

صلى الله عليه وسلم



سدهای خاکی

و

ساختار آن



---

سرشناسه	: خلفی، احسان، ۱۳۶۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: سدهای خاکی و ساختار آن / احسان خلفی.
مشخصات نشر	: شیراز: گنج علم، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۱۱۱ ص.: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۸۵-۴۱-۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: سدهای خاکی
موضوع	: Earth dams
رده بندی کنگره	: TC۵۴۳/خ۸س۴ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	: ۸۳/۶۲۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۴۷۵۵۵۳

---

# سدهای خاکی و ساختار آن

---

احسان خلفی



## سدهای خاکی و ساختار آن

نویسنده: احسان خلفی

ویراستار: سعید طاووسی

صفحه آرا: گلنوش بروسان

طراح جلد: مریم مظفری

ناشر: گنج علم

چاپ اول: پاییز ۹۷

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۰۸۵-۴۱-۰

بها: ۲۲۰۰۰ تومان

آدرس: شیراز، پارامونت، ابتدای خیابان قصردشت، کوچه ۱، پلاک ۱

انتشارات گنج علم

تلفن: ۰۷۱۳۲۳۰۴۰۱۷

آدرس سایت: [www.gpub.ir](http://www.gpub.ir)

ایمیل: [Ganjelpub@gmail.com](mailto:Ganjelpub@gmail.com)

«کلیه ی حقوق چاپ و نشر محفوظ و متعلق به ناشر است.»

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کسی تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مولف (ناشر) نشر یا پخش و عرضه کند، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

## فهرست مطالب

### ۱ | پیشگفتار

#### فصل اول

تاریخچه سد و سدسازی	۵
سد و سازه‌های آبی در ایران	۶
سدسازی از دوره هخامنشیان تا قبل از اسلام	۸
تاریخچه سدسازی در دنیا	۱۶

#### فصل دوم

انواع سدها	۱۹
تقسیم بندی سدها براساس مصالح بکار رفته و نحوه‌ی ساخت	۱۹
تقسیم بندی سدها براساس کاربرد	۲۶

#### فصل سوم

سدهای خاکی و ساختار آنها	۳۳
انواع سدهای خاکی	۳۵
انتخاب نوع سد خاکی و ابعاد هندسی	۴۲
شیب دامنه‌ها	۴۴
عرض تاج	۴۵
ارتفاع آزاد	۴۶
سر ریزها	۴۷

#### فصل چهارم

خرابی در سدهای خاکی و مساله تراوش	۶۹
نشست سد	۷۳
اثرات نشست سد	۷۵
مساله تراوش	۷۹

روشهای کنترل تراوش	۸۲
کنترل تراوش در فونداسیون و دیوارهای جانبی سد	۸۴
کنترل تراوش از پی سد	۸۵
زهکش‌ها	۸۷
صافی‌های و فیلترها	۹۱
آب بندها	۹۳
تزریق	۹۶
تراکم خاک در سدهای خاکی	۱۰۰
کلیاتی که در طراحی سدخاکی باید در نظر گرفته شود	۱۰۴

## ۱۰۷ | منابع



## پیشگفتار

مه‌ار آبها و هدایت آن به مناطقی که کمبود آب دارند هدف اصلی احداث سدها می باشد. یک سد می تواند با اهداف مختلف طراحی و ساخته شود که این اهداف می تواند شامل: آبیاری زمین های زراعی، تأمین آب آشامیدنی، تولید برق، آب، کنترل سیلابها، حفاظت خاک و ... باشد.

سد می تواند از نوع مخزنی یا انحرافی باشد. سد مخزنی، آبهای موجود در فصلهای پر آب را جهت فصلهای کم آب ذخیره می سازد. سد انحرافی تنها سطح آب را به اندازه کافی بالا می آورد تا آب به مسیرهای مورد نظر (کانال آب و ...) هدایت گردد.

سدها بطور کلی به دو دسته تقسیم می گردند:

۱. سدهای بتنی (و یا در گذشته با مصالح غیر بتن) که بصورت وزنی

یا قوسی ساخته می شدند.

۲. سدهای خاکی و سنگریزه‌ای

سدهای خاکی به لحاظ مزایای آنها از جمله استفاده از مصالح طبیعی موجود و روش اجرای نسبتاً ساده آنها و طبیعتاً هزینه ساخت کمتر همواره مورد توجه بوده اند. سدهای خاکی را تقریباً در روی هر نوع فونداسیون و یا سایتی که برای ساخت سازه های بتنی نامناسب هستند می توان اجرا نمود. برای ساخت این نوع سدها به شرط آن که در ناحیه بندی مصالح به کار رفته دقت شود از انواع مختلفی از مصالح ساختمانی می توان در هنگام ساخت بهره جست.

در سال های اخیر، ساخت سدهای خاکی و سنگریزه ای نسبت به دیگر انواع سدها رواج بیشتری یافته است که دلایل آن عبارتند از:

- ✓ در اکثر کشورهای مرفعی مناطق مناسب برای احداث سدهای بتنی قبلاً مورد استفاده قرار گرفته و دیگر یافت نمی شود.
- ✓ هزینه عملیات خاکی برای سدهای خاکی نسبت به عملیات بتنی دارای رشد کمتری بوده است.

از سال ۱۹۵۵ تاکنون تعداد سدهای خاکی بزرگ (یعنی آن هایی که دارای ارتفاع بیش از ۱۵ متر می باشند) با آهنگی تقریباً برابر با ۲۰۰ سد در سال در سطح دنیا در حال افزایش بوده است. بر طبق آمار ارائه شده توسط ICOLD (کمیته بین المللی سدهای بزرگ)<sup>۱</sup> در حال حاضر بلندترین سدهای جهان عبارتند از سد نورک<sup>۲</sup> با ارتفاع ۳۰۰ متر که در کشور شوروی سابق احداث گردید و سد

<sup>۱</sup> International Commission on Large Dams

<sup>۲</sup> Nurek

روگان<sup>۱</sup> با ارتفاع ۳۳۵ متر که این سد نیز در شوروی سابق ساخته شده است. هر دو این سدها از نوع سدهای خاکی می باشند. از مسائل اصلی که در سدهای خاکی و سنگریزه ای وجود دارد مسئله تراوش از داخل بدنه سد می باشد.

نشت آب در پایین دست سدها می تواند به صورت افزایش رطوبت، ایجاد نرمی در خاک همراه با توسعه پوشش گیاهی، جریان های متمرکز و کانالی شکل از آب و یا به شکل افزایش آب دهی چشمه ها و بالا آمدن سطح پیزومتری آب زیرزمینی در پایین دست مشاهده شود و تا غیر اقتصادی شدن سد پیش رود.

همچنین، فرار آب می تواند باعث ناپایداری در سد یا سازه های وابسته گردد. تا کنون حدود ده هزار سد با ارتفاع بیش از ۳۰ متر بنا شده است که در اغلب آنها توصیه های موجود کمیسیون بین المللی سدهای بزرگ در رابطه با مبانی، معیارها، ضوابط مطالعات، طراحی، ساخت، بهره برداری و نگهداری مد نظر قرار گرفته است. سازندهای کارستی بر خلاف آبخوان های آبرفتی ناهماهنگی زیادی دارند. معمولاً کارستی را می توان به سه محیط متفاوت از نظر خصوصیات هیدرولیکی تقسیم کرد. این محیطها شامل خلل و فرج متخلخل یا زمینه، درز و شکافها و مجاری کارستی می باشند.

مجاری کارستی دارای ذخیره کم و سرعت جریان زیاد هستند در حالیکه سیستم درز و شکافها و زمینه متخلخل دارای ذخیره زیاد و سرعت جریان کم می باشند

---

<sup>۱</sup> Rogun

در سدهای خاکی ناحیه بندی شده، برای جلوگیری از تراوش از بدنه سد معمولاً یک هسته خاکی ناتراوای متراکم مرکزی یا شیبدار به سمت بالادست و یا هسته رسی مخلوط ایجاد می‌گردد. ابعاد هسته بستگی به قابلیت دسترسی و خواص مصالح محل یا نزدیک آن، و نیاز به جلوگیری از گرادیان‌های تراوشی بالا خواهد داشت. هسته سد خاکریز به صورت هسته رسی غلتک خورده یا یک ناحیه غیرقابل نفوذ مثل پوششی ضخیم یا دیافراگمی نازک یا ورقه های چوبی، فولادی، آسفالتی یا مصالح بنایی اجرا می‌شود. آب در حین عبور از هسته سد به دلیل نفوذپذیری بسیار کم، مقدار زیادی از انرژی پتانسیل خود را بدلیل اصطکاک از دست می‌دهد و در نتیجه مقدار نشت نیز به تناسب کاهش می‌یابد.

مسئله نشت از سدهای خاکی با حدود ۵۲٪ آمار تخریب سد ناشی از نشت یا آثار و تبعات مربوط به آن از اهمیت ویژه ای در مباحث محاسباتی و تحلیل و طراحی سد برخوردار است. از آنجا که نشت از سدهای خاکی مسئله ای اجتناب ناپذیر است لذا در مراحل محاسبه و اجرای طرح باید به نحوی عمل شود که در درجه اول میزان دبی آب تراوش یافته از بدنه و پی سد تا حد مناسب کاهش یافته و سپس مسیر مناسب زهکشی طراحی و اجرا گردد.

بدیهی است که بررسی و تحقیق بر روی موضوع چگونگی عملکرد سیستمهای آب بند و یا زهکش نیز به همین میزان دارای اهمیت و اعتبار است.