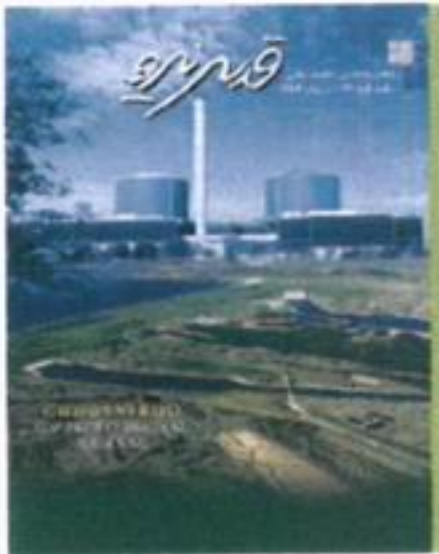


غودسنیرو

نشریه فنی تخصصی
شماره ۲۱ - بهار ۱۳۸۶



GHODSNIROO
TOP PROFESSIONAL
JOURNAL



مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری راد
سر دبیر: مهندس فتانه دوستدار

با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس علی شاه حسینی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

هیأت تحریریه:

- مهندس پورنگ پاینده، مهندس حسن تفرشی،
- مهندس مسعود حبیب...زاده، مهندس فتانه دوستدار،
- مهندس محمد ابراهیم رئیسی، مهندس محمد
- حسن زرگر شوشتری، مهندس محمود زواری،
- مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صارمی،
- دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور،
- دکتر جعفر عسگری، مهندس نرگس علیرمائی،
- مهندس امیر همایون فتحی، مهندس علی اصغر کسائیان،
- مهندس وحید مرتضوی، مهندس اکبر مقدر،
- مهندس محمدیحیی نصرالهی، مهندس محمدرضا
- نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

فهرست مطالب

- ۱ معرفی
مبانی طراحی لایه حفاظتی سنگچین (RIP RAP)
- ۲ رودخانه - مهندس مهدی میر باقری
تلفیق مدیریت مواد زائد جامد و تولید انرژی -
- ۱۱ مهندس حسین غیائی نژاد
قابلیت اضافه بار ترانسفورمرهای قدرت - دکتر کاوس قصبه ۲۲
برآورد حجم رسوبات وارده به مخزن سد لتیان
با استفاده از روش USACE - مهندس محسن معجزی و
- ۲۷ مهندس مهدی رهبر
بررسی اثرات عملیات پیش گرم و روشهای تعیین دمای
پیش گرم در سازه های جوشکاری فولادی -
- ۳۸ مهندس رسول محرمی
کاربرد مدل پیشنهادی مندر در تعیین رفتار خمشی
اعضای ساختمانهای بتن مسلح - مهندس حسین دانشور ۴۷

این نشریه از طریق اینترنت قدس نیرو نیز در دسترس علاقمندان می باشد.
ارتباط مستقیم با مقاله دهندگان از طریق Email یا فاکس آنان در انتهای
هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان
گرامی از طریق اینترنت قدس نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۴۸۲
امکان پذیر می باشد.

از خوانندگان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای نشریه می باشند تقاضا می شود موارد ذیل را رعایت فرمایند:

- موضوع مقاله در چارچوب اهداف نشریه و در ارتباط با صنعت آب، برق، نفت و گاز و پتروشیمی باشد.
- مقاله های تألیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر و مقاله های ترجمه شده منضم به تصویر اصل مقاله باشد.
- مقاله ارسالی بر روی یک کاغذ A4 و با خط خوانا و با نایب شده و شکل ها، عکس ها، نمودارها و جداول کاملاً واضح و قابل استفاده و حتی الامکان به روش گرافیک کامپیوتری ارائه گردد.
- توضیحات و زیرنویس ها به صورت مسلسل شماره گذاری شده و در پایان هر مقاله ذکر شوند.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، ادغام و ویرایش مطالب مقالات آزاد است.
- مقاله دارای چکیده، مقدمه، نتیجه گیری و لیست مراجع بوده، به همراه رزومه مختصری از صاحب مقاله ارائه گردد.
- مقاله ارسالی قبلاً در نشریه دیگری چاپ نشده باشد.
- موارد فوق الذکر برای دریافت مقاله از علاقمندان خارج از قدس نیرو نیز برقرار می باشد.

مبانی طراحی لایه حفاظتی سنگچین (RIP RAP) رودخانه جهت جلوگیری از آبشستگی در قوس رودخانه و در محل برخورد جریان خروجی از نیروگاه به جریان رودخانه

مهدی میرباقری

کارشناس هیدرولیک - مدیریت ارشد مهندسی سازه های آبی

چکیده

فرسایش در ساحل رودخانه‌ها، پایاب سرریزها و خروجی نیروگاهها عمدتاً به صورت تدریجی و یا به صورت توده ای رخ می دهد. مخصوصاً در محل قوس رودخانه که شرایط هیدرولیکی جریان تغییر می کند فرسایش بیشتری اتفاق می افتد و نتایج این فرسایش تغییراتی است که در شکل، مسیر و ظرفیت رودخانه‌ها بوجود می آید. به همین دلیل این مناطق نیاز به حفاظت جهت جلوگیری از بروز پدیده آبشستگی و فرسایش دارند. استفاده از پوشش ها مخصوصاً سنگ به دلیل مزایای ویژه ای که دارد یکی از روشهای رایج جهت حفاظت سواحل و بستر رودخانه‌ها به شمار می رود که در این خصوص مهمترین معیار طراحی یک پوشش سنگچین تعیین اندازه سنگ^۱ می باشد. تاکنون توسط محققین روشهای متعددی جهت تعیین اندازه سنگ توصیه شده است که در این مقاله ابتدا فرمولبندی روابط مذکور ارائه گردیده و سپس مبانی طراحی، اجرا و سپس روشهای جلوگیری از شکست سازه مورد نظر توضیح داده شده است. کاربرد این تحقیق در طراحی لایه حفاظتی (سنگچین) در کارهای مهندسی رودخانه، کانالهای آبیاری، خروجی نیروگاه، سرریز و کالورت می باشد که در این زمینه پروژه های زیادی از جمله طراحی لایه حفاظتی در محل خروجی کالورت نیروگاه رودبار لرستان در شرکت مهندسين مشاور قدس نیرو انجام گرفته است.

۱- مقدمه

آنچه در شکل دهی رودخانه مهم است رسوباتی است که از کف و دیواره‌ها کنده می شود و موجب تخریب و فرسایش می گردد، به همین دلیل باید کف و دیواره‌ها در مقابل تنش های بیشتر از حد مجاز حفاظت شود. در محل قوس با توجه به شکل (۱) شرایط هیدرولیکی جریان در محل قوس رودخانه تغییر می کند که این تغییر موجب تشدید در فرسایش می شود. فرسایش در قوس بیرونی به دلیل افزایش سرعت در ساحل بیرونی می باشد.

شکل (۲) رابطه بین سرعت متوسط و سرعت در قوس بیرونی را نشان می دهد. همچنین در محل برخورد جریان خروجی از نیروگاه به

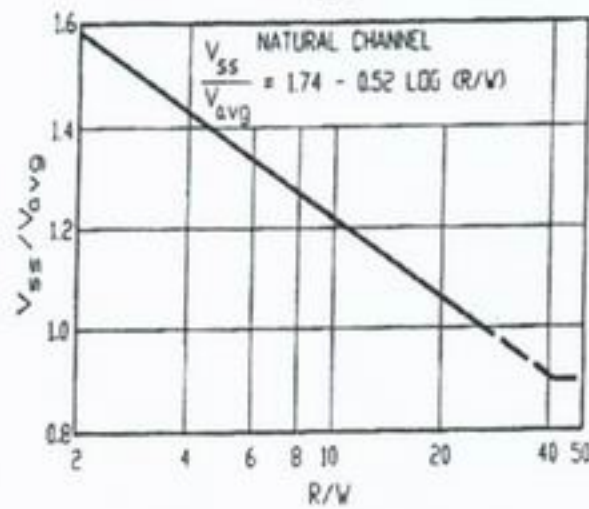
روخانه جت پرتابی باعث آبشستگی شدید ساحل مقابل می گردد. در رودخانه‌ها برای جلوگیری از تخریب و فرسایش دیواره (ساحل) از روشهای مختلف استفاده می شود که این روشها و اقدامات به دو دسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم میشوند.

روشهای حفاظت مستقیم اقداماتی است که مستقیماً بر روی رودخانه انجام می گیرد تا مانع از تخریب آن توسط جریان آب بر اثر موج و قدرت جریان گردد که از جمله این اقدامات می توان به احداث پوشش های صلب و سنگچین و گیاهی اشاره کرد.

1- Representative size



شکل (۱): شرایط هیدرولیکی جریان در مسیر قوس



شکل (۲): سرعت در قوس بیرونی رودخانه سرعت متوسط

دیگری استفاده می‌شود که این پوشش‌ها به دو صورت صلب (دیوار بتنی) و قابل ارتجاع (سنگچین Rip Rap) اجرا می‌شوند. پوشش‌های صلب در مقابل نیروهای آب مقاومت بالایی دارند ولی در شرایط بحرانی و تحت نیروهای زیاد امکان شکست آنها زیاد است. پوشش‌های سنگچین قابلیت انعطاف‌پذیری و نفوذپذیری سازه‌ای بالایی دارند، Up Lift ندارند، Fail Down ناگهانی ندارند، قابلیت تثبیت طبیعی دارند و می‌توانند خود را Accommodate کنند، همچنین سهولت اجرایی و اقتصادی بودن نیز از خصوصیات این نوع پوشش است. در این روش سنگها با اندازه، دانه‌بندی و ضخامت مناسب به صورت پایدار بر روی شیب دیواره‌ها و بستر اصلاح‌شده قرار می‌گیرد.

روشهای حفاظت غیرمستقیم به مجموعه عملیاتی اطلاق می‌شود که به منظور کاهش قدرت و سرعت جریان و یا فراهم آوردن موجبات ته نشست رسوبات در کناره رودخانه انجام می‌گیرد. احداث آبشکن، پره‌ها، صفحات مستغرق و خاکریزها از این قبیل کارهای حفاظتی می‌باشد که به صورت غیر مستقیم به حفاظت بستر و کناره در برابر فرسایش کمک می‌کند. در برخی رودخانه‌ها که سرعت جریان کم و عرض رودخانه زیاد است و همچنین خط نوار ساحلی به گونه‌ای باشد که بتوان برای تثبیت و جلوگیری از فرسایش درختکاری کرد، پوشش گیاهی پیشنهاد می‌شود که البته هزینه بالا و چشم انداز زیست محیطی زیبا از مشخصه این روش است ولی هنگامی که سرعت آب زیاد و توان هیدرولیکی آب بالا باشد از پوشش‌های

در شکل (۳) نمونه یک سنگچین محافظ (Rip Rap) اجرا شده در ساحل رودخانه دیده می‌شود.



شکل (۳): نمونه یک سنگچین محافظ (Rip Rap)

۲- فرمولبندی روابط پیشنهادی

روشهای مختلفی برای ارزیابی اندازه شاخص سنگها (Rip Rap) وجود دارد. جدول (۱) روشهای مختلف ارزیابی اندازه شاخص سنگ را با ذکر منبع مورد استفاده ارائه می‌نماید. با توجه به اینکه مبانی تئوریک و تجربی روشها یکسان نیستند، هنوز یک روش عمومی در برآورد اندازه شاخص سنگها برای تمامی رودخانه و یا بازه‌های مختلف یک رودخانه ارائه نگردیده است. از این رو نباید انتظار داشت که کاربرد روابط مختلف برای تمام شرایط رودخانه‌ها منجر به نتیجه یکسان و یا حتی نزدیک به یکدیگر گردد.

۳- اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی

جهت استفاده از فرمولهای جدول (۱) نیاز به ورودی‌های لازم و اطلاعات هندسی و هیدرولیکی پایه طرح داریم (که بعضی از این اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS بدست می‌آید). این اطلاعات را می‌توان به صورت ذیل خلاصه کرد:

- نقشه توپوگرافی منطقه و موقعیت رودخانه و سازه‌های احداث شده اطراف آن

- مقاطع عرضی (که هرچه تعداد این مقاطع بیشتر باشد بهتر است) و مقطع طولی رودخانه (بدست آوردن شیب کناره‌ها و کف)

- انجام بازدیدهای صحرائی با هدف تعیین بازه‌های فرسایش‌پذیر رودخانه و همچنین تعیین نوع جریان به منظور برآورد شدت جریان

- با استفاده از یک نرم‌افزار هیدرولیک جریان رودخانه می‌توان سرعت را در مقاطع مختلف محاسبه نمود. مانند نرم‌افزار HEC-RAS. جهت اجرای این نرم‌افزار به اطلاعاتی از قبیل: دبی سیلاب، هندسه مقاطع جریان، ضریب زبری مانینگ در مقاطع و شرایط مرزی (رابطه دبی-اشل پایین‌دست) مورد نیاز می‌باشد.

- γ_s و γ_w (سنگ قرصه)

- دبی سیلاب طراحی (که متغیر می‌باشد و با توجه به اهمیت و شرایط طرح، میزان ریسک و سایر پارامترهای دیگر انتخاب می‌شود). در این خصوص می‌توان از نرم‌افزارهای HYFA و یا SMADA جهت تعیین سیلاب با دوره بازگشت‌های موردنظر بهره جست [۶].

۴- روش طراحی

جهت استفاده از روابط جدول (۱) روش زیر به صورت گام به گام باید طی شود.

(لازم به توضیح است روابط CIRIA Jbash, Pilavczyk جهت طراحی لایه حفاظتی در خروجی نیروگاه کاربرد دارند و روش Shields هنگامیکه بحث تنش برشی مهمتر از سرعت باشد یا به طور کلی هدف طراحی بر اساس تنش برشی باشد، مطرح خواهد شد).

گام اول: بدست آوردن تنش برش مجاز τ_p (Permissible Shear Stress)



جدول (۱): روشهای برآورد اندازه سنگ برای سنگچین محافظ [۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۷]

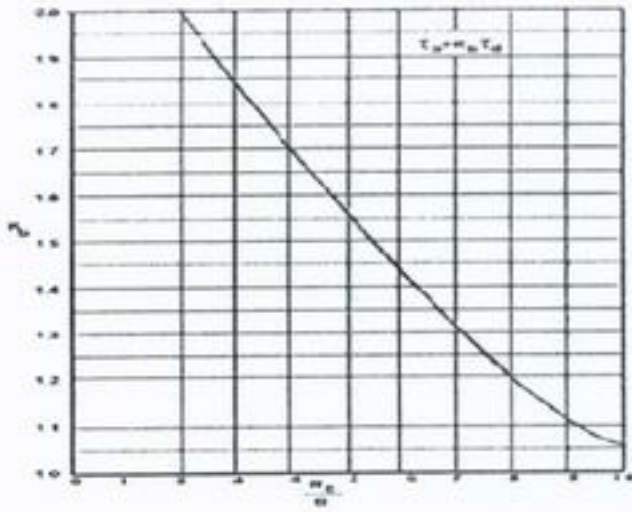
شماره	منبع	رابطه	ملاحظات
۱	USBR(1958)	$D_{100} = 0.0353V^2 + 0.0116 + 0.0048$	- D_{100} بر حسب سرعت متوسط جریان (V) تعیین می شود - $V < 5.5$ (m/s)
۲	USACE(1961)	$D_{50} = 0.041133U^{2.0159}$	- D_{50} بر حسب سرعت جریان در نزدیکی دیواره (U) تعیین می شود - 0.45 (m/s) $< U < 3$ (m/s)
۳	State of California Div. of Highways (1970)	$W = \frac{2 \times 10^{-5} U^6 S_s}{(S_s - 1)^3 \sin^3(\phi - \theta)}$ $S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}, \quad D_{50} = \left(\frac{6 \cdot W}{\pi \gamma_s}\right)^{\frac{1}{3}}$	- D_{50} (اندازه سنگ) - U (سرعت در نزدیکی دیواره) - S_s : چگالی سنگ قرصه
۴	Shields (1936)	$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w) D_{50}} = 0.056$	- شاخص محاسبه شده: D_{50} - τ_c : تنش برشی بحرانی
۵	Maynard (1993)	$D_{30} = S_F \cdot C_S \cdot C_V \cdot C_T \cdot Y \cdot \left[\left(\frac{1}{S_s - 1}\right)^{0.5} \times \frac{U_d}{\sqrt{K \cdot g \cdot Y}} \right]^{2.5}$ $K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}}$	- برآورد اندازه سنگ به صورت: D_{30} - براساس آنالیز ابعادی و نتایج تجربی برای آستانه حرکت - حداقل $S_F = 1.5$ (ضریب اطمینان) برابر 1.1 و برای طراحی $S_F = 1.5$ - C_S (ضریب پایداری): 0.3 برای سنگهای گوشه دار، 0.375 برای سنگهای گرد - C_V (ضریب توزیع سرعت): 1 برای مسیر مستقیم، 1.25 برای پائین دست سازه های بتونی، انتهای دایک ها - $v = 1.283 - 0.2 \log(r/w)$; for $(r/w) < 26$ - $C_T = 1$ (ضریب ضخامت) برای طراحی استاندارد
۶	Hec	$D_{50} = 0.50 \left[\frac{1.384 \cdot (V^2)}{(S_s - 1) \cdot 2 \cdot g} \right]$	- V : سرعت - برآورد اندازه سنگ به صورت D_{50}

ادامه جدول (۱): روشهای برآورد اندازه سنگ برای سنگچین محافظ

شماره	منبع	رابطه	ملاحظات
۷	Ibash (1970)	$D_{50} = C \frac{V_c^2}{g(s_s - 1)K}, K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}}$	(Low Turbulence) $C = 0.3$ (High Turbulence) $C = 0.7$ $C = 1.3$ برای تونل خروجی نیروگاه (Jet Flow) V_c : سرعت آستانه حرکت که بعد از آن سنگها شروع به حرکت می کنند
۸	Isbach (1936)	$V = 1.2[2g(S_s - 1)D_{50}]^{0.5}$	V : سرعت آستانه حرکت
۹	Neill (1968)	$\frac{V_c^2}{g(S_s - 1)D_{50}} = 2\left(\frac{D_{50}}{d}\right)^{-1/3}$	d : عمق آب D_{50} : شاخص محاسبه شده V_c : سرعت آستانه حرکت
۱۰	CIRIA	$\frac{D_{50}}{y} = \left(\frac{V_c}{E(g(S_s - 1)K\Psi y)}\right)^{2.5}, K = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \theta}{\sin^2 \phi}}$	D_{50} : شاخص محاسبه شده V_c : سرعت آستانه حرکت Ψ : ۰/۰۴ - ۰/۰۵۶ E : (۷ تا ۸ مسیر مستقیم رودخانه) و (۵ تا ۶ جاهایی که پیچ و خم زیاد است) y : عمق آب
۱۱	Walling Ford (1992)	$D_{n50} = C \frac{U_b^2}{2g(S - 1)}$ $D_{n50} = 0.84 \text{ to } 0.91 D_{50}$	D_{n50} : بعد مشخصه سنگ $C = 1.23TI - 0.2$ C : ضریب شدت آشفتهگی TI : شدت آشفتهگی (جدول ۲) U_b : سرعت آستانه حرکت
۱۲	Pilavczyk (1990)	$D = \frac{\phi}{\Delta} \frac{0.035}{\Psi_{cr}} K_t K_h K_s^{-1} \frac{U_d^2}{2g}$ $K_h = \left(\frac{D}{y}\right)^{0.2}, K_s = K_d K_1$ $K_1 = \frac{\sin(\phi - \beta)}{\sin \phi}, K_d = \cos \theta \sqrt{1 - \left(\frac{\tan \theta}{\tan \phi}\right)^2}$	D_{50} : شاخص محاسبه شده ϕ : فاکتور تصحیح پایداری (حفاظت پیوسته: ۰.۷۵ قوس و تبدیل: ۱-۱.۵) Δ : دانسیته نسبی پوشش ($S_s - 1$) Ψ_{cr} : ضریب پایداری (۰.۰۳۵) K_T : ضریب آشفتهگی (آشفتهگی معمولی: ۱، آشفتهگی بالا و پایین دست حوضچه‌های آرامش و خروجی کالورتها: ۱.۵-۲) K_h : فاکتور عمق K_s : فاکتور شیب θ : شیب دیواره، ϕ : زاویه اصطکاک داخلی (معمولاً ۴۰)، β : زاویه شیب طولی کانال U_d : سرعت متوسط

جدول (۲): سطوح مختلف آسفتگی جریان [۳]

سطح اغتشاش		موقعیت
شدت آسفتگی (TI)	کیفی	
۰/۱۲	نرمال (پایین)	بازه‌های مستقیم و خمهای ملایم
۰/۲	نرمال (شدید)	گوشه‌های پوششها در بازه‌های مستقیم
۰/۳۵ - ۰/۵	متوسط تا شدید	پایه‌های پل، آب شکنها، تبدیلهای
۰/۶	خیلی شدید	پایین دست سازه‌های هیدرولیکی (سرریزها، کالورتها، حوضچه‌های آرامش)



شکل (۴): محاسبه K_b (شعاع قوس، B: عرض در کف)

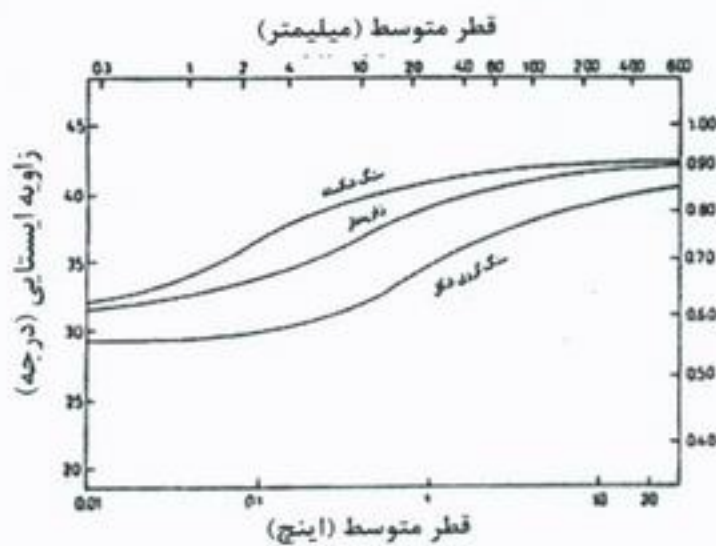
گام دوم: در صورت نیاز به حفاظت زوایای θ و ϕ محاسبه می‌شوند.

(Material Angle of Repose: ϕ): زوایای

که کف کناره مقطع با افق می‌سازد که می‌توان آن را به راحتی محاسبه کرد.

(Bank Angle With Horizontal: θ): زاویه

ایستایی عبارت است از زاویه شیبی که مصالح ریخته‌شده در آب به خود می‌گیرد. این زاویه در روابط پایداری مصالح مورد استفاده قرار می‌گیرد. زاویه ایستایی تابعی از اندازه و شکل ذرات می‌باشد، بدین معنی که هر چه ذرات بزرگتر باشند دارای زاویه ایستایی بزرگتری خواهند بود و همچنین برای یک اندازه یکسان هرچه ذرات گوشه‌دارتر باشند مقدار زاویه بیشتری ایجاد می‌کنند. شکل (۵) توسط سایمون جهت پیدا کردن ϕ پیشنهاد گردیده است



شکل (۵): زاویه ایستایی برحسب اندازه متوسط ذرات و شکل ذرات (Simons, 1955)

با استفاده از جدول (۳) و مقایسه آن با تنش برشی رودخانه در مسیر مستقیم و تنش برشی رودخانه در محل قوس جهت مشخص شدن نیاز به حفاظت [۶].

جدول (۳): تنش برشی مجاز در شرایط مختلف (با استفاده از نتایج HEC-RAS) [۷]

Lining Category	Lining Type	Permissible Unit Shear Stress ¹		
		lb/ft ²	N/m ²	
Temporary ²	Woven Paper Net	0.15	7.2	
	Jut Net	0.45	21.5	
	Fiberglass Roving	Single	0.60	28.7
		Double	0.85	40.7
	Straw with net	1.45	69.4	
	Cutted Wood Mat	1.55	74.2	
	Synthetic Mat	2.00	95.8	
Vegetative	Class A	3.70	177.2	
	Class B	2.10	100.6	
	Class C ³	1.00	47.9	
	Class D	0.60	28.7	
	Class E	0.35	16.8	
Gravel Riprap ³	25 mm	0.33	15.8	
	50 mm	0.67	31.6	
Rock Riprap ³	150 mm	2.00	95.8	
	300 mm	4.00	191.5	

(تنش برشی در مسیر مستقیم)

τ_d : (استفاده از HEC-RAS)

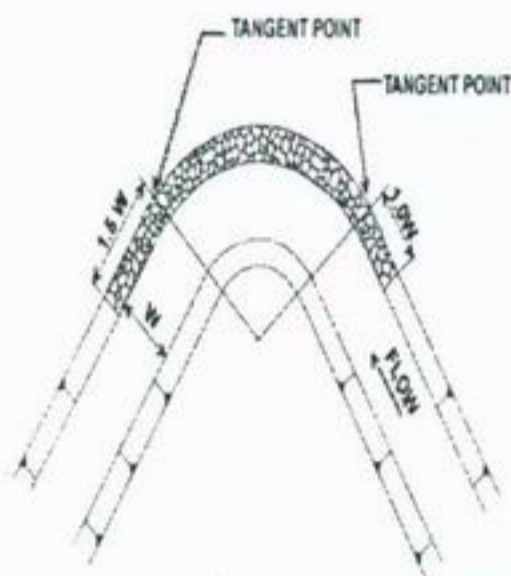
(تنش برشی در محل قوس)

$\tau_b = K_b \tau_d$ (شکل شماره ۴: K_b)

If $\tau_d, \tau_b < \tau_p$ نیاز به حفاظت نمی‌باشد

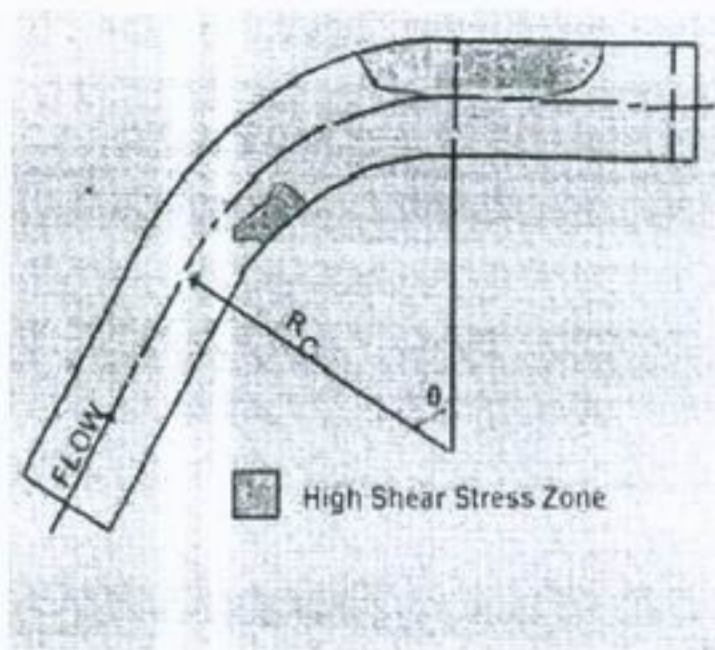
If $\tau_d, \tau_b > \tau_p$ نیاز به حفاظت می‌باشد

۵- مشخصات سنگچین (ارتفاع، طول، ضخامت، تعداد لایه، عرض پاشنه، عرض تاج و...) پس از محاسبات مربوط به اندازه سنگ و تعیین اندازه سنگ کناره‌ها و کف و همچنین داشتن زاویه ایستایی (ϕ)، مرحله بعدی مشخص نمودن ارتفاع و طول حفاظت می‌باشد. ارتفاع حفاظت از کف رودخانه تا ارتفاع مربوط به سیلاب ۱۰۰۰۰ ساله می‌باشد. طول ریپ رپ و مناطقی که نیاز به حفاظت دارند، در شکل‌های (۸ و ۹) آمده است.



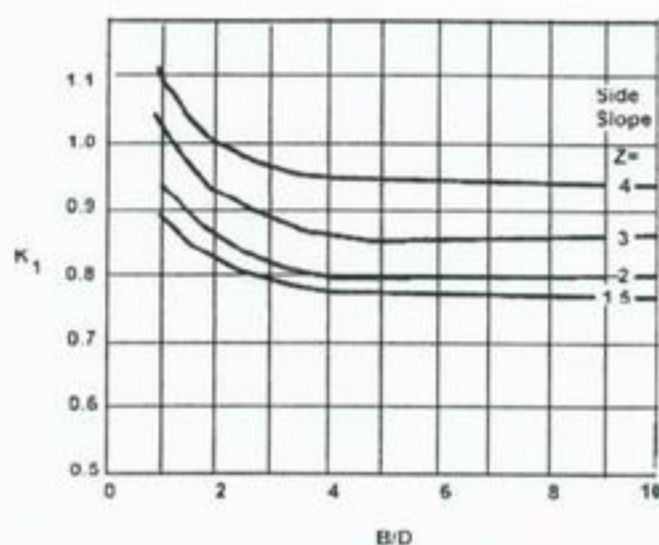
Longitudinal Extent of Revetment Protection

شکل (۸): نحوه چیدمان حفاظت در قوس خارجی [۶]

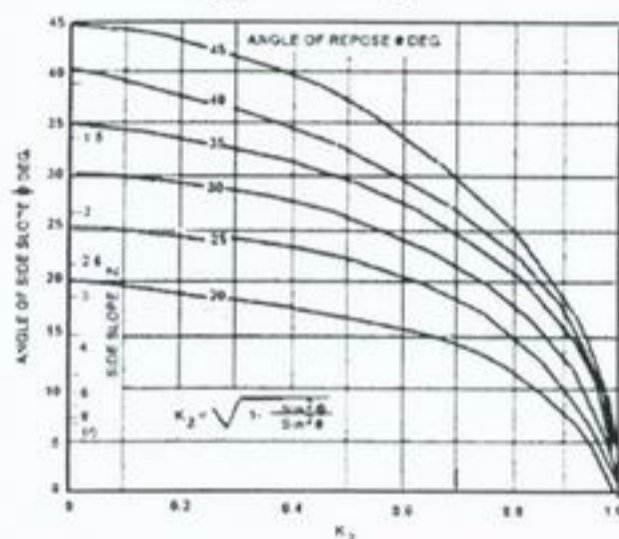


شکل (۹): نواحی که نیاز به حفاظت قوی تری دارد [۶]

گام سوم: محاسبه دو پارامتر K_1 با توجه به شکل (۶) و K_2 با توجه به شکل (۷).



شکل (۶): مقادیر K_1



شکل (۷): مقادیر K_2

گام چهارم: محاسبه D_{50} کناره با استفاده از روابط مختلف.

اندازه سنگ Rip Rap مربوط به حفاظت کف با اندازه سنگ Rip Rap کناره‌ها متفاوت می‌باشد. تعدادی از روابطی که در جدول (۱) آمده است تنش برشی و اندازه سنگ را در کف محاسبه می‌کنند رابطه‌ای نیز برای بدست آوردن تنش برشی و اندازه سنگ کناره‌ها توسط مرکز مهندسی هیدرولوژی آمریکا پیشنهاد شده است که به شرح رابطه (۱) می‌باشد:

$$(D_{50})_{sides} = \frac{K_1}{K_2} (D_{50})_{Bottom} \quad (1)$$

که پارامتر K_1 و K_2 قبلاً توضیح داده شده است [۷].



ضخامت Rip Rap حداقل شامل دو لایه D_{50} می‌باشد، عرض در تاج حداقل $2D_{50}$ در نظر گرفته می‌شود، عرض در پاشنه پیشنهاد شده است [۶].

۶- عوامل تخریب و شکست سنگچین (RipRap)

عموماً هر سازه‌ای در شرایط زمانی و مکانی احتمال تخریب را دارد. در جدول (۴) انواع تخریب سازه محافظ سنگی (RipRap)، علت تخریب و روش اصلاح و جلوگیری از تخریب آن بیان شده است [۱].

جدول (۴): عوامل تخریب و روشهای جلوگیری از تخریب Rip Rap

انواع تخریب	علت	روش جلوگیری
تخریب لایه‌ای	ضخامت کم لایه	ضخامت لایه حداقل دو برابر D_{50} در نظر گرفته می‌شود
تخریب لبه‌ای	ضخامت کم و اتصال نامناسب پاشنه کف به کناره‌ها	ضخامت پاشنه دو برابر شده و اجرا بدرستی صورت گیرد
تخریب غربالی	ناهمواری تکیه‌گاه جهت اجرای ریپ و نبود زهکش	هموار کردن تکیه‌گاهها و اجرای یک لایه فیلتر

مسلماً در نظر نگرفتن شرایط بالا مثل اجرای ضعیف Rip Rap و یا عدم اجرای فیلتر می‌تواند به شکست این سازه منجر شود. در مورد فیلتر لازم به ذکر است آبشستگی و نشست را می‌توان با نصب لایه‌ای از فیلتر حاوی سنگدانه‌های ریز که بر روی شیروانی قرار می‌گیرند کنترل کرد. برای تامین پایداری لازم است که نسبت D_{15} لایه فیلتر به D_{85} لایه اساس کمتر یا مساوی ۵ باشد، همچنین نسبت D_{50} لایه فیلتر به D_{50} لایه اساس

کمتر یا مساوی ۲۵ باشد، علاوه بر آن جهت ثبات بیشتر و جلوگیری از حرکت مواد اساس به داخل فیلتر لازم است که نسبت D_{15} لایه فیلتر به D_{15} لایه اساس بزرگتر یا مساوی ۵ باشد.

۷- مصالح و روش اجرای سنگچین (Rip Rap)

مصالح باید از سنگهای غیر گوشه گرد تهیه شود. سنگها می‌بایست سخت، زاویه دار و مقاوم در برابر تغییرات آب و هوایی باشند. در مورد اجرای Rip Rap گاهی رودخانه را خشک کرده و یا آن قسمت از رودخانه که Rip Rap در آن اجرا خواهد شد خشک می‌شود و سپس Rip Rap اجرا می‌گردد. در بعضی مواقع و مناطقی هم که امکان انحراف جریان و یا خشک کردن رودخانه وجود ندارد، سنگهای لایه محافظ زیر آب حمل شده و سازه تکمیل می‌شود. حفاظت باید Stream Line و در جهت جریان اجرا شود.

۸- نتیجه گیری

حفاظت جهت جلوگیری از آبشستگی و فرسایش در ساحل رودخانه‌ها، مخصوصاً در قوس بیرونی آنها و خروجی نیروگاهها، حوضچه‌های آرامش، سرریزها و کالورتها که آشفستگی جریان در این مناطق زیاد می‌باشد به کار می‌رود. روشها و متدهای مختلفی جهت حفاظت استفاده می‌شود که بسته به شرایط طرح می‌توان از آنها استفاده کرد.

سنگچین یکی از روشهای حفاظت می‌باشد که در طراحی آن روابط Jbush, Maynord, CIRIA, Pilavczyk, Wallingford عمومی تر می‌باشند و نتایج بهتری میدهند، ضمن اینکه اجرای سنگچین تابع قواعد خاصی می‌باشد و برای جلوگیری از شکست این سازه باید به



نکات مطرح شده در متن تحقیق توجه نمود.

۹- مراجع

۱- امیر رضا زراتی. مهندسی رودخانه. دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). جزوه درسی

۲- محمود شفاعی بجستانی. (۱۳۷۸) هیدرولیک رسوب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- محمود قدسیان. مهندسی رودخانه. دانشگاه تربیت مدرس. جزوه درسی

۴- مسعود مصباحی. (۱۳۸۵) بررسی و مقایسه معیارهای طراحی پوشش سنگ در کارهای مهندسی رودخانه. هفتمین سمینار بین المللی مهندسی روخانه

۵- دفتر استانداردها و معیارهای فنی سازمان مدیریت منابع آب ایران. (۱۳۸۲) راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش ها در کارهای مهندسی رودخانه

6- HEC. (2000). "Design of road side channels with flexible lining" .

7- HEC. (2002). "Design of Rip Rap Revetment" .

8-Escarmia. (1998)"River and Channel Revetment". Design Manual

آقای مهدی میرباقری دارای مدرک کارشناسی ارشد عمران- هیدرولیک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) بوده و جمعاً ۳ سال سابقه کار دارد که ۲ سال آن در شرکت مهندسین مشاور قدس نیرو می باشد. زمینه کاری مورد علاقه ایشان طراحی سازه های هیدرولیکی، مهندسی رودخانه و مهندسی محیط زیست می باشد.

[Email:mmirbagheri@ghods-niroo.com](mailto:mmirbagheri@ghods-niroo.com)



تلفیق مدیریت مواد زائد جامد و تولید انرژی - امکان سنجی تکنولوژی‌های مختلف در شهر رشت

حسین غیائی نژاد

کارشناس ارشد عمران محیط زیست - مدیریت ارشد مهندسی بخار و انرژی‌های نو

چکیده

تولید انرژی از پسماند در سالهای اخیر در چارچوب توسعه انرژی‌های نو مورد توجه دولت جمهوری اسلامی قرار گرفته است. این امر باعث شده که مکانیزم‌های حمایتی برای تولید این نوع از انرژی در قانون برنامه چهارم پیش بینی شود.

در همین راستا شهر رشت به عنوان اولین نمونه جهت انجام مطالعات فراگیر برای بررسی امکان تولید انرژی از پسماند انتخاب شده است. بدیهی است که انجام این امکان سنجی بدون در نظر گرفتن الزامات مربوط به مدیریت مواد زائد جامد امکان پذیر نیست. به همین منظور با تلفیق نیازهای مدیریت مواد زائد جامد و ضروریات مربوط به تولید انرژی چهار ترکیب مختلف از تکنولوژی‌های متفاوت پیشنهاد شده و مورد امکان سنجی قرار گرفته‌اند. این تکنولوژی‌ها عبارتند از: استخراج گاز محل دفن، جداسازی، زیاله سوزی، هضم بی هوازی و کمپوست.

نتیجه بررسی این گزینه‌ها حاکی از این است که با توجه به ملاحظات اقتصادی مناسبترین گزینه برای استفاده در شهر رشت استخراج گاز محل دفن بوده و از سوی دیگر حتی با انتخاب ارزانه‌ترین گزینه باید میزان یارانه قابل توجهی توسط بخش عمومی برای عملی کردن راهکارهای موثر و مورد قبول به لحاظ زیست محیطی هزینه شود. همچنین جهت فراهم شدن امکان جذب سرمایه گذار و تقلیل میزان ریسک سرمایه گذاری در زمینه استحصال انرژی از پسماندها لازم است تا طرح جامع مدیریت پسماند در شهر رشت به عنوان پیش نیاز هرگونه سرمایه گذاری بعدی تهیه گردد.

کلمات کلیدی: مدیریت مواد زائد جامد، تولید انرژی، تکنولوژی

۱- مقدمه

انرژی‌های نو در دهه اخیر مورد توجه دولت جمهوری اسلامی ایران قرار گرفته و در قانون برنامه چهارم جهت توسعه تولید و استفاده از این انرژی مشوق‌هایی مانند تعرفه تشویقی در نظر گرفته شده است.

در همین راستا مقرر شده است که مطالعات پتانسیل سنجی برای شهرهای بزرگ کشور و همینطور مطالعات امکان سنجی استخراج

انرژی از پسماند برای ۱۰ شهر کشور انجام گیرد. شهر رشت به عنوان اولین شهر مورد مطالعه امکان سنجی توسط شرکت قدس نیرو و شرکت فیشنر (از کشور آلمان) برگزیده شده و نتایج ارائه شده در این نوشتار بر اساس بخشی از یافته‌های این مطالعات تنظیم گردیده است. جهت انجام مطالعات امکان سنجی تولید انرژی از پسماند باید دو دسته معیارها و ضرورتها را به طور همزمان مد نظر داشت:



۱- معیارها و ضرورت های مربوط به مدیریت مواد زائد جامد

۲- معیارها و ضرورت های مربوط به تولید انرژی در شکل (۱) این معیارها و ضرورت ها و نحوه تلفیق آنها جهت حصول یک روش مناسب برای مدیریت مواد زائد جامد ارائه شده اند. همچنین در این شکل شمای کلی روش پیشنهادی برای امکان سنجی ارائه گردیده است. در این روش امکان سنجی، ابتدا یک انتخاب اولیه در مورد تکنولوژی های تولید انرژی از پسماند انجام شده و تعدادی از این تکنولوژی ها به عنوان تکنولوژی های منتخب برگزیده می شوند. سپس با ترکیب این تکنولوژی ها، گزینه های متفاوتی برای استخراج انرژی از پسماند تدوین می شوند. با مقایسه این گزینه ها به لحاظ معیارهای زیست محیطی، فنی و اقتصادی گزینه برتر انتخاب و توصیه می شود.

۲- انتخاب تکنولوژی

در این مرحله کلیه تکنولوژی های موجود در

زمینه استخراج انرژی از پسماند، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. جهت بررسی تناسب تکنولوژی برای استفاده در شهر رشت معیارهای ذیل جهت مقایسه تکنولوژی های مختلف مد نظر قرار گرفت:

- سابقه تکنولوژی و قابل اطمینان بودن آن
- حداقل ارزش حرارتی مواد ورودی برای تولید انرژی
- حداقل ظرفیت کاربردی هر تکنولوژی در مقایسه با میزان پسماند تولید شده در شهر رشت (۵۰۰ تا ۶۲۰ تن در روز تولید فعلی تا ده سال آینده).

در جدول (۱) خلاصه ای از این مقایسه نشان داده شده است.

قابل توجه است که در این جدول تکنولوژی هایی مانند پلاسما، پیرولیز و گازسازی به علت عدم وجود سابقه روشن و مناسب در زمینه بهره برداری موفق در زمینه پسماندهای شهری حذف شده اند.



شکل (۱): معیارها و روش بررسی تکنولوژی های استخراج انرژی از پسماند

جدول (۱): خلاصه بررسی تکنولوژی‌های تولید انرژی از پسماند و تناسب آنها برای شهر رشت

تکنولوژی مورد بحث	وضعیت تکنولوژی به لحاظ سابقه	حداقل ارزش حرارتی			حداقل ظرفیت عملی		
		شهر رشت KJ/Kg	مورد نیاز	امکان پذیری بالقوه	شهر رشت T/d	مورد نیاز T/d	امکان پذیری بالقوه
سوزاندن گاز محل دفن	موارد متواتر در دنیا و تجربه شده در ایران، امکان پذیر	وجود درصد بالای مواد آلی	کاربرد ندارد، وجود درصد بالای مواد آلی مناسب است.	امکان پذیر	۶۲۰/۵۰۰	کاربرد ندارد	امکان پذیر
هضم بی هوازی	تعداد زیادی نمونه با پسماند مخلوط و جدا شده در جهان، امکان پذیر	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد، وجود مواد آلی خالص مناسب است	امکان پذیر، به شرط جداسازی	۶۲۰/۵۰۰ و ۵۰۰/۴۰۰ آلی	۲۴	امکان پذیر، به شرط جداسازی
سوزاندن پسماند مخلوط	تعداد زیادی نمونه در جهان با ظرفیت و شرایط مشابه، امکان پذیر	۳۵۰۰	۶۰۰۰	ناممکن	۶۲۰/۵۰۰	۱۲۰	امکان پذیر
سوزاندن زباله در زباله سوز با سیستم بستر شناور	نمونه های زیاد در ژاپن اما خارج از ژاپن مورد استفاده نیست. ناممکن	۴۵۰۰	۶۰۰۰	ناممکن	۶۲۰/۵۰۰	۵۰	امکان پذیر
استفاده از سوخت با پایه پسماند RDF در کوره های سیمان	تعداد زیادی در سرتاسر جهان اما به علت عدم وجود مجتمع صنعتی در اطراف ناممکن	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	امکان پذیر	۱۲۵/۱۰۰	۲۵	امکان پذیر
تولید سوخت با پایه پسماند RDF	نمونه های زیاد در جهان و آلمان، امکان پذیر	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	امکان پذیر	۱۲۵/۱۰۰	۲۵	امکان پذیر
سوزاندن RDF در زباله سوزتوده سوز	تعداد محدودی نمونه مشابه ویژه سوزاندن RDF، امکان پذیر	۱۲۰۰۰-۱۵۰۰۰	۶۰۰۰	امکان پذیر	۱۲۵/۱۰۰	۸۰	امکان پذیر
سوزاندن RDF در زباله سوز با بستر شناور	دارای نمونه های محدود در دنیا و رو به گسترش، امکان پذیر	۱۲۰۰۰-۱۵۰۰۰	۶۰۰۰	امکان پذیر	۱۲۵/۱۰۰	۵۰	امکان پذیر

همانگونه که در جدول (۱) مشخص شده است تکنولوژی‌های ذیل برای تولید انرژی از پسماند مناسب تشخیص داده شده اند:

- استحصال گاز از محل دفن
 - هضم بی هوازی
 - تولید سوخت با پایه پسماند (RDF^۱)
 - کمپوست
 - سوزاندن سوخت با پایه پسماند در زباله سوزهای توده سوز
 - سوزاندن سوخت با پایه پسماند در زباله سوزهای با بستر شناور
- هضم بی هوازی: در هضم بی هوازی، مواد قابل تجزیه بیولوژیکی بوسیله یک سری از باکتری‌ها به متان و CO₂ تبدیل می‌شوند. گروه اول، مواد آلی بزرگ ملکول را به واحدهای کوچکتری مثل قند می‌شکنند، این مرحله به مرحله هیدرولیز معروف است. گروه دیگری از باکتری‌ها، این مواد کوچک مولکول را به اسیدهای چرب فرار (عمدتاً استات و به مقدار کمتر H₂ و CO₂) تبدیل می‌نمایند، که فرآیند اسید سازی نام دارد. آخرین گروه باکتری‌ها، (تولید کنندگان متان یا متانوژنرها) نیز از استات و هیدروژن CO₂، بیوگاز (متان و دی اکسید کربن) تولید می‌نمایند.
- زباله سوزی به روش توده سوزی: در این روش پسماند در یک کوره دارای بستر مشبک متحرک در اثر دمیدن هوای بسیار گرم از زیر بستر از بستر جامد به صورت مستقیم گاز آزاد می‌کند. گاز حاصله پس از جداسازی از بستر جامد مشتعل شده و می‌سوزد. این روش به علت اینکه مستقیماً از توده زباله، گاز آزاد کرده و اشتعال ایجاد می‌کند توده سوزی (Mass Burn) می‌گویند.
- زباله سوزی با بستر شناور: در این روش زباله خرد شده واز پیش فرآوری شده در اثر فشار هوا در گرمای فضای کوره معلق شده و در تماس با اکسیژن شعله ور می‌شوند. این روش عمومیت روش

توده سوزی را نداشته و تنها برای انواع خاصی از پسماندهای فرآوری شده به کار می‌رود.

استحصال گاز از محل دفن: در این روش با کارگذاری لوله‌ها با فواصل مناسب در توده دفن شده پسماند در محل دفن پسماندها، گاز حاصل از فرآیند بی هوازی (عموماً متان) به وسیله مکش کنترل شده، جمع‌آوری گردیده و پس از تصفیه (شامل رطوبت گیری و در صورت لزوم حذف سولفید هیدروژن) در مولدهای انرژی (عموماً موتورهای گازی - Gas engines) سوزانده می‌شود. تولید سوخت با پایه پسماند (RDF) سوخت با پایه پسماند بخشی از پسماند تولید شده صنعتی یا شهری است که دارای ارزش حرارتی بالایی بوده و با فرآیندهای مختلف مکانیکی از پسماند مخلوط جدا می‌شود. بخش جداشده سپس تحت اثر فرآوری‌هایی مانند خرد کردن، خشک کردن، متراکم کردن، ... قرار گرفته و مواد حاصل می‌توانند برحسب فرآوری انجام شده به عنوان سوخت در بویلرها یا کوره‌های سیمان و یا دیگر فعالیتهای تولید انرژی به کار روند. کمپوست: در این روش پسماندهای مخلوط به روش‌های مکانیکی (سرنده، آهنربا، جریان هوا ...) جداسازی شده و بخش فساد پذیر آن برای فرآیند کمپوست انتخاب می‌شود. مواد آلی جدا شده به روش‌های مختلفی هوا دهی شده تا سرعت تجزیه آنها افزایش یابد. برای بهینه کردن هوا دهی معمولاً پسماندها خرد شده و رطوبت آنها تنظیم می‌شود. پس از هوا دهی مواد تجزیه شده برای مدت نسبتاً طولانی انباشته می‌شوند تا تجزیه آنها کامل شود (کمپوست برسد) و سپس به عنوان کمک کود (Conditioner) مورد استفاده قرار گیرد. گزینه‌هایی با استفاده از ترکیبات مختلف از این تکنولوژی‌ها در نظر گرفته شده و در مرحله بعدی مقایسه می‌شوند.

1- Refused Derived Fuel



۳- بررسی وضع موجود مدیریت مواد زائد جامد شهر رشت

شهر رشت در مرکز استان گیلان و در منطقه شمال ایران قرار گرفته است. این شهر از شمال به دریای خزر و تالاب انزلی (تالاب بین المللی) ختم می‌گردد. جمعیت شهر بالغ بر ۵۰۰,۰۰۰ نفر می‌باشد و این جمعیت به علت حضور تعداد زیادی از مسافران داخلی در تعطیلات فصول بهار و تابستان، دارای تغییرات فصلی است.

مدیریت پسماندها در شهر رشت توسط دو ارگان انجام می‌شود:

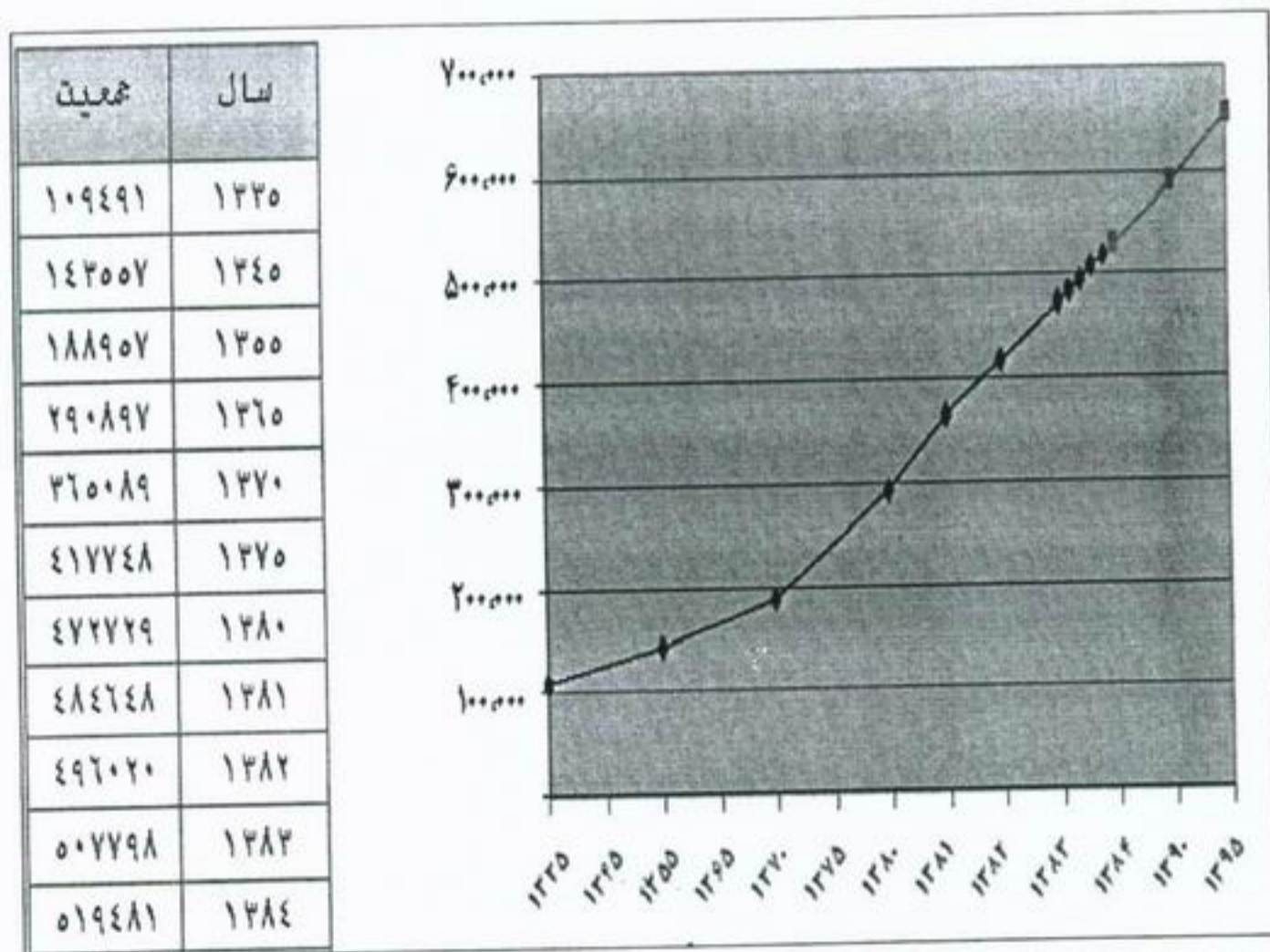
- سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری رشت
 - موسسه بازیافت و مدیریت پسماندهای جامد استان گیلان زیر نظر استانداری استان گیلان
- جمعیت شهر رشت در سال ۱۳۸۴، حدود ۵۲۰,۰۰۰ نفر تخمین زده شده است. نرخ زشد جمعیت بر اساس طرح جامع پسماند استان گیلان برای سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ برابر

با ۲/۱۲٪ در سال تعیین شده است که بر این اساس جمعیت شهر رشت در سال ۱۳۹۰ حدود ۵۸۹۰۰۰ نفر و در سال ۱۳۹۵ حدود ۶۵۴۰۰۰ نفر تعیین شده است (شکل ۲).

جمعیت شهر رشت در طول شبانه روز (شب و روز) و همچنین چندین ماه مختلف سال، دارای تغییرات می‌باشد.

جمعیت شهر رشت در طول روز حدود ۳۰٪ بیشتر از تعداد جمعیت در طول شب می‌باشد، فصل حضور مسافران، بیشتر ماه‌های فروردین تا شهریور می‌باشد که در طول این ماهها جمعیت شهر رشت در طول روز به حدود ۷۰۰/۰۰۰ تا ۸۰۰/۰۰۰ نفر هم می‌رسد.

بر اساس آمار منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مقدار تولید ناخالص ملی استان گیلان در سال ۱۳۷۹ برابر ۱۶۰۷۹/۶ میلیون ریال و در سال ۱۳۸۳ برابر با ۲۸۰۷۷/۹ میلیون ریال بوده است.



شکل (۲): نمایی از میزان جمعیت شهر رشت و پیش بینی این جمعیت برای سال های آینده

- بازار پایداری برای کمپوست در منطقه وجود ندارد.
- محل دفن سراوان از طریق راه یافتن شیرابه به آب های سطحی و زیرزمینی و انتشار کنترل نشده گاز به جو و تغذیه حیات وحش از محل دفن به محیط زیست آسیب می رساند.

۴- توسعه گزینه های ترکیبی

در این بخش ترکیبات مختلفی از گزینه های برشمرده شده مورد بررسی قرار گرفت و چهار ترکیب برای بررسی بیشتر، انتخاب گردید. در ترکیب تکنولوژی های مختلف معیار های ذیل مد نظر قرار گرفت:

- شرایط بهینه خوراک هر تکنولوژی با استفاده از بخش های متفاوتی از پسماند موجود تهیه می شوند. زباله سوزی تنها در صورتی بدون نیاز به کمک سوخت اتفاق می افتد که از بخشی از پسماند با ارزش حرارتی بالا استفاده شود، در حالی که بخش آلی و مرطوب مواد بهترین خوراک برای هضم بی هوازی محسوب می شود.

بر مبنای پیش بینی انجام شده برای میزان جمعیت و همینطور با در نظر گرفتن رشد تولید سرانه پسماند در شهر رشت پیش بینی برای کمیت و کیفیت پسماند در سال ۲۰۱۶ انجام شده که نتایج آن را به صورت مقایسه ای در جدول (۲) مشاهده می نمایید. در مورد وضعیت موجود مدیریت مواد زائد جامد در شهر رشت می توان موارد ذیل را به طور خلاصه برشمرد:

- هیچگونه فعالیتی در زمینه کاهش از مبدأ انجام نمی گیرد.
- هیچگونه فعالیتی در زمینه تفکیک از مبدأ انجام نمی گیرد.
- جمع آوری پسماند به صورت مخلوط و روزانه صورت می گیرد.
- ایستگاه های انتقال در شهر مورد استفاده قرار نمی گیرند.
- در محل دفن فعلی در سراوان هیچگونه کنترل زیست محیطی صورت نمی گیرد.
- بازیافت به صورت محدودی توسط بخش غیر رسمی به میزان ۵٪ تا ۷٪ صورت می گیرد.

جدول (۲): کمیت و کیفیت پسماند تولیدی در شهر رشت و پیش بینی آینده

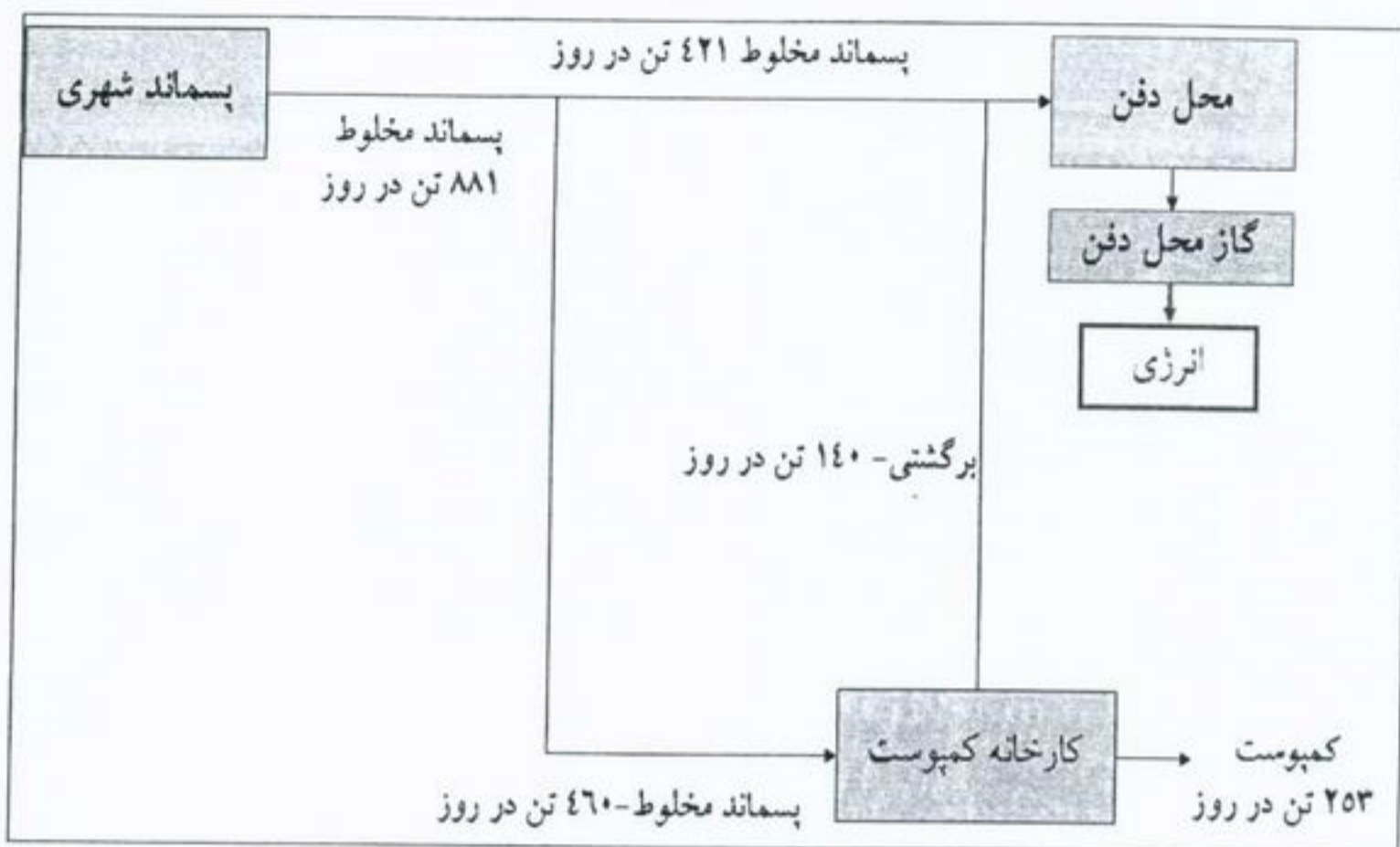
سال ۲۰۱۶	سال ۲۰۰۶	مشخصه
۶۵۴,۰۰۰	۵۲۰,۰۰۰	جمعیت
۶۷۴ تن در روز	۴۶۸-۵۲۰ تن در روز	میزان پسماند تولیدی در شهر رشت (تنها شهر رشت)
۵۰ تن در روز	۴۰ تن در روز	پسماندهای صنعتی، بیمارستانی، باغبانی
درصد وزنی	درصد وزنی	اجزا پس از برداشت دوره گردان
۷۷	۷۹	- فسادپذیر
۹/۸۰	۸/۵۰	- کاغذ و مقوا
۱۰	۹/۵۰	- پلاستیک
۰/۷۵	۰/۸۰	- چوب
۲/۴۵	۲/۲۰	- دیگر مواد



- اگرچه گاز آلی در محل دفن تنها از بخش فسادپذیر پسماند تولید می‌شود اما محل دفن می‌تواند جز در موارد استثنایی پذیرای تمامی اجزای پسماند باشد. لذا بخش‌هایی از پسماند که مناسب برای استفاده در دیگر تکنولوژی‌ها نیستند می‌توانند در محل دفن پذیرفته شوند.
- گزینه‌های مورد استفاده باید دامنه‌ای از گزینه‌های پیچیده تا ساده، گران تا ارزان، با تولید انرژی بالا تا تولید انرژی پایین، و گزینه‌هایی با حداکثر تا حداقل مطلوبیت زیست محیطی را تحت پوشش قرار دهند.
- با توجه به موارد فوق گزینه‌های مورد نظر برای بررسی بیشتر در مطالعات امکان‌سنجی به صورت ذیل تعیین شدند:
- استخراج گاز از محل دفن به تنهایی (گزینه ۱): این گزینه به مفهوم ادامه روند فعلی در شهر رشت خواهد بود با این تفاوت که تنها تولید انرژی به وضع موجود اضافه شده و حداقل معیارهای زیست محیطی مد نظر قرار خواهد گرفت.
- استخراج گاز از محل دفن و سوزاندن سوخت با پایه پسماند در زباله سوز (گزینه ۲): این گزینه یک گزینه میانه به لحاظ پیچیدگی و هزینه بوده و با اضافه کردن یک دستگاه زباله سوز جهت سوزاندن بخشی از پسماند با ارزش حرارتی بالا به گزینه یک حاصل می‌شود. این امر باعث افزایش تولید انرژی نسبت به گزینه (۱) شده و میزان استفاده از محل دفن را کاهش می‌دهد اما از سوی دیگر باعث افزایش پیچیدگی پروژه شده و هزینه‌ها را افزایش می‌دهد.
- هضم بی‌هوازی و سوزاندن سوخت با پایه پسماند (گزینه ۳): این گزینه پیچیده‌ترین گزینه مورد بررسی در گزارش است که حداقل استفاده از محل دفن و بیشترین میزان تولید انرژی را مورد نظر داشته است. این گزینه همچنین به عنوان گزینه با بیشترین هزینه در میان دیگر گزینه‌هاست.

- سوزاندن پسماند مخلوط به همراه کمپوست مواد آلی (گزینه ۴): استفاده از این گزینه به لحاظ حل مشکل دفع پسماند در شهر رشت در صورتی که امکان ساخت محل دفن در محدوده شهر وجود نداشته باشد پیش‌بینی شده است.
- ویژگی این گزینه تمرکز بر زباله سوزی با هدف کم کردن نیاز به محل دفن است. گزینه (۱) از سه بخش اصلی تشکیل شده است:
- محل دفن قدیم پس از بهسازی و نصب تجهیزات برای استخراج گاز از محل دفن و تولید انرژی
- یک محل دفن جدید و نصب تجهیزات تولید انرژی از محل دفن
- کارخانه کمپوست موجود
- انتخاب این گزینه به مفهوم ادامه روند فعلی در شهر رشت خواهد بود با این تفاوت که تنها تولید انرژی به وضع موجود اضافه شده و حداقل معیارهای زیست محیطی مد نظر قرار خواهد گرفت، ضمن اینکه برای ممکن ساختن بهسازی محل دفن موجود، محل دفن جدیدی مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت.
- در شکل (۳) شمای کلی جا به جایی مواد در گزینه (۱) مشاهده می‌گردد.
- گزینه (۲) از بخش‌های ذیل تشکیل شده است:
- محل دفن قدیم پس از بهسازی و نصب تجهیزات برای استخراج گاز از محل دفن و تولید انرژی
- یک محل دفن جدید و نصب تجهیزات تولید انرژی از محل دفن
- کارخانه کمپوست موجود
- یک پلانت جداسازی برای جداسازی مواد بازیافتی، اجزای با ارزش حرارتی بالا و مواد باقیمانده
- یک پلانت زباله سوز برای سوزاندن سوخت فرآوری نشده با پایه پسماند و تولید انرژی
- این گزینه یک گزینه میانه بین جایگزینی وضع

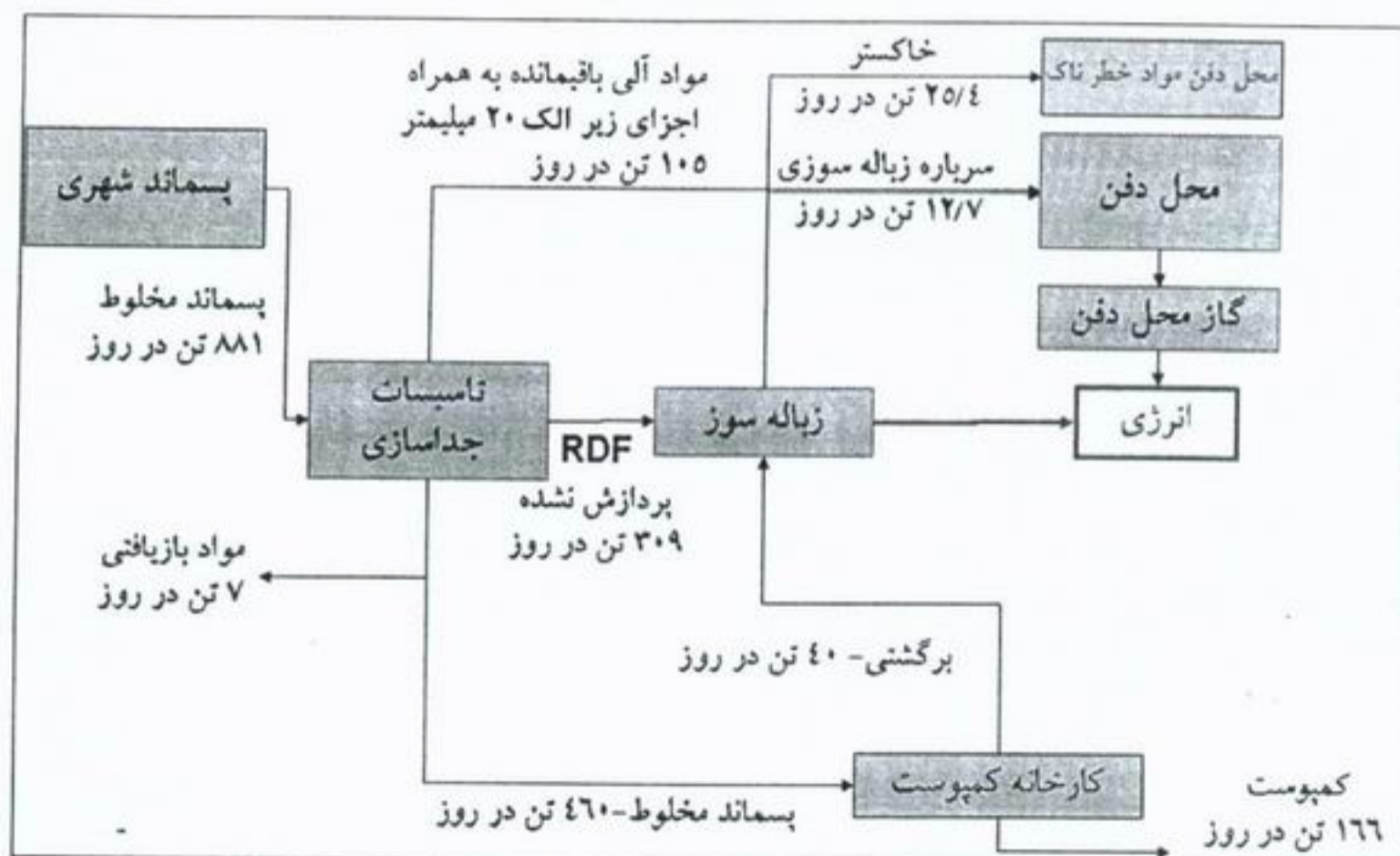




شکل (۳): شمای کلی چیدمان تکنولوژی‌ها و تعادل جرمی مربوطه برای گزینه (۱)

نشده و هزینه و سودهای احتمالی آن در گزینه‌ها منظور نخواهد شد. در شکل (۴) شمای کلی اجزای گزینه (۲) و جا به جایی مواد را در آن مشاهده می‌نمایید.

موجود با تکنولوژی‌های نوین و وضعیت موجود است. آنچه باید در این گزینه (و گزینه‌های دیگر) مد نظر قرار گیرد این است که کارخانه کمپوست موجود به عنوان بخشی از پروژه، در نظر گرفته



شکل (۴): نمودار شماتیک نحوه چیدمان تکنولوژی‌ها و تعادل جرمی مربوطه برای گزینه (۲)

در شکل (۵) شمای کلی اجزای گزینه (۳) و جا به جایی مواد را در آن مشاهده می نمایید. گزینه (۴) از اجزای اصلی ذیل تشکیل شده است:

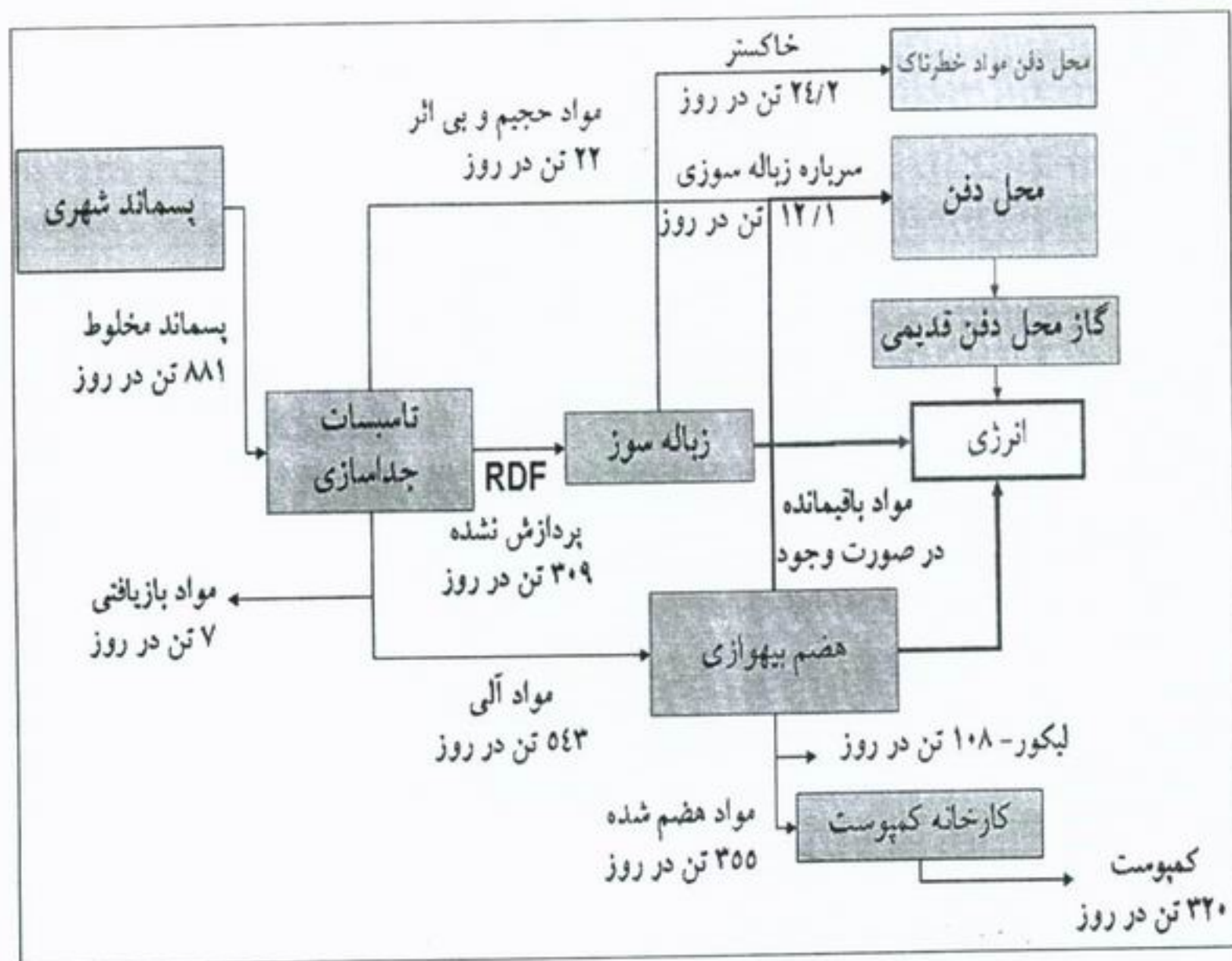
- بهسازی محل دفن قدیم و نصب تجهیزات برای استخراج گاز از محل دفن و تولید انرژی
 - ادامه کار کارخانه کمپوست موجود
 - یک پلانت جداسازی برای جداسازی مواد بازیافتی و مواد آلی برای فرآیند کمپوست
 - یک پلانت زباله سوز برای سوزاندن پسماند مخلوط
- در شکل (۶) شمای کلی اجزای گزینه (۴) و جا به جایی مواد را در آن مشاهده می نمایید.

۵- مقایسه گزینه‌ها و نتیجه گیری

با توجه به خط مشی انجام پروژه و ارائه خدمات مهندسی، می‌بایستی پس از تدوین گزینه‌ها، طراحی

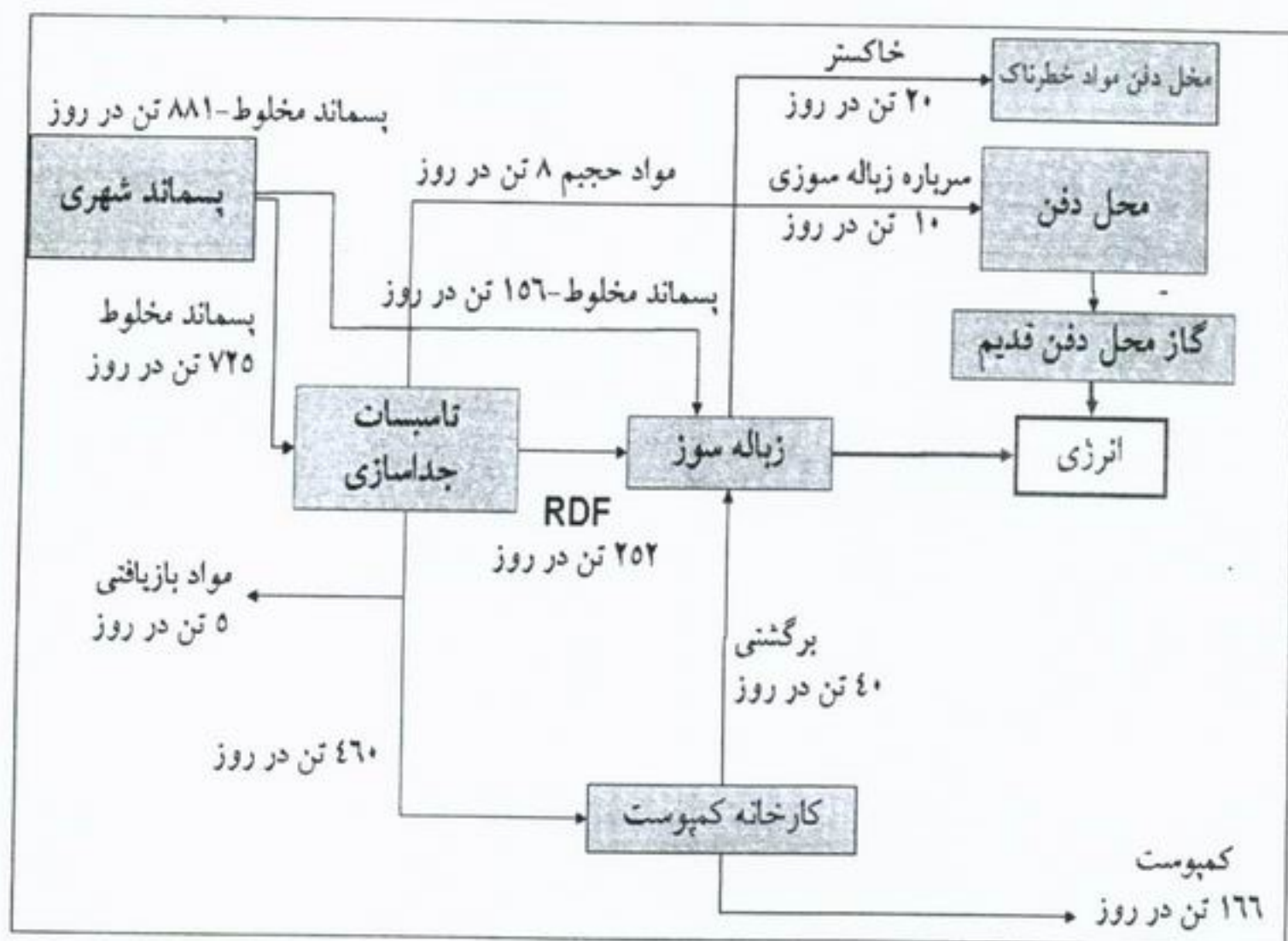
گزینه (۳) از فعالیتهای اصلی ذیل تشکیل شده است:

- بهسازی محل دفن قدیم و نصب تجهیزات برای استخراج گاز از محل دفن و تولید انرژی
- ساخت یک محل دفن جدید و نصب تجهیزات تولید انرژی از محل دفن
- ادامه کار کارخانه کمپوست موجود
- یک پلانت جداسازی برای جداسازی مواد بازیافتی، اجزای با ارزش حرارتی بالا و مواد باقیمانده
- یک پلانت زباله سوز برای سوزاندن سوخت فرآوری نشده با پایه پسماند و تولید انرژی
- یک پلانت هضم بی هوازی برای تولید گاز آلی و متعاقباً انرژی و مواد آلی هضم شده^۱ برای استفاده در کارخانه کمپوست.



شکل (۵): نمودار شماتیک نحوه چیدمان تکنولوژی‌ها و تعادل جرمی مربوطه برای گزینه (۳)





شکل (۶): نمودار شماتیک چیدمان تکنولوژی‌ها و تعادل جرمی مربوطه در گزینه (۴)

شهروندان دریافت گردد و یا از منابع عمومی تامین شود.

۲- با توجه به حجم بالای سرمایه گذاری (که از طرف بخش خصوصی یا دولتی انجام شود) نبود یک طرح جامع مدیریت پسماند که مدیران نسبت به آن متعهد باشند باعث افزایش ریسک سرمایه گذاری شده و جذب سرمایه گذار را مشکل می نماید، لذا لازم است که طرح جامع مدیریت پسماند شهر رشت در اسرع وقت جهت پشتیبانی استقرار سیستم های تولید انرژی از پسماند تدوین شود.

در خاتمه یادآوری می گردد، مباحثه و مقایسه (۴) گزینه شهر رشت در حال حاضر بین کارفرمای پروژه، شرکت فیشنر و این مهندسی مشاور در حال انجام می باشد و پس از نتیجه گیری نهایی و تعیین گزینه بهینه طراحی مقدماتی و تعیین مشخصات فنی تجهیزات انجام می گیرد.

مفهومی در حد مورد نیاز جهت امکان سنجی انجام گرفته و هزینه های سرمایه گذاری و بهره برداری هر گزینه (بدون احتساب هزینه های مربوط به کمپوست) محاسبه گردید. همچنین میزان انتشارات زیست محیطی هر یک از گزینه ها بررسی شده و عملکرد فنی گزینه ها نیز مورد مقایسه قرار گرفته اند. با توجه به هزینه تولید برق حتی در ارزانترین گزینه نیز چندین برابر تعرفه خرید ترجیحی ارائه شده توسط دولت بوده، لذا تنها با تکیه بر تعرفه ترجیحی دولت برای خریداری انرژی برق نمی توان تکنولوژی های موجود را (به صورت استاندارد) استقرار داد.

ذکر دو نکته در اینجا ضرورت دارد:

۱- برای جبران هزینه های استقرار تکنولوژی ها لازم است هزینه اضافی از طرف بخش عمومی (دولت یا شهرداری) پرداخت شود که این هزینه ها باید به صورت تعرفه از



[1] BC Berlin in Cooperation with Gueno, Tehran Landfill Preparation Study, 2004

[2] Feasibility study for WTE technologies in Iran, First interim report for Rasht city, Ghods Niroo Consulting Engineers in cooperation with Fichtner, 2006

[3] Feasibility study for WTE technologies in Iran, Second interim report for Rasht city, Ghods Niroo Consulting Engineers in cooperation with Fichtner, 2006

[4] EU Council, Council Directive 1999/31/EC on the Landfill of Waste, Official Journal of European Communities, April 1999

[5] municipal solid waste incineration, a decision making guide, T.Rand, Haukoul, U. Marxen, World bank publication, 2002

[6] Landfill gas-to-energy project development handbook, EPA-430-96-0004, 1996

آقای حسین غیائی نژاد دارای مدرک کارشناسی عمران و کارشناسی ارشد عمران - محیط زیست از دانشگاه تهران بوده و در حال حاضر دانشجوی دکتری محیط زیست در دانشگاه تهران می باشد. ایشان دارای ۱۰ سال سابقه کار بوده و مدت یکسال است که با قدس نیرو همکاری دارد. زمینه علاقمندی آقای غیائی نژاد مدیریت پسماند و طراحی با مصالح ژئوسینتتیک است.



قابلیت اضافه بار ترانسفورمرهای قدرت

کاوس قصبه

سرپرست گروه تخصصی برق - مدیریت ارشد مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده

ترانسفورمرهای قدرت قادر هستند تحت شرایط خاصی بار بیش از ظرفیت اسمی خود را تحمل کنند بدون اینکه از عمر مفید آنها کاسته شود. در این مقاله قابلیت اضافه بار ترانسفورمر روغنی براساس استاندارد IEC (مرجع ۱) مورد بررسی قرار گرفته و چگونگی استفاده از جداول ارائه شده در استاندارد تشریح می‌گردد.

۱- مقدمه

ترانسفورمرها قادر هستند با ظرفیت اسمی خود تحت شرایط استاندارد بطور دائم کار کنند و تحت این شرایط کاری، دارای طول عمر مفید خواهند بود که عمر نرمال^۱ نامیده می‌شود.

عمر ترانسفورمر عمدتاً توسط میزان فرسودگی عایق سیم پیچ آن تعیین می‌گردد و فرسودگی عایق نیز شدیداً به دمای کار بستگی دارد که فرسودگی حرارتی^۲ نامیده می‌شود. دمای کار عایق از مجموع دمای محیط و دمای داخلی ترانسفورمر تشکیل می‌گردد. دمای داخلی از گرمای ایجاد شده توسط تلف اهمی^۳ $R.I^2$ و تلف هسته حاصل می‌شود و لذا هنگام اضافه بار بر مقدار آن افزوده گردیده و باعث کاهش عمر مفید عایق می‌شود.

مطالعات زیادی جهت تعیین طول عمر دقیق عایق صورت گرفته و ادامه دارد ولی با توجه به اینکه نوع بهره برداری از ترانسفورمر نیز در تعیین آن دخیل است به نتیجه قابل قبول عمومی نرسیده است، ولی آنچه که برای ترانسفورمر روغنی مورد قبول واقع شده، قانون ۶ درجه است که براساس آن به ازاء هر ۶ درجه سانتیگراد افزایش دمای کار عایق، میزان فرسودگی آن دو برابر می‌گردد. براساس این قانون، استاندارد IEC میزان فرسودگی نرمال را مینا (Ipu) قرار داده و میزان نسبی فرسودگی

حرارتی^۳ عایق را نسبت به عمر نرمال تعیین می‌کند. دمای مورد استفاده در محاسبات، دمای نقطه داغ سیم پیچ^۴ (T_h) است که بالاترین دمای ممکن در داخل ترانسفورمر و عامل تعیین کننده اصلی قابلیت بار اسمی و اضافه بار ترانسفورمر می‌باشد.

۲- میزان نسبی فرسودگی حرارتی

جهت سادگی این فاکتور را ضریب فرسودگی می‌نامیم. همانطور که اشاره شد تعیین طول عمر دقیق ترانسفورمر مشکل است ولی ضریب فرسودگی آن با دقت کافی قابل محاسبه است. طبق مرجع ۱ عمر نرمال ترانسفورمر روغنی تحت شرایط کاری ذیل سپری می‌گردد:

• کار دائم با ظرفیت اسمی

• دمای نقطه داغ $T_h = 98^{\circ}C$

• دمای متوسط سالانه محیط $T_a = 20^{\circ}C$

در کار با شرایط فوق، ضریب فرسودگی برابر واحد است یعنی میزان فرسودگی حرارتی در عرض یک شبانه روز کاری برابر ۲۴ ساعت است. ضریب فرسودگی براساس رابطه ذیل تعریف می‌گردد:

$$V = \frac{\text{میزان فرسودگی بازاء } T_h}{\text{میزان فرسودگی بازاء } 98^{\circ}C} = 2^{(T_h - 98)/6} \quad (1)$$

1- Normal -Life

2- Thermal aging

3- Relative Thermal aging rate

4- Winding Hotspot Temperature



ساعت بر ضریب عمر بدست آمده و از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد.

$$H = 24 \times 2^{(98 - T_h)/6} \quad (2)$$

۳- محاسبه کاهش عمر

در صورتیکه ترانسفورمر در شرایط نرمال حرارتی ($T_h = 98^{\circ}\text{C}$) کار کند، کاهش عمر آن در اثر گذشت زمان (ساعت، روز و یا ماه) به ترتیب بصورت Normal hours, Normal days و یا Normal months بیان می‌شود. به عنوان مثال ترانسفورمری که یک ماه بصورت پیوسته تحت شرایط ($T_h = 98^{\circ}\text{C}$) کار کرده باشد معادل یک Normal months از عمر آن کاسته خواهد شد.

همانطور که قبلاً نیز گفته شد افزایش دمای نقطه داغ از 98°C در اثر اضافه بار و یا افزایش دمای محیط، منجر به افزایش میزان کاهش عمر نسبی^۱، و همچنین کاهش دمای نقطه داغ از 98°C در اثر کاهش بار و یا کاهش دمای محیط منجر به کاهش آن خواهد شد. در صورتیکه درجه حرارت محیط و بار یک ترانسفورمر در مدت زمان t ثابت باشد، میزان کاهش عمر نسبی در این مدت زمان t ، از رابطه $L = V \times t$ بدست می‌آید که در آن V ضریب فرسودگی ترانسفورمر است.

مثال (۱): اگر ترانسفورمر در طی شبانه روز بمدت ۱۰ ساعت با دمای نقطه داغ 104°C درجه سانتیگراد و بمدت ۱۴ ساعت با دمای 86°C درجه سانتیگراد کار کند، کاهش عمر آن چقدر است؟

مقدار V بازاء T_h های مختلف در ردیف ۲ جدول (۱) ارائه گردیده و مشاهده می‌شود که از قانون ۶ درجه استفاده شده است. محدوده کاری قانون ۶ درجه، بین ۸۰ الی ۱۴۰ درجه سانتیگراد است و ماکزیمم دمای نقطه داغ مجاز برای ترانسفورمرهای توزیع و قدرت متوسط برابر ۱۴۰ و برای ترانسفورمر قدرت بزرگ ۱۲۰ درجه سانتی گراد می‌باشد.

جدول (۱) نشان می‌دهد که ترانسفورمر می‌تواند در عرض شبانه روز برای مدت معینی اضافه بار گردد (کاهش عمر نرمال) مشروط براینکه در بقیه مدت با بار کمتر از اسمی کار کند (افزایش عمر نرمال). مقدار بار و مدت زمان تداوم آن می‌تواند به نحوی انتخاب گردد که ضریب فرسودگی برابر واحد گردد و به عبارت دیگر اضافه بار باعث کاهش عمر نرمال نگردد.

- مثال (۱): کارکرد ترانسفورمر در عرض شبانه روز با دمای داغ 110°C چگونه ارزیابی می‌شود. طبق جدول (۱)، ضریب فرسودگی بازاء $T_h = 110^{\circ}\text{C}$ برابر ۴ است، یعنی در یک شبانه روز کارکرد، ۴ روز از عمر نرمال روزانه خود را مصرف می‌کند.
- مثال (۲): کارکرد ترانسفورمر در عرض شبانه روز با دمای داغ 80°C چگونه ارزیابی می‌شود طبق جدول ۱، ضریب فرسودگی برابر ۰.۱۲۵ است، یعنی در کار شبانه روزی باندازه $0.125 \times 24 = 3$ ساعت از عمر نرمال روزانه خود را مصرف می‌کند. با توجه به مطالب فوق، می‌توان در ردیف ۳ از جدول ۱، ساعت اضافه بار مجاز در شبانه روز را ارائه داد که بازاء آن از عمر نرمال کاسته نمی‌گردد. این ساعت کار از تقسیم ۲۴

جدول (۱): تأثیر دمای نقطه داغ بر عمر ترانسفورمر

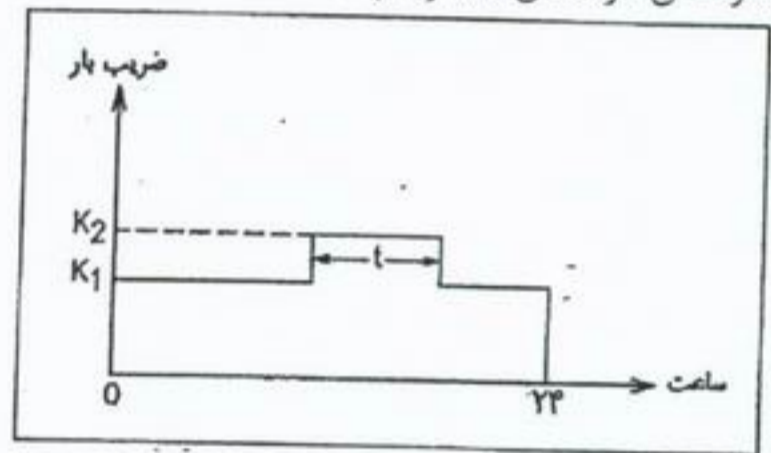
1	$T_h [^{\circ}\text{C}]$	80	86	92	98	104	110	116	122	128	134	140
2	$V[\text{pu}]$	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	16	32	64	128
3	$H[\text{Hour/day}]$	8×24	4×24	2×24	24	12	6	3	1.5	0.75	0.375	0.187
		افزایش عمر نرمال			عمر نرمال	کاهش عمر نرمال						

1- Relative Loss (or use) of life

محاسبه: طبق جدول ۱، بازاء دماهای 104°C و 86°C درجه ضریب فرسودگی بترتیب برابر ۲ و ۰/۲۵ می‌گردد و کاهش عمر برابر است با (Normal hours) ساعت $L = 10 \times 2 + 14 \times 0.25 = 23.5$ که معادل است با $\frac{23.5}{24} = 0.979$ Normal days عبارت دیگر از عمر مفید کاسته نمی‌گردد.

۴- تعیین اضافه بار براساس استاندارد IEC

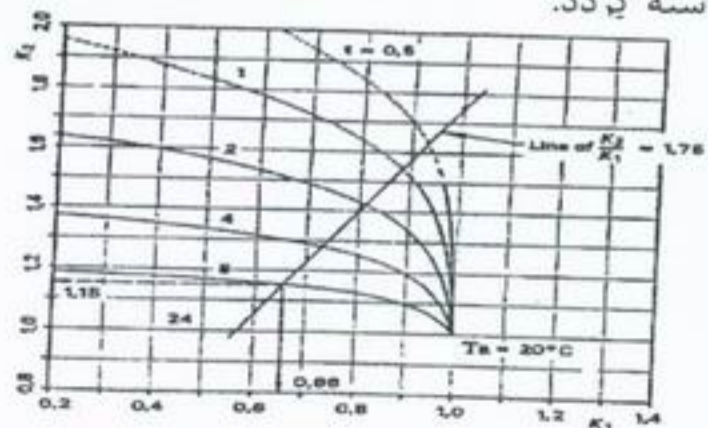
این استاندارد (مرجع ۱) طی جداولی تعیین مقدار اضافه بار را در دو حالت با و بدون کاهش عمر نرمال ارائه داده است. تغییرات بار در عرض شبانه روز بصورت سیکلیک دو مرحله‌ای انتخاب شده که نمونه آن در شکل (۱) رسم شده است.



شکل (۱): نحوه تغییرات بار برای محاسبات اضافه بار

۴-۱- تعیین اضافه بار بدون کاهش عمر نرمال

به کمک نمودارهایی که یک نمونه آن در شکل (۲) رسم شده است می‌توان حالات مختلف زیر را بررسی نمود بدون اینکه از عمر نرمال ترانسفورمر کاسته گردد.



شکل (۲): تعیین اضافه بار ترانسفورمر بدون کاهش عمر نرمال

- تعیین اضافه بار S_2 بامعلوم بودن t و K_1 و S_n
 - تعیین اضافه بار S_1 بامعلوم بودن t و K_2 و S_n
 - تعیین ظرفیت اسمی S_n بامعلوم بودن K_1 و K_2 .
- از آنجا که نوع خنک شوندگی، دمای محیط، و خصوصیات ترانسفورمر (توزیع، قدرت متوسط، قدرت بزرگ) در محاسبات مؤثر می‌باشند، لذا جداول مختلفی برای این پارامترها در استاندارد درج شده است.

• مثال (۱): مطلوبست تعیین اضافه بار مجاز یک ترانسفورمر توزیع روغنی برای مدت ۲ ساعت با خنک شوندگی نوع ONAN به مشخصات ذیل: $S_n = 2 \text{ MVA}$, $S_1 = 1 \text{ MVA}$, $T_a = 20^{\circ}\text{C}$ محاسبه: از شکل ۲ به ازاء $K_1 = S_1/S_n = 0.5$ و منحنی $t = 2$ ساعت مقدار $K_2 = 1.56$ قرائت می‌گردد، ولی حد مجاز آن $1/5$ است. اضافه بار بدون کاهش عمر برای ۲ ساعت در عرض شبانه روز برابر است با:

$$S_2 = K_2 \cdot S_n = 1.56 \times 2 = 3.12 \text{ MVA}$$

• مثال (۲): مطلوبست تعیین ظرفیت اسمی یک ترانسفورمر توزیع ONAN در دمای محیط 20°C به نحویکه بار 1750 KVA را به مدت ۸ ساعت و بار 1000 KVA را در بقیه ۱۶ ساعت تحمل کند. محاسبه: در شکل ۲ خطی به شیب $1750/1000 = 1.75$ رسم می‌کنیم از تلاقی این خط با منحنی $t = 8$ مقادیر $K_1 = 1.15$ و $K_2 = 0.66$ قرائت می‌گردد. توان اسمی برابر است با:

$$S_n = S_1/K_1 = 1000/0.66 = 1515 \text{ KVA}$$

$$S_n = S_2/K_2 = 1750/1.15 = 1522 \text{ KVA}$$

که می‌توان رقم 1520 کیلو ولت آمپر را اختیار نمود.

۴-۲- تعیین کاهش عمر و دمای نقطه داغ

بازاء هر اضافه بار دلخواه، می‌توان کاهش عمر و دمای نقطه داغ را تعیین کرده و معلوم نمود که آیا چنین شرایط کار، مجاز است یا خیر. در این مورد نیز تغییر بار در عرض شبانه روز بصورت سیکلیک دو مرحله‌ای (شکل ۱) اختیار گردیده است.



کاهش عمر نسبی L در دمای محیط 20 درجه، و رقم پایینی افزایش دمای نقطه داغ ΔT_h است. برای تعیین L در دمای محیط غیر از 20 درجه از ضرایب ارائه شده در بالای جدول استفاده می‌شود.

در جدول (۲) یک نمونه از جدول ارائه شده در مرجع [۱] جهت محاسبه کاهش عمر و دمای نقطه داغ رسم شده است.

همانطور که مشاهده می‌گردد بازاء K_1 و K_2 های مختلف، دو رقم ذکر شده که رقم بالایی میزان

جدول (۲) تعیین کاهش عمر و دمای نقطه داغ ترانسفورمر روغنی

Table 23 – OF medium and large power transformers: $f = 8$ h
Permissible duties and corresponding daily loss of life
(In "normal" days)

To determine whether a daily load diagram characterized by particular values of K_1 and K_2 is permissible and to evaluate the daily loss of life entailed, proceed as follows:

Ambient temperature	40 °C	30 °C	20 °C	10 °C	0 °C	-10 °C	-20 °C	-25 °C
Daily loss of life: Multiply the value given in the table below by the factor given here, then round off the result	10	3,2	1	0,32	0,1	0,032	0,01	0,0055
Hot-spot temperature: Add the hot-spot temperature rise given in the table to the ambient temperature. If the resulting hot-spot temperature exceeds the limit stated in table 1, the duty is not permissible.								

K_2	K_1	0,25	0,50	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
0,7		0,006 44	0,008 44	0,020 44								
0,8		0,017 54	0,023 54	0,034 54	0,065 54							
0,9		0,057 66	0,063 66	0,082 66	0,118 66	0,239 66						
1,0		0,223 78	0,238 78	0,273 78	0,324 78	0,469 78	1,00 78					
1,1		0,969 91	1,04 91	1,14 91	1,24 91	1,45 91	2,11 91	4,70 91				
1,2		4,95 106	5,17 106	5,53 106	5,82 106	6,31 106	7,37 106	10,7 106	24,8 106			
1,3		27,8 121	28,9 121	30,6 121	31,8 121	33,5 121	36,3 121	42,1 1121	60,7 121	147 121		
1,4		175 137	181 137	190 137	197 137	205 137	217 137	235 137	271 137	368 138	975 138	
1,5		1 240 155	1 280 155	1 330 155	1 370 155	1 420 155	1 490 155	1 570 155	1 700 155	1 950 155	2 780 155	7 230 155
1,6		9 790 173	+ 173	+ 173	+ 173	+ 173	+ 173	+ 173	+ 173	+ 173	+ 173	+ 173



آقای کاوس قصبه دارای فوق لیسانس مهندسی برق از آلمان (سال ۱۳۴۵) و دکترای مهندسی برق از انگلستان (سال ۱۳۵۳) می باشد. ایشان تا سال ۱۳۶۲ به تدریس در دانشگاه صنعتی شریف پرداخته و ۲۴ سال در شرکت قدس نیرو سابقه کار کارشناسی و سرپرستی دارد. زمینه فعالیت آقای قصبه، بطور کلی سیستم‌ها و تجهیزات برق نیروگاه بوده و زمینه تخصصی و علاقمندی ایشان ماشین‌های الکتریکی و ترانسفورمرها می باشد.

kghasabei@ghods-niroy.com

نگارنده از همکاری آقای مهندس محمد رضا رضائی در تهیه مقاله سپاسگزار است.

مثال (۱): مطلوبست تعیین دمای نقطه داغ و میزان کاهش عمر نسبی یک ترانسفورمر قدرت متوسط با سیستم خنک کنندگی OF هنگام کار تحت شرایط ذیل:

$$K_1=0.8, K_2=1.3, t=8h, Ta=30^{\circ}C$$

مجلسبه از جدول (۲)، ارقام $\Delta T_h = 121K$ ، $L = 31.8$ برای $Ta=20^{\circ}C$ قرائت می گردد. برای $Ta=30^{\circ}C$ ، ضریب 3.2 در جدول داده شده که نتیجه می دهد:

$$L = 31.8 \times 3.2 = 101.8 \text{ Normaldays}$$

یعنی به ازاء هر روز کار در شرایط فوق، به اندازه 101.8 روز از عمر نرمال کاسته می گردد. دمای نقطه داغ برابر است با:

$$T_h = \Delta T_h + Ta = 121 + 30 = 151^{\circ}C$$

که بعلت تجاوز از مقدار مجاز $140^{\circ}C$ ، مجاز بکار در شرایط فوق نمی باشد.

یادآوری می گردد که در مرجع ۲ قابلیت اضافه بار ترانسفورمر خشک بررسی گردیده و برای محاسبات از جداولی مشابه با آنچه در این مقاله آمده استفاده شده است.

۵- نتیجه گیری

۱- طول عمر دقیق ترانسفورمر مشکل است ولی عمر نسبی آن با دقت مناسبی تعیین می گردد.
۲- اضافه بار، مشروط بر اینکه ترانسفورمر برای مدتی در بار کمتر از اسمی کار کند باعث کاهش عمر مفید نمی گردد.

۳- کار ترانسفورمر روغنی با دمای نقطه داغ بیش از $98^{\circ}C$ ، باعث کاهش عمر مفید آن می گردد.

۶- مراجع

- 1- IEC 354,1991, Loading guide for oil-immersed power transformers
- 2- IEC 905, 1987, Loading guide for dry-type power transformers



بر آورد حجم رسوبات وارده به مخزن سد لتیان با استفاده از روش USACE

محسن معجزی

کارشناس ژئوتکنیک - مدیریت ارشد مهندسی سازه های آبی

مهدی رهبر

کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی

چکیده

ساخت سدها در مسیر آبراهه ها باعث انباشته شدن حجم عظیمی از رسوبات در داخل مخزن می گردد. این حجم رسوبات علاوه بر اینکه مشکلاتی برای سازه سد و دریچه های تخلیه تحتانی ایجاد می کند باعث کاهش عمر مفید سد و کاهش انتقال رسوب به نواحی پایین دست می گردد که در نتیجه آن قدرت فرساینده رودخانه در پایین دست افزایش می یابد.

سد لتیان در شمال شرقی شهر تهران واقع شده و از اهمیت ویژه اقتصادی و اجتماعی برای این شهر و مردم آن برخوردار است. این سد در منطقه ای شدیداً تکتونیکی ساخته شده به گونه ای که منطقه بشدت خرد شده و گسله می باشد و این مساله موجب افزایش فرسایش در حوضه آبخیز آن گردیده است. در این تحقیق علاوه بر تعیین خصوصیات سنگ شناسی و مورفولوژی حوضه آبخیز سد لتیان در برابر فرسایش، حجم رسوبات وارده به مخزن سد با استفاده از روش USACE¹ محاسبه شده است. نتیجه اینکه سالیانه حجم زیادی از رسوبات وارد مخزن سد می شود که تا حد زیادی متأثر از لیتولوژیهای سست حاکم بر منطقه است و چنانچه چاره ای برای آن اندیشیده نشود در آینده مشکل ساز خواهد شد.

۱- مقدمه

انباشت رسوبات در پشت سد عمر مفید این سازه های آبی را به مخاطره انداخته و سرمایه گذارهای عظیمی که برای اینگونه تاسیسات می شود با توجه به نقصان گنجایش ذخیره آب در اثر رسوبگذاری به هدر رفته و بی اثر می شود. در سدهاییکه برای تولید نیرو احداث می شوند پس از انباشتگی از مواد رسوبی، نگهداری آب در ارتفاع مناسب و تخلیه آن از طریق توربین ها ممکن نبوده و تولید نیرو را با اشکال مواجه می کند. در سدهای ذخیره ای برای آب کشاورزی، به علت رسوبگذاری در فصول غیر ضروری آب بصورت جریان از سرریزها هدر

رفته، و به دنبال آن به کشاورزی و تولیدات مربوطه آسیب وارد می شود. در سدهایی که با هدف کنترل سیلابها ساخته می شوند معمولاً محاسبات و طراحی به گونه ای است که طغیانهایی با دوره بازگشت مشخص (بر اساس آمار فرضاً ۲۰۰ و یا ۱۰۰۰ ساله) را بتواند مهار نماید. هر قدر میزان رسوبگذاری در مخزن افزایش یابد، طغیانهای با تناوب زمانی کوتاهتری را می تواند کنترل کند و بنابراین خسارات جانی و مالی افزایش می یابد. علاوه بر مواردی که در بالا به آنها اشاره شد، مشکلاتی

1- United States Army Corp of Engineering



۲- محاسبه بار رسوبی با استفاده از روش

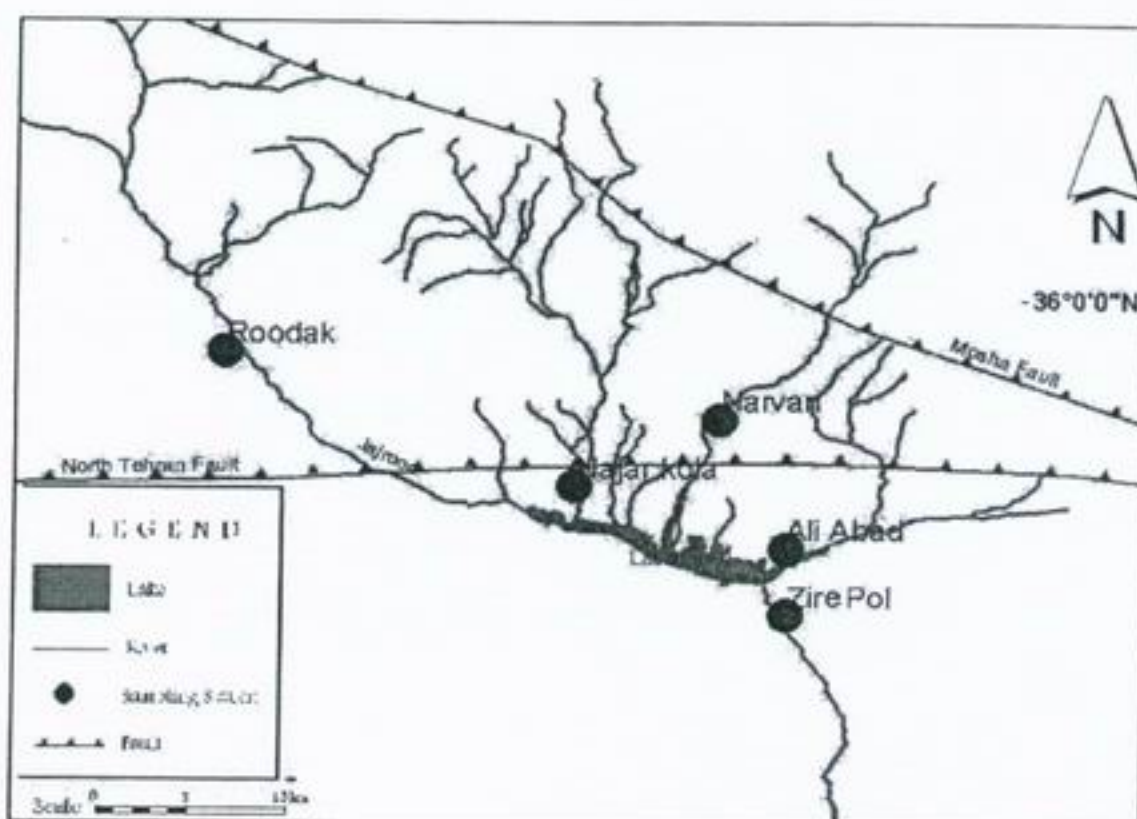
USACE

سد لتیان نیز همانند بسیاری از سدهای جهان با پدیده رسوبگذاری روبروست. برای محاسبه میزان رسوب به جای مانده در مخزن سد و تعیین بازده به دام اندازی سد می توان از آمار ایستگاههای هیدرومتری بهره برد. به این ترتیب که در این تحقیق با داشتن آمار بار معلق و دبی های لحظه ای در چهار ایستگاه ورودی بر روی شاخه های جاجرود، لوارک، افجه و گلندوک و یک ایستگاه خروجی در پایین دست سد (شکل ۱)، میزان بار رسوبی سالانه وارده توسط هر یک از شاخه ها به سد محاسبه و با هم جمع شده و از میزان رسوبات سالانه محاسبه شده در ایستگاه خروجی کم می شود. در نهایت میزان رسوبات سالانه به دام افتاده در مخزن سد بدست خواهد آمد. در این نوشتار برای محاسبه بار رسوبی هر یک از آبراهه ها از روش USACE استفاده شده است که مراحل آن به شرح ذیل می باشد:

از قبیل انباشته شدن رسوب در پشت دریچه های تخلیه تحتانی و از کار افتادگی آنها، موجب افزایش قدرت فرساینده رودخانه در پایین دست، جلوگیری از عدم انتقال رسوب به اراضی پایین دست و از بین رفتن حاصلخیزی آنها می شود که اتلاف سرمایه های کلان ملی را در پی دارد.

در این تحقیق ابتدا تئوری محاسبه رسوب به روش USACE شرح داده شده و سپس خصوصیات سنگ شناسی و مورفولوژی حوضه آبخیز سد لتیان در برابر فرسایش بیان می شود. در ادامه با استفاده از روش USACE حجم رسوبات مانده در مخزن سد لتیان بر اساس آمار موجود از زمان ساخت سد تا سال ۱۳۸۰ محاسبه می شود.

بر اساس این روش مقدار رسوبات ورودی به مخزن سد محاسبه شده و از مقدار رسوبات خروجی حاصل از ایستگاه خروجی کسر گردیده و به این ترتیب حجم رسوبات برجای مانده در مخزن سد به دست می آید.



شکل (۱): موقعیت مکانی ایستگاههای هیدرومتری و کیفیت آب

گام اول: ترسیم مقادیر بار معلق رودخانه

بر حسب دبی های عبوری

در این مرحله بار معلق اندازه گیری شده در رودخانه بر حسب دبی های عبوری در هنگام اندازه گیری، بر روی کاغذ لگاریتمی ترسیم می شود و چنانچه نقاط حاصل، پراکندگی قابل ملاحظه ای از یکدیگر داشته باشند، باید نتایج بر حسب ماهها یا فصلهای اندازه گیری گروه بندی شوند.

همچنین نتایج حاصل از اندازه گیری های انجام شده در مواقع سیلابی نیز باید جداگانه تحلیل شوند.

گام دوم: تعیین معادله سنجه رسوب

بر اساس منحنی حاصل از گام اول

مقایسه ای که توسط مور و بوچ بر روی آبراهه های طبیعی و غلظت مواد معلق در آنها به عمل آمد نشان داد که نرخ انتقال مواد معلق (نرخ فرسایش) با دبی آبراهه متناسب است. لذا یکی از متداولترین ابزارهای ارزیابی دبی مواد رسوبی در رودخانه ها، منحنی های سنجه رسوب می باشند.

شکل کلی یک معادله سنجه رسوب به صورت زیر است:

$$Q_s = aQ_w^b \quad (1)$$

که در آن، Q_w دبی آبراهه (بر حسب m^3/sec)، Q_s دبی وزنی مواد معلق (بر حسب ton/day) و a و b ضرایب ثابت می باشند. این منحنی ها بر اساس اندازه گیری های انجام شده در رودخانه ها به دست می آیند، به این صورت که متناظر با هر دبی خاص در رودخانه، غلظت مواد رسوبی حمل شده توسط آب اندازه گیری می شود. با مشخص کردن نقاطی که طول و عرض مختصات آنها به ترتیب دبی آب (Q_w) و دبی مواد رسوبی (Q_s) است، بر روی دستگاه

مختصات لگاریتمی و برازش بهترین خط از نقاط مذکور، معادله سنجه رسوب به دست می آید. با توجه به شکل کلی معادله سنجه رسوب می توان نوشت:

$$\text{Log} Q_s = \text{Log} a + b \text{Log} Q_w \quad (2)$$

شیب خط حاصل از برازش بر نتایج اندازه گیری غلظت مواد معلق، معرف ضریب b و عرض از مبدأ این خط معرف $\text{Log} a$ است. بدین ترتیب ضرایب a و b محاسبه شده و معادله فوق کامل می شود.

گام سوم: ترسیم منحنی دوام جریان

در این مرحله بر آمار سیلابها و دبی های اندازه گیری شده منحنی دوام جریان ترسیم می شود، چنانچه دبی رودخانه از توزیع کرانه گامبل تبعیت کند آنگاه:

$$Q = \bar{Q} + k_T SQ \quad (3)$$

که در آن، \bar{Q} متوسط دبی در کل دوره آماری، SQ انحراف معیار دبی ها در طول دوره آماری و k_T فاکتور تناوب است. فاکتور تناوب از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$k_T = -0.7797 \left[0.5772 + \ln \left(\ln \frac{T_Q}{T_Q - 1} \right) \right] \quad (4)$$

که در این رابطه، T_Q دوره بازگشت دبی مورد نظر است و از رابطه زیر به دست می آید:

$$T_Q = \frac{1}{P_Q} \quad (5)$$

که P_Q احتمال وقوع دبی مورد نظر می باشد [۳].

به این ترتیب احتمال وقوع دبی های متوسط سالیانه به دست می آید، چنانچه دبی بر حسب m^3/sec در مقابل درصد احتمال وقوع، ترسیم شود منحنی دوام جریان رودخانه به دست خواهد آمد.



گام چهارم: تنظیم جدول برآورد مقادیر رسوب به روش (USACE)

برای این منظور یک جدول در هفت ستون بصورت زیر تهیه می‌شود:

الف) ستون اول، شامل گروه های دسته بندی شده مقادیر احتمال وقوع از صفر تا ۱۰۰٪ است.

ب) ستون دوم جدول، تفاضل مقادیر حد بالا و پایین را نشان می‌دهد.

ج) ستون سوم جدول، مقادیر متوسط حد بالا و پایین ستون اول است.

د) ستون چهارم شامل مقادیر دبی آبراهه است. مقادیر این ستون متناظر با احتمال وقوع های ستون سوم جدول می‌باشد و از منحنی دوام جریان بدست می‌آید.

ه) ستون پنجم، مقادیر دبی رسوب متناظر با دبی های ستون چهارم را مشخص می‌کند، که از معادله سنج رسوب و بر اساس مشاهدات واقعی، بر حسب دبی آبراهه (ستون چهارم) بدست می‌آید.

و) ستون ششم، حاصلضرب ستون دوم در ستون چهارم است و مجموع ارقام این ستون، متوسط دبی آبراهه را مشخص می‌کند.

ز) ستون هفتم نیز حاصلضرب ستون دوم در ستون پنجم است و مجموع ارقام این ستون متوسط آورد رسوب آبراهه می‌باشد.

گام پنجم: بار بستر و بازده به دام اندازی

الف) محاسبه بار بستر با استفاده از معادلات ارائه شده یا بهره گیری از نتایج آزمایشهای صحرایی می‌باشد و چنانچه اطلاعات کافی در دسترس نباشد به صورت درصدی از بار معلق در نظر گرفته می‌شود.

ب) بار رسوبی یک جریان شامل کانیهای محلول و رسوب آواری است، تقریباً تمام

رسوب آواری حمل شده توسط یک رود، در دلتا و در منتهی الیه بالایی مخزن ته نشین می‌شود. بازده به دام اندازی یا به عبارتی درصد رسوبات آواری به دام افتاده در بیشتر مخازن حدود ۱۰۰٪-۹۰٪ است. در حین پر شدن مخزن برخی از جریانات آشفته باعث می‌شوند که واریزه های معلق از سد دور شوند و در نتیجه بازده به دام اندازی کاهش یابد. بازده به دام اندازی در مخازن بزرگ دارای جریان کوچک، بیشترین و در مخازن کوچک دارای جریان بزرگ، کمترین مقدار است. چون گنجایش مخزن با تداوم رسوبگذاری کاهش می‌یابد، بازده به دام اندازی نیز با گذشت زمان کاهش می‌یابد.

قابلیت به دام اندازی^۱ (TE) یک مخزن خاص را می‌توان بر حسب نسبت بین درونریز رسوبی به برونریز رسوبی بصورت زیر محاسبه نمود:

$$TE = \frac{S_i - S_o}{S_i} \quad (۶)$$

در اینجا S_i حجم رسوبی است که در مدت یکسال به مخزن وارد می‌شود و S_o حجم رسوبی است که در طول یکسال از سد خارج می‌شود [۷].

اگر سد تنها به این منظور ساخته شده باشد که بخش عمده سیلاب سالانه را از خود عبور دهد و ذخیره زیادی نداشته باشد، بازده به دام اندازی بسیار کم خواهد بود. بر عکس در حوضچه های رسوبگیر بازده بدام اندازی بسیار بالا و تقریباً نزدیک ۱۰۰٪ است.

بازده بدام اندازی طرح پیشنهادی یک مخزن را می‌توان قبل از ساخت آن بطور تقریبی با تقسیم C گنجایش مخزن طراحی شده (برحسب مترمکعب) بر ورودی تخمینی سالیانه آب «I» (برحسب متر مکعب) برآورد نمود. این نسبت

1- Trap Efficiency

C/I را می توان با منحنی خاصی مقایسه کرد و به این ترتیب یک بازه بدام اندازی تقریبی به دست آورد. با داشتن اطلاعات فوق می توان عمر مفید مخزن «R_L» را تخمین زد [۷].

$$R_L = \frac{C}{S_i + TE} \quad (7)$$

۳- خصوصیات معمول سنگ شناسی

و مورفولوژی منطقه در برابر فرسایش

حوضه آبریز سد لتیان متشکل از کوههای مرتفع و دره های عمیق است که نشان از جوان بودن رشته کوههای البرز مرکزی دارد. پوشش گیاهی منطقه به صورت مرتع و جنگل در ارتفاعات و باغ، مزرعه و جنگل در دره رودخانه ها به چشم می خورد. حوضه مذکور از تنوع سنگ شناسی بالایی برخوردار است. این سنگ شناسی ها گستردگی متفاوتی را دارا هستند که بسیاری از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیکی حوضه را تحت تاثیر قرار می دهند. سنگ شناسی های عمده حوضه عبارتند از: توف، ماسه سنگ، شیل، سنگ آهک، آندزیت، بازالت، مارن، کنگلومرا و ... از این میان با آنکه مارن و شیل گستردگی زیادی ندارند بیشترین نقش و اهمیت را از لحاظ ایجاد مشکلات مهندسی و مورفولوژیکی در منطقه دارا می باشند.

توفها یکی از گسترده ترین سنگ شناسیهای حاکم در منطقه می باشند و این واحدهای سنگی دارای پراکنش زیاد در زیر حوضه های امامه، ارتفاعات ۳۰۰۰ تا ۳۲۰۰ حوضه لوارک، بخش جنوبی و شمالی زیر حوضه افجه، قسمت های شمالی زیر حوضه گرمابدره و بخش شرقی ارتفاعات توچال در زیر حوضه آهار و بخش شمالی و پرشیب زیر حوضه میگون (توف شیلی) هستند. همچنین حدود ۹۰٪ از

سطح زیر حوضه کند را توفهای آهکی تشکیل می دهند. عمده کنگلومراهای منطقه را دو سازند فجن و هزار دره تشکیل می دهد. کنگلومرای میوسن که خمیره آن اغلب رس ماسه ای است [۶] در زیر حوضه رسنان و تا نزدیکی های سد لتیان امتداد دارد که در این امتداد به دلیل سست بودن خمیره آن و عدم مقاومت یکنواخت در برابر عوامل فرسایش دهنده بسهولت از هم پاشیده می شوند و در معرض آبهای جاری قرار می گیرند. گسترش زیاد دانه های رسوبی این کنگلومرا در امتداد رودخانه لوارک این ادعا را ثابت می کند. همچنین در شرق سد لتیان تشکیلات آهکی با شیب متوسط و نیز کنگلومرای پلیوسن وجود دارد که در مرکز آن طبقات مارن ماسه ای میوسن همراه با کنگلومرا دیده می شود که اکثراً باعث ظهور پدیده حرکت توده ای و زمین لغزش شده و در مواقع سیلابی توسط جریان آب به پشت سد حمل می شود.

شیلها نیز بخشی از سنگ شناسی منطقه را به خود اختصاص داده اند. شیل های قهوه ای رنگ در حوالی روستای امامه پایین به صورت نوار باریکی با جهت شرقی- غربی دیده می شوند. از عوامل عمده فرسایش این شیلها لایه بندی نازک و همبری بین کنگلومرای قرمز از یک سو و مارنهای قرمز و ارغوانی از سوی دیگر است. از طرف دیگر واحد های شیل و ماسه سنگ در شمالی ترین قسمت حوضه امامه دیده می شود که به علت مقاوم نبودن این سنگها و شیب زیاد آنها، لغزشهایی بر روی آنها دیده می شود و بنابراین فرسایش این شیلها نیز زیاد است. عمده مارنهای موجود در منطقه را سازند قرمز بالایی و فجن تشکیل می دهند که در بخش مرکزی و شمالی زیر حوضه لوارک در بخش جنوبی زیر حوضه امامه و شمالی زیر



حوضه کند و بخش شمالی زیر حوضه افجه و بطور پراکنده در نقاط مختلف حوضه آبریز لتیان دیده می‌شود. لایه بندی این مارنها ظریف و ریز بوده و به آسانی قابل حمل می‌باشند. در بخش شمالی حوضه امامه و در ضلع غربی حوضه کند، مارنها دارای لایه بندی منظم با ضخامت حداکثر ۶۰ سانتیمتر بوده که به صورت تناوبی از لایه های نازک توفهای خاکستری رنگ و شیلهای قهوه ای دیده شده اند و در زیر طبقات مارن آهکی قرار دارند. همچنین طبقات مارن ماسه ای که به صورت کمربندی در ارتفاعات زیر حوضه برگ جهان گسترش دارد در برابر بارانهای مداوم به سرعت از آب اشباع می شوند و قابلیت تحرک زیادی پیدا می کنند.

۴- بر آورد حجم رسوبات موجود در مخزن سد لتیان

۴-۱- تعیین معادله سنجه رسوب

مطابق گام اول و دوم متدولوژی انجام کار، منحنی سنجه رسوب برای چهار ایستگاه

ورودی و یک ایستگاه خروجی جریان ترسیم می‌شود (شکل ۲). لازم به ذکر است که آمار ایستگاه های هیدرومتری از پنج ایستگاه ثابت سازمان آب منطقه ای تهران و وزارت نیرو (جدول ۱) اخذ گردیده است.

۴-۲- ترسیم منحنی های دوام- جریان

در این مرحله نیز منحنی های دوام - جریان پنج ایستگاه مورد نظر ترسیم می گردد (شکل ۳).

۴-۳- جدول بر آورد مقادیر رسوب به روش

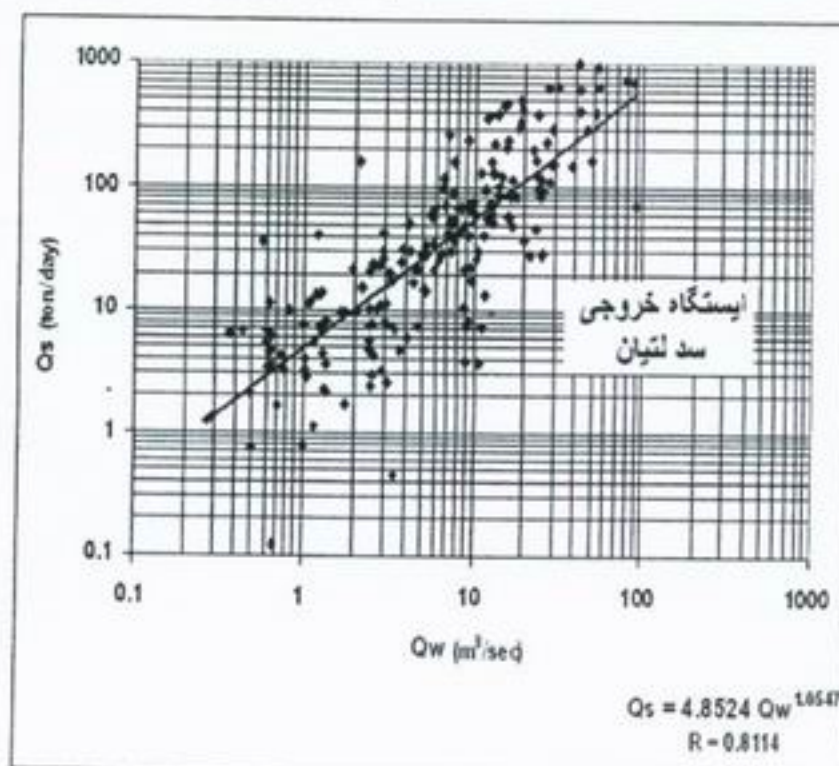
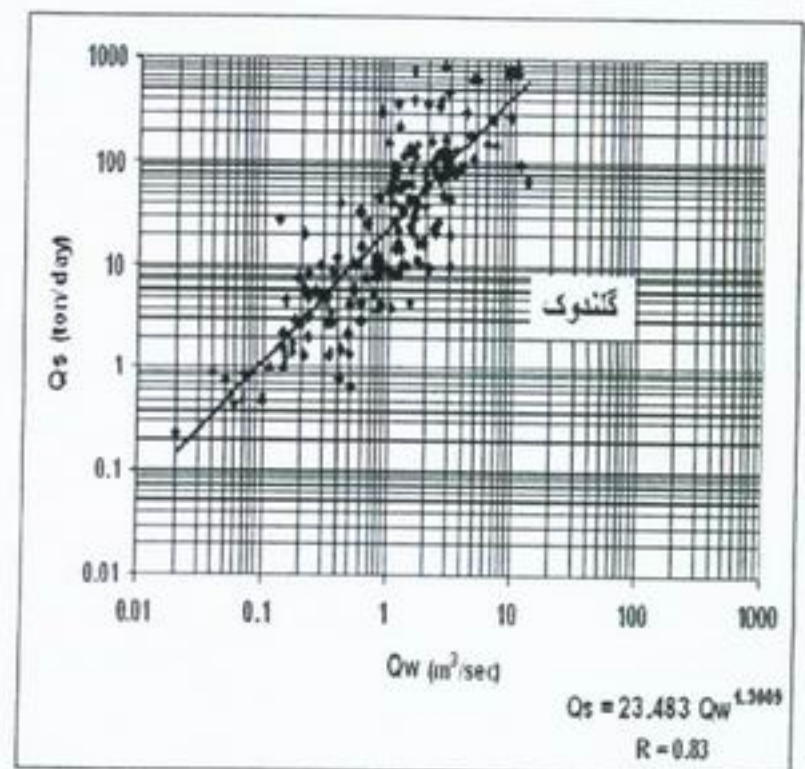
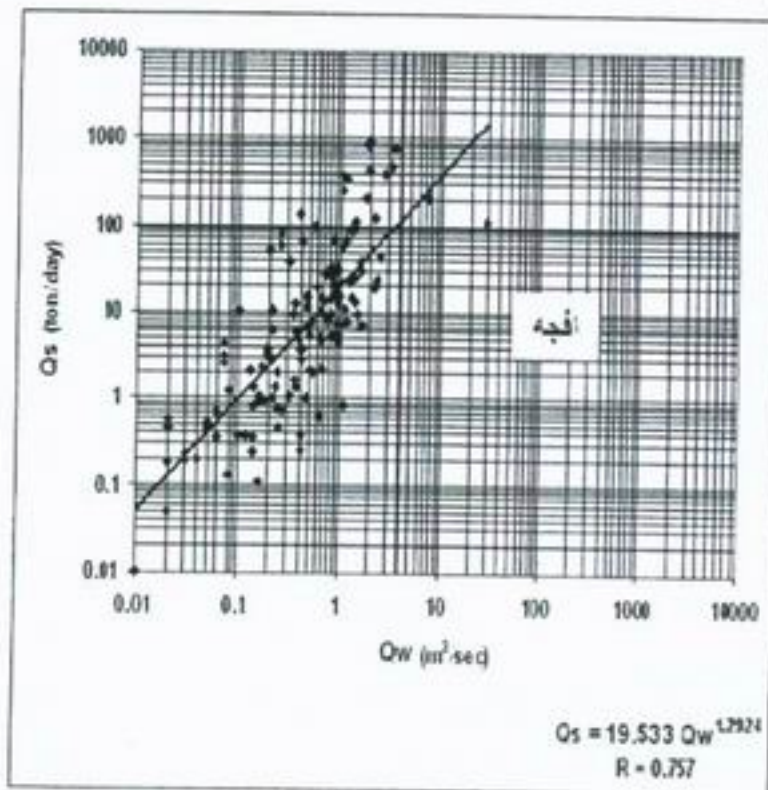
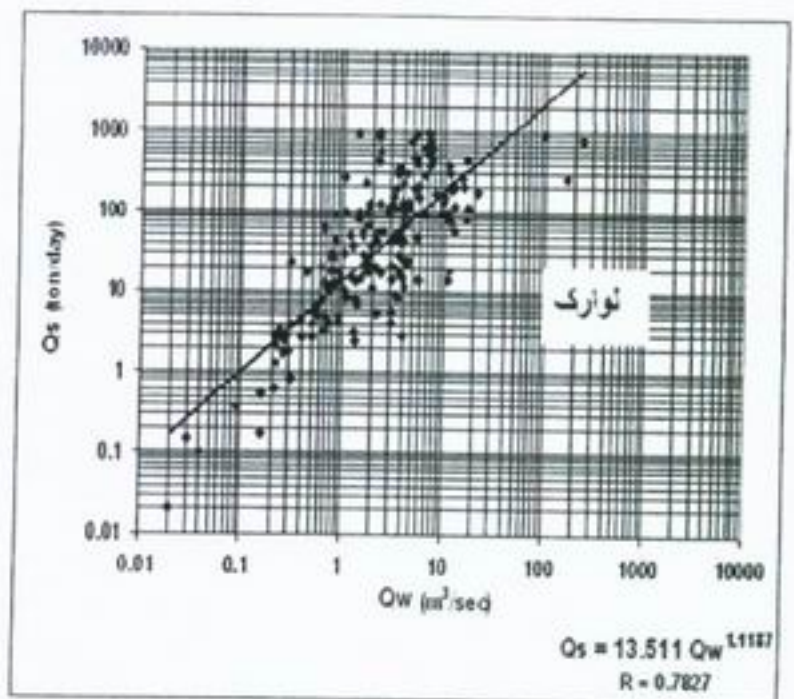
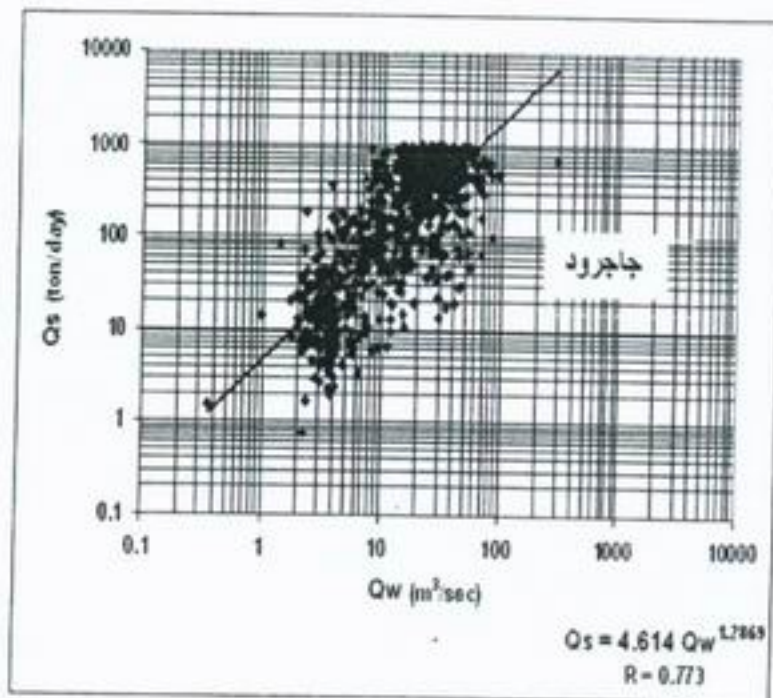
USACE

مطابق گام چهارم روش انجام کار، جدول بر آورد مقادیر رسوب برای ایستگاههای مورد نظر تنظیم می‌شود. لازم به ذکر است که بار بستر به صورت درصدی از بار معلق می باشد که در ایستگاههای هیدرومتری مختلف به دست آمده است [۹]. در نهایت از تفاضل حجم رسوبات ورودی به حجم رسوبات خروجی، مطابق جدول شماره ۲ حجم رسوبات بر جای مانده در مخزن به دست می آید که تقریباً برابر با $1.002 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ می باشد.

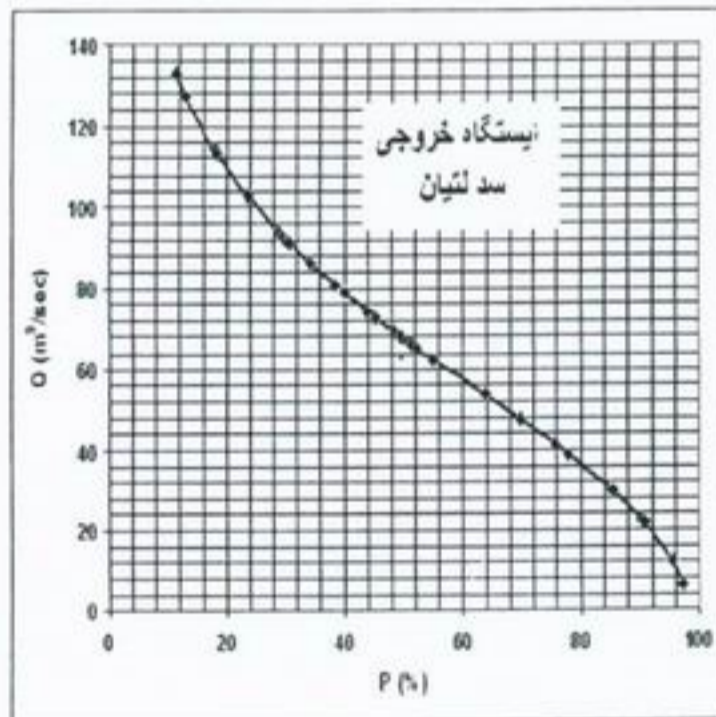
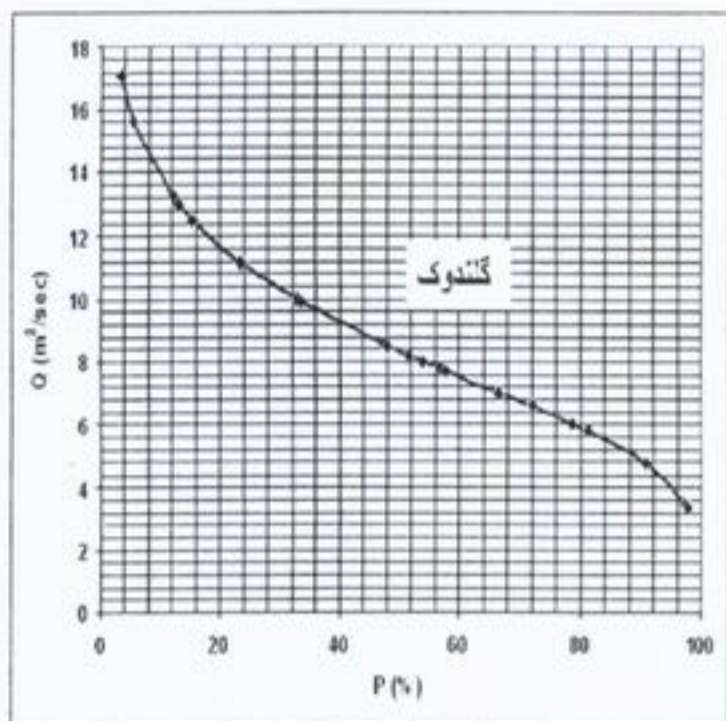
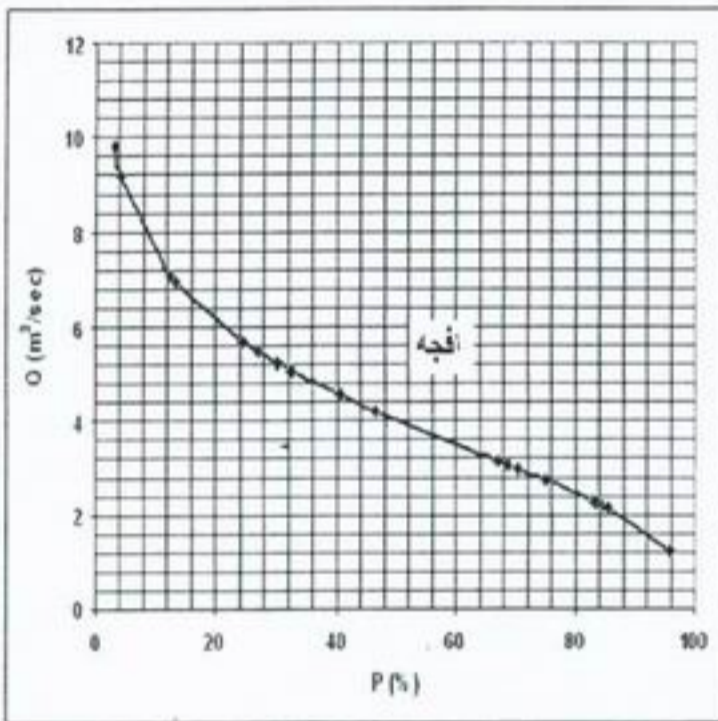
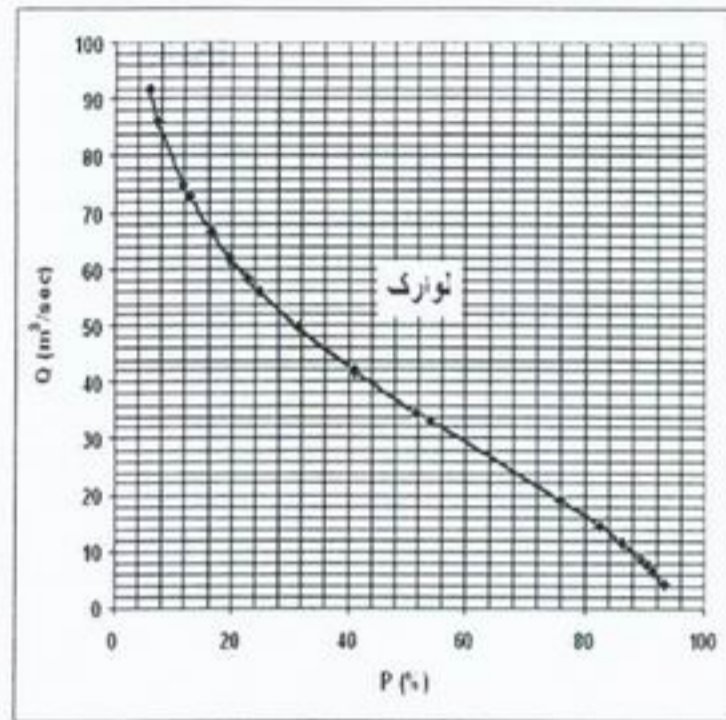
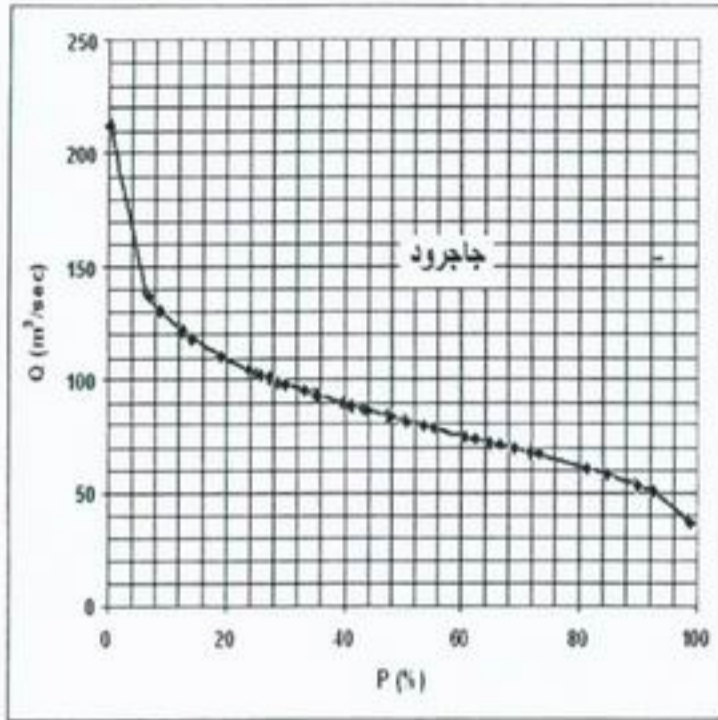
جدول (۱): موقعیت و خصوصیات ایستگاههای هیدرومتری و کیفیت آب

ایستگاه	رودخانه	طول (degree/min)	عرض (degree/min)	ارتفاع (m)	سطح حوضه (km ²)
رودک	جاجرود	51 - 33	35 - 51	1690	416
علی آباد	لوراک	51 - 41	35 - 48	1600	103
نارون	افجه	51 - 40	35 - 50	1750	30
نچار کلا	گلندوک	51 - 38	35 - 49	1700	59
زیر پل	خروجی سد لتیان	51 - 41	35 - 47	1560	710





شکل (۲): نمودار و معادله سنجه رسوب برای ایستگاه های رودک بر روی رودخانه جارجرد، علی آباد بر روی رودخانه جارجرد، نارون بر روی رودخانه افجه، نجارکلا بر روی رودخانه گلندوک و ایستگاه زیر پل در محل خروجی سد



شکل (۳): منحنی دوام- جریان برای ایستگاه های رودک بر روی رودخانه جاجرود، علی آباد بر روی رودخانه جاجرود، نارون بر روی رودخانه افجه، نجارکلا بر روی رودخانه گلندوک و ایستگاه زیر پل در محل خروجی سد

بازده به دام اندازی سد لتیان برابر با ۸۴/۴٪ و عمر مفید آن ۹۵ سال به دست آمد که این رقم در مقایسه با عمر مفید واقعی سد از زمان اولین آبیگری ۷۶ سال است. لازم به ذکر است این عمر اعلام شده در صورتی صحیح است که از زمان اولین آبیگری هیچگونه اقدامی برای خارج ساختن رسوبات و لایروبی مخزن انجام نشده باشد.

۵- کنترل رسوب

روشهای کنترل رسوب را می توان به دو قسمت، کنترل رسوب با کاهش فرسایش، کنترل رسوب در مرحله طراحی سازه و کنترل رسوب در حین بهره برداری تقسیم کرد. در ادامه این قسمتها معرفی می شوند.

۵-۱- کنترل رسوب با کاهش فرسایش

یکی از اصلی ترین اقدامات برای کنترل رسوبات آبخیز داری است. منظور از آبخیز داری کلیه اقدامات و عملیاتی است که در یک حوضه آبریز به منظور حفظ آب و خاک انجام می گیرد و در همان حال از توان حوضه نیز بهره برداری کامل به عمل می آید عملیات آبخیز داری را می توان به شرح ذیل خلاصه نمود:

۱- تهیه پوشش مناسب گیاهی، جنگلکاری، احیای جنگلها، ایجاد مراتع، جلوگیری از چرای مفرط، نگهداری مراتع و در کل اقداماتی که سطح خاک را از تماس مستقیم با باران و جریانهای سطحی محفوظ نگه دارد و از کنده شدن آن و حمل به رودخانهها جلوگیری نماید.

۲- حفاظت بستر و دیواره های رودخانه با مستقیم نمودن مسیر رود و احیاناً کانالها، ترانس بندی، کشت درختان در مجاور سواحل رودخانهها، احداث حوضچه ها به منظور پخش سیلاب و کاهش سرعت جریان، انحراف مناسب مسیر رودخانه و ایجاد دیوارهای ساحلی برای محافظت سواحل با مصالح مناسب از قبیل بتن - توریسنگ - ژئوسنتتیکها و ... در محللهایی که استعداد بیشتری برای فرسایش دارند، که در نتیجه این نوع اقدامات از انتقال مواد معلق، به علت کندی جریان کاسته می گردد و فرسایش دره ای نیز اتفاق نمی افتد.

۳- ترانس بندی و کشت روی نواحی شیب دار و جلوگیری از شخم در جهت شیب توپوگرافی.

جدول (۲): خلاصه ای از نتایج بدست آمده

In Flow (ton/year)			Out Flow (ton/year)	
Ali Abad	Roodak	Narvan	Najar Kola	Zire Pole Latian
386079.51	647280.15	66399.79	199320.17	196955.04

Total Sediment (ton/year)	1102124.57
Trap Efficiency (%)	84.84
ρ (ton/ m ³)	1.10
V (m ³ /year)	1001931.43
Useful Life (year)	94.82 \approx 95
Real Useful Life (year)	75.85 \approx 76



۵-۲- کنترل رسوب در هنگام بهره برداری در زمانی که اقدامات پیشگیری کننده از قبیل کنترل فرسایش یا طرح مناسب سازه های آبی به هر دلیلی انجام نشده باشد و برای آنکه حداقل مواد رسوبی وارد مخزن گردد، لازم است اقداماتی انجام گیرد تا عمر بهره برداری از سد افزایش یابد:

- افزایش ارتفاع سد در حین بهره برداری به منظور ازدیاد حجم مفید سد در صورت امکان
- لایروبی رسوبات توسط ماشینهای حفاری و انتقال مواد به خارج از مخزن
- استفاده صحیح و به هنگام از سرریزها و دریچه های اضطراری جهت عبور جریانهای غلیظ و جلوگیری از ترسیب مواد در دریاچه سد
- تخلیه رسوبات از دریچه های تحتانی بدون کاهش آب مخزن
- تخلیه رسوبات همراه با پایین آوردن سطح آب
- تخلیه رسوبات با سیفون
- ساخت سد های رسوبگیر در بالادست سد اصلی

۶- نتیجه گیری و ارائه راهکار

از مطالعات رسوب شناسی انجام شده به نتایج ذیل می توان دست یافت:

- بازده به دام اندازی سد لتیان ۸۵٪ است که سالیانه ۱۱۰۲۱۲۴ تن رسوب (۱۰۰۱۹۳۱ متر مکعب در سال) را در پشت خود ته نشین می کند.
- وجود لایه های مارن و شیل و همچنین وجود گنگلومرای میوسن و پلیوسن با سیمان رسی و ماسه ای سست باعث افزایش نرخ فرسایش حوضه و رسوبگذاری آن در مخزن سد می شود.

با توجه به مطالب فوق الذکر می توان گفت که حوضه آبخیز لتیان در شرایط بحرانی تولید رسوب قرار دارد. ایجاد تمهیدات آبخیز داری به منظور کاهش تولید رسوب بخصوص در مناطق حساس به فرسایش یعنی اراضی شامل سنگهای سست مارنی، مارن قرمز، ماسه ای، گچی و کنگلومرای پیوسن و میوسن راهکار مناسبی خواهد بود.

۷- مراجع

- ۱) اکرمی، ا.، (۱۳۷۵)، وضعیت رسوبگذاری در سدهای ایران و مقایسه آنها با روشهای تئوریک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲) بوربوری، ف.، (۱۳۸۲)، رسوب شناسی و رسوبدهی رودخانه جاجرود (در بالا دست سد لتیان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
- ۳) امامی، ا.، (۱۳۷۹)، انتقال رسوب ترجمه کتاب چی تد یانگ، جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- ۴) شمسی، ا.، سبزیوند، ر.، (۱۳۷۸)، بررسی روشهای مختلف تعیین ضرایب رسوبگذاری برای سدهای مخزنی ایران، سومین کارگاه آموزش کمیته تخصصی هیدرولیک در سدها، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، دانشکده فنی دانشگاه ارومیه.
- ۵) شرکت سهامی خدمات مهندسی آب، (۱۳۶۸)، رسوب ته نشین شده در سد اکباتان.
- ۶) طهماسبی پور، ن.، (۱۳۷۳)، کاربرد و ارزیابی مدل جدید پسیاک (PSAIC) برای تهیه نقشه فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز

آقای مهدی رهبر دارای لیسانس زمین شناسی
از دانشگاه پیام نور شیراز و فوق لیسانس
زمین شناسی مهندسی از دانشگاه تربیت معلم
تهران می باشد.

زمینه علاقمندی ایشان در زمینه مسائل زمین شناسی
مهندسی سدها و ژئوتکنیک زیست محیطی است.

rahbar_mahdi@yahoo.com

لوارک با استفاده از تصاویر ماهواره ای و
سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه
کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.
۷) فاطمی عقدا، م.، رضایی، پ.، نوری زاده، م.،
(۱۳۸۳) "زمین شناسی مهندسی از
دیدگاه محیطی"، ترجمه کتاب پری راهن،
انتشارات دانشگاه هرمزگان، جلد اول.

۸) کلهری، ک.، (۱۳۷۸)، "مطالعات آبخیزداری
و بهره برداری بهینه از مخازن سدها،
چهارمین کارگاه آموزشی کمیته تخصصی
وزارت نیرو، معاونت امور آب، کمیته ملی
سدهای بزرگ.

۹) وزارت نیرو، (۱۳۷۲)، "مطالعات پایداری
سد های بتنی کشور"، شرکت مهندسین
مشاور مهتاب قدس.

۱۰) نیک صفت، غ.، (۱۳۷۸)، "روند رسوبگذاری
مخزن سد سفید رود"، چهارمین کارگاه
آموزشی کمیته تخصصی هیدرولیک سدها،
وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ.

آقای محسن معجزی دارای لیسانس مهندسی
عمران از دانشگاه شهید چمران اهواز و
فوق لیسانس مهندسی عمران گرایش مکانیک
خاک و پی از دانشگاه تربیت معلم تهران بوده و
از سال ۱۳۸۵ با شرکت مهندسین مشاور
قدس نیرو همکاری می نماید.

زمینه علاقمندی ایشان موارد مرتبط با طراحی
آنالیز سد های خاکی، آنالیز شیروانی ها و
دیوارهای مسلح و کاربرد های تسلیح خاک در
مهندسی عمران می باشد.

mmojezi@ghods-niroo.com



بررسی اثرات عملیات پیش گرم و روش های تعیین دمای پیش گرم در سازه های جوشکاری فولادی

رسول محرمی

کارشناس ارشد کنترل کیفیت - مدیریت ارشد مهندسی صنایع نیروگاهی

چکیده

عملیات جوشکاری به منظور ایجاد اتصالات جوشی در بخش های مختلف صنعت بویژه در صنایع نیروگاهی کاربرد فراوانی دارد. در جوشکاری های ذوبی مرسوم، با ذوب موضعی دو قطعه مورد نظر و اضافه شدن الکتروود مصرفی به آن اتصال بوجود می آید. خواص مکانیکی یک اتصال جوشی از رفتار متالورژیکی فلز جوش و منطقه متأثر از جوش تأثیر میپذیرد. تغییر خواص متالورژیکی در منطقه جوش بصورت کامل قابل کنترل نیست ولی با اعمال برخی از انواع عملیات حرارتی می توان تا حدی از ایجاد خواص نامطلوب جلوگیری کرد و یا خواص مورد نظر را ایجاد نمود. پیش گرم یکی از کاربردی ترین انواع عملیات حرارتی در مورد سازه های جوشکاری شده می باشد. در این مقاله به بررسی اثرات عملیات پیش گرم و روش های تعیین دمای پیش گرم در جوشکاری سازه های فولادی اشاره شده است.

۱- مقدمه

در بخش های مختلف صنعت بویژه در ساخت تجهیزات مربوط به صنایع نیروگاهی، عملیات جوشکاری کاربرد فراوانی دارد. در جوشکاری سازه های مختلف، مسایل و مشکلاتی به وجود می آید که بر عملکرد سازه تأثیر گذار می باشد. با در نظر گرفتن خطرات ناشی از عدم توجه به کیفیت جوش ایجاد شده و همچنین هزینه و خسارات ناشی از تعمیرات پس از ساخت، لزوم بررسی و مطالعه در مورد بهبود رفتار یک اتصال جوشی آشکار می گردد. اتصالات جوشی همانند سایر اتصالات دارای مزایا و معایبی می باشد. به طور کلی مزایای اتصالات جوشکاری را می توان آب بندی کامل، استحکام استاتیکی بالا، وزن پایین اتصال و زمان تولید پایین عنوان کرد. از طرف دیگر اتصال جوشی ممکن است دارای عیوبی از قبیل افت چقرمگی، بروز و رشد ترک ها، تنش های پسماند و تغییر

شکلهای جوشی باشد. هر یک از عیوب ذکر شده می تواند باعث کاهش خواص مکانیکی اتصال جوش گردیده و مشکلاتی را در ارتباط با کارایی مناسب اتصال جوشی فراهم سازد. با رعایت برخی از نکات می توان از بوجود آمدن مشکلات احتمالی جلوگیری نمود.

در یک اتصال خوب، منطقه جوش شامل منطقه HAZ و منطقه Weld می بایستی همان خواص فلز پایه (خواص مکانیکی و خواص متالورژیکی) را دارا باشد. با توجه به اینکه همه پارامترهای موثر بر کیفیت اتصال جوشی به طور کامل قابل کنترل نمی باشند، در عمل ایجاد جوش کاملاً سالم تقریباً غیر ممکن و غیر اقتصادی است (شکل ۱).

بنابراینچه بیان گردید الزاماً یک اتصال جوشی نمی تواند به صورت کامل مطابق طراحی رفتار نماید و در نتیجه عیوب و مشکلات ایجاد شده در این ارتباط، رفتار سازه را تحت

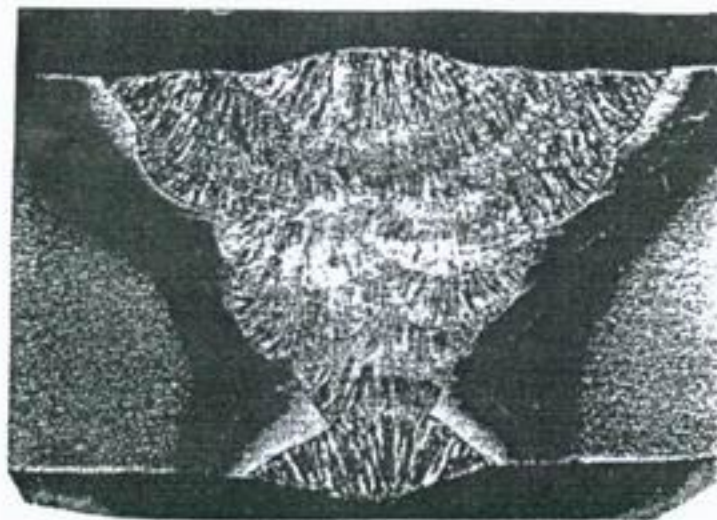


۲- وابستگی خواص مواد به نحوه سرد شدن از دمای یکسان

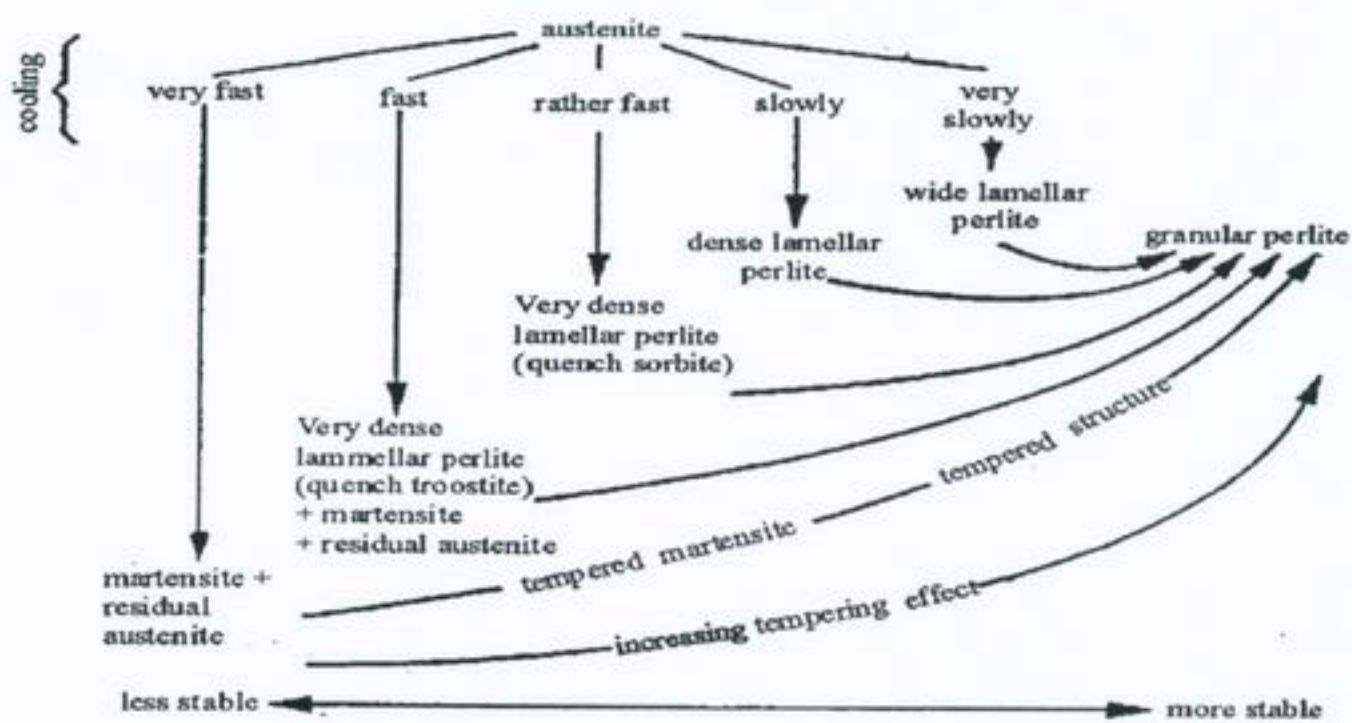
فولادهای جوشی بسیار متنوع بوده ولی در تقسیم بندی کلی شامل فولادهای کربنی، فولادهای کم آلیاژی و فولادهای آلیاژی تقسیم بندی میشوند. بصورت کلی در انواع فولادها، خواص مکانیکی علاوه بر ترکیب شیمیایی از ساختار متالورژیکی فولاد نیز تاثیر می پذیرد. ریز ساختار متالورژیکی در فولادها تابع نحوه سرد شدن مواد از فاز آستنیت تا دمای محیط بوده و در نرخ سرد شدن های مختلف، ساختارهای متفاوتی ایجاد می شود.

شکل (۲) وابستگی خواص مواد به نحوه سرد شدن از فاز آستنیت را نشان می دهد.

تاثیر قرارخواهد داد. بسیاری از حوادث در سال های گذشته در اثر عدم توجه به کیفیت و کارایی اتصالات جوشی بوقوع پیوسته و خسارت جانی و مالی زیادی وارد کرده است. با وقوع هر حادثه ای کارشناسان بدنبال علت آن بوده و جهت جلوگیری از تکرار آن در آینده، تلاش و برنامه ریزی می کردند. تحقیقات زیادی در مورد ماهیت جوشکاری و رفتار آن صورت گرفت و برای رسیدن به یک اتصال با کیفیت مناسب اقداماتی برای پیشگیری از مشکلات قبل از جوشکاری و بر طرف کردن مشکلات بعد از جوشکاری پیشنهاد شد.



شکل (۱): مقطع متالوگرافی شده از یک اتصال جوشی



شکل (۲): وابستگی خواص مواد به نحوه سرد شدن از دمای یکسان

همانطور که مشخص است با کنترل نحوه سرد شدن فاز آستنیت می‌توان ایجاد نوع ساختار متالورژیکی و به پیروی از آن خواص مکانیکی را کنترل نمود. در حالت کلی این نوع عملیات را که در آن کنترل نحوه سرد شدن هدف می‌باشد، به دو صورت عملیات حرارتی پیش گرم و عملیات حرارتی پس گرم انجام می‌گردد.

به عملیات حرارتی به منظور کنترل خواص اتصال جوشی که قبل از انجام جوشکاری انجام می‌گیرد، عملیات حرارتی پیش گرم می‌گویند. مشخص ترین حالت از انجام این عملیات گرم کردن منطقه جوش قبل از شروع جوشکاری است. به عملیات حرارتی به منظور تصحیح خواص اتصال جوشی که بعد از انجام جوشکاری انجام می‌گیرد، عملیات حرارتی پس گرم می‌گویند. مشخص ترین حالت از انجام این عملیات گرم کردن منطقه جوش و یا کل قطعه بعد از اتمام جوشکاری است. انجام عملیات حرارتی پیش گرم در جوشکاری هر سازه توصیه نمی‌گردد. انجام عملیات حرارتی غیر لازم و غیر صحیح علاوه بر هزینه بر بودن و طولانی کردن زمان ساخت، ممکن است خواص نامطلوب متالورژیکی و مکانیکی در اتصال بوجود آورد. بنابر این بایستی لزوم و نوع انجام عملیات پیش گرم در هر حالتی با در نظر گرفتن اهداف مورد نظر تعیین شود.

۳- اهداف عملیات پیش گرم کردن

اهداف عملیات پیش گرم در جوشکاری متنوع می‌باشد که در ذیل به برخی از آن اشاره شده است:

• بهبود خواص مکانیکی

- افزایش چقرمگی

- کاهش سختی

- کنترل نرخ سرد شدن برای ایجاد خواص دلخواه

• جلوگیری از بروز برخی عیوب

- جلوگیری از ایجاد ترک سرد
- کاهش تغییر شکلها و تنش‌های پسماند
- توسعه تکنولوژی جوشکاری
- کمک به جوشکاری مواد غیر هم جنس
- کمک به جوشکاری مواد با ضخامت‌های مختلف
- اهداف دیگر

- افزایش سیالیت مذاب و نفوذ بهتر
- ایجاد سطوح تخت در جوش و کاهش تمرکز تنش
- پاکسازی سطح مورد جوشکاری
- در صنعت، هدف از انجام عملیات پیش گرم ممکن یک یا چند تا از موارد فوق باشد. در ادامه برخی از موارد مهم تاثیر عملیات پیش گرم شرح داده می‌شود.

۳-۱- بهبود خواص مکانیکی به کمک انجام

عملیات پیش گرم

یک اتصال جوشی علاوه بر استحکام استاتیکی بایستی دارای استحکام دینامیکی و نیز مقاومت در برابر رشد ترک نیز باشد. در جوشکاری بواسطه دمای بالای منطقه اتصال، فلز جوش و قسمتی از فلز پایه به فاز آستنیت تبدیل می‌گردد. در اثر سرد شدن سریع منطقه متاثر از دما، در این منطقه افزایش سختی و در نتیجه کاهش چقرمگی بوجود می‌آید که در نهایت عامل افت خواص مکانیکی اتصال جوشی خواهد شد. با کنترل نحوه سرد شدن فاز آستنیت می‌توان ایجاد نوع ساختار متالورژیکی را کنترل کرده و خواص مورد نظر را تغییر داده و یا اصلاح نمود. با کاهش نرخ سرد شدن از میزان سختی کاسته شده و در نتیجه چقرمگی بالاتر خواهد رفت. در مورد رابطه دمای پیش گرم و نرخ سرد شدن، مطالعات زیادی انجام شده است. طبق نتایج تحقیقات تجربی، تاثیر دمای پیش گرم بر نرخ سرد شدن بصورت جدول (۱) می‌باشد.



جدول (۱)

نسبت نرخ سرد شدن	دمای ورق مورد جوشکاری
۱/۱۰	۰
۱/۰۰	۲۵
۰/۸۰	۱۰۰
۰/۵۵	۲۵۰

ترک سرد اشاره کرد که انجام عملیات پیش گرم از موثرترین روش های جلوگیری از بروز آن می باشد. علاوه بر ترک سرد، با اعمال پیش گرمایش در منطقه جوش اختلاف دمای نقاط مختلف کمتر شده و بدین ترتیب از مشکلات ناشی از تنش و تغییر شکل پسماند نیز کاسته می گردد.

۳-۳- توسعه تکنولوژی جوشکاری

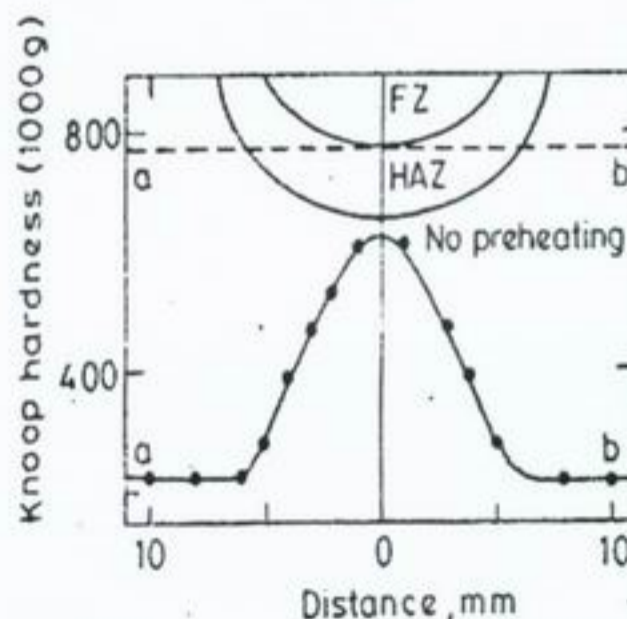
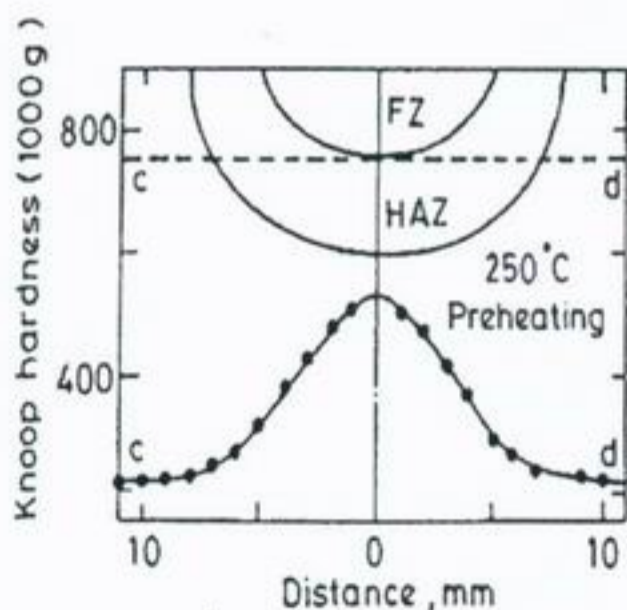
در برخی موارد بدلیل تفاوت در خواص مواد و نیز اختلاف هندسه اتصال، ایجاد اتصال مشکل و یا غیر ممکن می باشد. در این گونه موارد با انجام پیش گرم شرایط مساعد برای ایجاد اتصال فراهم می گردد. خواص تاثیر گذار در این رابطه ضریب رسانش و پخش گرما، ضریب انبساط حرارتی و اختلاف ضخامت بین دو قطعه مورد جوشکاری می باشد.

در شکل (۳) تاثیر دمای پیش گرم بر سختی منطقه جوشکاری شده بصورت مقایسه دو حالت نشان داده شده است.

در یک مورد عملیات حرارتی پیش گرم با دمای ۲۵۰ درجه سانتیگراد انجام شده و در مورد دیگر جوشکاری بدون پیش گرم کردن انجام شده است. شکل (۳) نشان می دهد در حالت پیش گرم شده سختی در حدود ۳۰ درصد کمتر می باشد.

۳-۲- جلوگیری از بروز برخی عیوب

ترک های احتمالی در جوش در اثر بارگذاری رشد کرده در نهایت به شکست در سازه منجر می گردند. با استفاده از عملیات پیش گرم کردن می توان عامل و زمینه ایجاد برخی ترک ها را حذف کرده و یا کمتر نمود. از جمله مهمترین نوع این عیب ها می توان به ترک هیدروژنی یا



شکل (۳): تاثیر دمای پیش گرم بر سختی منطقه جوشکاری شده

علاوه بر موارد فوق، انجام پیش گرم موجب کاهش نرخ سرد شدن و افت میزان فرار گرما می‌گردد. در این حالت بدلیل وجود گرمای بیشتر در منطقه جوش، مذاب ایجاد شده دمایی بالاتر خواهد داشت. بدلیل دمای بالای مذاب، مذاب روان‌تر بوده و همچنین با وجود فرصت کافی، مذاب با نفوذ بهتر و با شکل مناسب تری منجمد می‌شود. کاهش انحنای گرده و نفوذ مناسب باعث کاهش تمرکز تنش و بهبود کیفیت جوش می‌شود.

البته در اکثر موارد سختی پذیری و در برخی موارد دیگر الزامات جوشکاری معیار تعیین کننده در تعیین لزوم پیش گرم است. برای انجام پیش گرم می بایستی پارامترها عملیات پیش گرم و روش های انجام آن تعیین گردد. پارامترهای عملیات پیش گرم شامل نرخ گرمایش، دمای پیش گرم، روش اعمال پیش گرم و وسعت منطقه پیش گرم می‌باشد.

۴- معیار های تعیین دمای پیش گرم

تعیین لزوم انجام پیش گرم با توجه به موارد ذیل انجام می‌گردد:

- مواد مورد استفاده

- پیچیدگی سازه

- کاربری و حساسیت سازه

- ابعاد سازه

معیار تعیین پارامترهای عملیات پیش گرم با توجه به اهداف انجام آن در هر مورد متفاوت می‌باشد.

۵- روش های تعیین دمای پیش گرم

برای تعیین دمای پیش گرم روش های متعددی وجود دارد که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌گردد.

• مراجعه به استاندارد ها و یا مدارک ارائه شده از طرف تولید کننده های فولاد

در برخی از استانداردها از قبیل API, ASME و AWS با توجه به نوع مواد و کاربرد آن، دمای عملیات پیش گرم داده شده است.

در جدول (۲) نمونه ای از این نوع اطلاعات ارائه شده است.

جدول (۲): دمای عملیات پیش گرم و پس گرم برای برخی از فولادها

S. No.	Steel Specification	Suggested Welding Conditions				
		For Carbon Range (%)	For Thickness Range (mm)	Minimum Preheat and Interpass Temperature, °C		Postweld Heat Treatment Temperature Range (°C)
				Low hydrogen electrodes	Other than low hydrogen electrodes	
1.	AISI-SAE 1010	Within specifications	≤ 50	ambient above -12°C	ambient above -12°C	optional 595-675°C
2.	ASTM A36-81	≤ 0.25	25-50	10°C	95°C	595-675°C
3.	API 5L	0.21-0.25	13-25	ambient above -12°C	40°C	595-675°C
4.	2¼ Cr-1 Mo	≤ 0.15	≤ 13	65°C	205°C	required, 675 to 760°C, air cool
5.	ASTM A372-82 Type I & II	≤ 0.25	25-50	ambient above -12°C	40°C	desirable, 595-675°C
6.	ASTM A441-81	≤ 0.25	25-50	40°C	95°C	optional, 595-675°C
7.	ASTM A572-82	≤ 0.22	13-25	10°C	65°C	-do-
8.	ASTM A588-92	Within specifications	25-50	40°C	not recommended	-do-
9.	AISI-SAE 4130	0.27-0.33	≤ 25	150°C	205°C	desirable, 595-675°C
10.	AISI-SAE 8620	≤ 0.20	13-50	40°C	150°C	optional, 595-675°C



- استفاده از ترکیب شیمیایی مواد و روابط سختی پذیری
- استفاده از دیاگرام ها و منحنی های سرد شدن مواد

با داشتن اطلاعات مربوط به ساختار های ایجاد شده در اثر سرد کردن فولاد مورد نظر و مشخصات محصولات ایجاد شده می توان در مورد لزوم انجام پیش گرم و دمای تقریبی آن تصمیم گیری نمود (شکل ۴).

۱-۵- تعیین دمای پیش گرم برای فولادهای کربنی در فولاد های کربنی عنصر کربن مهمترین و موثر ترین عنصر آلیاژی بوده و میزان سختی پذیری از آن متاثر است. این فولاد ها بر حسب میزان حضور عنصر کربن در آنها به انواع مختلفی تقسیم بندی میشوند.

۱-۱-۵- فولاد هایی که کربن آنها از ۰/۲۷٪

- کمتر باشد از نوع فولاد های کم کربن هستند.
- در شرایط عادی اگر ضخامت ورق بالا نباشد مشکلی ایجاد نمی شود و نیازی به پیش گرم کردن نیست.

- موارد نیاز به پیش گرم کردن - ضخامت بالا باشد.

(۱۰۰ الی ۲۰۰ درجه سانتیگراد)

- دمای محیط پایین باشد.

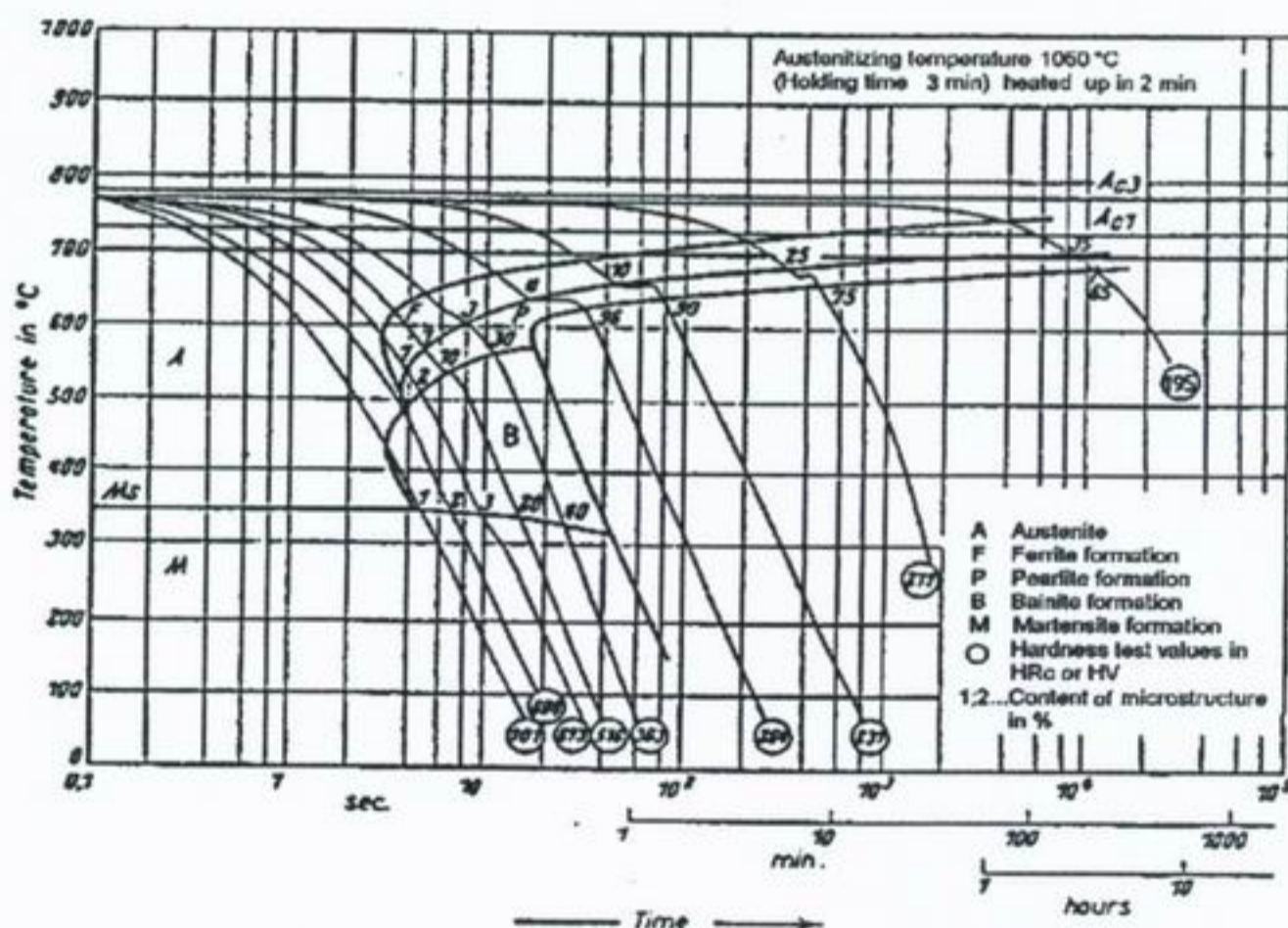
(با توجه به مشخصات چقرمگی)

- جوش ورق نازک به ورق ضخیم.

(۵۰ الی ۱۰۰ درجه سانتیگراد)

۱-۵-۲- فولاد هایی که کربن آنها بین ۰/۲۷٪ و ۰/۴۵٪ باشد از نوع فولاد های کربن متوسط هستند

- در این فولاد ها پیش گرم معمولا مورد نیاز بوده و دمای آن از ۹۵ الی ۳۷۰ درجه سانتیگراد متغیر بوده و بستگی به میزان کربن و شرایط محیط جوشکاری دارد.



Time-temperature-transformation diagram (continuous), steel Ck 45

شکل (۴): نمونه از دیاگرام TTT مربوط به فولاد Ck45 و مشخصات محصولات ایجاد شده در سرد شدن های مختلف

چند روش برای تعیین دمای پیش‌گرم در مورد فولاد های کم آلیاژی وجود دارد. روش کربن معادل و روش تست تجربی سختی پذیری از کاربردی ترین روش ها میباشند و در ادامه بصورت مختصر تشریح میشوند.

۵-۲-۱- تعیین دمای پیش‌گرم با روش کربن معادل

سختی پذیری مهمترین معیار تعیین کننده لزوم و دمای پیش‌گرم برای فولاد های کم آلیاژی می‌باشد. در مورد فولاد هایی که دارای سختی پذیری بالاتری میباشند عمل انجام پیش‌گرم الزامی است. در این مواد می بایستی دمای پیش‌گرم به گونه ای باشد که پس از جوشکاری و سرد شدن، منطقه جوشکاری شده خواص ترد شدگی نداشته باشد. ترکیب شیمیایی فولاد، تعیین کننده میزان سختی پذیری آن بوده و بدلیل تاثیر متفاوت عناصر بر آن در مراجع، روابط مختلفی برای آن ارائه شده است. یک نمونه از روابط ارائه شده (رابطه ۱) و نحوه استفاده از آن در جدول (۳) آمده است.

• در این گروه برای فولاد هایی که کربن کمتری دارند، با کنترل انرژی ورودی و دمای بین پاسی، می‌توان از پیش‌گرم کردن صرف‌نظر کرد.

۵-۱-۳- فولاد هایی که کربن آنها از ۰/۴۵٪ بیشتر باشد از نوع فولاد های پرکربن هستند.

• در این فولاد ها بدلیل سختی پذیری زیاد به پیش‌گرم نیاز است. در این نوع فولادها دمای پیش‌گرم از ۹۵ الی ۳۷۰ درجه سانتیگراد متغیر بوده و به میزان عنصر کربن در آن بستگی دارد.

برای تعیین میزان تقریبی کربن در فولاد می‌توان از شکل جرعه های ایجاد شده در اثر سنگ زنی استفاده نمود (شکل ۵).

۵-۲- تعیین دمای پیش‌گرم برای فولادهای کم آلیاژی

فولاد های کم آلیاژی بیشترین کاربرد را در صنایع دارند و به همین دلیل مورد توجه بیشتری واقع شده اند. دمای پیش‌گرم برای فولادهای آلیاژی اغلب از سوی سازنده فولاد داده می‌شود. علاوه بر آن



Approximately 0.03% C steel



Approximately 0.1% C steel



Approximately 0.4% C steel



Approximately 0.5% C steel



Approximately 0.2% C steel



Approximately 0.3% C steel



0.6-0.8% C steel



0.9-1.2% C steel

شکل (۵) : تعیین میزان تقریبی کربن در فولاد می‌توان از شکل جرعه های ایجاد شده

$$C.E = \%C \left(\frac{\%Mn}{20} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{10} \right)$$

رابطه (۱)

جدول (۳) مورد استفاده در تعیین دمای پیش گرم در جوشکاری فولاد های کم آلیاژی

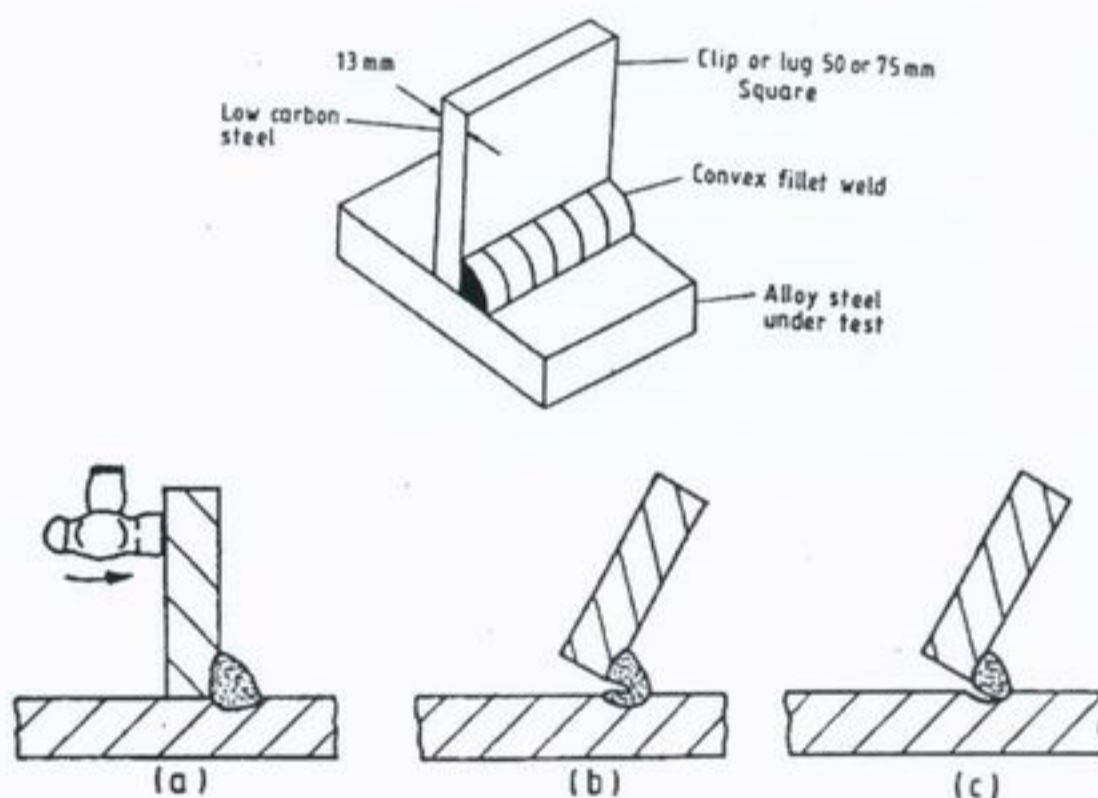
S. No.	Carbon Equivalent, %	Preheat Temperature, °C
1.	0.40	50
2.	0.45	100
3.	0.50	150
4.	0.55	200
5.	0.60	250
6.	0.65	300

۵-۲-۲- تعیین دمای پیش گرم با انجام تست

سختی پذیری

در برخی موارد که ترکیب شیمیایی فولاد مشخص نیست می توان از طریق این تست در بررسی سختی پذیری مواد برای تعیین لزوم و دمای پیش گرم استفاده نمود. این تست برای ورق های نازک قابل استفاده نبوده و برای فولاد های کم آلیاژی با ضخامت ۱۰ میلیمتر و بیشتر مناسب می باشد. در این تست یک جوش fillet با پارامتر های جوشکاری بشرح نشان داده شده در شکل (۶) ساخته شده و با

اعمال ضربه ای جوش شکسته می شود. با بررسی نوع و منطقه شکست می توان در مورد لزوم انجام پیش گرم تصمیم گیری نمود. در صورتی که شکست مطابق شکل (b) از فلز جوش باشد نشان دهنده آن است که فولاد مورد نظر سختی بالایی ندارد و بنابر این نیازی به انجام پیش گرم نیست. شکست از کنار فلز جوش مطابق شکل (c) نشان دهنده تردی در فولاد کم آلیاژی مورد نظر بوده و در این حالت لزوم انجام پیش گرم و یا بالا بردن دمای انجام پیش گرم مشخص می گردد.



شکل (۶): مشخصات نمونه و روش انجام تست تجربی سختی پذیری در جوشکاری فولاد های کم آلیاژی

۶- نتیجه گیری

خواص مکانیکی اتصال جوشی از ویژگی‌های متالورژیک منطقه اتصال تأثیر می‌پذیرد. در جوشکاری برخی فولادها بدلیل سختی پذیری بالا، منطقه اتصال ترد شده و مستعد ایجاد ترک می‌گردد. با استفاده از عملیات پیشگرم، نرخ سرد شدن منطقه جوشکاری کندتر شده و از ایجاد سختی پیشگیری می‌شود.

در تکنولوژی جوشکاری عملیات حرارتی پیشگرم به عنوان روشی در کنترل تغییرات متالورژیک منطقه اتصال مورد توجه می‌باشد. اعمال این نوع عملیات حرارتی در مورد فولادهایی که سختی‌پذیری بالایی دارند الزامی می‌باشد. انتخاب دمای عملیات پیشگرم از مهمترین فاکتورهای انجام این عملیات بوده و برای فولادهای مختلف متفاوت می‌باشد. با انجام صحیح این عملیات از بروز برخی عیوب جوشی نظیر ترک‌ها و سختی جوش در منطقه اتصال پیشگیری می‌شود.

آقای رسول محرمی دارای کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و از ۵ سال پیش با پروژه های کنترل کیفیت قدس نیرو همکاری دارد. آقای محرمی هم اکنون دانشجوی دکترای مهندسی مکانیک در دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. زمینه علاقمندی ایشان تکنولوژی جوشکاری و طراحی و ساخت سازه های جوشکاری و مخازن تحت فشار می‌باشد.

moharami@gmail.com

۷- مراجع

- [۱] Parmar, R. S., 2002, Welding engineering and technology, Khana publishers
- [۲] Masubuchi, K., 1980, Analysis of welded structures, Pergamon Press.
- [۳] Welding Handbook, 2002, Vol. 1, 2 and 3, American Welding Society.
- [۴] Gibson, S., 1994, Practical Welding, The Motivate Series.

[۵] تکنولوژی جوشکاری، مهندس ادب آوازه، دانشگاه صنعتی اصفهان



کاربرد مدل پیشنهادی مندر^۱ در تعیین رفتار خمشی اعضای ساختمانهای بتن مسلح برای سطوح شکل پذیری آیین نامه های مختلف

حسین دانشور

کارشناس عمران - مدیریت ارشد مهندسی شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو

چکیده

آیین نامه های مختلف طراحی با توجه به نوع عضو و نوع منطقه سازه، سطوح مختلف شکل پذیری را برای اعضای خود معرفی نموده و تمهیدات و توصیه هایی را برای نیل به سطوح مذکور بیان می کنند. به عنوان مثال آبا (آیین نامه بتن ایران) [۱]، ACI (آیین نامه انجمن مهندسين عمران امریکا) [۲] و CSA (استاندارد بتن کانادا) [۳] هر یک سه سطح شکل پذیری برای طراحی اعضا و اتصالات ساختمانهای بتن مسلح معرفی می کنند. در این مقاله سعی می شود بر اساس مدل پیشنهادی مندر، شکل پذیری سطوح مذکور، به کمک منحنی ممان انحنا مدلسازی گردد. به عنوان نمونه سه ساختمان ۵ طبقه بتن مسلح برای سه سطح مختلف شکل پذیری آیین نامه آبا، و آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم مدلسازی و طراحی شده، سپس منحنی ممان - انحنا کلیه اعضا رسم شده و بین سطوح شکل پذیری، مقایسه صورت گرفته است. مشاهده می شود که مدل مندر یک مدل ریاضی کامل برای تعیین رفتار اعضای بتن مسلح به منظور به کارگیری به عنوان یک جایگزین مطمئن برای جداول آیین نامه ای مدلسازی رفتار غیرخطی می باشد. تیرهای طراحی شده با سطح شکل پذیری بالا، دارای قابلیت تحمل انحنای بیشتری نسبت به دو سطح شکل پذیری دیگر می باشند اما این تفاوت در ستونها به اندازه تیرها، چشمگیر و متمایز نمی باشد.

واژه های کلیدی: سطح مختلف شکل پذیری مدل پیشنهادی مندر منحنی ممان - انحنا

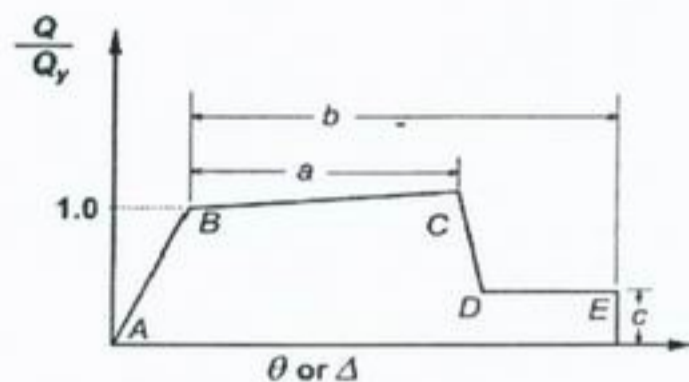
۱- مقدمه

امروزه شکل پذیری از مفاهیم اصلی و بنیادی کلیه آیین نامه های لرزه ای موجود است که بیانگر توان و تحمل یک سازه و یا هر یک از اعضای آن در تحمل تغییر شکل‌های قابل توجه به وسیله رفتارهای غیرارتجاعی، بدون کاهش غیرقابل قبول در مقاومت و سختی می باشد. با توجه به تعریف فوق، شرط لازم برای بررسی شکل پذیری سازه مورد بررسی، دخول اعضای آن به ناحیه غیرخطی می باشد. از این رو، رفتار

غیرخطی اعضای سازه باید به طریقی مدلسازی شود. شکل پذیری به عنوان یک مفهوم کیفی به طرق مختلف قابل کمی شدن است که یکی از بهترین و مورد قبول ترین روشها منحنی ممان - انحنای هر عضو می باشد. به همین جهت، در دستورالعمل بهسازی [۴]، Fema357 [۵]، ATC40 [۶] رفتار اعضای بتن مسلح بر این اساس مدلسازی شده است که نمونه ای از آن را در شکل (۱) مشاهده می کنید.

1- Mander





شکل (۱): رفتار اعضای بتن مسلح در دستورالعمل بهسازی [۴]، FEMA357 [۵]، ATC40 [۶]

برابر با $\frac{3}{4}$ برش طراحی باشد، در این صورت عضو واجد شرایط و در غیر این صورت فاقد شرایط فرض می گردد. این تعریف در تیرها و ستونها مشابه است. [۴]، [۵]، [۶].

همانطور که مشاهده می شود با توجه به این تعریف، بین دو سطح شکل پذیری متوسط و زیاد تفاوت چندانی قائل نشده در حالیکه در محاسبه ضریب رفتار ساختمان طبق آیین نامه ۲۸۰۰ (ویرایش سوم) ضریب رفتار سطح شکل پذیری قابهای خمشی بتنی متوسط، دقیقاً نقطه میانی دو سطح شکل پذیری زیاد و کم شده می باشد. (عدد ۷ برای سطح شکل پذیری، متوسط دو عدد ۴ و ۱۰).

آیین بهسازی لرزه ای، FEMA 356 و ATC40 همگی جداولی مشابه در مورد پارامترهای مدلسازی رفتار غیرخطی اعضای سازه ای و اتصالات ارائه می کنند که نمونه ای از آن در جدول (۱) مشاهده می شود. شکل پذیری در این جدول به وسیله دو پارامتر C و NC، واجد شرایط و فاقد شرایط، از لحاظ آرماتور عرضی دیده شده است. بدین صورت که اگر در محدوده مفصل خمشی در عضو، فاصله تنگها از هم کمتر یا مساوی با $d/3$ باشد و علاوه بر این برای اعضای با نیاز شکل پذیری متوسط و زیاد، مقاومت تامین شده توسط تنگها (V_s) لااقل

جدول (۱): پارامترهای مدلسازی رفتار غیر خطی تیرهای بتن مسلح در دستورالعمل بهسازی [۴].

FEMA357 [۵]، ATC40 [۶]

Conditions			a	b	c
I. Beams controlled by flexure ¹					
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{bal}}$	Trans. Reinf. ²	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$			
≤ 0.0	C	≤ 3	0.025	0.05	0.2
≤ 0.0	C	≥ 6	0.02	0.04	0.2
≥ 0.5	C	≤ 3	0.02	0.03	0.2
≥ 0.5	C	≥ 6	0.015	0.02	0.2
≤ 0.0	NC	≤ 3	0.02	0.03	0.2
≤ 0.0	NC	≥ 6	0.01	0.015	0.2
≥ 0.5	NC	≤ 3	0.01	0.015	0.2
≥ 0.5	NC	≥ 6	0.005	0.01	0.2



از طرفی دوران معیار مناسبی برای تعریف شکل پذیری نمی باشد [۷]. تعریف شکل پذیری انحنایی بر اساس انحنای و نه بر اساس دوران، تاییدی بر این حقیقت است. همچنین در ATC40 تصریح شده است که به جای اعداد جداول موجود که بر مبنای کارهای آزمایشگاهی آقایان آیکاردی، پسیکی و موهل در سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ آورده شده، می توان از نتایج آزمایشگاهی معتبر دیگر و یا از آنالیز ممان-انحنای با فرض رفتار واقعی تنش- کرنش مصالح استفاده کرد. لذا با توجه به مطالب بیان شده حرکت به سمت یک مدل تنش-کرنشی واقعی برای بتن، برای انجام آنالیز ممان- انحنای و تعیین رفتار واقعی اعضا با سطوح شکل پذیری مختلف امری شایسته و درخور توجه می باشد.

۲- لزوم استفاده از یک مدل تنش- کرنشی

برای اعضای بتنی مسلح

همانطور که می دانیم در طراحی لرزه‌ای ساختمانهای بتن مسلح بایستی شکل پذیری در مناطقی که

مستعد ایجاد مفاصل پلاستیک می باشند، با دقت بسیار و جزئیات کافی رعایت شود تا از عدم ناپایداری سازه در هنگام زلزله جلوگیری گردد. شکل پذیری کافی اعضا همچنین باعث می شود تا ما از بازتوزیع ممان خمشی در مفاصل، اطمینان حاصل کنیم.

مهمترین عامل موثر برای تامین شکل پذیری در مناطق مفاصل پلاستیک، تامین آرماتورهای عرضی کافی به شکلهای خاموت مستطیلی و یا مارپیچی می باشد. این خاموتهای عرضی، علاوه بر محصور کردن بتن، مانع از کماتش آرماتورهای طولی نیز می شوند.

واضح است که داشتن اطلاعات دقیق از منحنی تنش- کرنش بتن محصور شده برای انجام یک آنالیز ممان - انحنای دقیق به منظور دستیابی به شکل پذیری عضو بتنی با آرایشهای مختلف خاموت گذاری ضروری است. مدل‌های تنش-کرنشی متعددی هم برای بتن و هم آرماتور وجود دارد که در جدول (۲) به صورت فهرست وار آمده است [۸].

جدول (۲): مدل‌های تنش- کرنشی مختلف برای (الف): بتن (ب): آرماتور

Concrete
ACI Whitney Rectangle
BS 8110 Rectangle
CAS Rectangle
EuroCode2 Rectangle
AASHTO Rectangle
NZ Rectangle
UBC97 Rectangle
IS 456 Rectangle
Simple Parabola
PCA Parabola
BS 8110 Parabola
Mander Circular Confined
Mander Rectangular Confined
Mander Un-confined

(الف)

Reinforcing Bars
Elasto-Plastic
Elastic Only
Park, Strain Hardening
Simple Strain Hardening

(ب)



۳- معرفی مدل مندر به عنوان برترین مدل

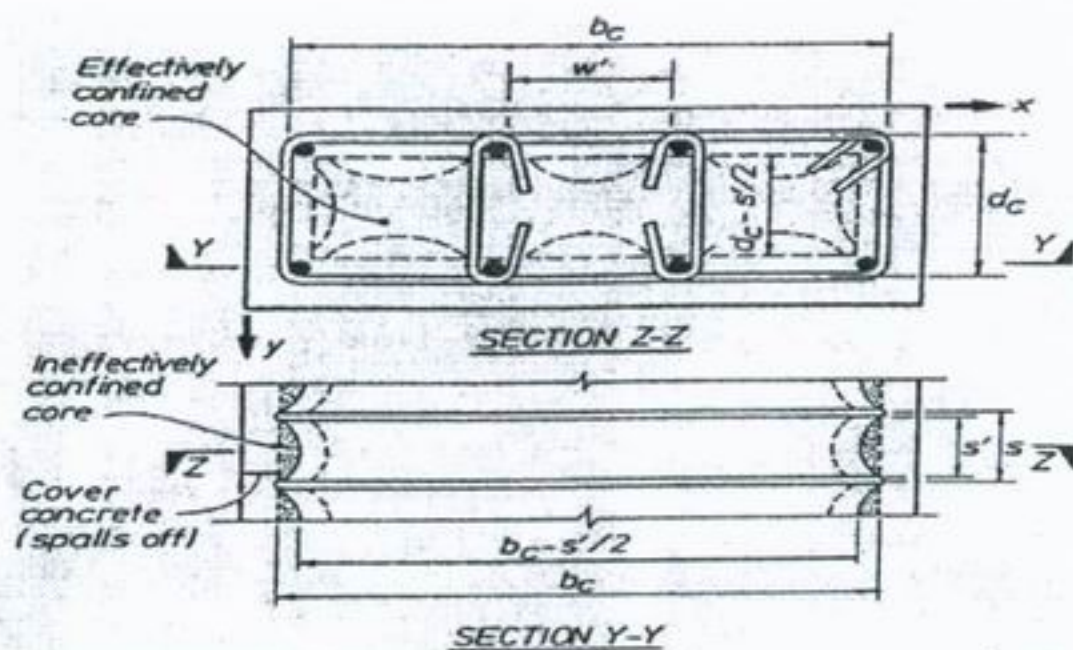
مندر، مدل خود را در سال ۱۹۸۸ مدلی بر اساس منحنی تنش - کرنش برای اعضای بتن مسلح، محصور شده توسط آرماتورهای عرضی ارائه کرد. در این مدل از هر گونه محصور شدگی توسط آرماتور عرضی می توان استفاده نمود. (منظور آرماتور عرضی مارپیچی و یا خاموتهای دایروی یا مستطیلی با و یا بدون سنجاقک می باشد). فولاد محصور کننده در این مدل می تواند تنشهای تسلیم متفاوتی در دو امتداد داشته باشد. در این مدل یک رابطه منفرد برای بیان رابطه تنش-کرنش به کار می رود. مدل ارائه شده توسط مندر و همکارانش دارای این قابلیت است که رفتار صحیحی در بارگذاری سیکلی از خود نشان می دهد.

تأثیر تفاوت نوع محصور شدگی با تعریف تنش محصور شدگی جانبی موثر در نظر گرفته شده است که بر مبنای آرایش آرماتور عرضی و طولی محاسبه می شود. در این مدل برای پیش بینی کرنش فشاری طولی بتن مربوط به اولین شکست آرماتور عرضی از ظرفیت انرژی کرنشی فولادهای

عرضی و انرژی کرنشی ذخیره شده در بتن به دلیل محصور شدگی استفاده شده است. مندر و همکارانش مدلی ارائه داده اند که دارای قابلیت های زیر است:

- امکان استفاده برای مقاطع مستطیلی و دایروی
- امکان اعمال بارگذاری استاتیکی و یا دینامیکی
- امکان استفاده از فولاد عرضی به صورت خاموت گذاری با و یا بدون سنجاقک یا مارپیچی

در شکل (۲) هسته مرکزی محصور شده برای آرماتور عرضی مستطیلی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته نشان داده شده است [۶]. همانطور که مشاهده می شود، دلایل متعددی برای استفاده از مدل مندر وجود دارد. این دلایل باعث شده اند مقالات معتبر امروزی، توجه زیادی به مدل مندر داشته و از این مدل در مدلسازی و حتی در تعیین معیارهای پذیرش سازه های ساختمانی و غیر ساختمانی مانند پلهای معلق و غیره استفاده نمایند [۱۰]. همچنین نرم افزارهای قدرتمند تحلیل و طراحی سازه در نسخه های اخیر خود، مدل مندر را در مدلسازی اعضای بتنی بگنجانند.



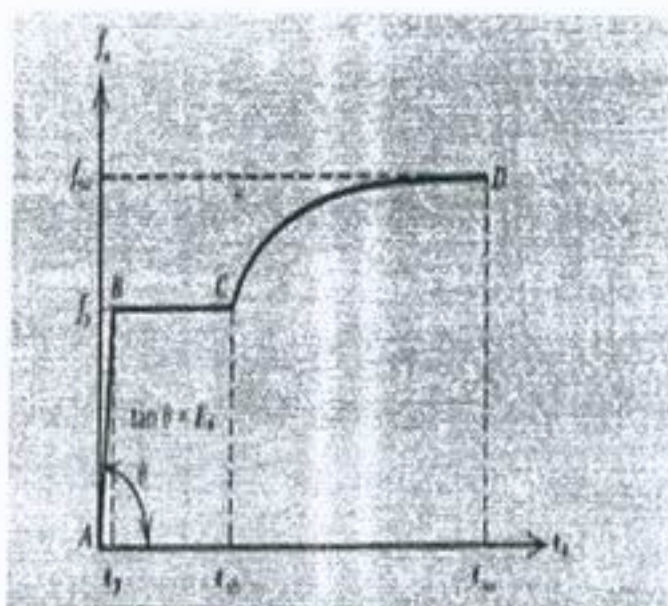
شکل (۲): هسته مرکزی محصور شده برای آرماتور عرضی مستطیلی

علاوه بر موارد ذکر شده آیین نامه های معتبر طراحی، استفاده از این مدل را مجاز دانسته اند (جدول ۳). همانطور که مشاهده می شود مدل مندر تحت حمایت کلیه آیین نامه های نامبرده شده است. در این پژوهش، برای مدلسازی رفتار بتن

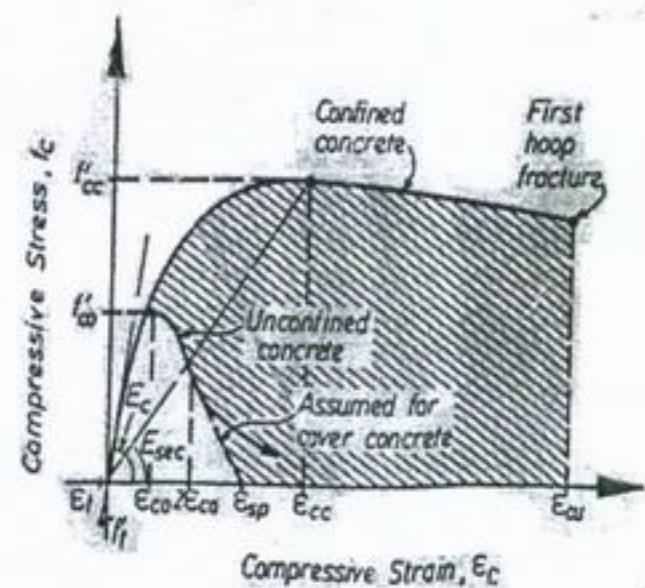
محصور شده از مدل مندر و برای مدلسازی رفتار آرماتور از مدل پارک استفاده می شود. شکل شماتیک منحنی تنش-کرنش بتن و فولاد در این دو مدل به ترتیب در اشکال (۳) و (۴) مشاهده می شود.

جدول (۳): نحوه حمایت مدل های تنش-کرنشی مختلف از آیین نامه های معتبر طراحی

	ACI-318	BS 8110	CSA A23.3-94	AASHTO 1997	EuroCode 2	UBC 97	IS 456-78
ACI Rect	X						
BS Rect		X					
CSA Rect			X				
EuroCode2 Rect					X		
AASHTO Rect				X			
NZ Rect							
UBC97 Rect	X					X	
IS 456 Rect							X
Simple Parabola	X	X	X	X	X	X	X
PCA Parabola	X			X			
BS Parabola		X			X		
Mander Circular Confined	X	X	X	X	X	X	X
Mander Rect Confined	X	X	X	X	X	X	X
Mander Unconfined	X	X	X	X	X	X	X



شکل (۴): منحنی تنش-کرنش فولاد بر اساس مدل پارک



شکل (۳): منحنی تنش-کرنش بتن بر اساس مدل مندر

۴- تعیین رابطه تئوریک ممان - انحناء

فرضیات لازم برای بدست آوردن رابطه تئوری ممان - انحناء یک مقطع همان فرضیات تعیین مقاومت خمشی مقطع بتن مسلح می باشد. از آن جمله می توان به فرض مستوی ماندن مقاطع عمود بر محور خمش پس از اعمال بار و معین بودن رفتار بتن (مدل مندر) و فولاد (مدل پارک) اشاره کرد. شکل (۵) مقطع عضو بتن مسلح با نیروهای داخلی محوری و خمشی را نشان می دهد. برای حداکثر کرنش معلوم بتن در تار فشاری ϵ_{cm} و عمق تار خمشی k_d ، مقادیر ϵ_{s1} و ϵ_{s2} و ϵ_{s3} از نمودار کرنش قابل برداشت است. به عنوان مثال برای تار در عمق d_i :

$$\epsilon_{si} = \epsilon_{cm} \frac{k_d - d_i}{k_d} \quad (1)$$

ϵ_{cm} : حداکثر کرنش فشاری بتن

k_d : عمق تار خمشی

k_i : عمق تار i

بنابراین مقادیر تنش متناظر با این کرنشها ϵ_{s1} ، ϵ_{s2} و ϵ_{s3} از نمودار تنش - کرنش فولاد بدست می آید. با نوشتن تعادل نیروها و تعادل یکسری محاسبات ریاضی که مجال پرداختن به آنها نیست به معادلات ذیل دست می یابیم:

$$P = \alpha f_c b k d + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \quad (2)$$

$$M = \alpha f_c b k d \left(\frac{h}{2} - r k d \right) + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} \left(\frac{h}{2} - d_i \right) \quad (3)$$

α : ضریب تنش متوسط

r : ضریب مرکز سطح

f_c'' : مقاومت فشاری بتن محصور نشده

f_c : مقاومت فشاری بتن محصور شده

A_{si} : سطح مقطع آرماتور i ام

f_{si} : تنش آرماتور i ام

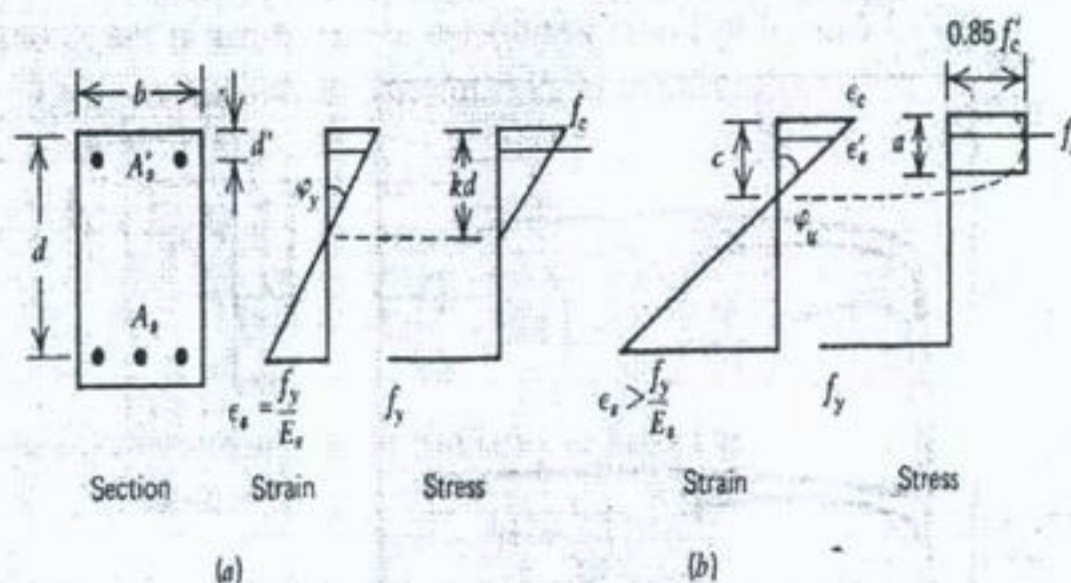
و انحناء نیز از رابطه زیر بدست می آید:

$$\phi = \frac{\epsilon_{cm}}{k d} \quad (4)$$

در عمل، نرم افزارهای امروزی با تغییر در مقدار کرنش فشاری حداکثر بتن در تار فوقانی ϵ_{cm} ، منحنی ممان - انحناء را رسم می کنند.

۵- معرفی سازه های مورد مطالعه

سازه مورد مطالعه در این قسمت از پژوهش، یک قاب خمشی بتن مسلح در سه حالت مختلف شکل پذیری می باشد که بر اساس ضوابط لرزه ای آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم بارگذاری [۱۱] و بر مبنای آیین نامه بتن ایران [۱] طراحی شده است.



شکل (۵): مقطع عضو بتن مسلح با نیروهای داخلی محوری و خمشی

به منظور در نظر گرفتن اثر ترک خوردگی مقاطع بتنی در سختی خمشی، سختی تیرها و ستونها به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۷ مقاطع ترک نخورده در نظر گرفته شده است. با توجه به استفاده از مقاطع ترک خورده در تحلیل سازه تغییر مکان نسبی طبقه با ۱/۴ برابر مقدار $R / 0.3$ مقایسه شده است.

۵-۱- بارگذاری سازه های مورد بررسی

۵-۱-۱- بارگذاری ثقلی

مقادیر بار مرده و زنده به ترتیب برابر ۱/۸ و ۱ تن بر متر می باشد.

۵-۱-۲- بارگذاری جانبی (بار زلزله) - بر طبق

استاندارد ۲۸۰۰

شتاب مبنای طرح ۰/۳۵ در نظر گرفته شده است. ساختمان جزء گروه دوم و دارای ضریب اهمیت ۱/۲ می باشد. مقادیر ضریب رفتار ساختمان نیز به صورت زیر است:

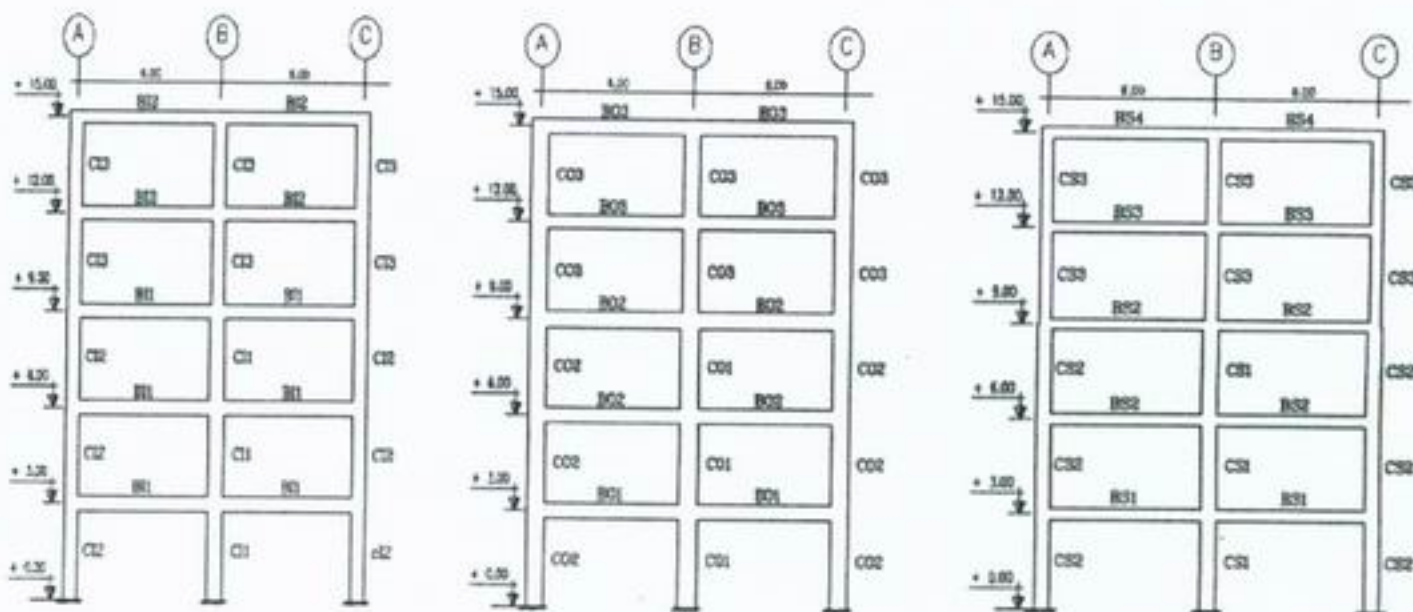
- ۱۰ قاب خمشی بتن مسلح ویژه
- ۷ قاب خمشی بتن مسلح متوسط
- ۴ قاب خمشی بتن مسلح معمولی

قابهای مورد مطالعه بر طبق بارگذاری ارائه شده در قسمت قبل و اصول طراحی آبا برای سه حالت مختلف شکل پذیری طراحی شده اند (شکل ۶). در طراحی سعی شده است تا آنجا که ممکن است از تیپ بندی اعضا خودداری شود تا رفتار واقعی سازه در سه حالت مختلف شکل پذیری بهتر نمایان شود.

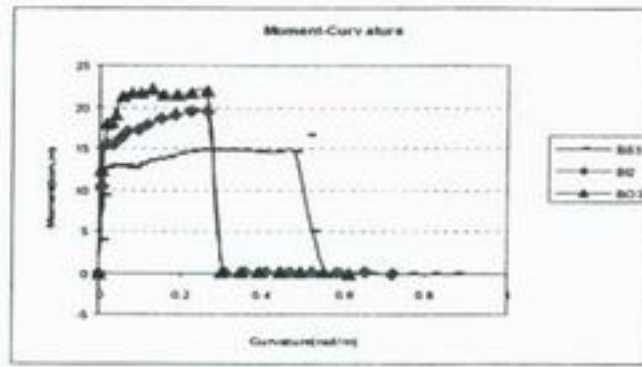
۶- آنالیز ممان - انحنا

با فرض منحنی تنش - کرنش مندر برای بتن و پارک برای فولاد، آنالیز ممان-انحنا بر اساس آنچه که در بخش (۳) ذکر شد انجام گرفته و نتایج به صورت گرافهای شکل (۷)، به صورت مقایسه ای برای سه سطح مختلف شکل پذیری ارائه می گردد.

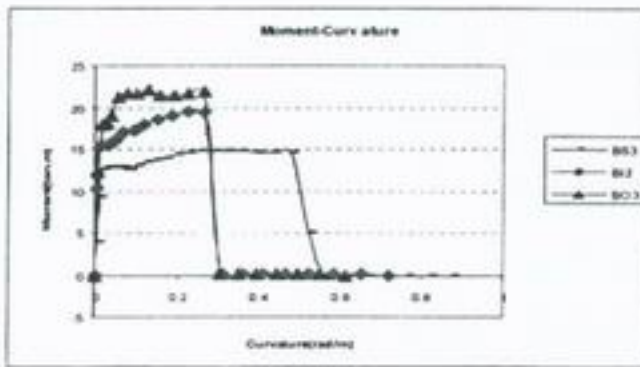
هر گراف مقایسه ای بین اعضای متناظر سه ساختمان مورد بررسی می باشد. در این گرافها، حرف اول B به معنای تیر و C به معنای ستون، حرف دوم S به معنای ویژه، I متوسط و D معمولی می باشد. اعداد انتهایی نیز برای تیپ بندی آورده شده اند.



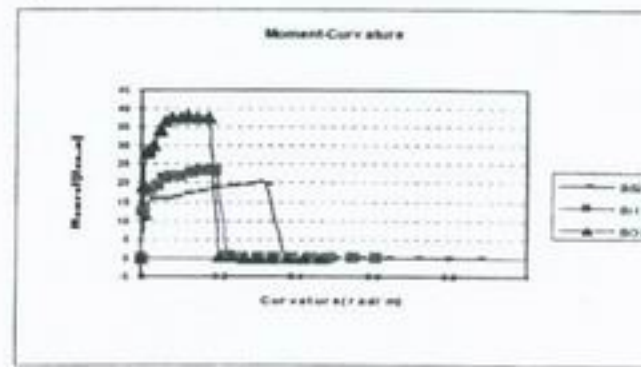
شکل (۶): تیپ بندی قابهای خمشی ۵ طبقه (الف) ویژه (ب) متوسط (ج) معمولی



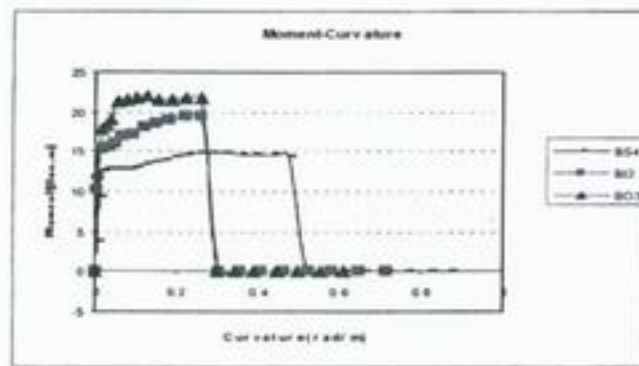
(الف)



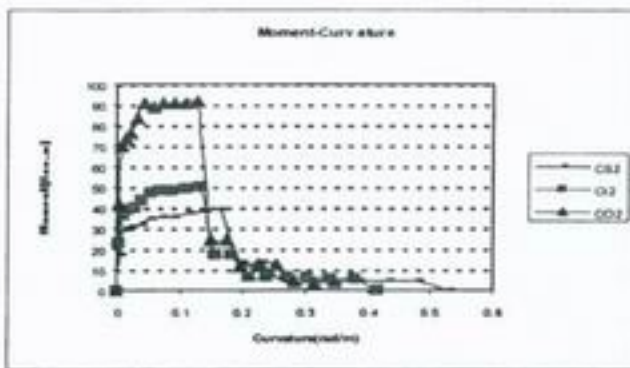
(پ)



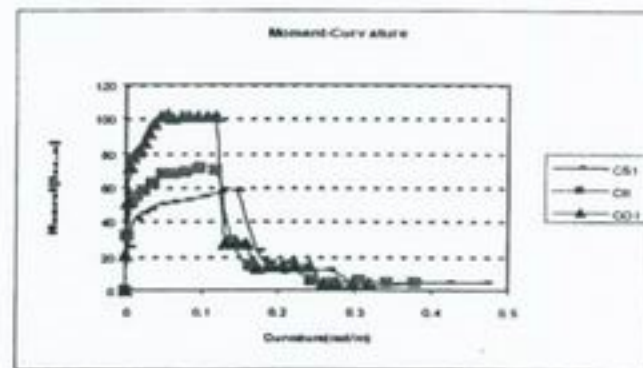
(ب)



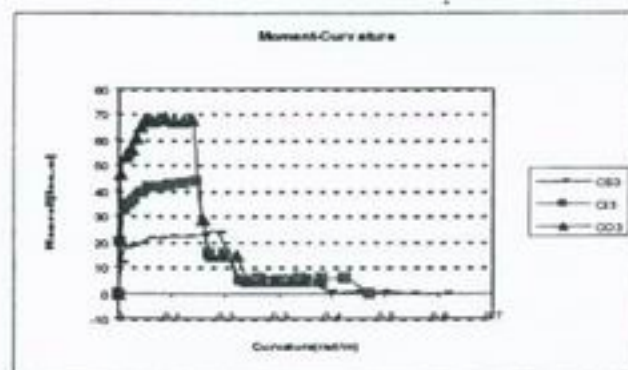
(ت)



(ج)



(ث)



(ح)

شکل (۷): نمودارهای ممان - انحنای اعضای سازه ۵ طبقه برای ۳ سطح شکل پذیری

۷- نتیجه گیری

مدل مندر یک مدل ریاضی کامل برای تعیین رفتار اعضای بتن مسلح به منظور به کارگیری به عنوان یک جایگزین مطمئن برای جداول آیین نامه ای مدلسازی رفتار غیرخطی می باشد. تیرهای طراحی شده با سطح شکل پذیری بالا، دارای قابلیت تحمل انحنای بیشتر نسبت به دو سطح شکل پذیری دیگر می باشند. به عبارت دیگر سطح شکل پذیری متوسط از نظر تحمل حداکثر انحنای بیشتر به سطح شکل پذیری کم نزدیک می شود. این امر دلیلی برای حرکت به سمت سازه های با شکل پذیری بالا می باشد. چرا که رفتار مفاصل پلاستیک را همین دیاگرام (ممان- انحنای ممان- دوران) تعیین می کند. در ستونها هر چند که باز هم اختلاف در مقدار انحنای قابل تحمل توسط اعضای طراحی شده بر اساس سه سطح مختلف شکل پذیری به چشم می خورد اما این تفاوت به اندازه تفاوت در تیرها، چشمگیر و متمایز نمی باشد. اعضای با سطح شکل پذیری پایین تر، قادر به تحمل ممانهای بزرگتری هستند، علت این است که این سازه ها برای برش پایه بزرگتری طراحی شده اند و لذا مقاطع بزرگتر و مقاومت خمشی بیشتری دارند. در ستونها، یک مقاومت پسماند بعد از افت شدید مشاهده می شود. مقدار این مقاومت پسماند در حدود 0.3 تا 0.4 و در برخی از ستونها تا 0.5 افزایش می یابد. در دستورالعمل بهسازی مقدار 0.2 ذکر شده که می تواند افزایش یابد. در تیرها این مقاومت پسماند مشاهده نمی شود که البته در آیین نامه بهسازی احتمال آن دیده شده است.

۸- مراجع

- [۱] آیین نامه بتن ایران، آبا. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- [۲] ACI 318 M, "Building code requirements for reinforced concrete", American concrete Institute., (2002)
- [۳] CSA., "Reinforced concrete standard", Canadian standard association ,(2003)
- [۴] دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
- [۵] FEMA, 2000, NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA-356, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- [۶] ATC, 1996, Methodology for Evaluation and Upgrade of Reinforced Concrete Buildings, Report No. ATC-40, California Seismic Safety Commission, Sacramento, California
- [۷] park ,R,Paulay,T (1974), "Reinforced Concrete Structures" John Wiley and Sons, New York.
- [۸] Section builder CSI, Section Builder manual (2005)
- [۹] Sheikh, S.A., and Uzumeri, S.M.



(1980). "Strength and ductility of tied concrete columns." J.Struct. Div. A.S.C.E., 106(5), 1079-1102.

[۱۰] Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park, R.(1988). "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete", J. of Structural Engineering, ASCE, 114(8).

[۱۱] Arzamanidis, S Ayman, S. (2005) " Performance-loased seismic analysis and design of suspension bridges", Earthquake engineering Journal, Vol.34, April

[۱۲] آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (۱۳۸۴) - استاندارد (۸۴-۲۸۰۰)، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

آقای حسین دانشور دارای کارشناسی ارشد مهندسی عمران (گرایش سازه) از دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و ۶ سال سابقه کار دارد که یک سال آن در قدس نیرو می باشد. زمینه علاقمندی ایشان طراحی براساس عملکرد سازه های بتنی و فولادی، اصول و مبانی بهسازی لرزه ای و کمانش تیر ورقها و عملکرد تیرهای عمیق و طراحی فونداسیون سازه های خاص می باشد.

Hdanesvar@Ghods-niroo.com



G H O D S N I R O O



003

تهران، خیابان استاد مطهری، چهارراه سهروردی، شماره ۹۸

کدپستی: ۱۵۶۶۷۷۵۷۱۱

تلفن: ۸۸۴۰۳۶۱۳ - ۸۸۴۳۰۴۵۴ فکس: ۸۸۴۱۱۷۰۴

No.98,Ostad Motahari Ave,Tehran-Iran
Tel: 88403613 - 88430454 Fax: 88411704
Email:info@ghods-niroom.com



مهندسين مشاور قدس نير و

GHODS NIROO CONSULTING ENGINEERS

شرکت مهندسين مشاور قدس نير و علاوه بر سابقه درخشان در ارائه خدمات مهندسي در زمينه هاي صنعت آب، برق و نفت و گاز، با تکیه بر محمل هاي قانوني موجود در کشور، فعاليت هاي زیست محیطي را در دستور کار خود قرار داده و در این راستا رتبه بندي سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور را در گرایش مهندسي محیط زیست اخذ نموده و آماده ارائه خدمات زیست محیطي در زمينه هاي زیر می باشد:

- طرحهاي آمایش سرزمین
- آبخیزداری و حفاظت خاک
- طرحهاي گسترش فضای سبز
- طرحهاي استفاده از انرژیهای پایدار
- طرحهاي اجتماعی و اقتصادی و مشارکت مردمی
- اجرای طرحهاي سازگار با محیط زیست و کسب "ISO14000"
- تصفیه فاضلاب و پسابهای صنعتی و انسانی و صنایع نیروگاهی
- طرحهاي کاهش مصرف انرژی (استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر و حفظ محیط زیست)

- ارزیابی اثرات زیست محیطي پروژه های عمرانی (سد و سازه های آبی، نیروگاهها و صنایع بزرگ و پروژه های نفت و گاز، راه آهن و جاده و...)

مهندسين مشاور قدس نير و تا کنون بیش از ۲۰ مورد ارزیابی اثرات زیست محیطي پروژه های عمرانی را در زمينه های آب و برق و طرح تصفیه خانه فاضلاب صنعتی به انجام رسانده است که بخشی از این پروژه ها به شرح زیر میباشد:

- بازنگری زیست محیطي انرژی (EER)
- مطالعات آلودگی کیفی منابع آب دشت اراک
- ارزیابی اثرات زیست محیطي سد مخزنی و نیار
- ارزیابی اثرات زیست محیطي سد سردشت خوزستان
- ارزیابی اثرات زیست محیطي سد و نیروگاه برقابی بازفت
- ارزیابی اثرات زیست محیطي سد و نیروگاه برقابی لرستان
- ارزیابی اثرات زیست محیطي انتقال آب از سد ماملو به تهران
- ارزیابی اثرات زیست محیطي انتقال آب از چشمه روزیه به سمنان
- ارزیابی اثرات زیست محیطي نیروگاه های اردبیل، سهند، سنندج، جهرم، قائن، ارومیه، ری، پرند، کرمان، آبادان، بیستون و سیکل ترکیبی تبریز



مهندسين مشاور قدس نيرو
GHODS NIROY CONSULTING ENGINEERS

GHODS NIROY CONSULTING ENGINEERS

GHODS NIROY CONSULTING ENGINEERS