جمهوری اسلامی ایران

راهنمای طراحی روسازی فرودگاه

نشریه شماره ۳۵۳

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
http://tec.mporg.ir/

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
پژوهشکده حمل و نقل
http://rahiran.ir/

۱۳۸۵

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفـتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نمـوده اسـت. بـا وجـود تـلاش فـراوان، ایـن اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام ، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از ایـن‌رو ، ***از شـما خوانـنده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید :***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید .

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید .

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید .

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید .

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود .

نشـانی بـرای مکاتـبه : تهران، خیابان شیخ‌بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴، سازمان مدیریـت و برنامه‌ریزی کشور ، دفتر امور فنی ، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله صندوق پستی ۴۵۴۸۱- ۱۹۹۱۷ **http://tec.mporg.ir/**

omoorepeyman.ir

بسمه‌تعالی

پیشگفتار

بهره‌گیری از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی در تمامی مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی با رویکرد کاهش هزینه، زمان و ارتقاء کیفیت، از اهمیتی ویژه برخوردار بوده و در نظام جدید فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور، مورد تأکید جدی قرار گرفته است.

براساس مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مورد نیاز طرحهای عمرانی می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرحهای عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین اینگونه مدارک علمی، از توان فنی دستگاههای اجرایی ذیربط استفاده شود. در این راستا مقرر شده است، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری در تدوین ضوابط و معیارهای بخش راه و ترابری عهده‌دار این مهم باشد.

در کشور پهناور ایران تسهیل در امور حمل و نقل با توجه به اقلیم و شرایط خاص منطقه‌ای و برنامه‌ریزی مناسب برای آن و ساخت و توسعه اصولی و مناسب زیرساختهای حمل و نقل با رعایت ضوابط و معیارهای فنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است . حمل و نقل هوایی با توجه به سرعت بالای آن در جابجائی کالا و مسافر و تاثیر آن بر توسعه اقتصادی در برنامه‌ریزی حمل و نقل کشور توجه ویژه‌ای به آن گردیده است.

در طراحی فرودگاهها بخش روسازی باندها و دیگر سطوح پروازی به دلیل تامین ایمنی کافی ، مصروف داشتن هزینه‌های بالای ساخت و نگهداری دارای اهمیت بسزایی است. در این نشریه سعی شده است تا یکی از روشهای متعارف و بین‌المللی برای طراحی روسازی باند فرودگاهها متناسب با شرایط اقلیمی کشور و تجربیات موجود تشریح گردد.

سازمان هواپیمائی کشوری بین‌المللی (ICAO) در بخش طراحی روسازی روشهای مختلفی از کشورهای توسعه یافته را بعنوان استاندارد مورد قبول طراحی اعلام نموده است و ضوابط آن را عنوان کرده است، که از جمله آنها روش طراحی سازمان هوانوردی آمریکا (FAA) می‌باشد.

omoorepeyman.ir

این روش کامل‌ترین و کاربردی ترین روش طراحی روسازی سطوح پروازی فرودگاه‌ها است که کلیه عوامل موثر در طرح، در آن در نظر گرفته شده است. نوع و مقدار ترافیک و نوع هواپیمای طرح و کیفیت و جنس مصالح از جمله عواملی هستند که در روش مذکور مورد تأئید قرار گرفته است. تجارب چندین ساله در ساخت فرودگاههای مختلف کشور نیز نشان دهنده این امر است که روش مذکور از کارآئی بالائی برخوردار است و در کلیه فرودگاه‌های کوچک و بزرگ مورد استفاده قرار گرفته است به همین دلیل اصول و مبانی این نشریه از ضوابط و معیارهای مندرج در آئین نامه مذکور اخذ شده است.

در خاتمه از پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری ، شرکت مهندسین مشاور ایمن‌راه و کارشناسان زیر که در تهیه و تدوین این مجموعه ما را یاری داده‌اند تشکر و قدردانی می‌نماید.

* کارشناسان مجری

مهندس رحمت‌الله حکیمی

مهندس علی میرزائی

* گروه نظارت بر تدوین

دکتر محمود عامری — دکتر غلامعلی شفابخش

دکتر ابوالفضل حسنی — مهندس محمد توسلی حجتی

* همکاران پژوهشکده حمل و نقل

دکتر محمود عامری — دکتر غلامعلی شفابخش

مهندس احمد منصوریان

* همکاران سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

خانم مهندس بهناز پورسید — مهندس میرمحمود ظفری

آقای مهندس علی تبار — مهندس طاهر فتح‌اللهی

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

حبیب امین‌فر

معاون امور فنی

۱۳۸۵

omoorepeyman.ir

فصل اول ـ اهداف و عملکرد روسازی

۱ـ ۱ـ کلیـات ۱
۱ـ ۲ ـ انواع روسازیها ۱
۱ـ ۳ ـ لایه‌های روسازی ۲
۱ ـ ٤ ـ تغییر ضخامت روسازی در نواحی مختلف فرودگاه ۲
۱ـ۵ ـ تجزیه و تحلیل اقتصادی ۵

فصل دوم ـ شناسایی خاک‌ها

۲ ـ ۱ ـ کلیات ٦
۲ ـ ۲ ـ بستر روسازی ۱۱
۲ ـ ۳ ـ خاک‌های متورم شونده ۱۲
۲ ـ ٤ ـ نفوذ ریزدانه به روسازی ۱۳
۲ ـ ۵ ـ تثبیت بستر ۱۳
۲ ـ ٦ ـ آزمایشات تعیین مقاومت خاک ۱۳
۲ ـ۷ ـ یخبندان فصلی ۱۵

فصل سوم ـ طرح روسازی

۳ ـ ۱ ـ ملاحظات طراحی ۲۳
۳ ـ ۲ ـ روسازی انعطاف پذیر ۲۳
۳ ـ ۳ ـ روسـازی صـلب ۲۳
۳ ـ ٤ ـ مشخصـات هواپیمـا ۲۳
۳ ـ ۵ ـ وضعیت حجم ترافیکی ۲٤
۳ ـ ٦ ـ تعیین هواپیمای مبنای طرح ۲۵
۳ ـ ۷ ـ بارگذاری روسازی ۲۵
۳ ـ ۸ ـ طرح روسازی ۲۹
۳ ـ ۸ ـ ۱ ـ روسازی بتن آسفالتی ۲۹
۳ ـ ۸ ـ ۲ ـ طراحی روسازی صلب ٤۷
۳ ـ ۹ ـ تعیین ضریب عکس‌العمل خاک بستر برای روسازی صلب ۵۰

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۱۰ ـ تعیین ضخامت دال بتنی ۵۰
۳ ـ ۱۱ ـ مناطق بحرانی و غیر بحرانی ۷۸
۳ ـ ۱۲ ـ درزبندی در روسازیهای بتنی ۷۸
۳ ـ ۱۲ ـ ۱ ـ طبقه بندی درزها ۷۸
۳ ـ ۱۲ ـ ۲ ـ فاصله درزها ۸۱
۳ ـ ۱۳ ـ ملاحظات مخصوص درزها ۸۲
۳ ـ ۱٤ ـ استفاده از میلگرد در درزها ۸۲
۳ ـ ۱٤ ـ ۱ ـ میلگردهای اتصال ۸۲
۳ ـ ۱٤ ـ ۲ ـ میلگردهای انتقال نیرو ۸۳
۳ ـ ۱٤ ـ ۳ ـ مواد آب‌بند و نوار پرکننده درز ۸۳
۳ ـ ۱٤ ـ ٤ ـ پلان درزبندی ۸٤
۳ ـ ۱٤ ـ ٥ ـ روسازی بتن مسلح ۸٦
۳ ـ ۱٤ ـ ٦ ـ نوع و فواصل آرماتورگذاری ۸٦
۳ ـ ۱٤ ـ ۷ ـ مقدار آرماتورگذاری ۸٦
۳ ـ ۱٤ ـ ۸ ـ مثال طرح روسازی صلب ۸۸

فصل چهارم ـ طراحی روسازی به روش لایه‌های الاستیک

٤ ـ ۱ـ کلیات ۹۲
٤ ـ ۲ ـ کاربرد ۹۲
٤ ـ ۳ ـ برنامه کامپیوتری ۹۲
٤ ـ ٤ ـ مفروضات طراحی روسازی ۹۳
٤ ـ ٥ ـ طرح روسازی انعطاف پذیر ۹٤
٤ ـ ٦ ـ طرح روسازی صلب ۹٤
مراجـــع ۹٦

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

جدول (۲-۱) ـ تعیین عمق گمانه زنی برای شناسایی خاک ۷
جدول (۲-۲) ـ آزمایشات تعیین خصوصیات خاک ۹
جدول (۲-۳) ـ طبقه بندی خاکها به روش یونیفاید ۱۰
جدول (۲-٤) ـ مشخصات انواع خاکها ۱۰
جدول (۲-٥) ـ عمق تراکم مورد نیاز خاک بستر ۱۱
جدول (۲-٦) ـ روشهای اصلاح برای خاکهای متورم شونده ۱۲
جدول (۲- ۷) ـ گروههای یخ زدگی خاک ۱٦
جدول (۲-۸) ـ مشخصات خاکهای مورد استفاده برای روسازی فرودگاهها ۲۱
جدول (۳-۱) ـ ضرایب تبدیل چرخهای مختلف هواپیماها ۲۷
جدول (۳-۲) ـ حداقل ضخامت لایه اساس ۳۰
جدول (۳-۳) ـ رابطه درصد ضخامت و تعداد پرواز سالیانه ٤٥
جدول (۳-٤) ـ ضرایب معادل پیشنهادی برای قشر اساس ٤٥
جدول (۳-٥) ـ ضرایب معادل پیشنهادی برای قشر زیراساس ٤٦
جدول (۳-٦) ـ شرایط عدم نیاز به اجرای زیراساس ٤۷
جدول (۳-۷) ـ مصالح مناسب برای جایگزینی لایه اساس ٤۷
جدول (۳ - ۸) ـ زیراساس تثبیت شده ٤۸
جدول (۳ - ۹) ـ حداکثر فواصل درزهای توصیه شده برای شرایط بدون وجود زیراساس تثبیت شده ۸۱
جدول (۳ - ۱۰) ـ اندازه و فواصل میلگردهای انتقال نیرو ۸۳

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱) ـ نقشه جانمائی عوامل میدان پرواز یک فرودگاه..... ۳
شکل (۱-۲) ـ نقشه نمونه سطوح پروازی و مقطع عرضی روسازی باند پرواز..... ٤
شکل (۲-۱) ـ نقشه نمونه موقعیت گمانه زنی و نیمرخ ارتفاعی آن..... ۸
شکل (۲-۲) ـ معیارهای طبقه بندی خاک..... ۱۷
شکل (۲-۳) ـ مثلث دانه بندی برای راهنمایی در انتخاب یک تثبیت کننده خاک..... ۱۸
شکل (۲-٤) ـ نمودار تأثیر زیراساس بر مقدار ضریب عکس‌العمل بستر روسازی..... ۱۹
شکل (۲-۵) ـ عمق نفوذ یخبندان..... ۲۰
شکل (۳-۱) ـ آرایش انواع چرخهای هواپیما..... ۲٦
شکل (۳-۲) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای چرخ تکی..... ۳۱
شکل (۳-۳) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای چرخ زوج..... ۳۲
شکل (۳-٤) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای چرخ زوج مرکب..... ۳۳
شکل (۳- ۵) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیمای A-300 مدل B2..... ۳٤
شکل (۳-٦) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیمای A-300 مدل B4..... ۳۵
شکل (۳-۷) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B747-100 , SR , 200B, C,F..... ۳٦
شکل (۳-۸) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B747-SP..... ۳۷
شکل (۳-۹) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B757..... ۳۸
شکل (۳-۱۰) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B767..... ۳۹
شکل (۳-۱۱) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای C-130..... ٤۰
شکل (۳-۱۲) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای DC10-10, CF۱۰..... ٤۱
شکل (۳-۱۳) ـ منحنی طرح روسازی انتخابی انعطاف پذیر برای هواپیماهای DC10-30 , 30CF , 40 , 40CF... ٤۲
شکل (۳-۱٤) ـ منحنی طرح روسازی انتخابی انعطاف پذیر برای هواپیماهای L1011-100 , 100..... ٤۳
شکل (۳-۱۵) ـ منحنی طرح روسازی انتخابی انعطاف پذیر برای هواپیماهای L۱۰۱۱-۱۰۰ , ۲۰۰..... ٤٤
شکل (۳-۱٦) ـ تیپ مقطع عرضی روسازی انعطاف پذیر..... ٤۹
شکل (۳-۱۷) ـ اثر زیراساس تثبیت شده برروی ضریب عکس العمل بستر..... ۵۲
شکل (۳- ۱۸) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای چرخ تکی..... ۵۳
شکل (۳-۱۹) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای چرخهای زوج..... ۵٤
شکل (۳-۲۰) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای چرخهای زوج مرکب..... ۵۵
شکل (۳-۲۱) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B2..... ۵٦
شکل (۳-۲۲) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B4..... ۵۷
شکل (۳-۲۳) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای B747-100 , SR , 200B, C, F..... ۵۸
شکل (۳-۲٤) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B747-SP..... ۵۹
شکل (۳-۲۵) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B757..... ٦۰
شکل (۳-۲٦) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B767..... ٦۱
شکل (۳-۲۷) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای C-130..... ٦۲

omoorepeyman.ir

شکل (۳-۲۸) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-1, 10CF ٦٣
شکل (۳-۲۹) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-30, 30CF, 40, 40CF..... ٦٤
شکل (۳-۳۰) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-1 , 100..... ٦٥
شکل (۳-۳۱) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-100 , 200..... ٦٦
شکل (۳-۳۲) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای چرخهای زوج مرکب..... ٦٧
شکل (۳-۳۳) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B2..... ٦٨
شکل (۳-۳٤) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای B747-100, SR, 200B, C,F,..... ٦٩
شکل (۳-۳٥) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B747-SP..... ٧٠
شکل (۳-۳٦) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B4..... ٧١
شکل (۳-۳۷) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B757..... ٧٢
شکل (۳-۳۸) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B767..... ٧٣
شکل (۳-۳۹) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-10, 10CF..... ٧٤
شکل (۳-٤۰) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-30, 30CF, 40, 40CF..... ٧٥
شکل (۳-٤۱) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-100, 100..... ٧٦
شکل (۳-٤۲) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-100, 200..... ٧٧
شکل (۳-٤۳) ـ جزئیات انواع درزهای روسازی بتنی..... ٧٩
ادامه شکل (۳-٤۳) ـ جزئیات انواع درزهای روسازی بتنی..... ٨٠
شکل (۳-٤٤) ـ نمونه پلان درزبندی برای باند، تاکسیوی موازی و ارتباطی ٨٥
شکل (۳-٤٥) ـ جزئیات تیپ آرماتور گذاری روسازی بتن مسلح..... ٨٧
شکل (۳-٤٦) ـ تیپ مقطع عرضی روسازی صلب..... ٩١

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل اول ـ اهداف و عملکرد روسازی

۱ـ ۱ـ کلیات

روسازی فرودگاهها با توجه به شرایط خاص آن و همچنین بدلیل نحوه و نوع بارگذاری باید بگونه‌ای باشد که تکیه‌گاه لازم برای هواپیماهایی را که از آن استفاده می‌کنند بوجود آورد. روسازی مانند یک پی عمل می‌کند. بار توسط چرخهای وسایل نقلیه به سطح روسازی اعمال شده و از آنجا با نیروی کمتری بر سطح بستر اثر می‌گذارد. عملکرد روسازی توزیع بار وارده بر روی سطح بزرگتری از بستر است که این سطح چند برابر سطح تماس چرخ بر روی روسازی است. برای یک روسازی معین هرچه ضخامت روسازی بیشتر باشد، سطحی از بستر که باربر روی آن وارد می‌شود بزرگتر خواهد بود و هرچه خاک بستر ناپایدارتر باشد، در نتیجه سطح بیشتری برای توزیع بار برروی خاک بستر نیاز خواهد بود. روسازی‌ها تحت تأثیر شرایط جوی و بارگذاریها هستند. مراحل مختلف طراحی شامل تعداد زیادی از متغیرها بوده که تعیین آنها اغلب بسیار مشکل است. طرح روسازی فرودگاهها شامل تعیین ضخامت کل روسازی و همچنین تعیین ضخامت هر کدام از اجزاء آن می‌باشد. عوامل مؤثر بر طرح ضخامت روسازی یک فرودگاه عبارتند از:

الف ـ میزان و نوع بار هواپیماهای مختلف که برروسازی اعمال خواهد شد.

ب ـ حجم ترافیک یا بعبارت ساده‌تر میزان نشست و برخاست هواپیماهای مختلف.

ج ـ تمرکز ترافیک در نواحی معین.

د ـ مشخصات خاک بستر.

هـ ـ شرایط آب و هوایی و جوی منطقه.

بطور کلی می‌توان چنین عنوان نمود که تعیین یک روش و راه حل ریاضی مستقیم که کلیه متغیرهای مؤثر در طرح روسازی را اعمال نماید، غیر ممکن است.

۱ـ ۲ ـ انواع روسازیها

انواع روسازیهایی که در این دستورالعمل مورد بحث قرار می‌گیرند، عبارتند از روسازیهای انعطاف‌پذیر و صلب. ترکیب مختلفی از انواع روسازیها و لایه‌های تثبیت شده، روسازیهای مرکب یا مختلط (COMPOSITE PAVEMENT) را بوجود می‌آورند که از نظر درجه‌بندی حدفاصل روسازیهای انعطاف‌پذیر و صلب واقع می‌شوند.

omoorepeyman.ir

۱ـ ۳ ـ لایه‌های روسازی

در شکل (۱-۱) پلان معماری کلی یک فرودگاه نشان داده شده است. روسازی‌های متداول از لایه‌هایی به شرح زیر تشکیل شده‌اند که برروی خاک بستر واقع می‌شوند. بستر روسازی خاکی است که بعنوان پی روسازی عمل می‌کند و نگهدارنده روسازی احداث شده بر روی آن است.

الف ـ رویه: لایه‌های رویه معمولاً از بتن سیمانی، مخلوطهای آسفالتی گرم، مخلوطهای ماسه آسفالتی و یا آسفالت سطحی تشکیل شده است.

ب ـ اساس: لایه اساس از مصالح متنوعی تهیه شده است که بطور کلی به دو دسته تثبیت شده و تثبیت نشده تقسیم می‌شوند. اساس تثبیت نشده از مصالح شکسته شده یا شکسته نشده تشکیل می‌شود. اساس تثبیت شده از مصالحی مانند اساس تثبیت نشده تشکیل می‌گردد با این تفاوت که با یک تثبیت کننده مانند سیمان، قیر و یا آهک مخلوط شده است.

ج ـ زیراساس: لایه زیراساس از مصالح دانه‌ای یا مصالح دانه‌ای تثبیت شده و یا خاک تثبیت شده تشکیل می‌گردد.

۱ ـ ٤ ـ تغییر ضخامت روسازی در نواحی مختلف فرودگاه

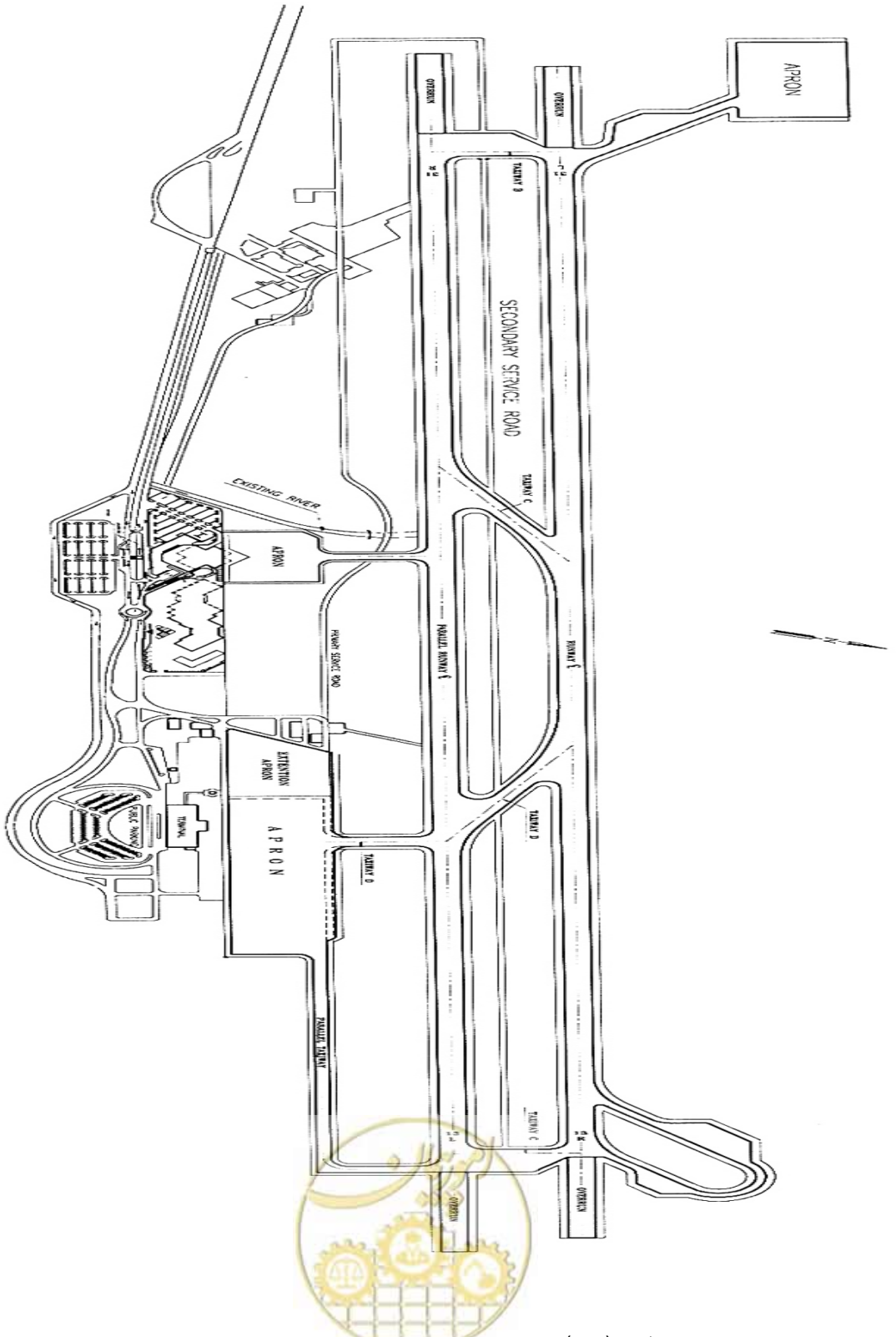
علاوه بر تعداد دفعاتی که یک نقطه بخصوص از روسازی در معرض بارگذاری قرار می‌گیرد، عامل وزن چرخ نیز در تعیین ضخامت روسازی دخالت دارد. هر دو عامل تعداد تکرار و وزن چرخ در نواحی مختلف فرودگاه متغیر است. در اپرونها و تاکسیویها هواپیما از مسیر معین و مشخص عبور می‌کند لذا هر نقطه از مسیر در معرض تعداد بیشتر تکرار بار قرار می‌گیرد. از طرف دیگر وزن هواپیما در شروع پرواز حداکثر مقدار را داشته بنابراین بار وارد به مسیر هواپیما در اپرون و تاکسیویها و ابتدای باند سنگین‌ترین بار است. مناطقی که در معرض تکرار بیشتر و وزن سنگین‌تر قرار دارند، مناطق بحرانی نامیده می‌شوند. بدیهی است که ضخامت روسازی در مناطق بحرانی ضخیم‌تر از سایر نقاط بوده و حداکثر مقدار را دارا است.

روسازی‌های فرودگاه معمولاً بصورت یکنواخت و با ضخامت کامل اجراء می‌شوند. در صورتی که عملی باشد، باندهای پرواز ممکن است با مقطع عرضی متغیر اجراء شوند. یک مقطع متغیر باعث می‌شود که از مصالح کمتری در لایه‌های بالایی روسازی باند استفاده شود. اما از سوی دیگر اجرای مقطع متغیر باعث پیچیدگی نحوهٔ اجراء شده و افزایش هزینه را بدنبال خواهد داشت که هزینه اضافی ساخت و اجراء ممکن است مقدار کاهش هزینه بدلیل مصرف کمتر مصالح روسازی را خنثی کند. نمونه پلان و مقطع عرضی برای مقاطع متغیر باند در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. ممکن است در شرایطی که اجراء باند پرواز بصورت مرحله‌بندی شده انجام می‌گیرد و یا اینکه موقعیت تاکسیوی‌ها دقیقاً مشخص نمی‌باشد، تغییراتی نسبت به شکلهای داده شده بوجود آید. بعنوان یک قانون کلی طراح می‌بایست ضخامت روسازی قسمت‌های مختلف عوامل میدان پرواز را بترتیب زیر انتخاب کند:

الف ـ در مناطقی که هواپیمای خروجی تردد می‌کند، ضخامت روسازی باید کامل و معادل T انتخاب گردد. مناطقی همچون اپرونها، محلهای توقف قبل از پرواز، بخشهای مرکزی باند پرواز و تاکسیویها از آن جمله‌اند.

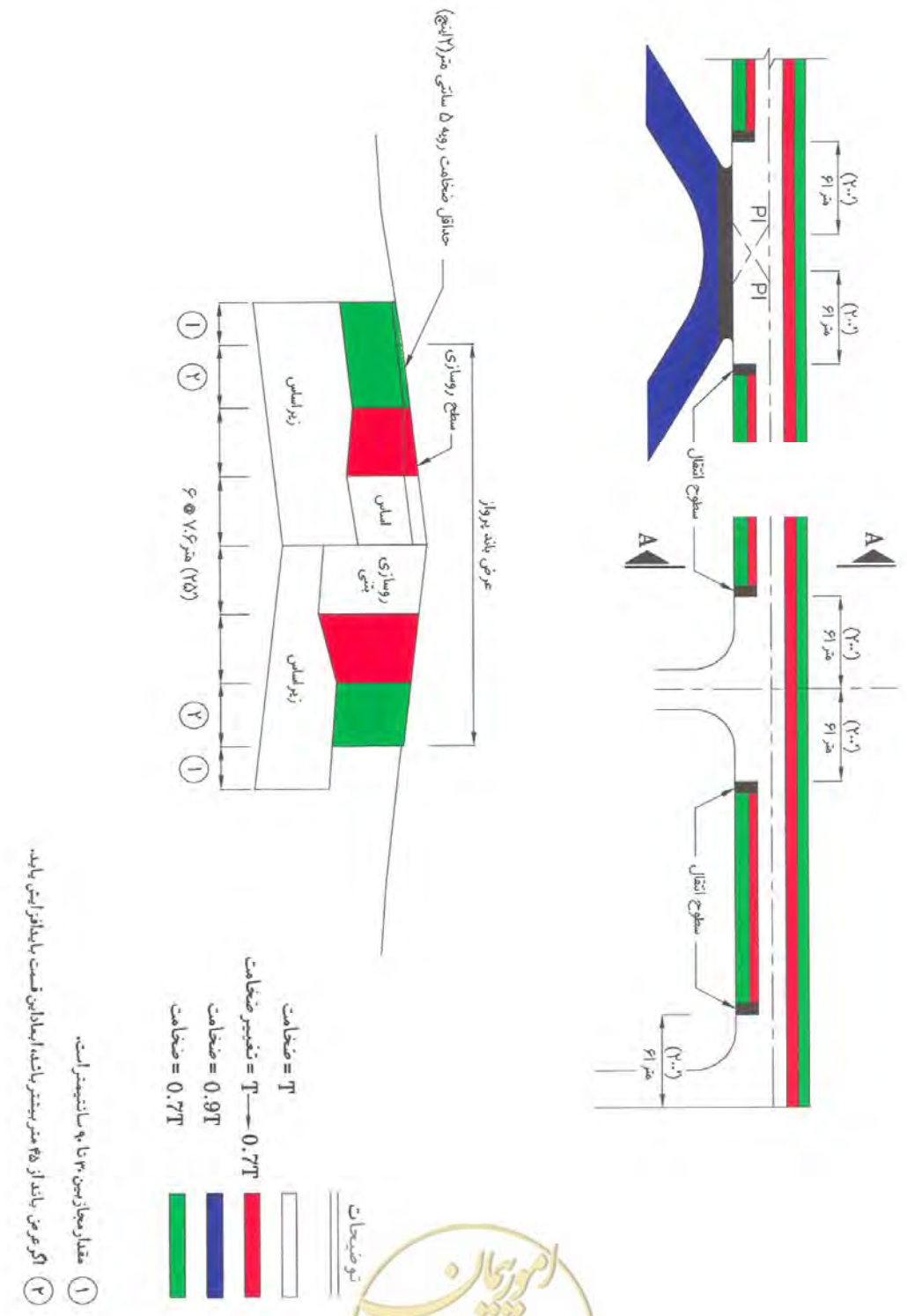
ب ـ روسازی با ضخامت ۰/۹ T برای محلهایی مانند تاکسیویهای خروجی سریع از باند پرواز که هواپیما در هنگام عملیات نشست از آنها استفاده می‌کند، مورد نیاز خواهد بود.

omoorepeyman.ir



شکل (۱-۱) ـ نقشه جانمائی عوامل میدان پرواز یک فرودگاه

omoorepeyman.ir



شکل (۱-۲) ـ نقشه نمونه سطوح پروازی و مقطع عرضی روسازی باند پرواز

omoorepeyman.ir

ج ـ ضخامت روسازی برای محلهایی همچون لبه خارجی باند پرواز و تاکسیویها که احتمال عبور هواپیما از روی آنها کم است، برابر ۰/۷ T خواهد بود.

۱ـ۵ ـ تجزیه و تحلیل اقتصادی

چنانچه طراحی و اجرای روسازی به درستی انجام شود، هر یک از انواع آن (صلب، انعطاف پذیر، مرکب) روسازی مناسبی برای انواع هواپیمای مسافری خواهد بود. هرچند ممکن است برخی از طراحی‌ها اقتصادی‌تر از انواع دیگر باشد و همچنین عملکرد رضایتبخشی داشته باشد، مهندس طراح باید دلائل مستدل و منطقی در ارتباط انتخاب نوع روسازی ارائه نماید. اغلب این دلائل بر مبنای عوامل اقتصادی است که از طراحی‌های مختلف نتیجه می‌شود. چنانچه انتخاب طرح بر مبنای حداقل هزینه باشد، میبایست تجزیه و تحلیل هزینه برای دوره طرح صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

فصل دوم ـ شناسایی خاک‌ها

۲ ـ ۱ ـ کلیات

یکی از مهمترین عواملی که در طرح روسازی‌ها، بخصوص روسازیهای انعطاف‌پذیر تاثیر دارد و باید دقیقاً مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد، خصوصیات و مشخصات خاک بستر روسازی است. این امر از آن جهت اهمیت دارد که در حقیقت این خاک بستر روسازی است که نهایتاً باید کلیه بارهای وارد برروسازی را تحمل نماید.

برای فراهم نمودن اطلاعات اساسی درباره انواع مختلف خاکها باید بررسیهای دقیقی جهت تعیین چگونگی پراکندگی و خصوصیات آنها صورت گیرد. اطلاعاتی که بدین نحو حاصل می‌شوند، در تلفیق با دانسته‌های حاصل از توپوگرافی محل و شرایط آب و هوایی منطقه، مبانی ضروری و اساسی طرح روسازی فرودگاه را تشکیل می‌دهند. بررسی وضعیت خاک محل احداث فرودگاه از نظر مقاومت و قابلیت تراکم بستگی به سایر مشخصات اصلی خاک از قبیل جنس، میزان رطوبت، دانه‌بندی، خاصیت خمیری و وزن مخصوص دارد و پس از تعیین این مشخصات اصلی است که می‌توان تاثیر آنها را بر روی سایر مشخصات خاک تعیین نمود. مطالعه و بررسی خاک بستر معمولاً نباید محدود به آزمایشگاه شود بلکه این بررسی‌ها در محل نیز باید انجام شود.

بررسی وضعیت خاک محل احداث فرودگاه شامل موارد زیر می‌باشد:

الف ـ نمونه برداری از لایه‌های مختلف خاک: برای مشخص کردن آرایش این لایه‌ها نسبت به سطح خاک بستر، قدم اولیه شناسایی خاک محل می‌باشد. از آنجایی که خاک هر محل مسائل و ویژگیهای خاص خود را دارد، فواصل بین گمانه‌ها را نمی‌توان توسط قانون کلی یا نقشه از پیش تعیین شده خاصی توصیه نمود. جدول (۲-۱) جهت استفاده برای گمانه‌زنی ارائه شده است. لازم به توضیح است که این پارامترها با توجه به شرایط محلی و قضاوت مهندسی دستخوش تغییرات وسیعی می‌گردند. بدین منظور طراح روسازی باید با توجه به وضعیت منطقه نسبت به تعیین موقعیت گمانه‌های شناسایی مورد نیاز اقدام نماید. نکته حائز اهمیت در این جدول خاکریزیهای مرتفع است که عمق گمانه‌زنی باید به اندازه‌ای باشد که مسئله تحکیم خاک و یا ترک لغزشی را تعیین نماید.

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۱) ـ تعیین عمق گمانه زنی برای شناسایی خاک

منطقه	فواصل	عمق
باند و تاکسیوی	در امتداد محور ۶۸ متر (۲۰۰ فوت) مرکزبه مرکز	در خاکبرداری ۳/۵ متر (۱۰ فوت) زیر سطح نهایی روسازی (FINISHED GRADE) درخاکریزی ۳/۵ متر(۱۰ فوت) زیرسطح‌زمین طبیعی موجود[1] (EXISTING GROUND)
روسازی سایر محوطه فرودگاه	یک چاه گمانه در هر ۹۳۰ متر مربع	در خاکبرداری ـ ۳/۵ متر (۱۰ فوت) زیر سطح نهایی در خاکریزی ـ ۳/۵ متر (۱۰ فوت) زیر سطح زمین موجود (۱)
مناطق قرضه	به تعداد لازم برای تعیین مشخصات خاک	تا عمقی که در قرضه حفاری و حمل خاک بعمل خواهد آمد

موقعیت، عمق و تعداد نمونه‌گیریها باید به نحوی باشد که تغییرات اساسی خاک را بتوان شناسائی کرد. هرگاه بررسیهای اولیه نشان دهد که قرارگیری لایه‌های مختلف خاک در مناطق عمیق ممکن است مسئله ساز باشد و یا براساس تشخیص مهندس طراح تحقیقات بیشتری مورد نیاز باشد، گمانه‌های بیشتر یا عمیق‌تری برای طراحی بهتر و صحیح‌تر نیاز خواهد بود.

نمودار گمانه‌زنی خاک موجود در بدست آوردن شرایط خاک بستر محل راهنمای بسیار خوبی خواهد بود. نمودار گمانه‌زنی بگونه‌ای باید باشد که کلیه نتایج حاصل از کاوش خاک را در خود داشته باشد. نمونه این نمودار در شکل (۲-۱) نشان داده شده است. این نمودار باید شامل اطلاعات زیر باشد:

ـ شماره مشخصه نمونه

ـ موقعیت

ـ تاریخ انجام

ـ نوع نمونه برداری

ـ ارتفاع سطح

ـ عمق مصالح

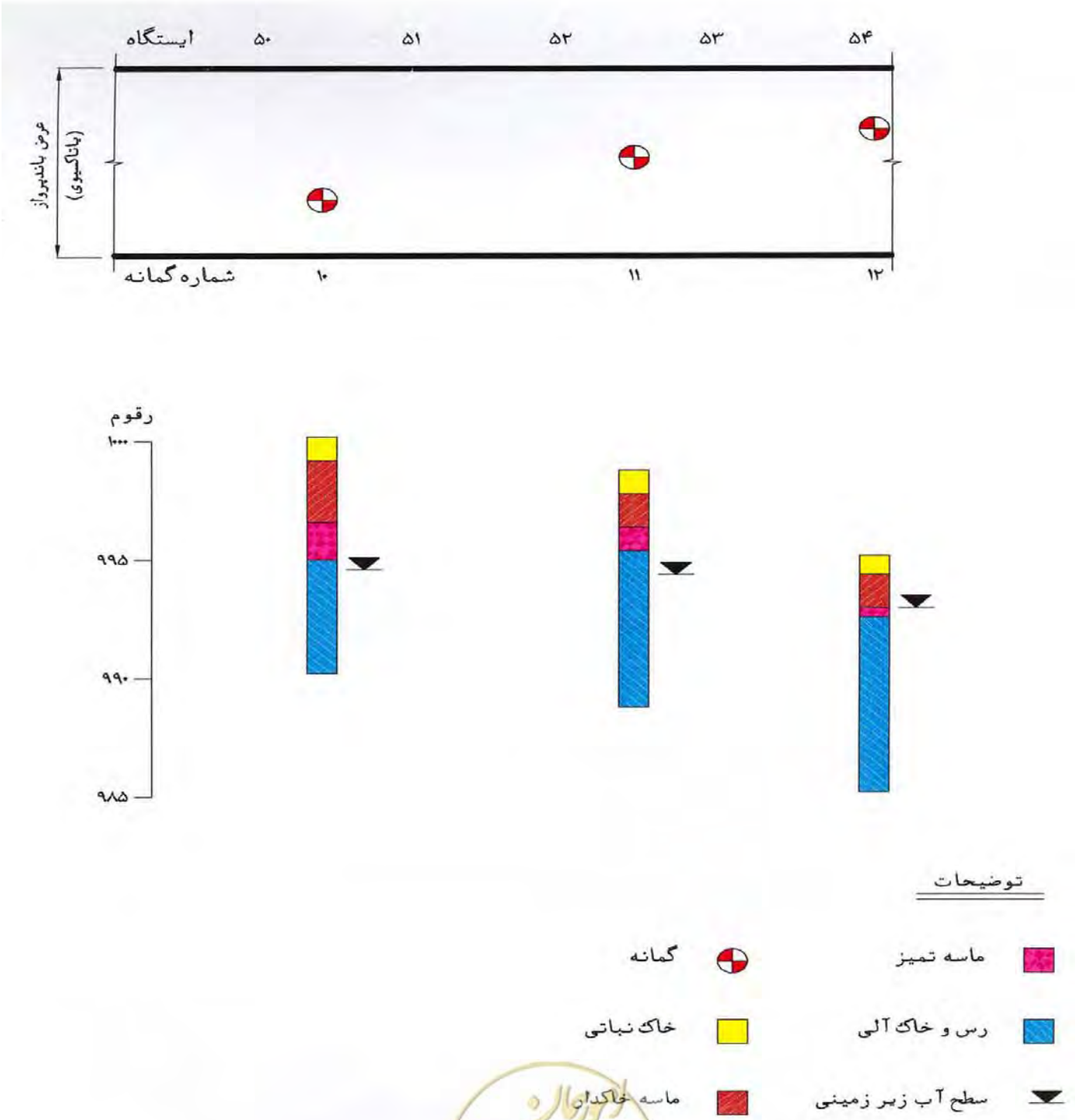
ـ طبقه بندی

ـ سطح آب زیرزمینی

نمونه‌گیری از خاک، محلهایی که مربوط به شیب‌بندی و یا مناطقی که لزوماً در محدوده فرودگاه قرار می‌گیرند را شامل نمی‌شود. منابع محتمل مصالح و یا مناطق قرضه که می‌تواند در خاکریزی استفاده شود، باید مورد بررسی، نمونه‌برداری و آزمایش قرار گیرند. علاوه بر نمونه‌گیریهایی که برای شناسایی خاکها و مصالح مورد نیاز است، مشخصاتی مانند وزن مخصوص در محل، مقاومت برشی، مشخصات تحکیم و سایر موارد ممکن دیگر، نیاز به نمونه‌های دست نخورده دارند که ASTM D1587 روش این نمونه‌گیری را ارائه می‌دهد.

omoorepeyman.ir

[1] برای خاکریزیهای به ارتفاع زیاد، عمق گمانه زنی باید کافی باشد تا میزان تحکیم و مقاومت لغزشی خاک مورد نظر تعیین شود.



شکل (۲-۱) ـ نقشه نمونه موقعیت گمانه زنی و نیمرخ ارتفاعی آن

omoorepeyman.ir

ب ـ انجام آزمایش برروی نمونه‌ها جهت تعیین خصوصیات انواع مختلف خاک با توجه به وزن مخصوص خاک در محل و مقاومت خاک بستر مرحله بعدی کار می‌باشد. این آزمایشات در جدول (۲-۲) نشان داده شده است.

جدول (۲-۲) ـ آزمایشات تعیین خصوصیات خاک

ردیف	نوع آزمایش	روش	ملاحظات
۱	تعیین اندازه ریزدانه و ثابتهای خاک	ASTM D-421	برای مصالح دانه‌ای غیر چسبنده و تمیز
۲	تعیین اندازه ریزدانه و ثابتهای خاک	ASTM D-2217	برای مصالح چسبنده
۳	آنالیز اندازه ریزدانه خاکها	ASTM C-422	ـــــــ
۴	حد خمیری خاکها	ASTM D-424	ـــــــ
۵	حد روانی خاکها	ASTM D-423	ـــــــ
۶	نشانه خمیری خاکها	ASTM D-424	ـــــــ
۷	رابطه وزن مخصوص و رطوبت خاکها	ASTM D-1557	برای هواپیماهای با وزن بیش از۱۳,۰۰۰ کیلوگرم
۸	رابطه وزن مخصوص و رطوبت خاکها	ASTM D-698	برای هواپیماهای با وزن کمتر از ۱۳,۰۰۰ کیلوگرم
۹	ضرایب انقباض خاکها	ASTM D-427	ـــــــ
۱۰	نفوذپذیری خاکهای دانه‌ای	ASTM D-2434	ـــــــ
۱۱	تعیین موادآلی موجود در خاکها بوسیله احتراق مرطوب	AASHTO T-194	ـــــــ
۱۲	تعیین ضریب‌باربری خاک‌در آزمایشگاه	ASTM D-1883	ـــــــ
۱۳	تعیین ضریب عکس العمل خاک	AASHTO T-222	ـــــــ
۱۴	تعیین نسبت باربری کالیفرنیا	ـــــــ	ـــــــ

ج ـ طبقه بندی خاکها:

روش استاندارد طبقه‌بندی خاکها براساس ASTM D-2487 می‌باشد که عموماً سیستم یونیفاید(UNIFIED SYSTEM) نامیده می‌شود. هدف اول از تعیین طبقه‌بندی خاکها این است که مهندس طراح بتواند رفتارهای ممکن یک خاک را پیش‌بینی کند. ثابتهای خاک نیز در پیش‌بینی رفتار آن مؤثر است. در تقسیم‌بندی اولیه خاکها به گروههای درشت دانه، ریزدانه و خاکهای فوق العاده آلی تقسیم می‌شوند. خاکهای ریزدانه و درشت دانه با مقدار مصالح مانده روی الک شماره ۲۰۰ مشخص می‌شوند. خاکهای درشت دانه براساس مقدار مصالح باقیمانده روی الک شماره ۴ به دو گروه شن و ماسه تقسیم می‌شوند. سپس شن و ماسه با توجه به وجود یا عدم وجود مصالح ریزدانه طبقه بندی خواهند شد. خاکهای ریزدانه با توجه به حد خمیری به دو گروه تقسیم می‌شوند. بخش جداگانه‌ای نیز برای خاکهای فوق‌العاده آلی در نظر گرفته می‌شود که عموماً برای استفاده در کارهای اجرایی مناسب نیستند.

جدول (۲-۳) طبقه‌بندی خاکها را براساس سیستم یونیفاید نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۳) ـ طبقه بندی خاکها به روش یونیفاید

مشخصات خاکها			علامت گروه
خاک درشت دانه، بیشتر از ۵۰ درصد روی الک شماره ۲۰۰ مانده است	شن ـ ۵۰ درصد یا بیشتر روی الک شماره ۴ باقی مانده	شن تمیز	GW,GP
		شن خاک‌دار	GM,GC
	ماسه ـ کمتر از ۵۰ درصد روی الک شماره ۴ باقی‌مانده	ماسه تمیز	SW,SP
		ماسه خاک‌دار	SM,SC
خاک ریزدانه، ۵۰ درصد یا کمتر روی الک شماره ۲۰۰ باقی‌مانده است	لای و رس با حد روانی ۵۰ درصد یا کمتر		ML
			CL
			OL
	لای و رس با حد روانی بیشتر از ۵۰ درصد		ML
			CL
			OH
خاکهای فوق‌العاده آلی			PT

طبقه‌بندی نهائی خاکها، مصالح را به ۱۵ گروه مختلف تقسیم می‌کند. مشخصات این گروهها در جدول (۲-۴) درج شده‌اند.

جدول (۲-٤) ـ مشخصات انواع خاکها

ردیف	گروه	توضیحـــات
۱	GW	شن و یا مخلوط شن و ماسه خوب دانه‌بندی شده با مقدار کمی ریزدانه یا بدون آن.
۲	GP	شن و مخلوط شن و ماسه بد دانه‌بندی شده، با مقدار کمی ریزدانه یا بدون آن.
۳	GM	شن دارای لای و مخلوط شن و ماسه و لای.
۴	GC	شن دارای رس و مخلوط شن و ماسه و رس.
۵	SW	ماسه خوب دانه‌بندی شده و ماسه شن‌دار با مقدار کمی ریزدانه و یا بدون آن.
۶	SP	ماسه و یا ماسه شن‌دار دانه‌بندی شده با مقدار کمی ریزدانه و یا بدون آن.
۷	SM	ماسه لای‌دار و مخلوط ماسه و لای.
۸	SC	ماسه رس‌دار و مخلوط ماسه و رس.
۹	ML	لای غیرآلی، ماسه بسیار ریزدانه، ماسه ریزدانه، رس‌دار یا لای‌دار.
۱۰	GL	رس غیرآلی با حالت خمیری تا متوسط، رس شن‌دار، رس لای‌دار و رس لاغر (Lean clay)
۱۱	OL	لای آلی و رس لای‌دار با حالت خمیری کم.
۱۲	MH	لای غیرآلی، ماسه ریزدانه یا لای سیلیسی یا متورق یا لای خمیری.
۱۳	CH	رس غیرآلی با حد خمیری زیاد.
۱۴	OH	رس آلی با حد خمیری متوسط تا زیاد.
۱۵	PT	خاکهای با درجه آلی زیاد.

د ـ تصمیم‌گیری در مورد طبقه‌بندی نهایی نیازمند محدودیتهای دیگری است. شکل (۲-۲) مراحل ضروری طبقه بندی کردن خاکها را طبق (ASTM D-2487) نشان می‌دهد.

رس‌ها توسط خطی که به خط «A» موسوم است و معادله آن در رابطه زیر داده شده است، از لای‌ها جدا شده‌اند.

رابطه (۲-۱) : $PI = ۰/۷۳ (LL - ۲۰)$

در این رابطه LL و PI بترتیب حد روانی و دامنه خمیری خاک است.

omoorepeyman.ir

۲ ـ ۲ ـ بستر روسازی

بستر روسازی تحت تنشهای کمتری نسبت به لایه‌های رویه، اساس و زیراساس قرار می‌گیرد. تنش‌های بستر روسازی با افزایش عمق کاهش می‌یابد و تنش کنترل کننده معمولاً برروی سطح آن خواهد بود، مگراینکه شرایط غیر معمول بوقوع پیوندد. شرایط غیر معمول ممکن است بدلیل تغییر زیاد میزان آب یا میزان تراکم، موقعیت سطح تنش کنترل کننده را دچار تغییر کند. این شرایط میبایست در هنگام انجام آزمایشات شناسایی خاک‌ها مشخص شود. جدول (۲–۵) عمق تراکم مورد نیاز در زیر سطح بستر روسازی را نشان می‌دهد.

جدول (۲–۵) ـ عمق تراکم مورد نیاز خاک بستر

هواپیمای طرح	وزن کل (kg)	خاک‌های غیر چسبنده عمق تراکم (cm)				خاک‌های چسبنده عمق تراکم (cm)			
		٪۱۰۰	٪۹۵	٪۹۰	٪۸۰	٪۹۵	٪۹۰	٪۸۵	٪۸۰
چرخ منفرد	۱۳,۶۰۰	۲۰	۲۰–۴۵	۴۵–۸۰	۸۰–۱۱۰	۱۵	۱۵–۲۳	۲۳–۳۰	۳۰–۴۵
	۲۲,۷۰۰	۲۵	۲۵–۶۰	۶۰–۹۰	۹۰–۱۲۰	۱۵	۱۵–۲۳	۲۳–۴۰	۴۰–۵۰
	۲۴,۰۰۰	۳۰	۳۰–۷۵	۷۵–۱۰۰	۱۰۰–۱۳۵	۱۵	۱۵–۳۰	۳۰–۵۰	۵۰–۶۵
چرخ زوج (شامل c–۱۳۰)	۲۲,۷۰۰	۳۰	۳۰–۷۰	۷۰–۹۵	۹۵–۱۲۵	۱۵	۱۵–۲۵	۲۵–۴۵	۴۵–۵۵
	۴۵,۴۰۰	۴۵	۴۵–۷۵	۷۵–۱۰۵	۱۰۵–۱۴۰	۱۵	۱۵–۳۰	۳۰–۵۰	۵۰–۶۵
	۶۸,۱۰۰	۵۰	۵۰–۸۰	۸۰–۱۱۵	۱۱۵–۱۵۰	۱۸	۱۸–۳۵	۳۵–۵۵	۵۵–۷۰
	۹۰,۸۰۰	۵۵	۵۵–۹۵	۹۵–۱۳۵	۱۳۵–۱۷۵	۲۵	۲۰–۴۰	۴۰–۶۰	۶۰–۸۰
چرخ زوج مرکب (شامل ۷۵۷، ۷۶۷، A – ۳۰۰)	۴۵,۴۰۰	۳۵	۳۵–۶۵	۶۵–۹۵	۹۵–۱۲۵	۱۵	۱۵–۲۵	۲۵–۴۵	۴۵–۵۵
	۹۰,۸۰۰	۴۵	۴۵–۷۵	۷۵–۱۱۰	۱۱۰–۱۴۰	۱۵	۱۵–۳۰	۳۰–۴۵	۴۵–۶۵
	۱۳۶,۲۰۰	۵۰	۵۰–۸۵	۸۵–۱۲۰	۱۲۰–۱۶۰	۱۸	۱۸–۳۵	۳۵–۵۵	۵۵–۷۵
	۱۸۱,۶۰۰	۶۰	۶۰–۱۰۵	۱۰۵–۱۵۰	۱۵۰–۱۹۵	۲۳	۲۳–۴۵	۴۵–۷۰	۷۰–۹۰
DC ـ ۱۰ L1011 ۷۴۷	۱۸۱,۶۰۰	۵۵	۵۵–۹۰	۹۰–۱۴۰	۱۴۰–۱۸۰	۲۰	۲۰–۴۰	۳۸–۵۰	۵۰–۷۰
	۲۷۲,۴۰۰	۶۰	۶۰–۱۰۵	۱۰۵–۱۵۰	۱۵۰–۱۹۵	۲۳	۲۵–۴۵	۴۵–۷۰	۷۰–۹۰
	۳۶۳,۲۰۰	۶۰	۶۰–۱۰۵	۱۰۵–۱۵۰	۱۵۰–۱۹۵	۲۳	۲۵–۴۵	۴۵–۷۰	۷۰–۹۰

توضیحات:

۱ـ خاکهای غیر چسبنده برای تعیین میزان تراکم کنترل کننده، دارای $P.I \leq 6$ هستند.

۲ ـ مقادیر نشان داده شده در جدول مشخص کننده عمق زیر سطح سابگرید تمام شده است که در بالای آن باید دارای تراکمی معادل یا بیشتر از درصد تراکم خشک معرفی شده دارا باشد.

۳ ـ سابگرید در ترانشه‌ها باید دارای تراکم طبیعی باشد و یا (الف) سطح آن کوبیده شده تا به تراکم مورد نیاز برسد (ب) خاکبرداری شده و با تراکم‌های نشان داده شده کوبیده می‌شود یا (ج) در شرایطی که شیب و مسائل اقتصادی اجازه بدهد با مصالح مناسب و یا زیراساس به مقدار کافی پوشش داده شود بنحوی که سابگرید متراکم نشده در عمقی قرار گیرد که تراکم محلی آن مناسب باشد.

۴ ـ برای سایر وزن هواپیماها بین اعداد فوق میان یابی انجام می‌گیرد.

۵ ـ برای خاک‌های متورم شونده به بند (۲–۳) مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

۲ ـ ۳ ـ خاک‌های متورم شونده

خاکهای متورم شونده خاک‌های رسی هستند که با کم و زیاد شدن میزان رطوبت، تغییر حجم قابل توجهی را از خود نشان می‌دهند. قابلیت تغییر حجم یک خاک عملکردی است که در ارتباط با نوع خاک و تغییرات میزان رطوبت آن است. روسازی فرودگاهی که برروی این نوع خاک‌ها ساخته می‌شود در معرض حرکت‌هایی است که موجب ناهمواری سطح و یا ترک‌خوردگی آن خواهد شد. طراحی روسازی‌ها در مناطقی با خاک‌های متورم شونده باید به روشهایی انجام شود که باعث جلوگیری و کاهش تغییرات حجم خاک شوند.

الف ـ نوع خاک: تنها خاک‌های رسی که مقادیر مشابهی ذرات ریزدانه دارند مستعد آماس و تورم هستند. ریزدانه‌های معدنی که باعث تورم می‌شوند بترتیب کاهش میزان فعالیت عبارتند از: smectite، ایلیت و کائولینیت. این خاک‌ها غالباً دارای حد روانی بیش از ۴۰ و نشانه خمیری بالاتر از ۲۵ هستند.

ب ـ مشخصه: خاک‌هایی که تورمی بیش از ۳ درصد در آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR – ASTM D1883) از خود نشان می‌دهند باید عمل آورده شده وخواص فیزیکی آنها بهبود یابد.

ج ـ عمل آوردن: عمل آوردن خاک‌های متورم شونده شامل برداشتن، جایگزینی، تثبیت، تراکم مناسب و کنترل میزان رطوبت تراکم می‌باشد. فراهم کردن امکان زهکشی کافی دارای اهمیت فراوانی در برخورد با خاک‌های متورم شونده است. روش‌های اصلاح برای خاک‌های متورم شونده در جدو (۲-۶) ارائه شده‌اند. برای دستیابی به نتایج مناسب در برخورد با خاک‌های متورم شونده باید آزمایشات محلی و قضاوت مهندسی لازم نیز اضافه شود. دقت کافی باید در کاهش و به حداقل رساندن جریان یافتن آب در صفحه تماس بین مصالح تثبیت شده و تثبیت نشده اعمال گردد.

جدول (۲-٦) ـ روشهای اصلاح برای خاکهای متورم شونده

قابلیت تورم (براساس آزمایش)	میزان تورم اندازه‌گیری شده (ASTM D-1883)	قابلیت تغییررطوبت [۱]	روش اصلاح
کم	۳-۵	کم	خاک با رطوبت بیش از مقدار بهینه (۲٪ + تا ۳٪+) و با حداکثر تراکم ۹۰٪ کوبیده شود. [۲]
		زیاد	خاک تا عمق حداقل ۱۵ سانتیمتر تثبیت شود.
متوسط	۶-۱۰	کم	خاک تا عمق حداقل ۳۰ سانتیمتر تثبیت شود.
		زیاد	خاک تا عمق حداقل ۳۰ سانتیمتر تثبیت شود.
زیاد	بیش از ۱۰	کم	خاک تا عمق حداقل ۳۰ سانتیمتر تثبیت شود.
		زیاد	برای خاک‌های یکنواخت مانند رس‌های رسوبی خاک باید حداقل تا عمق ۹۰ سانتیمتر تثبیت شود یا خاک یادشده در عمق ۹۰ سانتیمتر نسبت به سطح روسازی قرار گیرد و یا برداشته شده و با خاک غیر قابل تورم جایگزین شود. برای خاک‌های رسوبی متغیر عمق اصلاح خاک باید به ۱۳۰ سانتیمتر افزایش داده شود.

توضیحات:

[۱] – قابلیت تغییر میزان رطوبت یک تصمیم و قضاوت است و باید به مواردی مانند نزدیکی سطح آب، احتمال تغییر سطح آب، منابع تولید رطوبت و ضخامت لایه خاک متورم شونده توجه شود.

[۲] – وقتی که کنترل تورم با تراکم نمودن با رطوبت بهینه و کاهش میزان تراکم انجام می‌شود، مقاومت طرح بستر باید براساس حداکثر میزان رطوبت و میزان تراکم کاهش یافته انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

۲ ـ ٤ ـ نفوذ ریزدانه به روسازی

نفوذ مصالح ریزدانه خاک به داخل لایه اساس و زیراساس باعث کاهش ظرفیت باربری خواهد شد. این آلودگی در هنگام انجام عملیات اجرایی و همچنین در طول مدت بارگذاری اتفاق می‌افتد. این مسئله تنها در بستر روسازی با خاک ریزدانه اتفاق نمی‌افتد. خاک‌هایی که دارای این مشکل هستند ممکن است چسبنده، غیرچسبنده، و عموماً دارای زهکشی ضعیف باشند. تثبیت زیراساس و بستری روسازی برای جلوگیری از نفوذ مصالح ریزدانه به داخل مصالح روسازی می‌تواند مؤثر باشد. از ژئوتکستایلها نیز می‌توان در جدا کردن مصالح ریزدانه خاک بستر و مصالح روسازی که برروی آن قرار می‌گیرد استفاده کرد. در این روش ژئوتکستایل نقش سازه‌ای ایفا نمی‌کند.

۲ ـ ٥ ـ تثبیت بستر

تثبیت بستر روسازی در صورتی که یک یا تعدادی از شرایط زیر موجود باشد، باید انجام شود:

الف ـ زهکشی ضعیف

ب ـ زهکشی سطحی نامناسب

ج ـ یخزدگی

د ـ نیاز به یک سطح پایدار جهت انجام عملیات اجرایی

بطور کلی تثبیت بستر روسازی باعث افزایش کارآیی آن می‌گردد. انواع خاکهای مختلف بگونه‌های متفاوتی تثبیت می‌شوند. شکل (۲-۳) روشی را برای انتخاب تثبیت کننده مناسب براساس خواص خاکی که باید تثبیت شود نشان می‌دهد.

۲ ـ ٦ ـ آزمایشات تعیین مقاومت خاک

طبقه بندی خاک، شاخصی جهت نشان دادن چگونگی رفتار احتمالی خاک بعنوان زیربنا برای روسازی فراهم می‌آورد. با این حال این شاخص رفتار، تقریبی است. رفتار واقعی ممکن است با رفتار و خصوصیات پیش‌بینی شده خاک تفاوت داشته باشد که دلایل گوناگونی نظیر میزان تراکم، درجه اشباع، ارتفاع سربار و غیره در این امر مؤثر هستند. لذا پیش‌بینی نادرست درباره رفتار خاک بستر را می‌توان به میزان زیادی به کمک اندازه‌گیری مقاومت خاک از میان برداشت. مقاومت مصالحی که برای روسازی انعطاف‌پذیر مصرف می‌شوند، بوسیله سی بی آر (CBR) و مصالحی که برای ساخت روسازی صلب مصرف می‌شود بوسیله آزمایش باربری صفحه‌ای مشخص می‌شوند.

اطلاعات داده شده در جدول (۲-۸) راهنمای خوبی جهت انتخاب یک مقدار سی‌بی‌آر برای خاک درشت دانه است و فقط جنبه کنترل و راهنمایی دارد.

بطور کلی آزمایشهای تعیین سی بی آر به دو روش آزمایشگاهی و صحرایی انجام می‌شوند. سی بی آر آزمایشگاهی بر روی مصالحی که از منطقه احداث فرودگاه بدست آمده‌اند و تا تراکمی که در زمان اجراء می‌رسند کوبیده شده‌اند، اندازه‌گیری می‌شود. برای شبیه سازی شرایط زمان اجراء که مصالح مدت زمانی در آن شرایط قرار گرفته‌اند، می‌بایست سی بی آر اشباع آنها اندازه‌گیری شود. پی روسازی (بستر) معمولاً پس از گذشت زمان حدود ۳ سال به شرایط اشباع می‌رسد. همچنین تغییرات فصلی میزان رطوبت،

omoorepeyman.ir

استفاده از سی بی آر اشباع را تائید می‌کند زیرا روسازی می‌بایست ترافیک را در شرایط بحرانی‌ترین میزان رطوبت مثل فصل بهار تحمل نماید. آزمایش سی‌بی‌آر صحرایی اطلاعات ارزشمندی از پی و بسترهایی که سالیان متمادی در محل بوده‌اند بدست می‌دهد. مصالح می‌بایست برای رسیدن به تعادل رطوبتی به مدت زمان کافی در محل بوده باشند. مثال این شرایط خاکریزی است که اجراء شده و قبل از اجرای روسازی برای یک دوره زمانی تحت بارگذاری قرار گرفته است.

الف ـ تعداد آزمایشهای سی بی آر مورد نیاز جهت انجام طرحی مناسب را نمی‌توان به آسانی تعیین نمود. گوناگونی شرایط و مشخصات موجود محل بیشترین تاثیر را بر تعداد آزمایشهای مورد نیاز دارد. بعنوان یک روش کلی می‌توان گفت که برای هر نوع از خاک سه آزمایش سی بی آر باید در نظر گرفته شود. شناسایی مقدماتی خاکها، تعداد انواع خاکها را مشخص خواهد نمود. سپس با توجه به سی‌بی‌آرهای بدست آمده ابتدا اقدار میانگین و سپس انحراف استاندارد آنها با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۲-۲) :
$$\overline{CBR} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} CBR_i$$

رابطه (۲-۳) :
$$S.D. = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}[\overline{CBR} - CBR_i]^2}{n-1}\right]^{\frac{1}{2}}$$

در طرح روسازی تجربه نشان می‌دهد که طبق تعریف مقدار سی بی آر طرح (CBR_d) از تفاضل سی‌بی‌آر میانگین و انحراف استاندارد بدست می‌آید.

رابطه (۲-۴) :
$$CBR_d = \overline{CBR} - S.D.$$

در مواردی که مقاومت CBR بستر ا ز عدد ۳ کمتر است، باید بستر به روش تثبیت یا روشهای دیگر تقویت شود تا سی‌بی‌آر آن افزایش یابد.

ب ـ آزمایش باربری صفحه‌ای برای تعیین قدرت باربری خاک بستر روسازی، لایه‌های اساس، زیراساس و در برخی موارد برای سیستم روسازی بکار می‌رود. نتایج این آزمایش برای طرح روسازیهای انعطاف پذیر و روسازیهای صلب قابل استفاده است. ضریب عکس‌العمل خاک بستر یعنی K با انجام آزمایش باربری صفحه در محل تعیین می‌شود. برای انجام این آزمایش از روش AASHTO T222 استفاده می‌شود. طراحی روسازی صلب به مقدار K زیاد حساس نمی‌باشد. تعداد آزمایشات باربری صفحه‌ای مورد نیاز با توجه به گرانی انجام این آزمایش، برای هر طرح روسازی ۲ تا ۳ مورد کافیست. توصیه می‌شود مقدار K روی سطح بستر روسازی اندازه‌گیری شده و سپس تأثیر ضخامت زیراساس برروی آن اصلاح شود. شکل (۲-۴) افزایش مقدارK بستر روسازی را برای ضخامتهای مختلف زیراساس نشان می‌دهد. تعیین مقدار K برای لایه‌های تثبیت شده مسئله مشکلی است. مقدار K عموماً باید بطور تقریبی اندازه‌گیری شود. ضخامت لایه تثبیت شده باید در ضریبی حدود ۱/۲ تا ۱/۶ ضرب شود تا مقدار ضخامت معادل مصالح خوب دانه‌بندی شده و شنی بدست آید. مقدار واقعی ضریب بستگی به کیفیت لایه تثبیت شده و ضخامت دال بتنی که برروی لایه تثبیت شده قرار می‌گیرد دارد. برای ضخامت معین یک روسازی صلب، یک لایه تثبیت شده با ضخامت بیشتر نسبت به یک لایه تثبیت شده با ضخامت کمتر، تأثیر مناسبتری بر عملکرد روسازی خواهد داشت.

omoorepeyman.ir

۲ ـ۷ ـ یخبندان فصلی

طراحی روسازی در محل‌هایی که در معرض یخبندان‌های فصلی قرار می‌گیرند، احتیاج به ملاحظات خاص دارد. یخ زدگی منجر به افزایش حجم غیر یکنواخت خاک و از بین رفتن مقاومت آن طی فرایند ذوب شدن یخها می‌شود.

سایر اثرات زیان آور عبارتند از: از دست دادن تراکم ، افزایش ناهمواری روسازی، کاهش قابلیت زهکشی، ترک خوردگی و تخریب سطح روسازی.

یخ زدگی در اثر به وقوع پیوستن همزمان سه عامل اتفاق می‌افتد: اول خاک باید قابلیت یخ زدن داشته باشد. دوم: دمای یخ زدگی باید به داخل خاک مستعد یخ زدگی نفوذ کند. سوم: رطوبت آزاد باید به مقدار کافی برای شکل گرفتن کریستال‌های یخ موجود باشد.

الف – قابلیت یخ زدگی: قابلیت یخ زدن خاک‌ها بستگی به اندازه دانه‌ها و توزیع فضای خالی در توده خاک دارد. فضای خالی باید به اندازه کافی برای ایجاد ذرات یخ وجود داشته باشد. روابط تجربی ارتباط میزان قابلیت یخ زدگی با طبقه بندی خاک و میزان وزن ذرات کوچکتر از ۰/۰۲ میلیمتر را نشان می‌دهد.

به منظور طراحی در شرایط یخبندان، خاک‌ها به چهار گروه با نامهای FG-1 ، FG-2 ، FG-3 و FG-4 دسته‌بندی می‌شوند. شماره بزرگتر گروه نشان دهنده خاک با قابلیت یخ زدگی بیشتر می‌باشد. برای مثال خاک‌های گروه ۴ قابلیت یخ زدگی بیشتری نسبت به گروههای ۱ ،۲ و ۳ دارند. جدول (۲–۷) گروه‌های خاک را تعریف می‌کند.

ب ـ عمق یخبندان: عمق یخبندان تابعی است از خاصیت گرمایی روسازی و توده خاک، دمای سطح، دمای روسازی و توده خاک در ابتدای فصل یخبندان. روشهای مختلفی برای محاسبه عمق یخبندان و دماهای زیر سطح روسازی وجود دارند. روشی که اینجا معرفی می‌گردد، روشی است که بر مبنای معادلات تغییر یافته برگرن (Berggren equition) بنا شده است. دراین روش از شاخص برودت و وزن واحد خشک خاک برای محاسبات استفاده می‌شود .

ب ـ۱ـ شاخص برودت: شاخص برودت اندازه‌ای است از ترکیب مدت و تعداد دماهای زیر دمای یخ زدگی که در طول فصل یخبندان اتفاق می‌افتد. دمای متوسط روزانه در محاسبه شاخص برودت بکار می‌رود. برای مثال فرض کنید دمای متوسط روزانه به مدت ده روز، ده درجه زیر دمای یخ زدگی باشد. بنابراین شاخص برودت به این صورت محاسبه می‌شود:

روزدرجه ۱۰۰ = روز ۱۰ × درجه ۱۰

در واقع، شاخص برودت باید بر اساس اطلاعات حقیقی که از پایگاه هواشناسی واقع در مجاورت منطقه مورد مطالعه بدست آمده، تعیین شود. شاخص برودت برای طراحی (شاخص برودت طرح) باید بر اساس میانگین آمار سه عدد از سردترین زمستانها در یک دوره ۳۰ ساله، و یا سردترین زمستانی که در یک دوره ده ساله مشاهده شده است تعیین شود.

ب ـ ۲ ـ عمق یخبندان: رابطه بین شاخص برودت و عمق یخبندان در شکل (۲–۵) نشان داده شده است. خاصیت حرارتی توده خاک به وسیله تفاوت در وزن خشک واحد خاک سابگرید مشخص می‌شود.

در این روش، فرض می‌شود که روسازی یک روسازی صلب به ضخامت ۱۲ اینچ (۳۰۰ میلیمتر) و یا یک روسازی انعطاف پذیر به ضخامت ۲۰ اینچ (۵۱۰ میلیمتر) باشد.

عمق یخبندان که در شکل (۲ ـ ۵) نشان داده شده، نسبت به سطح روسازی اندازه گیری شده است.

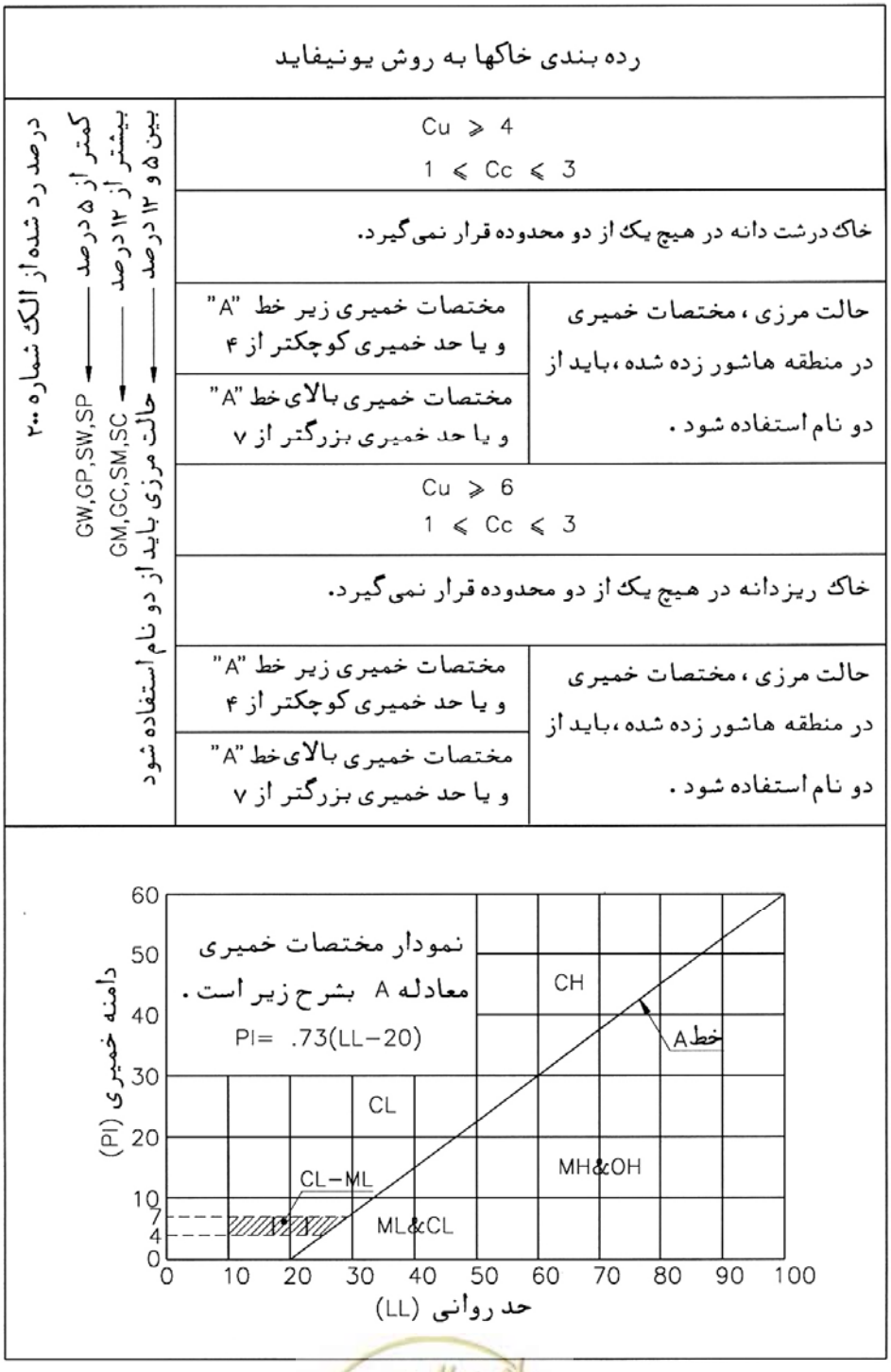
omoorepeyman.ir

جدول (۲- ۷) ـ گروههای یخ زدگی خاک

طبقه بندی خاک	درصد وزنی ریزتر از ۰/۰۲ میلیمتر	نوع خاک	گروه یخ زدگی
GW,GP,GN-GM,GP-GM	۳–۱۰	خاکهای شن دار	FG-1
GM,GW-GM,GP-GM,SW,SP,SM,SW-SM,SP-SM	۱۰–۲۰	خاکهای شن دار	FG-2
	۳–۱۵	ماسه ها	
GM,GC	بیش از ۲۰	خاکهای شن دار	FG-3
SM,SC	بیش از ۱۵	ماسه ها به استثنای ماسه سیلت دار	
CL,CH	–	رس ها (PI > 12)	
SM	بیش از ۱۵	ماسه سیلت داربسیار ریز	FG-4
ML,MH	–	تمام سیلت ها	
Cl,CL-MH	–	رس (PI <= 12)	
CL,CH,ML,SM	–	انواع رس و سایر مواد ریز دانه ته نشین شده	

ج ـ آب آزاد: حضور آب آزاد در توده خاک برای یخ زدن و ایجاد کریستالهای یخ، سومین مشخصه‌ای است که باید وجود داشته باشد. آب ممکن است به وسیله عمل مویینگی یا از طریق تراوش از سطح و اطراف و یا به وسیله تغلیظ بخار آب ظاهر شود. بطور کلی، اگر درجه اشباع خاک ۷۰ ٪ یا بیشتر باشد، احتمالاً یخبندان رخ خواهد داد. برای تمام موارد عملی، طراح باید فرض کند که همواره آب کافی برای ایجاد اثرات زیان آور یخ زدگی وجود دارد.

omoorepeyman.ir

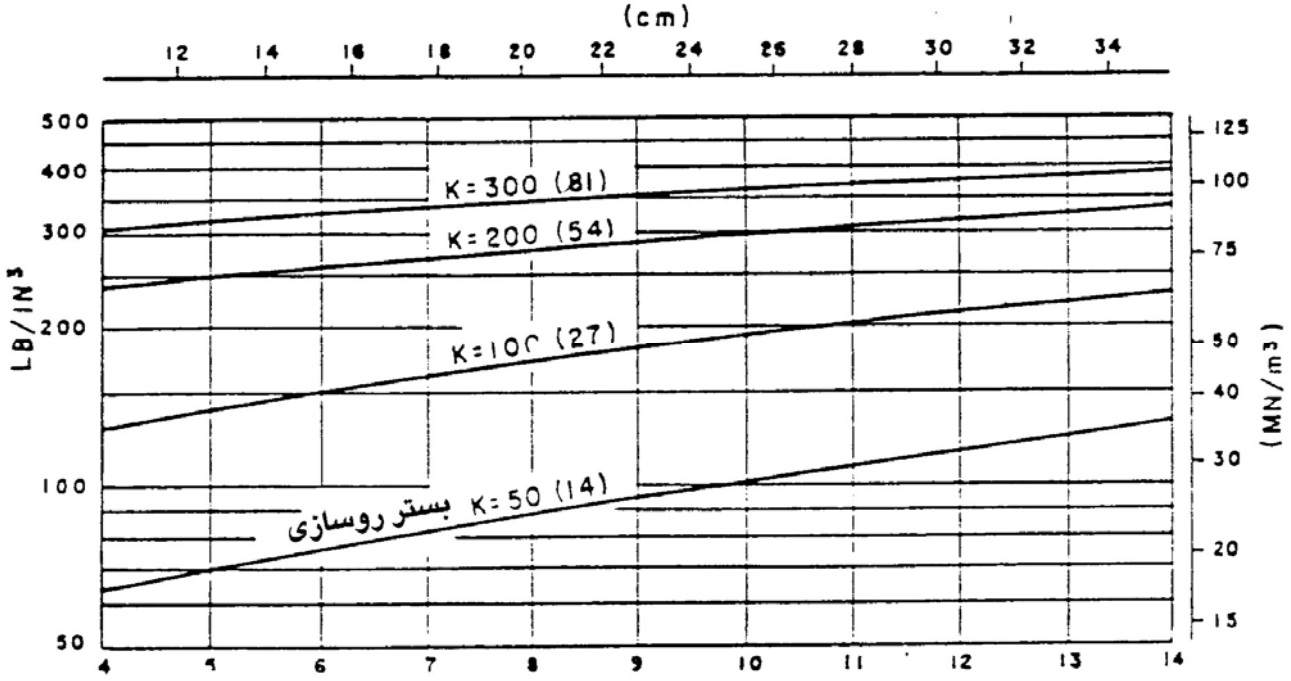


شکل (۲-۲) ـ معیارهای طبقه بندی خاک

omoorepeyman.ir

شکل (۲-۳) ـ مثلث دانه بندی برای راهنمایی در انتخاب یک تثبیت کننده خاک

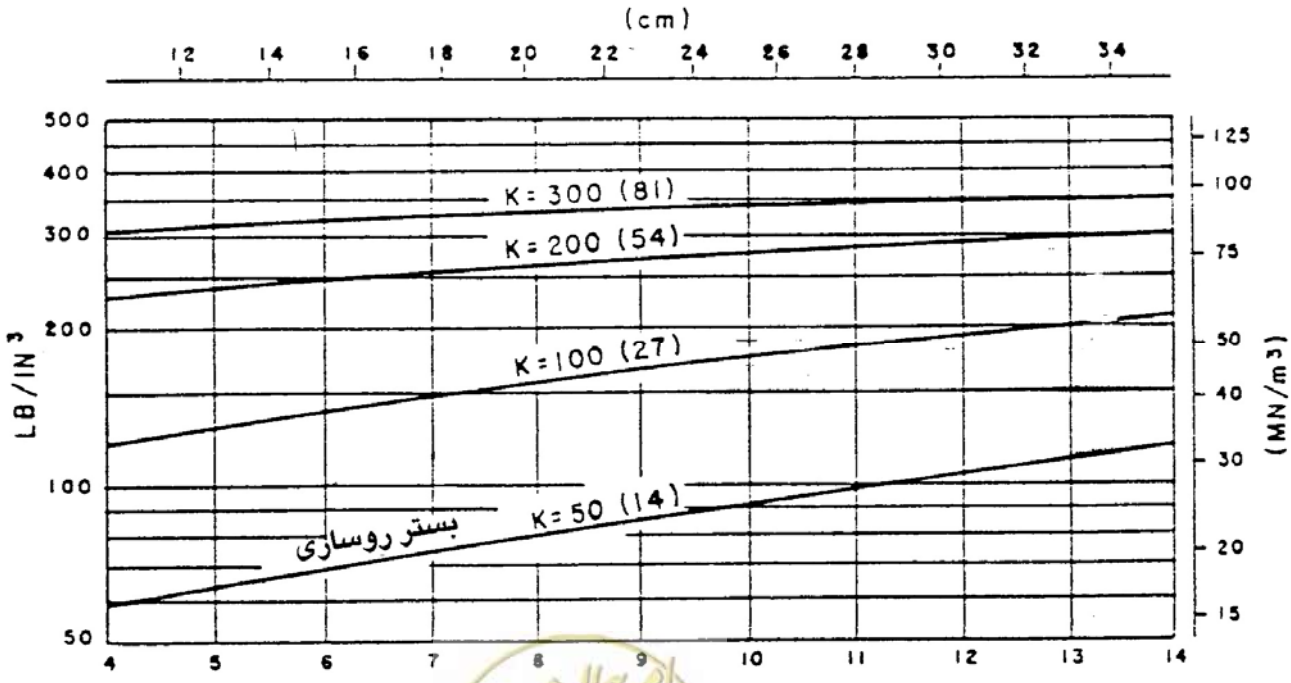
omoorepeyman.ir



ضخامت لایه زیراساس (اینچ)

مصالح شکسته خوب دانه‌بندی شده

مقدار K برروی سطح زیراساس

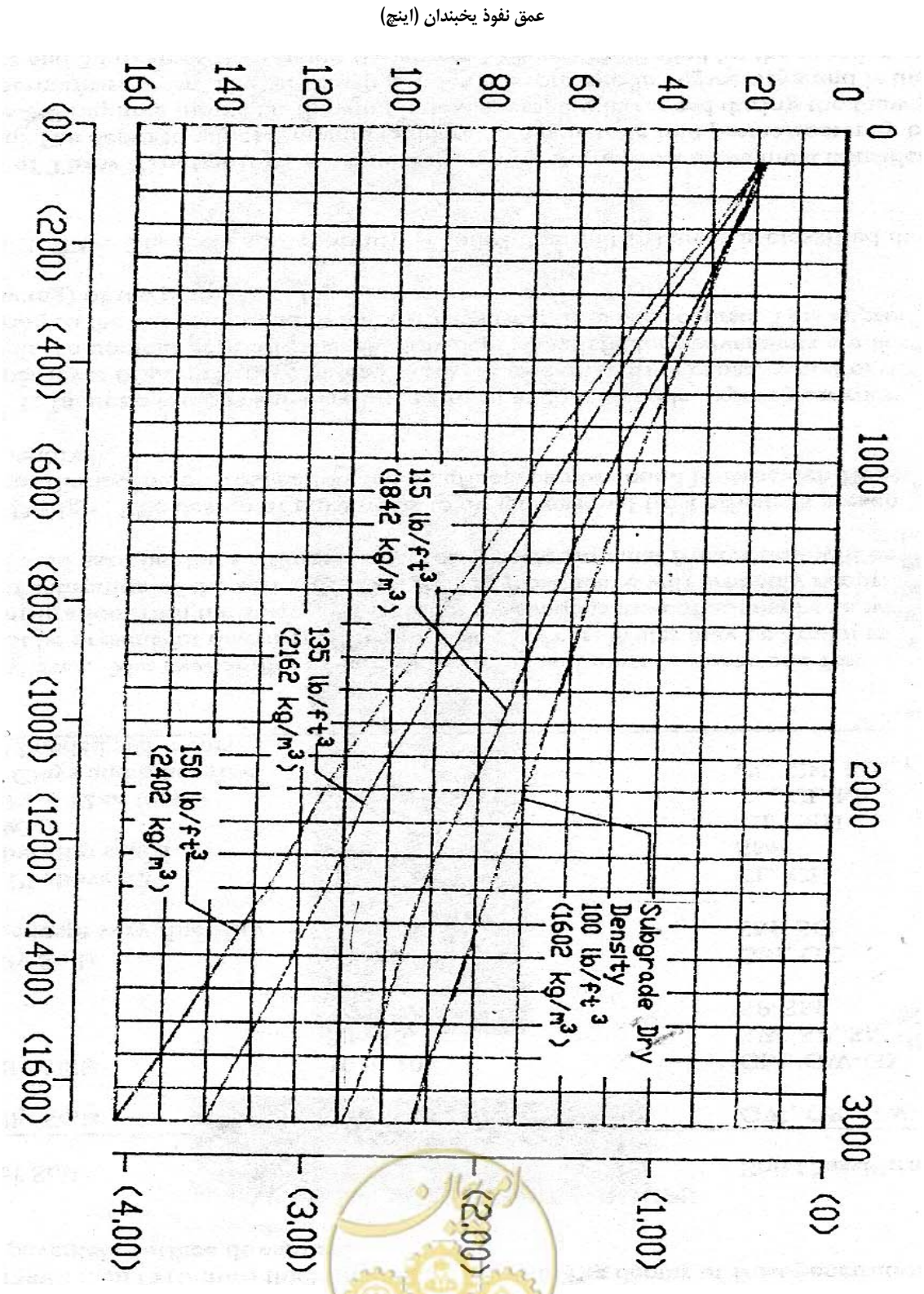


ضخامت لایه زیراساس (اینچ)

زیراساس شنی (PI < ٦)

شکل (۲-٤) ـ نمودار تأثیر زیراساس بر مقدار ضریب عکس‌العمل بستر روسازی

omoorepeyman.ir

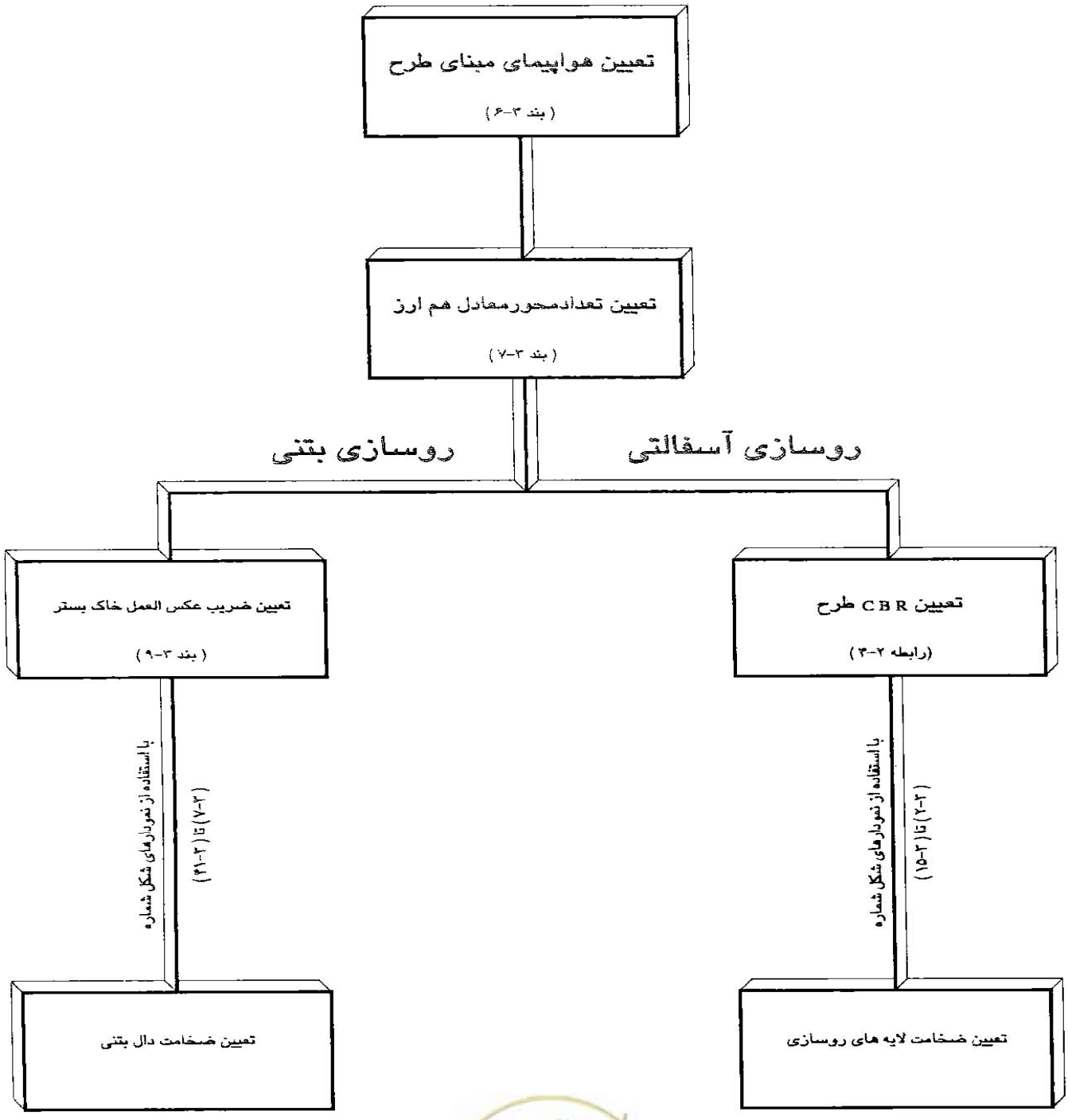


شکل (۲-۵) ـ عمق نفوذ یخبندان

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۸) ـ مشخصات خاکهای مورد استفاده برای روسازی فرودگاهها

تقسیم بندی اصلی		علامت اختصاری	نام	ارزش‌استفاده‌در بسترهایی‌که در معرض یخ‌زدگی نباشدند	ارزش استفاده در لایه اساس زیر رویه	استعداد یخ زدگی	تراکم پذیری و انبساط	قابلیت زهکشی	وزن‌واحد حجم‌خشک (PCF)	(CBR) محل	K مدول بستر (PCI)
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
خاکیهای درشت دانه	شن و خاکهای شنی	GW	شن یا شن‌های ماسه دار با دانه بندی خوب	عالی	خوب	خیلی کم تا هیچ	ندارد	عالی	۱۲۵–۱۴۰	۶۰–۸۰	۳۰۰ یا بیشتر
		GP	شن یا شن‌های ماسه دار با دانه بندی بد	خوب تا عالی	ضعیف تا متوسط	خیلی کم تا هیچ	ندارد	عالی	۱۲۰–۱۳۰	۳۵–۶۰	۳۰۰ یا بیشتر
		GU	شن یا شن‌های ماسه دار با دانه‌بندی یکنواخت	خوب	ضعیف	خیلی کم تا هیچ	ندارد	عالی	۱۱۵–۱۲۵	۲۵–۵۰	۳۰۰ یا بیشتر
		GM	شن لای دار یا شن و ماسه لای دار	خوب تا عالی	متوسط تا خوب	کم تا متوسط	خیلی کم	ضعیف تا متوسط	۱۳۰–۱۴۵	۴۰–۸۰	۳۰۰ یا بیشتر
		GC	شن‌های رس دار یا شنهای رس و ماسه دار	خوب	ضعیف	کم تا متوسط	کم	ضعیف تا نفوذپذیر	۱۲۰–۱۴۰	۲۰–۴۰	۲۰۰–۳۰۰
	ماسه و خاکهای ماسه‌ای	SW	ماسه یا ماسه شن‌دار با دانه‌های خوب	خوب	ضعیف	خیلی کم تا هیچ	ندارد	عالی	۱۱۰–۱۳۰	۲۰–۴۰	۲۰۰–۳۰۰
		SP	ماسه یا ماسه شن‌دار با دانه‌های بد	متوسط تا خوب	نامناسب تا ضعیف	خیلی کم تاهیچ	ندارد	عالی	۱۰۵–۱۲۰	۱۵–۲۵	۲۰۰–۳۰۰
		SU	ماسه یا ماشه شن‌دار با دانه‌های یکنواخت	متوسط تا خوب	نامناسب	خیلی کم تاهیچ	ندارد	عالی	۱۰۰–۱۱۵	۱۰–۲۰	۲۰۰–۳۰۰
		SM	ماسه لای دار یا ماسه و شن لای دار	خوب	ضعیف	کم تا زیاد	خیلی کم	ضعیف تا متوسط	۱۲۰–۱۳۵	۲۰–۴۰	۲۰۰–۳۰۰
		SC	ماسه رس‌دار یا ماسه و شن رس‌دار	متوسط تا خوب	نامناسب	کم تا زیاد	کم تا متوسط	ضعیف تا نفوذپذیر	۱۰۵–۱۳۰	۱۰–۲۰	۲۰۰–۳۰۰
خاکهای ریزدانه	تراکم پذیری کم و LL < ۵۰	ML	لای، لای ماسه دار لای شن‌دار یا خاکهای دیاتومه‌ای	ضعیف تا متوسط	نامناسب	متوسط تا خیلی زیاد	کم تا متوسط	ضعیف تا متوسط	۱۰۰–۱۲۵	۵–۱۵	۱۰۰–۲۰۰
		CL	رس‌سبک،رس‌ماسه‌ای یا رس شن‌دار	ضعیف تا متوسط	نامناسب	متوسط تا زیاد	متوسط	نفوذ نا پذیر	۱۰۰–۱۲۵	۵–۱۵	۱۰۰–۲۰۰
		OL	لای ارگانیک یا رس سبک ارگانیک	ضعیف	نامناسب	متوسط تا زیاد	متوسط تا زیاد	ضعیف	۹۰–۱۰۵	۴–۸	۱۰۰–۲۰۰
	تراکم پذیری بالا و LL < ۵۰	MH	رس میکایی یا خاکهای دیاتومه‌ای	ضعیف	نامناسب	متوسط تا خیلی زیاد	زیاد	ضعیف تامتوسط	۸۰–۱۰۰	۴–۸	۱۰۰–۲۰۰
		CH	رس سنگین (چرب)	خیلی ضعیف تا ضعیف	نامناسب	متوسط	زیاد	نفوذناپذیر	۹۰–۱۱۰	۳–۵	۵۰ ـ ۱۰۰
		OH	رس ارگانیک سنگین	خیلی ضعیف تا ضعیف	نامناسب	متوسط	زیاد	نفوذ ناپذیر	۸۰–۱۰۰	۳–۵	۵۰ ـ ۱۰۰
	خاکهای آلی و سایر خاکهای الیافی ارگانیک	PT	خاکهای آلی، نباتی و غیره	نامناسب	نامناسب	کم	خیلی زیاد	ضعیف تا متوسط	–	–	–



راهنمای طرح روسازی آسفالتی و بتنی

omoorepeyman.ir

فصل سوم ـ طرح روسازی

۳ ـ ۱ ـ ملاحظات طراحی

در این فصل طراحی روسازی فرودگاههایی که وزن کل هواپیماهای استفاده کننده از آن بیش از ۱۳،۰۰۰ کیلوگرم (۳۰،۰۰۰ پاوند) است، آورده شده است. منحنی‌های مورد استفاده برای طرح روسازیهای انعطاف‌پذیر برمبنای روش سازمان هوانوردی آمریکا (FAA) بوده و برای روسازیهای صلب از روش تحلیل تنش برای لبه‌ها (JOINTED EDGE STRESS) استفاده شده است.

۳ ـ ۲ ـ روسازی انعطاف پذیر

روش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) یک روش اساساً تجربی است. نتایج حاصل از آزمایشات وسیع و متعدد، قابلیت اطمینان و کاربرد راحت آن باعث بهره‌گیری از آن شده است. منحنی‌های طرح، ضخامت روسازی مورد نیاز (رویه، اساس و زیراساس) برای تحمل وزن یک نوع هواپیما را بر روی یک بستر روسازی مشخص بدست می‌دهد. این منحنی‌ها همچنین حداقل ضخامت رویه را تعیین می‌کنند. حداقل ضخامت مورد نیاز برای اساس نیز در جدول جداگانه ارائه شده‌است.

۳ ـ ۳ ـ روسازی صلب

منحنی‌های طرح روسازی‌های صلب بر مبنای روش وسترگارد (WESTERGAARD) می‌باشد. تنشهای موجود در روسازی صلب در لبه درز بسیار بیشتر از محدوده داخل دال می‌باشد. آزمایشات نشان می‌دهد که بارهای وارده باعث ایجاد ترکهایی در لبه درز شده و بتدریج به سمت داخل دال حرکت می‌کنند. منحنی‌های طرح این نوع روسازی براساس حرکت ترافیک بصورت موازی یا عمودی و یا با زاویه نسبت به موقعیت درز پیش‌بینی شده‌اند. ضخامت روسازی بدست آمده از این منحنی‌ها تنها مشخص کننده ضخامت دال بتنی است. ضخامت زیراساس بطور جداگانه محاسبه می‌گردد.

۳ ـ ٤ ـ مشخصات هواپیما

الف ـ وزن هواپیما: روش طرح روسازی بر مبنای وزن کل هواپیما است و بدین منظور در طرح روسازی حداکثر وزن برخاست پیش‌بینی شده برای هواپیما را در نظر می‌گیرند. فرض می‌شود که ۹۵ درصد وزن کل توسط چرخ‌های اصلی هواپیما (MAIN GEAR) و ۵ درصد بقیه توسط چرخ جلو هواپیما (NOSE GEAR) تحمل می‌شود.

omoorepeyman.ir

استفاده از حداکثر وزن برخاست به این دلیل توصیه می‌شود که اولاً این مسئله تولید یک ضریب اطمینان در طرح می‌کند، ثانیاً مطابق با این واقعیت است که امکان تغییر در استفاده از فرودگاه و ترافیک پیش‌بینی شده آن، همیشه وجود دارد. همچنین با صرفنظر کردن از ترافیک مربوط به نشست مقداری از درجه محافظه‌کاری کاسته می‌شود.

ب ـ شکل و نوع محور: شکل و نوع محور هر هواپیما، نحوه توزیع وزن هواپیما و نوع عکس‌العمل روسازی را نسبت به بار وارده نشان می‌دهد. این مسئله غیرعملی است که برای هر نوع از محور هواپیماها یک منحنی طراحی خاص ارائه داد، مگر اینکه در این امر از یکسری فرضیات ساده کننده بهره گرفته شود. این فرضیات را به شرح زیر می‌توان نام برد:

ب ـ ۱ ـ هواپیمای تک محور: هیچ فرض خاصی مورد نیاز نیست.

ب ـ ۲ ـ هواپیمای با محور زوج: مطالعاتی که در زمینه فاصله بین محور تا محور چرخهای این هواپیماها صورت گرفته نشان می‌دهد که این فاصله برای هواپیماهای سبک‌تر ۰/۵۱ متر (۲۰ اینچ) است و برای هواپیماهای سنگین‌تر ۰/۸۶ متر (۳۴ اینچ) می‌باشد.

ب ـ ۳ ـ هواپیمای با محور زوج مرکب: فاصله مذکور در مورد این نوع هواپیما بدین شرح است که برای هواپیماهای سبک فاصله چرخها ۰/۵۱ متر (۲۰ اینچ) و فاصله محورهای مرکب ۱/۱۴ متر (۴۵ اینچ) برای هواپیماهای سنگین فاصله چرخهای زوج ۰/۷۶ متر (۳۰ اینچ) و فاصله محورهای مرکب ۱/۴ متر (۵۵ اینچ) می‌باشد.

ب ـ ۴ ـ هواپیمای بدنه پهن: هواپیماهای بدنه پهن مانند، B-747 ، DC-10 , L-1011 با توجه به اختلافات زیادی که در وزن کل، شکل محورها و چرخهای آنها وجود دارد، برای هرکدام منحنیهای طرح جداگانه‌ای تنظیم شده است.

ب ـ ۵ ـ هواپیما با محور زوج مرکب سه‌تایی[1]: هواپیماهایی مانند B-777 و A-380 دارای محور زوج مرکب سه‌تایی هستند. مفروضات طراحی روسازی که در ترکیب ترافیک آن هواپیماهای با محور زوج مرکب سه‌تایی (TDT) مشاهده می‌شود در فصل چهارم توضیح داده شده‌اند.

ج ـ فشار باد چرخها بین ۲۰۰ ـ ۷۵ پاوند بر اینچ مربع است (۵۱۶ تا ۱۳۸۰ کیلو پاسکال) و با توجه به نوع محور و وزن ناخالص هواپیما متغیر است. این نکته قابل توجه است که فشار باد چرخ تأثیر بسیار کمتری نسبت به وزن ناخالص هواپیما روی تنشهای ایجاد شده در روسازی دارد و حداکثر فشار فرضی ۲۰۰ پاوند بر اینچ مربع را با اطمینان می‌توان در نظر گرفت.

۳ ـ ۵ ـ وضعیت حجم ترافیکی

تعداد متوسط پرواز سالیانه جهت طرح روسازی امری ضروری است. طبق بررسیهای بعمل آمده عبور مکرر هواپیماها با سرعت کم شدیدترین باری است که روسازی فرودگاه تحمل می‌کند. آثار تمام ترافیک باید به کمک هواپیمای طرح محاسبه گردد. برای این کار بایستی نخست تمامی هواپیماها را با توجه به نوع آرایش چرخها به هواپیمای طرح تبدیل کرد. شکل (۳-۱) آرایش چرخهای انواع هواپیماها را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

[1] Triple Dual Tandem (TDT)

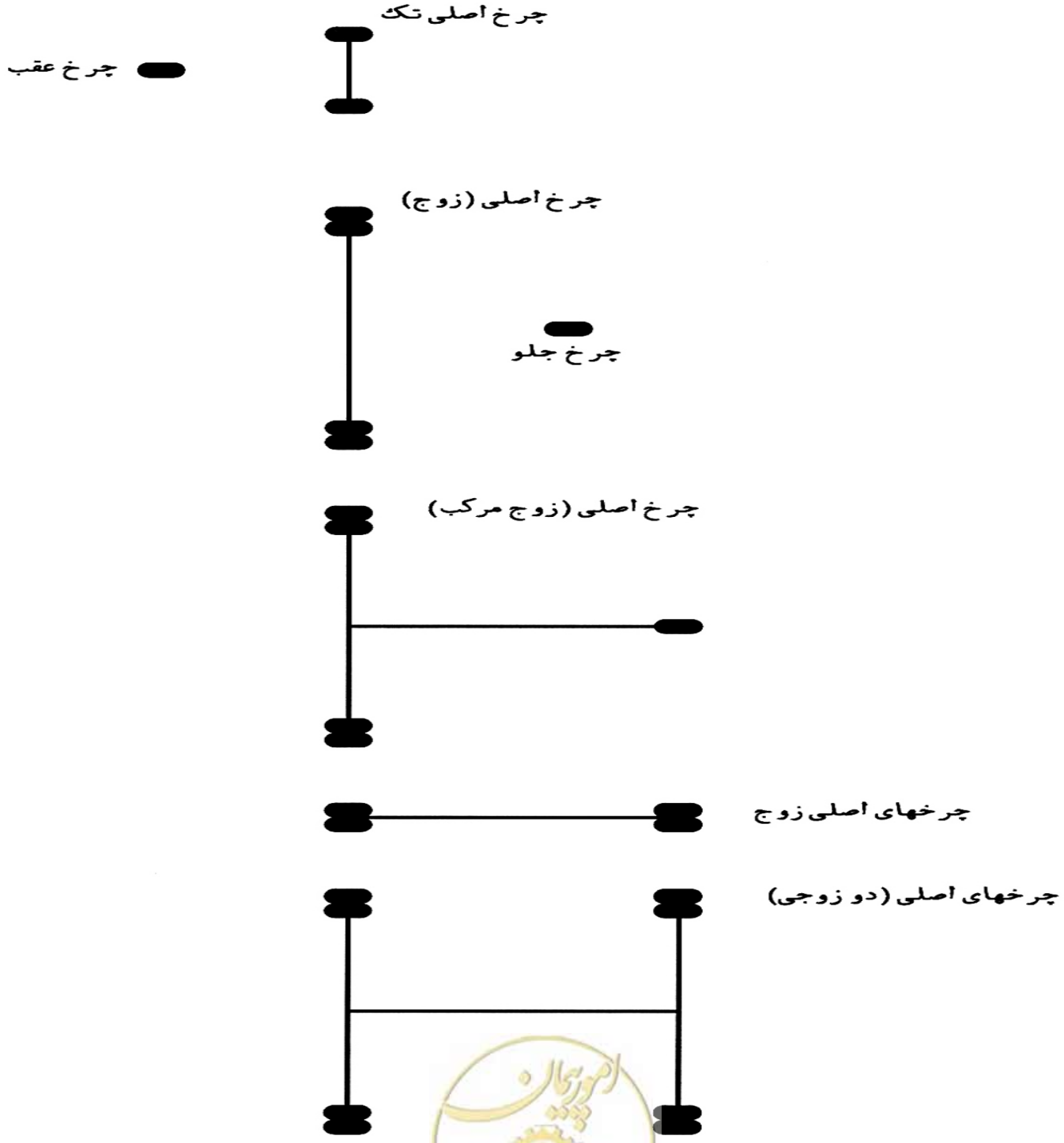
۳ ـ ٦ ـ تعیین هواپیمای مبنای طرح

در پیش‌بینی تعداد پروازهای سالیانه، انواع هواپیماها با تعداد پروازهای متفاوت وجود دارند. هواپیمای مبنای طرح باید طوری انتخاب شود که بزرگترین ضخامت روسازی را بدهد. برای این انتخاب ابتدا ضخامت روسازی مورد نیاز برای هر نوع از هواپیماهای پیش‌بینی شده با تعداد پرواز سالیانه پیش‌بینی شده مربوط به آن محاسبه شده و هر نوع از این هواپیماها که بیشترین ضخامت را موجب شود، بعنوان هواپیمای مبنای طرح روسازی انتخاب می‌شود. نکته قابل توجه در اینجا این است که هواپیمای مبنای طرح روسازی لزوماً سنگین‌ترین هواپیمای پیش‌بینی شده نیست.

۳ ـ ۷ ـ بارگذاری روسازی

در طرح روسازی لازم است که پس از انتخاب هواپیمای مبنای طرح با توجه به رابطه زیر سایر انواع هواپیماها به تعداد معادل هواپیمای مبنای طرح تبدیل گردد.

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۱) ـ آرایش انواع چرخهای هواپیما

omoorepeyman.ir

رابطه (۳-۱) :

$$\log R_1 = \log R_2 \left[\frac{W_2}{W_1}\right]^{\frac{1}{2}}$$

که در این رابطه :

R_1 = تعداد معادل برخاست سالیانه هواپیمای مبنای طرح

R_2 = تعداد برخاست سالیانه هواپیمای موردنظر بر حسب نوع محور هواپیمای مبنای طرح (بعبارت دیگر تعداد برخاست سالیانه هریک از انواع هواپیماها × ضریب مربوطه از جدول (۳-۱))

W_1 = وزن چرخ هواپیمای مبنای طرح

W_2 = وزن چرخ هواپیمای مورد نظر

جدول (۳-۱) ـ ضرایب تبدیل چرخهای مختلف هواپیماها

برای تبدیل از	به	در این ضریب ضرب می‌شود
چرخ تکی	چرخهای زوج	۰/۸
چرخ تکی	زوج مرکب	۰/۵
چرخهای زوج	چرخ تکی	۱/۳
چرخ زوج	زوج مرکب	۰/۶
زوج مرکب	چرخ تکی	۲/۰
زوج مرکب	چرخهای زوج	۱/۷
زوج مرکب دوگانه	زوج مرکب	۱/۰
زوج مرکب دوگانه	چرخهای زوج	۱/۷

طرح روسازی از نظر سازه‌ای بر مبنای عمر مفید اولیه ۲۰ سال است. بنابراین فرض براین است که روسازیهایی که با استفاده از این روش طراحی می‌شوند به مدت ۲۰ سال بدون نیاز به روکش یا مرمت‌های مهم توانائی تحمل بارگذاری را دارا باشند.

omoorepeyman.ir

مثال: روسازی فرودگاهی برای شرایط ترافیکی زیر می‌بایست طراحی شود:

هواپیما	نوع چرخ	میانگین پرواز سالیانه	حداکثر وزن برخاست (kg)
B۷۲۷ – ۱۰۰	زوج	۳،۷۶۰	۷۲،۶۰۰
B۷۲۷ – ۲۰۰	زوج	۹،۰۸۰	۸۶،۵۰۰
B ۷۰۷ – ۳۲۰ B	زوج مرکب	۳،۰۵۰	۱۴۸،۵۰۰
DC ۹ – ۳۰	زوج	۵،۸۰۰	۴۹،۰۰۰
CV – ۸۸۰	زوج مرکب	۴۰۰	۸۳،۹۴۸
B۷۳۷ – ۲۰۰	زوج	۲،۶۵۰	۵۲،۴۴۰
L – ۱۰۱۱ – ۱۰۰	زوج مرکب	۱،۷۱۰	۲۰۴،۱۲۰
B۷۴۷ – ۱۰۰	زوج مرکب دوتایی	۸۵	۳۱۷،۸۰۰

برای هریک از هواپیماها با در نظر گرفتن تعداد پرواز پیش‌بینی شده با استفاده از منحنی‌های مربوطه، ضخامت روسازی محاسبه می‌گردد. اطلاعات سازه‌ای ورودی برای کلیه هواپیماها مثل CBR و K باید ثابت باشد. در این مثال هواپیمای بوئینگ ۲۰۰–۷۲۷ بیشترین ضخامت را نیاز دارد و بنابراین بعنوان هواپیمای مبنای طرح انتخاب می‌گردد. با توجه به اینکه هواپیمای مبنای طرح دارای چرخ زوج است، بنابراین کلیه هواپیماها با انتخاب ضرائب معادل مناسب به هواپیمای مبنای طرح تبدیل خواهند شد. نحوه تبدیل و محاسبه تعداد پرواز معادل سالیانه بترتیب زیر خواهد بود:

هواپیما	تعداد پرواز معادل محور زوج	بار چرخ (kg)	بار چرخ هواپیمای مبنای طرح (kg)	تعداد پرواز معادل سالیانه هواپیمای مبنای طرح
B۷۲۷–۱۰۰	۳،۷۶۰	۱۷،۲۴۰	۲۰،۵۲۰	۱،۸۹۱
B۷۲۷–۲۰۰	۹،۰۸۰	۲۰،۵۲۰	۲۰،۵۲۰	۹،۰۸۰
B۷۰۷–۳۲۰B	۵،۱۸۵	۱۷،۶۱۰	۲۰،۵۲۰	۲،۷۶۴
DC ۹–۳۰	۵،۸۰۰	۱۱،۶۳۰	۲۰،۵۲۰	۶۸۲
CV–۸۸۰	۶۸۰	۹،۹۴۰	۲۰،۵۲۰	۹۴
B ۷۳۷–۲۰۰	۲،۶۵۰	۱۲،۴۴۰	۲۰،۵۲۰	۴۶۳
L –۱۰۱۱–۱۰۰	۱۴۵	۱۶،۱۶۰ (۱)	۲۰،۵۲۰	۸۳
B ۷۴۷–۱۰۰	۲،۹۰۷	۱۶،۱۶۰ (۱)	۲۰،۵۲۰	۱،۱۸۴
۱۶،۲۴۱ جمع کل				

(۱) برای محاسبه تعداد پرواز سالیانه هواپیماهای بدنه پهن براساس هواپیمای مبنای طرح، بار چرخ هواپیمای بدنه پهن معادل بار چرخ یک هواپیمای ۱۳۶،۱۰۰ کیلوگرمی (۳۰۰،۰۰۰ پاوندی) با چرخهای زوج مرکب درنظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

بنابراین محاسبات طرح روسازی باید برای ۱۶،۰۰۰ پرواز سالیانه یک هواپیمای ۸۶،۵۰۰ کیلوگرمی انجام شود. نکته قابل توجه در این بخش این است که طرح لازم برای عمق مورد نیاز برای تراکم‌های مختلف، ضخامت آسفالت رویه و همچنین طراحی سازه‌های زهکشی و هدایت آبهای سطحی، برای سنگین‌ترین هواپیما در ترکیب ترافیک نیز باید انجام گیرد.

۳ ـ ۸ ـ طرح روسازی

۳ ـ ۸ ـ ۱ ـ روسازی بتن آسفالتی

روسازی انعطاف‌پذیر شامل یک لایه رویه است که بر روی قشر اساس قرار گرفته است و در صورتی که شرایط خاک بستر ایجاب کند، یک لایه زیراساس نیز بکار گرفته می‌شود. در نهایت کل سازه روسازی انعطاف‌پذیر توسط خاک بستر تحمل می‌شود.

جهت طراحی ضخامت روسازی از شکلهای (۳–۲) الی (۳–۱۵) استفاده می‌شود. منحنی‌های طراحی ضخامت کل روسازی، اعم از لایه‌های رویه، اساس و زیراساس را که بایستی بر روی خاک بستر برای تحمل وزن هواپیما قرار گیرند، ارائه می‌دهند. حال با توجه به مقدار سی‌بی‌آر و وزن هواپیمای طرح، تعداد معادل پرواز سالیانه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\log R_1 = \log R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

با استفاده از منحنی‌های مذکور ضخامت کل روسازی آسفالتی بدست می‌آید.

۳ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۱ ـ محاسبه ضخامت اساس و زیراساس مورد نیاز

به منظور محاسبه ضخامت زیراساس مورد نیاز به روشی مشابه ضخامت کل روسازی عمل می‌شود. با فرض اینکه CBR مورد نیاز برای زیراساس معادل ۲۰ است، ضخامت کل روسازی که بر روی زیراساس قرار می‌گیرد (رویه + اساس) محاسبه می‌شود. از آنجا که در این منحنی‌ها حداقل ضخامت رویه نیز درج شده است، ضخامت اساس برای روسازی مورد نظر محاسبه خواهد شد. برای کنترل ضخامت اساس بدست آمده از جدول (۳–۲) استفاده می‌شود. بدین ترتیب که ضخامت اساس بدست آمده می‌بایست مساوی یا بیشتر از مقادیر درج شده در جدول مذکور باشد.

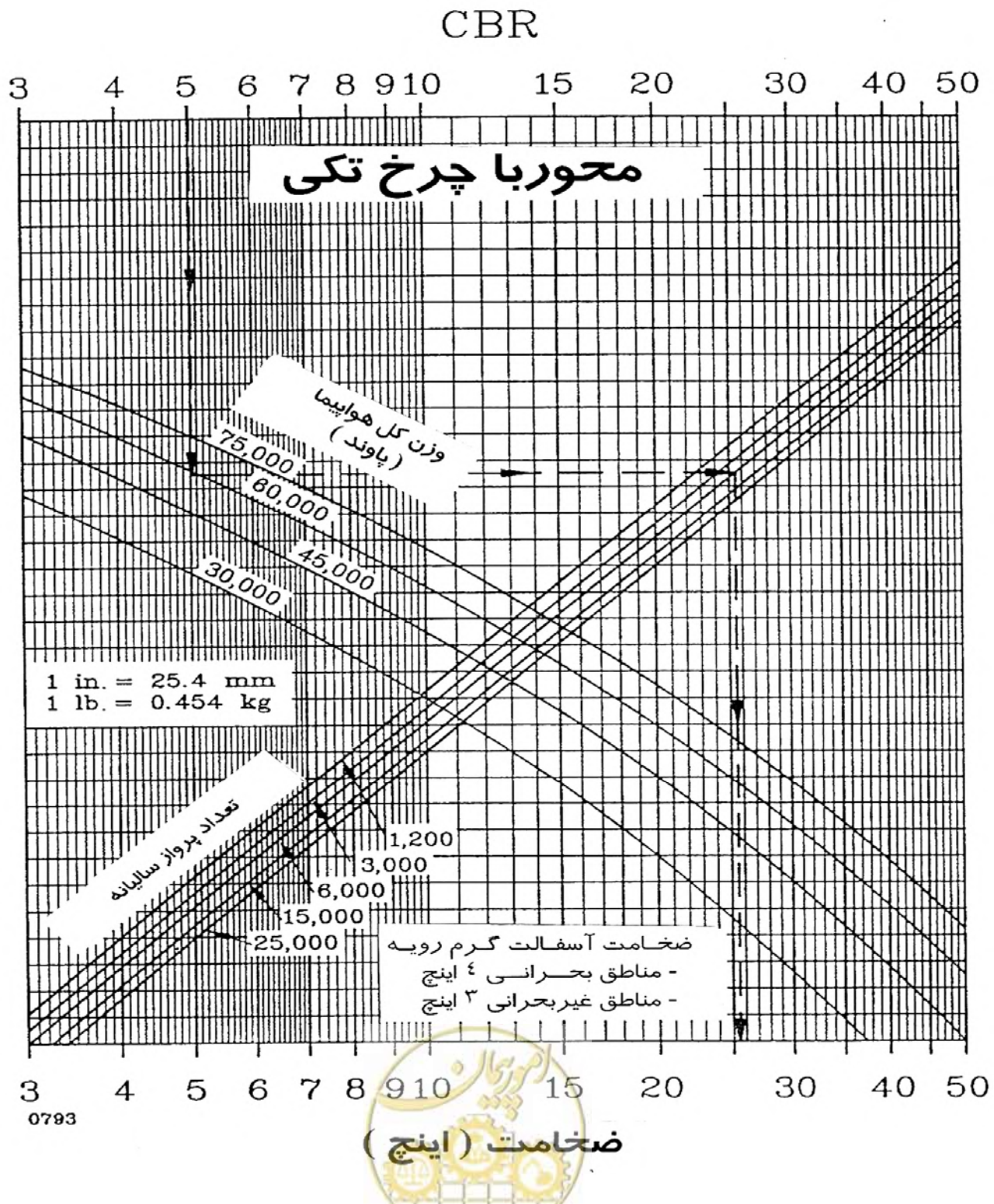
omoorepeyman.ir

جدول (۳-۲) ـ حداقل ضخامت لایه اساس

هواپیمای طرح	محدوده بار طرح		حداقل ضخامت اساس	
	کیلوگرم (kg)	پاوند (lbs)	میلیمتر (mm)	اینچ (in)
چرخ تکی	(۱۳،۶۰۰– ۲۲،۷۰۰) (۲۲،۷۰۰ – ۳۴،۰۰۰)	۳۰،۰۰۰ – ۵۰،۰۰۰ ۵۰،۰۰۰ – ۷۵،۰۰۰	(۱۰۰) (۱۵۰)	۴ ۶
چرخ زوج	(۲۲،۷۰۰ – ۴۵،۰۰۰) (۴۵،۰۰۰ – ۹۰،۷۰۰)	۵۰،۰۰۰ – ۱۰۰،۰۰۰ ۱۰۰،۰۰۰ – ۲۰۰،۰۰۰	(۱۵۰) (۲۰۰)	۶ ۸
زوج مرکب	(۴۵،۰۰۰ – ۱۱۳،۴۰۰) (۱۱۳،۴۰۰ – ۱۸۱،۰۰۰)	۱۰۰،۰۰۰ – ۲۵۰،۰۰۰ ۲۵۰،۰۰۰ – ۴۰۰،۰۰۰	(۱۵۰) (۲۰۰)	۶ ۸
B-757 B-767	(۹۰،۷۰۰ – ۱۸۱،۰۰۰)	۲۰۰،۰۰۰ – ۴۰۰،۰۰۰	(۱۵۰)	۶
DC-10 L1011	(۱۸۱،۰۰۰ – ۲۷۲،۰۰۰)	۴۰۰،۰۰۰ – ۶۰۰،۰۰۰	(۲۰۰)	۸
B-747	(۱۸۱،۰۰۰ – ۲۷۲،۰۰۰) (۲۷۲،۰۰۰ – ۳۸۵،۷۰۰)	۴۰۰،۰۰۰ – ۶۰۰،۰۰۰ ۶۰۰،۰۰۰ – ۸۵۰،۰۰۰	(۱۵۰) (۲۰۰)	۶ ۸
C-130	(۳۴،۰۰۰ – ۵۶،۷۰۰) (۵۶،۷۰۰ – ۷۹،۴۰۰)	۷۵،۰۰۰ – ۱۲۵،۰۰۰ ۱۲۵،۰۰۰ – ۱۷۵،۰۰۰	(۱۰۰) (۱۵۰)	۴ ۶

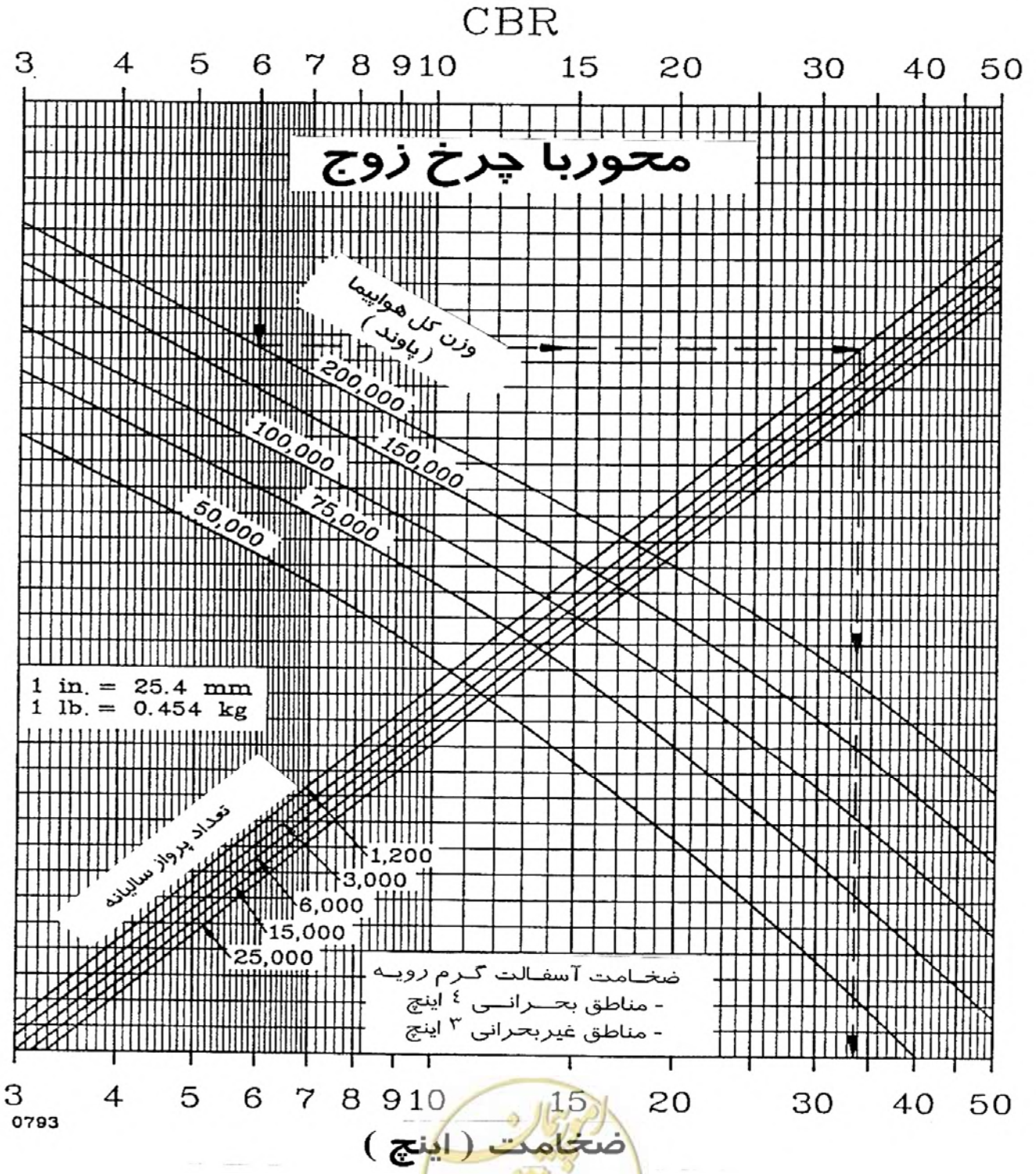
نکته قابل توجه این است که با مقایسه ضخامت اساس محاسبه شده و حداقل اخذ شده از جدول فوق، مقدار بیشتر بعنوان ضخامت مورد استفاده در طرح بکار برده می‌شود.

omoorepeyman.ir



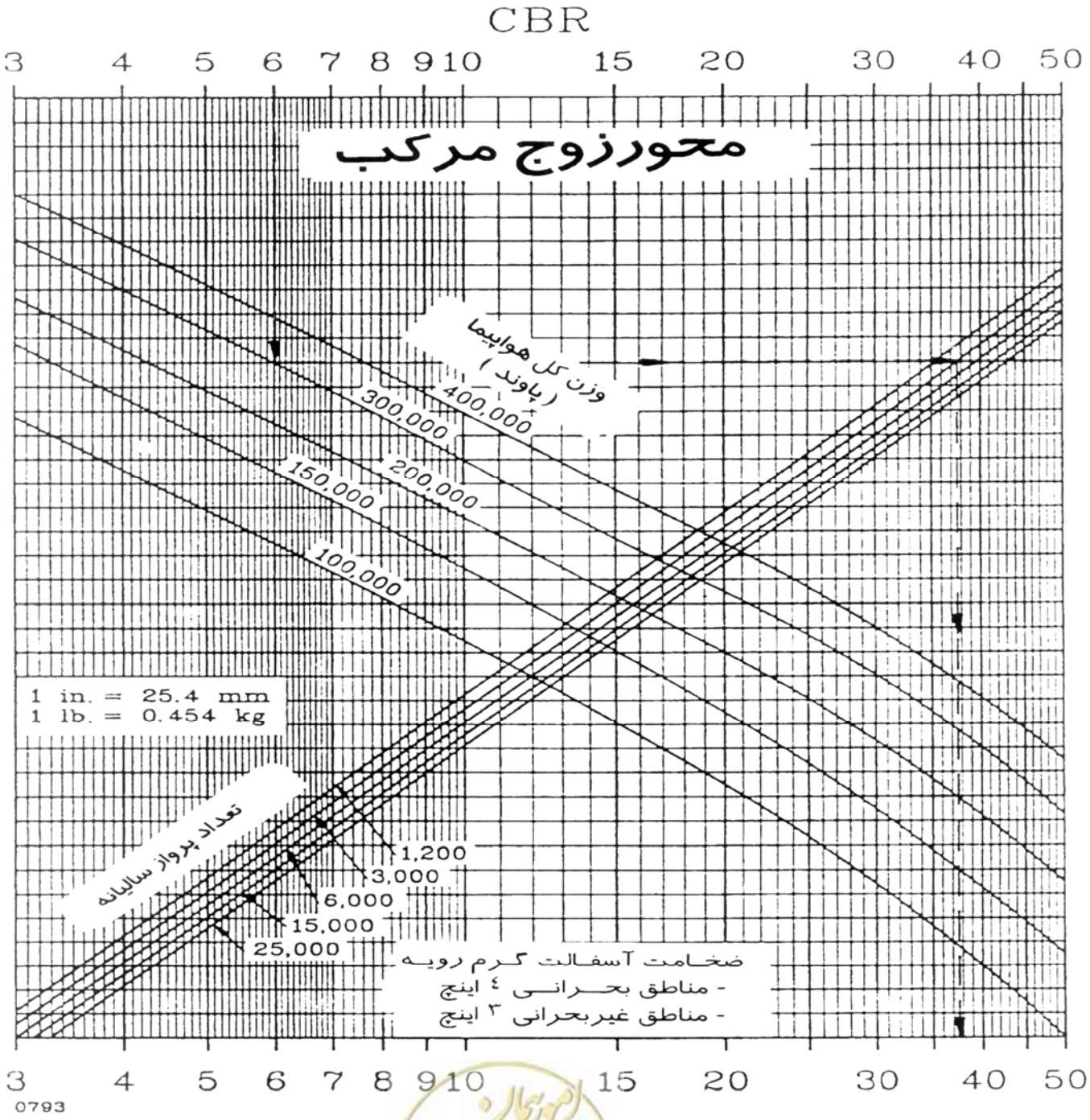
شکل (۳-۲) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای چرخ تکی

omoorepeyman.ir



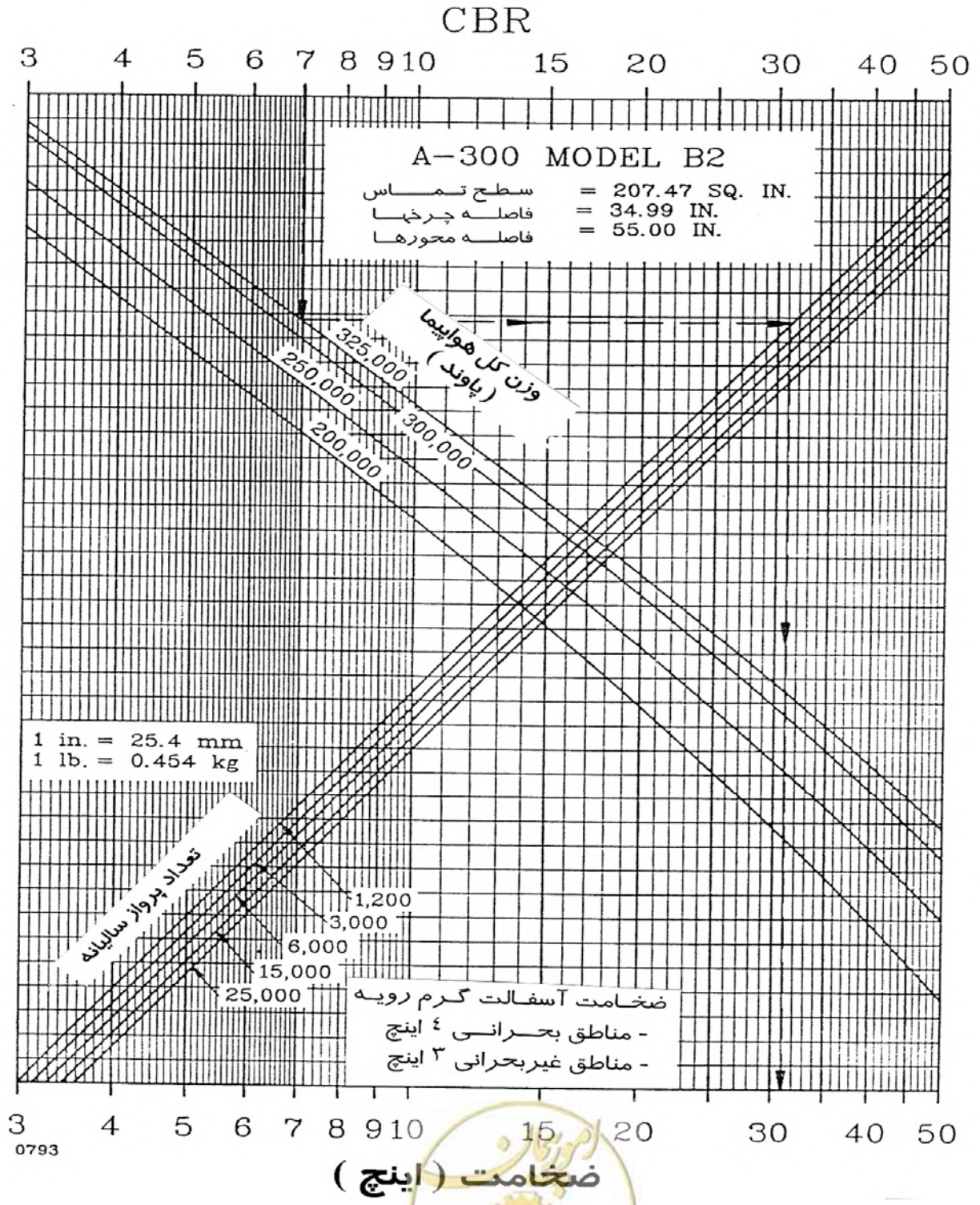
شکل (۳-۳) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای چرخ زوج

omoorepeyman.ir



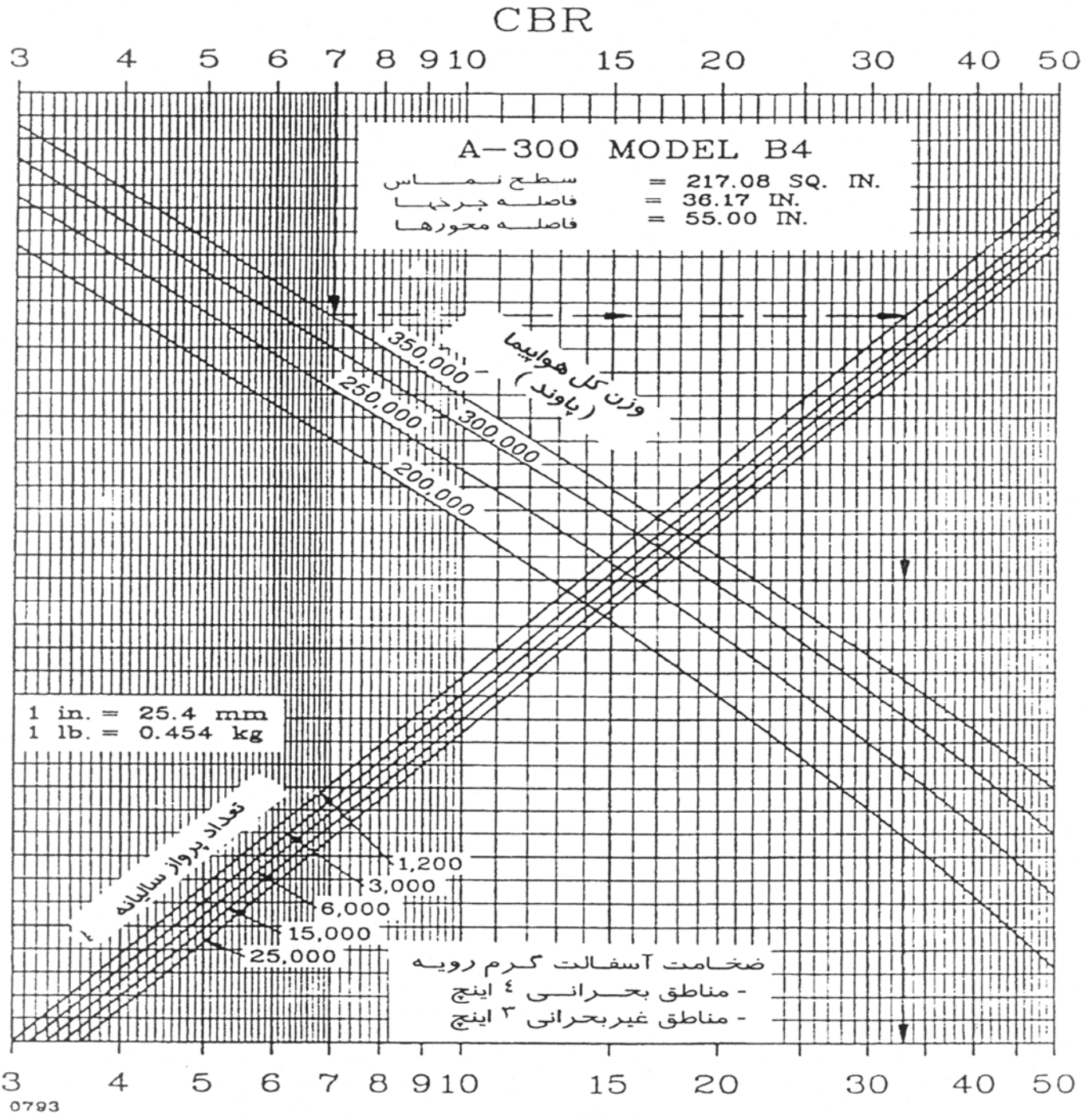
شکل (۳-٤) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای چرخ زوج مرکب

omoorepeyman.ir



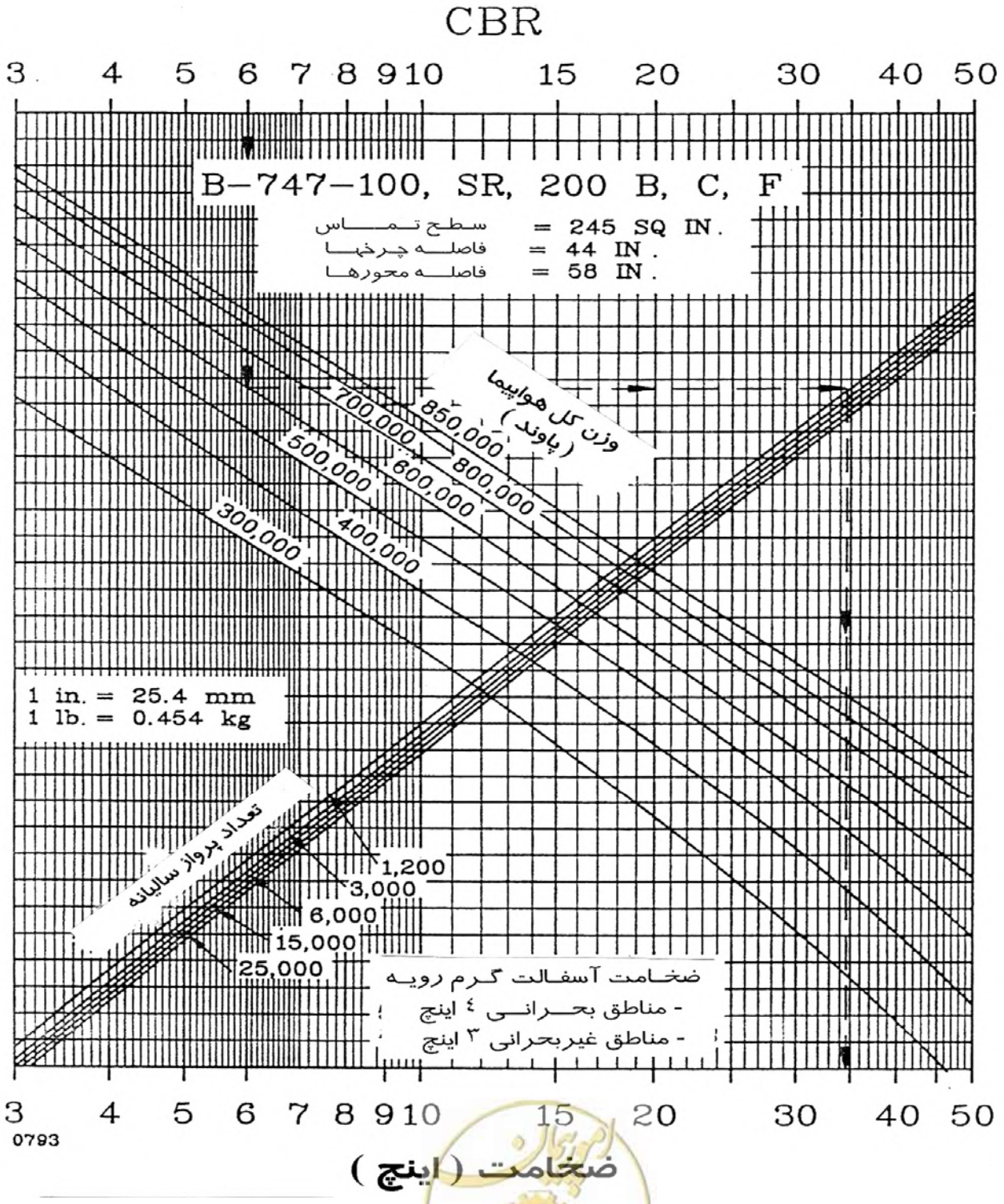
شکل (۳- ۵) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیمای A-300 مدل B2

omoorepeyman.ir



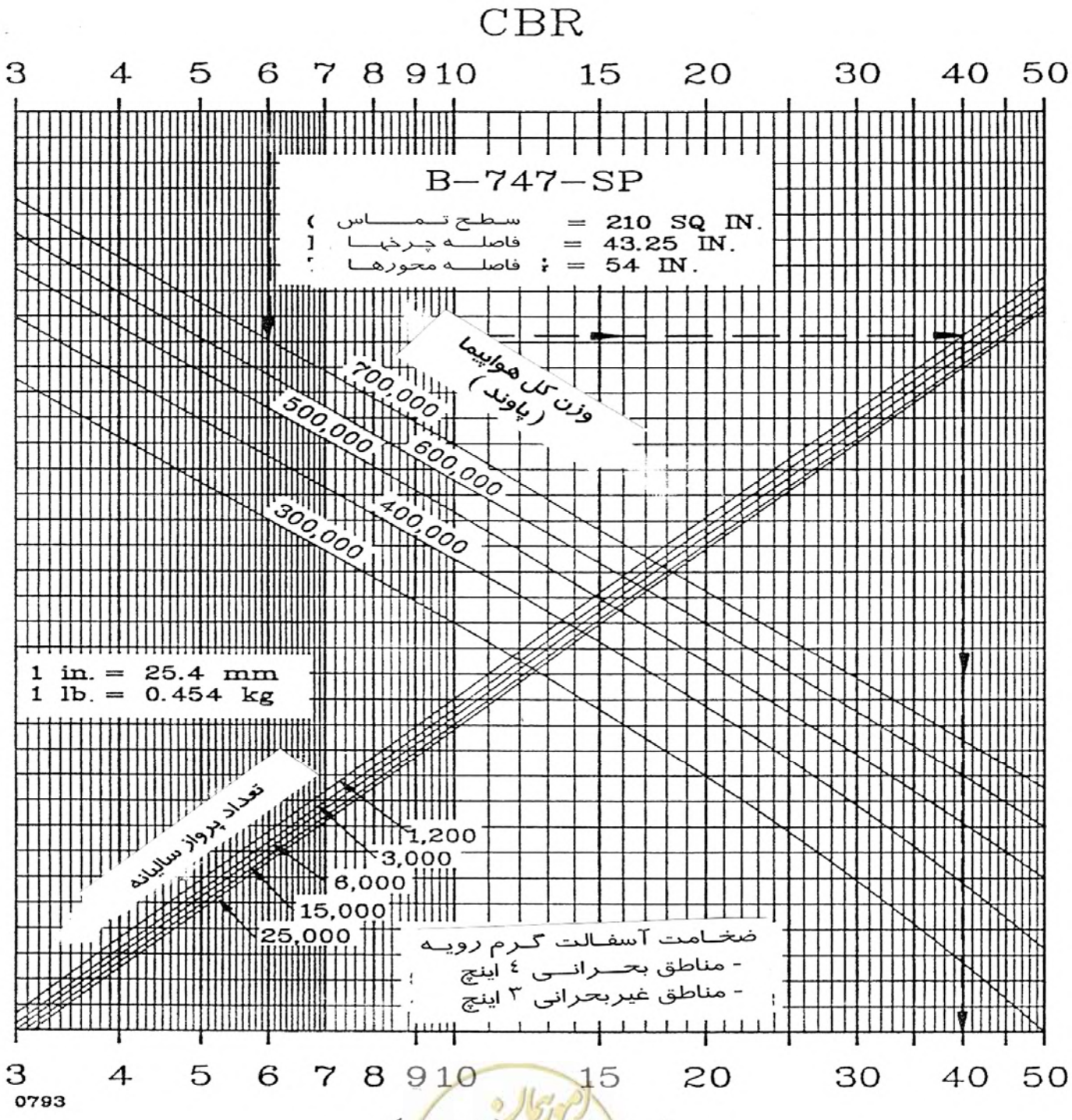
شکل (۳-٦) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیمای A-300 مدل B4

omoorepeyman.ir



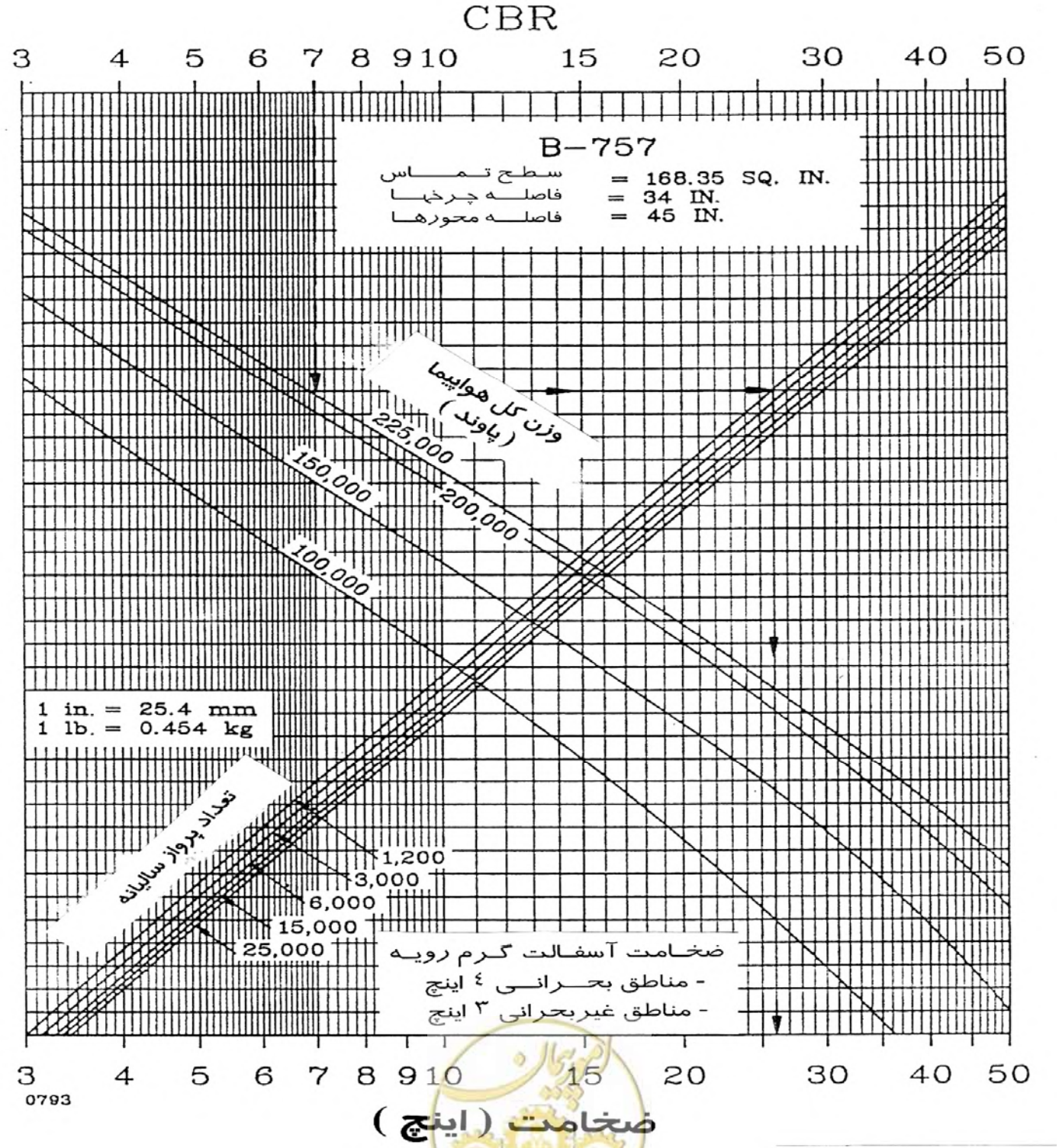
شکل (۳-۷) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B747-100 , SR , 200B, C,F

omoorepeyman.ir



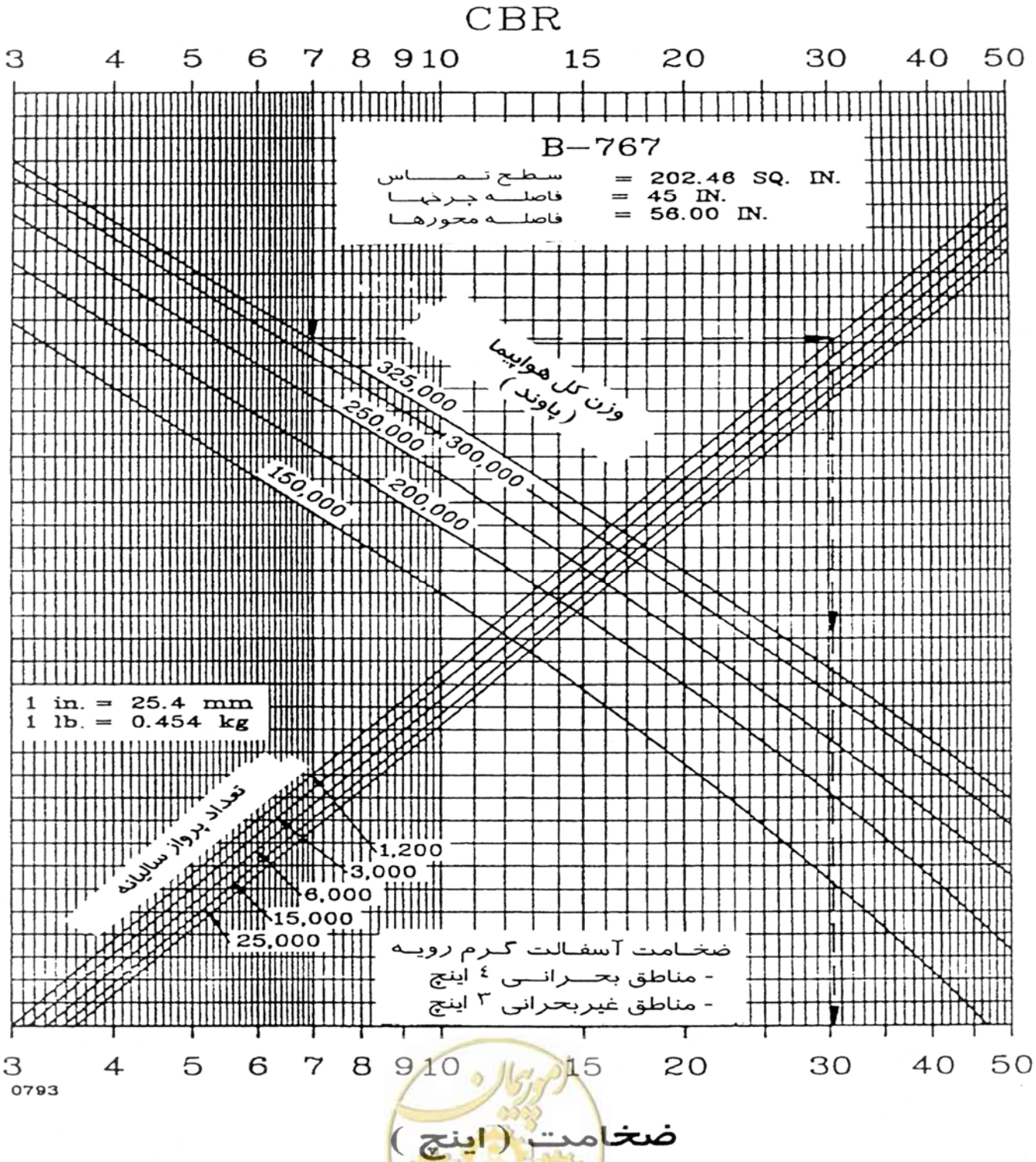
شکل (۳-۸) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B747-SP

omoorepeyman.ir



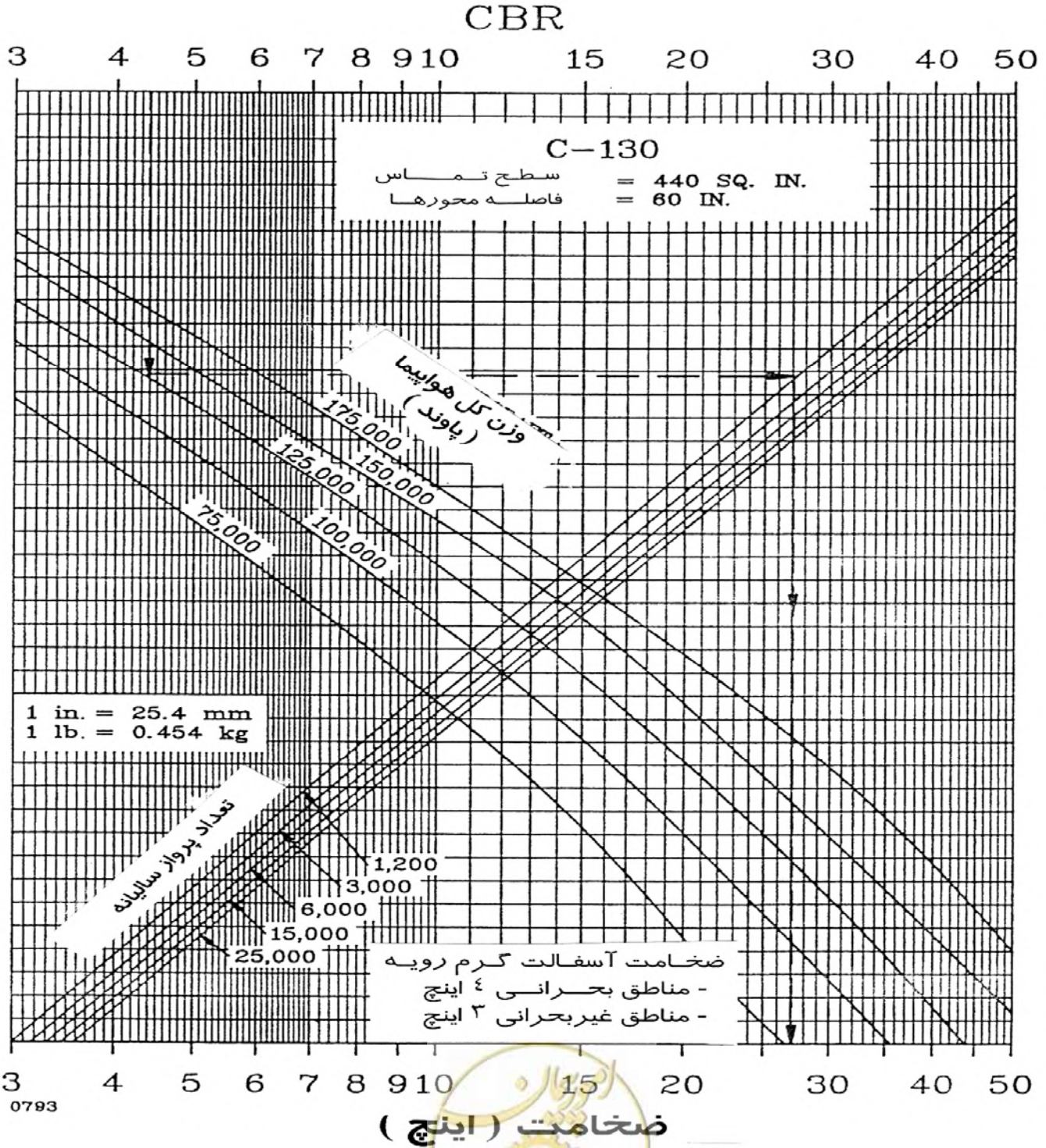
شکل (۳-۹) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B757

omoorepeyman.ir



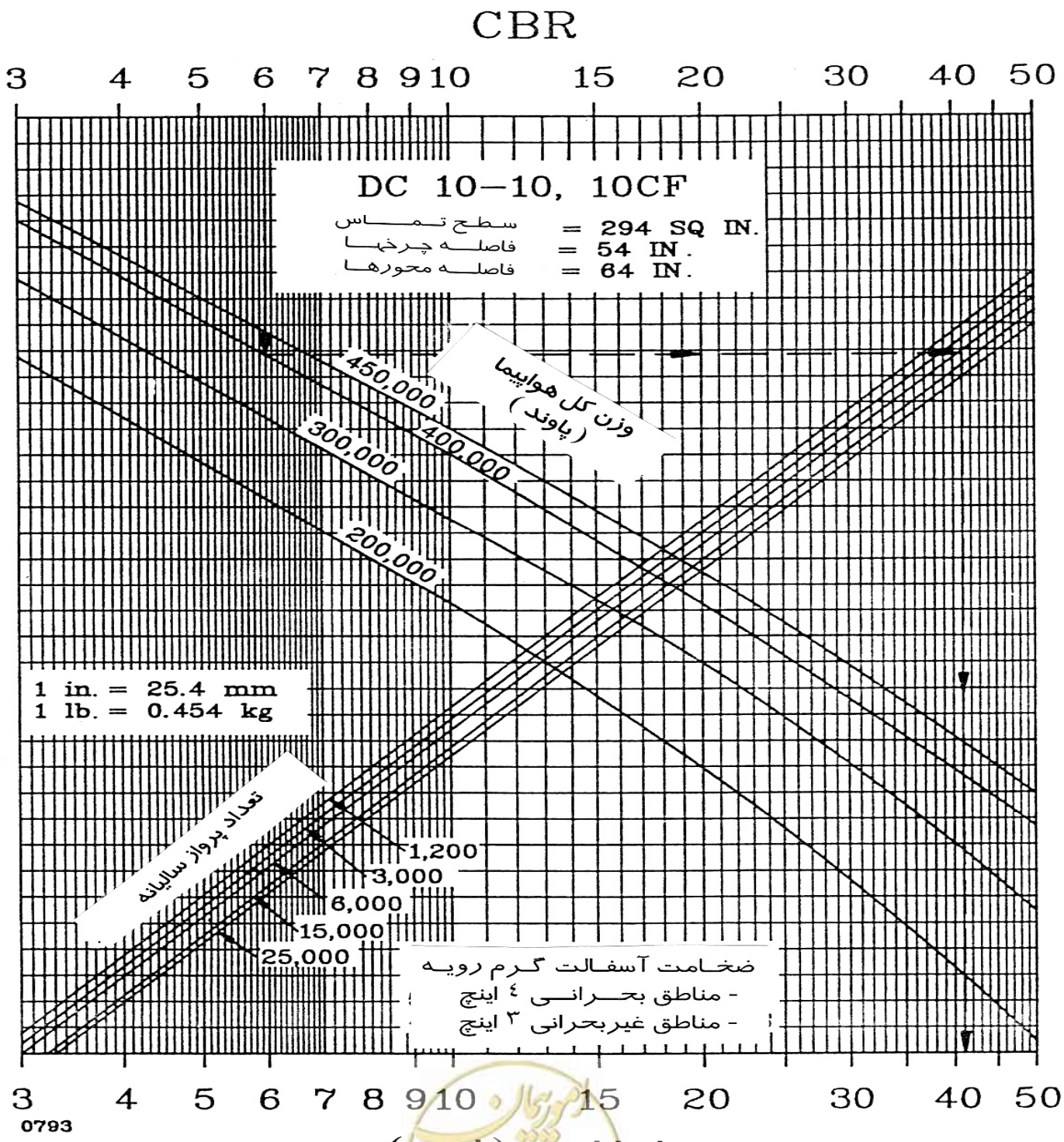
شکل (۳-۱۰) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای B767

omoorepeyman.ir



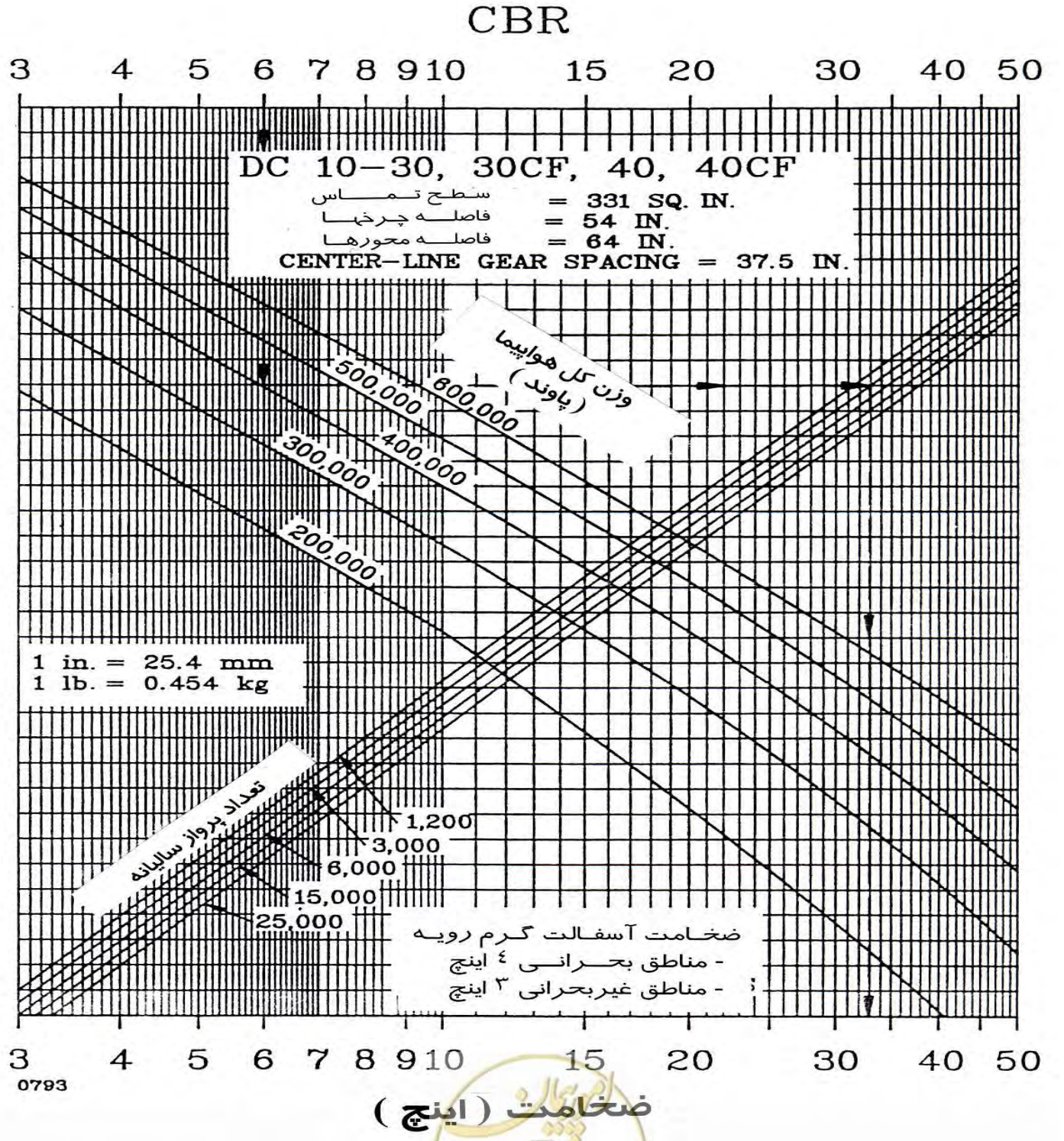
شکل (۳-۱۱) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای C-130

omoorepeyman.ir



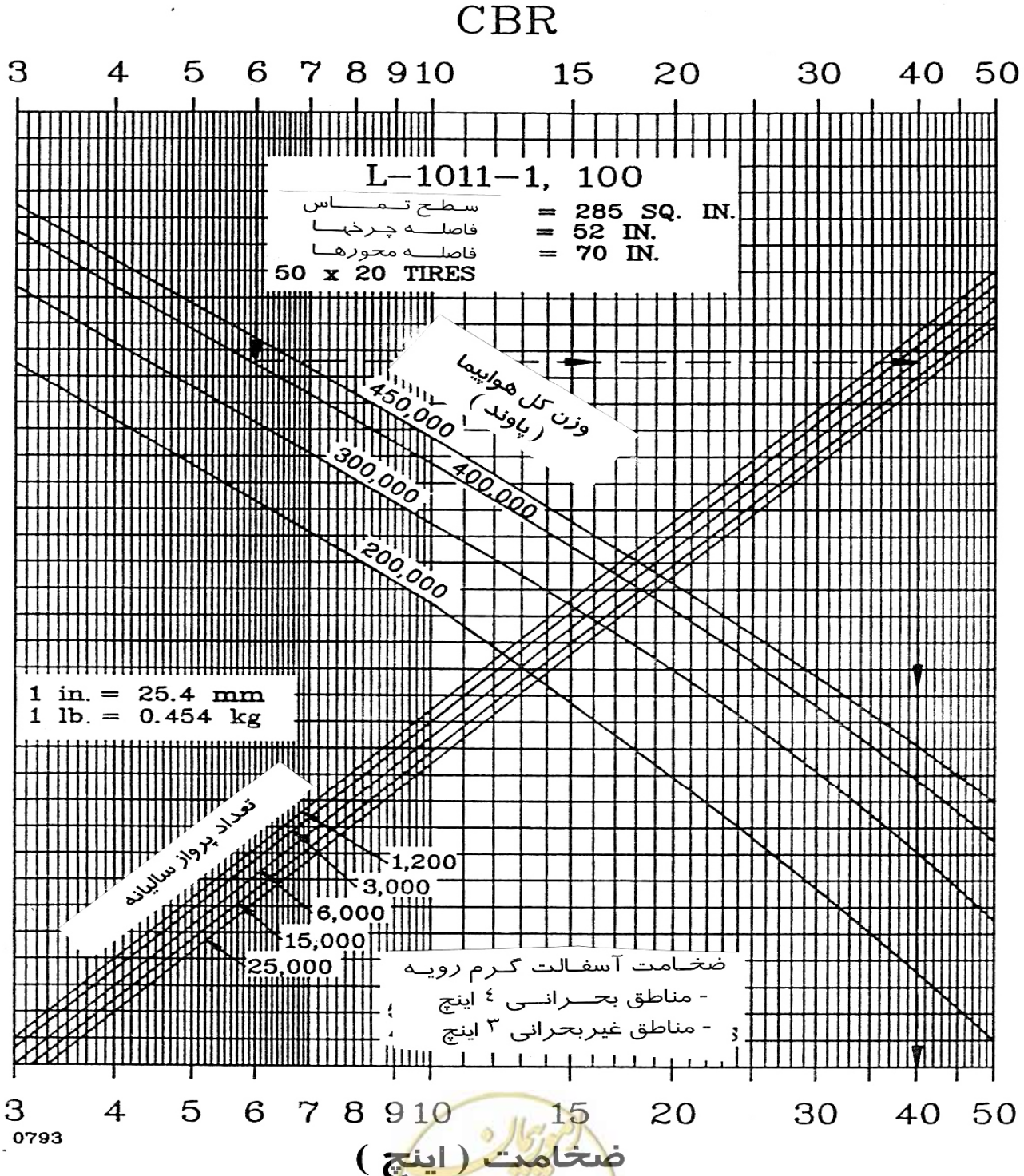
شکل (۳-۱۲) ـ منحنی طرح روسازی انعطاف پذیر برای هواپیماهای DC10-10, 10CF

omoorepeyman.ir



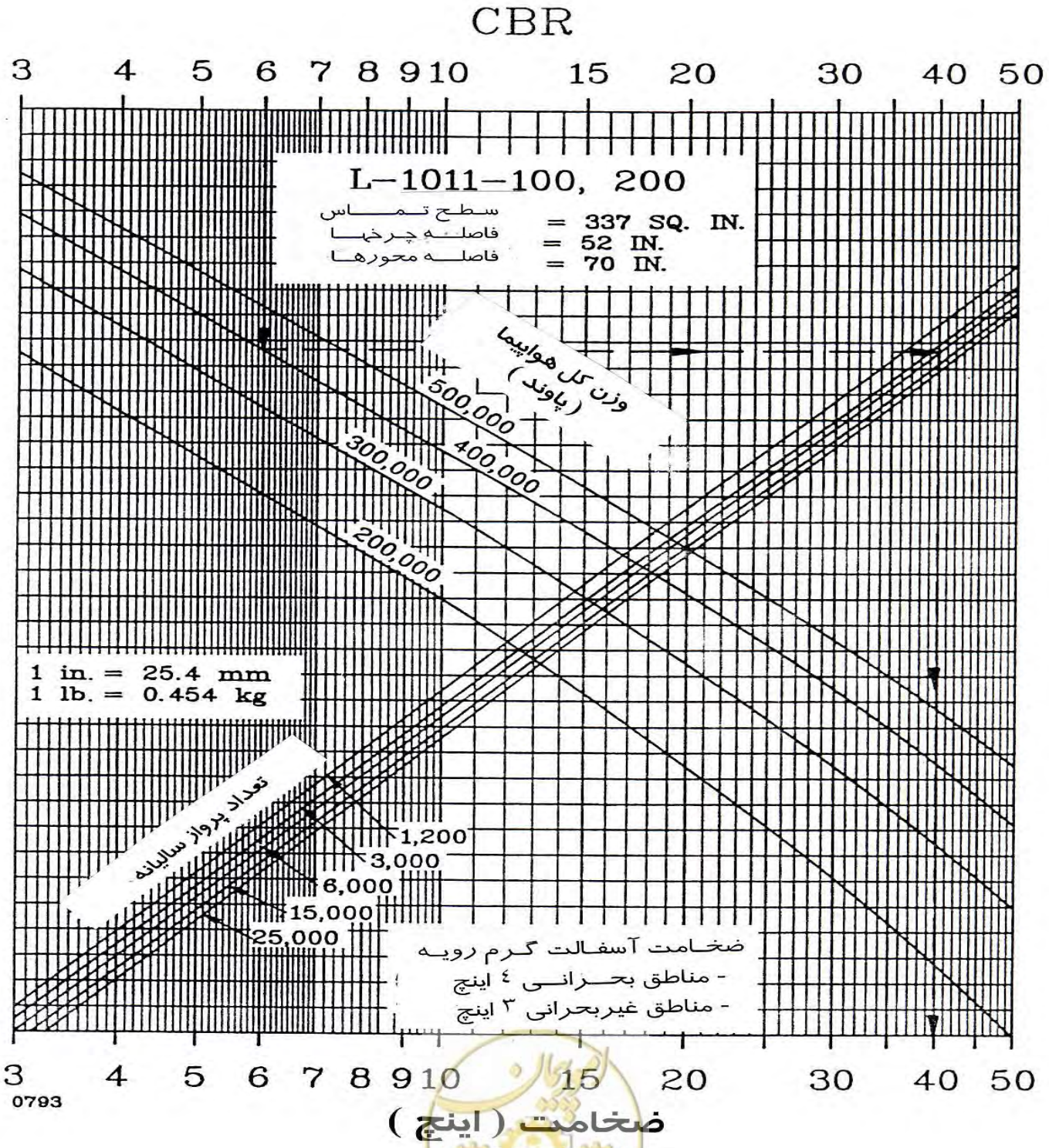
شکل (۳-۱۳) ـ منحنی طرح روسازی انتخابی انعطاف پذیر برای هواپیماهای DC10-30 , 30CF , 40 , 40CF

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۱٤) ـ منحنی طرح روسازی انتخابی انعطاف پذیر برای هواپیماهای L1011-100 , 100

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۱۵) ـ منحنی طرح روسازی انتخابی انعطاف پذیر برای هواپیماهای L1011-100 , 200

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۲ ـ مناطق بحرانی و غیر بحرانی

از منحنی‌های شکلهای (۳-۲) الی (۳-۱۵) برای محاسبه کل ضخامت روسازی بحرانی (T) و مشخصات رویه استفاده می‌شود. ضریب ۰/۹ T برای مناطق غیر بحرانی فقط به ضخامت لایه اساس و زیراساس اعمال می‌شود و ضخامت رویه معادل ضخامت اشاره شده در منحنی‌های طرح می‌باشد. برای مقاطع متغیر سطوح انتقال و لبه‌هایی که ضخامت آنها کم می‌شود، کاهش ضخامت فقط به لایه اساس اعمال می‌شود. ضخامت ۰/۷T حداقل ضخامت اساس مجاز خواهد بود. ضخامت زیراساس می‌بایست به منظور تامین زهکشی بهتر سطح بستر متغیر بوده و افزایش یابد. ضخامت‌های لایه رویه باید مشابه شرایط نشان داده شده در شکل (۱-۲) باشد.

۳ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۳ ـ ضخامت روسازی برای تعداد پرواز زیاد

ضخامت روسازی انعطاف‌پذیر با استفاده از منحنی‌های مربوطه در صورتی که تعداد پرواز سالیانه آنها تا سقف ۲۵،۰۰۰ باشد، قابل استفاده است. چنانچه تعداد پروازهای سالیانه از این میزان تجاوز نماید، درصدی به ضخامت بدست آمده با استفاده از منحنی ۲۵،۰۰۰ پرواز سالیانه اضافه می‌شود که در جدول (۳-۳) درج شده‌اند. در این جدول که براساس مشاهدات و تجارب عملی بدست آمده است، رابطه‌ای لگاریتمی بین درصد ضخامت و تعداد پروازها برقرار شده است. (بعنوان مثال برای تعداد ۱۰۰،۰۰۰ پرواز سالیانه، ضخامت روسازی بدست آمده بمیزان ۸٪ اضافه میشود.)

جدول (۳-۳) ـ رابطه درصد ضخامت و تعداد پرواز سالیانه

تعداد پرواز سالیانه	درصد ضخامت برای ۲۵،۰۰۰ پرواز
۵۰،۰۰۰	۱۰۴
۱۰۰،۰۰۰	۱۰۸
۱۵۰،۰۰۰	۱۱۰
۲۰۰،۰۰۰	۱۱۲

حال می‌توان با استفاده از ضرایب معادل لایه‌های روسازی مندرج در جداول (۳-۴) و (۳-۵) و همچنین با توجه به مسائل اجرایی به ضخامت لایه‌های روسازی مطلوب و عملی رسید. لازم به توضیح است حداقل ضخامت روسازی محاسبه شده پس از جایگزینی و معادل سازی، نمی‌بایست از ضخامت کل محاسبه شده برای یک روسازی با سی‌بی‌آر بستر معادل ۲۰ کمتر باشد.

جدول (۳-۴) ـ ضرایب معادل پیشنهادی برای قشر اساس

ردیف	مصالح	ضریب معادل
۱	رویه آسفالتی	۱/۲ – ۱/۶
۲	اساس آسفالتی	۱/۲ – ۱/۶
۳	اساس مخلوط در محل	۱/۰ – ۱/۲
۴	اساس اصلاح شده با سیمان	۱/۲ – ۱/۶
۵	اساس سنگ شکسته	۱/۰

omoorepeyman.ir

جدول (۳-۵) ـ ضرایب معادل پیشنهادی برای قشر زیراساس

ردیف	مصالح	ضریب معادل
۱	رویه آسفالتی	۱/۷ – ۲/۳
۲	اساس آسفالتی	۱/۷ – ۲/۳
۳	اساس مخلوط در محل	۱/۵ – ۱/۷
۴	اساس اصلاح شده با سیمان	۱/۶ – ۲/۳
۵	اساس سنگ شکسته	۱/۴ – ۲
۶	زیراساس	۱/۰

۳ ـ ۸ ـ ۱ ـ ٤ ـ اساس و زیر اساس تثبیت شده

استفاده از لایه‌های اساس و زیراساس تثبیت شده در روسازی‌های جدید که برای نشست و برخاست هواپیماهای جت با وزن ۴۵۳۵۰ کیلوگرم و بیشتر در نظرگرفته شده‌اند، ضروری می‌باشد. لایه‌های تثبیت شده با توجه به ضرائب معادل بند (۳-۸-۱-۳) می‌توانند جایگزین مصالح دانه‌ای شوند. با توجه به اینکه ضرائب معادل بستگی به عوامل و متغیرهایی مانند ضخامت لایه، مقدار و نوع ماده تثبیت کننده و موقعیت لایه تثبیت شده در سازه روسازی دارد، بنابراین مقدار آن دارای محدوده تغییرات است. مصالح تثبیت شده باید دارای سی‌بی‌آر اشباع حداقل معادل ۱۰۰ برای اساس و ۳۵ برای زیراساس باشد.

۳ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۵ ـ مثال طراحی روسازی انعطاف پذیر

طراحی روسازی انعطاف پذیر، برای فرودگاهی با شرایط زیر:

ـ هواپیمای طرح ، B747 – 200

ـ تعداد پرواز متوسط سالیانه هواپیمای طرح: ۲۵۰۰۰ پرواز

ـ سی‌بی‌آر طرح: ۵/۶ درصد

حل:

با توجه به مشخصات و شرایط مورد نظر، از منحنی شکل (۳-۷)، ضخامت کل روسازی انعطاف پذیر برابر ۵۰ اینچ (معادل ۱۲۷ سانتیمتر) بدست می‌آید.

مطابق این منحنی، حداقل ضخامت مورد نیاز لایه آسفالتی ۵ اینچ (۱۳ سانتیمتر) تعیین شده است. همچنین حداقل ضخامت لایه اساس از جدول (۳-۲) برابر ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر) بدست می‌آید. بنابراین ضخامت لایه‌ها به صورت زیر می‌باشد:

ـ ضخامت لایه آسفالتی، برابر ۵ اینچ (معادل ۱۳ سانتیمتر)

ـ ضخامت لایه اساس شکسته، برابر ۸ اینچ (معادل ۲۰ سانتیمتر)

ـ ضخامت لایه زیراساس، برابر ۳۷ اینچ (معادل ۹۴ سانتیمتر)

با استفاده از ضرایب معادل لایه‌های روسازی، مندرج در جداول (۳-۴) و (۳-۵) و نیز با مد نظر داشتن مسائل و محدودیت‌های اجرایی، ضخامت لایه‌های روسازی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

omoorepeyman.ir

ـ توپکا ۵ سانتیمتر
ـ بیندر ۲۱ سانتیمتر (سه لایه ۷ سانتیمتری)
ـ اساس سنگ شکسته ۳۰ سانتیمتر (دو لایه ۱۵ سانتیمتری)
ـ زیراساس ۴۵ سانتیمتر (سه لایه ۱۵ سانتیمتری)

۳ ـ ۸ ـ ۲ ـ طراحی روسازی صلب

روسازی صلب در فرودگاهها از دالهای بتنی تشکیل شده است که بر روی زیراساس یا اساس شکسته و یا زیراساس و اساس تثبیت شده قرار گرفته بطوری که این لایه نیز بر روی یک بستر متراکم واقع شده باشد. سطح بتن بایستی یک سطح غیرلغزنده و محافظ باشد بطوری که از نفوذ آب به لایه‌های زیرین جلوگیری نماید.

هدف از وجود زیراساس یا اساس در زیر یک روسازی صلب ایجاد یک پایداری یکنواخت و همگن برای دالهای روسازی است. حداقل ضخامت زیراساس برابر ۴ اینچ (۱۰۰ میلیمتر) می‌باشد که این مقدار برای همه سطوح روسازی صلب لازم است، بجز در شرایط خاص که در جدول (۳-۶) نشان داده شده است.

جدول (۳-٦) ـ شرایط عدم نیاز به اجرای زیراساس

طبقه بندی خاک	زهکشی خوب		زهکشی ضعیف	
	بدون یخبندان	با یخبندان	بدون یخبندان	با یخبندان
GW	×	×	×	×
GP	×	×	×	
GM	×			
GC	×			
SW	×			

برای روسازی صلب، کیفیت لایه زیراساس (به ضخامت ۱۰ سانتیمتر) می‌بایست مطابق با مندرجات مشخصات فنی عمومی راه (نشریه شماره ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) باشد و در شرایطی که بایستی از مصالح با کیفیت بهتر یا ضخامت بیشتر از زیراساس استفاده گردد، مصالح ذیل برای جایگزینی با لایه زیراساس مناسب هستند.

جدول (۳-۷) ـ مصالح مناسب برای جایگزینی لایه اساس

ردیف	نوع مصالح
۱	اساس دانه‌ای
۲	اساس شکسته
۳	اساس آهکی
۴	اساس تثبیت شده با سیمان
۵	زیراساس سیمانی
۶	لایه تثبیت شده با قیر

omoorepeyman.ir

مصالح با کیفیت بهتر و با ضخامت بیشتر برای زیراساس می‌تواند در طراحی استفاده شود بطوری که مدول عکس‌العمل بستر، K بدست آید. هزینه‌های اضافی افزایش ضخامت زیراساس و یا کیفیت بهتر آن بایستی در مقایسه با عدم افزایش ضخامت بتن مورد ارزیابی قرار گیرد.

۳ ـ ۸ ـ ۲ ـ ۱ ـ تثبیت زیراساس

زیراساس تثبیت شده برای همه روسازی‌های صلب طراحی شده برای هواپیماهای با وزن ۴۵۴۰۰ کیلوگرم یا بیشتر باید استفاده شود. استفاده از زیراساس تثبیت شده و یا مصالح با کیفیت بهتر بشرح زیر توصیه میشود.

جدول (۳ - ۸) ـ زیراساس تثبیت شده

ردیف	نوع مصالح
۱	اساس تثبیت شده با سیمان
۲	زیراساس تثبیت شده با سیمان
۳	بتن آسفالتی

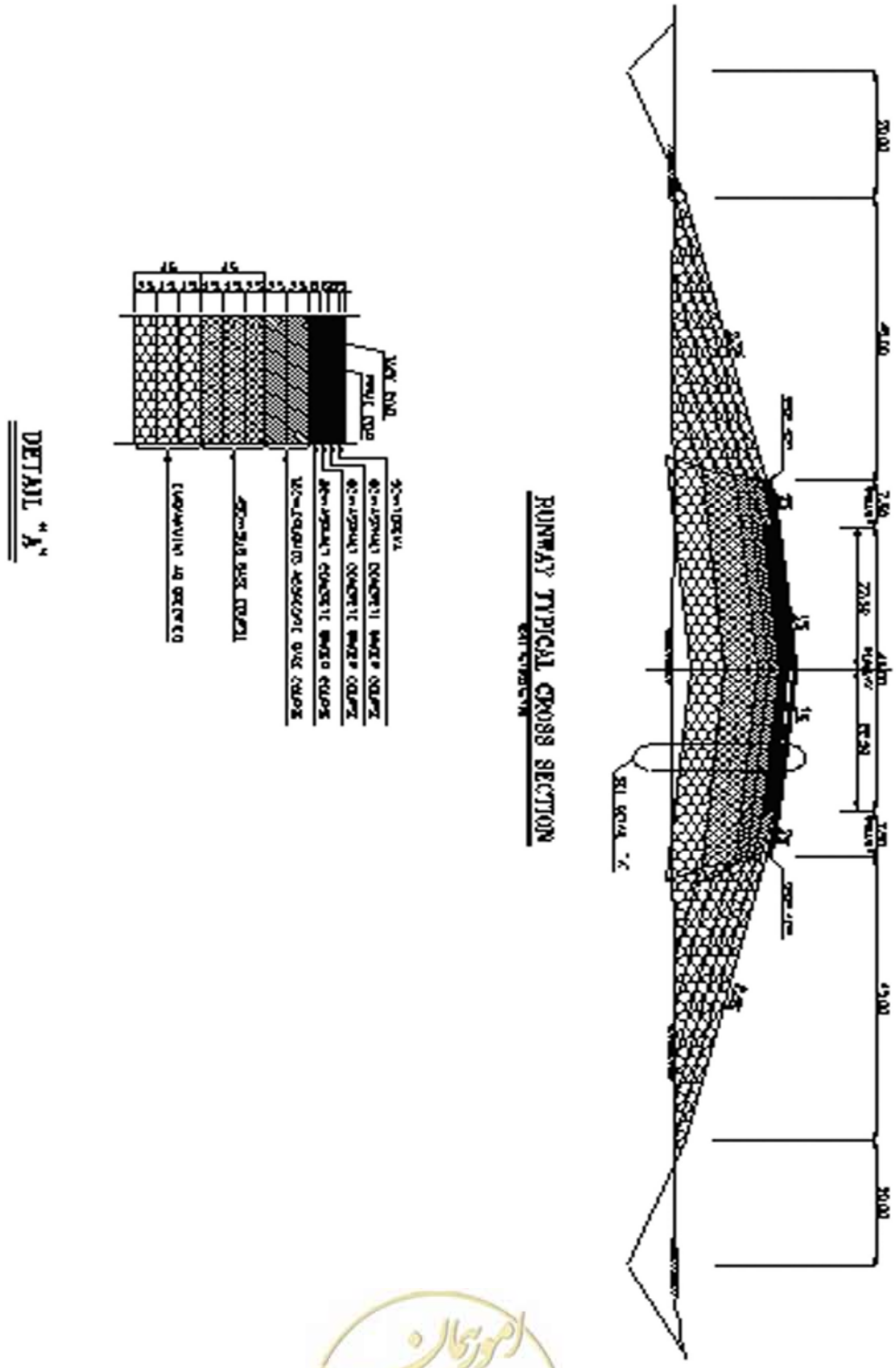
بهبود کیفیت سازه‌ای یک روسازی در اثر تثبیت لایه زیراساس آن، مستقیماً بر روی ضریب عکس‌العملی که برای بستر روسازی منظور می‌شود، تاثیر خواهد گذاشت.

۳ ـ ۸ ـ ۲ ـ ۲ ـ بستر

مصالح بستر در زیر روسازی صلب بایستی طوری متراکم شده باشد که از پایداری مناسب و یکنواختی مانند یک روسازی آسفالتی برخوردار باشد. هرچند که بدلیل تنش‌های کمتری که در زیر روسازی صلب به نسبت روسازی انعطاف پذیر ایجاد میشود، تراکم کمتری هم موردنیاز خواهد بود. برای خاکهای چسبنده در خاکریزها بایستی تمام خاکریز تا ۹۰٪ متراکم شود و برای خاکهای غیر چسبنده در خاکریزها در ۱۵ سانتیمتر بالایی تا ۱۰۰٪ متراکم گردد و بقیه تا ۹۵٪ متراکم شود. برای شرایط خاکبرداری در خاکهای غیرچسبنده ۱۵ سانتیمتر پایین تر از سطح بستر بایستی تا ۱۰۰٪ متراکم شده و ۴۵ سانتیمتر قسمت بعدی بایستی با تراکم ۹۵٪ انجام پذیرد. برای خاکهای چسبنده در مقاطع خاکبرداری ۱۵ سانتیمتر بالایی بستر باید تا تراکم ۹۰٪ کوبیده شود. خاکهای قابل تورم نظیر رس‌ها ملاحظات و بررسیهای مخصوص خود را لازم دارد و در طراحی روسازی در مناطقی که این نوع خاکها وجود دارد، بایستی اثرات این نوع خاکها را در تغییرات حجمی کاهش داد. وجود این خاکها باعث ایجاد ناهمواری و ترک در روسازی فرودگاهها می‌گردد.

در روسازیهای صلب، بارگذاریهای مکرر ممکن است باعث اختلاط بستر نرم با مصالح دانه‌ای اساس یا زیراساس شود. این موضوع باعث ایجاد فضای خالی بزرگی در زیر روسازی و جمع شدن آب می‌شود، بطوری که شرایط پمپ شدن را بوجود می‌آورد. تثبیت بستر و یا زیراساس تاثیر بسزایی در جلوگیری از بوجود آمدن شرایط نامطلوب فوق می‌نماید.

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۱٦) ـ تیپ مقطع عرضی روسازی انعطاف پذیر

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۹ ـ تعیین ضریب عکس‌العمل خاک بستر برای روسازی صلب

عـلاوه بر بررسی خاکـها و آنالیز و طبقه‌بندی لایه سابگرید، تعیین ضریب عکس‌العمل K برای طراحی لازم است. ضریب K بایستی برای مصالحی که در زیر روسازی بتنی قرار می‌گیرند، محاسبه می‌شود. بهرحال توصیه می‌گردد که این ضریب برای بسترروسازی محاسبه و برای زیراساس تصحیح گردد.

الف ـ تعیین ضریب K برای بستر: روش بدست آوردن ضریب K برای بستر محدود به آزمایشهای مورد نیاز بر روی خاکریزهایی است که طبق مشخصات ساخته شده‌اند. آزمایش صفحه براساس آشتو T۲۲۲ انجام می‌گیرد. چنانچه انجام آزمایشهای فوق امکان‌پذیر نباشد، اعداد مندرج در جدول (۲–۵) می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. طراح بایستی توجه داشته باشد که اعداد جدول مذکور تقریبی بوده و قضاوت مهندسی در انتخاب عدد مورد نظر بایستی ملاک قرار گیرد.

ب ـ تعیین ضریب K برای زیراساس شنی: تعیین ضریب K بر روی لایه زیراساس توسط آزمایش حداقل در مرحله طراحی معمولاً عملی نمی‌باشد. در هنگام طراحی خاکریز و زیراساس بصورت اجراء شده در محل موجود نمی‌باشند که بتوان مقدار K بر روی سطح آنها را اندازه گرفت بنابراین باید بدون انجام آزمایش مقداری را برای آن انتخاب کرد. افزایش مقدار K براساس ضخامتهای متفاوت لایه زیراساس در شکل (۲–۴) نشان داده شده است. نمودار بالایی شکل (۲–۴) هنگامیکه زیراساس خوب دانه‌بندی شده از مصالح شکسته تهیه شده است و نمودار پائینی شکل (۲–۴) د رمورد زیراساس شنی بکار میرود. مقادیر نشان داده شده در شکل (۲–۴) جنبه راهنمایی داشته و با انجام آزمایشهای محلی می‌تواند تعدیل شوند.

ج ـ تعیین ضریب K برای لایه زیراساس تثبیت شده: شکل (۳ ـ ۱۶) تاثیر زیراساس تثبیت شده را بر روی ضریب عکس‌العمل بستر K نشان می‌دهد. در این شکل فرض شده است که یک لایه تثبیت شده به اندازه دو برابر مصالح شکسته با دانه‌بندی خوب در افزایش ضریب عکس‌العمل بستر مؤثر است. لایه تثبیت شده با کیفیت پایین‌تر درجهت کاهش K خواهد بود. پس از تعیین ضریب K برای زیراساس، ضخامت روسازی بتنی تعیین خواهد شد.

۳ ـ ۱۰ ـ تعیین ضخامت دال بتنی

منحنی‌های طراحی جهت روسازی صلب نظیر روسازی بتن آسفالتی تهیه شده است. منحنی‌های مختلف برای انواع هواپیماها با نوع محور چرخهای مختلف داده شده است.

این منحنی‌ها براساس بارگذاری لبه اتصالی است و فرض شده است که بار در محل اتصال بصورت مماس یا عمود براتصال وارد می‌گردد. برای استفاده از منحنی‌های طراحی چهار پارامتر مورد نیاز است:

الف: مقاومت خمشی بتن

ب: ضریب عکس‌العمل خاک بستر (K)

ج: وزن کل هواپیما

د: تعداد پرواز سالیانه

منحنی‌های طراحی روسازی صلب، صرفاً ضخامت بتن را تعیین می‌نماید.

omoorepeyman.ir

الف ـ مقاومت خمشی بتن: ضخامت روسازی بتنی با مقاومت بتن استفاده شده مرتبط می‌باشد. مقاومت بتن براساس مقاومت خمشی تعیین می‌شود، بطوری که عملکرد اولیه بتن دالهای روسازی بصورت خمشی می‌باشد. مقاومت خمشی بتن توسط روش ASTMC-78 مشخص می‌گردد. مقاومت خمشی طرح بتن براساس سن و مقاومت بتن که برای عبور ترافیک پیش بینی شده مورد نیاز است، تعیین می‌گردد.

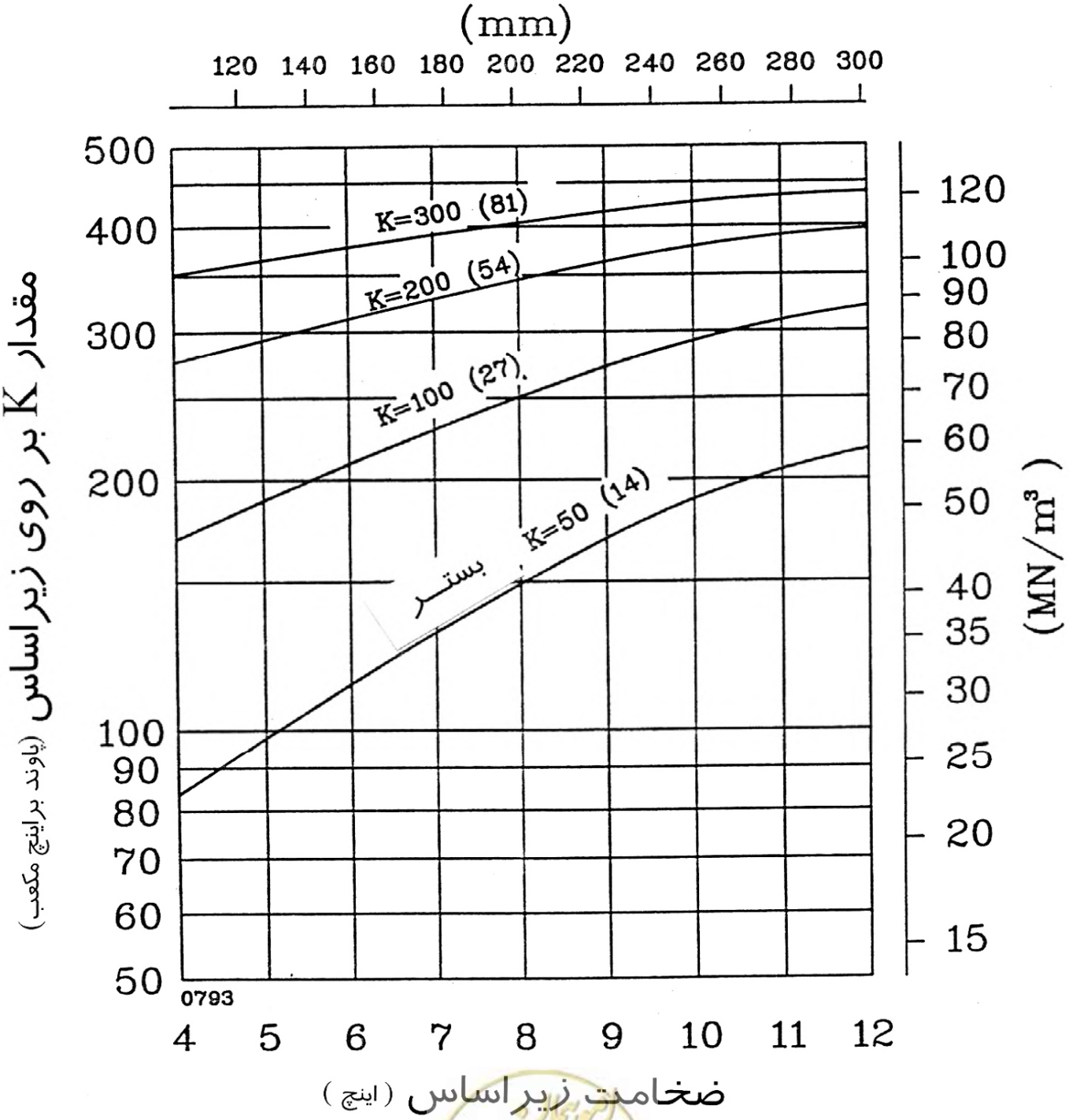
ب ـ ضریب عکس‌العمل K: مقدار K در عمل مانند یک ثابت فنری(SPRING CONSTANT) برای مصالحی است که در زیر روسازی صلب قرار می‌گیرند و ظرفیت باربری این نوع مصالح را نشان می‌دهد.

ج ـ وزن کل هواپیمای طرح: وزن کل هواپیمای طرح در هر یک از منحنی‌های طراحی مربوطه نشان داده شده است. منحنی‌های طرح براساس نوع محور و یا برای هرنوع هواپیما جداگانه پیش‌بینی شده‌اند. یک طیف وسیع از منحنی‌های وزن کل نشان داده شده که از تمامی این منحنی‌ها بصورت میان‌یابی خطی می‌توان استفاده کرد. وزن‌های نشان داده شده با وزن هواپیماهای موجود هماهنگی لازم را دارد.

د ـ پرواز سالیانه هواپیمای طرح: چهارمین پارامتر، تعداد پروازهای سالیانه هواپیمای طرح می‌باشد. تعداد پروازها بایستی همانطور که قبلاً توضیح داده شده است، با توجه به رابطه زیر محاسبه می گردد.

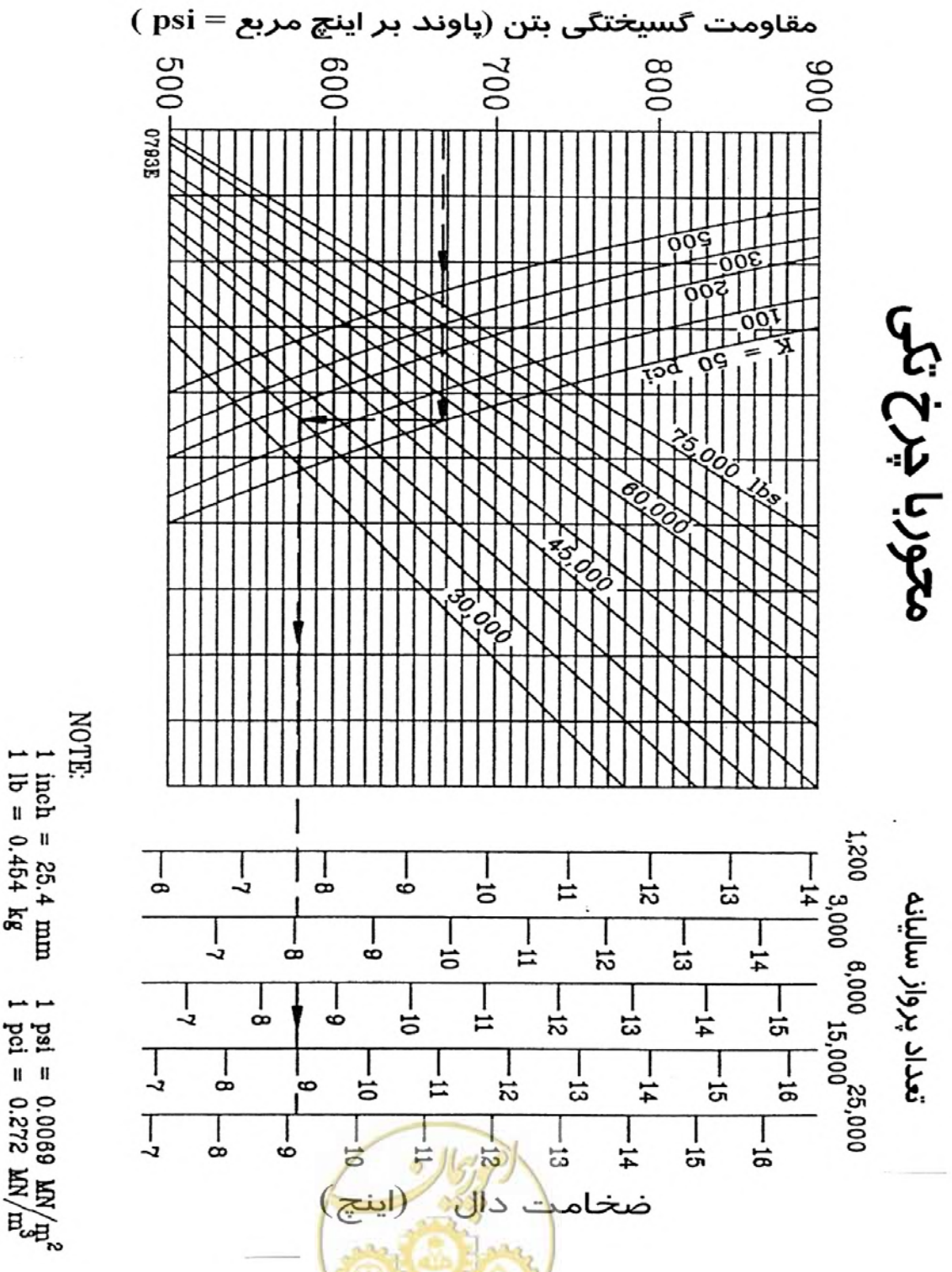
$$\log R_1 = \log R_2 \left[\frac{W_2}{W_1}\right]^{\frac{1}{2}}$$

omoorepeyman.ir



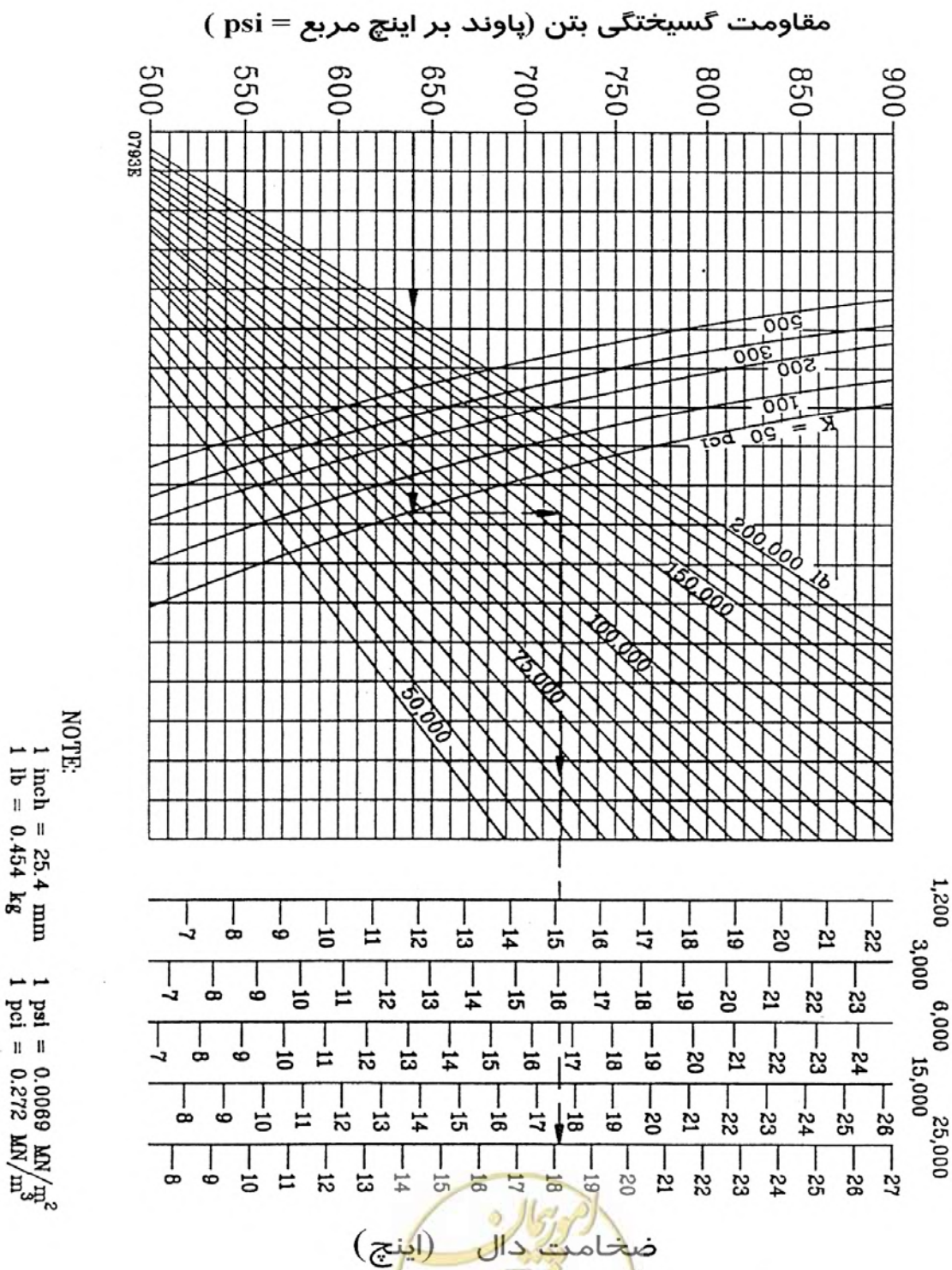
شکل (۳-۱۷) ـ اثر زیراساس تثبیت شده برروی ضریب عکس العمل بستر

omoorepeyman.ir



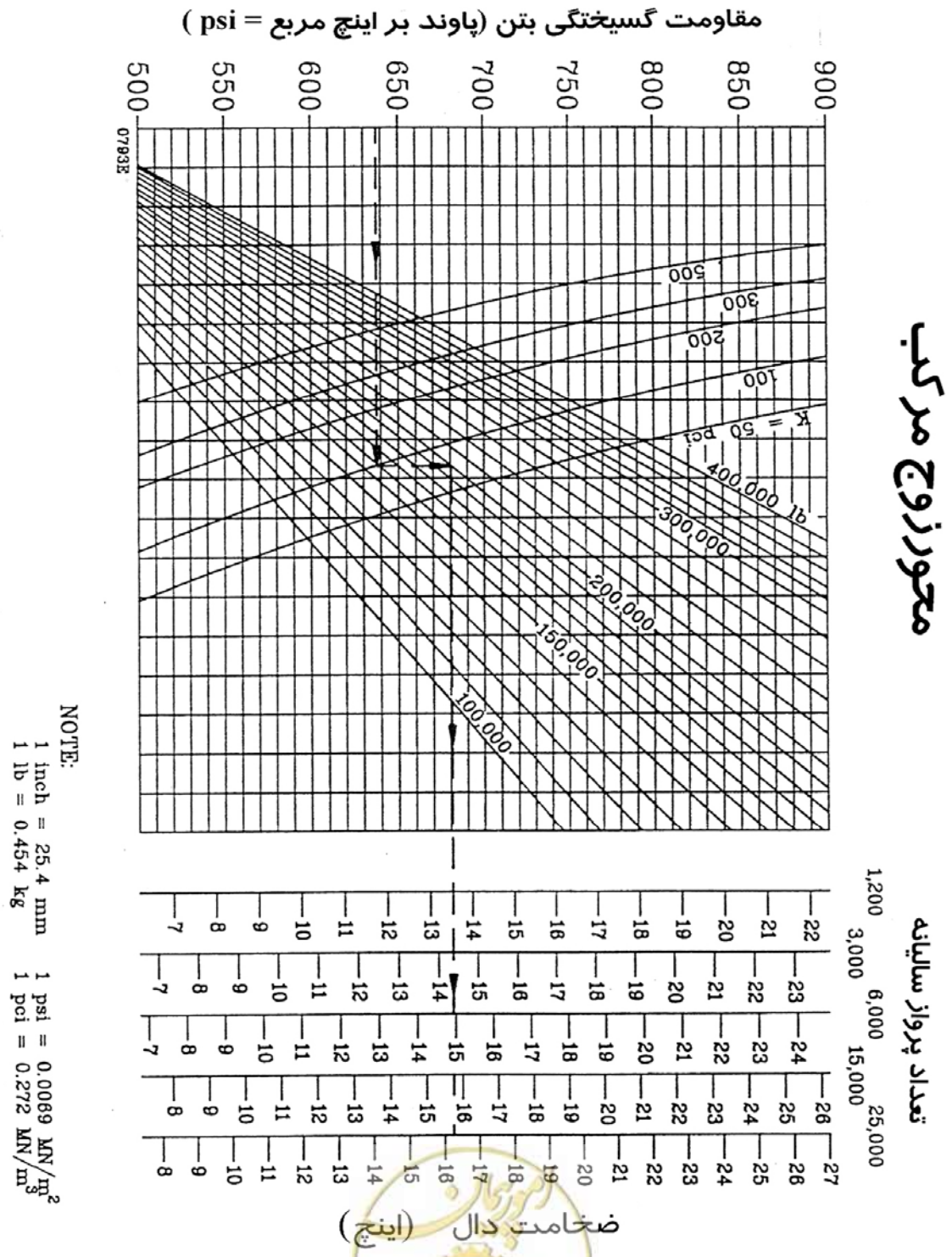
شکل (۳- ۱۸) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای چرخ تکی

omoorepeyman.ir



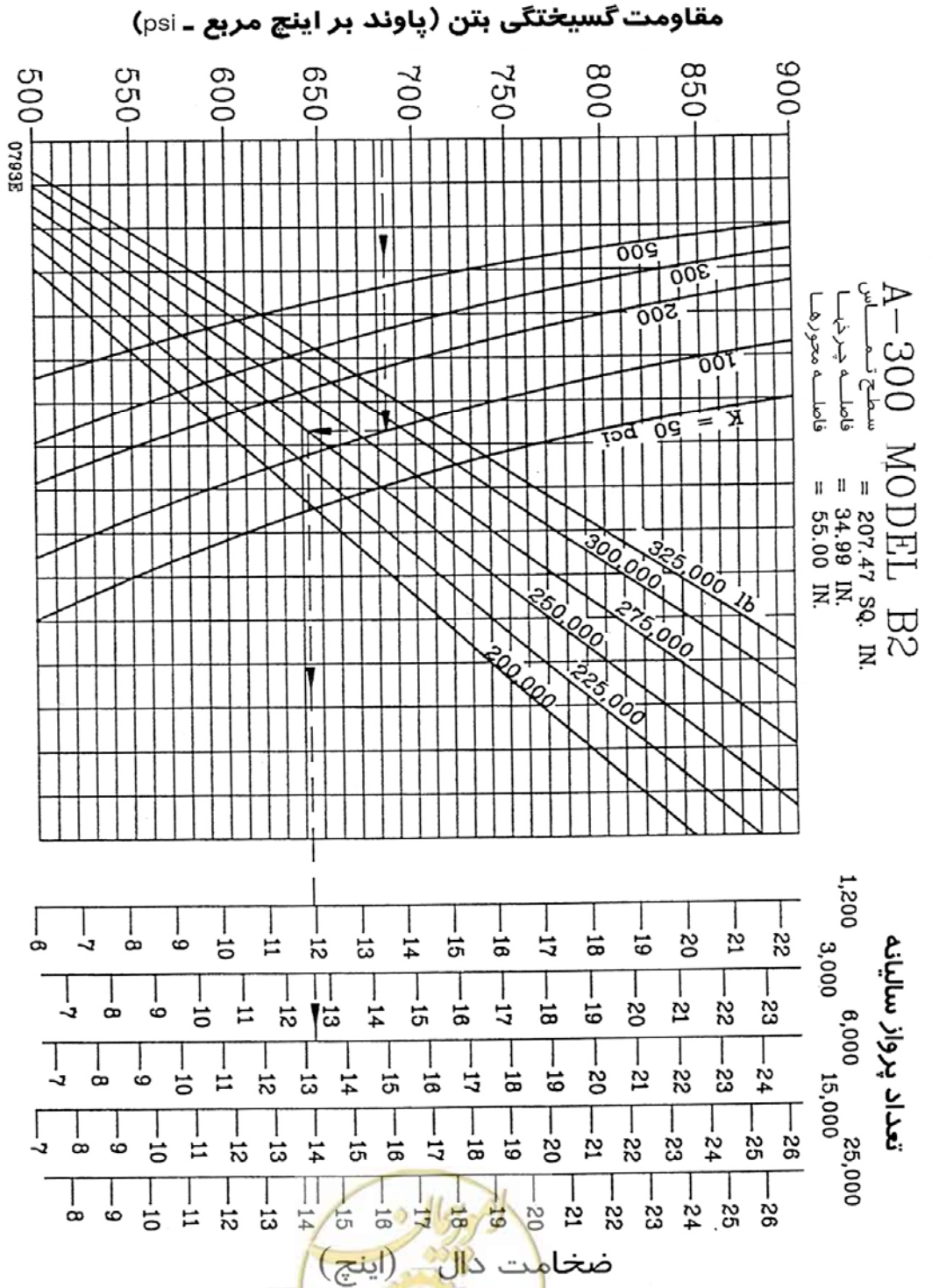
شکل (۳-۱۹) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای چرخهای زوج

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۲۰) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای چرخهای زوج مرکب

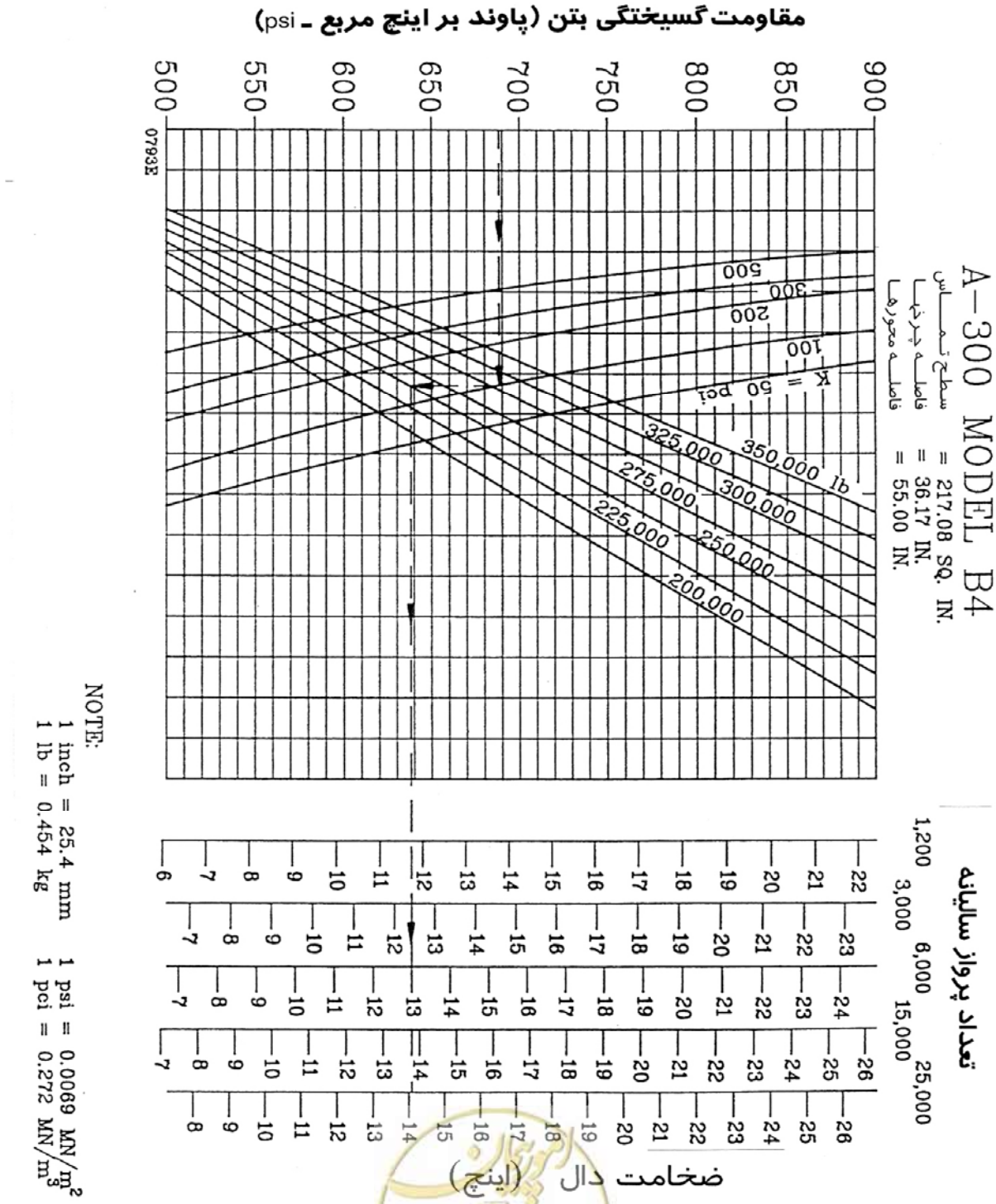
omoorepeyman.ir



NOTE:
1 inch = 25.4 mm
1 lb = 0.454 kg
1 psi = 0.0069 MN/m^2
1 pci = 0.272 MN/m^3

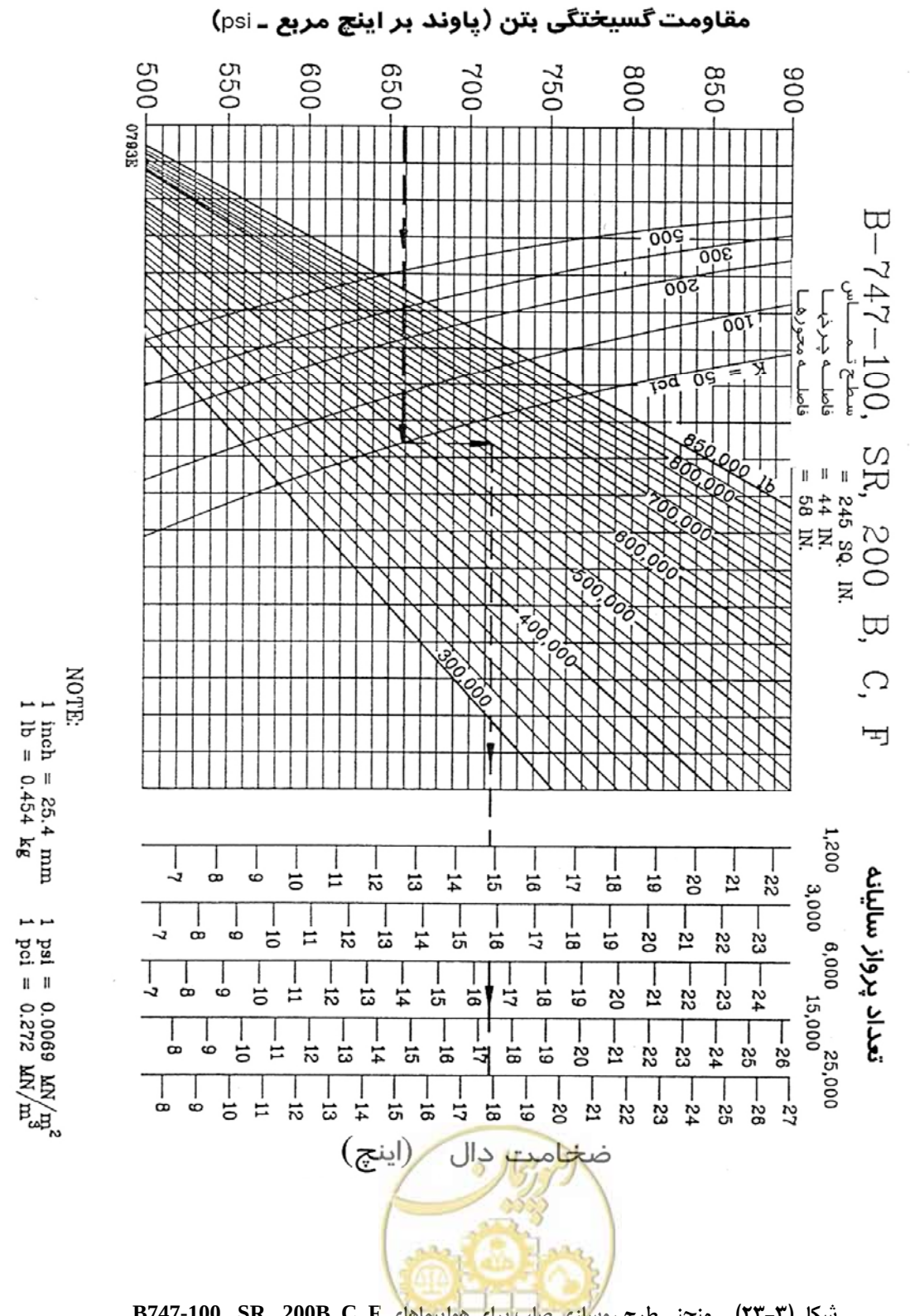
شکل (۳-۲۱) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B2

omoorepeyman.ir



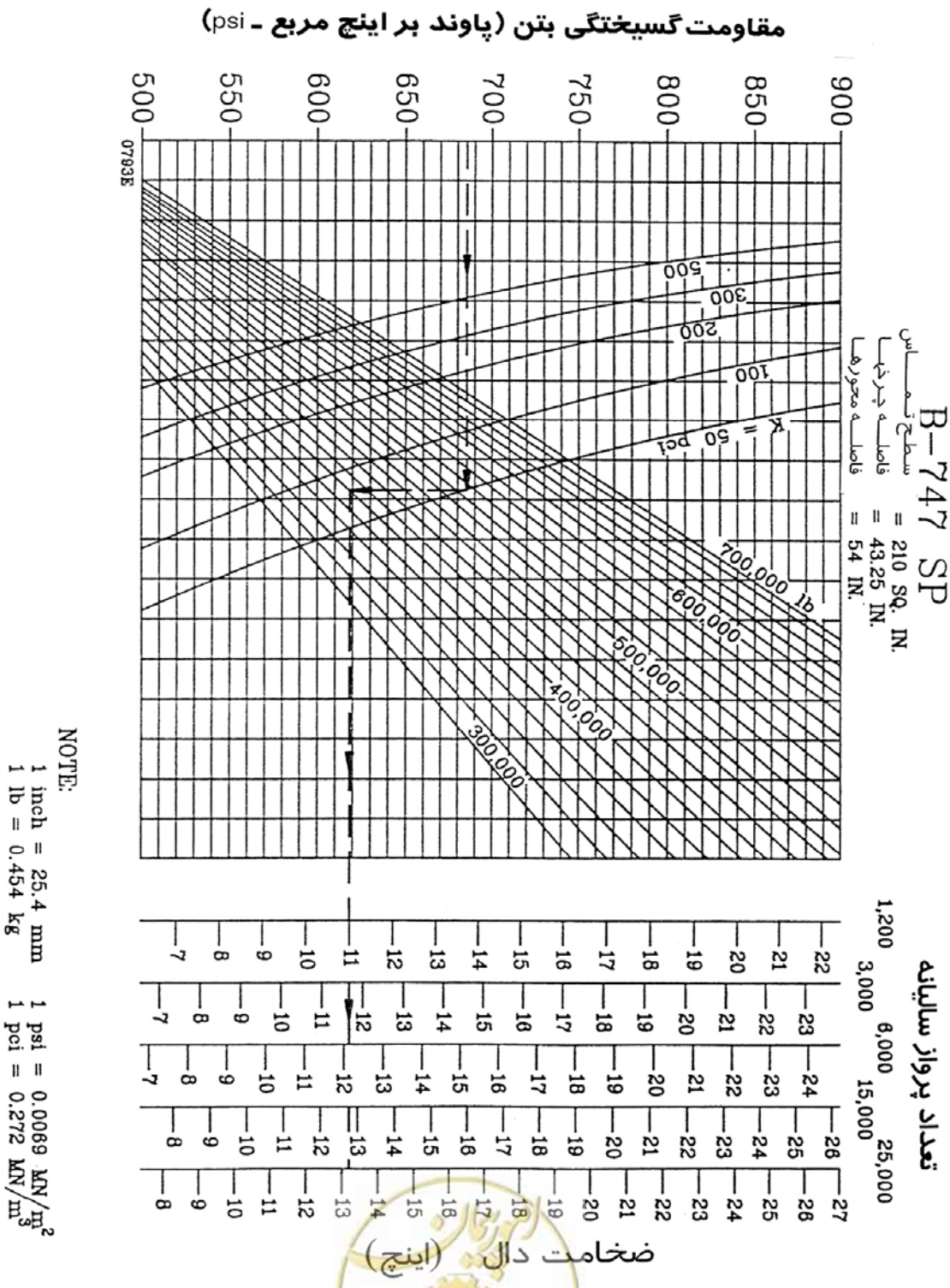
شکل (۳-۲۲) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B4

omoorepeyman.ir



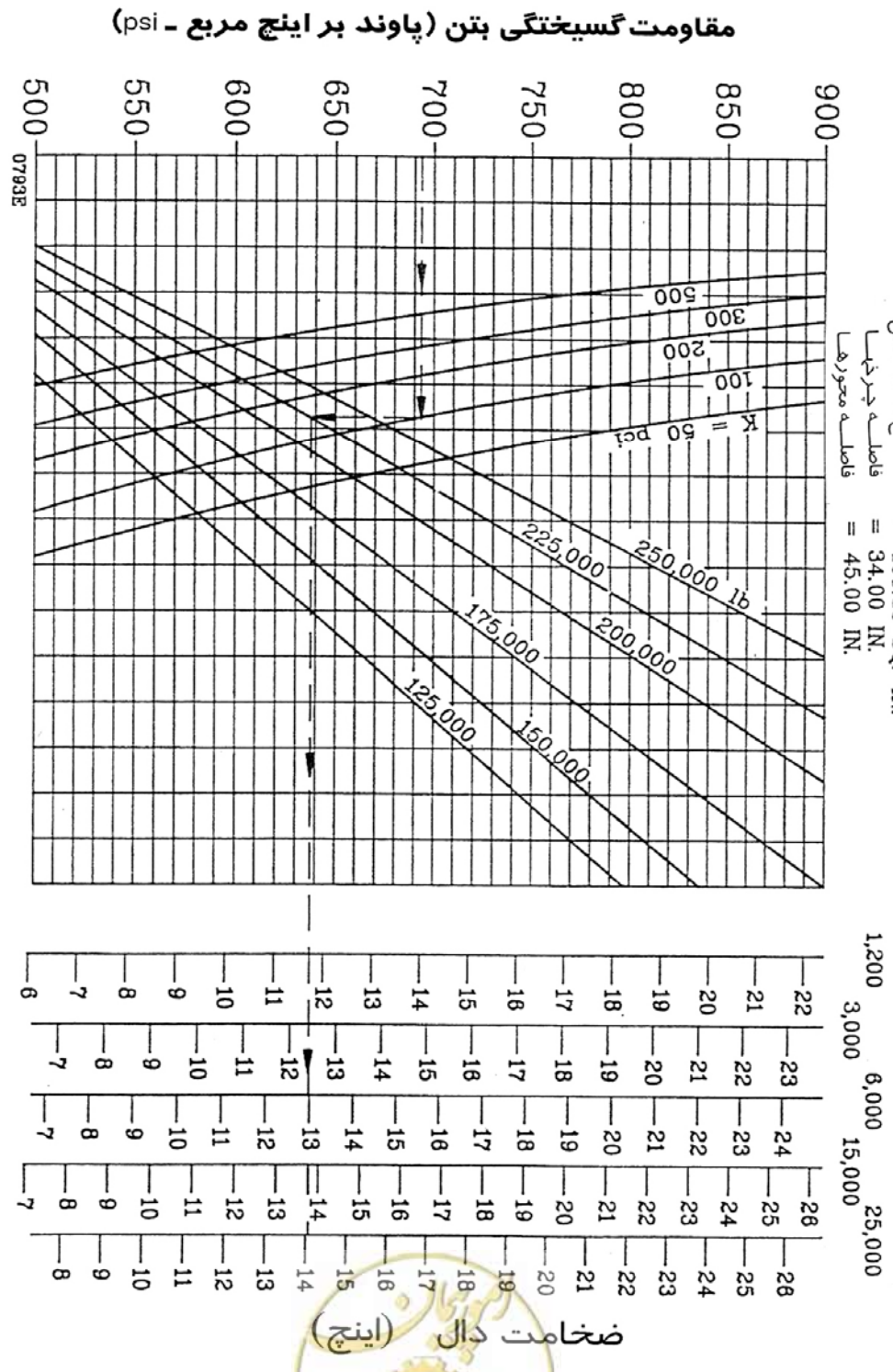
شکل (۳-۲۳) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای B747-100 , SR , 200B, C, F

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۲٤) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B747-SP

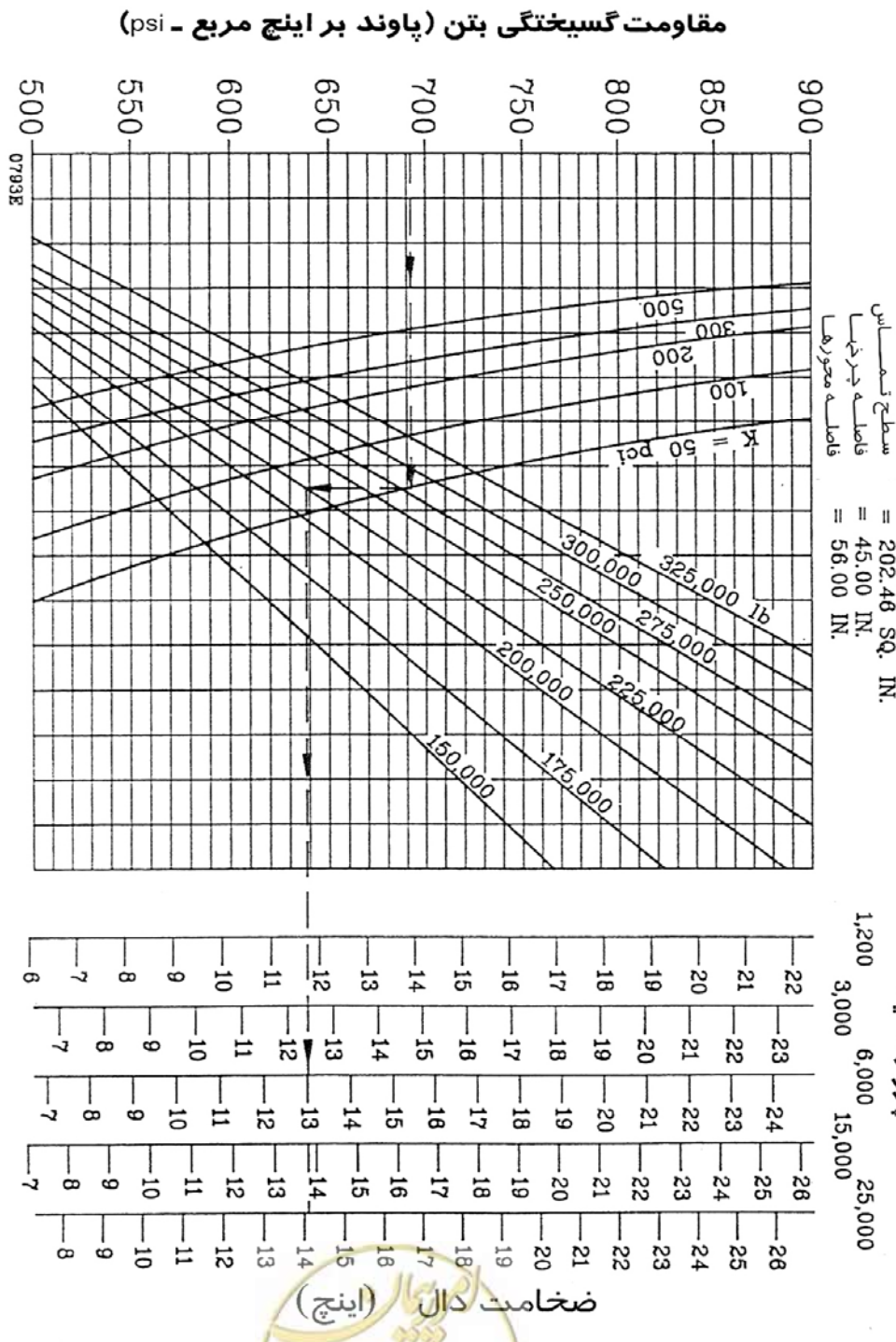
omoorepeyman.ir



NOTE:
1 inch = 25.4 mm
1 lb = 0.454 kg
1 psi = 0.0069 MN/m^2
1 pci = 0.272 MN/m^3

شکل (۳-۲۵) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B757

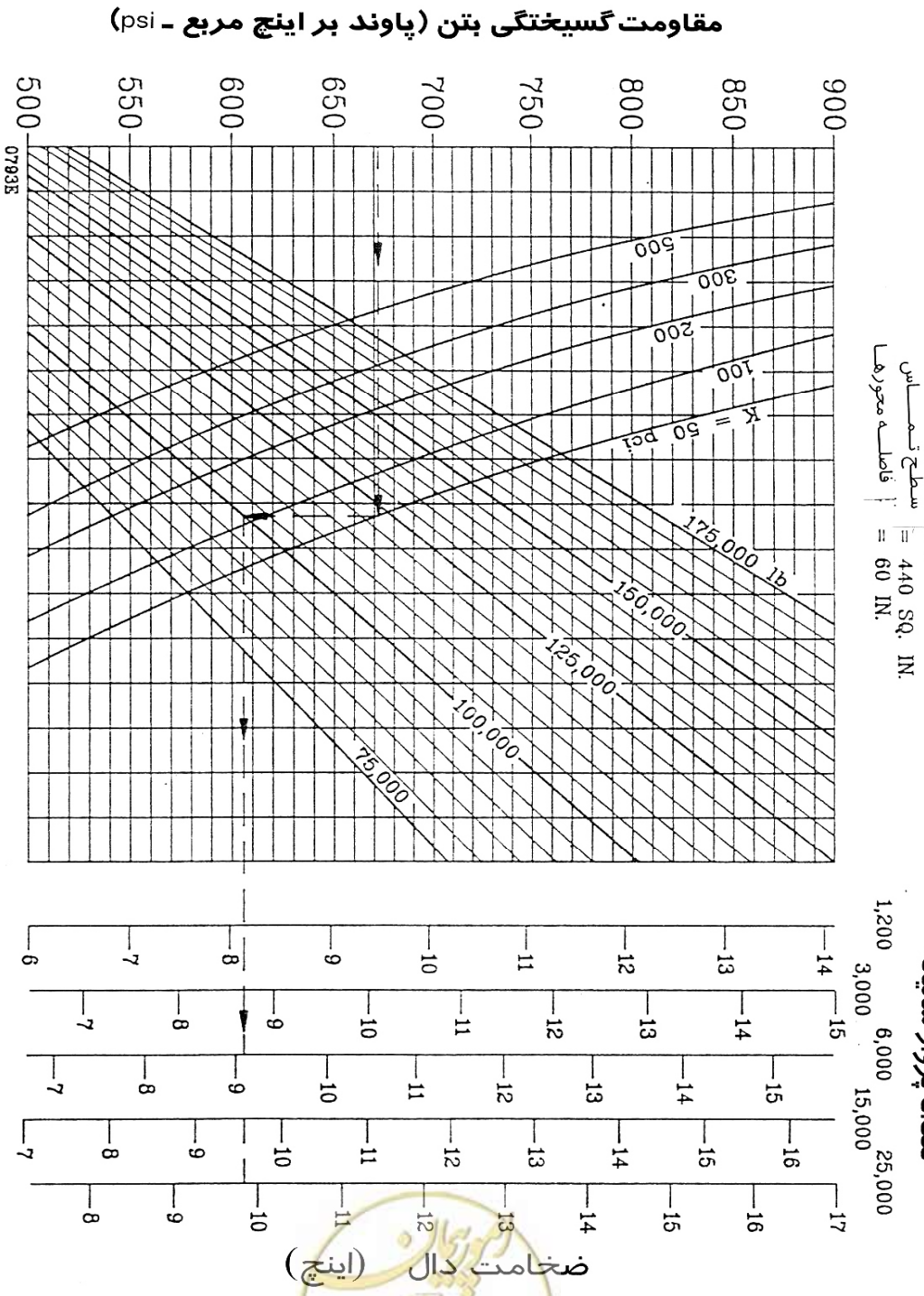
omoorepeyman.ir



NOTE:
1 inch = 25.4 mm
1 lb = 0.454 kg
1 psi = 0.0069 MN/m^2
1 pci = 0.272 MN/m^3

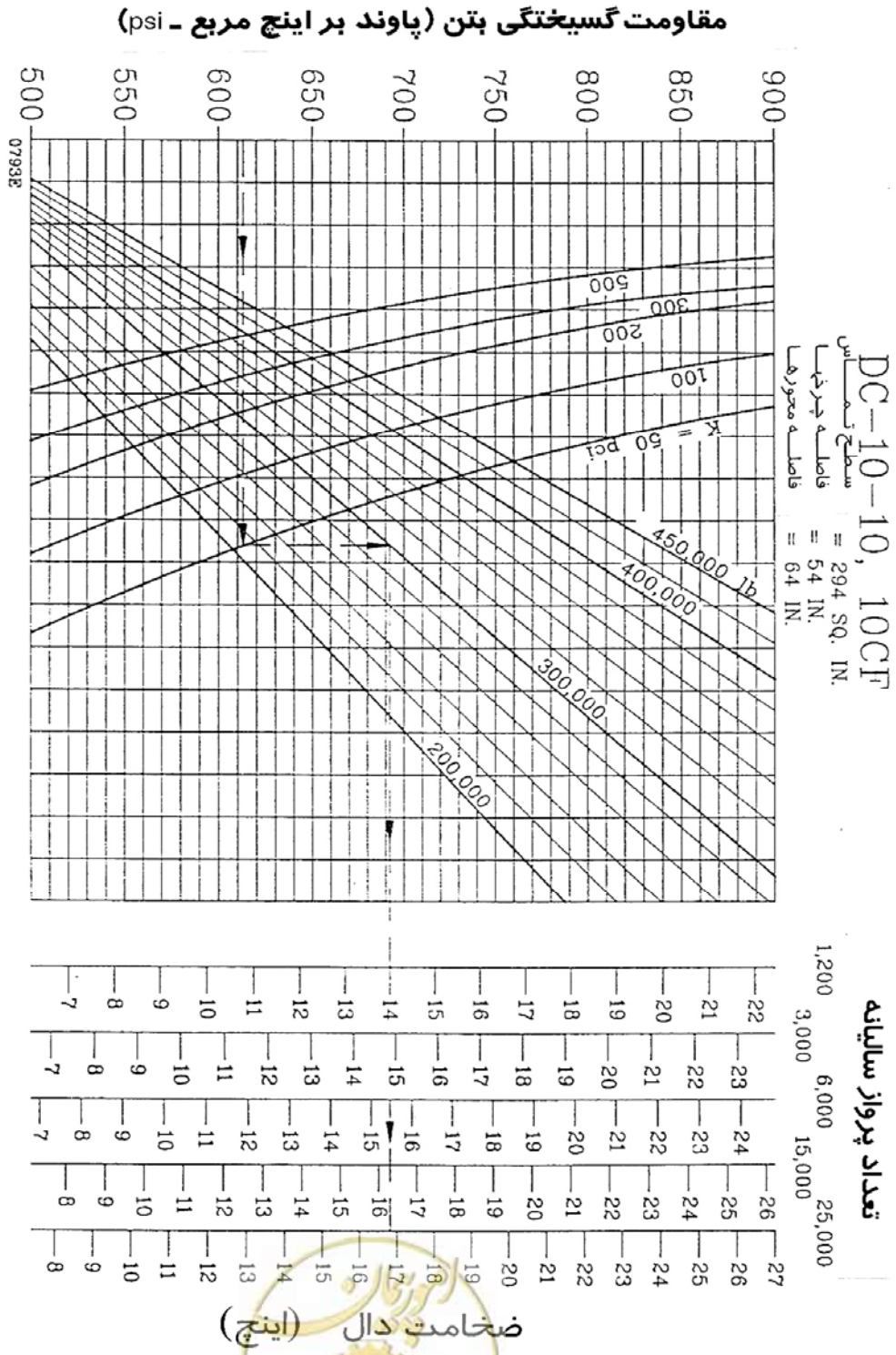
شکل (۳-۲٦) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B767

omoorepeyman.ir



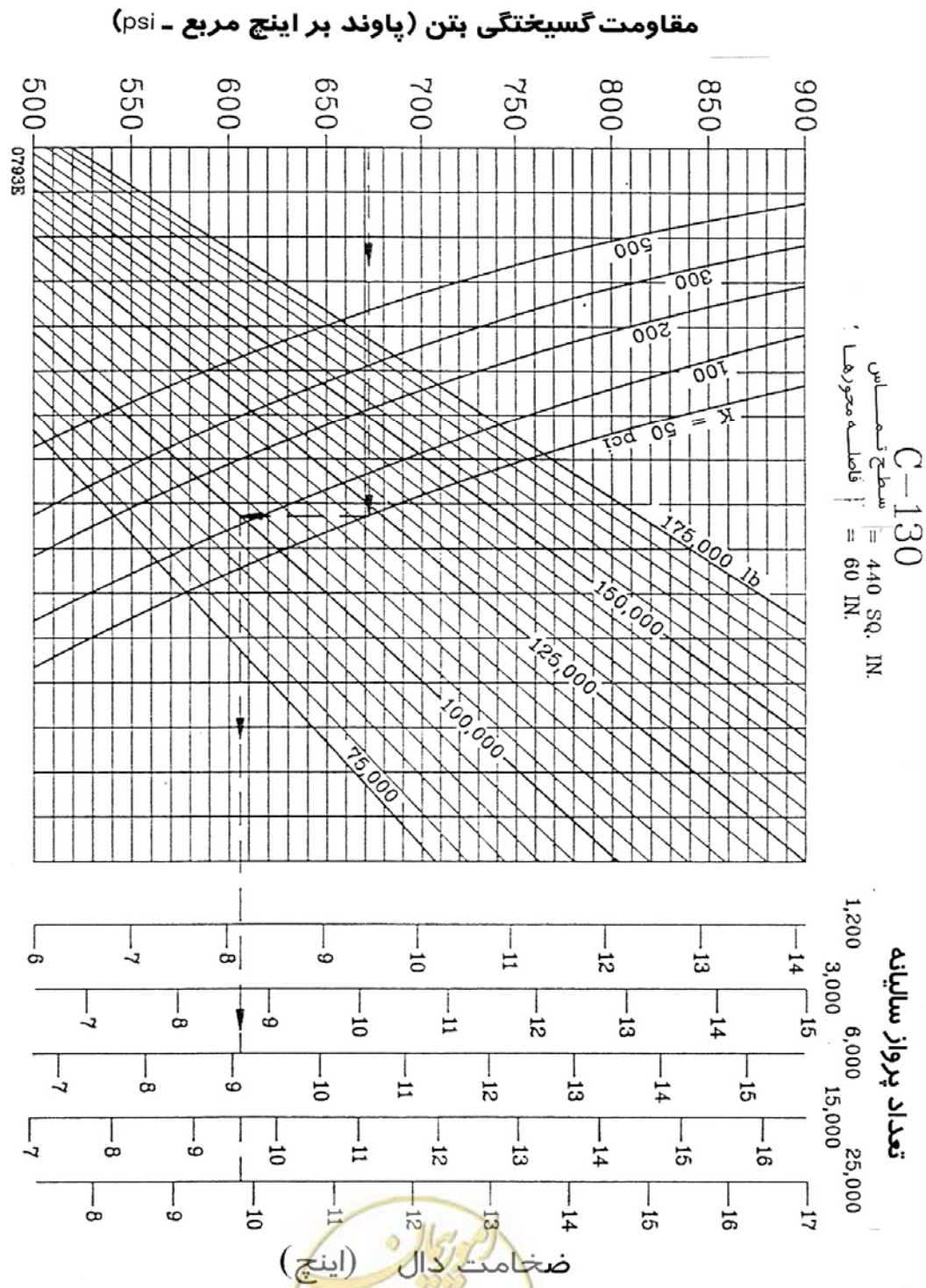
شکل (۳-۲۷) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیمای C-130

omoorepeyman.ir



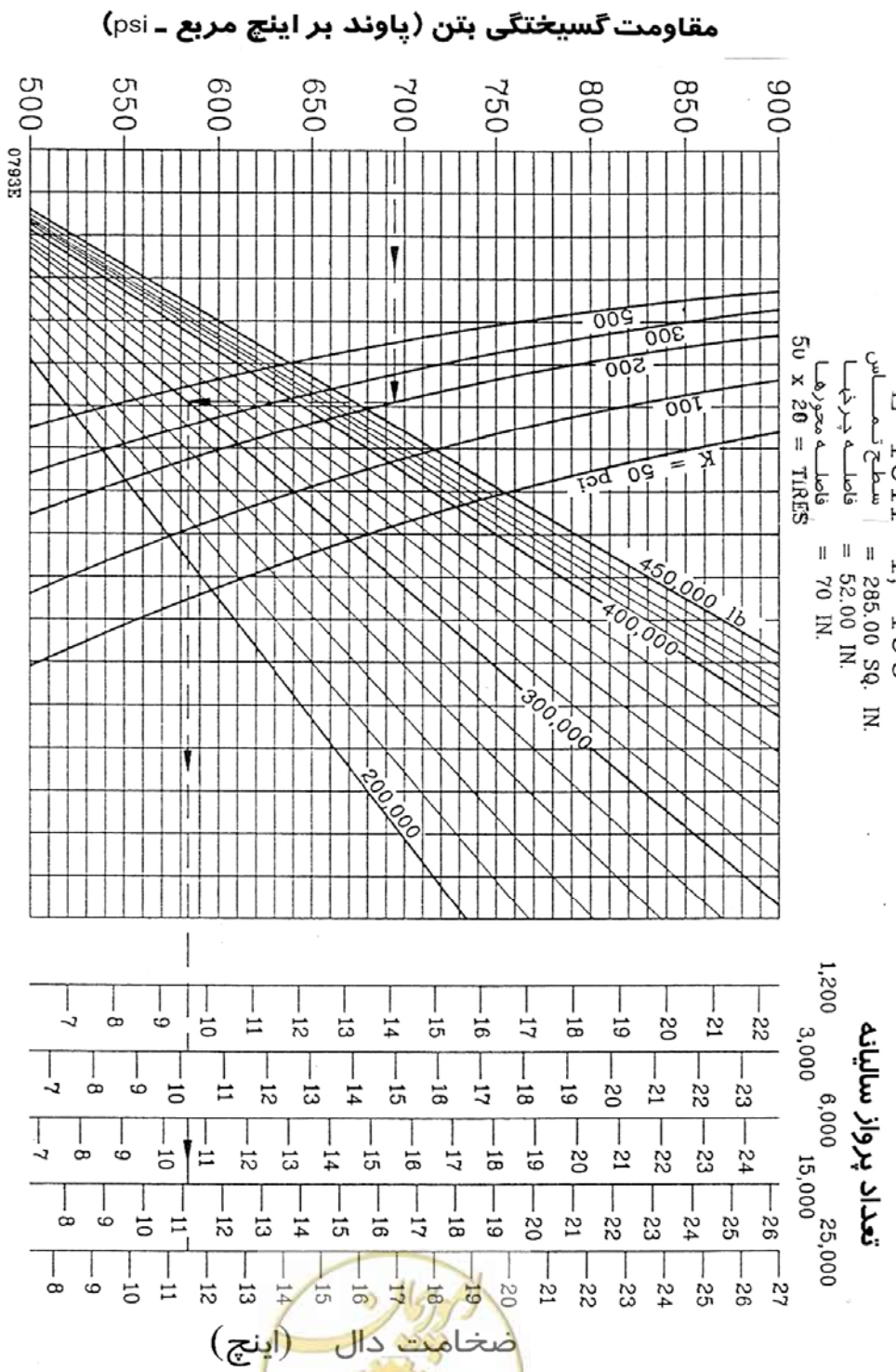
شکل (۳-۲۸) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-1, 10CF

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۲۹) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-30, 30CF, 40, 40CF

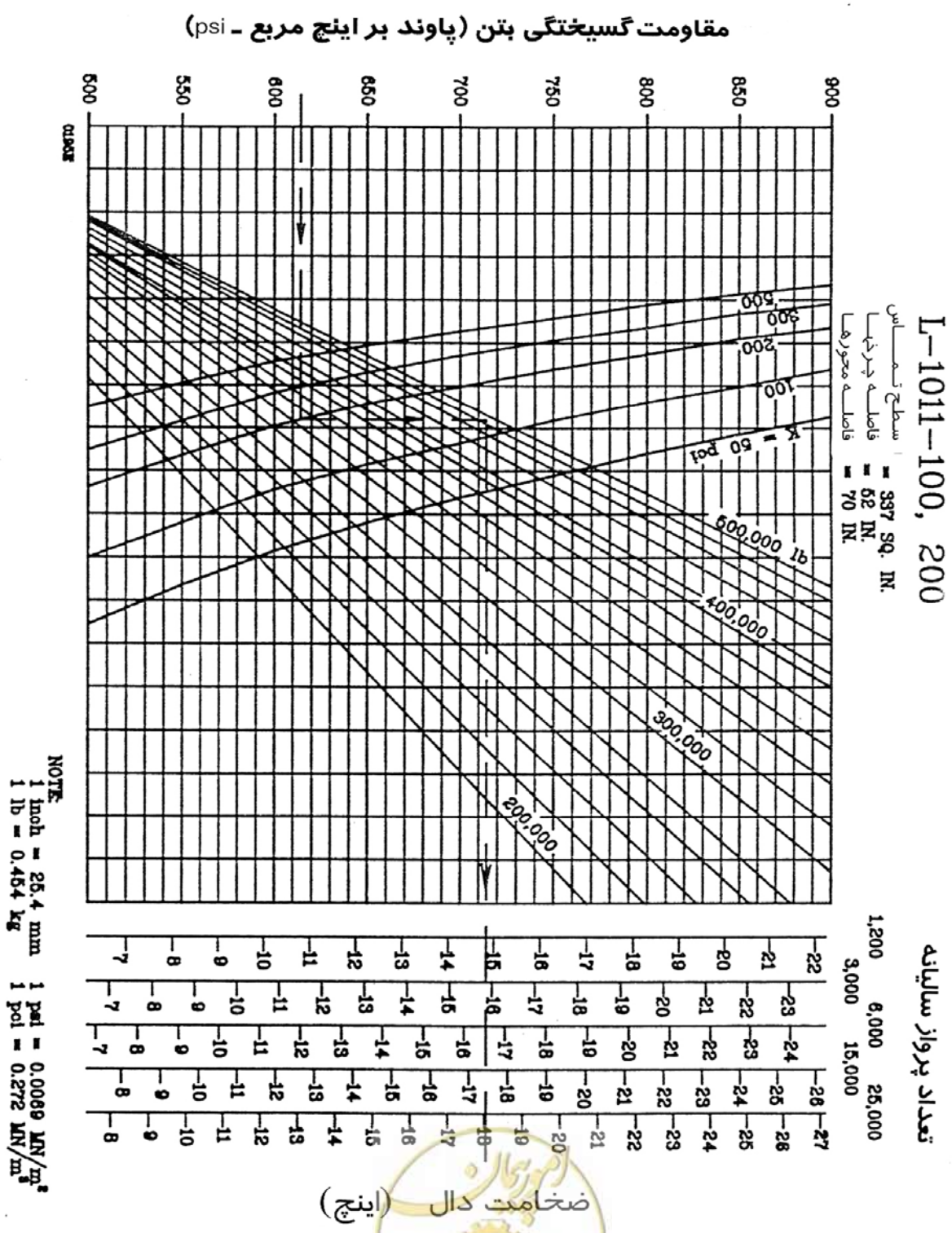
omoorepeyman.ir



NOTE:
1 inch = 25.4 mm
1 lb = 0.454 kg
1 psi = 0.0069 MN/m^2
1 pci = 0.272 MN/m^3

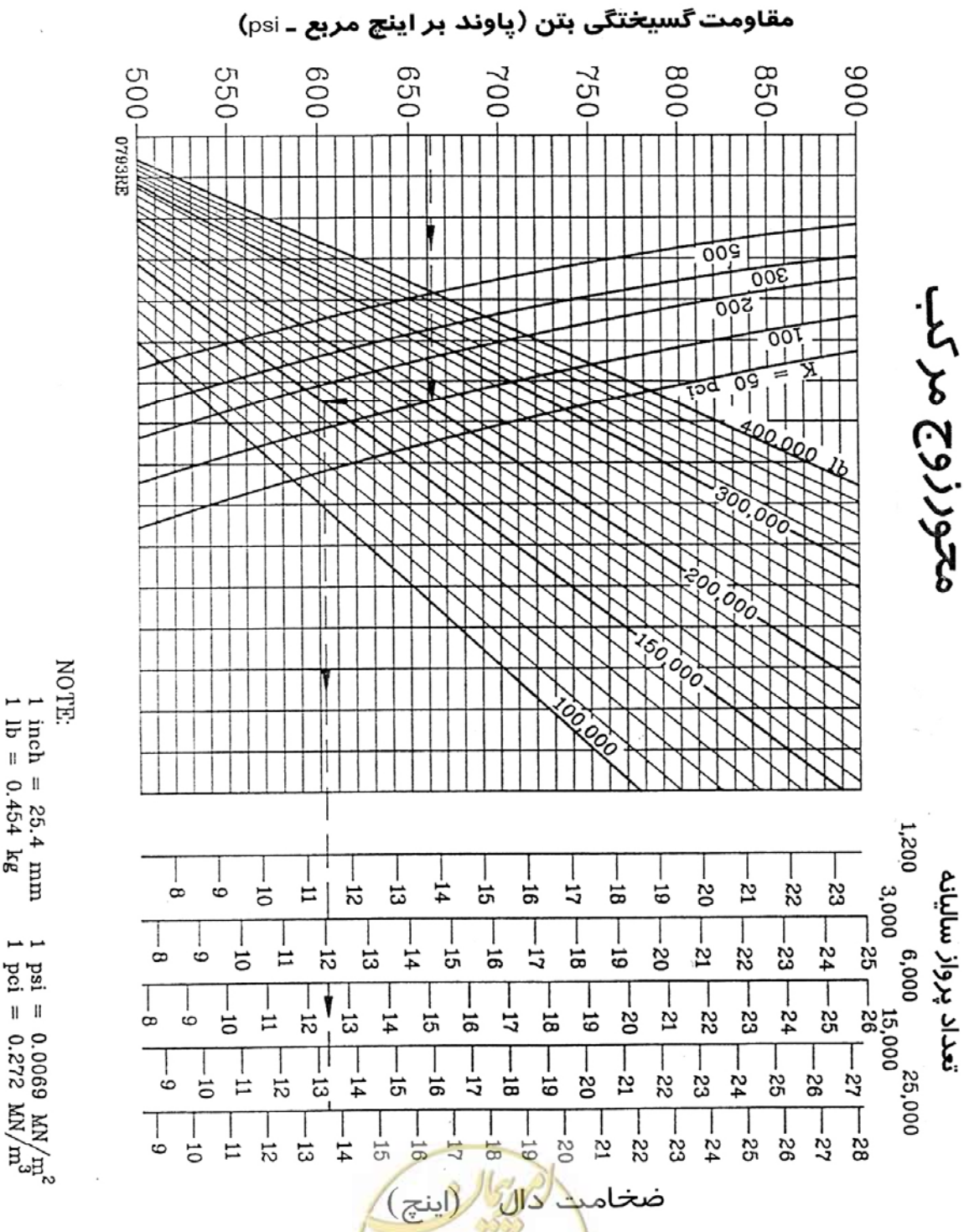
شکل (۳-۳۰) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-1 , 100

omoorepeyman.ir



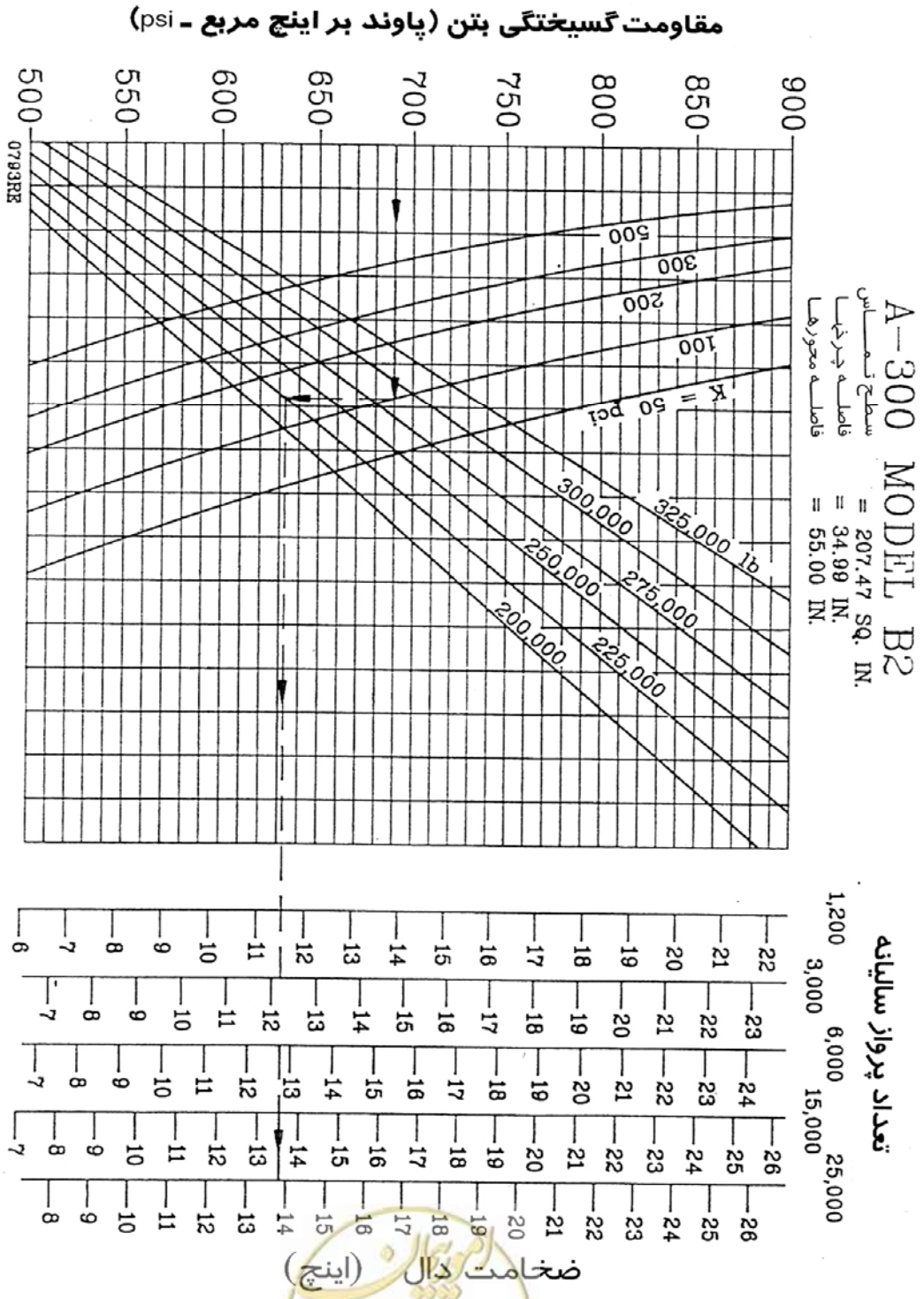
شکل (۳-۳۱) ـ منحنی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-100 , 200

omoorepeyman.ir



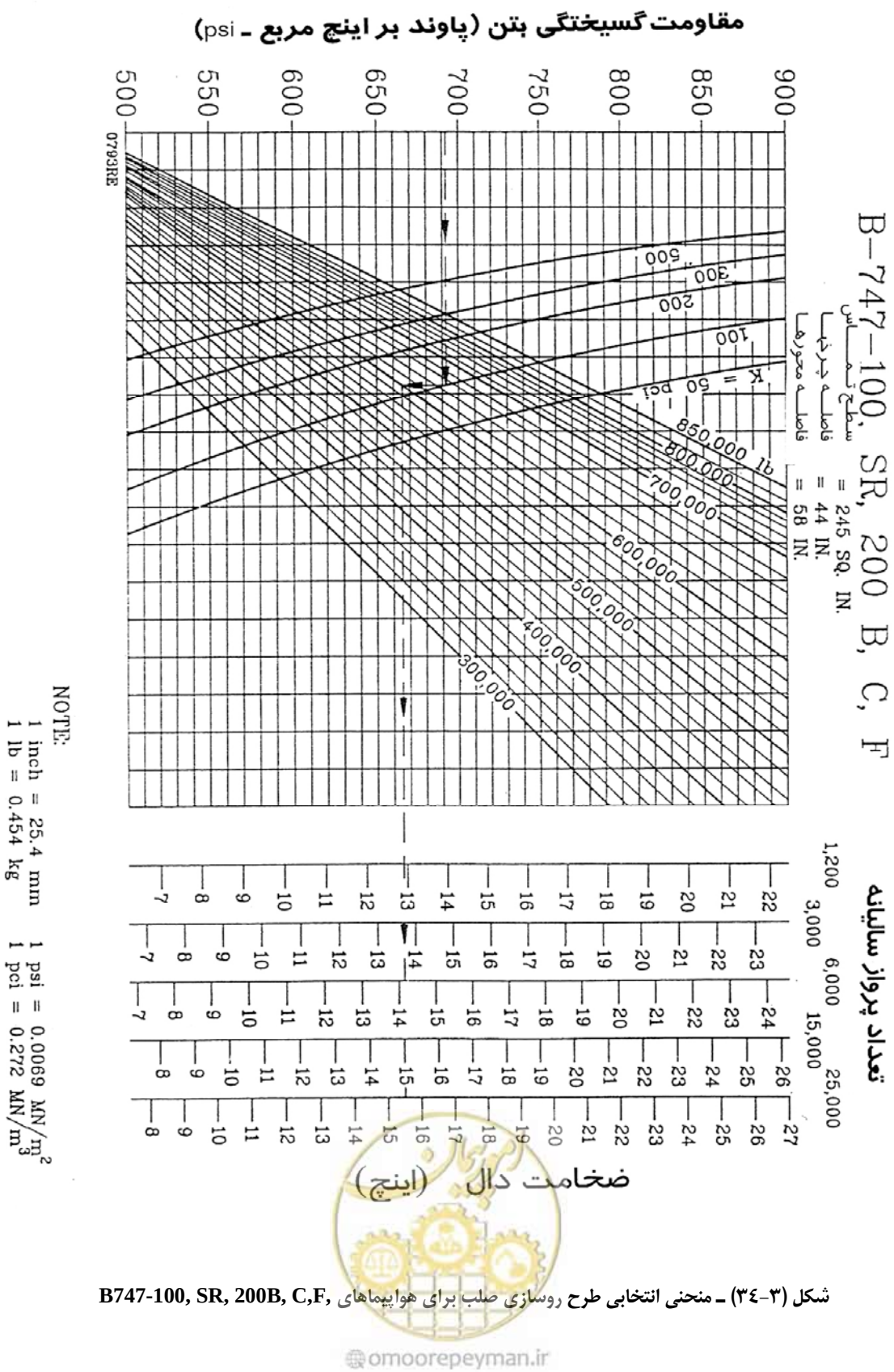
شکل (۳-۳۲) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای چرخهای زوج مرکب

omoorepeyman.ir



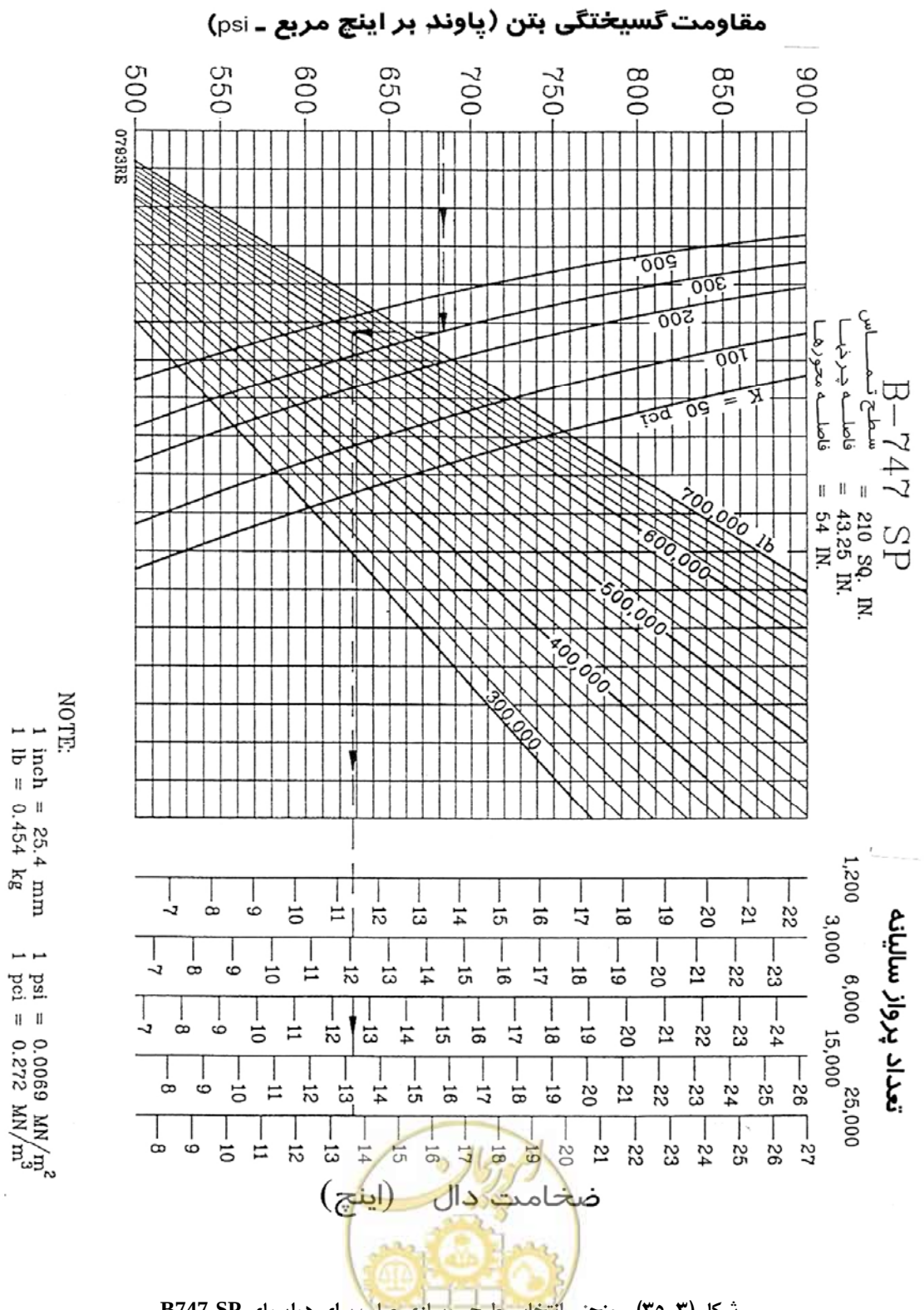
شکل (۳-۳۳) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B2

omoorepeyman.ir



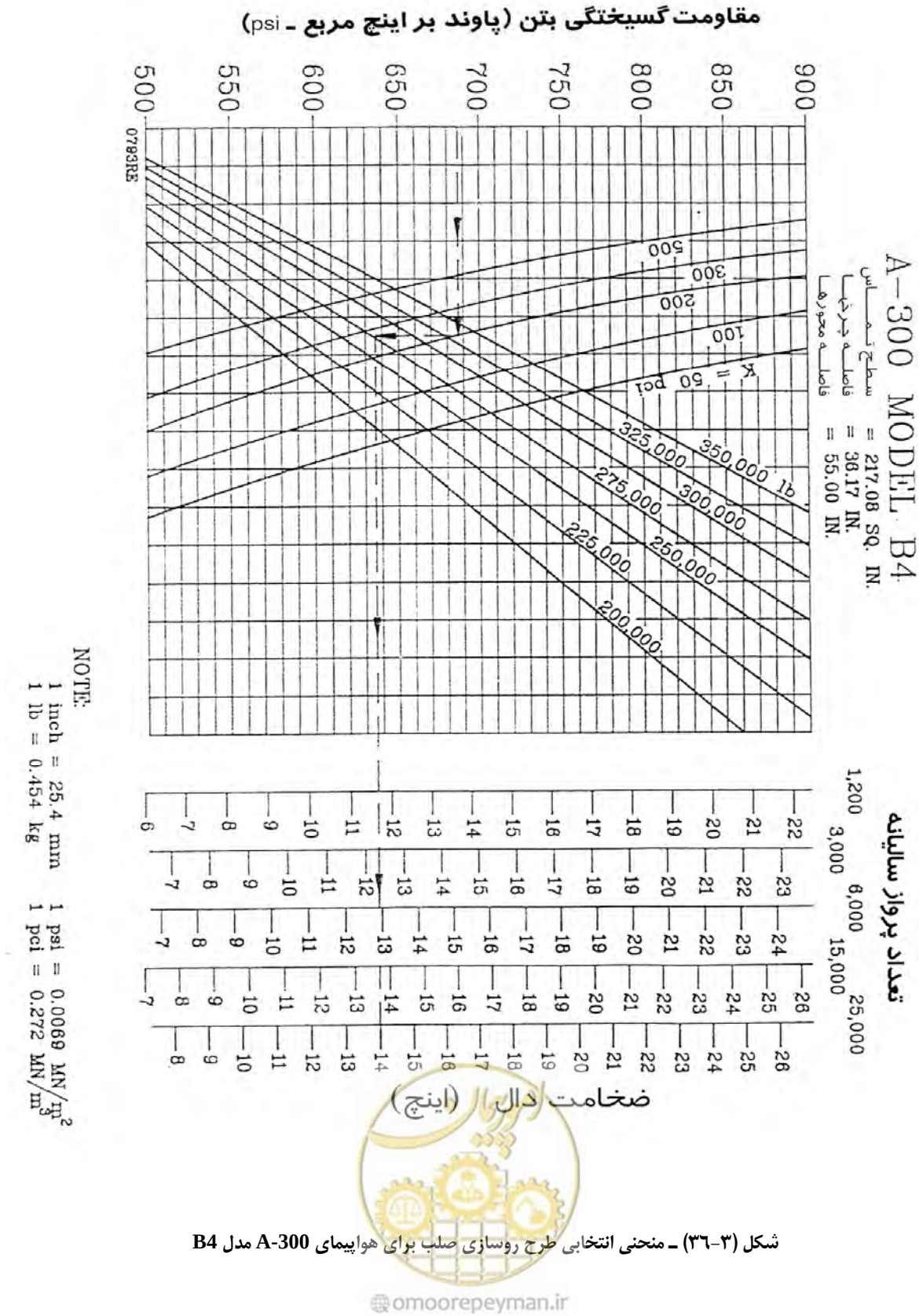
شکل (۳-۳٤) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای B747-100, SR, 200B, C,F,

omoorepeyman.ir



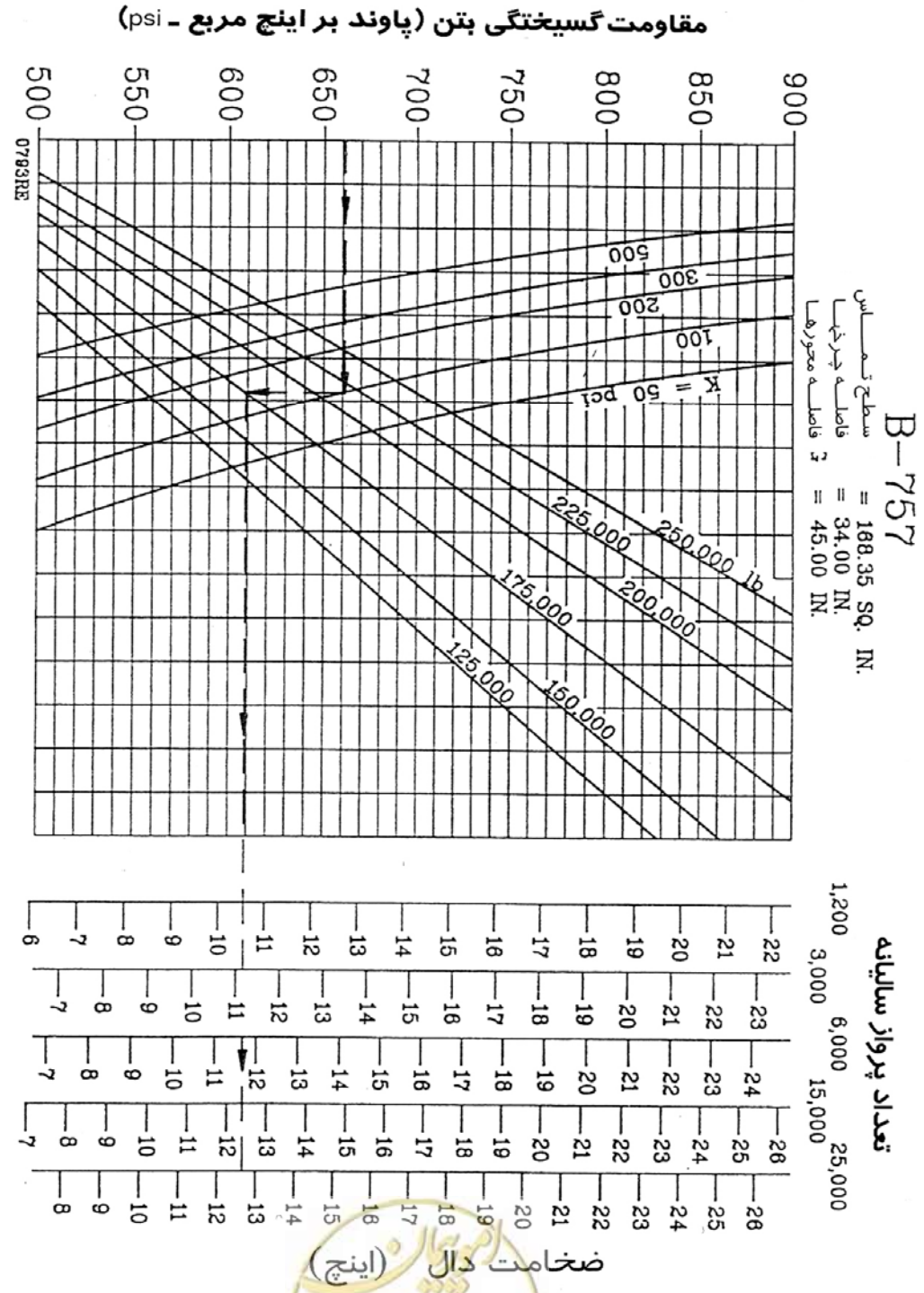
شکل (۳-۳۵) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B747-SP

omoorepeyman.ir



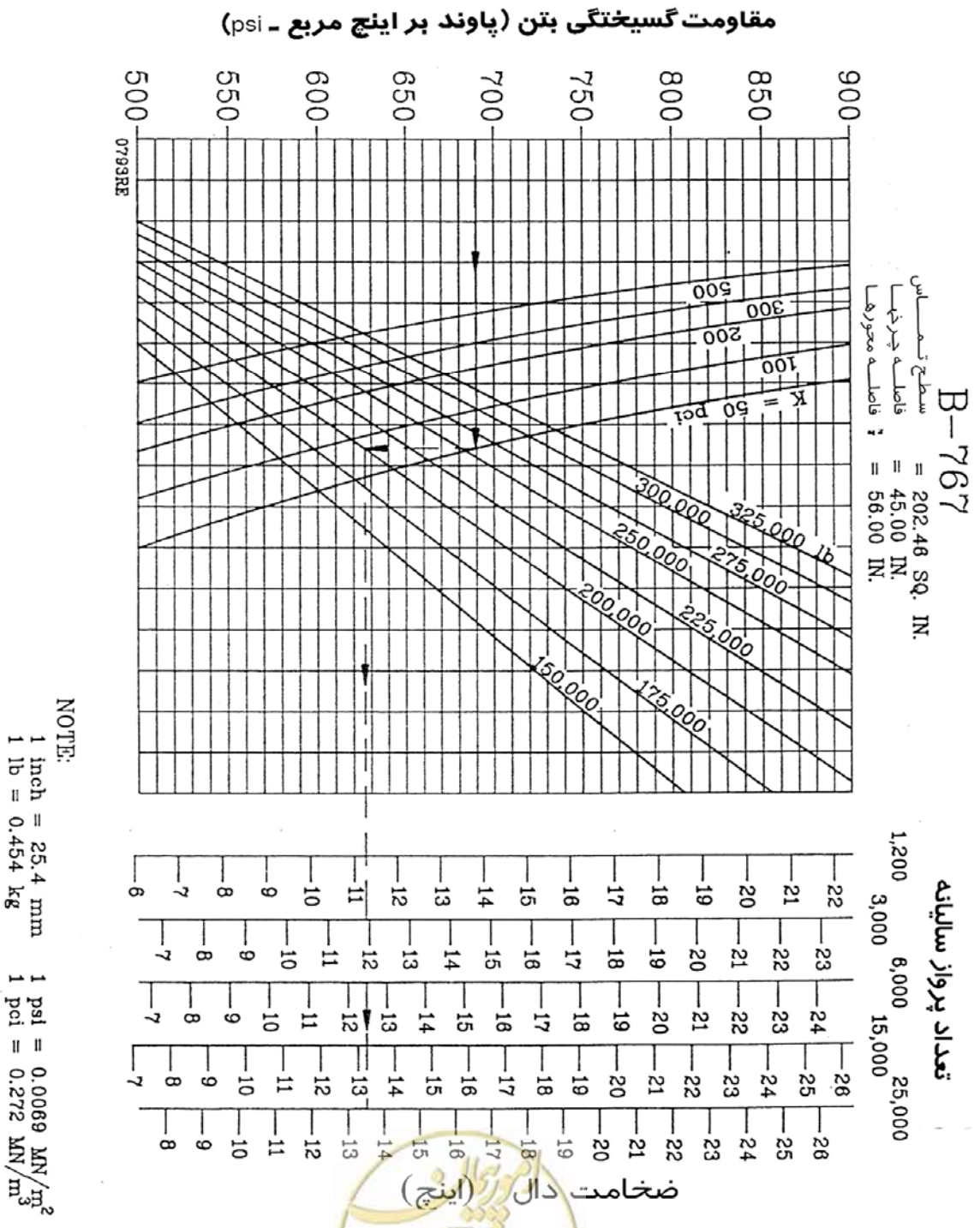
شکل (۳-۳۶) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای A-300 مدل B4

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۳۷) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B757

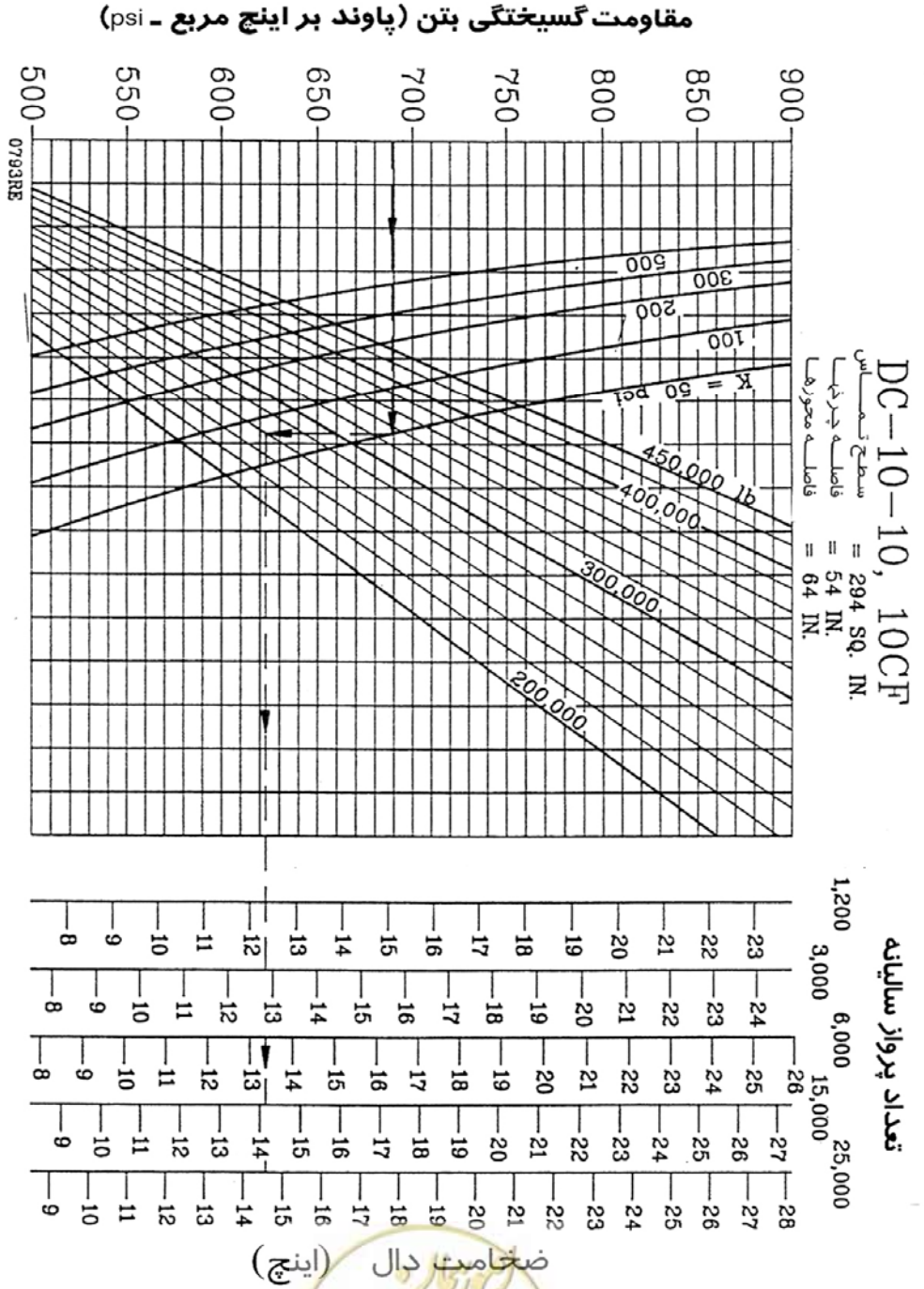
omoorepeyman.ir



NOTE:
1 inch = 25.4 mm
1 lb = 0.454 kg
1 psi = 0.0069 MN/m^2
1 pci = 0.272 MN/m^3

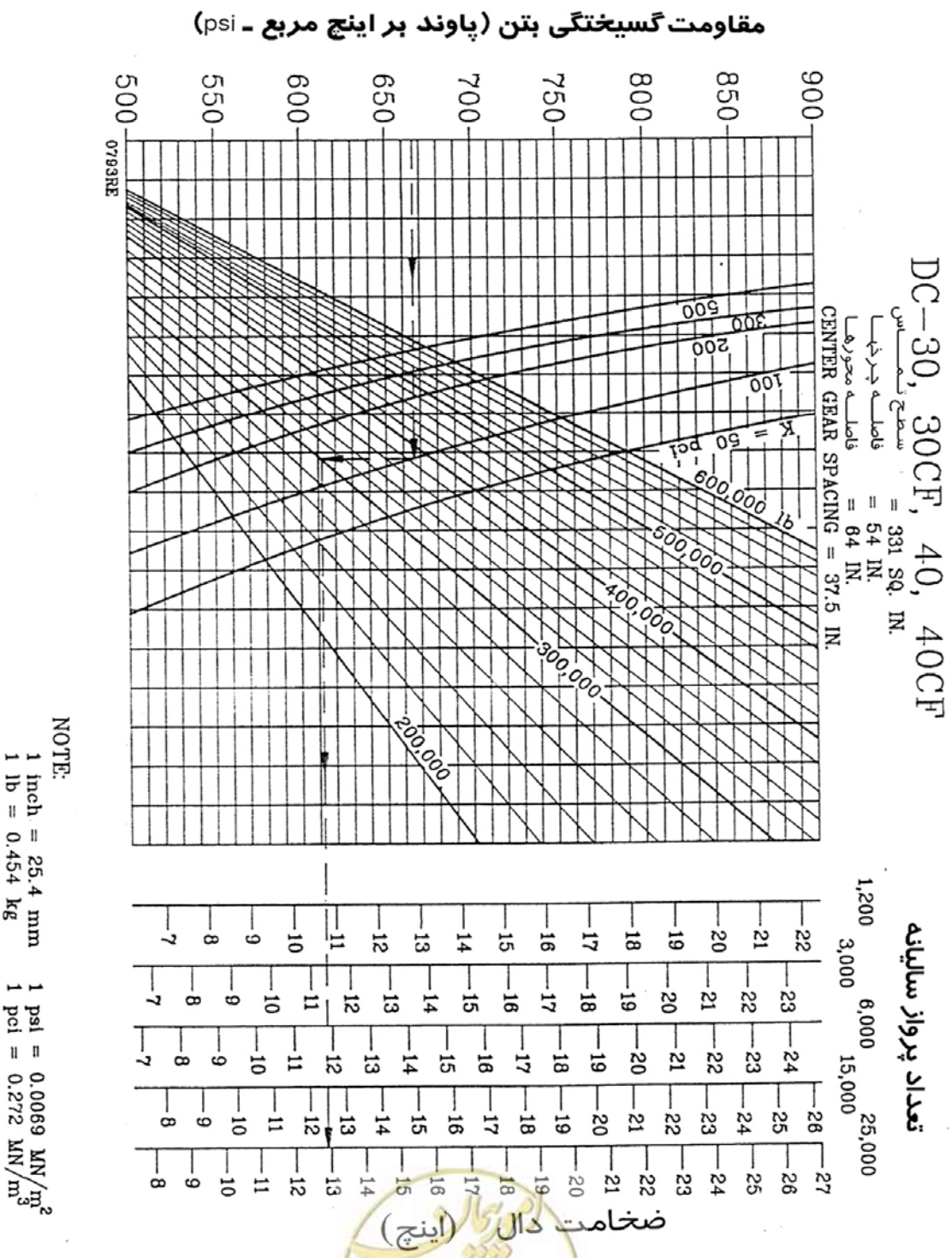
شکل (۳-۳۸) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیمای B767

omoorepeyman.ir



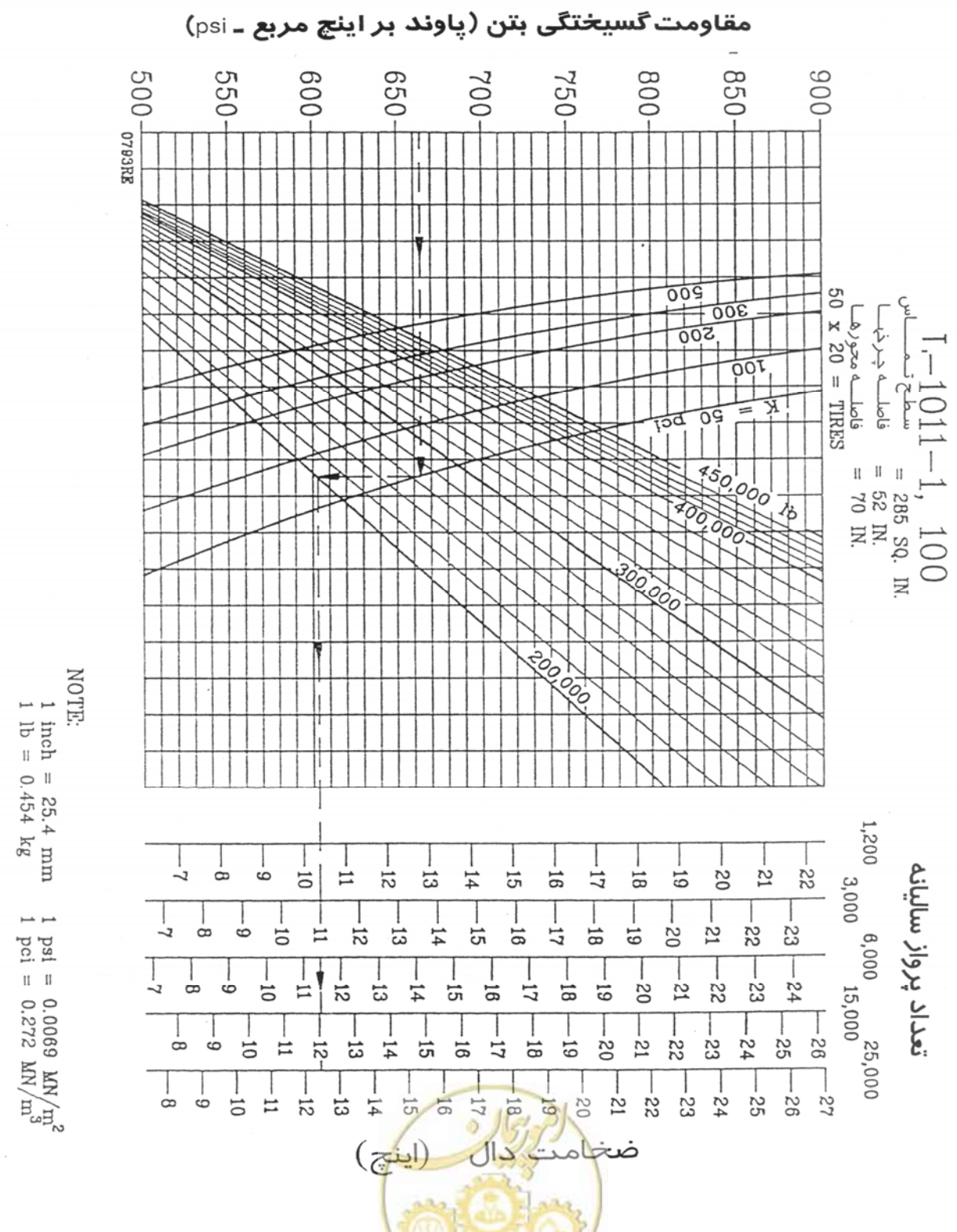
شکل (۳-۳۹) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-10, 10CF

omoorepeyman.ir



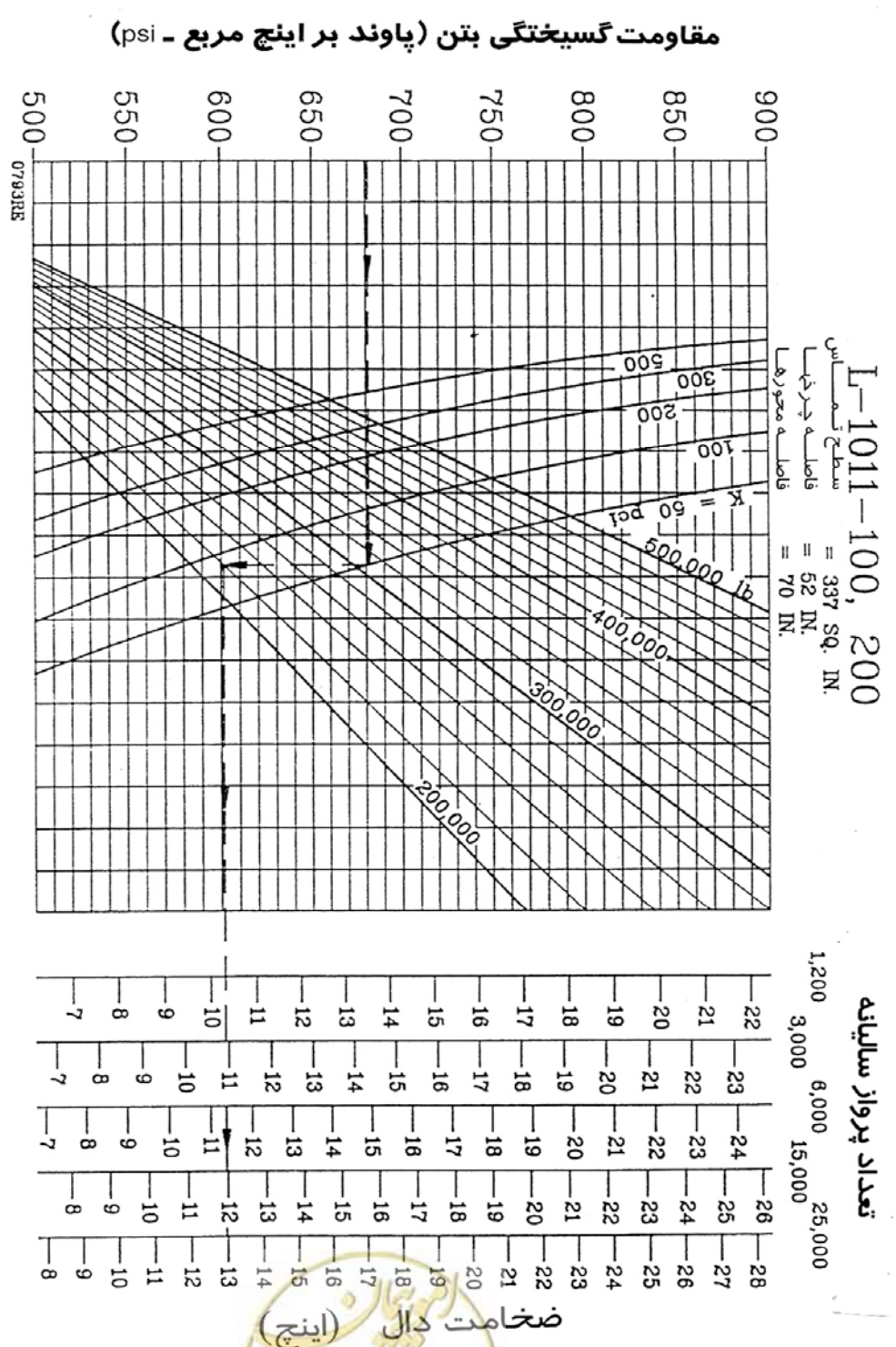
شکل (۳-۴۰) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای DC10-30, 30CF, 40, 40CF

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۴۱) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-100, 100

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۴۲) ـ منحنی انتخابی طرح روسازی صلب برای هواپیماهای L1011-100, 200

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۱۱ ـ مناطق بحرانی و غیر بحرانی

در منحنی‌های طرح ارائه شده ضخامت بدست آمده از منحنی‌ها معادل ضخامت مناطق بحرانی می‌باشد (T). برای مناطق غیر بحرانی ضخامت ۰/۹T برای دال اعمال می‌گردد. برای سطوح انتقال و مناطق کاهش ضخامت روسازی، تغییرات در ضخامت دال بتنی صورت خواهد گرفت. در مناطقی که ضخامت دال بتنی متغیر است، ضخامت زیراساس باید بگونه‌ای باشد که زهکشی سطح بستر را بخوبی انجام دهد.

۳ ـ ۱۲ ـ درزبندی در روسازیهای بتنی

تغییرات درجه حرارت و رطوبت باعث تغییرات حجمی در دالها و در نتیجه باعث جمع‌شدگی بعلت وجود تنشهای کنترل نشده می‌گردد. بمنظور کاهش تاثیرات این تنشها و حداقل نمودن ترکها، لازم است روسازی بتنی به قطعات جداگانه بصورت دالهای مجزا با درزبندی مشخصی تبدیل گردد. این دالهای مجزا در حالتی که فولاد گذاری نشده، بایستی حتی‌الامکان بصورت مربع شکل باشند.

۳ ـ ۱۲ ـ ۱ ـ طبقه بندی درزها

درزهای روسازی براساس رفتار و عملکردشان دسته‌بندی می‌شوند. این طبقه‌بندی عبارت است از درزهای انبساط، درزهای انقباض و درزهای ساخت. تمامی درزها بدون توجه به نوعشان بایستی عایق‌بندی شوند. جزئیات درز روسازی در شکل (۳ ـ ۴۲) بطور خلاصه نشان داده شده است. درزهای گوناگون بشرح ذیل توضیح داده می‌شوند.

الف ـ درزهای انبساط: عملکرد درزهای انبساط جداسازی قطعات بتنی روسازی می‌باشد. انواع درزهای انبساطی بشرح ذیل می‌باشند:

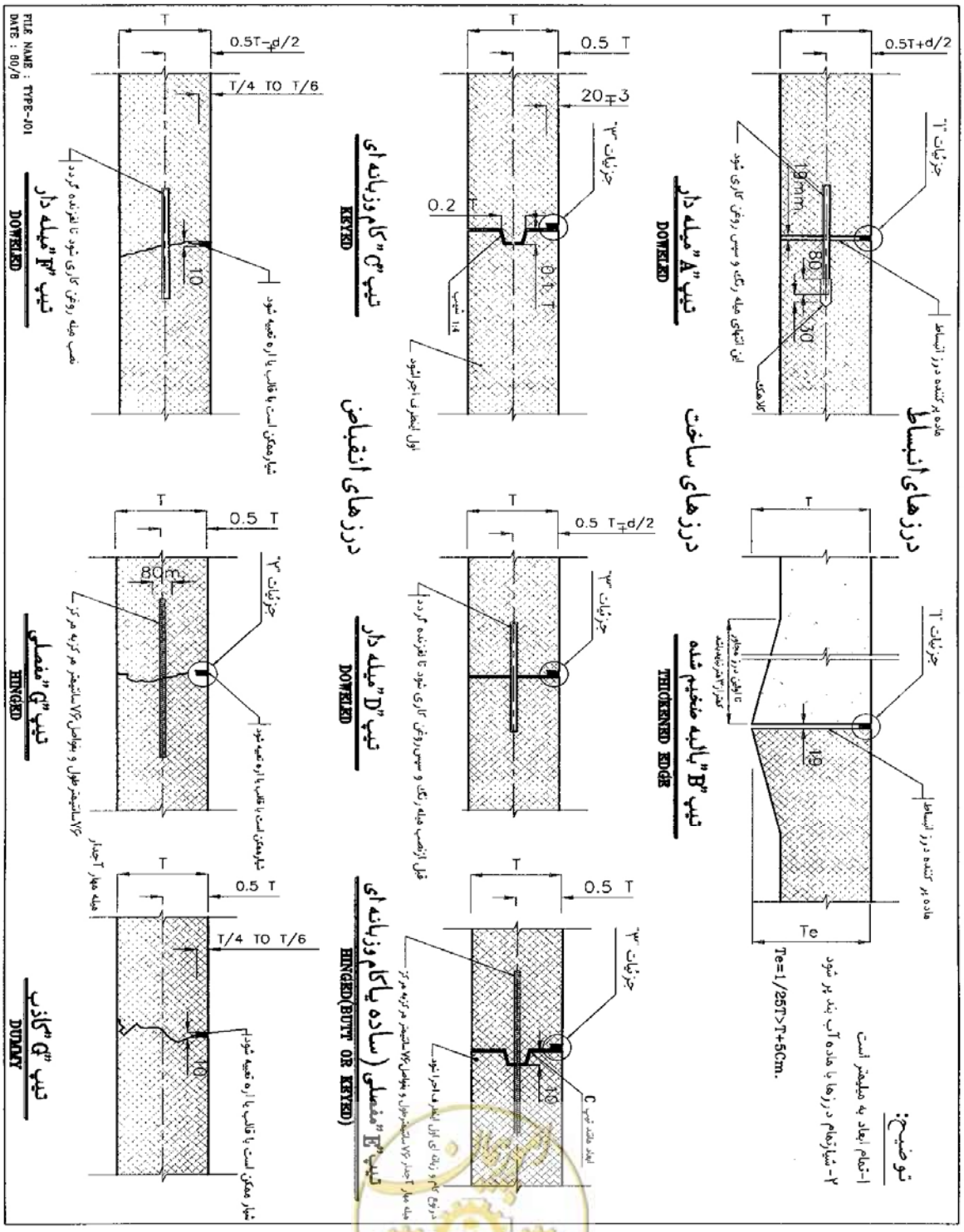
الف ـ ۱ ـ نوع A: این نوع هنگامی استفاده می‌شود که بار انتقالی در لبه درز مؤثر باشد و در محل تقاطع‌ها برای مجزا نمودن تقاطع از بقیه قسمتها استفاده می‌شود. عرض این نوع درز ۱۹ میلیمتر است که با مواد پرکننده این فاصله پر می‌شود و برای انتقال نیرو از داول در این وضعیت استفاده می‌شود.

الف ـ ۲ ـ نوع B: این نمونه موقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که انتقال بار در لبه درزها وجود نداشته باشد. بطوری که روسازی دارای حرکتهای مختلف افقی باشد. این درزها با افزایش ضخامت لبه دالها در محل درزها ایجاد می‌گردد و در این حالت از داول استفاده نمی‌شود.

ب ـ درزهای انقباض: عملکرد درزهای انقباضی کنترل ترکهای ایجاد شده در روسازی بر اثر انقباض روسازی بدلیل کاهش رطوبت و یا افت درجه حرارت است. جزئیات این درزها در انواع F و G و H در شکل (۳ ـ ۴۲) نشان داده شده است.

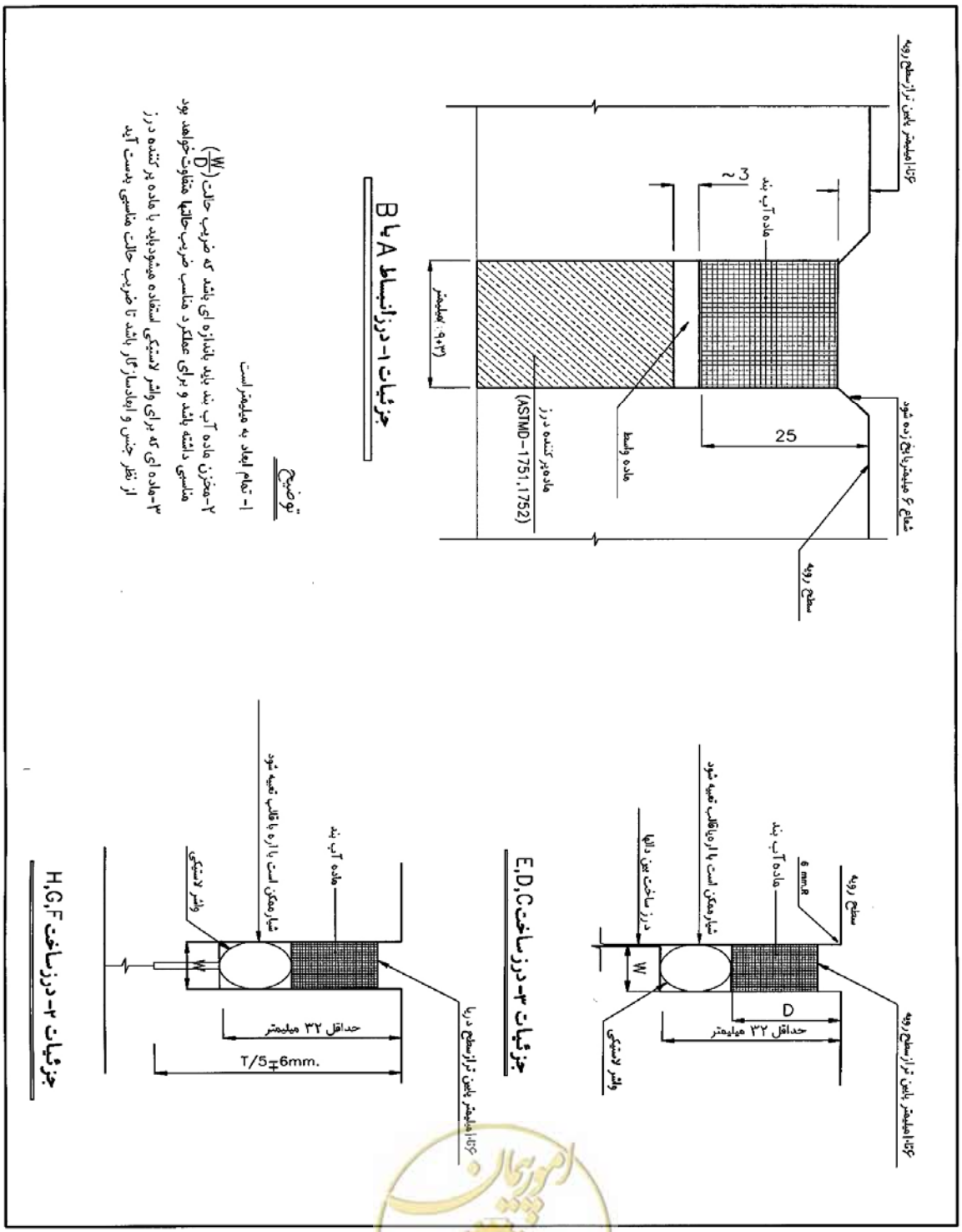
ج ـ درزهای ساخت: این نوع درزها وقتی لازم است که دو قطعه دال در دو زمان مختلف اجراء گردند (در اجراء، قطع بتن‌ریزی اجتناب ناپذیر است) یا بین دو مسیر اجرای روسازی، این درزها نیاز می‌باشد. جزئیات این درزها در انواع C و D و E می‌باشند که در شکل (۳ ـ ۴۲) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۴۳) ـ جزئیات انواع درزهای روسازی بتنی

omoorepeyman.ir



ادامه شکل (۳-۴۳) ـ جزئیات انواع درزهای روسازی بتنی

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۱۲ ـ ۲ ـ فاصله درزها

الف ـ بدون زیراساس تثبیت شده: محاسبه تقریبی فاصله درزها که توسط PCA ارائه شده است و برای روسازی‌های بتنی بدون زیراساس تثبیت شده کاربری دارد بدین ترتیب است که فاصله درزها به فوت نباید از دو برابر ضخامت دال به اینچ تجاوز کند. در این حالت بایستی به واحدها دقت کافی نمود. جدول (۳–۹) حداکثر فواصل توصیه شده برای درزها را برای شرایط بدون زیراساس تثبیت شده نشان می‌دهد. نسبت طول دال به ضخامت دال در شرایط روسازی غیر مسلح نباید از ۱/۲۵ بیشتر شود. حداکثر فواصل درز ارائه شده در جدول زیر جنبه توصیه دارد. فواصل کمتر درزها در صورتی که براساس تجربیات قبلی باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در شرایطی که روسازی تحت تاثیر تغییرات شدید درجه حرارت فصلی یا تغییرات شدید درجه حرارت در زمان اجراء باشد، فواصل درز کوچکتر باید انتخاب شوند.

جدول (۳ - ۹) ـ حداکثر فواصل درزهای توصیه شده برای شرایط بدون وجود زیراساس تثبیت شده

ضخامت دال		عرضی		طولی	
میلیمتر	اینچ	متر	فوت	متر	فوت
۱۵۰	۶	۳/۸	۱۲/۵	۳/۸	۱۲/۵
۱۷۵–۲۳۰	۷–۹	۴/۶	۱۵	۴/۶	۱۵
۱۷۵–۳۰۵	۹–۱۲	۶/۱	۲۰	۶/۱	۲۰
> ۳۰۵	> ۱۲	۷/۶	۲۵	۷/۶	۲۵

ب ـ با زیراساس تثبیت شده: روسازی صلب که بر روی زیراساس تثبیت شده قرار گرفته است، دارای تنشهای پیچشی بیشتری نسبت به روسازیهایی است که بر روی زیراساس تثبیت نشده قرار گرفته‌اند. هنگامی که روسازی صلب بر روی زیراساس تثبیت شده طراحی می‌شود، برای تعیین فاصله درزها روشهای دیگری توصیه می‌شود. فاصله درز بایستی تابعی از شعاع سختی نسبی دال باشد.

فاصله درز بایستی طوری انتخاب گردد که نسبت فاصله درزها به شعاع سختی آن بین ۶ ـ ۴ باشد. شعاع سختی نسبی بوسیله روش وسترگارد تعریف شده و طبق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

رابطه (۳ ـ ۲) :

$$l = \left[\frac{Eh^3}{12(1-u^2)K}\right]^{\frac{1}{2}}$$

که :

l = شعاع سختی نسبی بر حسب اینچ

E = ضریب الاستیسیته بتن که معمولاً معادل ۴ میلیون پاوند بر اینچ مربع در نظر گرفته می‌شود (Psi)

h = ضخامت دال به اینچ

u = ضریب پواسون بتن که معمولاً ۰/۱۵ است.

K = ضریب عکس‌العمل بستر بر حسب pci

شعاع سختی نسبی دارای بعد طول است و در فرمول فوق واحد آن برحسب اینچ می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۱۳ ـ ملاحظات مخصوص درزها

برای طراحی سیستم درزها، در دالهای بتنی ملاحظاتی مورد نیاز است. این ملاحظات بشرح ذیل می‌باشند.

الف ـ درز کام و زبانه‌ای (KEYED JOINTS): این درز نبایستی در دالهای با ضخامت کمتر از ۳۲۰ میلیمتر استفاده شود. چنانچه از ضخامت کمتر استفاده شود، در کاهش مقاومت اثر خواهد داشت.

ب ـ سیستم درزبندی برای هواپیماهای بال پهن: تجربیات نشان داده است درزهای کام و زبانه‌ای در ساختن درزهای طولی بر روی بسترهای با مقاومت کم که هواپیماهای بزرگ بر روی آنها حرکت می‌کند، نتیجه ضعیفی می‌دهد. درزهای بخصوصی جهت آنها به شرح ذیل توصیه می‌گردد.

ب ـ۱ ـ در حالتی که مقاومت بستر کم باشد: برای بسترهای با مدول ($۵۴\ MN/m^2$) یا کمتر یک داول یا لبه ضخیم شده شبیه نمونه D و B توصیه می‌گردد. درزهای کام و زبانه نبایستی در حالتی که نتیجه ضعیفی می‌دهند، استفاده شوند. در نواحی با ترافیک کم مانند خطوط بیرونی باند و اپرون می‌تواند از درزهای کام و زبانه‌ای نمونه C استفاده نمود.

ب ـ۲ ـ در حالتی که مقاومت بستر متوسط باشد: برای بسترهایی با مدول بین ($۵۴\ MN/m^2$) و ($۱۰۹\ MN/m^2$) اتصال مفصل نمونه E می‌تواند به خوبی نمونه‌های داول‌دار و لبه‌های ضخیم شده مورد استفاده قرار گیرد.

بیشترین عرض روسازی که می‌توانند به یکدیگر متصل شوند، بستگی به چند پارامتر مانند اصطکاک سابگرید، ضخامت روسازی و شرایط آب و هوایی دارد. طبعاً حداکثر عرض روسازی متصل شونده نبایستی از ۷۵ فوت (۲۳ متر) بیشتر باشد. نمونه C درزها ممکن است در نواحی با ترافیک کم مورد استفاده قرار گیرد.

ب ـ۳ ـ در حالتی که مقاومت بستر بالا بوده باشد: برای بسترهای با مدول ($۱۰۹\ MN/m^2$) یا بیشتر درز کام و زبانه‌ای نوع C ممکن است بدون توجه به ترافیک مورد استفاده قرار گیرد. طراح بایستی در نظر داشته باشد که ممنوعیت استفاده از درز کام و زبانه‌ای برای روسازی با ضخامت کمتر از ۹ اینچ را در نظر بگیرد.

ب ـ۴ ـ توسعه آتی: هنگامی که یک باند یا تاکسیوی در آینده امکان توسعه داشته باشد، توصیه می‌شود که لبه باند و تاکسیوی در محل درز، ضخیم اجراء گردد. بهمان ترتیب چنانچه عرض روسازی در آینده توسعه یابد، بایستی از روش کام و زبانه‌ای یا ضخیم کردن لبه‌ها در محل توسعه استفاده نمود.

۳ ـ ۱۴ ـ استفاده از میلگرد در درزها

۳ ـ ۱۴ ـ ۱ ـ میلگردهای اتصال

این نوع میلگردها در محل اتصال در درزهای انقباضی و درزهای کام و زبانه‌ای استفاده می‌شود بطوری که دالهای کناری در تماس نزدیک با هم باشند.

میلگردهای اتصال به تنهایی نمی‌توانند نقش انتقال نیرو را به انجام برسانند. با جلوگیری از بازشدگی زیاد درزها، انتقال نیرو از طریق درز کام و زبانه‌ای یا قفل و بست مصالح بتن موجود در زیر درزها انجام خواهد شد. میلگردهای اتصال باید از نوع آجدار و خصوصیات آن مطابق با شروط لازم آشتو ۱۳۷ ـ M باشد.

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۱۴ ـ ۲ ـ میلگردهای انتقال نیرو

این میلگردها در محل درزها برای انتقال نیرو در طول و جلوگیری از نشست دالها (جابجائی عمودی) در مجاور یکدیگر استفاده می‌شود، همچنین امکان جابجایی طولی دالهای مجاور را فراهم می‌سازند. خصوصیات این میلگردها باید با شروط لازم آشتو M ـ ۳۱ و آشتو M ـ ۴۲ مطابقت نماید. میلگردهای انتقال نیرو باید از نوع ساده و دارای ابعاد تعیین شده براساس محاسبات باشد و عاری از هرگونه انحرافی که مانع از لغزندگی کامل آن از بتن گردد، باشند.

الف ـ محل استفاده: جهت انتقال نیرو از این میلگردها در تمام درزهای انبساطی عرضی و در محل درزهای اتصال لب به لب ساختمانی استفاده می‌گردد و در درزهای انقباضی بایستی به فاصله حداقل سه درز از لبه آزاد قرار گیرند. در درزهای انقباضی داخلی روسازی، ممکن است از نمونه شیاری کاذب استفاده شود.

ب ـ اندازه طولی و فاصله عرضی: میلگردهای انتقال نیرو بایستی به اندازه‌ای باشند که بتوانند نیروهای برشی و خمشی ناشی از بارهای وارد به روسازی را بخوبی تحمل نمایند. اندازه و فاصله آنها بایستی بصورتی باشد که تنشهای وارده به روسازی، باعث شکست دال بتنی نگردد. جدول (۳ ـ ۱۰) اندازه و فاصله میلگردها را برای ضخامتهای مختلف روسازی نشان داده است.

جدول (۳ - ۱۰) ـ اندازه و فواصل میلگردهای انتقال نیرو

ضخامت دال (میلیمتر)	قطر (میلیمتر)	طول (میلیمتر)	فاصله (میلیمتر)
۱۵۰ – ۱۸۰	۲۰	۴۶۰	۳۰۵
۲۱۰ – ۳۰۵	۲۵	۴۸۰	۳۰۵
۳۳۰ – ۴۰۵	۳۰ (*)	۵۱۰	۳۸۰
۴۳۰ – ۵۱۰	۴۰ (*)	۵۱۰	۴۶۰
۵۳۵ – ۶۱۰	۵۰ (*)	۶۱۰	۴۶۰

(*) میلگرد انتقال نیرو ممکن است میله‌ای صلب یا لوله‌ای با مقاومت بالا باشد. لوله‌های با مقاومت بالا باید دو سر آن با کلاهک پوششی یا بوسیله ملات سیمان یا مواد قیری کاملاً بسته شود.

ج ـ موقعیت قرارگیری: راستا و موقعیت قرار گرفتن میلگردهای انتقال نیرو جهت بدست آوردن یک اتصال دلخواه بسیار با اهمیت است. میلگردهای عرضی نیاز به یک نگهدارنده دارند که معمولاً بصورت یک بسته آرماتور که به شکلی محکم در زیراساس ثابت شده است، نگهداری می‌شوند. بایستی در هنگام بتن‌ریزی ابتدا بتن‌ریزی روی میلگردهای انتقال نیرو انجام گیرد و سپس اقدام به تکمیل بتن‌ریزی بقیه مناطق دال شود تا از جابجایی آنها جلوگیری شود. برخی از ماشین‌آلات فینیشر بتن کار میلگرد گذاری را بطور خودکار انجام می‌دهند.

۳ ـ ۱۴ ـ ۳ ـ مواد آب‌بند و نوار پرکننده درز

مواد پرکننده مصنوعی قابل تراکم در درزهای انبساط، امکان انبساط دالها را مهیا می‌کنند. مواد آب‌بند کننده روی مواد پرکننده استفاده شده تا از ورود آب و مواد زائد خارجی جلوگیری کنند. در مناطقی که در معرض ریزش سوخت واقع شده‌اند مواد آب‌بند کننده

omoorepeyman.ir

مقاوم در مقابل سوخت باید مصرف شود. نوار پرکننده درزهای انبساط باید با شروط لازم آشتو M_۹۰ ، آشتو ۱۳۵ – M یا آشتو ۲۱۳ – M و خصوصیات کلیه درزگیرها و مواد آب‌بند کننده با شروط لازم ۶۰۵ – FAA P مطابقت نماید.

۳ ـ ۱٤ ـ ٤ ـ پلان درزبندی

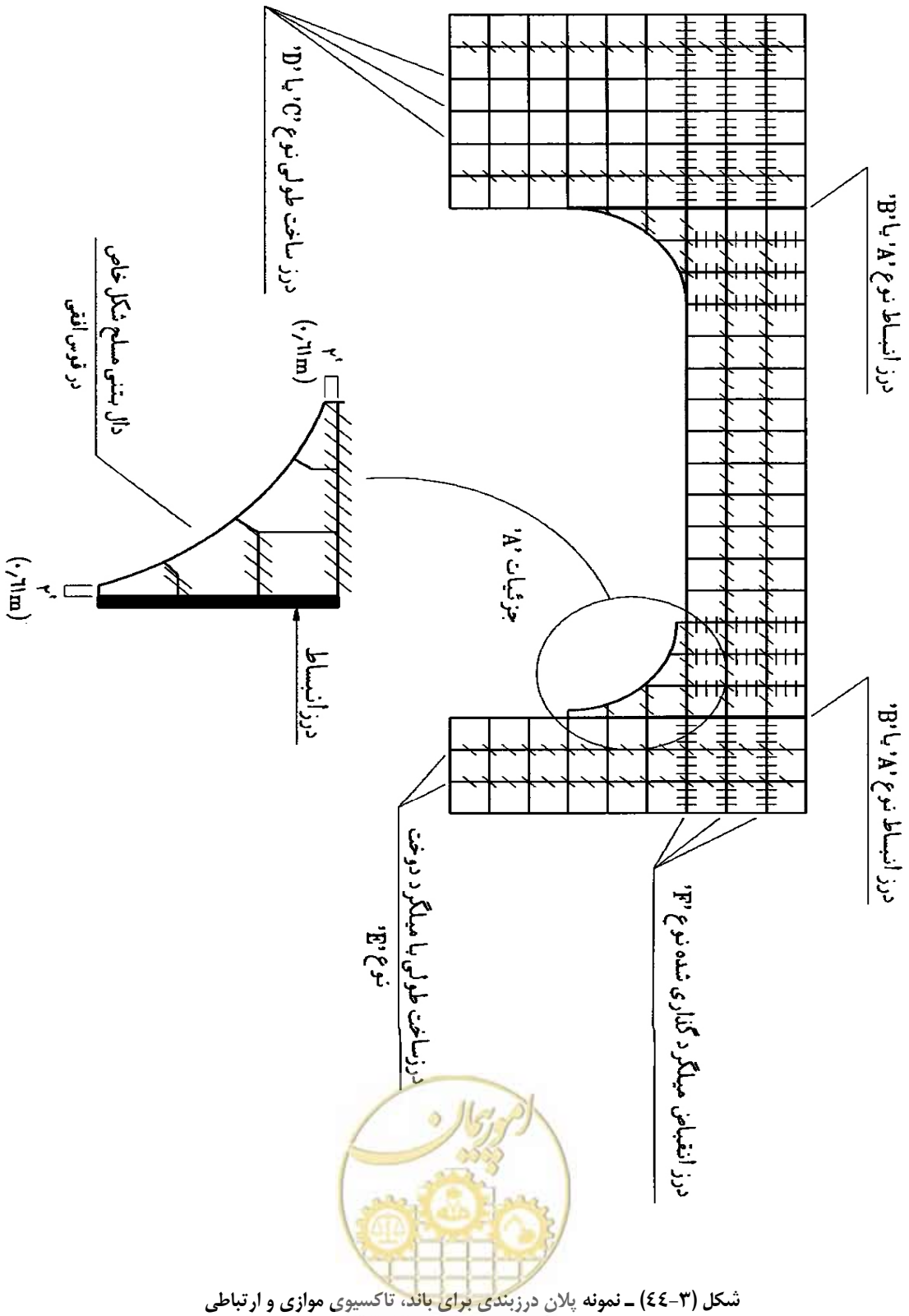
پلان درزبندی موضوعی است که در آن با انتخاب صحیح انواع درزها و موقعیت آنها، عملکرد مورد نظر طراح به نتیجه مطلوب می‌رسد. ملاحظات اجرایی در طرح پلان یاد شده تأثیرگذار هستند. عرض روسازی اغلب اوقات نحوه درزبندی را مشخص می‌کند.

دو نکته مهم در طراحی پلان درزبندی تقاطعها، درزهای جدا کننده و دالهای منحصر بفرد با شکل غیرهندسی هستند. نمونه‌ای از پلان درزبندی در شکل (۳–۴۳) نشان داده شده است.

الف ـ درزهای جداکننده: تقاطع دو روسازی مثل تاکسیوی و باند باید به صورت جداگانه باشند تا بصورت مستقل حرکت کنند. این جداسازی با اجرای درز انبساط تیپ "B" به بهترین نحو امکان‌پذیر خواهد بود. درز انبساط می‌بایست به نحوی قرارگیرد که روسازیها بتوانند بصورت جداگانه انبساط و انقباض کنند.

ب ـ دالهای تک شکل: احتمال بوجود آمدن ترکها در دالهای تک شکل و با شکل غیر متعارف زیاد است و می‌بایست حتی‌الامکان سعی شود دالهای طراحی شده به شکل مربع مستطیل و یا نزدیک به آن باشد. در تقاطع روسازیها که با قوسهای افقی همراه است، امکان طراحی با تعداد محدودی دالهای تک شکل بسیار مشکل است و در حالتی که غیر قابل اجتناب باشد، تقویت آرماتورگذاری توصیه می‌شود. تقویت آرماتورگذاری به میزان ۰/۰۵ درصد آرماتور موجود در دو جهت است و این در حالتی است که نسبت طول به عرض دال ۱/۲۵ باشد هرچند که به ظاهر مستطیل شکل نباشد. در قوسها می‌توان دالها را به شکل هندسی منظم اجراء نمود و خط کشی لبه‌ها بگونه‌ای باشد که محدوده غیر قابل استفاده از سطح دالها را مشخص کند.

omoorepeyman.ir



شکل (۳-٤٤) ـ نمونه پلان درزبندی برای باند، تاکسیوی موازی و ارتباطی

omoorepeyman.ir

۳ ـ ١٤ ـ ٥ ـ روسازی بتن مسلح

هرچند که مسلح کردن و آرماتورگذاری روسازی بتنی از ترک خوردن جلوگیری نمی‌کند اما باعث می‌شود که عرض ترک بیش از اندازه باز نشود و حتی‌الامکان نزدیک بهم‌نگه داشته شود بنحوی که قفل و بست بین دانه‌های روسازی از بین نرود و یکنواختی عملکرد روسازی صدمه نبیند. با بسته نگه داشتن ترکها از ورود مواد زائد به داخل آنها نیز جلوگیری می‌شود. ضخامت مورد نیاز روسازی‌های بتن مسلح مانند روسازی‌های بتنی معمولی و از نمودارهای شکل (۳ ـ ۱۷) تا (۳ ـ ۴۱) امکان‌پذیر است. تقویت فولادی روسازی اجازه استفاده از درزها با فاصله بیشتر را امکان‌پذیر نموده و می‌بایست در برآورد اقتصادی هنگام طراحی مدنظر قرار گیرد.

۳ ـ ١٤ ـ ٦ ـ نوع و فواصل آرماتورگذاری

آرایش و استقرار آرماتور در بتن باید به نحوی باشد که آخرین آرماتور حداقل ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) از لبه بتن فاصله داشته باشد و این مقدار نباید کمتر از ۳۰ برابر قطر آرماتورهای طولی باشد. در مورد آرماتورهای عرضی این مقدار ۶ اینچ (۱۵۰ میلیمتر) است و نباید کمتر از ۲۰ برابر قطر آرماتورهای عرضی باشد. پوشش بتن در دو جهت حداکثر می‌تواند برابر ۱۵۰ میلیمتر و حداقل ۵۰ میلیمتر باشد. آرماتورهای طولی نباید در فواصل کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و بیشتر از ۳۰۵ میلیمتر و آرماتورهای عرضی در فواصل کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و بیشتر از ۶۱۰ میلیمتر قرار گیرند. جزئیات تیپ آرماتورگذاری روسازی بتن مسلح در شکل (۳-۴۴) نشان داده شده است.

۳ ـ ١٤ ـ ۷ ـ مقدار آرماتورگذاری

سطح مقطع فولاد مورد نیاز برای یک روسازی بتن مسلح از رابطه (۳- ۳) تعیین می‌گردد:

رابطه (۳-۳) :

$$A_S = ۰/۶۴ \frac{L^2.t}{f_S}$$

که در آن:

A_S = سطح مقطع فولاد در هر فوت طول یا عرض برحسب سانتیمتر مربع در متر.

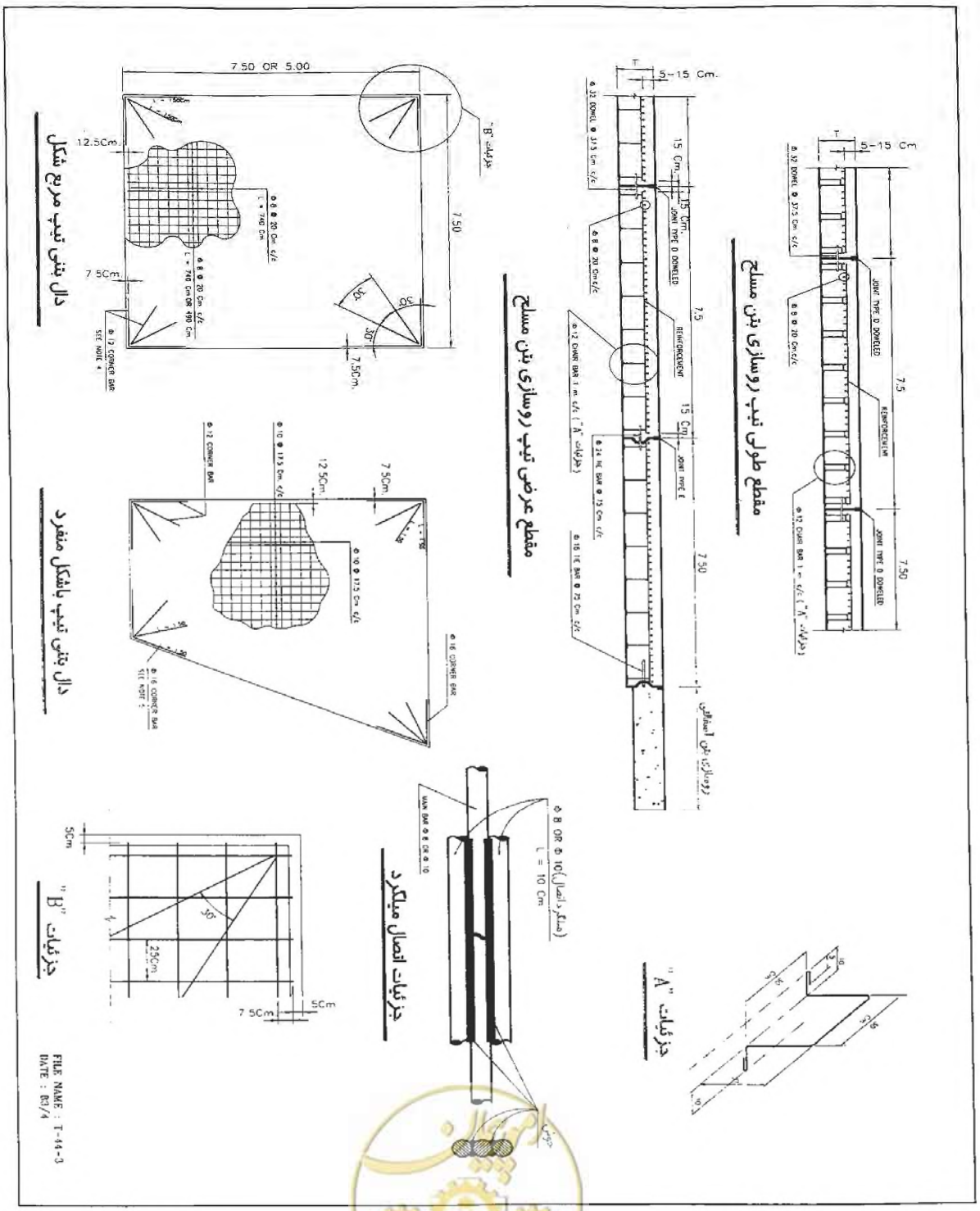
L = طول یا عرض دال بر حسب متر.

t = ضخامت دال برحسب میلیمتر.

f_S = تنش مجاز فولاد بر حسب مگانیوتن بر مترمربع.

نوع و مشخصات فنی میلگردهای مصرفی باید مطابق با مشخصات مندرج در فصل چهارم نشریه شماره (۱۰۱) سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور باشد. کلیه میلگردهای مصرفی باید از نوع آجدار و مقاومت جاری شدن آنها حداقل برابر ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد. هنگام کارگذاری سطح کلیه میلگردها باید کاملاً تمیز و عاری از هرگونه زنگ، چربی، روغن، ملات سیمان، بتن، خاک و سایر مواد مضر باشد.

omoorepeyman.ir



شکل (۳-۴۵) ـ جزئیات تیپ آرماتور گذاری روسازی بتن مسلح

omoorepeyman.ir

۳ ـ ۱٤ ـ ۸ ـ مثال طرح روسازی صلب

طراحی روسازی صلب فرودگاهی با شرایط زیر:

ـ هواپیمای مبنای طرح، B747 مدل 200B بر وزن تقریبی ۳۵۰ تن (معادل ۷۷۵,۰۰۰ پاوند)

ـ تعداد برخاست متوسط سالیانه هواپیمای مبنای طرح، ۲۵۰۰۰ پرواز

ـ عمر مفید طرح ۲۰ سال

ـ مقاومت گسیختگی خمشی بتن 650 Psi (معادل ۴۵/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

ـ ضریب عکس‌العمل بستر، k = 163 Pci

ـ جنس خاک بستر رسی با شرایط زهکشی ضعیف می‌باشد. عمق یخبندان منطقه نیز معادل ۵۳ سانتیمتر اندازه‌گیری شده است.

حل:

ابتدا مشخصات لایه‌های مختلف روسازی به شرح زیر تعیین می‌شود:

ـ لایه زیراساس: بطور کلی بکارگیری لایه زیراساس در روسازیهای بتنی فرودگاه‌هایی که جنس خاک بستر آنها شنی و درشت دانه نباشد، الزامی است. حداقل ضخامت لایه زیراساس ۱۰ سانتیمتر پیشنهاد شده است. همچنین می‌توان بمنظور افزایش ضریب عکس‌العمل خاک و کاهش ضخامت دال بتنی، از ضخامت‌های بیشتر استفاده کرد.

بنابراین یک لایه زیراساس به ضخامت ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود و از شکل (۲ ـ ۴) نتیجه می‌شود که بکار بردن این لایه، موجب افزایش ضریب عکس‌العمل خاک از مقدار 163 Pci بر 200 Pci می‌شود.

ـ لایه اساس: حداقل ضخامت لایه اساس آسفالتی برابر ۱۰ سانتیمتر پیشنهاد شده است و در صورت استفاده از ضخامت‌های بیشتر، می‌توان ضریب عکس‌العمل بستر را افزایش داد. همچنین برای فرودگاه‌هایی که هواپیماهایی با وزن بیش از ۱۰۰,۰۰۰ پاوند (۴۵/۵ تن) از آن استفاده خواهند کرد، الزاماً باید یک لایه اساس تثبیت شده با سیمان و یا اساس آسفالتی در زیر دال بتنی بکار رود.

بنابراین از آنجا که هواپیمای طرح، B747 می‌باشد. یک لایه ۱۵ سانتیمتری اساس آسفالتی در زیر دال در نظر گرفته می‌شود و از شکل (۳ ـ ۱۶) نتیجه می‌شود که استفاده از این لایه موجب افزایش ضریب عکس‌العمل بستر از 200 Pci به 315 Pci می‌گردد.

ـ ضخامت دال: بطور کلی دو گروه نمودار طراحی روسازی بتنی برای هواپیما و محورهای زوج مرکب موجود است که یکی از آنها برای حالتی است که محور طولی هواپیما ضمن حرکت، به حالت عمود بر درزها قرار گرفته و چرخ‌ها از لبه‌های دال عبور می‌کند و گروه دیگر برای حالتی است که محور طولی هواپیما ضمن حرکت، امکان دارد با زاویه نسبت به درزها قرار گرفته و چرخ‌ها به حالت مورب از لبه دال‌ها عبور کند که در حالت اخیر، میزان تنش‌ها بحرانی‌تر می‌باشند.

نظر به اینکه امکان بارگذاری در حالت دوم نیز وجود دارد (حرکت هواپیما در اپرون و همچنین ورود و خروج از تاکسیویها به اپرون و باند به تاکسیوی‌ها)، لذا در طراحی، این حالت در نظر گرفته می‌شود و از نمودار مربوطه استفاده می‌شود (شکل (۳ ـ ۳۳).

بنابراین با توجه به شرایط مطرح شده و در نظر گرفتن ضریب اصلاح شده عکس‌العمل بستر معادل (k = 315 Pci)، مطابق شکل (۳ ـ ۳۳) ضخامت دال بتنی برابر ۱۶/۵ اینچ (معادل ۴۲ سانتیمتر) بدست می‌آید.

omoorepeyman.ir

ـ کنترل یخبندان: از آنجاکه مجموع ضخامت دال بتنی و لایه‌های اساس و زیراساس تعیین شده (معادل ۷۲ سانتیمتر) بیشتر از عمق یخبندان منطقه (۵۳ سانتیمتر) می‌باشد، هیچگونه اثر سوئی بعلت عمل یخبندان یا تورم احتمالی و یا هر نوع خرابی به این سبب، وجود نخواهد داشت.

ـ ابعاد دال، مشخصات درزها و فولادگذاری:

معمولاً طراح می‌تواند هر نوع طول دالی را بکار گیرد، مشروط بر آن که شرایط فولادگذاری رعایت گردد. از مهمترین عواملی که ابعاد دال‌ها را اجباراً مشخص می‌نماید، مشخصات ماشین آلات و روشهای اجرا می‌باشد.

در استفاده از دال‌های ضخیم بتن سیمانی با ابعاد بزرگ، می‌بایست احتیاط لازم رعایت گردد. علت این امر آن است که دال‌های با ابعاد بزرگ احتمال ترک خوردن در وسط بعلت تغییرات دما (فصلی و شبانه روزی)، رطوبت و بخصوص تنش‌های مربوط به جمع شدن بتن در روز اول در زمان گرفتن و از دست دادن آب اضافی را دارند. و اگر این نوع دال‌ها مجهز به شبکه فولاد حرارتی نباشند ترک کم‌کم باز شده و بعلت عدم وجود سیستم انتقال نیرو، نقاط ضعفی در دال بوجود می‌آید.

از طرف دیگر انتخاب ابعاد کوچکتر برای دال موجب می‌شود که تعداد درزها افزایش یافته و در نتیجه میزان فولاد لازم جهت میلگردهای داول بیشتر شود. علاوه بر موارد فوق کلاً وجود درزهای متعدد در روسازی‌های بتنی که محل بالقوه ضعف هستند مطلوب نبوده و ضمن در برداشتن هزینه نگهداری، موجب ارتعاشات در هواپیماها می‌شوند و رویهم رفته روسازی همواری مطلوبی نخواهد داشت. بنابراین با توجه به همه موارد، طرح ابعاد دالهای بتنی بصورت۷/۵ متر × ۷/۵ متر و با فولاد حرارتی انجام شده است که حالت بهینه‌ای در مقایسه با سایر ابعاد دارد.

ـ میزان فولاد حرارتی لازم با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_S = ۲۰/۴۴ \frac{L\sqrt{Lt}}{f_S}$$

که در این رابطه:

A_S = میزان فولاد (cm^2 در متر عرض یا طول دال).

L = طول یا عرض دال (متر).

t = ضخامت دال (cm).

f_S = تنش کششی مجاز فولاد (kg/cm^2).

نظر به اینکه طول و عرض دال‌ها برابر ۷/۵ متر، ضخامت آن برابر ۴۲ سانتیمتر و تنش کششی مجاز فولاد برابر $\frac{۲}{۳}$ مقاومت تسلیم (گسیختگی) یعنی برابر ۱۶۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته می‌شود، نتیجه می‌گردد:

$$A_S = ۲۰/۴۴ \frac{۷/۵۰\sqrt{۷/۵۰ \times ۴۲}}{۱۶۰۰} = ۱/۷ \quad cm^2/m$$

مقادیر در نظر گرفته شده برای قطر، فاصله میلگردها از یکدیگر و فاصله آنها از لبه دال با مقادیر حداقل و حداکثر تعیین شده توسط آئین نامه می‌بایستی مطابقت داشته باشد. بر این اساس میزان حداقل فولاد حرارتی لازم نباید از مقدار بدست آمده در رابطه زیر کمتر باشد.

omoorepeyman.ir

$$A_{S\min} = ۰/۰۵٪ Lt$$

$$A_{S\min} = ۰/۰۵ ٪ \times ۱۰۰ \times ۴۲ = ۲.۱ \quad cm^2/m$$

بنابراین مقدار فولاد حرارتی لازم ۲/۱ سانتیمتر مربع در متر عرض یا طول دال تعیین می‌گردد، بعبارت دیگر در صورت استفاده از میلگردهای به قطر ۸ Φ میلیمتر، فاصله آنها از یکدیگر برابر ۲۲/۵ سانتیمتر باید باشد. طول میلگردها برابر ۷/۲۰ متر در نظر گرفته شده که از هر طرف ۱۵ سانتیمتر تا لبه دال فاصله داشته باشد.

اساساً علاوه بر سایر موارد، انتخاب نوع درز تابعی از نحوه اجرای روسازی و ماشین‌آلات موجود نیز می‌باشد. درزهای انقباض و درزهای ساختمان از نوع لبه مستقیم مجهز به دوال (Dowel) انتخاب شده است. انواع و محل‌های استفاده درزها در طرح روسازی به شرح زیر می‌باشد:

الف ـ درز انبساط نوع A در فواصل حداکثر ۱۵۰ متر از یکدیگر.

ب ـ درز انبساط نوع B در محل تقاطع باند و تاکسیویهای متقاطع و همچنین لبه اپرون با تأسیسات و ساختمانهای مجاور.

ج ـ درز انقباض با لبه صاف مجهز به میلگرد داول (نظیر درز ساختمان نوع D) در صورت بتن‌ریزی تک‌تک دال‌ها و درز انقباض نوع F در صورت بتن‌ریزی ممتد در جهت طولی.

د ـ درز ساختمان نوع D در پایان بتن‌ریزی روزانه یا در مواقعی که بتن‌ریزی بنا به عللی متوقف می‌شود و همچنین بعنوان درز انقباض طولی یا عرضی وقتی که بدون استفاده از ماشین با قالب لغزنده عملیات بتن‌ریزی انجام می‌شود.

هـ ـ درز ساختمان نوع E (کام و زبانه با میلگرد دوخت) برای درزهای طولی واقع در فاصله ۱۱ متری از لبه روسازی درباند و تاکسیویها و اپرون.

در کلیه درزهای انقباض و انبساط و ساختمان (به استثنای درزهای از نوع کام و زبانه) از میلگرد دوخت (Tie) و همچنین در مواردی که فاصله درزها از یکدیگر بیشتر از ۶ متر است، حتماً از میلگرد صاف انتقال نیرو (Dowel) استفاده می‌شود.

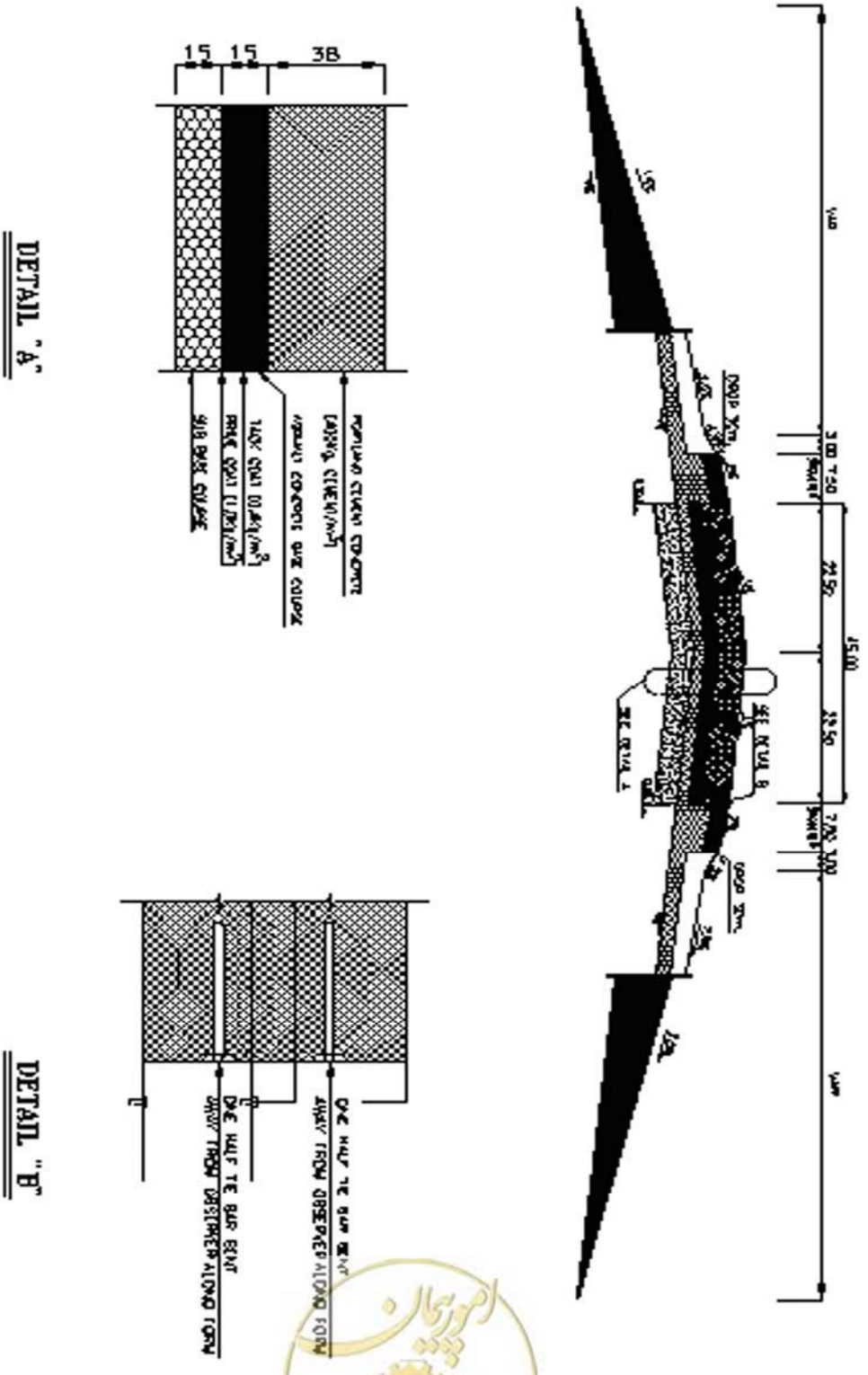
از آنجا که ضخامت دال بتنی برابر ۴۲ سانتیمتر (معادل ۱۶/۵ اینچ) طراحی شده، لذا مشخصات میلگرد داول بشرح زیر خواهد بود:

قطر داول = Φ ۳۶

طول داول = ۵۰ سانتیمتر

فاصله داول‌ها = ۳۷/۵ سانتیمتر

omoorepeyman.ir



شکل (۳-٤٦) ـ تیپ مقطع عرضی روسازی صلب

omoorepeyman.ir

فصل چهارم ـ طراحی روسازی به روش لایه‌های الاستیک[۱]

٤ ـ ۱ـ کلیات

روشی که در این فصل ارائه می‌گردد یک روش طراحی است که بر مبنای تجزیه و تحلیل لایه‌های الاستیک، به منظور محاسبه ضخامت روسازی عوامل میدان پرواز است. تئوری طراحی لایه‌های الاستیک برای در نظر گرفتن تأثیر ترکیب چرخ‌ها و محور های جدید مانند چرخهای زوج مرکب سه‌تایی است. B-777 و A-380 نمونه‌هایی از هواپیماهایی هستند که دارای چنین چرخ‌هایی می‌باشند. چرخ‌های زوج مرکب سه‌تایی از نظر بارگذاری روسازی دارای شرایط و ساختاری فراتر از روشهای قبلی طراحی روسازی هستند. روشهای قبلی دارای محدودیت‌هایی برای در نظر گرفتن چرخ‌های جدید می‌باشند. این روش طراحی بسیار دقیق و بصورت یک برنامه کامپیوتری بنام "LEDFAA" مورد استفاده قرار می‌گیرد.

٤ ـ ۲ ـ کاربرد

این نرم افزار برای طرح ضخامت روسازی مورد نیاز یک فرودگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد که در ترکیب هواپیماهای مختلف، محور زوج مرکب سه‌تایی را دارا باشند. همچنین این روش برای طرح روسازی هواپیماهایی که در فصل سوم توضیح داده شدند نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای هواپیمایی با محور جدیدتر که فشار باد چرخ آن و یا بار چرخ آن متناسب با نمودارهای نشان داده شده در اشکال فصل سوم نمی‌باشد، استفاده از روش طراحی لایه‌های الاستیک توصیه می‌شود. در شرایط طراحی روسازی که در ترکیب ترافیک آن هواپیماهای با چرخ زوج مرکب سه‌تایی (TDT) وجود ندارد میبایست ضخامتهای بدست آمده مساوی یا بیشتر از ضخامت‌های بدست آمده با روش توضیح داده شده در فصل سوم باشد. برای مقایسه طراحی روسازی با روش برنامه کامپیوتری "LEDFAA" و روش ارائه شده در فصل سوم باید نتایج حاصل از ترکیب کامل ترافیک هواپیماها، با یکدیگر مقایسه شوند.

٤ ـ ۳ ـ برنامه کامپیوتری

همانطور که اشاره شد این برنامه طراحی روسازی کامپیوتری 'LEDFAA' نامیده می‌شود. این برنامه کامپیوتری تحت سیستم عامل مایکروسافت ویندوز طراحی شده است. مشخصات این نرم‌افزاربه شرح زیر می‌باشد:

الف ـ هواپیما: تعداد وسیعی از هواپیماهای مختلف با مشخصات دقیق طرح روسازی در این برنامه ذخیره شده است. طراح در انتخاب و مطابقت مشخصات هواپیما امکانات متعددی در اختیار دارد.

ب ـ واحد متریک: اعداد و ابعاد موجود در این برنامه در واحد متریک ارائه شده‌اند.

[۱] Layered Elastic Pavement Design

omoorepeyman.ir

ج ـ دسترسی: این برنامه کامپیوتری از طریق سایت اینترنتی (www.faa.gov/arp/) قابل دسترسی و استفاده می‌باشد. برنامه کمکی داخلی در خصوص نحوه کاربرد برنامه کامپیوتری 'LEDFAA' نیز ارائه شده است. دستورالعمل مزبور شامل اطلاعات فنی اضافی در ارتباط با جزئیات و روش طراحی 'LEDFAA' می‌باشد.

د ـ ترکیب ترافیک هواپیماها: نرم‌افزار 'LEDFAA' بگونه‌ای طراحی شده است که در آن باید ترکیب ترافیک هواپیماهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد. اگر برای طراحی, یک هواپیما مورد استفاده قرار گیرد، یک پیام اخطار از جانب نرم‌افزار صادر خواهد شد که نشان دهنده معرفی فهرست غیراستاندارد هواپیما به برنامه کامپیوتری می‌باشد. نیازی به مشخص کردن یک هواپیما بعنوان هواپیمای مبنای طرح در این برنامه نمی‌باشد. این برنامه تأثیرات تخریبی هر یک از هواپیماها را در ترکیب انواع هواپیماها مشخص می‌کند.

٤ ـ ٤ ـ مفروضات طراحی روسازی

تفاوت‌های مشخصی بین روش ارائه شده در فصل سوم و روش ارائه شده در برنامه 'LEDFAA' وجود دارد که بشرح زیر می‌باشد.

الف ـ دوره طرح: روش ارائه شده در فصل سوم برمبنای دوره طرح ۲۰ ساله است، اما در برنامه کامپیوتری دوره‌های طرح کوتاهتر نیز می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد.

ب ـ ترکیب ترافیک: همانطور که در بند (۴-۳) توضیح داده شد، ترکیبهای ترافیک متفاوتی در روش طراحی لایه‌های الاستیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش طراحی فصل سوم ترکیب ترافیک باید به یک هواپیمای منفرد تبدیل شده و کل تعداد پرواز سالیانه به تعداد پرواز معادل سالیانه هواپیمای طرح تبدیل شود. هواپیمای طرح هواپیمائی است که بیشترین میزان صدمه را براساس وزن کل پیش‌بینی شده و تعداد پرواز سالیانه بوجود می‌آورد. در برنامه طراحی لایه‌های الاستیک ترکیب ترافیک تبدیل نمی‌شود و در عوض میزان صدمه وارد شده از طرف هر یک از هواپیماها بررسی و اندازه‌گیری می‌شود. در نهایت ضخامت روسازی بنحوی انتخاب می‌شود که مقاومت مناسب در مقابل جمع میزان صدمات را داشته باشد. برنامه 'LEDFAA' موقعیت قرارگیری محور اصلی هر هواپیما را نسبت به خط محور روسازی در نظر می‌گیرد. همچنین این برنامه میزان صدمه وارده از جانب یک هواپیمای خاص را نسبت به هواپیمای دیگر تفکیک می‌کند.

ج ـ قابلیت اطمینان طرح: میزان قابلیت اطمینان طرح در مورد دو روش ارائه شده تقریباً در یک حد و اندازه می‌باشد.

د ـ مصالح: در روش طراحی لایه‌های الاستیک، مصالح روسازی با ضخامت، مدول الاستیک و ضریب پواسون مشخص می‌شوند. ضخامت لایه‌ها در صورتی می‌تواند متغیر باشد که ضخامت حداقل مورد نیاز را دارا باشند. مدول الاستیک با توجه به نوع مصالح می‌تواند ثابت یا متغیر باشد.

هـ ـ حداقل ضخامت لایه: طراحی به روش لایه‌های الاستیک حداقل ضخامت مورد نیاز را مستقیماً کنترل نمی‌کند و برای این کار باید به بندهای (۴-۵) و (۴-۶) مراجعه کرد.

omoorepeyman.ir

٤ ـ ٥ ـ طرح روسازی انعطاف پذیر

در مراحل طراحی در دو حالت گسیختگی، روسازی انعطاف‌پذیر مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از: تنش عمودی در بستر روسازی و تنش افقی در لایه آسفالت. محدودکردن تنش عمودی در بستر روسازی به منظور جلوگیری از بروز ترک و شکست در آن است. محدود کردن تنش افقی در زیرسطح لایه آسفالت از بروز شکست و ترک در لایه آسفالت جلوگیری می‌کند.

الف ـ مخلوط آسفالت گرم رویه: حداقل ضخامت آسفالت گرم رویه برای ترکیب هواپیماهایی که شامل هواپیمای با چرخ زوج مرکب سه تایی هستند، ۱۲۷ میلی‌متر (۵ اینچ) است. حداقل ضخامت آسفالت مشخص شده در منحنی‌های شکل (۳–۲) تا (۳–۱۵) برای ترکیب هواپیماهایی است که هواپیمای با چرخ زوج مرکب سه‌تایی را شامل نمی‌شود. مقدار مدول ثابت برای مخلوط آسفالت گرم رویه ۱۳۸۰مگا پاسکال (۲۰۰,۰۰۰ پاوند براینچ‌مربع) در نظر گرفته شده است. مقداراین مدول به ترتیبی انتخاب شده است که ضخامت مورد نیاز تقریباً معادل ضخامت بدست آمده از روش سی‌بی‌آر باشد.

ب ـ لایه اساس: حداقل ضخامت لایه‌اساس تثبیت شده مورد نیاز برای روسازی‌هایی که هواپیماهای با چرخ زوج مرکب سه‌تایی از آنها استفاده می‌کنند ۱۲۷ میلی‌متر می‌باشد. برای اساس تثبیت شده محدوده تغییرات مدول آن ۱۰۳۵ تا ۲۷۶۰ مگا پاسکال انتخاب شده است. این محدوده با توجه به ضریب معادل معرفی شده در روش سی‌بی‌آر ۱/۶ـ۱/۲، در نظر گرفته شده است. حداقل ضخامت لایه‌اساس مورد نیاز مطابق روش سی‌بی‌آر کنترل می‌شود. با افزایش مقدار سی‌بی‌آر بستر به ۲۰، لایه‌های زیراساس حذف می‌شود و حداقل ضخامت اساس محاسبه می‌شود. ضخامت لایه اساس بدست آمده از روش برنامه کامپیوتری 'LEDFAA' باید مساوی یا بزرگتر از حداقل ضخامت ارائه شده در جدول (۳–۲) باشد. در برنامه طراحی 'LEDFAA' حداقل ضخامت لایه اساس ۱۵۰ میلی‌متر (۶اینچ) میباشد.

ج ـ لایه زیراساس: زیراساس می‌تواند دانه‌ای یا تثبیت شده باشد. حداقل ضخامت لایه‌زیراساس از نظر سازه‌ای ۷۶ میلی‌متر (۳ اینچ) می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های اجرایی ممکن است ضخامت‌های بیشتری مورد نیاز باشد. قرار گیری لایه‌ها نباید بصورت ساندویچی باشد (یک لایه مصالح دانه‌ای ما بین دولایه تثبیت شده) و باید کیفیت لایه‌ها در حرکت به سمت سطح روسازی افزایش یابد.

د ـ بستر: ضخامت لایه بستر نامحدود فرض می‌شود و توسط مدول یا مقدار سی‌بی‌آر آن مشخص می‌شود. برنامه 'LEDFAA' با ضرب مقدار سی‌بی‌آر در عدد ۱۵۰۰ آنرا تبدیل به مدول می‌کند. تراکم بستر و اجرای خاکریزی می‌بایست طبق مشخصات مندرج در جدول (۲–۵) انجام گردد.

٤ ـ ٦ ـ طرح روسازی صلب

طراحی روسازی صلب فقط در حالت ترک‌خوردگی دال بتنی انجام می‌گیرد. گسیختگی لایه‌های زیراساس و بستر روسازی در نظر گرفته نمی‌شود. محدود کردن و کنترل میزان تنش افقی در زیر سطح روسازی بتنی از بروز ترک در آن جلوگیری می‌کند. برنامه

omoorepeyman.ir

'LEDFAA' تعیین ضخامت را تا زمانی که مقدار ضریب تجمعی صدمه[۱] (CDF) معادل یک شود تکرار می‌کند. زمانی که مقدار CDF معادل یک شود، مقطع روسازی بدست آمده شرایط فنی مناسب را دارا خواهد بود.

الف ـ رویه روسازی بتنی: حداقل ضخامت رویه بتنی باید معادل ۱۵۲ میلی‌متر (۶ اینچ) باشد.

ب ـ لایه زیراساس: زمانیکه طراحی به روش لایه‌های الاستیک انجام می‌شود، زیراساس باید حداقل شرایط مندرج در بند (۳-۸-ب) را دارا باشد.

ج ـ لایه زیراساس تثبیت شده: در زیر روسازی بتنی که توسط هواپیماهای با چرخ زوج مرکب سه‌تایی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید از مصالح تثبیت شده استفاده کرد. حداقل ضخامت لایه‌زیراساس ۱۰۲ میلی‌متر (۴ اینچ) است. در طرح روسازی ممکن است از ضخامت بیشتر زیراساس نیز استفاده شود. قرار گیری لایه‌ها باید بنحوی باشد که بصورت ساندویچی قرار نگیرند.

د ـ بستر روسازی: ضخامت بستر روسازی نامحدود است و توسط یک مدول یا ضریب k معرفی می‌گردد. برنامه کامپیوتری ضریب k را با استفاده از رابطه لگاریتمی E=۱/۴۲۵+۱/۲۸۴logk به مدول الاستیسیته تبدیل می‌کند. شرایط تراکم بستر روسازی و خاکریزها باید مطابق موارد مندرج در فصل سوم باشد.

هـ ـ جزئیات درزها: جزئیات درزها در فصل سوم توضیح داده شده‌اند. تمام محدودیت‌های مربوط به درزهای روسازی بتنی برای هواپیماهای بدنه پهن باید در طرح روسازی‌هایی که هواپیماهای با چرخ زوج مرکب سه‌تایی از آن استفاده می‌کنند، اعمال شود.

omoorepeyman.ir

[۱] Cumulative Damage Factor (CDF)

مراجـــع

- AIRPORT PAVEMENT DESIGN AND EVALUATION – ADVISORY CIRCULAR NO: 50/5320-6D – 7/7/95 (change: 3-April 30,2004)
- MONISMITH, C.L., FINN, F.N., AHLBORN, G. AND MARKEVICH, N.(1987). A GENERAL ANALYTICALLY BASED APPROACH TO THE DESIGN OF ASPHALT CONCRETE PAVEMEMTS. PROC. 6TH. INT. CONF. ON THE STRUCTURAL DESIGN OF ASPHALT PAVEMENTS, ANN ARBOR.
- PACKARD, R.G. (1973). DESIGN OF CONCRETE AIRPORT PAVEMENT, PCA, SKOKIE.
- PEREIRA, A.T. (1977) PROCEDURES FOR DEVELOPMENT OF CBR DESIGN CURVES. INSTRUCTION REPORT S-77-1, US ARMY CORPS OF ENGINEERS, WATERWAYS EXPERIMENT STATION, VICKSBURG, MISS.
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1986) AIRPORT. CONCRETE THICKNESS DESIGN FOR AIRPORTS AND PAVEMENTS. CONCRETE DESIGN SOFTWARE LIBRARY, PCA, SKOKIE.
- RICKARDS, I. (1994). APSDS A STRUCTURAL DESIGN SYSTEM FOR AIRPORT AND INDUSTRIAL PAVEMENTS. PROC. 9TH AAPA INTERNATIONAL ASPHALT CONF. SURFERS PARADISE, AUSTRALIA.
- ROTH, H. AND REIS, H-W. STACKING TECHNOLOGIES FOR INTERMODAL OPERATIONS. PROC. CONF. ON INTERMODAL FREIGHT TERMINAL DESIGN. TRB NEW ORLEANS, 1986, PP87-95.
- WARDLE, L.J. (1977) CIRCLY USERS MANUAL, MINCAD SYSTEMS PTY LTD, RICHMOND, AUSTRALIA.
- WARDLE, L.J. AND RODWAY, B.(1995) DEVELOPMENT AND APPLICATION OF AN IMPROVED AIRPORT PAVEMENT DESIGN METHOD. ASCE 1995 TRANSPORTATION CONGRESS, SAN DIEGO.
- WITCZAK, M.W., JOHNSON, M.,UZAN, J.DEVELOPMENT OF A PROBABILISTIC RIGID PAVEMENT DESIGN METHODOLOGY FOR MILITARY AIRFIELD., 1985.

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی سالهای اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

فهرست نشریات منتشر شده در سالهای اخیر
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

omoorepeyman.ir

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
مشخصات فني عمومي كارهاي ساختماني	۵۵	۱۳۸۳		۱	تجدیدنظر دوم
مشخصات فني عمومي و اجرايي تأسيسات برقي كارهاي ساختماني جلد دوم – تأسيسات برق جريان ضعيف	۱۱۰-۲	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني عمومي تأسيسات مكانيكي ساختمان جلد ششم – نقشه‌هاي جزئيات	۱۲۸-۶	۱۳۸۵		۱	
ضوابط و معيارهاي طرح و اجراي سيلوهاي بتني جلد اول – مشخصات فني عمومي و اجرايي سازه و معماري سيلو (۲۳۵-۱) جلد دوم – مشخصات فني عمومي و اجرايي تأسيسات برق سيلو (۲۳۵-۲) جلد سوم – مشخصات فني عمومي و اجرايي تأسيسات مكانيكي سيلو (۲۳۵-۳) جلد چهارم – معيارهاي فني و تحويل موقت سيلو	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱ ۱۳۸۳ ۱۳۸۴		۳	
راهنماي برگزاري مسابقات معماري و شهرسازي در ايران	۲۴۰	۱۳۸۲		۳	
فهرست جزئيات خدمات مهندسي مطالعات مرحله دوم تسطيح و قطعه‌بندي اراضي كشاورزي	۲۴۴-۱	۱۳۸۵		۳	
ضوابط طراحي سينما	۲۴۵	۱۳۸۲		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازي و معماري براي افراد معلول جسمي حركتي	۲۴۶	۱۳۸۲		۱	
دستورالعمل حفاظت و ايمني در كارگاههاي سدسازي	۲۴۷	۱۳۸۲		۳	
فرسايش و رسوبگذاري در محدوده آبشكنها	۲۴۸	۱۳۸۲		۳	
فهرست خدمات مرحله توجيهي مطالعات ايزوتوپي و رديابي مصنوعي منابع آب زيرزميني	۲۴۹	۱۳۸۲		۲	
آيين نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پيش تنيده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازي لرزه اي ساختمانهاي موجود	۲۵۱	۱۳۸۲		۳	
رفتارسنجي فضاهاي زيرزميني درحين اجرا	۲۵۲	۱۳۸۲		۳	
آيين نامه نظارت و كنترل برعمليات و خدمات نقشه برداري	۲۵۳	۱۳۸۲		۱	
دستورالعمل ارزيابي پيامدهاي زيست محيطي پروژه هاي عمراني: جلد اول – دستورالعمل عمومي ارزيابي پيامدهاي زيست محيطي پروژه هاي عمراني(۲۵۴-۱) جلد دوم – شرح خدمات بررسي اوليه و مطالعات تفصيلي ارزيابي آثارزيست محيطي طرح عمراني (۲۵۴-۲) جلد سوم – دستورالعمل هاي اختصاصي پروژه هاي آب .....(۲۵۴-۳)	۲۵۴	۱۳۸۲		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمايشهاي آبشويي خاكهاي شور وسديمي در ايران	۲۵۵	۱۳۸۲		۳	
استانداردهاي نقشه كشي ساختماني	۲۵۶	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل تهيه طرح مديريت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل بررسيهاي اقتصادي منابع آب	۲۵۸	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل آزمون ميكروبيولوژي آب	۲۵۹	۱۳۸۲		۳	
راهنماي تعيين عمق فرسايش و روشهاي مقابله باآن درمحدوده پايه هاي پل	۲۶۰	۱۳۸۲		۳	
ضوابط و معيارهاي فني روشهاي آبياري تحت فشار مشخصات فني عمومي آبياري تحت فشار	۲۶۱	۱۳۸۲		۱	
فهرست جزئيات خدمات مطالعات تاسيسات آبگيري (مرحله هاي شناسائي ، اول و دوم ايستگاههاي پمپاژ)	۲۶۲	۱۳۸۲		۲	

@omoorepeyman.ir

عنوان نشريه	شماره نشريه	تاريخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
فهرست جزئيات خدمات مهندسي مطالعات تاسيسات آبگيري (سردخانه سازي)	۲۶۳	۱۳۸۲		۲	
آيين نامه اتصالات سازه هاي فولادي ايران	۲۶۴	۱۳۸۲		۱	
برپايي آزمايشگاه آب	۲۶۵	۱۳۸۲		۳	
۱- دستورالعمل تعيين اسيديته و قليائيت آب ۲- دستورالعمل تعيين نيتروژن آب	۲۶۶	۱۳۸۲		۳	
آيين‌نامه ايمني راه‌هاي كشور ايمني راه و حريم (جلد اول) ۱-۲۶۷ ايمني ابنيه فني (جلد دوم) ۲-۲۶۷ ايمني علائم (جلد سوم) ۳-۲۶۷ تجهيزات ايمني راه (جلد چهارم) ۴-۲۶۷ تأسيسات ايمني راه (جلد پنجم) ۵-۲۶۷ ايمني بهره‌برداري (جلد ششم) ۶-۲۶۷ ايمني در عمليات اجرايي (جلد هفتم) ۷-۲۶۷	۲۶۷	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل تثبيت لايه‌هاي خاكريز و روسازي راه‌ها	۲۶۸	۱۳۸۲		۳	
راهنماي آزمايش‌هاي دانه‌بندي رسوب	۲۶۹	۱۳۸۲		۳	
معيارهاي برنامه‌ريزي و طراحي كتابخانه‌هاي عمومي كشور	۲۷۰	۱۳۸۳		۳	
شرايط طراحي (DESIGN CONDITIONS) براي محاسبات تأسيسات گرمايي، تعويض هوا و تهويه مطبوع مخصوص تعدادي از شهرهاي كشور	۲۷۱	۱۳۸۲		۳	
راهنماي مطالعات بهره‌برداري از مخازن سدها	۲۷۲	۱۳۸۳		۳	
راهنماي تعيين بار كل رسوب رودخانه‌ها به روش انيشتين و كلبي	۲۷۳	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه‌برداري آب	۲۷۴	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتي و ايمني پرسنل تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب	۲۷۵	۱۳۸۳		۱	
شرح خدمات مطالعات تعيين حد بستر و حريم رودخانه يا مسيل	۲۷۶				
راهنماي بررسي پيشروي آب‌هاي شور در آبخوان‌هاي ساحلي و روش‌هاي كنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنماي انتخاب ظرفيت واحدهاي مختلف تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب شهري	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فني عمومي زيرسازي راه‌آهن	۲۷۹	۱۳۸۳		۱	
مشخصات فني عمومي راهداري	۲۸۰	۱۳۸۳		۱	
ضوابط عمومي طراحي شبكه‌هاي آبياري و زهكشي	۲۸۱	۱۳۸۳		۳	
ضوابط هيدروليكي طراحي ساختمان‌هاي تنظيم سطح آب و آبگيرها در كانال‌هاي روباز	۲۸۲	۱۳۸۳		۳	
فهرست خدمات مهندسي مرحله ساخت طرح‌هاي آبياري و زهكشي	۲۸۳				
راهنماي بهره‌برداري و نگهداري از تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب شهري بخش دوم - تصفيه ثانويه	۲۸۴	۱۳۸۳		۳	
راهنماي تعيين و انتخاب وسايل و لوازم آزمايشگاه تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب	۲۸۵	۱۳۸۳		۳	
ضوابط طراحي سيستم‌هاي آبياري تحت فشار	۲۸۶	۱۳۸۳		۳	
طراحي بناهاي درماني (۱) بخش بستري داخلي- جراحي ۲۸۷-۱	۲۸۷-۱	۱۳۸۳		۳	
جلد يكم:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري					
جلد دوم : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي					
جلد سوم :راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي					
جلد چهارم : راهنماي گروه‌بندي و مشخصات فني تجهيزات					
طراحي بناهاي درماني (۲)					
جلد يكم:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري					

omoorepeyman

عنوان نشريه		شماره نشريه	تاريخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
			اول	آخر		
بخش مراقبت‌هاي ويژه I.C.U ۲۸۷-۲	**جلد دوم** : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي	۲۸۷-۲	۱۳۸۴		۳	
	جلد سوم :راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي					
	جلد چهارم : راهنماي گروه‌بندي و مشخصات فني تجهيزات بيمارستاني					
طراحي بناهاي درماني (۳) بخش اعمال زايمان ۲۸۷-۳	**جلد يكم**:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري	۲۸۷-۳	۱۳۸۴		۳	
	جلد دوم : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي					
	جلد سوم :راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي					
	جلد چهارم : راهنماي گروه‌بندي و مشخصات فني تجهيزات بيمارستاني					
طراحي بناهاي درماني (۴) بخش بستري زايمان ۲۸۷-۴	**جلد يكم**:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري	۲۸۷-۴	۱۳۸۴		۳	
	جلد دوم : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي					
طراحي بناهاي درماني (۵) بخش نوزادان NICU ۲۸۷-۵	**جلد يكم**:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري	۲۸۷-۵	۱۳۸۵		۳	
	جلد دوم : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي					
	جلد سوم :راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي					
طراحي بناهاي درماني (۶) بخش خدمات زايمان ۲۸۷-۶	**جلد يكم**:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري	۲۸۷-۶	۱۳۸۵		۳	
	جلد دوم : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي					
	جلد سوم :راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي					
طراحي بناهاي درماني (۷) بخش خدمات زايمان ۲۸۷-۷	**جلد يكم**:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري	۲۸۷-۷	۱۳۸۵		۳	
	جلد دوم : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي					
	جلد سوم :راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي					
آيين‌نامه طرح هندسي راه‌آهن		۲۸۸	۱۳۸۳		۱	
راهنماي روش محاسبه تعديل آحاد بهاي پيمان‌ها		۲۸۹	۱۳۸۳			
دستورالعمل تهيه، ارائه و بررسي پيشنهادهاي تغيير، با نگاه مهندسي ارزش دستورالعمل تهيه و ارسال گزارش سالانه پيشنهادهاي تغيير، با نگاه مهندسي ارزش		۲۹۰				
جزئيات تيپ كارهاي آب و فاضلاب		۲۹۱	۱۳۸۴		۳	
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر		۲۹۲				
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه‌آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر		۲۹۳				
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر		۲۹۴				
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر		۲۹۵				
راهنماي بهسازي رويه‌هاي شني و آسفالتي		۲۹۶	۱۳۸۴		۳	
فرهنگ واژگان نظام فني و اجرايي كشور		۲۹۷	۱۳۸۴			
مجموعه مقالات كارگاه مشترك ايران و ژاپن (۵-۷ مهرماه ۱۳۸۳)		۲۹۸	۱۳۸۴			
فهرست جزئيات خدمات ساماندهي و تجهيز و نوسازي اراضي تحت پوشش تعاوني توليد روستايي		۲۹۹	۱۳۸۵		۲	

omoorepeyman.ir

عنوان نشريه	شماره نشريه	تاريخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آيين‌نامه طراحي بنادر و سازه‌هاي دريايي ايران (۱۱ جلد) ۱- ملاحظات محيطي و بارگذاري ۲- مصالح ۳- مكانيك خاك و پي ۴- اصول و مباني مطالعات و طراحي بنادر ۵- موج‌شكنها و سازه‌هاي حفاظتي ۶- سازه و تجهيزات پهلوگيري ۷- آبراهه و حوضچه ۸- تسهيلات و تجهيزات بهره‌برداري و پشتيباني بنادر ۹- سكوهاي دريايي ۱۰- ملاحظات زيست‌محيطي بنادر ۱۱- سازه و تجهيزات تعمير شناور	۳۰۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني عمومي روسازي راه‌آهن	۳۰۱	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل مطالعات هيدروليكي و آبشستگي پل	۳۰۲	۱۳۸۴		۳	
مشخصات فني عمومي كارهاي خطوط لوله‌هاي آب و فاضلاب شهري	۳۰۳	۱۳۸۵		۱	
راهنماي طراحي نماي ساختمان‌هاي عمومي	۳۰۴	۱۳۸۵			
شرح خدمات مطالعات برنامه‌ريزي و تهيه طرح‌هاي تفصيلي – اجرايي جنگلداري جنگل‌هاي شمال كشور	۳۰۵	۱۳۸۵			
آماده‌سازي و تميزكاري سطوح فلزي جهت اجراي پوشش	۳۰۶	۱۳۸۴		۳	
راهنماي پهنه‌بندي سيل و تعيين حد بستر و حريم رودخانه	۳۰۷	۱۳۸۴		۳	
راهنماي طراحي ديوارهاي حائل	۳۰۸	۱۳۸۴		۳	
راهنماي طراحي سازه‌اي تونل‌هاي آب‌بر	۳۰۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل و ضوابط تقسيم‌بندي و كدگذاري حوضه‌هاي آبريز و محدوده‌هاي مطالعاتي در سطح كشور	۳۱۰	۱۳۸۴			
راهنماي حفاظت كاتدي خطوط لوله و سازه‌هاي فولادي	۳۱۱	۱۳۸۴		۳	
ضوابط عمومي طراحي سازه‌هاي آبي بتني	۳۱۲	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات مهندسي مطالعات بهره‌برداري و نگهداري از سامانه‌هاي آبياري و زهكشي در حال بهره‌برداري	۳۱۳	۱۳۸۴		۳	
ارزيابي ظرفيت وام‌گيري كشاورزان در طرح‌هاي آبياري و زهكشي	۳۱۴	۱۳۸۴			
راهنماي نگهداري سامانه‌هاي زهكشي	۳۱۵	۱۳۸۴			
راهنماي تعيين دوره بازگشت سيلاب طراحي براي كارهاي مهندسي رودخانه	۳۱۶	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحي هيدروليكي ايستگاه‌هاي پمپاژ شبكه‌هاي آبياري و زهكشي»	۳۱۷	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل كنترل كيفيت در تصفيه‌خانه‌هاي آب	۳۱۸	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحي تعيين فاصله و زهكش‌هاي زيرزميني	۳۱۹	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات ارزيابي عملكرد سامانه‌هاي زهكشي زيرزميني	۳۲۰	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحي هيدروليكي سيفون‌ها و آبگذر زير جاده	۳۲۱	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل تعيين هدايت هيدروليك خاك	۳۲۲	۱۳۸۴			
دستورالعمل ارزيابي اثرات زيست‌محيطي طرح‌هاي آب و فاضلاب در مرحله اجمالي	۳۲۳	۱۳۸۴			
ضوابط طراحي ساختمان‌هاي با اتصال خرجيني	۳۲۴	۱۳۸۵		۱	

omranepeyman.ir

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
ضوابط طراحي و محاسبه ساختمان‌هاي صنعتي فولادي	۳۲۵	۱۳۸۵		۱	
دستورالعمل ساخت و اجراي بتن در كارگاه	۳۲۷	۱۳۸۵		۳	
واژه‌هاي و اصلاحات اكتشافات معدني	۳۲۸	۱۳۸۵			
فهرست خدمات مطالعات برداشت مصالح رودخانه‌اي	۳۲۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل آماربرداري از منابع آب	۳۳۰	۱۳۸۴			
راهنماي تشخيص اثرهاي اقتصادي، اجتماعي، ارزش‌گذاري و توجيه اقتصادي طرح‌هاي توسعه منابع آب	۳۳۱	۱۳۸۴			
راهنماي طراحي، ساخت و نگهداري پوشش‌ها در كارهاي مهندسي رودخانه	۳۳۲	۱۳۸۴			
شرح خدمات توجيه فني و اقتصادي- اجتماعي سامانه‌هاي آبياري تحت فشار (در سه سطح الف- ب- پ)	۳۳۳	۱۳۸۵		۳	
روش‌نامه مطالعات توجيه فني، اقتصادي- اجتماعي و زيست‌محيطي سامانه‌هاي آبياري تحت فشار	۳۳۴	۱۳۸۵		۳	
راهنماي بهره‌برداري هيدروليكي از مخزن سدهاي بزرگ	۳۳۵	۱۳۸۴		۳	
راهنماي برداشت مصالح رودخانه‌اي	۳۳۶	۱۳۸۵		۳	
ضوابط طراحي هيدروليكي ساختمان‌هاي حفاظتي و تقاطعي، تبديل و ايمني و ساختمان‌هاي حفاظت در مقابل فرسايش سامانه‌هاي آبياري	۳۳۷	۱۳۸۵		۳	
دستورالعمل ارزيابي اثرات زيست‌محيطي طرح‌هاي آب و فاضلاب در مرحله تفصيلي	۳۳۸	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني اجرايي بازيافت سرد آسفالت	۳۳۹	۱۳۸۵		۱	
تعاريف و مفاهيم در فعاليت‌هاي معدني؛ واژه‌ها و اصطلاحات پايه استخراج معدن	۳۴۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني اجرايي بازيافت گرم آسفالت	۳۴۱	۱۳۸۵		۱	
راهكار كاهش نوفه ترافيك براي ساختمانهاي حواشي بزرگراه‌هاي شهري	۳۴۲	۱۳۸۵		۳	
راهنماي طراحي آكوستيكي فضاهاي آموزشي	۳۴۳	۱۳۸۵		۳	
آيين‌نامه سازه‌هاي بتني حجيم	۳۴۴	۱۳۸۵			
راهنماي طراحي و ضوابط اجرايي تقويت ساختمانهاي بتني موجود با استفاده از الياف تقويتي FRP	۳۴۵	۱۳۸۵		۳	
ضوابط و مباني طراحي، تجهيز، نوسازي و يكپارچه‌سازي اراضي خشكه‌زاري (پنج جلد)	۳۴۶	۱۳۸۵		۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبياري تحت فشار	۳۴۷	۱۳۸۵		۱	
ضوابط انتخاب و طراحي مزرعه آزمايشي زهكشي زيرزميني	۳۴۸	۱۳۸۵		۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبياري تحت فشار	۳۴۹	۱۳۸۵		۱	
مقررات تهويه در معادن	۳۵۰				
مراحل مختلف اكتشاف ذغال سنگ	۳۵۱				
معيارهاي فني طراحي پايانه‌هاي مسافري جاده‌اي	۳۵۲				
راهنماي طراحي روسازي فرودگاه	۳۵۳				
راهنماي طراحي و اجراي بتن غلتكي در روسازي راه‌هاي كشور	۳۵۴				
دستورالعمل نظارت بر اجراي روسازي راه‌آهن	۳۵۵				
ضوابط و دستورالعمل پردازش رقومي تصاوير ماهواره‌اي ETM در استخراج نقشه كاربري و پوشش اراضي مطالعات ساماندهي دشت	۳۵۶				

omidrepeyman.ir

عنوان نشريه	شماره نشريه	تاريخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
ضـوابط عمـومي و دسـتورالعمل ايجـاد پايگـاه اطلاعـات جغرافيـايي (GIS) براي كاربردهاي مطالعاتي بخش كشاورزي و منابع طبيعي	۳۵۷				
	۳۵۸				
	۳۵۹				
دستورالعمل بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۰				
تفسير دستورالعمل بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۱				
جزئيات اجرايي بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۲				
راهنماي كار براي دستورالعمل بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۳				
دستورالعمل ارزيابي سريع لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۴				
شرح خدمات بهسازي لرزه‌اي سامانه‌هاي آبرساني	۳۶۵				
شرح خدمات بهسازي لرزه‌اي تأسيسات صنعت برق	۳۶۶				
شناسنامه فني پلها	۳۶۷				
	۳۶۸				
ضوابط احداq و بهره‌برداري از تونل مشترك تأسيسات شهري	۳۶۹				

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran

Design Guideline for Airport Pavement

No : 353

Management and Planning Organization
Office of Deputy for Technical Affairs
Technical , Criteria Codification and
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Training; Research and
Information Technology
Transportation Research Institute

2006/1385

omoorepeyman.ir

این نشریه

با عنوان "راهنمای طراحی روسازی فرودگاه" به منظور یکنواخت نمودن طراحی روسازی فرودگاههای کشور تهیه شده است .

برای تدوین این نشریه ، روشهای مختلف و معمول موجود مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به تجارب چندین ساله کشور در ساخت فرودگاه ، روش طراحی سازمان هوانوردی آمریکا (FAA) مناسب برای طراحی روسازی فرودگاههای کشور تشخیص داده شد. از اینرو مبانی روش طراحی در این نشریه از ضوابط و معیارهای مندرج در آئین‌نامه مذکور اخذ شده است.

omoorepeyman.ir