

# روسازی بتنی فرودگاه

بخش اول: مصالح، ساخت و اجرا

مؤلفین: دکتر مهدی چینی (استادیار مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

دکتر پوریا حاجی کریمی (استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین)

پروفسور فریدون مقدس نژاد (استاد دانشگاه امیر کبیر)

دکتر محسن تدین (هیأت علمی بازنشسته دانشگاه بوعلی سینا)

۲۰۳ ط ۶۰

|                     |                                                                                     |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| عنوان و نام پدیدآور | : روسازی بتنی فرودگاه: بخش اول: مصالح، ساخت و اجرا / مولفین مهدی چینی... او دیگران. |
| مشخصات نشر          | : تهران: یزدا، ۱۳۹۸.                                                                |
| مشخصات ظاهری        | : ۲۸۸ ص.                                                                            |
| شابک                | : ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۸۳-۵                                                                 |
| وضعیت فهرست‌نویسی   | : فیبا                                                                              |
| یادداشت             | : مولفین مهدی چینی، پوریا حاجی کریمی، فریدون مقدس‌نژاد، محسن تدین.                  |
| موضوع               | : فرودگاه‌ها - طرح و ساختمان                                                        |
| موضوع               | : Airports - Design and construction                                                |
| موضوع               | : روسازی - طرح و ساختمان                                                            |
| موضوع               | : Pavements - Design and construction                                               |
| موضوع               | : روسازی با بتن آسفالتی                                                             |
| موضوع               | : Pavements, Asphalt concrete                                                       |
| موضوع               | : روسازی - نگهداری و تعمیر                                                          |
| موضوع               | : Pavements - Maintenance and repair                                                |
| شناسه افزوده        | : چینی، مهدی، ۱۳۵۹ -                                                                |
| رده‌بندی کنگره      | : TL۷۲۵                                                                             |
| ردیف                | : ۶۲۹/۱۳۶                                                                           |
| شماره               | : ۵۶۹۷۰۲۰                                                                           |
| مناسبت ملی          |                                                                                     |

## روسازی بتنی، فرودگاه

بخش اول: مصالح، ساخت و اجرا

مولفین: دکتر مهدی چینی (سب‌دیار)، جز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی  
دکتر پوریا حاجی کریمی (استادیار)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین  
پروفسور فریدون مقدس‌نژاد (استاد دانشگاه)، مرکز  
دکتر محسن تدین (هیأت علمی بازنشسته)، ده ماه، ملی، ۱۳۵۹

ناشر: یزدا / چاپ اول: ۱۳۹۸ / قطع: وزیری / تعداد: ۲۸۰ صفحه

آماده‌سازی قبل از چاپ: ماهنامه تفکر معماری / طرح جلد و صفحه‌بندی: مه‌لطفی

چاپ و صحافی: یزدا / شمارگان: ۲۰۰ نسخه / بهای: ۵۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۸۳-۵

۹۷۸-۶۰۰-۱۶۵-۶۸۳-۵

### نشر یزدا و گروه نشریات

دفتر نشر و نمایشگاه دائمی: تهران، سیدخندان، خیابان ارسباران، کوچه‌ی ستاری، شماره‌ی ۲۲.  
ساختمان یزدا دورنگار: ۲۲۸۸۵۶۵۱ (۰۲۱) تلفن: ۲۲۸۸۵۶۴۷-۵۰ (۰۲۱)

توجه: به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ و همچنین قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی مصوب سال ۱۳۵۰ تمام حقوق این اثر به هر نحو برای نشر یزدا محفوظ است. نشر و بخشی تمام یا قسمتی از این کتاب بدون اجازه از ناشر، باعث پیگرد قانونی خواهد شد.

www.yazdamarket.com

خرید آنلاین:

https://www.instagram.com/yazdamarket/

اینستاگرام:



دفتر یزدا و گروه نشریات  
سازمان چاپ و نشر

## فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- محیط اجرایی ..... ۱۳
- ۲-۱- اصول روسازی های بتنی به صورت سامانه یکپارچه ..... ۱۳
- ۱-۳- بهینه سازی عملکرد بتن روسازی ..... ۱۴
- ۱-۳-۱- متغیرهای تأثیر گذار بر عملکرد بتن ..... ۱۴
- ۲-۳-۱- خواص عملکردی بتن ..... ۱۵
- ۴-۱- ساختار کتاب حاضر ..... ۱۷

## فصل دوم: خاک بستر و لایه زیر اساس

- ۱-۲- مقدمه ..... ۲۱
- ۲-۲- عملیات تمیزکاری و ریشه زنی خاک ..... ۲۱
- ۱-۲-۲- روش های اجرا ..... ۲۱
- ۳-۲- تحقیقات محلی ..... ۲۴
- ۱-۳-۲- بررسی خاک بستر ..... ۲۴
- الف) شناسایی زمین ..... ۲۴
- ب) فاصله گمانه های اولیه ..... ۲۴
- ج) عمق گمانه ها ..... ۲۴
- د) نمونه ها ..... ۲۷
- ه) محل قرضه ها ..... ۲۷
- و) مخاطرات زیست محیطی ..... ۲۷
- ۴-۲- الزامات آزمایش و طبقه بندی خاک ..... ۲۸
- ۱-۴-۲- الزامات آزمایش خاک ..... ۲۸
- ۲-۴-۲- طبقه بندی خاک ..... ۲۸
- ۳-۴-۲- آزمایش های تراکم خاک ..... ۲۹

- ۳۰-۴-۴-۲- آزمایش های مقاومت خاک در محل
- ۳۰-۴-۴-۲- آزمایش های مقاومت خاک
- ۳۳-۴-۴-۲- نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)
- ۳۹-۴-۴-۲- آزمایش باربری صفحه
- ۴۰-۴-۴-۲- سایر آزمایش های تعیین مقاومت خاک
- ۴۱-۵-۲- تراز کردن و تراکم خاک بستر
- ۴۱-۵-۲- ۱- تراز کردن
- ۴۱-۵-۲- ۲- برداشتن به نامناسب
- ۴۲-۵-۲- ۳- آماده سازی به سطح خاکریز
- ۴۲-۵-۲- ۴- اجرای خاکریز
- ۴۵-۵-۲- ۵- ضوابط متراکم سازی
- ۴۷-۵-۲- ۶- حفاظت از سطح تراز شده خاک
- ۴۸-۵-۲- ۷- عملیات تسطیح و تراز کردن خاک
- ۴۹-۵-۲- ۸- متراکم کردن خاک بستر برای روسازی های صاف در موارد متداول
- ۵۰-۵-۲- ۹- روش های رسیدگی به خاک های مشکل دار
- ۵۴-۶-۲- ۱- تثبیت خاک بستر
- ۵۴-۶-۲- ۱- تثبیت با آهک
- ۵۷-۶-۲- ۲- تثبیت با سیمان
- ۵۷-۶-۲- ۳- تثبیت مکانیکی
- ۵۸-۶-۲- ۴- ژئوسینتتیک ها
- ۵۹-۷-۲- ۷- یخبندان
- ۵۹-۷-۲- ۱- یخبندان فصلی
- ۶۰-۷-۲- ۲- پتانسیل یخبندان
- ۶۱-۷-۲- ۳- عمق نفوذ یخبندان
- ۶۱-۷-۲- ۴- آب های آزاد

- ۶۱-۷-۲-۵- یخبندان دائمی ..... ۶۱
- ۶۲-۷-۲-۶- تثبیت مناطق دارای یخبندان های فصلی ..... ۶۲
- ۶۳-۸-۲-۸- غلتک زدن و آماده سازی بستر ..... ۶۳
- ۶۵-۹-۲-۹- زیراساس ..... ۶۵

### فصل سوم: لایه اساس

- ۷۳-۱-۳-۱- مقدمه ..... ۷۳
- ۷۳-۲-۳-۲- لایه اساس انعطاف پذیر (P-۲۰۸) [۱۸] ..... ۷۳
- ۷۴-۱-۲-۳-۱- نمونه برداری و آسایش های مربوط به الزامات مصالح لایه اساس انعطاف پذیر ..... ۷۴
- ۸۱-۳-۳-۳- لایه اساس دانه های شکسته (P-۲۰۹) [۱۸] ..... ۸۱
- ۸۲-۱-۳-۳-۱- نمونه برداری و آزمایش های مربوط به الزامات مصالح لایه اساس دانه ای شکسته ..... ۸۲
- ۸۴-۲-۳-۳- آماده سازی لایه خاک بستر و زیراساس ..... ۸۴
- ۸۸-۴-۳-۴- لایه اساس کالیشه (P-۲۱۰) [۱۸] ..... ۸۸
- ۹۴-۵-۳-۵- لایه اساس سنگ آهک (P-۲۱۱) [۱۸] ..... ۹۴
- ۱۰۱-۶-۳-۶- لایه اساس پوسته صدفی (P-۲۱۲) [۱۸] ..... ۱۰۱
- ۱۰۸-۷-۳-۷- لایه اساس ماسه-رسی (P-۲۱۳) [۱۸] ..... ۱۰۸
- ۱۱۴-۸-۳-۸- لایه اساس با مصالح بتن بازیافتی (P-۲۱۹) [۱۸] ..... ۱۱۴
- ۱۲۲-۱۰-۳-۱۰- لایه اساس خاک و سیمان (P-۳۰۱) [۱۸] ..... ۱۲۲
- ۱۲۸-۱۱-۳-۱۱- انتخاب، طراحی و ترکیب لایه اساس تثبیت شده و نفوذپذیر در روسازی های سخت فرودگاه ..... ۱۲۸
- ۱۲۸-۱-۱۱-۳-۱- عملکرد لایه اساس تثبیت شده و نفوذپذیر ..... ۱۲۸
- ۱۲۹-۲-۱۱-۳-۲- ملاحظات لایه اساس تثبیت شده در روند طراحی روسازی صلب در FAA ..... ۱۲۹
- ۱۳۲-۳-۱۱-۳-۳- ملاحظات لایه اساس نفوذپذیر در روند طراحی روسازی صلب در FAA ..... ۱۳۲
- ۱۳۲-۴-۱۱-۳-۴- انتخاب نوع لایه اساس ..... ۱۳۲
- ۱۳۶-۵-۱۱-۳-۵- تصمیم گیری در خصوص انتخاب نوع لایه اساس ..... ۱۳۶

## فصل چهارم: انتخاب مصالح و طرح اختلاط لایه اساس

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۱۴۱ | ۱-۴- مقدمه                                                |
| ۱۴۱ | ۲-۴- لایه اساس تثبیت شده با سیمان (CTB)                   |
| ۱۴۱ | ۱-۲-۴- مصالح لایه اساس تثبیت شده با سیمان (CTB)           |
| ۱۴۳ | ۲-۲-۴- الزامات طرح اختلاط CTB                             |
| ۱۴۵ | ۳-۴- لایه اساس بتنی کم عیار (LCB)                         |
| ۱۴۵ | ۱-۳-۴- مصالح لایه اساس بتنی کم عیار (LCB)                 |
| ۱۴۷ | ۲-۳-۴- الزامات طرح اختلاط LCB                             |
| ۱۴۸ | ۴-۴- لایه اساس تثبیت شده با قیر (ATB)                     |
| ۱۴۹ | ۱-۴-۴- مصالح لایه اساس تثبیت شده با قیر (ATB)             |
| ۱۵۱ | ۲-۴-۴- الزامات طرح اختلاط ATB                             |
| ۱۵۲ | ۵-۴- لایه اساس نفوذپذیر اصلاح شده با سیمان (CTPB)         |
| ۱۵۲ | ۱-۵-۴- مصالح لایه اساس نفوذپذیر اصلاح شده با سیمان (CTPB) |
| ۱۵۳ | ۲-۵-۴- الزامات طرح اختلاط CTPB                            |
| ۱۵۴ | ۶-۴- لایه اساس نفوذپذیر اصلاح شده با قیر (ATPB)           |
| ۱۵۴ | ۱-۶-۴- مصالح لایه اساس نفوذپذیر اصلاح شده با قیر (ATPB)   |
| ۱۵۵ | ۲-۶-۴- الزامات طرح اختلاط ATPB                            |
| ۱۵۶ | ۷-۴- چوک استون (خرده سنگ)                                 |
| ۱۵۷ | ۸-۴- مصالح لایه جداساز                                    |
| ۱۵۷ | ۱-۸-۴- مصالح                                              |

## فصل پنجم: اجرای لایه اساس تثبیت شده و نفوذپذیر

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| ۱۶۷ | ۱-۵- مقدمه                      |
| ۱۶۷ | ۲-۵- اقدامات پیش از ساخت و اجرا |
| ۱۶۷ | ۱-۲-۵- ساخت مقطع آزمایشی        |

|     |                                                     |
|-----|-----------------------------------------------------|
| ۱۷۰ | ۳-۵- ساخت مصالح لایه اساس                           |
| ۱۷۰ | ۳-۵-۱- لایه اساس اصلاح شده با سیمان (CTB)           |
| ۱۷۵ | ۳-۵-۲- لایه اساس بتنی کم عیار (LCB)                 |
| ۱۸۰ | ۳-۵-۳- لایه اساس اصلاح شده با قیر (ATB)             |
| ۱۸۱ | ۳-۵-۴- لایه اساس نفوذپذیر اصلاح شده با سیمان (CTPB) |
| ۱۸۵ | ۳-۵-۵- لایه اساس نفوذپذیر اصلاح شده با قیر (ATPB)   |

### فصل ششم: مشخصات مصالح مورد استفاده در بتن

|     |                                          |
|-----|------------------------------------------|
| ۱۹۳ | ۶-۱- مقدمه                               |
| ۱۹۳ | ۶-۲- سنگدانه‌های مصرفی                   |
| ۱۹۳ | ۶-۲-۱- کیفیت و دانه‌بندی مصالح ریزش      |
| ۱۹۴ | ۶-۲-۲- کیفیت و دانه‌بندی مصالح درشت‌دانه |
| ۱۹۹ | ۶-۲-۳- واکنش‌زایی سنگدانه‌ها با قیر      |
| ۲۰۰ | ۶-۳- سیمان                               |
| ۲۰۱ | ۶-۴- مواد چسباننده (افزودنی بودری معدنی) |
| ۲۰۱ | ۶-۴-۱- خاکستر بادی                       |
| ۲۰۱ | ۶-۴-۲- سر باره                           |
| ۲۰۱ | ۶-۴-۳- پوزولان طبیعی                     |
| ۲۰۲ | ۶-۴-۴- خاکستر بادی و پوزولان بسیار ریز   |
| ۲۰۲ | ۶-۵- آرماتور فولادی                      |
| ۲۰۲ | ۶-۶- میلگردهای انتقال و دوخت             |
| ۲۰۳ | ۶-۷- آب                                  |
| ۲۰۳ | ۶-۸- افزودنی‌های شیمیایی                 |
| ۲۰۴ | ۶-۸-۱- افزودنی حباب‌ساز                  |
| ۲۰۴ | ۶-۸-۲- افزودنی کاهنده آب یا روان کننده   |

- ۲۰۴ ..... ۳-۸-۶- سایر افزودنی‌ها
- ۲۰۴ ..... ۴-۸-۶- نیترات لیتیوم
- ۲۰۵ ..... ۹-۶- رزین اپوکسی
- ۲۰۵ ..... ۱۰-۶- مواد عمل‌آوری بتن
- ۲۰۶ ..... ۱۱-۶- مواد و مصالح درزگیری
- ۲۰۶ ..... ۱-۱۱-۶- مواد درزگیر فشاری (پیش‌ساخته)
- ۲۰۶ ..... ۱۱-۶- مواد درزگیر
- ۲۰۶ ..... ۳-۱۱-۶- تیل پشته

## فصل هفتم: طرح مخلوط بتن

- ۲۰۹ ..... ۱-۷- مقدمه
- ۲۱۰ ..... ۲-۷- مبانی طرح
- ۲۱۰ ..... ۱-۲-۷- مقاومت هدف طرح و حاشیه امنی
- ۲۱۱ ..... ۲-۲-۷- روانی بتن
- ۲۱۲ ..... ۳-۲-۷- آب آزاد، آب کل، آب مصرفی
- ۲۱۲ ..... ۴-۲-۷- نوع سنگدانه‌ها
- ۲۱۳ ..... ۵-۲-۷- دانه‌بندی سنگدانه‌ها
- ۲۱۴ ..... ۶-۲-۷- سیمان
- ۲۱۴ ..... ۷-۲-۷- شرایط عمل‌آوری و سن آزمایش
- ۲۱۵ ..... ۸-۲-۷- دوام
- ۲۱۶ ..... ۳-۷- مدارک فنی روش طرح مخلوط
- ۲۱۷ ..... ۴-۷- چارچوب خواسته‌های طرح مخلوط
- ۲۱۹ ..... ۵-۷- مصرف مواد افزودنی شیمیایی

- ۲۱۹ ..... ۷-۵-۱- مواد حباب ساز
- ۲۱۹ ..... ۷-۵-۲- مواد افزودنی کاهنده آب
- ۲۲۰ ..... ۷-۵-۳- نیترات لیتیوم
- ۲۲۰ ..... ۷-۵-۴- سایر مواد افزودنی شیمیایی
- ۲۲۰ ..... ۷-۶-۱- بازه مصرف مواد سیمانی
- ۲۲۰ ..... ۷-۶-۱- خاکستر بادی
- ۲۲۱ ..... ۷-۶-۲- سازه
- ۲۲۱ ..... ۷-۶-۳- پوزولن طبیعی خام یا کلسینه شده
- ۲۲۱ ..... ۷-۶-۴- خاکسترهای ریز و پوزولان خیلی ریز
- ۲۲۲ ..... ۷-۷- آزمایشگاه طرح خراط و آرایش های لازم
- ۲۲۲ ..... ۷-۷-۱- شرایط آزمایشگاه طرح مخلوط
- ۲۲۲ ..... ۷-۷-۲- آزمون ها و آزمایش های لازم
- ۲۲۴ ..... ۷-۸-۱- تعیین نسبت ها و مقادیر اجزای طرح مخلوط بتن
- ۲۲۴ ..... ۷-۸-۱- کلیات
- ۲۲۷ ..... ۷-۸-۲- روش ملی طرح مخلوط
- ۲۴۰ ..... ۷-۸-۳- روش ملی طرح مخلوط
- ۲۴۳ ..... ۷-۹-۱- جزئیات ساخت مخلوط آزمایشی
- ۲۴۳ ..... ۷-۹-۱- کلیات
- ۲۴۴ ..... ۷-۹-۲- ساخت مخلوط آزمون آزمایشگاهی
- ۲۴۷ ..... ۷-۱۰- انجام آزمایش های لازم روی مخلوط آزمون در آزمایشگاه
- ۲۴۸ ..... ۷-۱-۱- اصلاح (تعدیل) طرح مخلوط اولیه
- ۲۴۹ ..... ۷-۱۲- ارائه طرح مخلوط نهایی بتن
- ۲۵۰ ..... ۷-۱۳- مثالی از طرح مخلوط به روش ملی
- ۲۵۰ ..... ۷-۱۳-۱- فرضیات و داده ها

۲۵۰ ..... ۲-۱۳-۷- تعیین نسبت‌های اختلاط

## فصل هشتم: اجرای رویه بتنی

۲۵۵ ..... ۱-۸- مقدمه

۲۵۵ ..... ۲-۸- بتن‌ریزی رویه بتنی PCC

۲۵۵ ..... ۱-۲-۸- زمان بتن‌ریزی PCC پس از اجرای لایه اساس

۲۵۶ ..... ۲-۲-۸- تراز لایه جداساز

۲۵۶ ..... ۳-۲-۸- عمل‌آوری PCC

۲۵۷ ..... ۴-۲-۸- درزهای دال PCC

۲۵۷ ..... ۵-۲-۸- بتن‌ریزی در هوای گرم و سرد

۲۵۸ ..... ۳-۸- عملکرد روسازی صلب در سنین اولیه

۲۵۹ ..... ۱-۳-۸- ترک‌خوردگی زودهنگام روسازی‌های صلب

۲۸۵ ..... مراجع