

# تکنولوژی بتن

مؤلف: عبدالکریم رفیعی راد



انتشارات آذر نهان

۱۳۹۸

|                     |                                            |
|---------------------|--------------------------------------------|
| سرشناسه             | : رفیعی راد، عبدالکریم، ۱۳۵۰-              |
| عنوان و نام پدیدآور | : تکنولوژی بتن / مولف عبدالکریم رفیعی راد. |
| مشخصات نشر          | : تهران: راز نهان، ۱۳۹۸.                   |
| مشخصات ظاهری        | : ۲۷۰ ص.                                   |
| شابک                | : ۹۷۸-۶۰۰-۴۴۸-۷۵۶-۶                        |
| وضعیت فهرست نویسی   | : فیپا                                     |
| موضوع               | : بتن                                      |
| موضوع               | : Concrete                                 |
| رده ندی کسر         | : TA۴۳۹                                    |
| رده بندز دیوید      | : ۶۲۰/۱۳۶                                  |
| شماره کتابشناسی     | : ۵۸۵۵۵۱۹                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <p>آدرس: میدان، امف، اول جمال زاده جنوبی، کوچه دانشور، پلاک ۱۲، واحد ۲<br/> شماره تماس: ۰۲۱۶۶۹۰۱۸۴۱ - ۰۹۱۲۲۳۳۰۲۶۹<br/> ادرس الكترونی: <a href="mailto:raznahanbook@gmail.com">raznahanbook@gmail.com</a><br/> آدرس سایت: <a href="http://www.raznahanbook.com">www.raznahanbook.com</a></p> |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| عنوان کتاب.....         | تکنولوژی بتن.....        |
| مؤلف.....               | عبدالکریم رفیعی راد..... |
| صفحه آرا.....           | رضا کاوه.....            |
| طراح جلد.....           | رضا رفیعی راد.....       |
| ناشر.....               | راز نهان.....            |
| ویراستار ادبی.....      | رویا احمد امرجی.....     |
| شمارگان.....            | ۲۰۰ نسخه.....            |
| نوبت چاپ.....           | اول ۱۳۹۸.....            |
| قیمت.....               | ۴۰،۰۰۰ تومان.....        |
| ISBN: 978-600-448-756-6 |                          |

# فهرست مطالب

|         |                                                  |
|---------|--------------------------------------------------|
| ۱۱..... | پیشگفتار                                         |
| ۱۳..... | فصل اول: «اشیایی با بتن»                         |
| ۱۵..... | ۱-۱ تعریف بتن                                    |
| ۱۶..... | ۲-۱ بتن آرمه                                     |
| ۱۷..... | ۳-۱ مزایا و معایب بتن آرمه در یک سازه بتنی       |
| ۲۲..... | ۴-۱ انواع بتن و کاربردهای آن                     |
| ۲۳..... | ۱-۴-۱ بتن معمولی                                 |
| ۲۳..... | ۲-۴-۱ بتن سبک                                    |
| ۲۵..... | ۱-۲-۴-۱ بتن سبک هوادار اتوکلاو شده               |
| ۲۶..... | ۲-۲-۴-۱ تاریخچه بتن سبک                          |
| ۲۷..... | ۳-۲-۴-۱ مزایای بتن سبک                           |
| ۲۸..... | ۴-۲-۴-۱ معایب بتن سبک                            |
| ۲۸..... | ۵-۲-۴-۱ طبقه‌بندی بتن سبک                        |
| ۳۳..... | ۳-۴-۱ بتن سنگین                                  |
| ۳۵..... | ۴-۴-۱ بعضی دیگر از انواع بتن                     |
| ۴۱..... | فصل دوم: «سیمان و انواع آن»                      |
| ۴۳..... | ۱-۲ مقدمه                                        |
| ۴۴..... | ۲-۲ سیمان                                        |
| ۴۵..... | ۱-۲-۲ تاریخچه‌ی سیمان در ایران و جهان            |
| ۴۷..... | ۲-۲-۲ تولید سیمان در ایران                       |
| ۴۸..... | ۳-۲-۲ انواع سیمان‌ها بر اساس منشاء               |
| ۴۹..... | ۴-۲-۲ ترکیبات شیمیایی و مواد تشکیل دهنده‌ی سیمان |

|          |                                                                            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|
| ۵۳.....  | ۵-۲-۲ انواع سیمان پرتلند                                                   |
| ۵۹.....  | ۳-۲ حرارت هیدراتاسیون سیمان                                                |
| ۵۹.....  | ۴-۲ سطح مخصوص سیمان                                                        |
| ۶۰.....  | ۵-۲ زمان گیرش سیمان                                                        |
| ۶۱.....  | ۶-۲ آزمایش‌های سیمان                                                       |
| ۶۳.....  | ۷-۲ ضوابط الزامی بسته‌بندی، حمل و نقل، انبار کردن و مصرف سیمان‌های کیسه‌ای |
| ۶۶.....  | ۸-۲ ضوابط بسته‌بندی، حمل و نگهداری سیمان‌های فله‌ای                        |
| ۶۹.....  | <b>فصل سوم: «سنگ‌دانه‌های مصرفی در بتن و خواص آنها»</b>                    |
| ۷۱.....  | ۱-۳ مقدمه                                                                  |
| ۷۳.....  | ۲-۳ شناسایی ماسه و شن مصرفی در بتن                                         |
| ۷۷.....  | ۴-۳ تقسیم‌بندی سنگ‌دانه‌ها با توجه به رطوبت سطحی و جذب آب دانه‌ها          |
| ۷۸.....  | ۵-۳ مدول نرمی یا ضریب نرمی                                                 |
| ۷۹.....  | ۶-۳ مقاومت دانه‌های سنگی در برابر سایش                                     |
| ۷۹.....  | ۷-۳ مقاومت دانه‌های سنگی در برابر یخ‌زدگی                                  |
| ۸۰.....  | ۸-۳ مواد مضر سنگ‌دانه‌ها                                                   |
| ۸۳.....  | <b>فصل چهارم: «آب در بتن»</b>                                              |
| ۸۵.....  | ۱-۴ مقدمه                                                                  |
| ۸۶.....  | ۲-۴ نقش آب در بتن                                                          |
| ۸۷.....  | ۳-۴ میزان مصرف آب در بتن                                                   |
| ۸۸.....  | ۴-۴ محاسن استفاده از نسبت آب به سیمان کمتر                                 |
| ۸۹.....  | ۵-۴ معایب استفاده از نسبت آب به سیمان بیشتر                                |
| ۹۰.....  | ۶-۴ خواص آب مصرفی از دیدگاه آیین نامه مبحث ۹                               |
| ۹۱.....  | ۷-۴ اثرات مواد موجود در آب اختلاط بر کیفیت بتن                             |
| ۹۵.....  | <b>فصل پنجم: «مواد افزودنی بتن»</b>                                        |
| ۹۷.....  | ۱-۵ تعریف افزودنی‌های بتن                                                  |
| ۹۸.....  | ۲-۵ انواع مواد افزودنی تک‌منظوره                                           |
| ۹۹.....  | ۱-۲-۵ ماده افزودنی کندگیرکننده                                             |
| ۹۹.....  | ۲-۲-۵ ماده افزودنی تندگیرکننده                                             |
| ۱۰۰..... | ۱-۲-۲-۵ مواد افزودنی زودگیر                                                |
| ۱۰۱..... | ۳-۲-۵ مواد افزودنی تقلیل دهنده‌های آب                                      |

|         |                                             |     |
|---------|---------------------------------------------|-----|
| ۱-۳-۲-۵ | روان کننده های معمولی                       | ۱۰۱ |
| ۲-۳-۲-۵ | فوق روان کننده ها                           | ۱۰۳ |
| ۳-۳-۲-۵ | آبر روان کننده ها                           | ۱۰۴ |
| ۴-۳-۲-۵ | مواد افزودنی حباب ساز                       | ۱۰۴ |
| ۵-۲-۵   | مواد افزودنی چسبنده و دفع کننده های آب      | ۱۰۶ |
| ۶-۲-۵   | مواد افزودنی ضد یخ                          | ۱۰۶ |
| ۷-۲-۵   | مواد افزودنی میکروسلیس                      | ۱۰۸ |
| ۸-۲-۵   | سایر مواد افزودنی متفرقه                    | ۱۰۸ |
| ۳-۵     | سرطان بتن                                   | ۱۰۹ |
|         | انواع مواد افزودنی چند منظوره               | ۱۱۰ |
| ۱۱۱     | <b>فصل ششم: طرح اختلاط بتن به روش «ACI»</b> |     |
| ۱-۶     | مقدمه                                       | ۱۱۳ |
| ۲-۶     | شرح طرح اختلاط بتن به روش ACI               | ۱۱۴ |
| ۱-۲-۶   | فرضیات پنج گانه طراحی                       | ۱۱۵ |
| ۲-۲-۶   | گام های طرح اختلاط بتن به روش ACI           | ۱۱۶ |
| ۱۳۷     | <b>فصل هفتم: «خواص بتن تازه»</b>            |     |
| ۱-۷     | مفهوم کارایی بتن تازه                       | ۱۳۹ |
| ۲-۷     | آزمایش های تعیین کارایی بتن                 | ۱۴۰ |
| ۱-۲-۷   | آزمایش اسلامپ                               | ۱۴۰ |
| ۲-۲-۷   | آزمایش تعیین ضریب تراکم بتن                 | ۱۴۳ |
| ۳-۲-۷   | آزمایش میز سیلان                            | ۱۴۴ |
| ۴-۲-۷   | آزمایش گلوله کلی                            | ۱۴۵ |
| ۳-۷     | عوامل مؤثر بر کارایی بتن                    | ۱۴۵ |
| ۴-۷     | جداشدگی دانه ها                             | ۱۴۸ |
| ۱-۴-۷   | عوامل درونی جداشدگی یا عوامل ایجاد استعداد  | ۱۴۹ |
| ۲-۴-۷   | عوامل بیرونی جداشدگی                        | ۱۵۰ |
| ۳-۴-۷   | کرمو شدن بتن ناشی از جداشدگی                | ۱۵۱ |
| ۵-۷     | آب انداختن بتن                              | ۱۵۳ |
| ۱۵۵     | <b>فصل هشتم: «اجرای بتن»</b>                |     |
| ۱-۸     | مقدمه                                       | ۱۵۷ |

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ۱۵۸ | ۲-۸ انواع مخلوط کردن بتن                                 |
| ۱۵۸ | ۱-۲-۸ مخلوط کردن دستی                                    |
| ۱۵۹ | ۲-۲-۸ مخلوط کردن مکانیکی                                 |
| ۱۶۳ | ۳-۲-۸ اصول به کارگیری مخلوط کن ها                        |
| ۱۶۴ | ۳-۸ کارخانه تولید بتن آماده                              |
| ۱۷۰ | ۴-۸ تقسیم بندی ایستگاه های تولید بتن از مناظر مختلف      |
| ۱۷۳ | ۵-۸ حمل و نقل بتن                                        |
| ۱۸۲ | ۶-۸ پمپاژ بتن                                            |
| ۱۸۵ | ۱-۸ تراکم و تحکیم بتن تازه                               |
| ۱۸۶ | ۸-۱ روش های تراکم بتن                                    |
| ۱۸۶ | ۱-۸-۸ تراکم دستی                                         |
| ۱۸۸ | ۸-۸-۸ تراکم مکانیکی                                      |
| ۱۹۴ | ۹-۸ تراکم مجدد بتن                                       |
| ۱۹۶ | ۱۰-۸ پرداخت بتن                                          |
| ۱۹۷ | ۱-۱۰-۸ شمشه یا تراز کردن                                 |
| ۱۹۸ | ۲-۱۰-۸ تخته ماله کش                                      |
| ۲۰۰ | ۳-۱۰-۸ ماله کشی                                          |
| ۲۰۱ | ۱۱-۸ پرداخت نهایی                                        |
| ۲۰۲ | ۱۲-۸ توقف در عملیات پرداخت                               |
| ۲۰۵ | <b>فصل نهم: «مفهوم عمل آوری بتن»</b>                     |
| ۲۰۷ | ۱-۹ عمل آوری بتن                                         |
| ۲۰۸ | ۲-۹ اهداف عمل آوردن بتن                                  |
| ۲۱۰ | ۳-۹ عوامل مؤثر در عمل آوری بتن                           |
| ۲۱۱ | ۴-۹ روش های مراقبت یا عمل آوری بتن                       |
| ۲۲۱ | ۵-۹ مدت زمان عمل آوری بتن                                |
| ۲۲۲ | ۶-۹ بتن ریزی در هوای سرد                                 |
| ۲۲۳ | ۱-۶-۹ تدابیر لازم در بتن ریزی هوای سرد                   |
| ۲۲۶ | ۲-۱-۶-۹ تدبیر در حمل و اجرای بتن در هوای سرد             |
| ۲۲۷ | ۳-۱-۶-۹ تدبیر در کارگاه و عمل آوری بتن در هوای سرد       |
| ۲۲۹ | ۲-۶-۹ دمای توصیه شده در مراحل مختلف بتن ریزی در هوای سرد |

|     |       |         |                                                              |
|-----|-------|---------|--------------------------------------------------------------|
| ۲۳۰ | ..... | ۳-۶-۹   | محافظت از بتن پس از بتن‌ریزی در هوای سرد                     |
| ۲۳۱ | ..... | ۷-۹     | بتن‌ریزی در هوای گرم                                         |
| ۲۳۳ | ..... | ۱-۷-۹   | آثار نامطلوب هوای گرم بر بتن تازه                            |
| ۲۳۳ | ..... | ۲-۷-۹   | آثار نامطلوب بتن‌ریزی در هوای گرم بر بتن سخت شده             |
| ۲۳۵ | ..... | ۳-۷-۹   | جمع‌شدگی خمیری در بتن‌ریزی هوای گرم                          |
| ۲۳۵ | ..... | ۴-۷-۹   | تدابیر لازم در بتن‌ریزی هوای گرم                             |
| ۲۳۶ | ..... | ۱-۴-۷-۹ | تدبیر در ساخت بتن در هوای گرم                                |
| ۲۳۹ | ..... | ۲-۴-۷-۹ | تدبیر در حمل و ریختن بتن در هوای گرم                         |
| ۲۴۰ | ..... | ۴-۴-۷-۹ | تدبیر در عمل‌آوری بتن و کنترل تبخیر آب                       |
| ۲۴۱ | ..... |         | <b>فصل دهم: «عوامل بتن سخت شده، پایایی بتن»</b>              |
| ۲۴۳ | ..... | ۱-۱۰    | مقدمه                                                        |
| ۲۴۳ | ..... | ۲-۱۰    | مقاومت فشار                                                  |
| ۲۴۸ | ..... | ۳-۱۰    | مقاومت کششی بتن                                              |
| ۲۵۰ | ..... | ۴-۱۰    | مقاومت ضربه‌ای بتن                                           |
| ۲۵۱ | ..... | ۵-۱۰    | مدول الاستیسیته استاتیکی بتن                                 |
| ۲۵۱ | ..... | ۶-۱۰    | مدول الاستیسیته دینامیکی بتن                                 |
| ۲۵۲ | ..... | ۷-۱۰    | ضریب پواسون بتن                                              |
| ۲۵۲ | ..... | ۸-۱۰    | خزش یا وارفنگی بتن                                           |
| ۲۵۶ | ..... | ۹-۱۰    | آفت یا آبرفتگی یا جمع‌شدگی بتن                               |
| ۲۵۹ | ..... | ۱۰-۱۰   | پایایی بتن                                                   |
| ۲۶۰ | ..... | ۱-۱۰-۱۰ | عوامل کاهنده پایایی بتن و روش‌های پیشگیری از کاهش پایایی بتن |
| ۲۶۹ | ..... |         | <b>منابع</b>                                                 |

## پیش‌گفتار

بسیاری از موادی که به صورت طبیعی پیدا می‌شوند (مانند رس، ماسه، چوب، سنگ و حتی شاخ و برگ‌های کوچک)، برای ساختن یک ساختمان کاربرد دارند. این مصالح ابتدایی که بشر در اختیار داشت، مصالح طبیعی و معدنی بود. با افزایش جمعیت و احساس نیاز انسان به مسکن و ابنیه‌ی بیشتر، ساخت و ساز به صورت یک صنعت درآمد و خلأ مصالح مصنوعی و دست‌ساز بشر با خصوصیتی بهتر از مصالح طبیعی احساس شد؛ و به‌غیر از مواد و مصالح طبیعی، برخی از مواد ساخته شده توسط انسان نیز به صورت ترکیبی، در ساخت‌وساز استفاده گردید. با پیشرفت تدریجی علوم مختلف بشری و به‌وجود آمدن مواد و مصالح جدید، ساخت و ساز نیز رونق بیشتری گرفت و در بسیاری از کشورها، تولید مصالح ساختمانی به صورت یک صنعت درآمد و مشاغل و پیشه‌های زیادی را به‌وجود آورد. امروزه این مصالح، از چنان تنوعی برخوردار هستند که هر روز شاهد ورود انواع جدیدی از آن‌ها در بازار هستیم. سرعت ساخت و سازها که امروزه به‌عنوان یک تکنولوژی مدرن درآمد است، صرفاً به‌دلیل نوع مصالح به‌کار رفته در آن‌هاست. در این



میان شاید بتوان از چوب، سنگ، فولاد و بتن به عنوان پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی نام برد. این کتاب تلاشی در جهت معرفی بیشتر بتن به عنوان یکی از مصالح ساختمانی که از دیرباز توسط انسان مورد استفاده قرار گرفته می‌باشد.

امیدوارم این کتاب بتواند به دانشجویان رشته مهندسی عمران و معماری و کلیه علاقه‌مندان در شناخت بیشتر بتن کمک نماید. این کتاب ممکن است مانند هر کتاب دیگری دارای خطا و نقص نیز باشد. لذا از خوانندگان تقاضا می‌کنم که بنده را از پیشنهادات خود محروم نزنمایند.

عبدالکریم رفیعی راد

۱۳۹۸

arafieerad@yahoo.com