد باعث ترک در جوش می‌شود. به همین دلیل هیدروژن زدایی برای P91 در صورتی که قبل از PWHT[5] تا دمای محیط سرد شود، پیشنهاد می شود. دلایل پیش‌گرم عبارتند از :

۱- کاهش اختلاف دمای بین فلز پایه وموضع جوش
۲- بهبود مقاومت در برابر خوردگی تحت تنش
۳- کاهش به وجود آمدن ترکهای گرم

در جوشکاری قطعات ضخیم و فولادهای آلیاژی معمولاً نیاز به نگهداشتن دمای قطعه کار بین حداقل دمای پیش‌گرم و حداکثر دمای "بین دو پاس" در حین عملیات است.

1-Gas Tungsten Arc Welding
2- Flux-Core Arc Welding
3- Shielded-Metal Arc Welding
4- Submerged Arc Welding
5- Post Weld Heat Treatment
6- Preheat
7- Interpass
8- Hydrogen Bakes
9- Toughness

در صورت گرم شدن بیش از حد قطعات در طول پروسه های جوشکاری چند پاسه، ممکن است تا حدودی از مقاومت فولاد نسبت به خوردگی کاسته شود و در صورت کاهش دمای قطعه به زیر حداقل دمای "بین دو پاس" احتمال ایجاد اعوجاج و یا آلودگی هیدروژنی وجود دارد. باید توجه داشت در دماهای بالاتر از 600 درجه سانتیگراد حوضچه مذاب سیال خواهد شد و کنترل آن بسیار دشوار می شود. در عملیات حرارتی این نوع فولاد، نیاز به کنترل دما در چهار فازمی باشد تا تنشهای پسماند برطرف شود. شکل(۲) بیانگرعملیات حرارتی P91 مطابق استاندارد ASME B31.3 می باشد. البته یادآوری می شود در موارد مختلف باید به استاندارد مربوطه مراجعه شود و هرگز به صورت عمومی عمل نشود.

۳-۱-مراحل عملیات حرارتی

• کنترل دما: ابتدا قطعه جوشکاری شده سریعا" به دمای 600 درجه سانتیگراد رسانده شود.

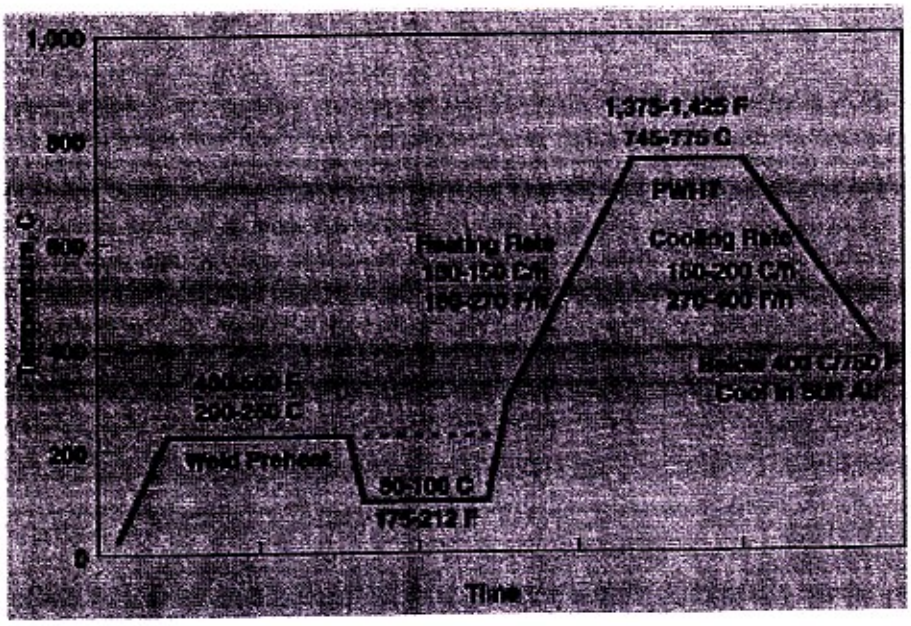
• کنترل افزایش دما: مطابق استاندارد افزایش دما باید به گونه‌ای کنترل شود که هر نیمه از بیشترین ضخامت، حداکثر تا C ° 600 در هر ساعت افزایش دما داشته باشد.

• نگهداری در محدوده دمای خاص: در این مرحله تنش زدایی صورت می پذیرد. این دما برای قطعات ضخیم با جنس P91 بین 1100 تا 1400 درجه سانتیگراد اعمال می‌شود.

زمان نگهداری در این دما بستگی به ضخامت قطعه کار دارد. به طورمعمول یک ساعت برای هر اینچ (همه" انواع فولادها)کفایت می کند. با این وجود برخی از سازندگان برای ضخامتهای بالای 3/4 inch فولاد P91، دو ساعت برای هر اینچ را مناسب می‌دانند.

• کنترل دمای سرد شدن : پس از مرحله نگهداری در دمای تنش زدایی مواد باید با سرعت کنترل شده‌ای سرد شوند، تا به بخشهایی که احتمال ترک در آنها وجود دارد تنش وارد نشود.

کنترل کاهش دما مانند کنترل افزایش دما می باشد.



شکل (۲): برای عملیات حرارتی فولاد P91 نیاز به کنترل دما در چهار فاز دارد تا تنش ایجاد شده در اثر جوشکاری برطرف شود.

کاهش دما از 1400 تا 600 درجه سانتیگراد با سرعت کمتر از400 درجه در ساعت، و از 600 درجه سانتیگراد به پایین در مجاورت هوای محیط سرد می گردد.

تنش زدایی باعث بازگشت مجدد استحکام مواد می شود. در صورت کاهش استحکام درلوله های نیروگاهی و سایر اجزای فولادی کروم- مولیبدن دار، مقاومت آنها در مقابل تست هیدرواستاتیک و سایر مراحل ساخت و راه‌اندازی کاهش می‌یابد.

به طور معمول سختی قطعه جوشکاری شده از جنس P91 پیش از PWHT بین 40s تا 50s در RockwellC (تست سختی سنجی) شده و نتیجه تست شارپی[1] (تست میزان چقرمگی) آن ۳ فوت پوند است، در صورتی که استحکام آن پس از PWHT ، به طور محسوسی افزایش می یابد.

مشخص شده است که پس از عملیات حرارتی، سختی قطعات جوشکاری P91 ، به 20s در RockwellC و چقرمگی آن در تست شارپی به ۴۰ تا ۷۰ فوت پوند می‌رسد. البته این نتایج در هر پروسه جوشکاری تا حدودی متفاوت است.

در صورتی که پروسه تنش زدایی P91 توسط سازندگان به طور کامل اجرا نشود، ممکن است خواص برتر را نداشته باشد.

در مورد قطعات ضخیم و لوله‌هایی با قطر بالا حداکثر اختلاف دمایی که بین دو سطح قطعه و یا قطر داخلی (ID) و قطر خارجی (OD) قابل قبول می‌باشد، ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد است. به همین دلیل است که عدم دسترسی به تکنولوژی عملیات حرارتی با کیفیت و دقت بالا، سبب می‌گردد طراحان با کاهش اختلاف اندازه قطر داخلی و خارجی به حل این مشکل بپردازند که این مسأله در برخی موارد سبب کاهش استحکام مورد نیاز در طراحی می‌شود.

۴-تکنولوژی جدید القایی

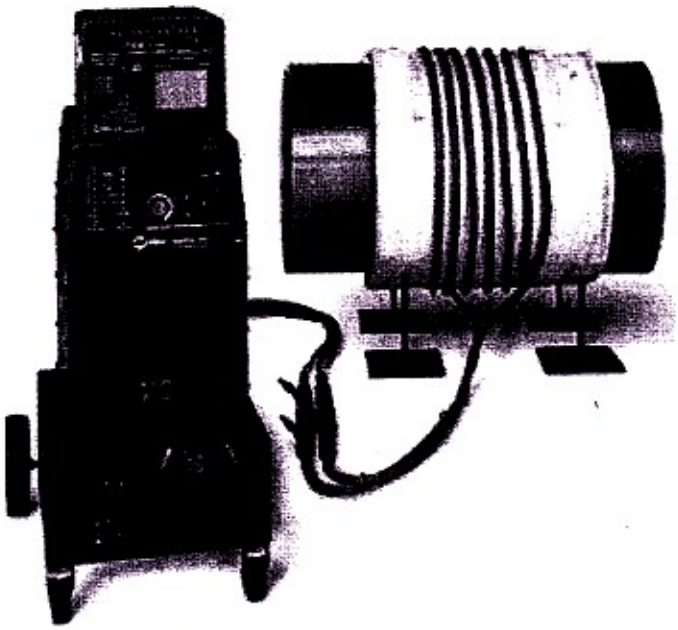
جدیدترین سیستمهای مدرن القایی قابلیت گرم‌کردن قطعات را تا ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد دارند و نسبت به انواع قبلی خود بسیارمتفاوت هستند. درسیستم های قبلی القایی نیاز به یک منبع انرژی در ابعاد بزرگ بود تا بتواند که انرژی بالایی را ایجاد کند و قادر به حمل لوله‌های مسی محتوی آب سرد باشد.

سیستمهای پیشرفته القایی امروزه بسیار کوچک وسبک بوده همچنین قابلیت تأمین انرژی بالایی را دارند و وزن آنها از ۵۰۰ پوند تجاوز نمی‌کند. برخی از آنها قابلیت حمل روی یک چهارچرخ را دارند که تجهیزات کنترل دما وجریان آب سرد روی آن قرار می گیرد.این سیستم‌ها به گونه ای طراحی شده اند که کاربر در چند دقیقه می‌تواند با طرز کار آن آشنا شود.

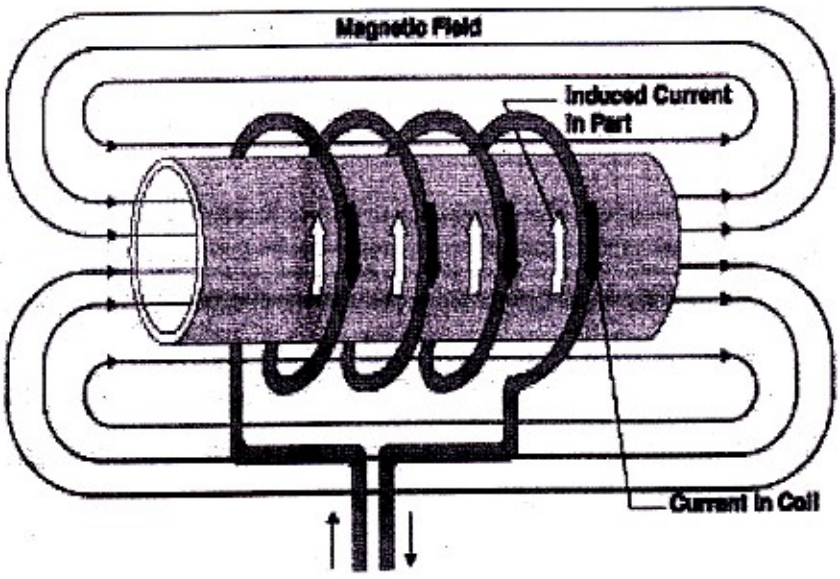
یادآوری می‌شود که در تمام روشهای عملیات حرارتی باید مسائلی چون قطرلوله و ضخامت قطعه کار در محاسبات مربوطه در نظر گرفته شود. شکل (۳) یک نمونه از این سیستم‌ها را نشان می‌دهد.

سیستمهای جدید این قابلیت را دارند که در زمان پیش گرمایش، دمای قطعه کار را به سرعت بالا ببرندو به راحتی دمای بین دوپاس را حین جوشکاری کنترل کنند. برتری این تکنولوژی در این است که دمای لازم برای هر مرحله را بدون هیچ تغییری ثابت نگه می‌دارد. همچنین کویل گرمایش القایی داغ نمی شود. در نتیجه جوشکار با وجود کویل و بدون سوزش دستها، می‌تواند به جوشکاری ادامه دهد (شکل‌های۴و۵).

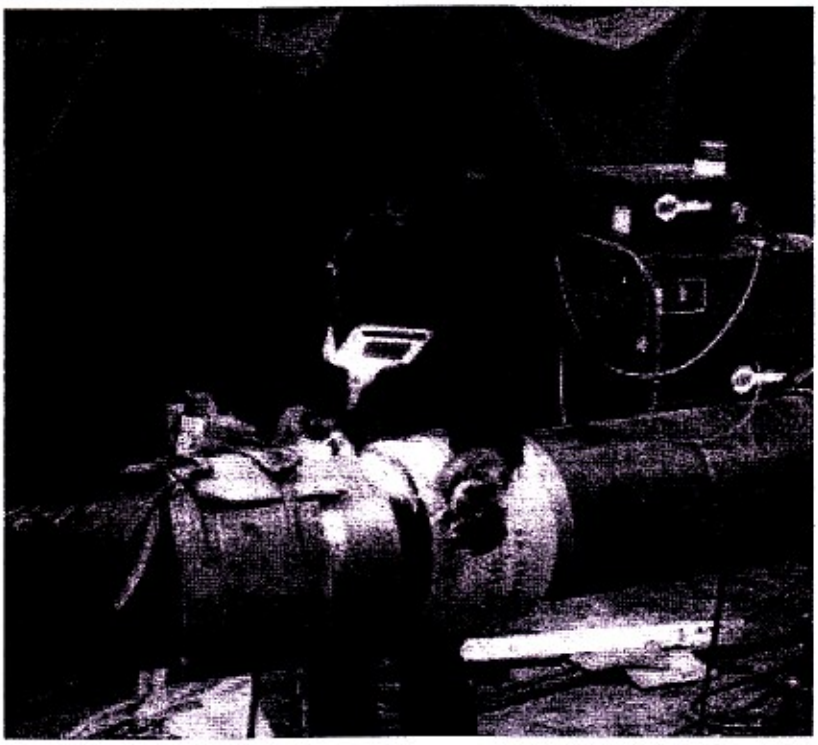
1- Charpy



شکل(۳): وزن منبع تامین انرژی درسیستمهای گرمایش القایی پیشرفته، امروزه به ۱۶۵ پوند رسیده که به همراه تجهیزاتی چون کنترل کننده دما و آب سرد کن قابلیت حمل بر روی یک چهار چرخ کوچک را دارند.



شکل (۴) : در گرمایش القایی جریان الکتریسیته در سیم پیچ جریان یافته و در قطعه تولید میدان مغناطیسی میکند. تغییر سریع میدان مغناطیسی باعث ایجاد جریانهای گردابی در قطعه می شود، که این خود باعث تولید گرما می‌شود، مشابه گرمایی که در ترانسفورماتور تولید می‌شود، خود سیم پیچ گرم نمی‌شود. با توجه به این موضوع در زمان اتصال سیم پیچ هم می‌شود به جوشکاری ادامه داد.



شکل (۵): دمای لوله بالا رفته و کاربر به راحتی و با پیچیدن یک پتو به اطراف اتصال مشغول جوشکاری پاس ریشه می‌باشد.

۵-گرمایش القایی در عمل

شرکت آمریکایی میلردر پاییز ۲۰۰۱، یک سیستم گرمایش القایی را درپروژه ای که شامل نصب سیستم هدر بازیاب (بخار با فشار بالا از طریق هدر وارد توربین می‌شود) با طول لوله‌های هدر : دو بخش ۴۱ فوتی وقطر ۳۰ اینچ با ضخامت ۰/۵ اینچ ، مورد استفاده قرار داد که در آن پنج اتصال اصلی و دو شیر اطمینان نیاز به جوشکاری داشت.

در پروژه مزبور ماده مصرفی P22 بود و برای عملیات حرارتی تمام اتصالات آن به غیر از یک اتصال از گرمایش القایی استفاده گردید. نتایج حاصل از این پروژه نشان داد که به دلیل کامپیوتری بودن سیستم گرمایش القایی کار کردن با آن ساده بوده و به راحتی می‌توان آن را به گونه‌ای برنامه‌ریزی کرد که در زمان مشخص به درجه حرارت مناسب برسد.

همچنین می‌توان اطلاعات آن را به صورت نرم‌افزاری ثبت کرد تا در موارد مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

زمانی که صرف هر سیم پیچی می‌شود حدود یک ساعت می‌باشد که نسبت به روشهای قبلی از اهمیت بالایی برخوردار است. این موضوع در پروژه‌هایی با ۴۰ تا ۵۰ اتصال اهمیت دارد که در هر کدام از اتصالات یک الی دو ساعت در زمان سیم پیچی صرفه جویی شده و به مقدار قابل توجهی، باعث کاهش هزینه‌ها می‌گردد.

۶-مشخصات سیستم

برای عملیات حرارتی لوله تا قطر ۲۴ اینچ یک سیستم با مشخصات ۲۵ کیلووات، شامل منبع انرژی و تنظیمات دستگاه و سرد کننده‌ها با ۴۵ آمپر و ۴۶۰ ولت توانایی کافی را دارد. برای قطر های بالاتر می‌توان از دو یا چند دستگاه به طور همزمان استفاده کرد.

۷-نتیجه گیری

استفاده از مواد و روشهای جدیددر پروژه های آتی ممکن است هزینه‌بر به نظر برسد، اما با مطالعه بیشتر و آگاهی از برتریهای مواد جدید، و سرعت و کیفیت در آخرین روشهای ساخت و نصب، متوجه مزایا و مقرون به صرفه بودن این موارد در محاسبات نهایی می گردد.

با بررسی دقیق تجربیات عملی طراحان و سازندگان پیشرو در این زمینه نتیجه می شود که استفاده از ابزار جدید در عملیات حرارتی این نوع فولاد نه تنها کیفیت مطلوبتر بلکه زمان کمتری را شامل می‌شود و این مورد در محاسبات زمانی پروژه‌ها بسیار مفید می باشد.

۸- مراجع

1- The Alloy Tree : A Guide to Low-alloy Steels ,Stainless Steels and Nickel _ base Alloys by A. Farrar - Provided by Woolhead Publishing.
2-Welding : Principles and Applications by Larry Jeffus – Provided by Thomson Delmar Learning.
3- Miller Electric Mfg.Co. Web Site
http : //www.millerwelds.com/.
4-Guideline for Welding P(T)91 by William F. Newell Jr.,Euroweld Ltd.,December 2001

خانم ساناز اسد کرمی دارای لیسانس مهندسی متالورژی صنعتی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و از شهریور سال ۸۴ همکاری خود را با پروژه‌های کنترل کیفیت شرکت قدس نیرو آغاز کرده‌اند. زمینه علاقمندی ایشان انتخاب مواد در نیروگاه می‌باشد.
Email: Sasadkarami@ Ghods-niroo.com

بررسی و مقایسه روشهای مطالعه پدیده تشدید در خاکهای آبرفتی

منصوره جعفرزاده

سرپرست خاک و پی و سازه - معاونت مهندسی پستهای انتقال

چکیده:

حرکات سیکلی یک ماشین از قبیل ژنراتور یا توربوژنراتور و یا کمپرسورهای دورانی در محدوده فرکانسی که کار می‌کند مهمترین پارامتریست که در طراحی پی ماشین‌آلات بایستی تعیین گردد و به همین منظور فرکانس طبیعی و فرکانس غالب زمین پی نیز لازمست تعیین گردد.

هدف از این مقاله بررسی روشهای مطالعه پدیده تشدید در خاکها می‌باشد. در این راستا حرکت امواج زلزله از میان لایه‌های خاک و پارامترهایی از خاک که در تشدید موثر می‌باشند مورد مطالعه قرار خواهند گرفت و سپس روشهای متفاوت بررسی پدیده تشدید و مقایسه آنها و نیز برتری هر کدام نسبت به دیگری مورد بحث قرار خواهند گرفت.

مقدمه:

حرکات زمین بر اثر وقوع زلزله بی‌قاعده بوده و هر حرکتی با بقیه متفاوت می‌باشد. مشخص نمودن خصوصیات یکسان در زمین لرزه‌ها حائز اهمیت می‌باشد زیرا که تعمیم این خواص مبنایی را برای طراحی در برابر نیروی زلزله فراهم می‌آورد. حرکات لرزه‌ای نقاط سطح زمین تابع حرکت بستر سنگی و خصوصیات دینامیکی لایه آبرفتی می‌باشد. چنانچه پریود غالب شتاب حرکت بستر سنگی با پریود طبیعی خاک برابر باشد حرکت خاک بشدت تقویت می‌گردد که گفته می‌شود پدیده تشدید رخ داده است.

۱-حرکت امواج زلزله از میان لایه‌های خاک

هنگامیکه امواج حجمی زلزله از بستر سنگی وارد محیط خاک یا آبرفت می‌گردند تحت خصوصیات آبرفت قرار گرفته و تقویت می‌شوند. خصوصیات دینامیکی آبرفت عامل کنترلی هستند که شتابنگاشت بستر سنگی را اصلاح نموده و در نهایت به شتابنگاشت سطح زمین تبدیل می‌کنند. رفتار یک محیط آبرفتی می‌تواند خطی یا غیرخطی باشد. رفتار خاک را زمانی خطی تلقی می‌کنیم که خصوصیات دینامیکی آن علیرغم تغییرات کرنش برشی ثابت باقی بمانند و زمانی رفتار خاک را غیرخطی تلقی می‌کنیم که خصوصیات دینامیکی آن با تغییرات کرنش برشی تغییر نمایند. غالب خاکها در محدوده کرنشهای برشی کوچک رفتاری خطی دارند به همین دلیل می‌توان فرض نمود که رفتار محیطهای آبرفتی در زلزله‌های کوچک تا متوسط خطی باقی خواهد ماند. بعضی از خاکها حتی در محدوده کرنشهای برشی بزرگ نیز رفتار خطی خود را حفظ می‌نمایند. برای مثال خاکهای رسی اشباع با خاصیت پلاستیک بالا همانند لایه‌های رسی بستر آبرفتی دره مکزیکوسیتی در زلزله سال ۱۹۸۵ علیرغم شتاب حداکثر ۰/۲ g رفتار خطی خود را حفظ نمودند.

در محدوده رفتارهای خطی، به هر محیط آبرفتی می‌توان یک تابع تقویت نسبت داد. در صورتیکه رفتار محیط خطی باشد تابع تقویت آن در تمامی مراحل، ثابت باقی می‌ماند.

1-Earthquake Resistant Design

برای مثال اگر خصوصیات فرکانسی و یا دامنه حرکت بستر سنگی تغییر نماید اگر چه حرکت سطح زمین نیز تغییر خواهد نمود اما تابع تقویت آبرفت ثابت باقی می‌ماند. تابع تقویت آبرفت، تابع خواص دینامیکی و هندسی لایه‌های تشکیل‌دهنده آن می‌باشد.

مهمترین خواص هر لایه که تابع تقویت مجموعه آبرفت را تحت تاثیر قرار می‌دهند عبارتند از: ضخامت لایه، مدول برشی، سرعت موج برشی، نسبت میرایی و وزن مخصوص.

۲- اندازه‌گیری پارامترهای موثر در پدیده تشدید

مشخصات آبرفت در رسوبات قرار گرفته بر روی بستر مقاوم باعث تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر موج انتشار یافته از سنگ بستر می‌گردد، لذا برای بدست آوردن نتایج دقیق از روشهای بکار رفته لازم است مشخصات آبرفت با دقت قابل قبولی تعیین گردند، تعداد نمونه‌ها از نظر آماری درست انتخاب شده و توزیع پراکندگی آنها به نحوی باشد که بتوان با امکانات موجود به بهترین جواب دسترسی پیدا کرد. از طرفی سعی شود از روشهایی استفاده شود که به شرایط وقوع زلزله نزدیک باشد. در مشخصات زلزله پارامترهای زیر در مطالعات تاثیر بستر سطحی زمین نقش اساسی دارند:

- عمق بستر سنگی یا ضخامت لایه آبرفت
- لایه‌بندی
- سرعت موج برشی
- مدول برشی
- ضریب میرایی

پارامترهای فوق را می‌توان از روش ثبت انکسار امواج لرزه‌ای یا روش ژئوفیزیک و یا روشهای دیگر همانند گمانه‌زنی بدست آورد.

۳- روشهای بررسی پدیده تشدید

لایه سطحی آبرفت بر محتوای فرکانسی امواج تاثیر گذاشته و باعث فیلتر شدن فرکانس امواج عبوری می‌گردد، بطوریکه امواج با فرکانس بالا را حذف و امواج با فرکانس پایین را تقویت می‌کند که این خود منجر به افزایش دامنه‌های اوج در سطح زمین و نیز طولانی‌تر شدن مدت لرزش می‌شود. این عمل که پدیده تشدید نامیده می‌شود را به روشهای مختلفی می‌توان اندازه‌گیری نمود. در این مقاله روشهای اندازه‌گیری ذیل را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

۳-۱- استفاده از نتایج ایستگاههای ثبت رکورد زمین‌لرزه‌های پیشین

۳-۲- تولید مصنوعی شتابنگاشت مورد نظر با معلوم‌بودن دامنه حداکثر و مدت زمان وقوع زلزله

۳-۳- استفاده از رکوردهای زلزله موجود با تغییر مقیاس

۳-۴- روش مایکروترمور

۳-۵- روش تحلیل عددی

۳-۶- برنامه کامپیوتری SHAKE

۳-۷- برنامه کامپیوتری FLUSH

۳-۸- روش تقریبی با استفاده از پارامترهای خاک

۳- ۱- استفاده از نتایج ایستگاههای ثبت رکورد زمین‌لرزه‌های پیشین

در محلهایی که امکان وقوع زلزله زیاد می‌باشد غالباً دستگاههای شتابنگار متعددی بر روی بستر سنگی و نیز بر سطح زمین وجود دارد که در هنگام وقوع زلزله اطلاعات لازم بر روی آن ثبت می‌گردد. این رکوردها امکان بررسی لایه آبرفت را در شرایط واقعی مهیا می‌کند. غالباً برای ما مقدور نمی‌باشد موجی با شدت موج زلزله تولید کنیم و چنانچه بتوانیم بر اثر انفجارات هسته‌ای موج قوی تولید کنیم ماهیت این موج با موج زلزله که از حرکت گسلها بوجود می‌آید متفاوت می‌باشد. قابل توجه است که زلزله‌ای با بزرگی ۸/۶ ریشتر معادل انفجار همزمان ۲۵۰۰ بمب از نوع بکار رفته در بمباران هوایی هیروشیما است. بنابراین وجود رکوردهای زلزله امکان بررسی دقیقتری از لایه خاک آبرفتی بدست می‌دهد. با مشاهده این رکوردها می‌توان پریودهای غالب و نقاط اوج شتاب را بدست آورد.

۳-۲- تولید مصنوعی شتابنگاشت مورد نظر با معلوم‌بودن دامنه حداکثر و مدت زمان وقوع زلزله

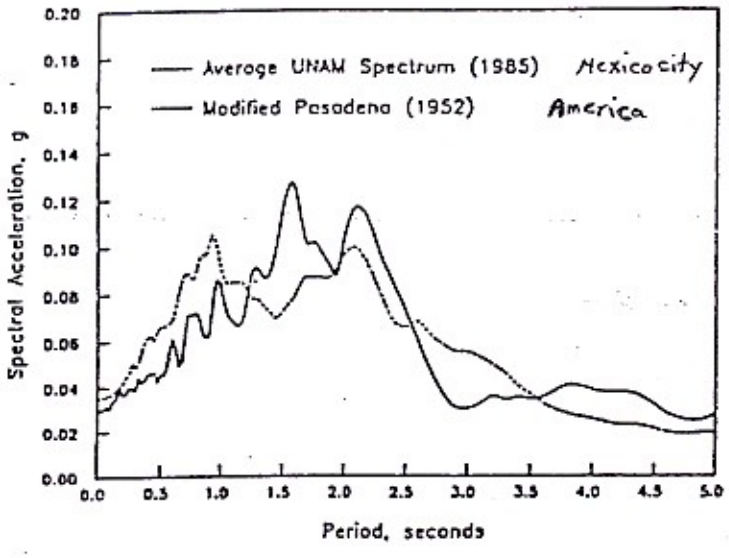
در غالب موارد نتایج حاصله از ثبت رکورد زمین لرزه وجود ندارد و تنها اطلاعاتی از قبیل بزرگی زلزله، کانون زلزله (یا مرکز زلزله)، طول مدت زلزله و مقدار دامنه حداکثر زلزله موجود می‌باشد. در این حالت بایستی از روشهای مصنوعی تولید شتابنگاشت زلزله استفاده کرد. برنامه‌های کامپیوتری متعددی جهت تولید شتابنگاشت مصنوعی وجود دارد. این برنامه‌ها با تخمین اولیه تعدادی از مولفه‌های شتابنگاشت و با در نظر گرفتن اطلاعات فوق قادر خواهند بود تا نگاشت زمانی را متناسب با ساختگاه پیش‌بینی نمایند. دقت پیش‌بینی‌ها بستگی زیادی به تعداد پارامترهای بکار برده شده دارد.

۳- ۳- استفاده از رکوردهای زلزله موجود با تغییر مقیاس

در این روش رکوردهای زلزله واقعی محلهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش بیشتر از روش دوم مورد استفاده می‌باشد و دلیل اصلی آن این است که از یک رکورد واقعی زلزله استفاده می‌شود. در نتیجه ارتعاشات اصلاح شده از خصوصیات فرکانسی استفاده مناسب‌تری برخوردار هستند. رکوردهای زلزله واقعی با توجه به شرایط محل، خصوصیات شتاب و زمان آنها تغییر می‌کند و شتابنگاشت جدیدی بدست می‌آید. نمونه‌ای از این روش در شکل (۱) نشان‌داده‌شده است.

۳-۴- روش مایکروترمور

روش استفاده از مایکروترمور را جهت تعیین مشخصات دینامیکی محلهای مورد نظر به کانایی[1] و همکارانش (۱۹۶۱) نسبت می‌دهند هر چند که این روش برای اولین بار توسط اموری[2] و اساکا[3] مورد استفاده قرار گرفت. از روش مایکروترمور زمانی می‌توان استفاده کرد که اثر غیرخطی خاک قابل ملاحظه و تعیین‌کننده نباشد.



شکل (۱): مقایسه بین طیف پاسخ شتاب تولید شده به روش تغییر مقیاس و طیف شتاب ثبت‌شده در محل "UNAM" در شهر

1-Kanai
2-Omori
3-Osaka

استفاده از رکوردهای زلزله که در روشهای قبل مورد نیاز بود مستلزم هزینه زیاد بوده و نیز زمان زیادی را طلب می‌کند. از طرفی روشهای کامپیوتری که احتیاج به پارامترهای خاک دارند نیز هزینه زیادی دارند. در مقابل روش استفاده از مایکروترمورها بعلت سادگی و اقتصادی بودن بسیار مورد توجه هستند و با این روش می‌توان نواحی وسیعی را در یک مدت کوتاه مورد بررسی قرار داد. بعلت ارتعاشات مصنوعی مانند ترافیک، حرکات ماشین‌آلات، امواج دریا و باد، زمین همواره با دامنه‌ای در حدود یک میکرون در حال ارتعاش می‌باشد. این ارتعاش را جنبش بسیار خفیف یا مایکروترمور می‌نامند. لرزه‌نگاری که قادر باشد این امواج را تا حدود ۱۰۰۰ برابر تقویت نماید می‌تواند ارتعاشات خفیف زمین را بطور پیوسته ضبط نماید. در نتیجه با یک روش ارزان و غیرتخریبی به نتیجه رسیده‌ایم.

با این روش می‌توان اطلاعاتی راجع به پریود غالب ساختگاه، اثرات محلی امواج زلزله و نیز پریود طبیعی سازه‌های مهم را تخمین زد. دستگاه مایکروترمورها کوچک و قابل حمل می‌باشند، بطوریکه می‌توان آن را در یک اتومبیل کوچک مستقر نمود و مورد استفاده قرار داد و منبع تغذیه آن یک باتری ۱۲ ولت می‌باشد.

محلهایی وجود دارد که ضخامت لایه رسوبی آن چند صد متر است. در این نواحی بایستی از مایکروترمورهایی استفاده نمود که دارای پریود بلند باشند. براساس مطالعات انجام شده مشاهده شده که دامنه‌های طیفی مایکروترمورهای بلند پریود به همراه افزایش ضخامت لایه خاک افزایش می‌یابند که این نشانگر پدیده تشدید در لایه خاک می‌باشد، بنابراین جهت بررسی پدیده تشدید امواج زلزله توسط لایه‌های ضخیم خاک می‌توان از اندازه‌گیری مایکروترمورهای بلند پریود استفاده نمود. در این صورت مایکروترمورهای بلند پریود می‌توانند جهت تخمین واکنش ساختمانهای بلند در برابر زلزله‌های پریود بلند مورد استفاده قرار گیرند.

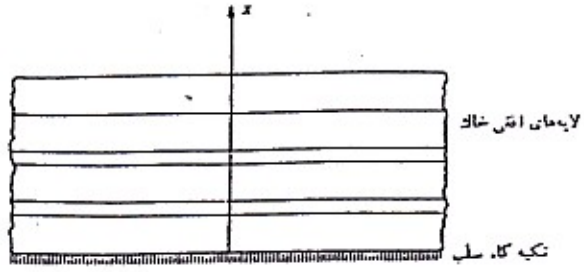
اگر چه مطالعات مایکروترمور در جهان از قدمت زیادی برخوردار نیست، لیکن نتایج مطالعات بعمل آمده نشان می‌دهد که شکل طیف پاسخ مورد مشاهده مایکروترمورها با طیف دامنه حاصل از رکوردهای جنبش‌های نیرومند زمین در یک محل، نسبتاً مشابه می‌باشند. اختلاف بین این دو طیف عمدتاً در اندازه دامنه بوده و به ندرت در فرکانس‌های غالب زمین می‌باشد، بدین ترتیب می‌توان پریود غالب سایت‌ها را با استفاده از اندازه‌گیرهای مایکروترمور و بدون استفاده از شتاب‌سنج‌ها بدون آنکه در انتظار وقوع یک زمین‌لرزه واقعی بود تعیین کرد.

۳-۵- روش تحلیل عددی

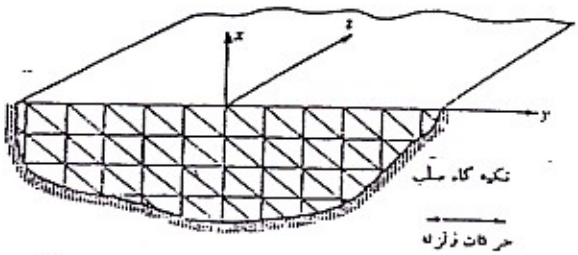
در این روش لایه آبرفتی خاک بسته به شرایط لایه‌ای بودن خاک، تعداد لایه‌ها، تغییرات خواص آبرفت در هر لایه، رفتار خطی یا غیرخطی خاک مدل می‌گردد. چنانچه پارامترهای خاک از قبیل مدول برشی، ضریب میرایی و وزن مخصوص در دسترس باشند می‌توان از آنها استفاده نمود اما در نبود این مقادیر هزینه بسیار سنگینی صرف تعیین آنها می‌گردد که ممکن است استفاده از این روش را مورد تردید قرار دهد. با فرض اینکه حرکت امواج زلزله قائم باشد و لایه‌های خاک افقی باشند، روش تحلیل عددی با گامهای ذیل صورت می‌پذیرد:

-تعیین حرکت منبع لرزه‌ای: حرکت بستر سنگی مدنظر می‌باشد که می‌توان از شتابنگاشتهای زلزله‌های قبل و یا شتابنگاشت مصنوعی استفاده نمود. در این روش بناچار از روشهای دیگر نیز استفاده می‌شود.

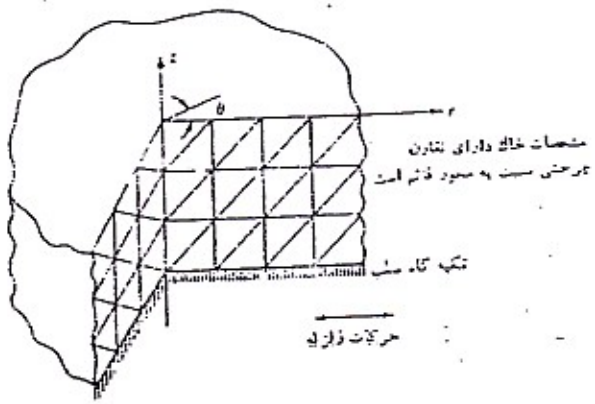
-تعیین پارامترهای دینامیکی لایه آبرفت: با استفاده از آزمایشات آزمایشگاهی و یا آزمایشات صحرایی و استفاده از روابط تجربی پارامترهای مدول برشی، ضریب میرایی و عمق لایه و پارامترهای دیگر بدست می‌آیند.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل (۲) : مدل ریاضی خاک (الف) – مدل یک بعدی (ب) – مدل دو بعدی (ج)- مدل متقارن محوری

-محاسبات پاسخ لایه آبرفتی به امواج منتشره از سنگ بستر: انواع مختلفی از مدلهای خاک با توجه به شرایط هندسی خاک و سطوح بین لایه‌ای مختلف بکار برده می‌شود که یک حالت مدل یک بعدی خاک است که سیستمی بسیار ساده می‌باشد اما در حالت کلی، خاک به صورت یکنواخت در تمام جهات ادامه ندارد. در این حالت از یک مدل المان محدود دوبعدی برای مدل کردن خاک استفاده می‌شود.

نوع دیگری از مدل دو بعدی که کاربرد زیادی در محاسبات روزمره دارد، سیستم متقارن محوری است. در این حالت فرض می‌شود که خاک و سطوح بین لایه‌ها دارای تقارن چرخشی حول محور قائم هستند به طوری که مولفه‌های شعاعی و قائم برای تعیین هندسه سیستم خاک و مدل‌های المان محدود آن کافی باشد. در کلی‌ترین حالت که سیستم خاک دارای فرم هندسی نامنظم باشد خاک را بایستی به صورت یک سیستم مختصات سه‌بعدی مدل نمود(شکل ۲).

۳-۶- روش استفاده از برنامه کامپیوتری SHAKE

اگرچه این روش خود نوعی روش تحلیلی می‌باشد اما به دلیل فرضیات خاصی که در این برنامه در نظر گرفته شده به عنوان یک روش خاص معرفی می‌گردد. این برنامه در سال ۱۹۷۲ میلادی توسط سید[1]، لیسمر[2] و اشنابل[3] و با حمایت کالج مهندسی دانشگاه برکلی کالیفرنیا به جهت آنالیز واکنش لایه خاک به حرکت بستر سنگی نوشته شده است و تا کنون چندین بار نیز تغییر یافته است. فرضیات ذیل در این برنامه در نظر گرفته شده است:

۱-لایه‌بندی خاک، به صورت افقی است و لایه‌های خاک در جهت افق نامحدود هستند.

۲-جهت انتشار امواج یک‌بعدی و به صورت قائم از میان یک محیط ویسکوالاستیک خطی می‌باشد.

۳-رفتار بستر سنگی الاستیک می‌باشد.

۴-لایه‌های خاک، همگن و ایزوتروپ می‌باشند.

۵-برای بررسی حرکت موج از روش خطی معادل استفاده می‌شود.

۶-تئوری برنامه بر اساس حل پیوسته معادله امواج از روش کانایی (۱۹۵۱) با کمک تکنیک تبدیل فوریه سریع (F.F.T) می‌باشد.

۷-هر لایه خاک با مقادیر مدول برشی G، نسبت میرایی β ، دانسیته ρ و ضخامت H مشخص می‌شود.

عملیاتی که در این برنامه انجام می‌شود عبارتند از:

۱- خواندن موج ورودی و یافتن حداکثر شتاب

۲- خواندن مشخصات خاک‌های داده‌شده و یافتن پریود حاکم.

۳- محاسبه ماکزیمم تنش‌ها و کرنش‌ها در وسط هر لایه و به دست‌آوردن مقادیر مدول برشی و میرایی که با حداکثر درصد کرنش مشخص شده مطابقت داشته باشد.

۴- محاسبه حرکات ایجاد شده در سطح هر یک از لایه‌ها.

۵- چاپ و رسم حرکات به وجود آمده در سطح هر لایه.

۶- رسم طیف فوریه برای حرکات.

۷- محاسبه، چاپ و رسم تابع بزرگنمایی بین هر دو لایه.

۸- افزایش یا کاهش فواصل زمانی بدون تغییر در پریود حاکم و مدت ثبت شده.

۹- محاسبه چاپ و رسم طیف‌های پاسخ.

۱۰- محاسبه چاپ و رسم تاریخچه تنش-کرنش در وسط هر لایه.

همانطور که گفته شد یکی از موارد لازم این برنامه حرکت بستر سنگی می‌باشد اما بایستی توجه داشت که در غالب زلزله‌هایی که رخ می‌دهد شتابنگاشت‌های ثبت‌شده در سطح زمین موجود هستند و کمتر پیش می‌آید که شتابنگاشت بستر سنگی در اختیار باشد. این برنامه این امکان را دارد که تحریک ناشی از زلزله در هر نقطه از محیط مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین می‌توان از شتابنگاشت‌های به دست آمده بر روی سطح زمین استفاده کرد و تحریک متناظر در بستر سنگی را بدست آورد.

۳-۷- روش استفاده از برنامه کامپیوتری FLUSH

برنامه کامپیوتری FLUSH همان برنامه کامپیوتری اجزاء محدود[4] Lush می‌باشدکه تغییراتی در آن انجام شده است. برنامه Lush دو بعدی بوده و توسط لیسمر تهیه شده و به علت Flush = Fast lush به این نام درآمده است. قابلیت‌های جدیدی از قبیل آنالیز سه‌بعدی و نیز سادگی ورودی و خروجی از مزایای این برنامه می‌باشد. روش آنالیز این برنامه برای اندرکنش خاک-سازه به دو صورت زیر می‌باشد:

-اثر متقابل حرکت سازه و خاک مجاور آنرا در آنالیز در نظر می‌گیرد.

---

1 -Seed
2 - Lysmer
3 -Schnabel
4 -Finite Element Method

-حرکت بالای فونداسیون را برابر حرکت خاک در نظر میگیرد.

بنابراین در سازه‌های سطحی حرکات خاک تاثیری بر روی طیف پاسخ سازه نخواهد داشت و بدین ترتیب هماهنگی خوبی بین تجربیات و آنالیز به دست می‌آید. برای سازه‌های عمیق‌تر بایستی تغییرات حرکت زمین در عمق در نظر گرفته شود. از قابلیت‌های برنامه می‌توان موارد ذیل را نام برد:

- در نظرگرفتن خواص خاک در عمق
- در نظرگرفتن رفتار غیرخطی و نیز در نظرگرفتن جذب انرژی خاک.
- در نظرگیری تغییرات حرکت سطح زمین با عمق برای سازه‌های روی خاک.
- در نظر گرفتن سیستم آنالیز یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی برای موارد خواسته شده.
- در نظرگرفتن اثرات سازه‌های مجاور بر روی هم.

در نظرگیری تغییرات خواص خاک در عمق به ما این امکان را می‌دهد که در صورت نیاز خواص متفاوتی را برای نقاط مختلف خاک ملاحظه کنیم. همینطور در مورد رفتار غیرخطی این امکان به وجود می‌آید که در زلزله‌های شدید رفتار خاک را واقعی در نظر بگیریم و در صورتی که خاک قابلیت جذب انرژی داشته باشد این خاصیت را به صورت ضریب میرایی در نظر بگیریم.

۳-۸- روش تقریبی با استفاده از پارامترهای خاک

در این روش اثر پارامترهای موثر در تابع تشدید خاک مورد بررسی قرار می گیرد و بدین‌ترتیب اهمیت هر کدام از پارامترهای مدول برشی، سرعت موج برشی، ضریب میرایی، تراکم خاک و سطح سفره آب زیرزمینی در یک زلزله محتمل بررسی می‌شود. با استفاده از نتایج می‌توان در نواحی دیگر با داشتن پارامترهای فوق بزرگی تابع تشدید را تخمین زد. از این روش به عنوان روش تقریبی استفاده می‌شود که ضمن آن می‌توان رفتار خاک را پیش‌بینی نمود.

۳-۸-۱- اثر مدول برشی

خاک ماسه‌ای: مدول برشی سکانت (G) یکی از مهمترین پارامترهای ژئوتکنیکی موثر بر طیف زلزله می‌باشد و با کاهش آن طیف شتاب اوج می‌گیرد و با افزایش مدول برشی انرژی بیشتری مستهلک شده و طیف شتاب کاهش می‌یابد.

خاک رس: مدول برشی به شدت تابع شاخص خمیری خاک می‌باشد. شکل (۳) نشان می‌دهد که برای خاک‌های رس با پلاستیسیته بالا که در اثر افزایش در کرنش برشی کاهش کمتری در مدول برشی از خود نشان می‌دهند انرژی کمتری در طول زلزله مستهلک شده و در نتیجه طیف پاسخ شتاب تیزتر می‌گردد. برای پلاستیسیته‌های مختلف (PI)، تغییر در دامنه طیف پاسخ قابل توجه است، لیکن محتوای فرکانس تغییر قابل ملاحظه‌ای نمی‌کند.

ضریب میرایی: برای سایت ماسه‌ای با ضریب میرایی ۱٪، ۳٪ و ۵٪ طیف پاسخ محاسبه شده است. مطابق شکل (۴) طیف‌های پاسخ برای پریودهای بزرگتر از ۰/۲۵ ثانیه بسیار به هم نزدیک می‌باشند، در حالیکه مختصر تفاوت‌هایی در پریودهای کوچکتر از ۰/۲۵ ثانیه دیده می‌شود.

بنابراین ضریب میرایی فقط برای ساختمان‌های کم‌ارتفاع با پریود اصلی کوچک می‌تواند تا حدی موثر باشد.

ضریب میرایی بیانگر جذب انرژی توسط خاک در مراحل اولیه لرزش می‌باشد و در کرنش‌های بزرگتر بیشتر انرژی مستهلک می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت ضریب میرایی کرنش‌های کوچک پارامتر مهمی در مطالعات تحلیل طیف پاسخ به شمار نمی‌رود. نتایج تحلیل برای خاک رس مشابه ماسه می‌باشد.

۳-۸-۲- اثر تراکم خاک

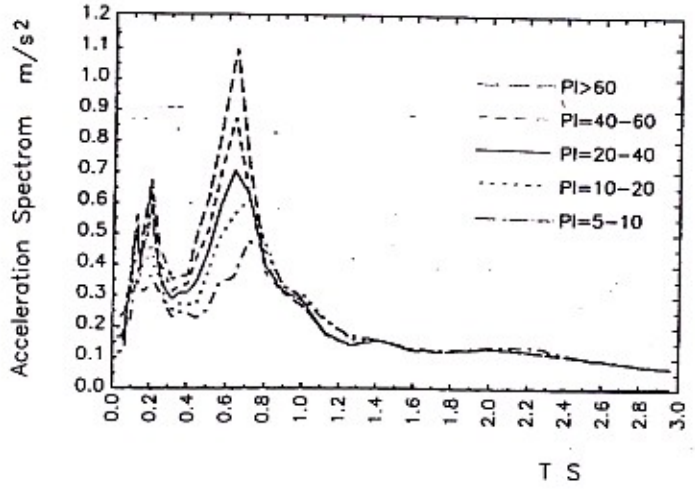
خاک ماسه‌ای:هر چه خاک ماسه‌ای سست‌تر باشد تشدید طیف پاسخ بیشتر است. در مورد ساختگاهی با

بافت ماسه‌ای نکته قابل توجه این است که لایه ماسه‌ای سست تشخیص داده شود.

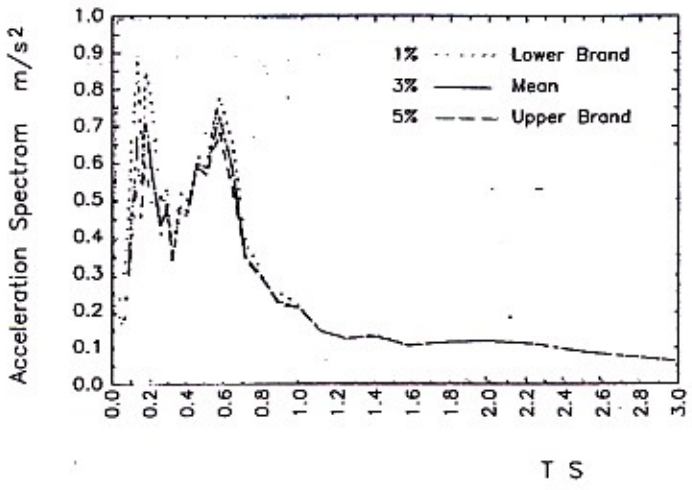
خاک رس:رس‌های نرم تا خیلی نرم نقاط اوجی در منحنی طیف پاسخ خود ندارند و هرچه تراکم خاک رس بیشتر باشد تابع طیف شتاب بیشتر اوج می‌گیرد.

۳-۸-۳- اثر سطح سفره آب زیرزمینی

تغییرات سطح ایستابی پارامتر مهمی در آنالیز طیف پاسخ به شمار نمی‌آید (برای خاک رس و ماسه مشابه می‌باشد).



شکل (۳) : طیف پاسخ شتاب برای مدول برشی متغیر در خاک رس



شکل (۴) تأثیر ضریب میرایی در طیف پاسخ شتاب یک ساختگاه ماسه‌ای

۴- نتیجه‌گیری

از بررسی نمودارهای طیف پاسخ شتاب مشاهده می‌شود در یک زمان خاص مقدار شتاب یک‌باره افزایش یافته و منحنی دارای یک نقطه اوج می‌گردد. علت این امر پدیده تشدید می‌باشد. به عبارت دیگر در هر ضخامت از لایه خاک هنگامی‌که فرکانس طبیعی خاک با فرکانس حرکت وارد شده یکسان شود پدیده رزنانس به وجود می‌آید که باعث افزایش ناگهانی دامنه حرکت و دامنه شتاب در طیف پاسخ می‌شود.

در یک جمع‌بندی کلی از مشاهدات زلزله‌های مختلف جهان و بررسی اثر خصوصیات آبرفت بر تشدید امواج زلزله می‌توان موارد ذیل را نام برد:

۱-رسوبات آبرفتی نقش موثری در فیلتر کردن امواج زلزله و تشدید آنها در فرکانس خاص بوده و باعث تغییر محسوسی در پریود طبیعی سایت می‌گردد.

۲-در خاک ماسه‌ای هر چه خاک سست‌تر باشد و در خاک رسی هرچه خاک سخت‌تر باشد تشدید بیشتری ایجاد می‌شود.

۳-هر چه خاک سست‌تر باشد زمان تداوم زلزله افزایش می‌یابد.

فرکانس ماشین‌آلاتی همانند ژنراتور و توربوژنراتور بایستی کوچک‌تر از فرکانس طبیعی سیستم خاک و پی باشد و نسبت آن برای ماشین‌های مهم تا ۰/۶ مجاز است و اگر فرکانس عمل ماشین بیشتر باشد بایستی این نسبت بزرگ‌تر از ۱/۵ باشد.

۵- مراجع

- دینامیک خاک ترجمه و تالیف دکتر سیدمجدالدین میرحسینی
- کاربرد مایکروترمورها در پهنه‌بندی خرد مناطق شهری در برابر زلزله- دکتر سیدمحسن حائری، مهندس مهدی خلفائی- مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران ۱۳۷۲.
- مهندسی زلزله دکتر حجتا... عادلی چاپ دهخدا.
- تحلیل پاسخ دینامیکی خاک در برابر زلزله ش.سالمی ۱۳۷۴.

- Principle of Soil Dynamics. Braja M.Das PWS-Kent Boston 1992.
- SHAKE a computer Program Manual Per B.Schnabel , John Lysmer, H.Bolton Seed 1975.
- FLUSH a Computer Program Manual John Lysmer, Takekazu udaka, Chan-Feng Tsai, H.Bolton Seed 1975.
- Ground Motion Amplification, Geology and damage from the 1989 Lomaprieta in city of Sanfransisco.

خانم منصوره جعفرزاده دارای مدرک لیسانس مهندسی عمران از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مدرک فوق‌لیسانس مهندسی در رشته خاک و پی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. ایشان شانزده سال سابقه کار در زمینه نیروگاه‌های بخاری، گازی و خطوط انتقال نیرو و پست دارند که ۸ سال آن در قدس‌نیرو بوده است. زمینه علاقمندی خانم جعفرزاده طراحی انواع فونداسیون سازه‌ها می‌باشد.

mjafarzadeh@ghods-niroo.com

روش طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد

حسین دانشور

کارشناس عمران – معاونت مهندسی شبکه های انتقال نیرو و توزیع

چکیده :

در این مقاله سعی می‌شود که پس از بیان مقدمه‌ای کوتاه از روش طراحی بر اساس عملکرد، به تعاریف، دیدگاهها ولـزوم رویکرد این روش بپردازیم و با معرفی سطوح مختلف عملکرد ساختمان و تحلیل خطر زلزله، به تبیین اهـداف عملکـردی پرداخته و در پایان نیز ارائه یک مثال، به روشن شدن مطلب کمک می کند.

مقدمه:

در سالهای اخیر موضوع طرح بر اساس عملکرد[1] بیش از پیش مورد توجـه محققـان و پژوهـشگران قـرار گرفتـه است، به طوریکه امـروزه در موسـسات آمـوزش عـالی و محافـل علمـی و مهندسـی اغلـب کـشورها مطالعـات گوناگونی در این زمینه انجـام شـده یـا در حـال انجـام می‌باشد.

تا به امـروز اغلـب روشـهای مبتنـی بـر طـرح براسـاس عملکرد عمدتا برای مقاصد ارزیـابی و تـرمیم و بهـسازی سازه‌ها به کار رفته‌انـد، بـه طوریکـه در خـلال سـالهای ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ میلادی مراجع و موسسات معتبـری در آمریکا روشهایی برای ارزیابی و بهـسازی سـاختمانها بـه شکل دستورالعملهای مدون بر مبنای طراحی بر اسـاس عملکرد ارائه کرده اند.

ATC40 در سال ۱۹۹۶ بـه منظـور ارزیـابی و بهـسازی لـــرزه‌ای ســـاختمانهای بتنـــی[۱] و همچنـــین دســتورالعملهای FEMA273 [۲] وFEMA356 [۳]بـه ترتیب در سالهای ۱۹۹۶ و ۲۰۰۰ برای بهسازی لـرزه‌ای سـاختمانها توسـط شـورای تکنولـوژی کـاربرد منتـشر گردیده اسـت. پـیش از اینهـا انجمـن مهندسـین سـازه کالیفرنیـا (SEAOC) در ۲۰۰۰ vision [۴] بـه خـوبی افـق پـیش روی طراحـی بـر اسـاس عملکـرد را روشـن ساخته بود.

مقبولیت روز افزونـی کـه روشـهای طراحـی بـر اسـاس عملکرد بدست آورده‌اند باعـث شـده کـه در بـسیاری از کشورها از جملـه ژاپـن و آمریکـا تلاشـهایی بـرای وارد کـردن آنهـا در آیـین نامـه‌هـای طراحـی لـرزه‌ای ساختمانهای نوساز صورت گیرد.

۱- دیدگاههای مختلف در مورد طراحـی براسـاس عملکرد

دیدگاههای مختلفی در مورد طراحی براساس عملکرد و روشهای آن ارائه شده است. از نظرمفهـومی طراحـی بـر اسـاس عملکـرد بـرای کارفرمایـان و مـسئولان، امکـان انتخاب هدفهای عملکردی وسـیعی را فـراهم مـی‌آورد و طـراح را وادار مـی‌سـازد کـه هـدفهای انتخـاب‌شـده را پردازش نموده و ساختمان را براساس یک روش مناسب برای برآورده سـاختن هـدفهای انتخـاب شـده طراحـی نماید. به طور ساده می‌توان گفت که روشـهای طراحـی براساس عملکرد، ابزار مناسـبی بـرای ارتبـاط کارفرمـا و طراح فراهم می‌آورد.

۲- تعریف روش طراحی براساس عملکرد

مرجع انجمن مهندسین سازه کالیفرنیـا (SEAOC) در ۲۰۰۰ vision طراحـی براسـاس عملکـرد را اینگونـه تعریف می‌کند[۴] :

1-Performance-Based Design

طراحی براساس عملکرد شامل کلیه عملیات مهندسی می‌باشد که بتوان به وسیله آن سازه‌ای با عملکرد مشخص در برابر زلزله بدست آورد. این عملیات می‌تواند شامل تعیین اهداف طراحی، مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل و طراحی لرزه‌ای اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، کنترل ساخت و نگهداری سازه شود.

۳- طراحی براساس مقاومت یا عملکرد

در سالهای اخیر مشاهده شده که بسیاری از ساختمانهایی که بر طبق آیین نامه‌های طراحی لرزه ای موجود که در آنها معیار اصلی مقاومت می‌باشد طراحی شده‌اند، در زلزله های شدید عملکرد مناسبی نشان نمی‌دهند. این مسأله پژوهشگران را به بررسی و ارزیابی مجدد آیین نامه‌های طراحی واداشته است و موجب گسترش ایده تفکیک مقاومت از عملکرد و گرایش به سمت طراحی بر اساس عملکرد گردیده است.

امروزه این موضوع به طورگسترده‌ای پذیرفته شده که طراحی لرزه‌ای یک روش یک مرحله‌ای با معیار ثابت و عام برای سطوح ایمنی نمی‌باشد. به طور کلی در تمام جوامع سطح حداقل ایمنی به صورت جلوگیری از فروریختن سازه و به خطرافتادن جان انسانها تعریف می‌شود. اما از دیدگاه کلی‌تر برای شهر یا منطقه‌ای که دچار زلزله می‌شود این سطح ایمنی حداقل به تنهایی کافی نیست، بلکه قابلیت استفاده بدون وقفه از ساختمانها و تاسیسات بحرانی مثل بیمارستانها، نیروگاههای برق و...، جلوگیری از خارج‌شدن مواد خطرناک از محل نگهداری آنها و همچنین حفاظت در برابر خرابی‌های گسترش یابنده است که تبعات ناگواری دارند، باید مدنظر قرار گیرد.

در روشهای طراحی فعلی معیار طراحی برحسب نیرو یا مقاومت بیان می‌گردد، ولی به طور کلی مدلهای رفتاری و معیارهای شکست اعضای سازه‌ای اکثراً برحسب تغییر مکان یا کرنش تعریف شده‌اند. در محدوده الاستیک خطی، بین نیرو و تغییر مکان یا تنش و کرنش یک رابطهٔ خطی وجود دارد و می‌توان به راحتی معیار نیرو یا مقاومت را به کار برد، اما وقتی اعضا وارد محدودهٔ غیر خطی شوند دیگر رابطهٔ ثابتی بین نیروتغییر مکان ویا تنش ـ کرنش وجود نخواهد داشت و در نتیجه معیار نیرو و مقاومت نمی‌تواند رفتار و شکست اعضا را نشان دهد. در آیین‌نامه‌های کنونی سعی شده با انجام یکسری کنترل‌های ثانویهٔ جدا از روش طراحی مثل کنترل تغییر مکان جانبی، این نکات را رعایت کنند و یا با روشهای مختلف رفتار غیر خطی را با رفتار خطی معادل شبیه سازی کنند. بنابراین روشهای طراحی برمبنای مقاومت و نیرو تنها برای زلزله‌های کوچک که انتظار می‌رود سازه در محدودهٔ خطی بماند رفتار اعضا وکل سازه را بدرستی بیان می‌کنند ولی برای زلزله‌های شدید که سازه دچار تغییر شکلهای غیرارتجاعی می‌شود و مستلزم رفتار شکل‌پذیر است، این روشها، رفتار مطابق واقعیت را از سازه نشان نمی دهند. حتی بعضی از محققان معیار تغییر مکان را هم مناسب نمی‌دانند و معتقدند طراحی باید براساس معیار انرژی صورت گیرد. به این مفهوم که انرژی وارد بر سازه در زلزله از انرژی قابل جذب توسط سازه کمتر باشد.

۴- سطوح عملکرد[1]

سطح عملکرد بیانگر شرایط حدی مربوط به میزان و نحوهٔ خسارت وارد بر سازه است که برای یک ساختمان معین و تحت اثر یک زلزلهٔ معین قابل قبول تلقی می‌شود. این شرایط حدی به وسیله خرابی‌های فیزیکی در خود سازه، خطر جانی برای ساکنین ساختمان و میزان قابلیت سرویس دهی سازه پس از وقوع زلزله توصیف می‌گردد.

سطوح عملکردی برای سیستم سازه‌ای و غیر سازه‌ای به طور جداگانه تعیین می‌شود. برای نامگذاری سطوح عملکرد سازه‌ای یک اسم و یک عدد به کار می رود. سطوح عملکرد ساختمان که از ترکیب سطح عملکرد

1- Performance levels

سازه‌ای و سطح عملکرد غیرسازه‌ای تعیین می‌شود با یک عدد و یک حرف نامگذاری می‌شود [۳].

۴-۱- سطوح عملکرد ساختمان

ترکیب یک سطح عملکرد سازه‌ای و یک سطح عملکرد غیرسازه‌ای، سطح عملکرد کلی ساختمان را تشکیل می‌دهد که به طور کامل وضعیت حدی خرابی را برای یک ساختمان توصیف می‌کند. در جدول (۱) ترکیبهای ممکن نشان داده شده‌اند. چهار سطح عملکرد ساختمان که بیشتر به کار می‌روند در زیر نامگذاری و تشریح شده‌اند. این چهار سطح عملکردی ساختمان یعنی خدمت‌رسانی بی‌وقفه، قابلیت استفادهٔ بی‌وقفه، ایمنی جانی، و آستانه فروریزش به گونه‌ای نامگذاری شده‌اند که متناظر با عملکرد اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای باشند، مثلاً 1-A و 1-B و 3-C و 5-E..

۵-تحلیل خطر زمین لرزه

در روشهای طراحی بر اساس عملکرد برای تعیین هدف عملکردی باید سطح عملکرد مورد نیاز سازه برای یک زلزلهٔ مشخص، تعیین گردد. زلزله مورد نظر یا بر حسب مشخصات مهندسی لرزش زمین و یا به صورت سطح زمین لرزه‌ای با احتمال وقوع مشخص، بیان می‌گردد. رابطهٔ بین احتمال وقوع زلزله (p) با درصد (q) در طول عمر مفید سازه (n) به صورت رابطه (۱) می باشد[۱].

$$P=1-(1-q)^n \qquad (۱)$$

و دورهٔ بازگشت (Te) به صورت عکس احتمال وقوع تعریف می‌گردد (رابطه ۲).

$$Te = 1/p = 1/(1-(1-q)^n) \qquad (۲)$$

جدول (۱) : سطوح عملکرد ساختمان

سطوح عملکرد ساختمان							
سطوح عملکرد غیر سازه‌ای	سطوح عملکرد سازه‌ای						
	استفاده بی وقفه (SP-1)	خرابی محدود (SP-2)	ایمنی جانی (SP-3)	ایمنی جانی محدود (SP-4)	آستانه فروریزش (SP-5)	لحاظ نشده (SP-6)
خدمت رسانی بی وقفه (NP-A)	خدمت‌رسانی بی‌وقفه 1-A	2-A				
استفاده بی‌وقفه (NP-B)	استفاده بی وقفه 1-B	2-B	3-B			
ایمنی جانی (NP-C)	1-C	2-C	ایمنی جانی 3-C	4-C	5-C	8-C
ایمنی جانی محدود (NP-D)		2-D	3-D	4-D	5-D	8-D
لحاظ نشده (NP-E)			3-E	4-E	آستانه فروریزش 6-E	غیرقابل قبول

۵-۱- سطوح مختلف زمین لرزه

آیین نامه‌های مختلف معمولاً تعاریف متفاوتی از سطح زمین لرزه ارائه کرده‌اند. البته بعضی از تعاریف ارائه شده برای سطوح زمین لرزه به طور مثال برای زلزلهٔ طرح در اکثر آیین نامه‌ها از لحاظ مفهوم و نامگذاری یکسان می‌باشد. در این بخش دسته‌بندی سطوح مختلف زمین‌لرزه بر اساس دستورالعملهایFEMA356,ATC40 و همچنین آیین‌نامه ۲۸۰۰ ارائه می‌گردد[۱]،[۳]و[۶].

۵-۱-۱- طبقه بندی سطوح مختلف زمین لرزه بر اساس ACT40

در دستور العمل ATC40 سه سطح خطر مختلف برای زمین لرزه تعریف شده است[۱].

- زلزلهٔ سطح طراحی[۱]

زلزله طراحی به صورت احتمالاتی اینگونه تعریف می‌شود که سطحی از لرزشهای زمین است که احتمال وقوع زلزله‌ای بزرگتر از آن در ۵۰سال برابر ۱۰ درصد می‌باشد. دورهٔ بازگشت زلزلهٔ طراحی ۴۷۵ سال می‌باشد. تعریفی که از زلزلهٔ سطح طراحی در ATC40 شده با تعریف آیین نامه‌های طراحی مثل UBC مشابه می باشد.

- زلزلهٔ سطح بهره برداری[۲]

زلزلهٔ سطح بهره‌برداری به صورت احتمالی با سطحی از لرزشهای زمین که احتمال وقوع زلزله ای بزرگتر از آن در سال ۵۰ برابر ۵ درصد می باشد تعریف می‌گردد.

- زلزله سطح حداکثر[۳]

زلزله سطح حداکثر با روش تعیینی[۴] به عنوان حداکثر سطح زلزله‌ای که از یک منطقه با شرایط زمین شناسی معین انتظار می‌رود تعریف می‌شود.

۵-۱-۲-طبقه بندی سطوح مختلف زمین لرزه بر اساس FEMA 356 [۳]

بر اساس این دستور العمل نیز سطح خطر برای زمین لرزه تعریف می‌گردد:

- زلزله طرح[۵]

این سطح خطر بر اساس ۱۰ درصد احتمال رویداد در ۵۰ سال تعریف می‌شود که دورهٔ بازگشت متوسطی برابر ۴۷۵ سال دارد.

- بیشینه زلزله محتمل[۶]

این سطح خطر بر اساس۲ درصد احتمال رویداد در ۵۰ سال تعریف می‌شود و دوره بازگشت متوسط آن ۲۴۷۵ سال می‌باشد.

- سطح خطر انتخابی

این سطح خطر برای موارد خاص وبا ملاحظات ویژه مناسب می‌باشد و در واقع می‌تواند معرف زلزله ای با احتمال رویداد در ۵۰ سال باشد.

۵-۱-۳- طبقه بندی سطوح مختلف زمین لرزه در آیین نامه ۲۸۰۰

در آیین نامه ۲۸۰۰ دو سطح خطر تعریف شده است[۵].

- زلزله طرح

زلزله طرح به صورت احتمالاتی به زلزله ای که احتمال وقوع آن در ۵۰ سال کمتر از ۱۰ درصد است، اطلاق می شود. دورهٔ بازگشت آن برابر ۴۷۵ سال می‌باشد.

- زلزلهٔ سطح بهره برداری

زلزله سطح بهره‌برداری زلزله خفیف یا متوسطی است که در مدت ۵۰ سال احتمال وقوع آن بیش از ۹۹/۵درصد می‌باشد.

همانگونه که مشاهده گردید تعریف سطوح مختلف زمین لرزه در آیین نامه‌ها مختلف، متفاوت می باشد. ولی تعریف زلزلهٔ طرح در آیین نامهٔ ۲۸۰۰ و دستورالعملهای FEMA356,ATC40 یکسان است.

---

1 -Design Earthquake (D.E.)
2 -Serviceability Earthquake (S.E.)
3 -Maximum Earthquake (M.E.)
4 -Deterministic
5 -Design Base Earthquake (D.B.E.)
6 - Maximum Probable Earthquake (M.P.E.)

۶- اهداف عملکردی

۶-۱- کلیات

هدف عملکردی با تعیین سطح عملکردی مطلوب ساختمان برای یک زلزله با سطح خطر مشخص بیان می‌گردد. در واقع هدف عملکردی بیانگر عملکرد لرزه‌ای مورد انتظار از سازه تحت اثر یک زلزله مشخص می‌باشد. عملکرد لرزه‌ای با تعیین شرایط و وضعیت خرابی تعریف می‌گردد.

هدف عملکردی می تواند شامل در نظر گرفتن چندین سطح عملکرد برای سطوح مختلف خطر لرزه‌ای باشد که در این صورت «هدف عملکردی با سطح دوگانه یا چند گانه» خوانده می‌شود.

۶-۲- تبیین اهداف عملکردی

احتمال وقوع زلزله‌های بسیار شدید در عمر مفید یک سازه کم می‌باشد. در افکار عمومی ممکن است طراحی سازه‌ای که تحت شدیدترین زلزله متحمل هیچگونه خرابی نشود، ایده آل به نظر برسد ولی رسیدن به چنین هدفی اولاً ضروری نیست ثانیاً بسیار پر هزینه و غیر اقتصادی خواهد بود. بر این مبنا در اکثر کشورها برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله این واقعیت پذیرفته شده که سازه تحت تأثیر زلزله‌های شدید مقداری خرابی از خود نشان دهد ولی خطرات جانی ایجاد نشود، به عبارت دیگر ایمنی جانی تأمین شود.

بر طبق فلسفه طراحی بر اساس عملکرد، حد قابل قبول خرابی تحت یک زلزله معین، زمانی مشخص می‌شود که اثرات اقتصادی خرابی بر سازه نیز در نظر گرفته شود.

در بررسی‌های اقتصادی باید برای ساخت سازه‌ای با عملکرد بهتر هزینه اضافی ابتدای زمان ساخت با هزینه‌های تعمیرات و بهسازی مربوط به خرابی‌های پس از زلزله محتمل، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد.

بنابراین یک طراحی بهینه، طراحی است که هزینهٔ اضافی برای طرح یک سازه با عملکرد بهتر در ابتدای ساخت با هزینه‌های تعمیرات آتی آن در صورت طرح یک سازه با عملکرد معمولی برابر باشد.

هدف عملکردی باید با توجه به کاربری ساختمان، اهمیت فعالیتهای موجود در ساختمان و ملاحظات اقتصادی که در بالا اشاره شد، انتخاب گردد.

با توجه به اینکه طراحی بر اساس عملکرد، آزادی عمل زیادی به کارفرما برای تعیین هدف عملکردی داده است می توان پیش بینی کرد که در اکثر مواقع هدف طراحی لرزه‌ای با حداقل کردن کل هزینه شامل ساخت و نگهداری (تعمیرات و بهسازی) تعیین شود.

۶-۳- هدف اصلی ایمنی

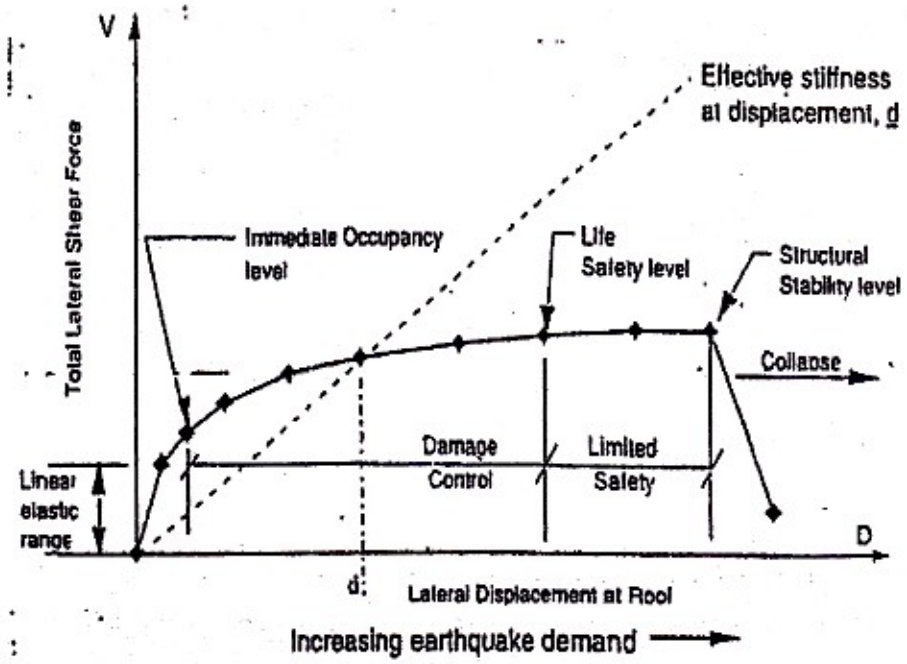
هدف اصلی که ایمنی می‌باشد در جدول (۲) نشان داده شده است. طراحی بر پایه این هدف دو منظوره در واقع هدف ایمنی جانی را تامین می‌نماید. این کنترل دو منظوره برای سازه‌های کوچک یا در سایت‌هایی که DE و ME آنها تفاوت مختصری دارند لازم به نظر نمی‌رسد، هر چند که در سازه‌های پیچیده اینکار بایستی صورت پذیرد.

البته برای سازه‌های مختلف و بر اساس نوع سیستم سازه‌ای و اهداف بهره برداری از آن می‌توان اهداف چند منظوره مختلفی را تعریف نمود.

نمونه‌ای از سطوح مختلف عملکرد سازه‌ای که در یک نمودار ظرفیت نشان داده شده، در شکل (۱) مشخص گردیده است.

جدول (۲): سطوح عملکرد ساختمان

هدف عملکرد سازه				
سطح زلزله	سطح عملکرد ساختمان			
	کارایی	خدمت رسانی سریع	ایمنی جانی	پایداری سازه
بهره‌برداری(SE)				
طرح(DE)				
حداکثر(ME)				



شکل (۱) : سطوح عملکرد سازه‌ای در یک نمودار ظرفیت

۷-سطوح عملکرد در آیین نامه‌های موجود

روش‌های آیین نامه‌ای طراحی مقاوم لرزه‌ای فعلی برای اغلب ساختمان‌ها بر اساس کاربرد طیف طرح الاستیک خطی مقاومت (برش پایه) است که فقط برای یک سطح عملکرد یعنی سطح عملکرد ایمنی جانی مربوط به زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال بکار می‌رود[۱]. در حقیقت با توجه به فلسفه عمومی طـراحی لرزه‌ای که قـبلاً به آن اشاره شد روش مرسوم طراحی تک سطحی با این پیش فرض ارائه شده است که همه اهداف فلسفه عمومی طراحی لرزه‌ای با یک طراحی تک سطحی بدست خواهد آمد ولی تجربه‌هایی که بعد از زلزله های اخیر نظیر زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج و زلزله ۱۹۹۵ کوبه بدست آمد، باطل بودن فرضیه فوق را اثبات کرد. بر همین اساس امروزه تاکید فراوانی بر طراحی چند سطحی که

یکی از شاخصه‌های طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد است، می‌شود.

طراحی مقدماتی ساختمان بر اساس معیارهای چند سطحی را به صورت‌های زیر می‌توان جامه عمل پوشاند[۱].

طراحی فقط برای یک حالت حدی (سطح عملکرد) انجام شده و سپس برای سایر حالات حدی کنترل شود، یا طراحی به طور همزمان برای تقاضاهای دو یا همهٔ حالات حدی اصلی انجام شود.

برای ارائه یک فرایند کمی و عملی برای طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد پس از تعیین حالات حدی پاسخ در سطوح عملکرد مختلف و پارامترهای و معیارهای طراحی، روش های ارزیابی عملکرد و روش های طراحی سازگار با طراحی چند سطحی از مهم‌ترین جایگاه برخوردار می‌باشند. بدیهی است با توجه به نواقصی که از ارزیابی عملکرد و روشهای تحلیل و طراحی الاستیک بیان شد و اهمیت رفتار غیرالاستیک سازه‌ها در زلزله‌های متوسط تا شدید، روش های ارزیابی و طراحی توصیه شده باید تا حد مناسبی قابلیت ارزیابی رفتار غیر الاستیک سازه‌ها را در طول زمین لرزه داشته باشند.

۸- مثال جهت روشن کردن مطلب

جهت روشن کردن مطلب ، مثالی ذکر می‌گردد که رفتار ساختمان با درنظر گرفتن طراحی بر اساس مقاومت و بعد از آن بهینه‌سازی با توجه به طراحی بر اساس عملکرد، مشخص شده است. به جزئیات روش ریاضی بهینه‌سازی به علت خارج بودن از حوصله این مقاله نپرداخته ، به ذکر نتایج بسنده می‌شود.

یک قاب دو بعدی، دو دهانه ۱۰ طبقه جهت روشن‌کردن این روش طراحی بر اساس عملکرد بهینه ارائه میشود. هندسه این مثال در شکل (۲) دیده می‌شود.

بتن با مقاومت مشخصه 20MPa و فولاد با مقاومت جاری شدن 335MPa برای تمام اعضا به کار می رود.

بارگذاری سازه در تحلیل pushover ، بارگذاری ثقلی و بارگذاری جانبی لرزه‌ای می باشد. وقتی که بارگذاری لرزه‌ای به طور افزایشی اعمال می شود ، بارهای ثقلی در طی تحلیل pushover ثابت باقی می مانند. بارگذاری ثقلی یکنواخت 30KN/m به کلیه تیرها در هر طبقه اعمال می شود.

در جدول (۳) ، مقادیر اولیه اعضا جهت شروع طرح بهینه غیرالاستیک، نشان داده شده است.

جهت سهولت، آرماتورگذاری ستون ها به طور کاملا متقارن ، فرض می شود.

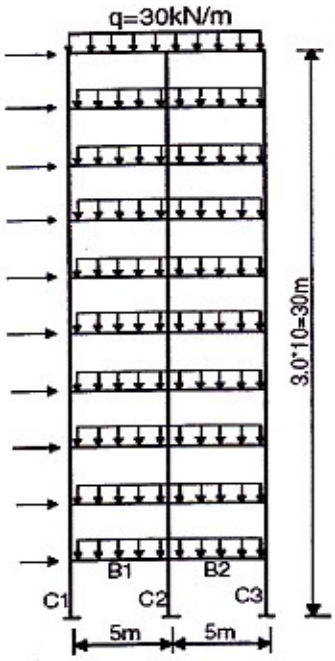
مفاصل ممان خمشی در انتهای تیرها و ستون‌ها تشکیل می شود. دوران پلاستیک مفاصل ۰.۲ رادیان فرض می‌شود.

۵ ٪ میرایی با شتاب حداکثر اولیه 1.4g با توجه به آیین‌نامه لرزه‌ای چین ، که با روش تقلیل طیفی اصلاح شده است. یک واحد قیمت ساخت فولاد مسلح کننده (شامل مصالح فولادی و قیمت کارگر) 950$/ton فرض می‌شود. جابجایی نسبی بین طبقه‌ای به ۱/۱۰۰محدود می‌شود.

جدول (۳) ، بیانگر ضرایب اولیه و نهایی فولاد مسلح‌کننده می باشد. در وهله اول، طراحی اولیه با فولاد مسلح کننده بر مبنای این است که مقطع مقاومت کافی را داشته باشد و حدود فرض شده برای جابجایی نسبی بین طبقه ای را نیز تامین کند.

بعد از بهینه‌سازی ، ضرایب فولاد تقویت کننده تیرها به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، به خصوص در سازه‌های با سطوح پایین (lower level) در حالتی که ستون‌ها تغییرات کمی می یابند. شکل (۳)، نشانگر نقطه عملکرد اولیه و نقطه عملکرد نهایی می باشد.

نقطه عملکرد P_1 سازه اولیه دارای ظرفیت شتاب طبیعی 0.068g و ظرفیت جابجایی طیفی 0.262m است. سازه بهینه‌سازی شده دارای نقطه عملکرد P_2 ، دارای ظرفیت شتاب 0.086g و جابجایی طیفی 0.211m است.

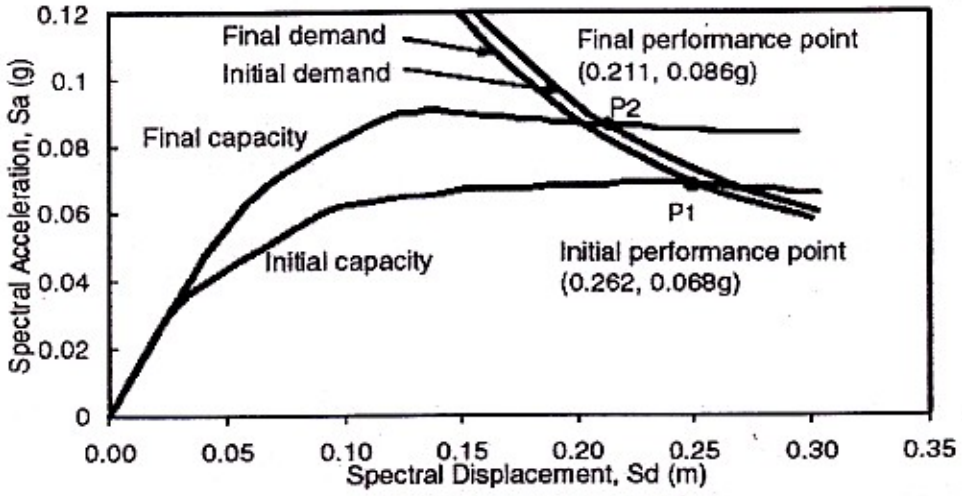


شکل (۲): هندسه سازه مورد مطالعه

جدول (۳): ضرایب اولیه و نهایی فولاد مسلح کننده

Initial and Final Steel Reinforcement Ratios

Element type	Story level	Member group	Initial member sizes Width (mm)	Depth (mm)	Steel ratios Initial (%)	Optimal (%)
Column	9th~10th	C1,C3	350	350	0.990	1.096
		C2	350	350	1.386	1.386
	8th	C1,C3	350	350	0.849	0.860
		C2	350	475	0.958	0.958
	7th	C1,C3	350	350	1.163	1.163
		C2	350	475	1.092	1.092
	6th	C1,C3	350	400	0.854	0.864
		C2	350	575	0.831	0.831
	5th	C1,C3	350	400	0.969	1.004
		C2	350	575	1.002	1.002
	4th	C1,C3	350	450	0.833	0.873
		C2	350	600	0.739	0.739
	3rd	C1,C3	350	450	0.825	0.876
		C2	350	600	0.857	0.857
	2nd	C1,C3	350	450	1.044	1.124
		C2	350	650	1.225	1.225
	1st	C1,C3	350	450	1.514	1.514
		C2	350	650	1.844	1.844
Beam	9th~10th	B1,B2	200	400	0.800	0.800
	8th	B1,B2	200	450	0.838	0.941
	7th	B1,B2	200	450	0.915	1.320
	6th	B1,B2	250	450	0.897	1.310
	5th	B1,B2	250	450	0.958	1.493
	4th	B1,B2	300	450	0.915	1.457
	3rd	B1,B2	300	450	0.958	1.484
	2nd	B1,B2	300	450	0.982	1.512
	1st	B1,B2	300	450	0.843	1.006



Comparison of Performance Points

شکل (۳) : نقطه عملکرد اولیه و نقطه عملکرد نهایی

چنین نتیجه‌ای که باعث تغییر جابجایی طبیعی از 0.262m به0.211m می‌شود، بیان کننده این مطلب است که برای قاب غیرالاستیک بهینه‌سازی شده و مقاومت جانبی غیرالاستیک بوسیله تغییر در میزان فولاد تقویت کننده به وسیله روش OC ، افزایش یافته است. همچنین تغییر ظرفیت نهایی شتاب طیفی از 0.068g به 0.085g ، این امر را بیان می کند که سازه بهینه شده، افزایش در عکس العمل بارگذاری لرزه‌ای را جذب می کند و بنابراین سازه سخت‌تر می شود.

روش OC برای این مسأله توسعه پیدا کرد که به طور اتوماتیک از هر نقطه عملکرد اولیه به نقطه عملکرد نهایی، با توجه به مینیمم کردن هزینه طراحی دست یابد. ضریب اولیه و نهایی جابجایی نسبی بین طبقه‌ای در شکل (۴) نشان داده شده است.

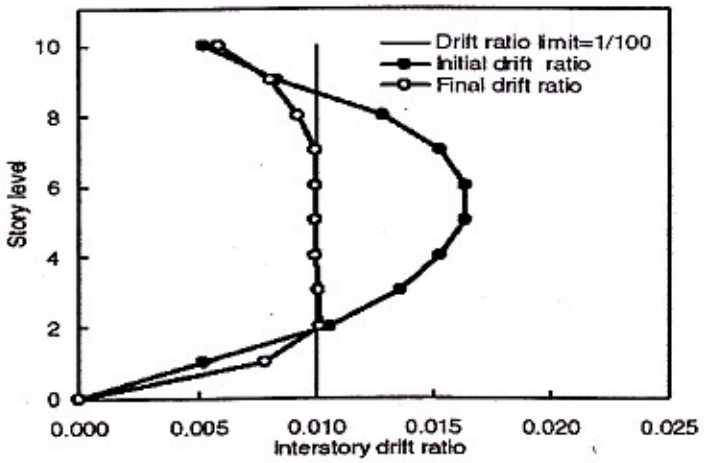
جابجایی نسبی بین طبقه‌های اولیه، از طبقه ۲ تا طبقه ۸ از میزان مجاز ۱/۱۰۰ تجاوز کردند که این مسأله در نتیجه ایجاد طبقات نرم در این طبقات ساختمان می‌باشد. به هر حال، همان طور که مشاهده می‌شود بعد از بهینه‌سازی این جابجایی نسبی به میزان ۱/۱۰۰ محدود می‌شود.

این امر نیز مشاهده می شود که بعد از بهینه‌سازی، به یک توزیع یکنواخت جابه جایی نسبی بین طبقه‌ای در ارتفاع ساختمان دست می یابیم و در نقطه عملکرد بهینه، از ایجاد طبقه نرم جلوگیری می کنیم.شکل(a-۵) دربردارنده یک جدول است که تعداد مفاصل پلاستیک در سه حالت مختلف عملکرد را تعریف می‌کند.

شکل‌های (b-۵) و (c-۵) نشانگر توزیع اولیه و نهایی مفاصل پلاستیک از تحلیل pushover در نقطه عملکرد سازه می‌باشد. هیچ مفصلی از حد معین آغاز دوران پلاستیک تجاوز نکرده است.

همان طور که در شکل(b-۵) نشان داده شده است، دوران ۲۰ مفصل پلاستیک از طرح اولیه در حالت LS-CP قرار دارد. در حالی که بعد از بهینه سازی، اکثر مفاصل پلاستیک در ناحیه B-IO وIO-LS قرار می‌گیرند و تنها یک مفصل در حالت LS-CP قرار می‌گیرد (شکل c-۵).

به علاوه تغییر خودکار میزان فولاد مسلح کننده کلیه اعضا منجر به ایجاد شکل یکنواخت در طول ارتفاع ساختمان چند طبقه شده است.

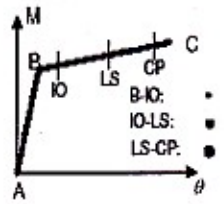


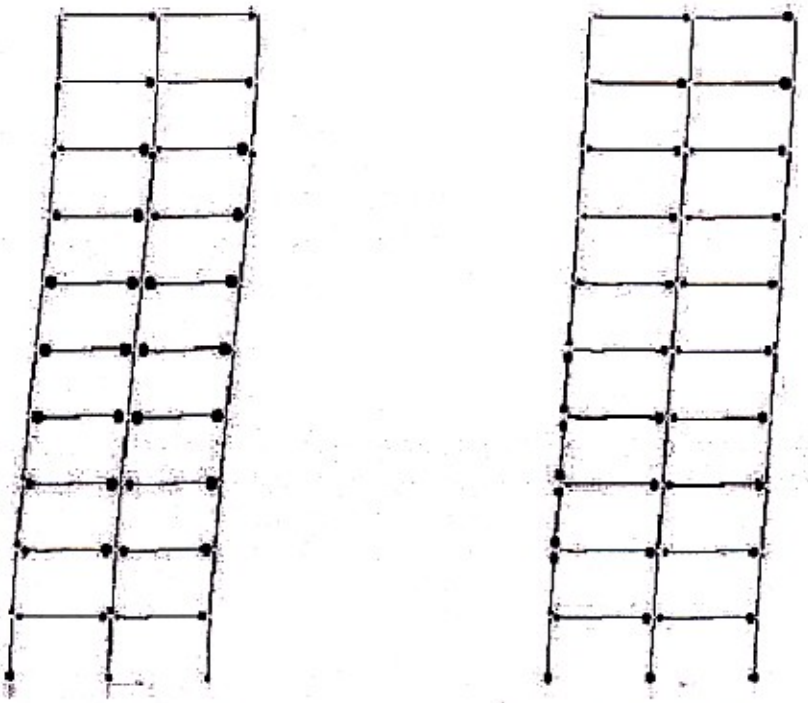
Initial and Final Interstory Drift Ratios

شکل (۴) : ضریب اولیه و نهایی جابجایی نسبی بین طبقه‌ای

	Number of plastic hinges			Total number
	B-IO	IO-LS	LS-CP	of plastic hinges
Initial design	16	11	20	47
Final design	16	28	1	45

(a) Number of Plastic Hinges





(b) Initial Design (c) Final Design

Initial and Final Plastic Hinge Distribution

شکل (۵) : توزیع اولیه و نهایی مفاصل پلاستیک

۹- نتیجه گیری

طراحی بر اساس عملکرد روش مدرنی برای مهندسی زلزله می‌باشد که در آن، هدف این است که سازه رفتاری قابل پیش‌بینی را در مقابل سطوح مختلف حرکت در هنگام زلزله از خود نشان دهد. این روش، مبنای آتی کلیه آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای می‌باشد که لزوم آشنایی با آن برای کلیه مهندسین سازه ضروری است.

۱۰- مراجع

1- ATC, 1996, Methodology for Evaluation and Upgrade of Reinforced Concrete Buildings, Report No.
ATC-40, California Seismic Safety Commission, Sacramento, California

2- FEMA, 1997, NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings, Report No. FEMA-273,Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

3- FEMA, 2000, NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings, Report No. FEMA-356,Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

4- SEAOC Vision 2000 Committee. "Performance Based Seismic Engineering of Buildings, Part 2:Conceptual Framework." Sacramento, California: Structural Engineers Association of California,1995.

5- Xiao-Kang ZOU and Chun-Man CHAN (2004) "Seismic Drift Performance-Based Design Optimization Of Reinforced Concrete Building ", paper no.233 ,13 th World Conference on Earthquake Engineering,

۶- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ((آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله)) ، آذرماه ۱۳۷۸

آقای حسین دانشور دارای کارشناسی ارشد مهندسی عمران (گرایش سازه) از دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و ۵ سال سابقه کار دارد که حدود یک سال آن در قدس نیرو می‌باشد. زمینه علاقمندی آقای مهندس دانشور طراحی بر اساس عملکرد سازه‌های بتنی و فولادی، اصول و مبانی بهسازی لرزه‌ای و کمانش تیر ورقها و عملکرد تیرهای عمیق و طراحی فونداسیون سازه‌های خاص می‌باشد.

Email: Hdaneshvar@ Ghods-niroo.com

مدلهای مدیریت دانش

شهرزاد خسروی
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف

چکیده:

در وضعیت رقابت شدید در دنیای امروز، سازمان‌ها باید آگاه باشند که چه چیزهایی را می‌دانند و چه چیزهایی را نمی‌دانند و همچنین قادر باشند پایه دانش خود را به منظور کسب مزیت رقابتی تقویت نمایند. در عصر دانش، سازمان‌ها می‌توانند از طریق بکارگیری فرآیندهای مناسب مدیریت دانش، مزیت رقابتی ایجاد نموده و آن را حفظ نمایند. سازمان‌هایی که می‌توانند تکنولوژی لازم جهت بهره‌برداری از داده‌ها را تقویت نمایند، با ایجاد مزیت رقابتی برای خود، منافع حاصل از آن را به خوبی مشاهده می‌کنند.. همچنین تاکید نوناکا[1] و تاکوچی[2] بر روی مدیریت دانش که می‌گویند: "در نظام اقتصادی امروز، در وضعیتی که تنها قطعیت، عدم قطعیت است؛ منبع مهم مزیت رقابتی پایدار، دانش است. سازمان‌های موفق آنهایی هستند که بصورت دائمی دانش جدید ایجاد می‌کنند، آن را بصورتی گسترده درون سازمان ترویج می‌دهند و سریعاً در تکنولوژی‌ها و محصولات جدید پیاده می سازند"، برای درک بهتر مدیریت دانش و فرایندهای آن بایستی تمامی ابعاد آن شناسایی شود و این امر فقط توسط بررسی مدلهای مدیریت دانش صورت می‌گیرد. در این مقاله سعی شده است مدلهای مطرح در مدیریت دانش بیان شود تا بتوان به ابعاد مهم مدیریت دانش پی برد و تصویرجامعی از مدیریت دانش را ارائه نمود.

مقدمه:

محققین، چه در حوزه آکادمیک و چه در حوزه عمل، برای معرفی مدیریت دانش مدل‌ها و چارچوب‌های مفهومی مختلفی را مطرح کرده‌اند تا از این طریق ابعاد مختلف این پدیده را آشکار سازند. هر کدام از این مدل‌ها قسمتی از پدیده مدیریت دانش را مورد توجه قرار داده‌اند ولی متاسفانه هیچکدام از آنها آنقدر جامع نیست که بتواند بقیه مدل‌ها را تحت پوشش قرار دهد و تصویر جامعی از این مفهوم برای ما ارائه نماید. بنابراین لازم است که در جهت توسعه یک مدل جامع که بتواند ابعاد مختلف مدیریت دانش و طبیعت و ماهیت واقعی آنرا نمایش دهد، تلاش‌های زیادی صورت گیرد.

مدل‌هایی که تاکنون در مورد ابعاد مدیریت دانش ارائه شده‌اند را می‌توان بصورت زیر دسته‌بندی کرد (شکل ۱):

دسته اول مدل‌های توصیفی[3] می‌باشند که مشخصات ماهیت و طبیعت پدیده‌های مربوط به مدیریت دانش را بصورت شماتیک نمایش می‌دهند. بدیهی است همانطوریکه قبلا اشاره شد هیچکدام از این مدل‌ها جامع نیستند و تنها قسمتی از ابعاد مطرح در مدیریت دانش را شناسایی و عرضه کرده‌اند. این مدل‌ها ،خود، به دو زیرشاخه دسته‌بندی می‌شوند. مدل‌های توصیفی عمومی[4] مدل‌هایی هستند که تلاش می‌کنند کلیت مفهوم مدیریت دانش را تشریح نمایند ولی مدل‌های توصیفی خاص[5] تنها ابعاد خاصی از مدیریت دانش را بطور ویژه مورد بررسی قرار داده‌اند.

1-Nonaka
2-Takeuchi
3-Descriptive framework
4-Broad
5-Specific

دسته دوم مدل‌های تجویزی می‌باشند. این مدل‌ها رویکرد دیگری را برای شناسایی و معرفی یک پدیده مدنظر قرار می‌دهند. به‌این ترتیب که به‌جای مطرح کردن اجزا و ابعاد مدیریت دانش، متدولوژی اجرا و تحقق مدیریت دانش در سازمان را عرضه می‌کنند و از این طریق پدیده مورد نظر را به تصویر می‌کشند.

از آنجاییکه این مدلها یک متدولوژی و رویه خاصی را تجویز می‌کنند و بعنوان راهکار اجرای مدیریت دانش عرضه می‌کنند، به آنها مدل‌های تجویزی[1] گفته می‌شود.در این بررسی، مدل‌های توصیفی با تاکید خاص مورد بررسی قرار می‌گیرد. علل این تصمیم به این قرار است:

مدل‌های توصیفی هر چند که به تنهایی تمامی ابعاد مطرح در مدیریت دانش را پوشش نمی‌دهند ولی درک صحیح و عمیق مجموعه این مدل‌هاکمک مؤثری در فهم جامع مدیریت دانش خواهد بود.

با این اوصاف در این قسمت به معرفی پنج مدل اصلی در حوزه مدل‌های توصیفی عمومی و پنج مدل اصلی در حوزه مدل‌های توصیفی خاص خواهیم پرداخت تا در نهایت درک مناسبی از سیستمهای مدیریت دانش داشته باشیم.

۱- مدل های عمومی

مطالعات انجام شده در این مورد نشان می‌دهند که پنج مدل اصلی در زمینه ارائه فهم توصیفی از مدیریت دانش وجود دارند که البته این مدل‌ها علیرغم عمومی بودن و ادعا بر جامعیت آنها، هیچکدام دیگری را پوشش نمی‌دهند و هر کدام با رویکردی خاص پدیده پیچیده مدیریت دانش را مورد بررسی قرار داده‌اند.

۱-۱- مدل ستون‌های بنیادین مدیریت دانش

براساس این مدل بنیان مدیریت دانش در سازمان دارای سه رکن اساسی است که بیانگر عملکردهای اصلی موردنیاز برای مدیریت دانش سازمان می‌باشند. این ارکان بر فهم و درک دقیق فرآیندهای ایجاد، تجلی و ظهور، استفاده و انتقال دانش در سازمان استوار می‌باشند.

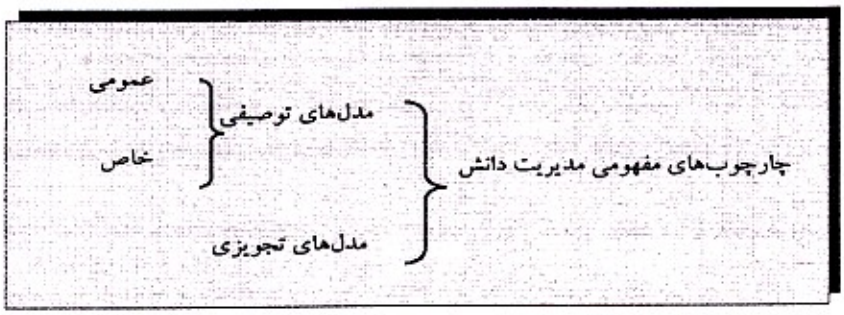
رکن اول، جستجو و شناسایی دانش سازمان و تشخیص کفایت آن است که دارای عناصر زیر می‌باشد:

- شناسایی، ارزیابی و طبقه‌بندی دانش.
- تجزیه و تحلیل دانش و فعالیت‌های مرتبط با دانش در سازمان.
- آشکار کردن دانش نهفته، کدگذاری آن و سازماندهی دانش کدگذاری شده.

رکن دوم، شامل ارزش‌گذاری یا تعیین ارزش دانش سازمان و فعالیت‌های مختلف آن است.

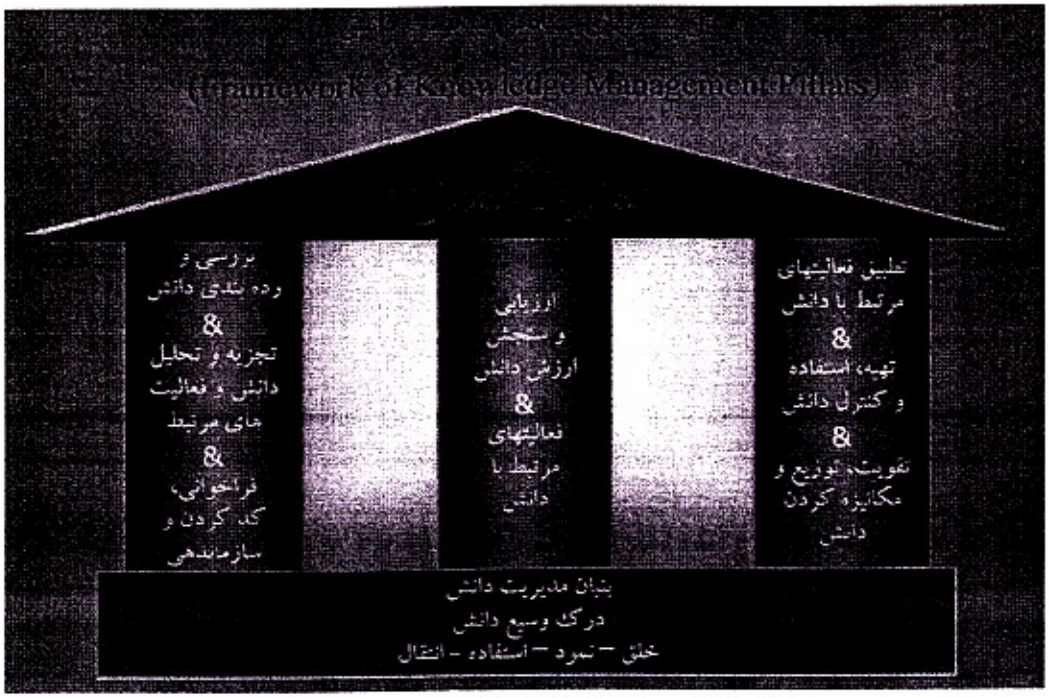
رکن سوم، تلاش برای تسلط یافتن و تحت کنترل در آوردن فعالیت‌های مدیریت دانش است که شامل عناصر زیر می‌باشد:

- ترکیب و تلفیق فعالیت‌های مرتبط با دانش.
- به جریان انداختن، استفاده و کنترل دانش.
- تقویت، توزیع و تلاش برای مکانیزه‌کردن دانش در سازمان.



شکل (۱) : دسته‌بندی مدلهای مفهومی مطرح برای مدیریت دانش

1- Perspective



شکل (۲) : مدل ستونهای بنیادین مدیریت دانش

۱-۲- مدل تعاملی ظرفیت‌های کلیدی و فعالیت‌های دانش‌آفرینی سازمان [1]

این مدل شامل چهار ظرفیت کلیدی سازمان و نیز چهار فعالیت دانش‌آفرینی در سازمان است. این عناصر در اصل بنیان سازمان‌های مبتنی بر دانش [2] را تشکیل می‌دهند. فعالیت‌های دانش‌آفرینی مجموعه ظرفیت‌های کلیدی چهارگانه را احاطه کرده‌اند.

این فعالیت‌های دانش‌آفرینی شامل موارد زیر می‌باشند:

- حل خلاق مسائل با تاکید بر تشریک دانش بمنظور استمرار تولید محصولات فعلی.
- اجرا و یکپارچه‌سازی متدولوژی‌ها و ابزارهای جدید برای بهبود فعالیت‌های داخلی سازمان.
- آزمایش، تجربه و ارائه مدل‌های اولیه برای ایجاد ظرفیت‌هایی برای آینده.
- وارد کردن و جذب تکنولوژی از خارج سازمان که در حوزه دانش سازمان قابل دستیابی نیست.

مجموعه این فعالیت‌ها موجب ایجاد و انتشار دانش در سازمان خواهد شد. این فعالیت‌ها تحت تاثیر ظرفیت‌های کلیدی قرار دارند. ظرفیت‌های کلیدی سازمان در حوزه دانش موجب ایجاد مزیت رقابتی در سازمان می‌شوند. نکته قابل توجه این است که این ظرفیت‌ها بطور تدریجی و به مرور زمان ایجاد می‌شوند و به‌سادگی نمی‌توان از آنها کپی‌برداری یا تقلید کرد. این ظرفیت‌های چهارگانه به‌صورت زیر می باشند:

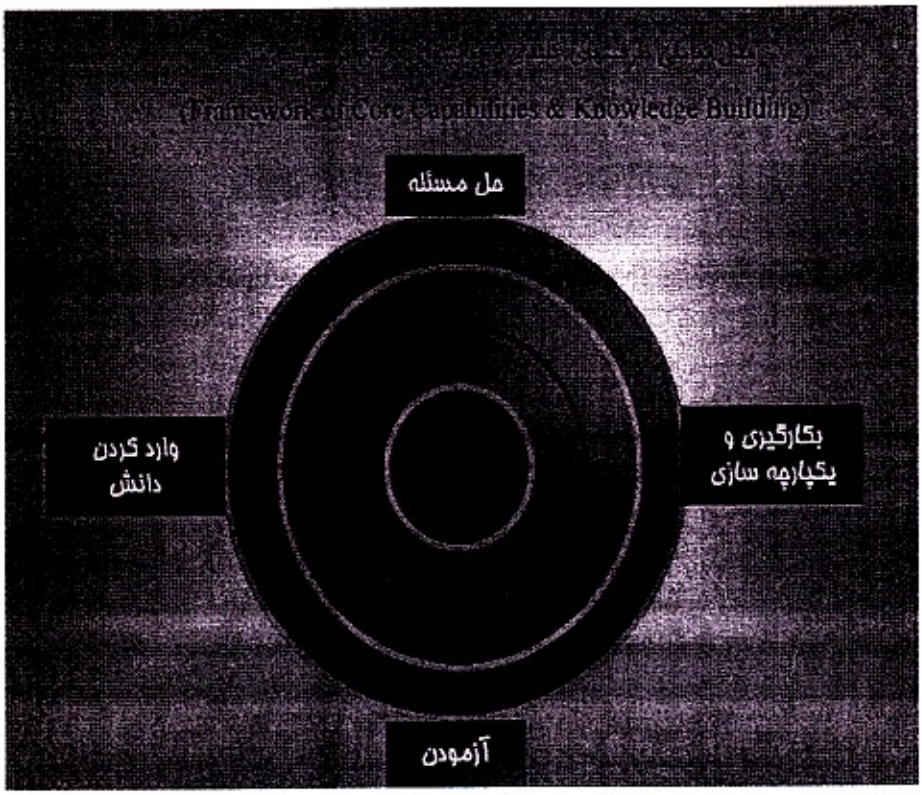
۱-۲-۱-سیستم‌های فیزیکی: شامل مجموعه توانمندی‌ها و ظرفیت‌هایی که به مرور زمان در سیستم‌های فیزیکی انباشته شده‌اند. مانند: بانک‌های اطلاعاتی، نرم‌افزارها و... .

۱-۲-۲- دانش و مهارت کارکنان سازمان.

۱-۲-۳-سیستم‌های مدیریتی: روندها و رویه‌های سازماندهی شده و تثبیت شده برای تسهیل جمع‌آوری و توزیع دانش در سازمان که در حقیقت مسیرها و کانال‌هایی را برای دستیابی به دانش موردنیاز و نیز جریان اثربخش دانش ایجاد می‌کنند. مانند: آموزش، سیستم انگیزشی و پاداش و ... .

1-Framework of Core Capabilities & Knowledge Building

2- Knowledge-Based Organization (K.B.O.)



شکل (۳): مدل تعاملی ظرفیتهای کلیدی و فرآیندهای دانش آفرینی در سازمان

۱-۲-۴- ارزش‌ها و معیارها: ارزش‌ها و معیارهای نوع دانشی که در سازمان مورد توجه قرار می‌گیرد و نیز نوع فعالیت‌های مربوط به دانش‌آفرینی در سازمان را که مورد حمایت و تشویق قرار می‌گیرند، مشخص می‌کند.

دو مورد اول از جنس مخزن یا منبع دانش می‌باشند و امکانات و تجهیزات لازم برای بکارگیری درست محتوای آنها را نیز در بردارند. دو مورد بعدی در واقع مکانیزم‌های کنترل و هدایت دانش می‌باشند.

۱-۳- مدل مدیریت دانش سازمانی[1]

در این مدل هفت فرایند اصلی برای مدیریت دانش شناسایی و معرفی می‌شود که بر دانش سازمان متمرکز هستند. همانطوریکه در شکل (۴) نشان داده شده است این فرایندها عبارتند از: خلق[2]، شناسایی[3]، جمع‌آوری[4]، تعدیل[5]، سازماندهی[6]، بکارگیری[7] و مشارکت دادن[8].

در این مدل به ماهیت دانشی که سازمان از طریق این فرایندها به پردازش آنها می‌پردازد و نیز ماهیت خود این فرایندها اشاره‌ای نشده است. در این مدل به چهار عنصر توانمندساز که تحقق فرایندهای هفتگانه را تسهیل می‌کنند اشاره شده است. این عوامل توانمندساز عبارتند از:

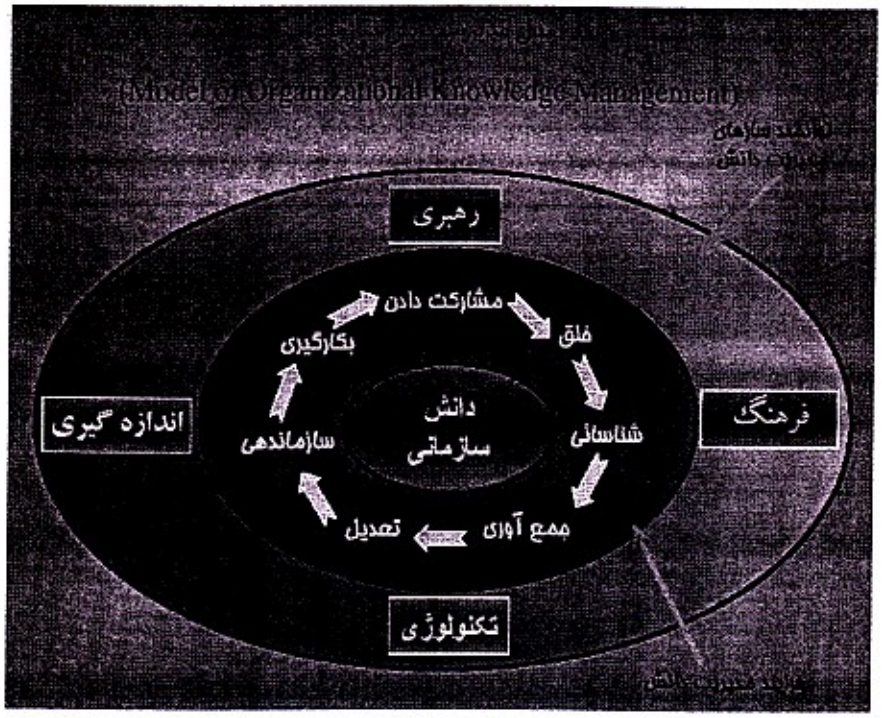
- رهبری
- اندازه‌گیری
- فرهنگ
- تکنولوژی

این مدل به محتوای این عوامل و ماهیت آنها نیز اشاره‌ای نکرده است و این نواقص در مجموع از جامعیت مدل کاسته است.

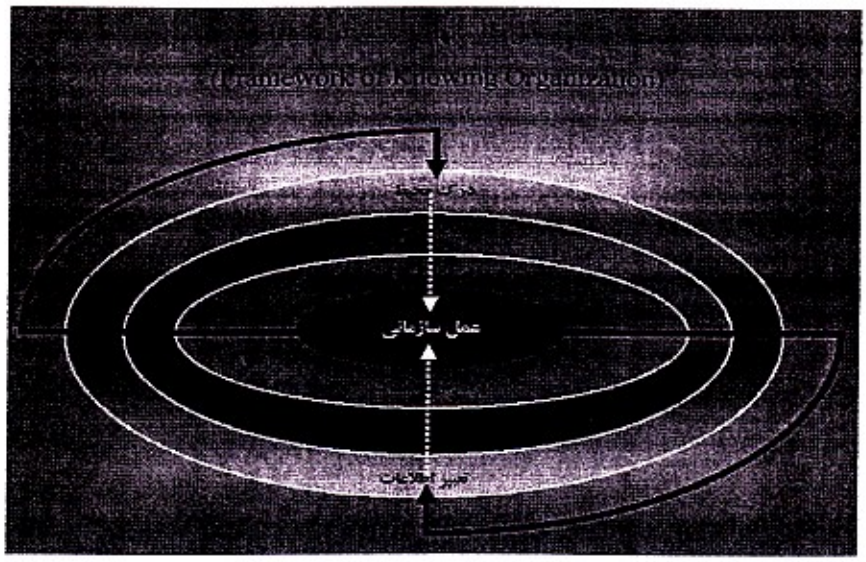
1-Model of Organizational Knowledge Management
2- Create
3- Identify
4- Collect
5- Adapt
6- Organize
7- Apply
8- Share

۱-۴- مدل سازمان‌های هوشمند[1]

براساس این مدل یک سازمان هوشمند سه فرایند اساسی در رابطه با دانایی دارد که برای تحقق این سه فرایند، اطلاعات را بعنوان عنصر کلیدی مورد استفاده قرار می‌دهد. در اصل این مدل فرایندهای سه‌گانه دانایی را بعنوان زنجیره‌ای از فعالیت‌های اطلاعاتی یا مرتبط با اطلاعات معرفی می‌کند. این سه فرایند عبارتند از: فرایندهای درک محیط[2]، ایجاد دانش و تصمیم‌گیری (شکل ۵).



شکل (۴) : مدل مدیریت دانش سازمانی



شکل (۵): مدل سازمانهای هوشمند

1-Framework of the knowing Organization
2- Sencemaking

این سه فرایند در اصل سازمان را مجموعه‌ای تلقی می‌کند که اطلاعات و دانش را برای دستیابی به اقدامات هوشمندانه و عقلایی مورد استفاده قرار می‌دهد. این مدل به تفاوت بین اطلاعات و دانش توجهی نمی‌کند.

در طی فرایند درک محیطی، سازمان تلاش می‌کند که تغییرات سریع محیط خود را حس کند و درک صحیحی نسبت به آن حاصل نماید. این فرایند در حقیقت موجب انعطاف‌پذیری و چالاکی هوشمندانه سازمان در محیط سرشار از عدم قطعیت می‌شود. فرایند درک محیطی به بررسی این موضوع می‌پردازد که کارکنان سازمان اطلاعات محیطی را چگونه مورد تغییر و تحلیل قرار می‌دهند تا بتوانند سازمان را با این عدم قطعیت‌ها سازگار نمایند. در جریان فرایند ایجاد دانش نیز سازمان تلاش می‌کند که از طریق نوآوری به ایجاد دانش بپردازد. این فرایند نیازمند شناسایی چگونگی تغییر و تعدیل اطلاعات برای دستیابی به دانش جدید می باشد. فرایند تصمیم‌گیری نیز عبارت است از پردازش اطلاعات جهت اتخاذ تصمیم و راه‌حل برای سازگاری با عدم قطعیت در فعالیت‌ها و حل و فصل مشکلات ایجاد شده. به این ترتیب مشاهده می‌شود که هر سه فرایند دانایی سازمان بگونه‌ای به تفسیر، تعدیل، تغییر یا پردازش اطلاعات می‌پردازد.

۱-۵- مدل مراحل مدیریت دانش[1]

در این مدل یک سیکل چهار مرحله‌ای برای مدیریت دانش معرفی شده است که در اصل مبتنی بر چرخه مدیریت دمینگ یا فرایند حل مساله می‌باشد.

چهار گام این چرخه بدین صورت می‌باشند: مفهوم‌سازی[2]، تفکر و تامل[3]، اقدام[4] و بازنگری[5].

این فرایند در حقیقت موجب بهبود دانش سازمان می‌شود. در مرحله مفهوم‌سازی تلاش می‌شود تا درک و بینش عمیقی در مورد منابع دانش حاصل شود. اینکار از طریق تحقیق، دسته‌بندی و مدل‌کردن دانش موجود انجام می‌گیرد. در مرحله تفکر و اندیشه، دانش سازماندهی شده توسط معیارهایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و بهبودهای لازم در آن مشخص می‌گردند و نهایتا جهت تحقق این بهبودها برنامه‌ریزی صورت می‌گیرد. در مرحله اقدام، برنامه‌های بهبود دانش اجرا می‌شوند. این مرحله شامل توسعه دانش جدید، توزیع، ترکیب و حفظ این دانش توسعه یافته، می‌باشد. در مرحله بازنگری نیز نتایج حاصل از برنامه‌های بهبود، مورد ارزیابی قرار می گیرند و موقعیت جدید با موقعیت قبلی دانش سازمان مورد مقایسه قرار می‌گیرد (شکل۶).

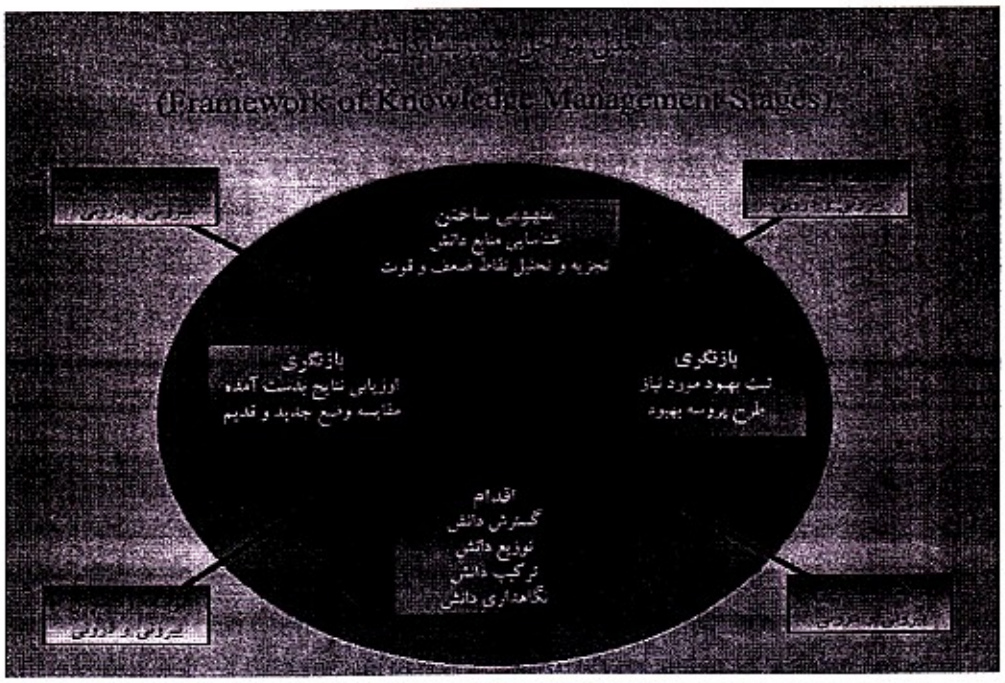
۲- مدل‌های توصیفی خاص

در این قسمت به معرفی پنج مدل از مدل‌های توصیفی خاص خواهیم پرداخت. دو مورد اول بر مفهوم دانش بعنوان یکی از دارایی‌های سازمان متمرکز می‌باشد. دو مورد بعدی به موضوع انتقال دانش در سازمان و مورد آخر به فرایند هدایت سیستم مدیریت دانش در یک سازمان خاص می‌پردازد. به این ترتیب مشاهده می‌شود که این مجموعه از مدل‌های مدیریت دانش ابعاد خاصی از مفهوم مدیریت دانش در سازمان را مورد تمرکز خود قرار داده‌اند.

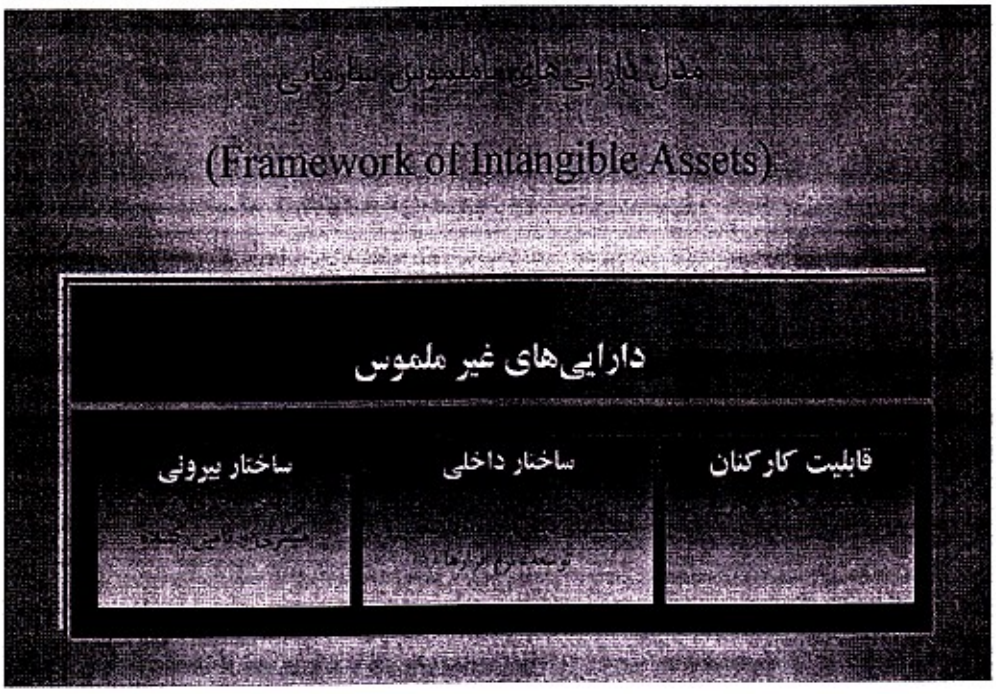
۲-۱- مدل دارایی‌های ناملموس سازمان[6]

در این مدل مفهوم دانش بعنوان مجموعه دارایی‌های ناملموس سازمان مورد توجه قرار گرفته است. همانطوری‌که در شکل (۷) نشان داده شده است، دارایی‌های ناملموس سازمان دارای سه بخش می باشند: ساختارهای بیرونی[7]، ساختارهای داخلی[8] و توانمندی‌های کارکنان[9].

1- Framework of knowledge Management Stages
2- Conceptualize
3- Reflect
4-Act
5-Retrospect
6- Framework of Intangible Assets
7- External Structure
8-Internal Structure
9- Employee Competences



شکل (۶) : مدل مراحل مدیریت دانش



شکل (۷) : مدل داراییهای ناملموس

ساختارهای خارجی شامل ارتباط با مشتریان و تامین‌کنندگان، نام تجاری[1]، بازار تجاری، محبوبیت یا شهرت سازمان[2] (تصویر سازمان در اذهان عمومی بازار).
ساختارهای داخلی شامل ابداعات و اختراعات ثبت شده، مفاهیم و ایده‌ها، مدل‌های توسعه داده شده، کامپیوتر و سیستم‌های اداری، و فرهنگ سازمانی.
توانمندی‌های کارکنان شامل مهارت‌ها و دانش شخصی کارکنان سازمان می‌باشد. این توانمندی‌ها در اصل توسط کارکنان برای انجام فعالیت‌های سازمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند و دارایی‌های ملموس یا ناملموس بیشتری را برای سازمان تولید می‌کند. در صورتی که توانمندی‌های کارکنان در راستای نهادهای داخلی یا خارجی سازمان هدایت شوند، موجب دستاوردهایی در حوزه ساختارهای داخلی و خارجی خواهند شد.

۲-۲- مدل سرمایه‌های فکری

براساس این مدل سرمایه‌های فکری سازمان را می‌توان به سه بخش دسته‌بندی کرد: سرمایه‌های انسانی، سرمایه‌های سازمانی و سرمایه‌های مرتبط با مشتری (شکل ۸).

منظور از سرمایه‌های انسانی، دانشی است که افراد سازمان در اختیار دارند یا اینکه آنرا تولید می‌کنند. سرمایه‌های سازمانی در حقیقت دانشی است که در قالب فرایند، ساختار یا فرهنگ سازمانی در اختیار سازمان می‌باشد. سرمایه‌های مرتبط با مشتری نیز دانشی است که در نتیجه درک و شناخت مشتریان و ارزش‌های مطلوب آنها، برای سازمان ایجاد شده است.
تعامل و ارتباط بین این سرمایه‌های فکری موجب ایجاد ارزش یا پیامدهای مالی مطلوب برای سازمان خواهد شد. این مفهوم در مدل مذکور بصورت تداخل بیشتر دوایر و در نتیجه افزایش قسمت مرکزی (تداخل هر سه دایره) یا ارزش ایجاد شده، نمایش داده شده است.

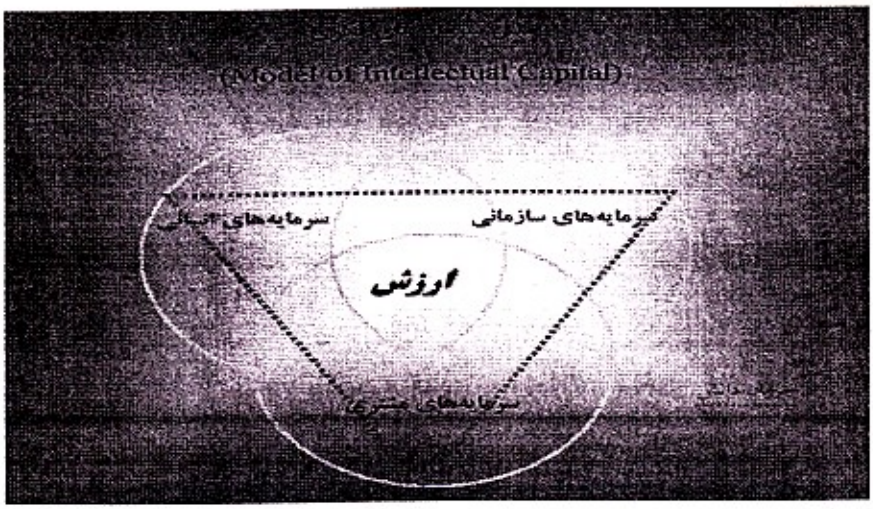
۲-۳- مدل تبدیلات دانش[3]

در این مدل چهار نوع تبدیل دانش معرفی شده‌اند که در مجموع موجب ایجاد دانش در سازمان می‌شوند. این تبدیلات از دو بعد مورد توجه می‌باشند: تبدیلات مکرر دانش آشکار و پنهان به یکدیگر و تبدیلات دانش از سطح شخصی به گروهی، از گروه به سازمان و از سازمان به سطح بین سازمانی (یا فراسازمانی). این چهار تبدیل به‌صورت زیر می باشند:

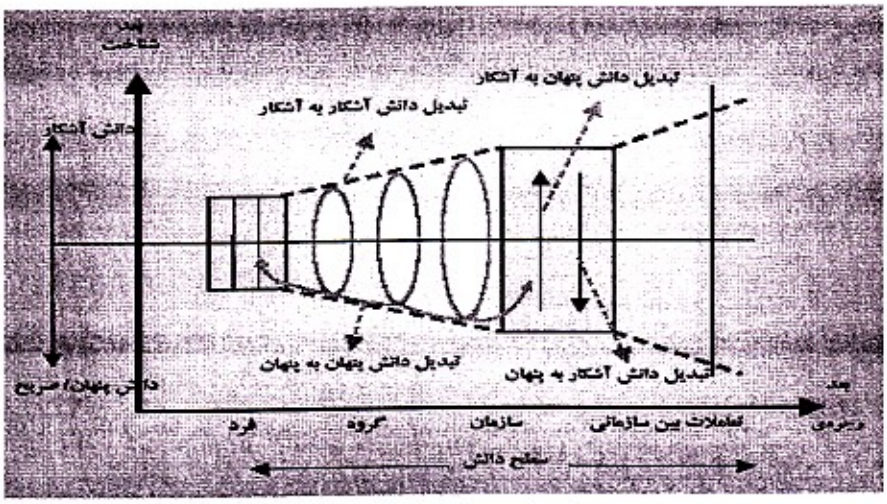
- تبدیل دانش پنهان به پنهان[4]
- تبدیل دانش پنهان به آشکار[5]
- تبدیل دانش آشکار به آشکار[6]
- تبدیل دانش آشکار به پنهان[7]

در جریان هر کدام از تبدیلات فوق، دانش از سطوح فردی به سطوح گروهی و سازمانی و بالاتر منتقل می‌شود. هنگامی‌که افراد با یکدیگر تعامل فکری برقرار می‌کنند دانش پنهان در ذهن آنها منتقل می‌شود ولی همچنان دانش پنهان می‌باشد. در صورتی‌که این تعامل بصورت مکرر و از طریق گفتگو ادامه پیدا کند، دانش پنهان به آشکار تبدیل می‌شود. دانش‌های آشکار در حوزه‌های مختلف ترکیب و تلفیق می‌شوند و به دانش‌های گسترده‌تری در سطوح بالاتر تبدیل می‌شوند ولی همچنان آشکار می‌باشند. هنگامیکه این دانش آشکار در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرد موجب ایجاد تجارب جدید برای افراد شده و به‌صورت دانش پنهان در ذهن آنها ذخیره می‌شود و این مارپیچ رشد دانش ادامه می‌یابد (شکل ۹).

1-Brandname
2-Reputation or image
3-Framework of Knowledge Conversions
4- Socialization
5- Externalization
6- Combination
7- Internalization



شکل (۸) : مدل سرمایه‌های فکری



شکل (۹) : مدل تبدیلات دانش

۲-۴- مدل انتقال دانش[1]

این مدل، یکپارچگی و انسجام انتقال دانش در سازمان را مورد بررسی قرار می‌دهد. انتقال دانش بین منبع دانش و دریافت‌کننده دانش دارای دشواری‌ها و پیچیدگی‌هایی می باشد که این مدل، مورد بررسی قرار داده است. این مدل چهار مرحله اصلی را برای انتقال دانش معرفی می‌کند: مرحله آغازین[2]، اجرا[3]، بهبود و ارتقا[4] و یکپارچه‌سازی[5].

در این مدل چهار دسته از عوامل اصلی که اغلب مشکلات و دشواری‌های انتقال دانش از آنها سرچشمه می‌گیرند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

- مشخصات دانش مورد انتقال: ابهام در محتوای دانش به‌دلیل منسجم نبودن محتوی، عدم تناسب محتوایی.
- مشخصات منبع دانش (فرستنده): نبود انگیزه لازم برای ارائه دانش به‌دیگران، عدم اطمینان.
- مشخصات دریافت‌کننده دانش: نبود انگیزه برای پذیرش دانش، نداشتن ظرفیت و توانایی لازم برای جذب و دریافت دانش، نداشتن توان حفظ و نگهداری دانش.

1- Model of Knowledge Transfer
2- Initiation
3- Implementation
4- Ramp-up
5- Integration

•مشخصات شرایط محیطی: شرایط نامساعد سازمانی، ارتباطات ضعیف و نامناسب.

در مرحله آغازین تصمیم‌گیری برای انتقال دانش اتخاذ می‌گردد. در این مرحله ابتدا نیاز به دانش جدید تشخیص داده می‌شودو جستجو برای یافتن منبع تامین این نیاز صورت می‌گیرد. پس از شناسایی نیاز و منبع تامین آن، امکان انتقال آن دانش بررسی می‌شود. مرحله اجرا زمانی آغاز می‌شود که تصمیم نهایی برای انتقال دانش از منبع خاص اتخاذ شده باشد. در این هنگام محتوای دانش بین منبع و دریافت‌کننده جریان می‌یابد؛ ارتباطات اجتماعی (انسانی) برقرار می‌گردند؛ نحوه انتقال، متناسب با نیاز دریافت‌کننده تعدیل می‌شود و اقدامات لازم جهت جلوگیری از بروز مشکلاتی که قبلا در انتقالات مشاهده و تجربه شده‌اند صورت می‌گیرد. هنگامی‌که دریافت‌کننده شروع به استفاده از دانش دریافت‌شده می‌نماید، این مرحله پایان می پذیرد. مرحله بعدی مرحله بهبود و ارتقا می باشد. در این مرحله دریافت‌کننده دانش استفاده از دانش را شروع کرده و تلاش می‌کند که مشکلات ناخواسته و احتمالی بروز کرده در مرحله اجرا را شناسایی و مرتفع سازد و به عملکرد مورد انتظار در مرحله پس از انتقال دانش دست یابد.

در مرحله یکپارچه‌سازی نیز دانش دریافت‌شده تثبیت می‌گردد. مطالعات آماری صورت گرفته نشان می‌دهند که از بین عوامل مشکل‌زا، سه مورد بیشترین اختلال را در انتقال دانش ایجاد می کنند.

- عدم وجود ظرفیت و توانایی در دریافت‌کننده دانش برای پذیرش آن.
- ابهامات محتوایی در دانش مورد انتقال.
- ارتباطات ضعیف و نارسا بین منبع و دریافت‌کننده.

۲-۵- مدل فرایند مدیریت دانش [1]

این مدل توسط یک شرکت مشاوره تحت عنوان KPMG معرفی شده است که در آن شش فرایند در مدیریت دانش شناسایی و عرضه شده است. این شش فرایند عبارتند از: جذب[2]، شاخص‌گذاری[3]، غربال‌کردن[4]، مرتبط سازی[5]، توزیع[6] و بکارگیری[7].

فرایند جذب دانش عبارت است از ایجاد و توسعه محتوای دانش که از طریق تحلیل تجربیات کسب شده، یادگیریهای صورت گرفته در جریان پروژه هایی که مشتریان و مخاطبین نیز درگیر آن بوده‌اند، جمع‌آوری، ترکیب و تلفیق و تفسیر و تحلیل اطلاعات مختلف حاصل می‌شود. سه فرآیند بعدی، مراحل مدیریت محتوای دانش می‌باشند که شامل ارزیابی، دسته‌بندی یا طبقه‌بندی، عرضه یا نمایش، یکپارچه‌سازی و ایجاد ارتباط منطقی بین عناصر محتوای دانش در منابع داخلی و خارجی سازمان می‌شود.

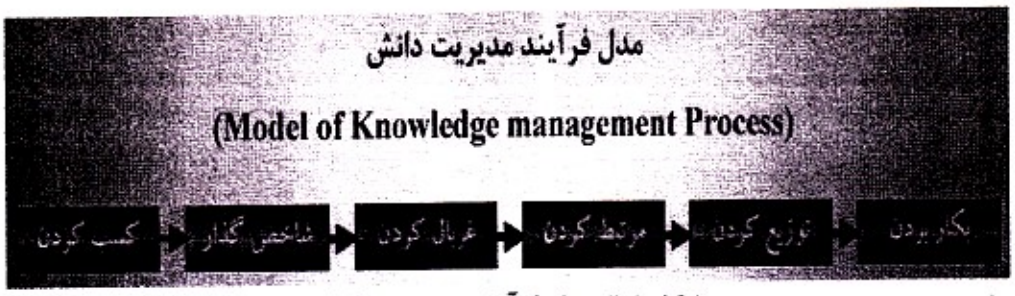
در فرایند بعدی دانش مذکور متناسب با نیاز اصطلاحا بسته‌بندی می شود و در اختیار درخواست‌کننده قرار داده می‌شود و در نهایت دانش توزیع‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرد تا محصولات و خدمات موردنظر سازمان تولید و عرضه شوند (شکل ۱۰).

۳-نتیجه گیری

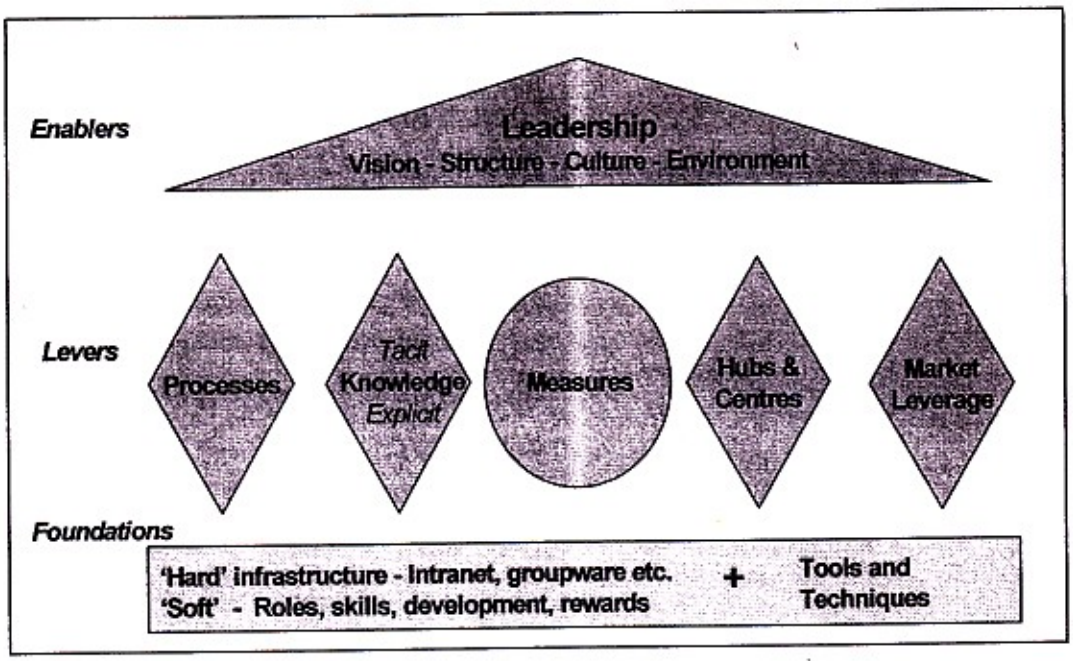
با توجه به مدلهای ارایه شده مدیریت دانش را از دو بعد مورد بررسی قرار میدهد: بعد اول فعالیتهایی است که برای ایجاد و نوآوری در دانش ضروری و موثر هستند: تبادل دانش، کسب دانش، استفاده مجدد دانش و درونی سازی دانش. بعد دوم نیز شامل عناصری است که بر توانمندسازی و تاثیرگذاری بر فعالیتهای ایجاد دانش موثر هستند که شامل موارد ذیل می‌باشند:

- استراتژی: یکپارچه سازی استراتژیهای شرکت و مدیریت دانش،
- اندازه‌گیری: معیارها و شاخصهایی برای تعیین اینکه آیا مدیریت دانش بهبود یافته و یا آیا سودی از آن کسب شده است یا خیر.

1- Model of Knowledge Management Process
2- Acquisition
3- Indexing
4- Filtering
5- Linking
6-Distribution
7- Application



شکل (۱۰) مدل فرآیند مدیریت دانش



شکل (۱۱)

- خط مشی: خط مشی و یا راهنماییهای مکتوب که توسط سازمان فراهم می‌شوند.
- فرآیند: فرآیندهایی که کارکنان دانش برای دستیابی به ماموریت ها و اهداف سازمان از آنها استفاده می‌کنند.
- تکنولوژی: تکنولوژی اطلاعات که در شناسایی، ایجاد و پخش دانش را، در بین واحدها و سازمانهای مختلف، تسهیل می‌کند.
- فرهنگ : محیط و شرایطی که در آن فرآیندهای مدیریت دانش اجرا میشوند.

همچنین در مطالعات انجام شده مدلی شناسایی گردید که ابعاد مختلف شناسایی شده مدیریت دانش را، بصورتی جامع طبقه‌بندی و مشخص ساخته است. در این مدل سه لایه برای سیستم مدیریت دانش در سازمان تصور شده است (شکل ۱۱).

در پایان قابل ذکر است که خلق مدل جامعی که بتواند تمامی ابعاد مدیریت دانش را بیان کند و درک مناسب و

عمیقی از مدیریت دانش ارائه دهد می‌تواند موضوع تحقیقات آتی باشد.

۴-مراجع

1.Description and analysis of existing KM frameworks, By: C.W.Holsapple & K.D. Joshi, 1999.

2.KM- an overview

3.Frameworks on Knowledge Management By: Peter Heisig,

4.Knowledge Management, A study about the creation and use of knowledge in Elof Hansson AB. By: Nguyen Thanh Tung.

5. .KM, Concepts and best practices, By: Kai Mertins & Peter Heisig & Jens Vorbeck,

۶. تامس اچ. داونپورت و لارنس، مدیریت دانش، مترجم: رحمان سرشت، شرکت ساپکو، ۱۳۷۹

خانم شهرزاد خسروی دارای لیسانس مهندسی صنایع از دانشگاه علم و صنعت ایران بوده و مدت کمی در اوایل سال ۸۴ با قدس نیرو همکاری داشته است. خانم خسروی در حال حاضر دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف می‌باشد. زمینه علاقمندی ایشان فعالیت در زمینه ارزیابی ریسک، مدیریت استراتژیک و مدیریت دانش است.