



مهندسین مشاور تهران سحاب



طرح اختلاط بتن غلتکی سد چشمه عاشق

دکتر شاه قاسمی
حمیدرضا عراقیان

مهندسین مشاور تهران سحاب

کمیته ملی سدهای بزرگ ایران
۷ اسفند ۱۳۹۳

موقعیت طرح



محل احداث سد
مخزنی چشمه
عاشق



مهندس مشاور تهران سحاب



❖ سد بتنی غلتکی چشمه عاشق در استان فارس در منطقه قطرویه
نزدیکی شهر نیریز با مشخصات زیر در حال ساخت می باشد:

■ نوع سد: بتنی وزنی با بتن غلتکی

■ طول تاج سد: ۳۶۰ متر

■ شیب پائین دست بدنه: ۱ قائم به ۰.۷ افق

■ ارتفاع حداکثر از سنگ بستر: ۶۰ متر

■ عرض قاعده در بزرگترین مقطع سد: ۵۱ متر

■ عرض تاج سد: ۶ متر

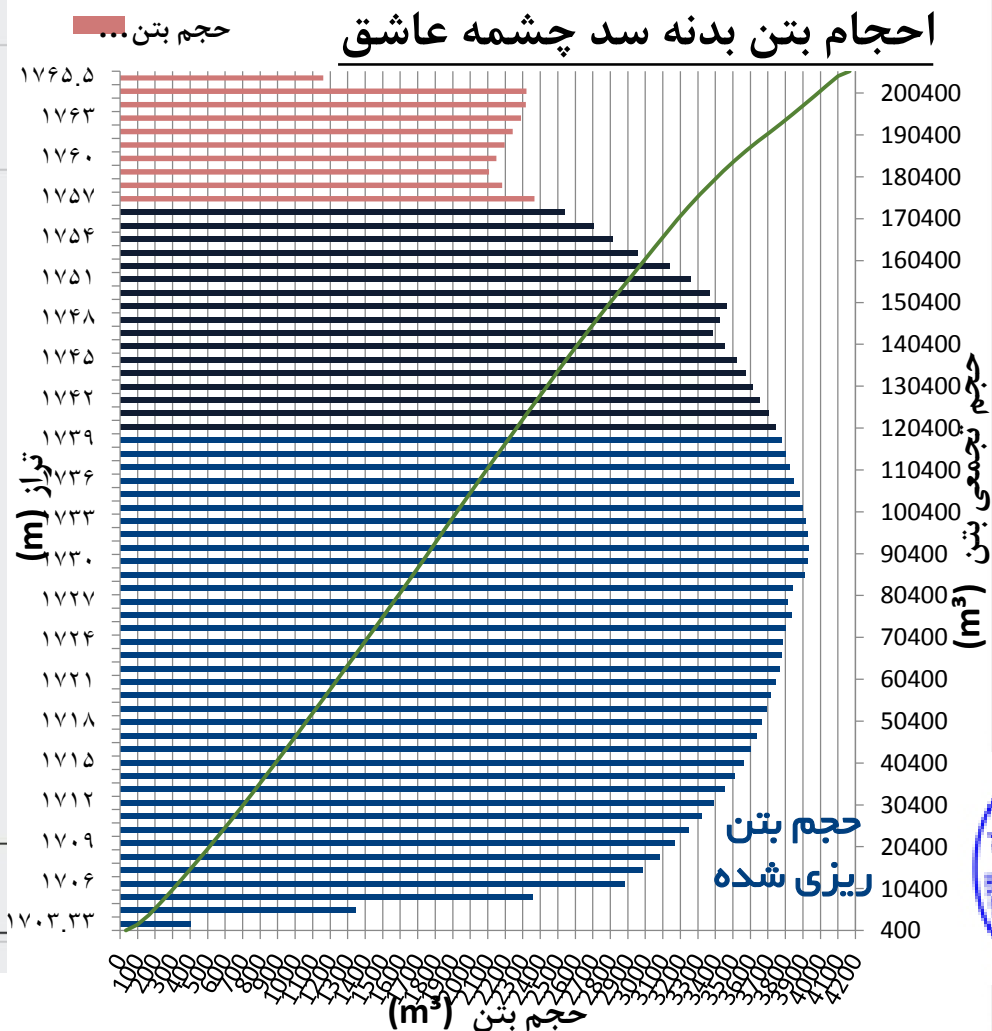
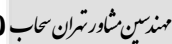
■ حجم خاکبرداری بدنه: ۷۰۰۰۰ متر مکعب

■ حجم کل بتن بدنه: ۲۴۳۰۰۰ متر مکعب

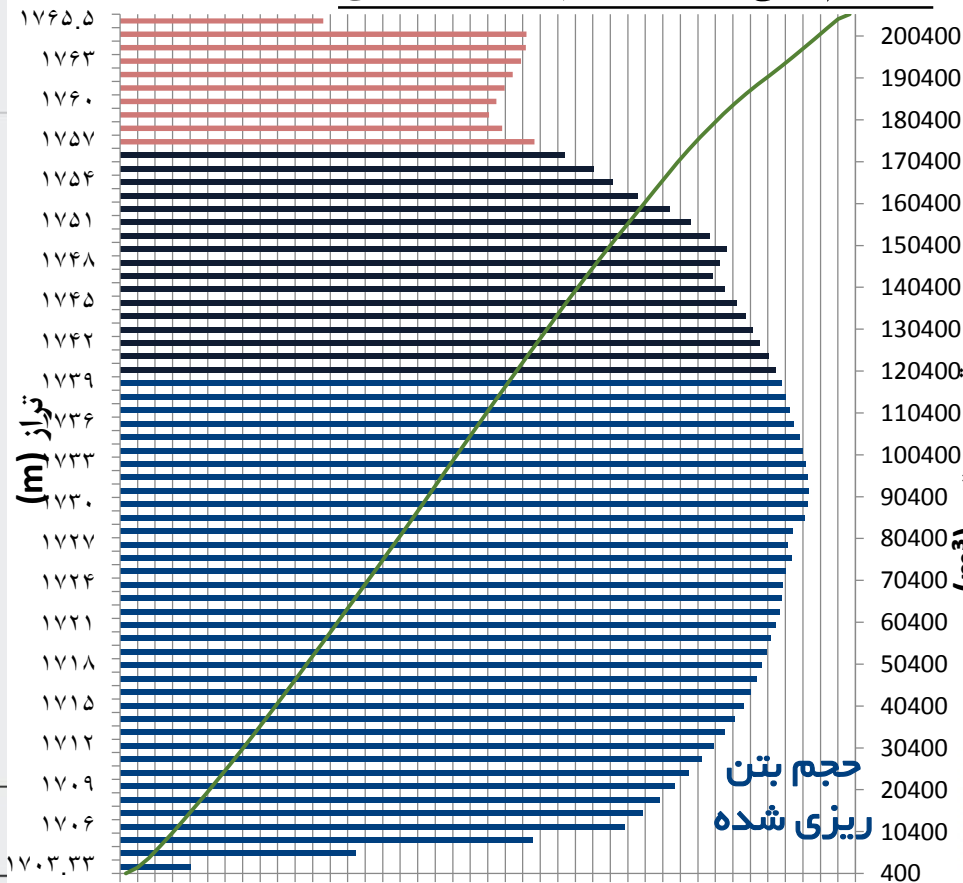


مهندس مشاور تهران صاحب





+1756.00



حجم بتن ریزی شده

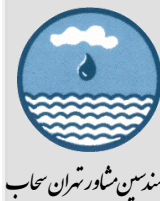
حجم بتن (m³)

مفاهیم بنیادی در خصوص بتن غلتکی

❖ بتن غلتکی طبق تعریف بتنی است که بدلیل روانی کم بوسیله غلتک متراکم می شود و پس از تراکم به بتنی مشابه بتن معمولی تبدیل می گردد.

❖ تفاوت بتن غلتکی با بتن معمولی در جای گذاری (Placing) و تراکم آن است، بنابراین بتن حاصل اختلاف معنی داری با بتن معمولی نخواهد داشت.

❖ صرفه اقتصادی اجرای بتن غلتکی بر خلاف تصور رایج در کاهش زمان اجرای سازه است و در کاهش میزان سیمان مصرفی نمی باشد.



مهندس مشاور تهران سحاب



روند طراحی طرح اختلاط بتن غلتکی

❖ بررسی مواد و مصالح مورد استفاده

❖ خواسته های مقاومت فشاری و مقاومت کششی بخصوص در درزهای افقی

❖ تعیین حداکثر مقدار مواد سیمانی مجاز با توجه به محدودیتهای حرارتی و روش اجرا

❖ تعیین روانی مورد نظر با توجه به ماشین آلات اجرایی

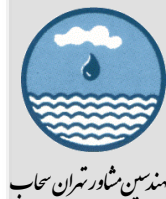
❖ بررسی زمانهای مورد نیاز در اجرا با توجه به آب و هوای منطقه طرح و تعیین افزودنیهای مورد نیاز

❖ تعیین نسبت اختلاط بهینه مواد و مصالح برای حداقل فضای خالی بین مواد سیمانی ، ریزدانه ها و درشت دانه ها

❖ تعیین نیاز به مواد پرکننده (فیلرها)

❖ تعیین آب مورد نیاز برای دستیابی به

روانی مورد نظر



مهندس مشاور تهران صاحب



مواد و مصالح مورد استفاده در سد چشمه عاشق



❖ مصالح سنگی از معدن رودخانه ای در نزدیکی بدنه سد تأمین می گردد. معدن به لحاظ ریزدانه در فقر کامل بوده است.

❖ مصالح سنگی کارگاه دارای سختی بسیار بالا بوده است به نحوی که میزان عبوری الک ۲۰۰ سیستم ماسه ساز به دلیل سائیدگی چکشها به سرعت کاهش می یافت.

❖ کارخانه سیمان استهبان برای تأمین سیمان با قابلیت تولید سیمان پوزولانی ویژه مورد تایید قرار گرفت.

❖ پوزولان سیرجان به عنوان مواد سیمانی استفاده شد.

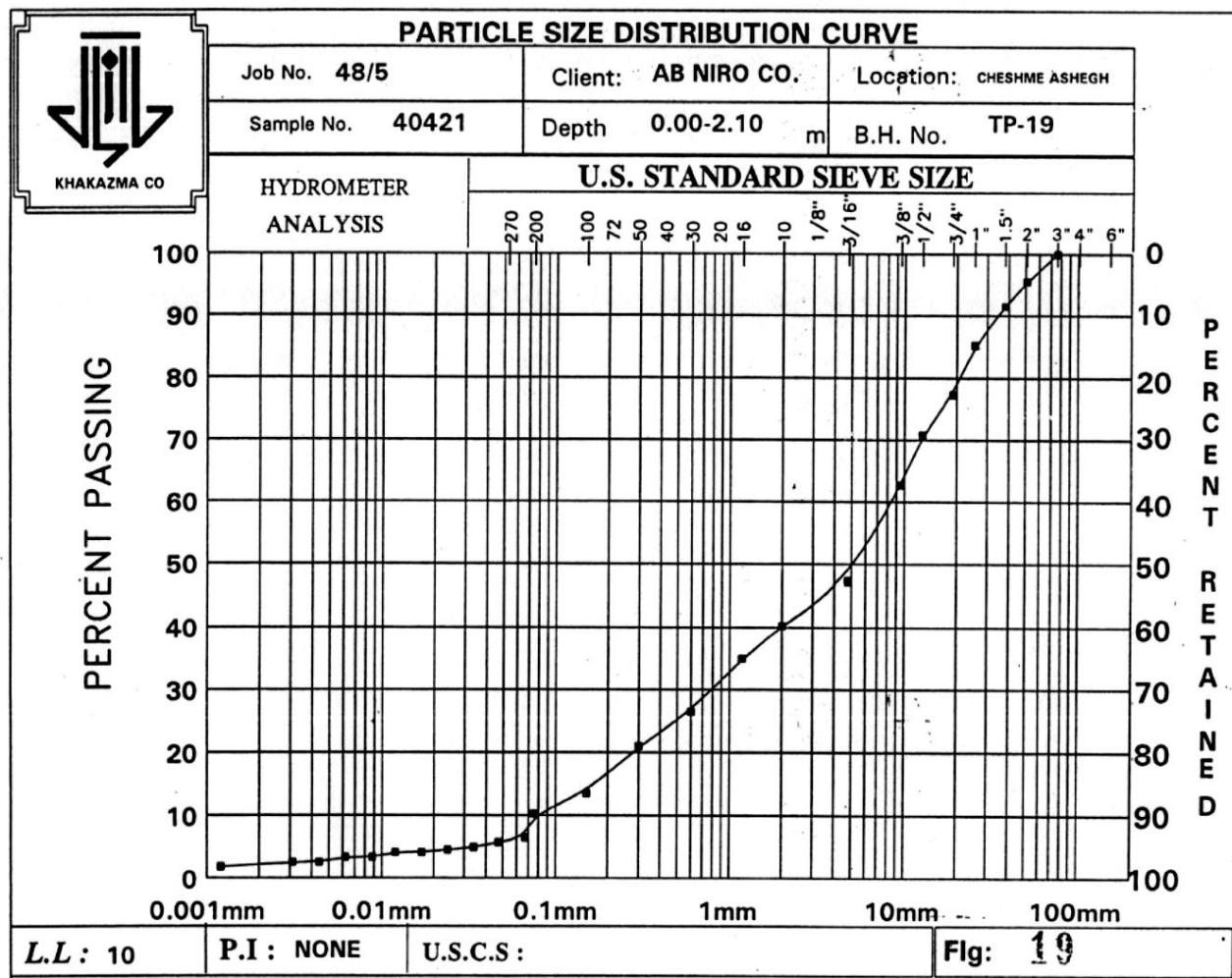
❖ آب از محل کارگاه تأمین گردید.



مهندس مشاور تهران سحاب



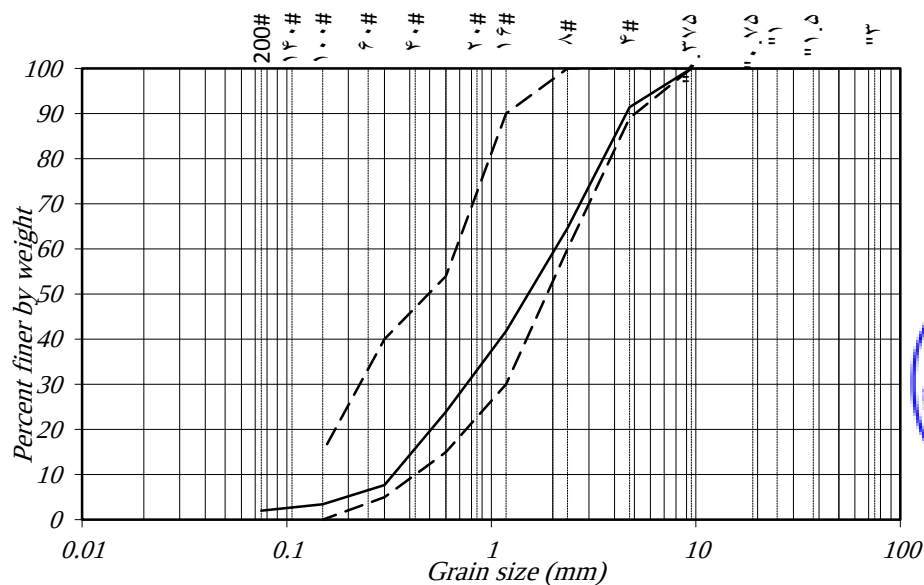
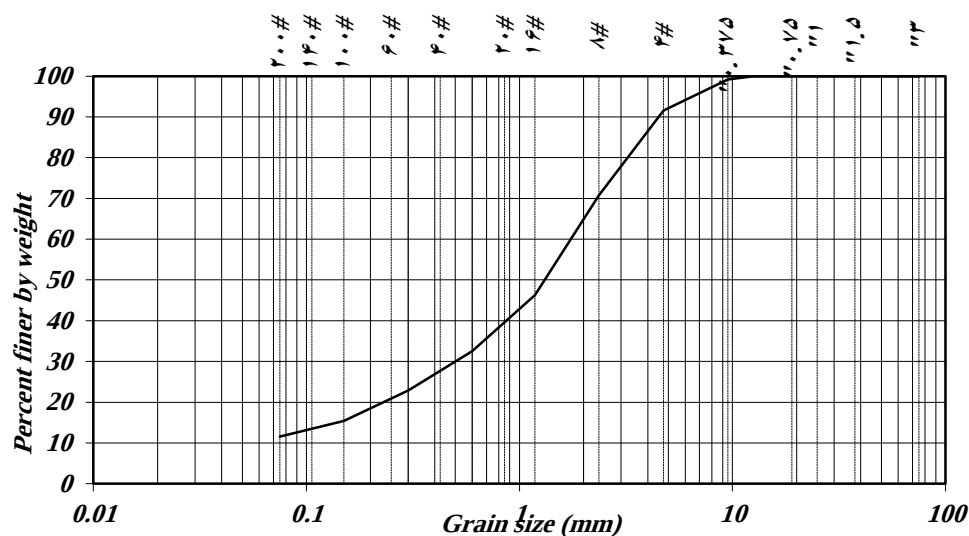
مصالح سنگی معدن قرصه



وزارت منابع طبیعی و شهرسازی



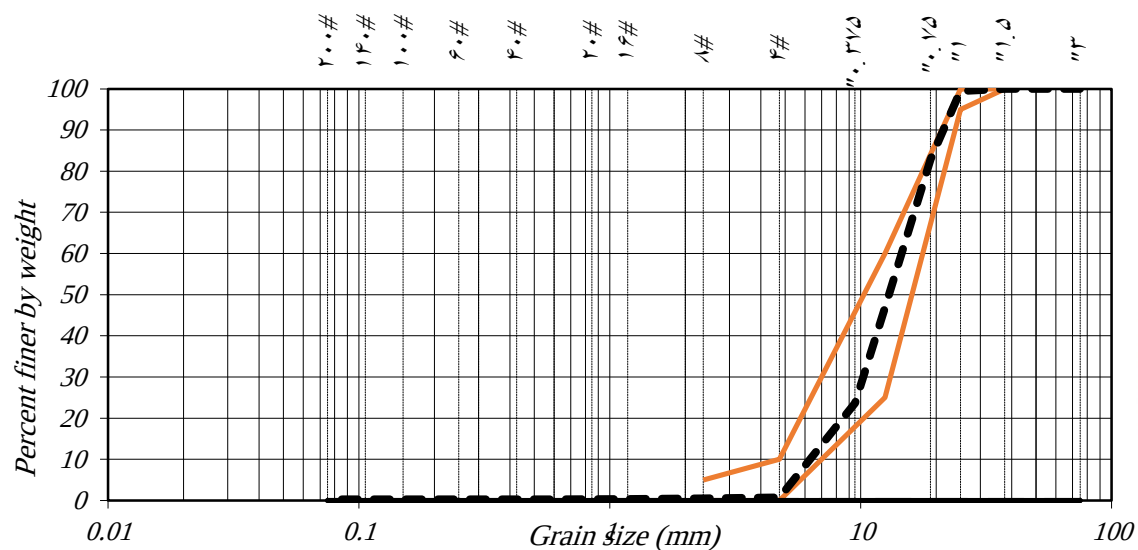
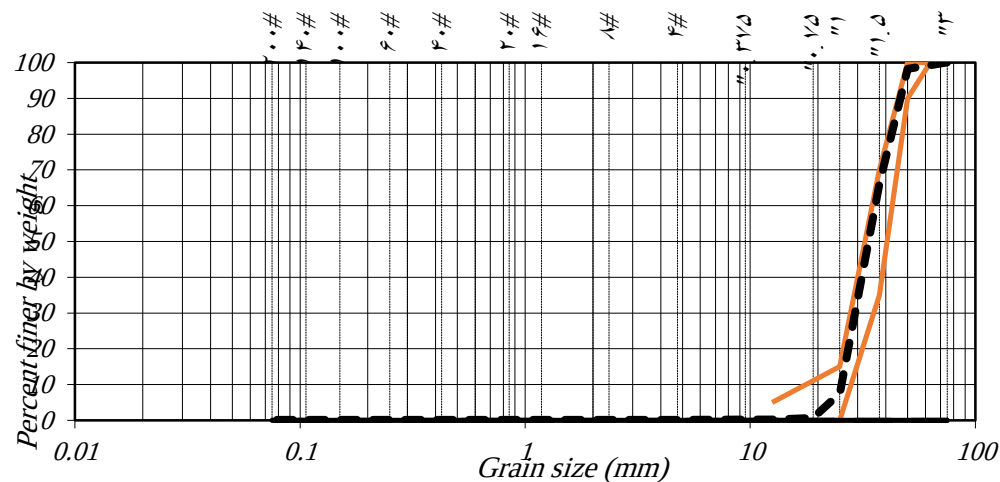
منحنی دانه بندی ماسه تولیدی (شکسته و طبیعی)



مهندسین مشاور تهران سحاب



منحنی دانه بندی شن شکسته (۵-۲۵) و (۲۵-۵۰)



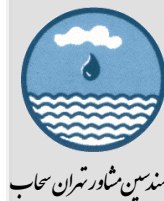
مهندس مشاور تهران سحاب



پوزولان سیرجان

❖ پوزولان سیرجان از نوع N (طبیعی) می باشد. آنالیز شیمیائی انجام شده بر روی آن خواص آن را به صورت زیر نشان می دهد:

Component	Percent
Al ₂ O ₃	60.5
SiO ₂	18
Fe ₂ O ₃	3.6
CaO	6.5
MgO	1.9
Na ₂ O	0
K ₂ O	0.28
LOI	5.8



خواسته های طراحی از طرح اختلاط

❖ مقاومت مشخصه طرح اختلاط حداقل برابر با 120 kg/cm^2 باشد.

❖ زمان وی بی اولیه بین ۲۰ تا ۲۵ ثانیه منظور شد لیکن بعداً به ۱۰ تا ۱۴ ثانیه در زمان اجرا کاهش داده شد.

❖ بتن باید خمیری و با حداقل جداشدگی باشد. (تأمین حداقل خمیر طبق استانداردهای معتبر)

❖ نسبت حجم خمیر به ملات در طرح اختلاط حداقل برابر با 0.43 باشد.

❖ حمل و ریختن بتن غلتکی بوسیله کامیون خواهد بود.



مهندس مشاور تهران سحاب



ساخت نمونه های طرح اختلاط

❖ طرحهای اختلاط در آزمایشگاه ساخته و چهار طرح در بستر آزمایشی مورد بررسی قرار گرفتند.



نمونه های بتن غلتکی در آزمایشگاه

شماره طرح	سیمان	آب آزاد	ماسه شسته	ماسه شکسته	شن ۲۵-۵۰	شن ۵	زمان وی بی	دانسیته بتن تازه	Vp/ Vm
1	160	99	35%	8%	39%	18%	40	2465	0.35
2	160	99	35%	8%	39%	18%	40	2470	0.35
3	156	99	35%	8%	39%	18%	16	2467	0.36
4	140	90	35%	8%	38%	18%	21	2460	0.36
5	156	96	35%	8%	39%	18%	20	2450	0.35
6	156	96	14%	29%	39%	18%	21	2459	0.4
7	140	96	14%	29%	38%	18%	16	2452	0.39
8	160	100	0%	48%	35%	17%	21	2448	0.4
9	160	105	0%	48%	35%	17%	15	2443	
10	140	105	33%	8%	35%	24%	12	2488	
11	180	100	12%	25%	30%	33%	11	2473	0.44
12	200	100	12%	25%	30%	33%	15	2486	0.46



مهندسین مشاور عمران سبز



میزان مواد سیمانی در طرح اختلاط

مواردی که در انتخاب طرح اصلی و سوق یافتن به سمت طرحهای اختلاط بهینه نقش داشتند عبارتند از:

❖ وجود ریزدانه طبیعی کم و با کیفیت نامناسب در معدن فرضه

❖ سختی بسیار زیاد مصالح سنگی به نحوی که تولید پودر از آن غیر اقتصادی بوده و در ماسه ساز موجود نیز هر دو تا سه هفته میزان مصالح ریزتر از ۷۵ میکرون به ۱۰ درصد کاهش می یافت که در نتیجه چکش های دستگاه تعویض میگردید.

❖ وجود پوزولان مرغوب و امکان تولید سیمان با ۴۰ درصد پوزولان در کارخانه استهبان.

❖ با توجه به موارد فوق آنالیز اقتصادی انجام شد که افزایش مواد سیمانی نسبت به تولید فیلر گزینه برتر بوده است.

❖ در نهایت با توجه به برتری اقتصادی استفاده از مواد سیمانی برای تأمین خمیر لازم در بتن غلتکی و همچنین نوسانات ریزدانه در سیستم تولید مصالح استفاده از مواد سیمانی بیشتر در دستور کار قرار گرفت.

❖ طبق مراجع معتبر بطور متوسط حدود ۷ درصد مصالح عبوری از الک ۲۰۰ در کل بتن غلتکی مورد نیاز است که به دلایل گفته شده در طرح اختلاط نهائی این مقدار حدود ۳/۵ درصد بوده است که به ناچار بقیه با استفاده از مصالح سیمانی و پوزولان تأمین شده است.



نمائی از بتن غلتکی در آزمایشگاه



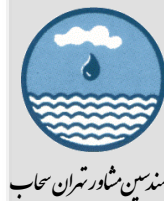
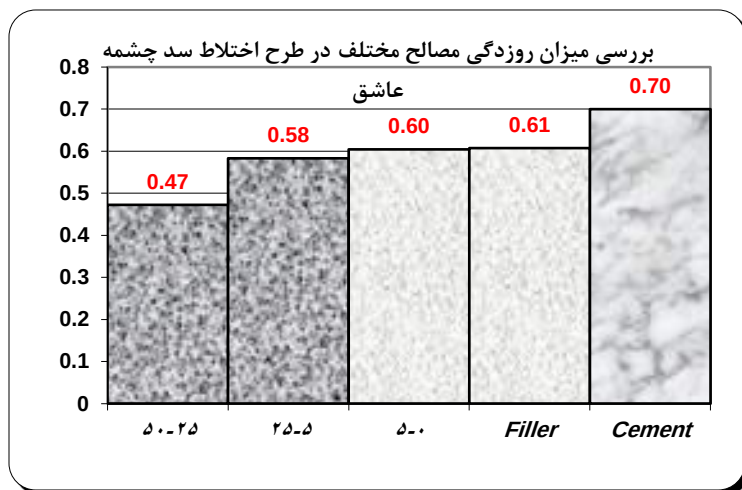
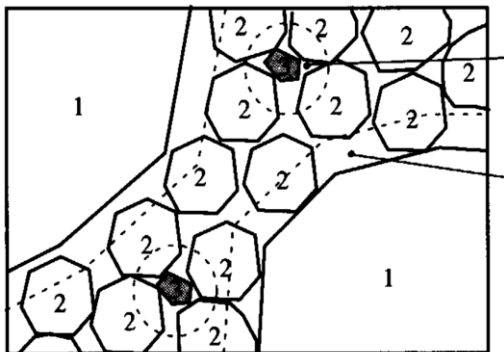
مهندس مشاور تهران صاحب



مدل ریاضی طرح اختلاط برای بتن غلتکی

❖ در طرحهای اختلاط نهایی از مدل ریاضی طرح اختلاط (که توسعه مدل تراکم مواد و استخراج و کالیبراسیون پارامترهای آن با انطباق با طرح های متعدد طی ۹ سال گذشته تکمیل شده) استفاده گردید. این مدل در طرحهای اختلاط بتن معمولی، بتن غلتکی و... بطور موفق مکررا مورد استفاده قرار گرفته است.

❖ طبق محاسبه مدل میزان جداشدگی طرح نهائی در حالت بهینه قرار داشته است، که نتایج آزمایشات نیز موید این موضوع است.



مهندس مشاور تهران سحاب



اجرای آزمایشی طرح اختلاط بتن غلتکی

❖ پس از طی مراحل آزمایشگاهی، طرحهای اختلاط برگزیده در بستر آزمایشی و با ماشین آلات نهائی پیمانکار در اجراء مورد بررسی قرار گرفتند.

❖ طرحهای شماره ۶، ۹، ۱۱ و ۱۲ در بستر آزمایشی مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت بدلیل ریزدانه کم و جداشدگی زیاد طرحهای ۶ و ۹ طرح ۱۱ و برای وجود حاشیه اطمینان در برابر تغییرات پودر سنگ در مصالح سنگی طرح ۱۲ با حاشیه اطمینان مناسب مورد تأیید قرار گرفت.

❖ میزان خمیر طرح نهائی بتن غلتکی در حدود ۰/۱۸۶ میباشد تقریباً در حداقل قابل قبول قرار دارد.

نمائی از بستر آزمایشی بتن غلتکی

2011/09/14



مهندس مشاور تهران صاحب



اجرای بتن غلتکی در بدنه سد

❖ در زمان اجرای بتن غلتکی، آزمایش های دانسیته برجا با استفاده از NDG نشان دهنده تراکم پذیری مناسب طرح اختلاط بود.

❖ درصد تراکم در عمق ۲۵ سانتیمتری بیشتر از درصد تراکم در عمق ۱۵ بوده است. متوسط تراکم در عمق ۱۵ سانتیمتری بیش از عمق ۵ سانتیمتری بوده است.

❖ متوسط تراکم برجا در حدود ۹۹/۵ درصد بوده است.

نمایی از بتن غلتکی در زیر غلتک

2012/01/16



مهندس مشاور تهران صاحب



آزمایشهای انجام شده بر روی بتن غلتکی

آزمایشهای مکرر بر روی نمونه ها و نیز آزمایشهای برجا به شرح زیر در طرح انجام شده است:

- ❖ تعیین مقاومت فشاری بتن غلتکی در سنین ۷ تا ۳۶۵ روزه؛
- ❖ تعیین مقاومت کششی مستقیم و غیر مستقیم بتن غلتکی در سنین یک ساله؛
- ❖ تعیین نفوذپذیری بتن غلتکی در درزها؛
- ❖ آزمایش مغزه گیری طویل از بتن غلتکی در بدنه سد؛
- ❖ تعیین درصد مغزه های به هم چسبیده در محل درز.



مهندس مشاور تهران سحاب



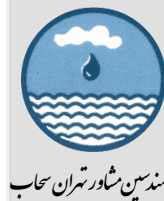
آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن غلتکی



❖ نمونه های استوانه ای برای تعیین مقاومت فشاری غلتکی در سنین مختلف استفاده گردیدند. لازم به توضیح است مقاومت های بالا و رشد نسبتاً زیاد مقاومت فشاری بدلیل تأثیر پوزولان و بهینه سازی طرح اختلاط بوده است.

❖ واحدها کیلوگرم بر سانتیمتر مربع هستند.

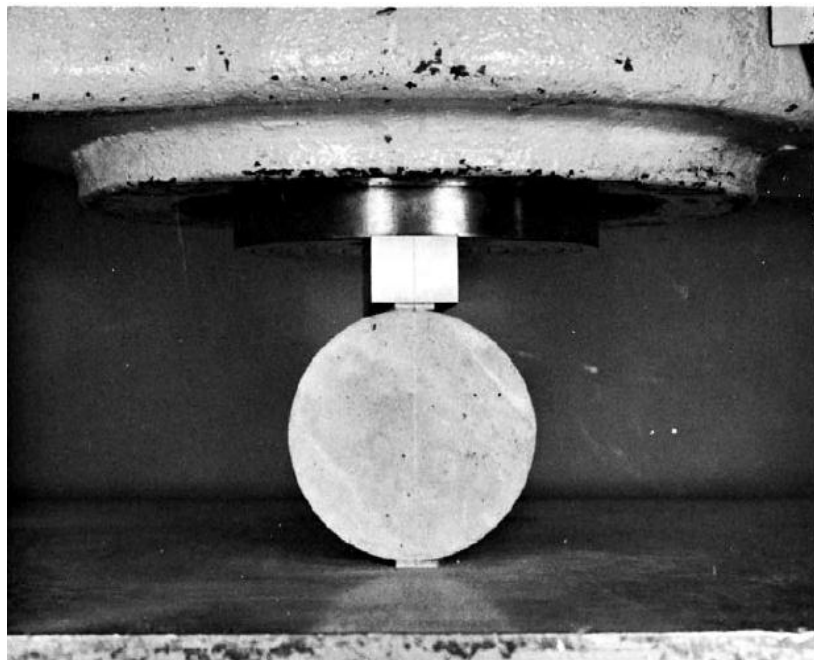
7 days	28 days	180 days	365 days
160	230	290	330



مهندس مشاور تهران صاحب



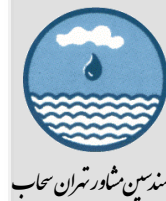
آزمایش تعیین مقاومت غیر مستقیم جسم بتن غلتکی



❖ نمونه های استوانه ای برای تعیین مقاومت کششی غیر مستقیم (برزیلی) در آزمایشگاه کارگاه تعیین مقاومت گردیدند. در سن ۳۶۵ روزه بیش از ۸۰ درصد مصالح سنگی شکسته شده اند. در سن یکساله مقاومت های کسب شده بطور متوسط بیش از ۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بوده است.

❖ واحدها کیلوگرم بر سانتیمتر مربع هستند.

۲۸ days	۹۰ days	۱۸۰ days
۳۶	43	46



مهندس مشاور تهران صاحب



آزمایش تعیین مقاومت مستقیم جسم بتن غلتکی



❖ نمونه های استوانه ای برای تعیین مقاومت کششی مستقیم بتن غلتکی به آزمایشگاه مکانیک خاک وزارت راه تهران ارسال و نمونه های با سنین مختلف تعیین مقاومت گردید. نتایج بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در جدول زیر دیده می شود.

90 days	180 days	365 days
31.8	35.9	35.6



درصد مغزه های نچسبیده (UnBonded Joints)

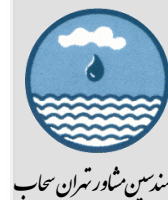


❖ برای اطمینان از چسبیدن درزهای بتن غلتکی از بدنه سد، در چند نوبت به طول کلی ۷۲/۵ متر و به قطر ۸۳ میلیمتر مغزه گیری گردید.



❖ در ابتدا تعداد جداشدگی های ناشی از چکش (HB) و مغزه گیری (DB) مشخص گردیده و تعداد جداشدگی ها در محل درزها ناشی از ضعف درز تعیین شد.

❖ سپس تعداد مغزه های نچسبیده در محل درز شمارش گردید. در نهایت درصد تجمعی مغزه های چسبیده برابر ۹۳/۲۸ درصد به دست آمد که درصد قابل قبولی می باشد.



مهندس مشاور تهران سحاب

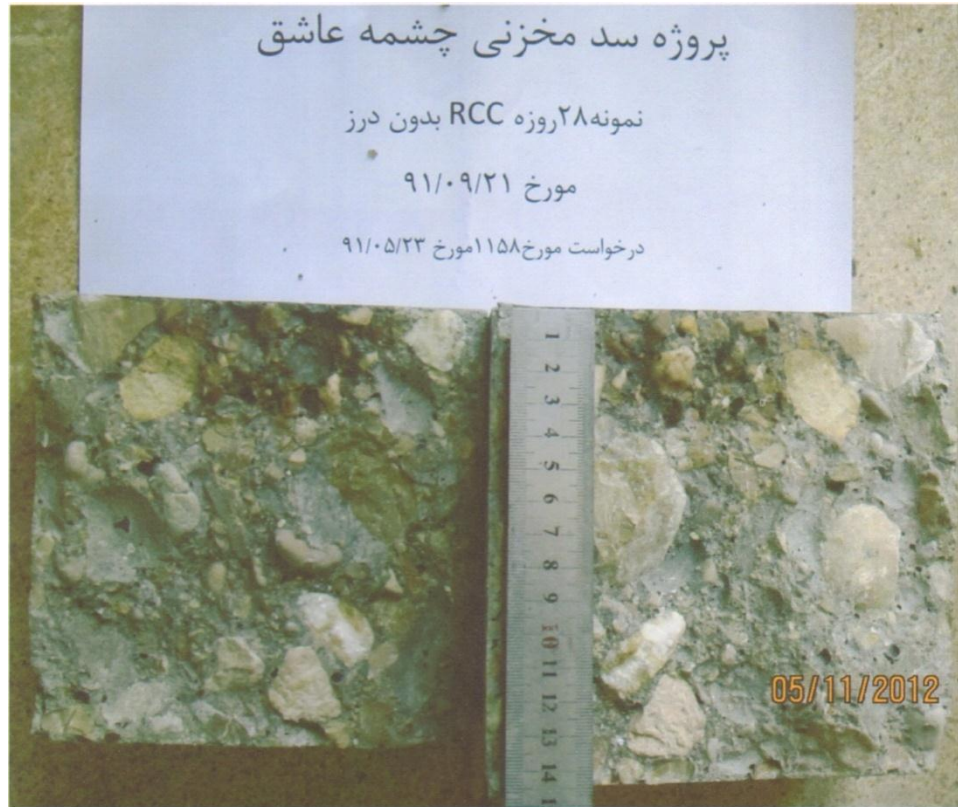


بررسی وضعیت درزها در مغزه طویل

❖ یک مغزه طویل به طول ۳ متر و به قطر ۸۳ میلیمتر از بدنه سد اخذ گردید.
وضعیت درزها از نزدیک در این مغزه دیده می شوند.



آزمایش تعیین نفوذپذیری برجا و آزمایشگاهی



- برای تعیین نفوذپذیری بر جای بتن از آزمایش لوژون استفاده شد که میزان آن برابر صفر بوده است.
- افت آب در ۱۷ ساعت برابر ۳ سانتیمتر بوده که نفوذپذیری معادل 10^{-12} متر بر ثانیه می باشد. (بتن اجرا شده با درز)
- آزمایشهای آزمایشگاهی نفوذپذیری طبق استاندارد EN 12390 بر روی بتن با درزه های سرد و داغ انجام شده و میزان نفوذ آب کمتر از ۳ سانتیمتر بوده است که معادل 10^{-12} متر بر ثانیه می باشد.



مهندس مشاور تهران صاحب



با تشکر از توجه شما



مهندس مشاور تهران سحاب

