معرفی روشی ساده برای کنترل کیفی مصالح مخلوط سنگدانه‌ای در تولیدی‌های شن و ماسه (مثال موردی: معدن دی)

علی اکبر کفاش بازاری

رئیس آزمایشگاه مرکز تحقیق و توسعه کارخانه سیمان تهران (نویسنده مسئول)؛

Eliaskafash@gmail.com

چکیده

کاملا واضح است که کیفیت مواد اولیه در کیفیت محصول نهائی بسیار تاثیرگذار می‌باشد. تولیدکنندگان شن و ماسه غالبا مواد اولیه یا اصطلاحا مصالح مخلوط سنگدانه‌ای را معمولا از یک محل ثابت و معدن مشخص تامین می‌نمایند؛ اما تولید آنها دچار نوسان می‌شود. در این مطالعه روشی ساده برای کنترل کیفی مصالح مخلوط سنگدانه‌ای معرفی می‌گردد. به طور خلاصه می‌توان گفت که با نمونه‌برداری از نقاط مختلف محدوده معدنی و آنالیز دانه‌بندی کامل هر نمونه، مقادیر ریزدانه (سیلت و رس)، ماسه، شن و درشت‌دانه (پبل، کابل و بولدر) محاسبه می‌گردد. لذا بر اساس این دسته‌بندی مقادیر شن و ماسه قابل استحصال، مدول نرمی هر یک از نمونه‌ها، مقدار شستشوی موردنیاز مشخص می‌شوند که بر این پایه می‌توان توجیه اقتصادی هر محدوده را معین نمود. برای تبیین بهتر این موضوع یک مثال از پهنه‌بندی انجام شده در معدن شن و ماسه دی گردآوری شد.

کلمات کلیدی: شن، ماسه، مصالح مخلوط، دانه‌بندی، اقتصادی.

۱. مقدمه

در تولیدی‌های شن و ماسه مواد اولیه اصطلاحا "مخلوط" نامیده می‌شوند که منظور همان خاک مخلوطی است که دارای انواع اندازه سنگدانه‌ها بوده و نیاز به تفکیک و شستشو دارد. بر طبق قانون معادن ایران مصوب ۱۳۶۲/۰۳/۰۱ "شن و ماسه معمولی عبارت از شن و ماسه‌ای است که منحصرا در عملیات ساختمان‌سازی، راه‌سازی، بتن‌ریزی و نظایر آن قابل مصرف است، دارای مصارف صنعتی دیگری نبوده و حاوی کانی‌های با ارزشی نیست که تفکیک آنها مقرون به صرفه باشد." بنابراین انواع گسترده‌ای از خاک‌ها و خرده‌سنگ‌ها قابلیت استحصال و تولید شن و ماسه را دارند. در این مقاله تلاش شده است که ضمن معرفی کلیاتی مرتبط با این صنعت، یک روش ساده برای کنترل مواد اولیه این تولیدی‌ها تشریح گردد.

۲. مبانی تئوری

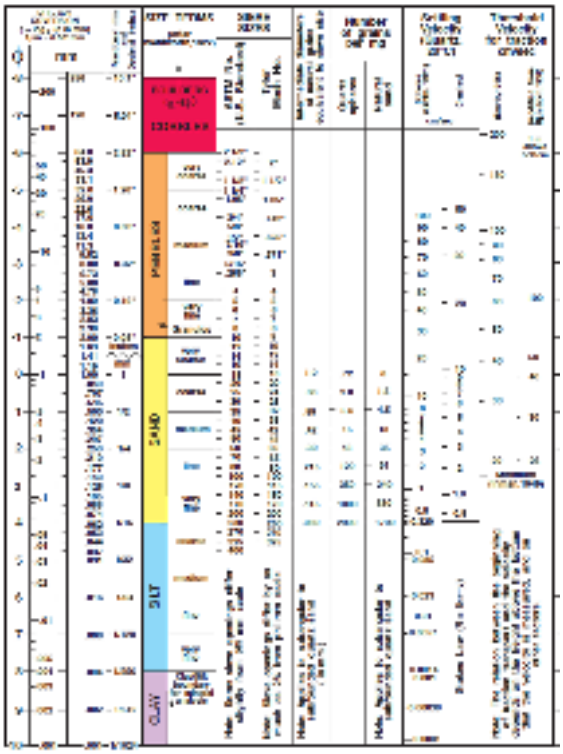
مهمترین آزمایش‌ها در کنترل کیفیت تولیدی‌های شن و ماسه شامل دانه‌بندی، میزان عبوری از الک شماره ۲۰۰ [۵]، ارزش ماسه‌ای [۶]، تعیین درصد شکستگی، تعیین درصد تطویل و تورق (سوزنی و پولکی)، سایش (لوس‌آنجلس) و سلامت سنگدانه‌ها می‌باشند. در اینجا لازم به ذکر است که آزمایش ارزش ماسه‌ای (SE) مربوطه به خاک بوده و اشتباها در صنعت بتن رایج شده، اما در تولیدی شن و ماسه جهت قضاوت فوری با دقت کم، مفید می‌باشد. این آزمایش جهت بررسی تداوم روند کیفی مصالح مخلوط ورودی به تولیدی شن و ماسه نیز کاربردی و حائز اهمیت است که در ادامه تشریح خواهد شد. در میان آزمایش‌های نامبرده، می‌توان گفت "دانه‌بندی" از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این آزمایش به دلیل سهولت در انجام، کاربرد گسترده‌ای در موارد مختلف همچون کنترل کیفیت کلینکر [۱]، صنایع پتروشیمی و غیره دارد.

---

[1] Sand Evalution (SE)

دانه‌بندی به عمل دسته‌بندی دانه‌ها گفته می‌شود. خاک‌ها براساس نتایج حاصل از دانه‌بندی یا اندازه‌های مختلف دانه‌هایشان، رتبه‌بندی می‌شوند [۷]. خاک‌ها را از نظر دانه‌بندی به ۲دسته خوب دانه‌بندی شده (Well Graded) و بد دانه‌بندی شده (Poorly Graded) تقسیم می‌کنند. خاک‌های بد دانه‌بندی شده خود به ۲دسته یکنواخت‌دانه‌بندی شده (Uniformly-Graded) و دانه‌بندی با شکاف (Gap-Graded) تقسیم می‌شود. جدول۱ انواع اندازه دانه‌ها را معرفی می‌نماید.

جدول ۱ طبقه‌بندی و نامگذاری انواع دانه‌های خاک بر حسب اندازه



بر این اساس (یعنی اندازه دانه‌ها) دسته‌بندی کلی ذرات خاک شامل: ۱-رس (ریزتر از ۰/۰۰۴ میلی‌متر)؛ ۲-سیلت یا لای (۰/۰۰۴/۰۷۵-۰/۰ میلی‌متر)؛ ۳-ماسه (۴/۷۵-۰/۰۷۵ میلی‌متر)؛ ۴-شن (۶۴-۴/۷۵ میلی‌متر)؛ ۵-پاره‌سنگ یا کابل (۲۰۰-۶۴ میلی‌متر)؛ ۶-تخته‌سنگ یا بولدر (درشت‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر) می‌باشد. البته هر یک از این دسته‌ها انواع دیگری دارند. دسته‌بندی رایج در تولیدی‌های شن و ماسه شامل خاکه (معادل رس و لای)، ماسه، شن و اورسایز (معادل کابل و بولدر) است.

جهت معرفی روش مدنظر برای کنترل کیفیت مصالح مخلوط نیاز به معرفی کامل دانه‌بندی و نامگذاری خاک‌ها می‌باشد. طبقه‌بندی و نامگذاری خاک‌ها به دو روش اشتو و یونیفاید [۸-۹] انجام می‌گردد. این طبقه‌بندی بر اساس آزمایش‌های دانه‌بندی و حدود آتربرگ [۱۰] می‌باشد. دانه‌بندی خاک بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش الک یا سرند [۱۱] و هیدرومتری [۱۲-۱۳] صورت می‌گیرد. برای طبقه‌بندی یونیفاید محاسبه دو پارامتر ضرایب یکنواختی[۱] (CU) و خمیدگی[۲] (CC) ضروری است. برای محاسبه این ضرایب، باید قطر دانه‌های خاک را نیز داشته باشیم. قطر دانه‌ها را می‌توان با داشتن درصد خاکی که از هر الک عبور می‌کند بدست آورد. این ضرایب از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$$

که در آنها:

---

[۱] Constant Uniformity (CU)

[۲] Constant Curvature (CC)

D_{60} قطر بزرگترین دانه‌ای است که می‌تواند از الکی که ۶۰ درصد دانه‌ها از آن عبور کرده‌اند، رد شود.

D_{30} قطر بزرگترین دانه‌ای است که می‌تواند از الکی که ۳۰ درصد دانه‌ها از آن عبور کرده‌اند، رد شود.

D_{10} قطر بزرگترین دانه‌ای است که می‌تواند از الکی که ۱۰ درصد دانه‌ها از آن عبور کرده‌اند، رد شود.

بر اساس ضرایب مذکور و معیارهای دانه‌بندی خاک ارائه شده در طبقه‌بندی یونیفاید خاک: شن را در صورتی می‌توان در دسته خوب دانه‌بندی شده یا GW قرار داد که هر دو عبارت زیر برای آن برقرار باشد:

$CU>4$ و $1<C_c<3$

اگر یکی از دو مورد بالا برای شن برقرار نبود آن شن در دسته بد دانه‌بندی شده یا GP قرار می‌گیرد. ماسه را در صورتی می‌توان در دسته خوب دانه‌بندی شده یا SW قرار داد که هر دو عبارت زیر برای آن برقرار باشد:

$CU>6$ و $1<C_c<3$

اگر یکی از دو معیار بالا برای ماسه برقرار نباشد ماسه از نوع بد دانه‌بندی شده یا SP است.

واضح است که در هر تولیدی، محصول با قیمت و کیفیت مناسب لازمه بازار رقابتی است.تولید شن و ماسه نیز از این قائده مستثنی نمی‌باشد که در ادامه به معرفی عوامل این مهم پرداخته می‌باشد.

۲-۱ عوامل موثر در تولید شن و ماسه مرغوب با توجیه اقتصادی:

۱) مواد اولیه (مصالح مخلوط) با کیفیت، ارزان و در دسترس:

مواد اولیه‌ای مناسب هستند که قابلیت استحصال مقدار زیادی از شن و ماسه را داشته باشند. حتی ریزی و درشتی مواد اولیه تعیین‌کننده دانه‌بندی محصول نهایی است.

۲) عملیات استخراج مناسب:

با توجه به اینکه عملیات استخراج از اهمیت ویژه‌ای برخودار است، از این‌رو حتی اگر تراکم خاک پایین باشد، خوب محسوب می‌گردد. همچنین هزینه‌های استخراج و حمل نقش موثری در هزینه تمام شده تولید شن و ماسه دارد.

۳) روش شستشو و میزان آب مصرفی:

میزان آب مصرفی یکی از عوامل مهم در تولید شن و ماسه است. در این زمینه میزان رس در مصالح مخلوط، روش شستشو (حلزونی یا شستشو با نیروی گریز از مرکز- Evo Washed) و بازیابی آب (سرند آب‌گیر، استخر، تیکنر، کلاریفایر و غیره) عوامل بسیار موثری هستند. استقرار سیستم‌های نوین شستشوی مصالح سنگدانه‌ای در تولیدی‌ها شامل تزریق آب فراوان در روی سرندها و نوارهای نقاله، سامانه تولید ماسه با نیروی گریز از مرکز، سرند آبگیر، تصفیه آب گِل‌آلود با تانکر تصفیه آب (تیکنر) و دستگاه فیلتر پرس علاوه بر کاهش بسیار زیاد مصرف آب، ارتقاء کیفیت و راندمان تولید را به دنبال دارد. [۲] اخیرا روش شستشوی خشک و جدایش ذرات رس به کمک فشار باد نیز برای تولید شن و ماسه بومی‌سازی شده است که گزینه بسیار مطلوبی در مناطق خشک می‌باشد.

۴) فن‌آوری تولید و هزینه‌های مربوطه:

استفاده از سرندهای مرغوب، سنگ‌شکن‌ها با راندمان و محصول مرغوب (تل‌اسمیت، Cone Crusher، VSI و غیره)، سیستم‌های شستشو و بازیابی آب، طراحی خط تولید با حداقل مصرف انرژی و محصول بهینه در تولید محصولات باکیفیت و به صرفه کاملا موثر است.

۵) سیستم کنترل کیفیت:

در سامانه کنترل کیفیت مطلوب باید همه پارامترها از جمله مصالح مخلوط ورودی، تولیدات میانی بر روی نوارهای نقاله، راندمان سرندها و سنگ‌شکن‌ها و محصولات نهایی به کمک آزمایش‌های ذکر شده در بند۲ کنترل شود و در صورت بروز هر گونه نقصی اقدام عملیاتی فوری جهت رفع آن صورت پذیرد.

۲-۲ انواع مصالح مخلوط از نظر نحوه شکل‌گیری:

۱) رودخانه‌ای: آبرفت رودخانه‌ها یا خاک و سنگی که توسط رودخانه حمل و در محل دیگری ته‌نشست شده باشد. نهشته‌های طبیعی معمولا دارای ماسه‌هایی با کانی‌های سخت و مقاوم مانند کوارتز و فلدسپات بوده و سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی و ماسه‌سنگ‌ها از نظر مقاومت در برابر صیقلی شدن[۴] سایش[۵] ضربه[۶]و فشار[۷]بهترین گزینه هستند [۳]. مصالح مخلوط رودخانه‌ای معمولا نیاز به شستشوی زیادی ندارند و رایج‌ترین نوع مصالح مخلوط مورد استفاده در این تولید شن و ماسه می‌باشد. همچنین، سنگدانه‌های این نوع مخلوط به علت تماس بسیار زیاد با آب، دارای سطوح گرد و صاف هستند [۱۴] و معمولا عاری از سنگدانه‌های سست می‌باشند، زیرا دانه‌های سست طی حمل در آب از بین می‌روند.

۲) واریزه‌ای یا کوهی: در دامنه کوه‌ها ذرات و قطعاتی که بر اثر هوازدگی از دیواره کنده می‌شوند که غالبا گوشه‌دار هستند. این مصالح معمولا سخت بوده و به علت استهلاک ماشین‌آلات تولید شن و ماسه و نیز محصولات تیزگوشه کمتر مورد توجه می‌باشند و غالبا در کمبود منابع قرضه بکارگیری می‌شوند.

۳) ساحلی: رسوبات ساحل دریا که بین دو حد جزر و مد ته‌نشین می‌شوند و غالبا دارای گرشدگی و جورشدگی خوبی بوده و عموما در حد ماسه هستند. این مصالح در مناطق ساحلی قابل توجهند.

۴) بیابانی یا برخان (Dun) یا بادی: که غالبا در حد ماسه و ریزتر هستند و توسط باد حمل شده‌اند.

۵) یخچالی (یخرفت): خاک‌هائی که بر اثر نیروی گرانی، یخچال‌های طبیعی و آبهای ناشی از ذوب آنها جابجا شده‌اند [۳].

۶) رسوبات فلات قاره: که نسبتا منابع کمیابی هستند.

۷) باطله‌های معدنی: که پسماند فرآیندهای پرعیارسازی مواد معدنی هستند و ممکن است به عنوان منبع شن و ماسه استفاده شود.

۸) نخاله‌های بنایی: همچنین طبق یک آمار روزانه بیش از ۴۲۱۱۱ تن نخاله ساختمانی در تهران دفع می‌شود. اما در کشورهای پیشرفته با اعمال تدابیری همچون فرآوری این خاک‌ها (تفکیک، شستشو و تولید شن و ماسه) مانع ایجاد این قبیل مشکلات می‌شوند [۴]. لازم به ذکر است که مصرف شن و ماسه استحصالی از این مواد اولیه در بتن‌های سازه‌ای ممنوع است.

۲-۳ انواع خاکها و مصالح از نظر دانه‌بندی

طبقه‌بندی یونیفاید ۲۶ نوع و آشتو ۱۲نوع (A۱-A۷) رده خاک را معرفی می‌نمایند. در این میان برای تولید شن و ماسه، خاک‌های حاوی مقدار زیادی ماسه (ذرات ۴/۷۵-۰/۰۷۵ میلی‌متر) و شن (ذرات درشت‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر) مطلوب و حائز اهمیت است. از این‌رو هر چه مقادیر سیلت و رس مواد اولیه کمتر باشد، پسماند تولید کمتر و میزان شستشوی موردنیاز کمتر خواهد بود. بنابراین، مطابق توضیحات ارائه شده و طبقه‌بندی‌های مذکور خاک‌های شنی و ماسه‌ای نسبت به خاک‌های رس‌دار برای تولید شن و ماسه ارجحیت دارند (شکل۱).

---

[۴] Polished Stone Value (PSV)

[۵] Aggregate Abrasion Value (AAV)

[۶] Aggregate Impact Value (AIV)

[۷] Aggregate Crushing Value (ACV)

خاک شنی			
خاک ماسه‌ای			
خاک رس دار			
مقایسه خاک‌های شنی، ماسه‌ای و رس‌دار			

شکل۱- انواع خاک‌های مخلوط با مقادیر متفاوت شن و ماسه قابل استحصال

بر اساس منابع، گیاهان در خاکها و آب و هوای مختلفی رویش دارند [۱۵]. تجربیات نشان می‌دهند که گیاهان و رستنی‌های محلی در معادن مصالح مخلوط تا حدودی مبین نوع ذخایر (خاک‌های شنی، ماسه‌ای یا رس‌دار) هستند (شکل۲).

نوع خاک	تصاویر برخی از انواع گونه‌های گیاهی که در این نوع خاک‌ها می‌رویند.		
خاک‌های شنی			

خاکهای ماسه‌ای			
خاک‌های رسی			

شکل۲- برخی از انواع گیاهانی که بر سطح خاک معادن مشاهده می‌شوند [ج]

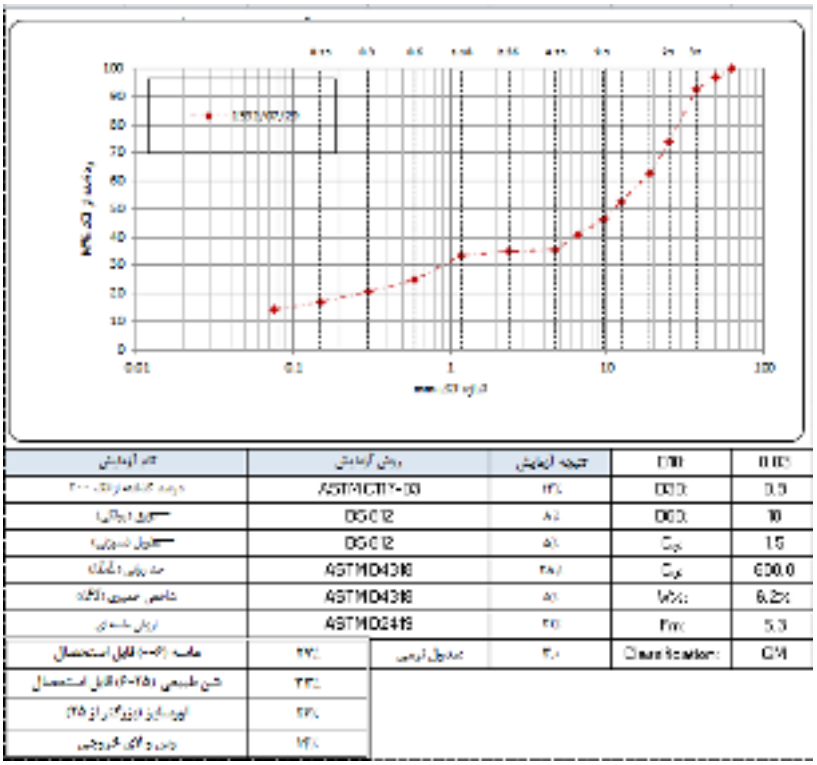
۳. معرفی روش:

برای بررسی کیفیت مصالح مخلوط مصرفی در تولید شن و ماسه پیشنهاد می‌شود که پنج آزمایش دانه‌بندی، ارزش ماسه‌ای (SE)، حدود آتربرگ و هیدرومتری به کار رود. در این میان مهمترین آزمایش، دانه‌بندی است.

بر اساس این دانه‌بندی و مقادیر درصد مانده روی سرندهای (الکهای) مختلف، می‌توان مصالح مخلوط سنگدانه‌ای را به چهار دسته تقسیم نمود: ۱-اورسایز یا مقدار مانده روی الک ۲۵ میلی‌متر (یک اینچ)؛ ۲-شن یا عبوری از الک ۲۵ میلی‌متر و مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴) و به عبارتی دیگر درصد سنگدانه‌های مابین الک‌های ۲۵ و ۴/۷۵ میلی‌متر؛ ۳-ماسه یا عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر و مانده روی الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰) و به عبارتی دیگر درصد سنگدانه‌های مابین الک‌های ۴/۷۵ و ۰/۰۷۵میلی‌متر؛ ۴-رس و لای یا همان عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰). مقدار وزنی مانده هریک از این دسته‌ها تقسیم بر وزن کل نمونه مبین سهم یا درصد وزنی می‌باشد. بر این اساس و رابطه ارائه شده در حقیقت مقدار قابل استحصال هر یک از دسته‌های اورسایز، شن، ماسه و ریزدانه به دست می آید.

واضح است که در تولیدی‌های مذکور ترجیح بر سهم بیشتر دسته ماسه می‌باشد. از طرفی دیگر ترجیح بر سهم کمتر دسته رس و لای است، زیرا این دسته پسماند تولید بوده و باید به کمک شستشو از مصالح مخلوط تفکیک گردند. مطابق این محاسبه، مدول نرمی ماسه قابل استحصال را نیز می‌توان تخمین زد.

شکل۳ یک نمونه نمودار ترسیمی به کمک آزمایش دانه‌بندی مصالح مخلوط را نمایش می‌دهد. در این شکل نتایج محاسبات مقادیر قابل استحصال شن و ماسه و سایر آزمایش‌ها دیده می‌شود.



	ASTM C117-03			0.9
	DSC 12			10
	DSC 12			1.5
	ASTM D4318			630.0
	ASTM D4318			6.2%
	ASTM D2419			5.3
				CW

شکل۳- منحنی دانه‌بندی یک نمونه مصالح مخلوط (مثال موردی: معدن دی)

۴. مثال:

بر اساس محاسبات ارائه شده می‌توان ذخایر یک معدن را دسته‌بندی و پهنه‌بندی نمود. در این مثال تعداد زیادی نمونه‌گیری از معدن دی صورت گرفته است. پس از انجام آزمایش‌ها مذکور (دانه‌بندی، ارزش ماسه‌ای و غیره) پهنه‌بندی معدن مذکور طبق شکل۵ انجام پذیرفت. این پهنه‌بندی حین اجرای عملیات استخراج (نقشه ازبیلت) و بر اساس نمونه‌برداری از ترانشه است (شکل۶). برای شناسایی و تخمین بهتر می‌توان از حفاری گمانه و آزمایش نمونه‌های اعماق مختلف معدن بهره برد. با توجه به نتایج این نوع پهنه‌بندی برنامه تولید تنظیم گردید تا تامین مواد اولیه با یکنواختی مناسبی تامین شود.

شکل۴- پهنه‌بندی شماتیک معدن دی

جدول۲ نتایج میانگین آزمایش‌ها و پارمترهای مصالح مخلوط در مثال ارائه شده را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، پهنهB دارای بهترین ذخایر و پهنه E تقریبا دارای نامناسب‌ترین ذخایر است. از این‌رو برنامه استخراج به گونه‌ای تنظیم گردید که عملیات استخراج و حمل از این دو پهنه به طور هم‌زمان صورت پذیرد تا نوسان در مواد اولیه به حداقل ممکن برسد. بدیهی است که اگر مواد اولیه صرفا از پهنه B تامین گردد، راندمان تولید ماسه افزایش، دانه‌بندی ماسه نسبتا خوب و مصرف آب برای شستشو کاهش می‌یابد؛ از طرفی دیگر اگر مصالح مخلوط صرفا از محدوده E حمل شود، دانه‌بندی و راندمان کاهش یافته و مصرف آب برای شستشو افزایش می‌یابد. همچنین احتمالا به علت افزایش شاخص خمیری، کیفیت شستشو کاهش یافته و میزان رس در ماسه استحصالی کاهش خواهد یافت.

جدول ۲ مشخصات و میانگین پارامترهای مصالح مخلوط در پهنه‌بندی معدن دی

نام	پارامترهای دانه‌بندی			ارزش	شاخص	مقادیر قابل استحصال (٪)			مدول نرمی	جمع‌بندی نهایی	
محدوده	Cc	CU	Fm	ماسه‌ای	خمیری	اورسایز (درشت‌تر از ۲۵ میلیمتر)	شن (۸-۲۵ میلی‌متر)	ماسه (۰/۸-۰۷۵ میلی‌متر)	سیلت و رس (ریزتر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر)	ماسه استحصالی	دانه بندی محصولات	شستشوی مورد نیاز
A	۱/۸	۱۲	۵/۷	۳۸	۴	۳۴	۲۶	۲۶	۱۴	۳/۲	متوسط	بد
B	۱/۴	۱۸	۶/۴	۸۲	NPI	۱۴	۴۲	۳۷	۷	۳/۵	خوب	خوب
C	۲/۱	۴۵	۵/۸	۴۱	۴	۲۴	۳۸	۲۷	۱۱	۳/۶	متوسط	متوسط
D	۲/۲	۴۷	۵/۹	۴۴	۵	۳۱	۲۹	۲۸	۱۲	۴/۰	بد	متوسط
E	۱/۳	۳۸	۶/۳	۳۶	۸	۳۸	۲۱	۲۶	۱۵	۳/۳	متوسط	بد

شکل۵- نمونه‌گیری از نقاط مختلف (معدن دی)

۵. نتیجه‌گیری

۱. در این مطالعه انواع مصالح مخلوط، عوامل موثر در تولید شن و ماسه با هزینه و کیفیت مطلوب معرفی شد؛

۲. در این مطالعه روشی ساده برای کنترل کیفی مصالح مخلوط سنگدانه‌ای معرفی شد. با نمونه‌برداری از نقاط مختلف محدوده معدنی و آنالیز دانه‌بندی کامل هر نمونه، مقادیر می‌توان مصالح مخلوط سنگدانه‌ای را به چهار دسته تقسیم نمود: ۱-اورسایز یا مقدار مانده روی الک ۲۵ میلی‌متر (یک اینچ)؛ ۲-شن یا عبوری از الک ۲۵ میلی‌متر و مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴) و به عبارتی دیگر درصد سنگدانه‌های مابین الک‌های ۲۵ و ۴/۷۵ میلی‌متر؛ ۳-ماسه یا عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر و مانده روی الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰) و به عبارتی دیگر درصد سنگدانه‌های مابین

الک‌های ۴/۷۵ و ۰/۰۷۵میلی‌متر؛ ۴-رس و لای یا همان عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰). مقدار وزنی مانده هریک از این دسته‌ها تقسیم بر وزن کل نمونه مبین سهم یا درصد وزنی می‌باشد. بر اساس این دسته‌بندی مقادیر شن و ماسه قابل استحصال، مدول نرمی هر یک از نمونه‌ها، مقدار شستشوی موردنیاز مشخص می‌شوند.

۳. یک مثال موردی طبق روش معرفی شده برای معدن دی و پهنه‌بندی بر اساس آزمایش‌ها و روابط ارائه شده تشریح گردید.

۴. پیشنهاد می‌شود علاوه بر آزمایش‌های ذکر شده (دانه‌بندی، عبوری از الک شماره ۲۰۰، ارزش ماسه‌ای و شاخص خمیری) پارامترهایی همچون درصد شکستگی، مقاومت در برابر فشار، ضربه، سلامت سنگدانه و پتروگرافی مصالح مخلوط برای پهنه‌بندی ذخایر مورد توجه قرار گیرد.

۶. قدردانی

تشکر و قدردانی ویژه‌ای از پرسنل زحمتکش معدن دی به ویژه آقایان مهندسین حسینی و صالحی را دارم.

۷. مراجع

[۱] کفاش، ع. " بررسی اثر مشخصات فیزیکی کلینکر بر سیمان ". ماهنامه علمی، فنی، اقتصادی سیمان، سال بیست و چهارم، فروردین ۹۷، شماره ۲۳۵، صفحات ۳۱-۲۵.

[۲] کفاش، ع، " بررسی تاثیر اصلاح روند مصرف آب در تولید مصالح سنگدانه‌ای و انواع بتن ". همایش ملی راه‌کارهای پیش‌روی بحران آب در ایران و خاورمیانه-شیراز ۱۳۹۳.

[۳] معماریان، ح. "زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک"انتشارات دانشگاه تهران ص ۳۱۶.

[۴] کفاش، ع، " بررسی لزوم استفاده مطلوب‌تر از منابع طبیعی در بتن " ۹ص. اولین کنفرانس ملّی فناوری‌های نوین بتن، رشت- اردیبهشت ۱۳۹۴.

[۵] ASTM C۱۱۷ (۲۰۰۳). “Standard Test Method for Materials Finer than ۷۵-µm (No. ۲۰۰) Sieve in Mineral Aggregates by Washing.”

[۶] ASTM D۲۴۱۹ (۲۰۰۲) “Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate”.

[۷] Holtz, R. and Kovacs, W. (۱۹۸۱), An Introduction to Geotechnical Engineering, Prentice-Hall, Inc. ISBN ۰-۱۳-۴۸۴۳۹۴-۰.

[۸] SCS (۱۹۶۰) “Soil classification” a comprehensive system (۷th approximation), Soil conservation Service, USDA, US. Govt. Printing Office, Washington D. C.

[۹] USAWES, (۱۹۶۷) “The unified Soil classification System”, Tech Memo No. ۳-357, U. S. Army Conps of Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss

[۱۰] ASTM D۴۳۱۸ (۲۰۰۰) “Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils”.

[۱۱] ASTM C۱۳۶ (۲۰۰۱) “Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates”.

[۱۲] ASTM D۴۲۲ (۱۹۶۳). “Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils”.

[۱۳] ASTM ۷۹۲۸ (۲۰۱۷) “Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis”.

[۱۴] https://hometi.ru/

[۱۵] http://botanical.blogfa.com/(سایت تخصصی گیاه‌شناسی)