

## روش بررسی یکنواختی کیفیت سیمان با توجه به استاندارد EN 197-1:2011



سعید سیفایی فرد  
کارشناس آزمایشگاه و کنترل کیفیت  
شرکت سیمان فارس



امیر حسین قنبری  
کارشناس آزمایشگاه و کنترل کیفیت  
شرکت سیمان فارس



اکبر آمری  
مدیر آزمایشگاه و کنترل کیفیت  
شرکت سیمان فارس  
Mehrzadameri73@gmail.com

### مقدمه :

طبق استاندارد ملی ایران مبنای کیفیت محصولات تولید شده در هر شرکت، مقایسه مشخصات کیفی نمونه برداشته شده از محصولات، با حد و حدود مشخصات مندرج در استاندارد می باشد. اما امروزه با افزایش سطح توقعات مشتریان در خصوص کیفیت از یک جهت و وجود رقابت شدید تولید کنندگان از جهت دیگر، لازم است که علاوه بر تطابق کیفیت نمونه اخذ شده با استاندارد آن محصول، وجود حداقل نوسان در کیفیت نیز مبنای تعیین محصول برتر باشد. لذا در این مقاله سعی بر آن شده است که بخش ۹-۲ استاندارد EN 197-1:2011 ترجمه شده و از آن برای بررسی یکنواختی محصول استفاده شود.

## ۹-۲ معیارهای انطباق خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی و روش ارزیابی

### ۹-۲-۱ کلیات

انطباق سیمان و ملزومات آن برای خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی در صورتی که معیار انطباق مشخص شده در ۹-۲-۲ و ۹-۲-۳ مشاهده گردد، در استاندارد EN به شماره EN 197-1: 2011 آورده شده است. انطباق باید بر اساس نمونه گیری مستمر با استفاده از نمونه‌های نقطه‌ای گرفته شده در محل بارگیری (تحویل) و بر اساس نتایج آزمون بدست آمده در کلیه نمونه‌های کنترلی گرفته شده به صورت خودکار و در طول دوره کنترل مورد مطالعه قرار گیرد.

### ۹-۲-۲ معیارهای انطباق آماری

#### ۹-۲-۲-۱ کلیات

انطباق باید در یک معیار مبتنی بر موارد زیر فرمول بندی شود:

- ارزش منحصر به فرد تعیین شده برای خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی داده شده در ۷-۱، ۷-۲ و ۷-۳ در EN 197-1
- درصد  $P_k$ ، که در آن ارزش ویژگی مشخص شده است. مطابق با جدول ۷
- احتمال مجاز پذیرش CR مطابق با جدول ۷

	الزامات مکانیکی		الزامات فیزیکی و شیمیایی
	مقاومت کوتاه مدت و استاندارد (حد پایین)	مقاومت استاندارد (حد بالا)	
درصد $P_k$ بر اساس هریک از مقادیر مشخصه	٪۵	٪۱۰	
احتمال پذیرش مجاز CR	٪۵		

جدول ۷ - مقادیر مورد نیاز  $P_k$  و CR

### نکته:

ارزیابی انطباق بر اساس روش تعداد محدود نتایج آزمون تنها می تواند مقداری تقریبی از نسبت نتایج خارج از ارزش مشخصه منحصر به فرد در یک جمعیت تولید کند. هرچه اندازه نمونه‌ها (تعداد نتایج آزمون) بزرگتر باشد، تقریب بهتر است. احتمال انتخاب پذیرش CR مقدار تقریب را توسط برنامه نمونه برداری کنترل می کند.

انطباق با الزامات EN 197-1 بایستی با متغیرها و یا ویژگیهای موجود در ۹-۲-۲-۲ و ۹-۲-۲-۳ همانطور که در جدول ۶ مشخص شده است، تأیید گردد.

مدت زمان کنترل بایستی ۱۲ ماه باشد.

### ۹-۲-۲-۲ بازرسی با متغیرها

برای این بازرسی، نتایج آزمون‌ها با توزیع نرمال فرض می شوند.

انطباق زمانی که معادله های ۲ و ۳ به عنوان تابع مورد رضایت باشند، مورد تأیید است:

$$x - k_A * s \geq L \quad (۲)$$

و

$$x + k_A * s \leq U \quad (۳)$$

به طوری که:

X: میانگین حسابی مجموع نتایج آزمون های کنترل خودکار در دوره کنترل

S: انحراف استاندارد مجموع نتایج آزمون های کنترل خودکار در دوره کنترل

$k_A$ : ثابت پذیرش (تأیید یا قبولی)

L: حد پایینی مشخصه، داده شده در جدول ۳ ارجاع داده شده به مطلب ۷-۱

U: حد بالایی مشخصه، داده شده در جدول ۳ و ۴ که در بند ۷ به آن اشاره شده است.

ثابت پذیرش ( $k_A$ ) به درصد  $P_k$  بر اساس مقادیر مشخصه، همچنین به احتمال پذیرش قابل قبول (CR) و به تعداد  $n$  نتایج آزمون بستگی دارد. مقادیر  $k_A$  در جدول ۸ آورده شده اند.

جدول ۸- ثابت پذیرش  $k_A$

تعداد نتایج آزمون $n$	$k_A^a$	
	$P_k = 5\%$	$P_k = 10\%$
	(مقاومت استاندارد و کوتاه مدت، حداقل)	(دیگر مشخصات)
۲۰ تا ۲۱	۲/۴۰	۱/۹۳
۲۲ تا ۲۳	۲/۳۵	۱/۸۹
۲۴ تا ۲۵	۲/۳۱	۱/۸۵
۲۶ تا ۲۷	۲/۲۷	۱/۸۲
۲۸ تا ۲۹	۲/۲۴	۱/۸۰
۳۰ تا ۳۴	۲/۲۲	۱/۷۸
۳۵ تا ۳۹	۲/۱۷	۱/۷۳
۴۰ تا ۴۴	۲/۱۳	۱/۷۰
۴۵ تا ۴۹	۲/۰۹	۱/۶۷
۵۰ تا ۵۹	۲/۰۷	۱/۶۵
۶۰ تا ۶۹	۲/۰۲	۱/۶۱
۷۰ تا ۷۹	۱/۹۹	۱/۵۸
۸۰ تا ۸۹	۱/۹۷	۱/۵۶
۹۰ تا ۹۹	۱/۹۴	۱/۵۴
۱۰۰ تا ۱۴۹	۱/۹۳	۱/۵۳
۱۵۰ تا ۱۹۹	۱/۸۷	۱/۴۸
۲۰۰ تا ۲۹۹	۱/۸۴	۱/۴۵
۳۰۰ تا ۳۹۹	۱/۸۰	۱/۴۲
>۴۰۰	۱/۷۸	۱/۴۰

توجه: مقادیر داده شده در این جدول تا  $CR = 5\%$  مجاز هستند.

a: مقادیر  $k_A$  برای متوسط مقادیر  $n$  نیز می تواند استفاده شود.

### ۹-۲-۲-۳ بازرسی توسط مشخصات

تعداد نتایج آزمون خارج از مقدار مشخص شده ( $C_D$ ) بایستی شمارش شود و با تعداد نتایج قابل قبول محاسبه شده از تعداد  $n$  نتایج آزمون کنترل خودکار ( $C_A$ ) و درصد  $P_k$  مقایسه شود. همانطوری که در جدول ۷ نشان داده شده است. به عبارت دیگر نتایج انفرادی اندازه گیری های آزمون مورد نظر، بایستی با نتایج محاسبه شده از فرمول ۲ و ۳ مقایسه شود.  
انطباق زمانی که معادله (۴) برقرار باشد مورد تأیید است:

$$C_D \leq C_A \quad (4)$$

مقدار  $C_A$  به درصد  $P_k$  آنجا که مبنای عمل مقدار مشخصه باشد، به احتمال مجاز پذیرش ( $CR$ ) و به تعداد نتایج آزمون ( $n$ ) بستگی دارد.

مقادیر  $C_A$  در جدول ۹ فهرست شده اند.

جدول ۹- مقادیر  $C_A$

تعداد نتایج آزمون $n$ *	$C_A$ برای $P_k = 10\%$
۲۰ تا ۳۹	۰
۴۰ تا ۵۴	۱
۵۵ تا ۶۹	۲
۷۰ تا ۸۴	۳
۸۵ تا ۹۹	۴
۱۰۰ تا ۱۰۹	۵
۱۱۰ تا ۱۲۳	۶
۱۲۴ تا ۱۳۶	۷
توجه: مقادیر داده شده در این جدول تا $CR = 5\%$ مجاز میباشند.	
* : اگر تعداد نتایج آزمونها کمتر از ۲۰ باشد ( $n < 20$ ) و ( $P_k = 10\%$ ) پذیرش آماری امکان پذیر نخواهد بود. با این وجود $C_A = 0$ بایستی برای مواردی که $n < 20$ است استفاده شود. اگر تعداد نتایج آزمون از ۱۳۶ بیشتر باشد ( $n > 136$ ) از این طریق محاسبه می شود: $C_A = 0.075(n-30)$ .	

### ۹-۲-۳ نتیجه انفرادی معیار انطباق

علاوه بر معیار آماری انطباق، انطباق نتایج آزمون بر طبق الزامات استاندارد EN 197-1 نیازمند این است که هر نتیجه آزمون در محدوده مقادیر نتایج انفرادی آورده شده در جدول ۱۰ قرار گیرد.

جدول ۱۰ - محدوده مقادیر نتایج انفرادی

ویژگی		محدوده مقادیر نتایج انفرادی								
		کلاس (رتبه بندی) مقاومت								
		32.5 L	32.5 N	32.5 R	42.5 L	42.5 N	42.5 R	52.5 L	52.5 N	52.5 R
مقاومت کوتاه مدت حدافل (MPa)	۲ روزه	-	-	۸/۰	-	۸/۰	۱۸/۰	۸/۰	۱۸/۰	۲۸/۰
	۷ روزه	۱۰/۰	۱۴/۰	-	۱۴/۰	-	-	-	-	-
مقاومت استاندارد (MPa) حدافل	۲۸ روزه	۳۰			۴۰			۵۰		
گیرش (دقیقه) حدافل		۶۰			۵۰			۴۰		
انبساط طولی (میلی متر) حدافل		۱۰								
موجودی سولفات حداکثر (%SO <sub>3</sub> )	CEM I CEM II <sup>a</sup> CEM IV CEM V	-	۴/۰	-	۴/۰	۴/۵	-	۴/۵		
	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 <sup>b</sup> CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	-	۳/۵	-	۳/۵	۴/۰	-	۴/۰		
	CEM III/A CEM III/B	۴/۵								
	CEM III/C	۵/۰								
درصد C3A (حداکثر)	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	۱ ۴ ۶ ۱۰ ۱۰								
موجودی کلر (%/.) حداکثر <sup>c</sup>		۰/۱۰ <sup>d</sup>								
پوزولانی شدن		-	مثبت پس از ۱۵ روز	-	مثبت پس از ۱۵ روز	-	مثبت پس از ۱۵ روز	-	مثبت پس از ۱۵ روز	
حرارت هیدراتاسیون حداکثر (J/g)	LH	۳۰۰								
<p>a: سیمان تیپ II/B-T ممکن است تا ۵٪ سولفات در تمام کلاس های مقاومتی داشته باشد .</p> <p>b: برای کاربردهای خاص، سیمان تیپ I-SR 5 ممکن است با ماکزیمم سولفات کمتری تولید شود (جدول ۵ را ببینید). بر این اساس مقدار محدوده حداکثر فوق الذکر، ۵٪ از مقدار خواسته شده بالاتر خواهد بود</p> <p>c: سیمان تیپ III ممکن است بیش از ۰/۱۰٪ کلر داشته باشد که در این حالت باید حداکثر مقدار کلر موجود ذکر شود .</p> <p>d: برای کاربردهای پیش تنش، سیمان ها باید بر اساس حدافل الزامات تولید شوند. بر این اساس، مقدار ۰/۱۰٪ بایستی با این مقدار کمتر که در یادداشت تحویل نمونه آورده می شود، جایگزین گردد.</p>										

جدول ۳- الزامات مکانیکی و فیزیکی داده شده به عنوان مقادیر مشخص

کلاس مقاومتی	مقاومت فشاری (مگا پاسکال)			گیرش	انبساط میلیمتر
	مقاومت کوتاه مدت		مقاومت استاندارد		
	۲ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	دقیقه	
32.5 L <sup>a</sup>	-	۱۲/۰ ≤	۳۲/۵ ≤ ۵۲/۵ ≥	۷۵ ≤	۱۰ ≥
32.5 N	-	۱۶/۰ ≤			
32.5 R	۱۰/۰ ≤	-			
42.5 L <sup>a</sup>	-	۱۶/۰ ≤	۴۲/۵ ≤ ۶۲/۵ ≥	۶۰ ≤	
42.5 N	۱۰/۰ ≤	-			
42.5 R	۲۰/۰ ≤	-			
52.5 L <sup>a</sup>	۱۰/۰ ≤	-	۵۲/۵ ≤ -	۴۵ ≤	
52.5 N	۲۰/۰ ≤	-			
52.5 R	۳۰/۰ ≤	-			

a: کلاس مقاومتی تعیین شده فقط جهت سیمان های تیپ CEM III

جدول ۴- الزامات شیمیایی داده شده به عنوان مقادیر مشخصه

۱	۲	۳	۴	۵
ویژگی	مرجع آزمون	نوع (تیپ) سیمان	کلاس مقاومتی	الزامات <sup>a</sup>
Loss of ignition	EN 196-2	CEM I CEM III	همه	٪۵/۰ ≥
Insoluble residue	EN 196-2 <sup>b</sup>	CEM I CEM III	همه	٪۵/۰ ≥
موجودی سولفات (به صورت SO <sub>3</sub> )	EN 196-2	CEM I CEM II <sup>c</sup> CEM IV CEM V	32.5 N 32.5 R 42.5 N 42.5 R 52.5 N 52.5 R	٪۳/۵ ≥ ٪۴/۰ ≥
		CEM III <sup>d</sup>	همه	
		همه <sup>e</sup>	همه	f. ٪۰/۱۰ ≥
موجودی کلر	EN 196-2	همه <sup>e</sup>	همه	f. ٪۰/۱۰ ≥
موجودی پوزولان	EN 196-5	CEM IV	همه	قبولی آزمون

a: الزامات بر اساس درصد وزن سیمان نهایی داده شده است.  
b: تعیین باقیمانده نامحلول در اسید هیدروکلریک و کربنات سدیم  
c: سیمان تیپ CEM II/B-T ممکن است تا ٪۴/۵ سولفات در همه کلاس های مقاومتی داشته باشد.  
d: سیمان تیپ CEM III/C ممکن است تا ٪۴/۵ سولفات داشته باشد.  
e: سیمان تیپ CEM III ممکن است بیش از ٪۰/۱۰ کلر داشته باشد ولی در این مورد باید حداکثر موجودی کلر روی بسته بندی و یا در نامه تحویل ذکر شود.  
f: برای کاربردهای پیش تنش، سیمان ها باید بر اساس حداقل الزامات تولید شوند. بر این اساس، مقدار ٪۰/۱۰ بایستی با این مقدار کمتر که در نامه تحویل نمونه آورده می شود، جایگزین گردد.

- نتیجه گیری :

با توجه به استاندارد EN 197-1:2011 جهت بررسی یکنواختی در هر شاخص کیفی محصول، لازم است دو شرط ذیل صادق باشد :

۱- روابط  $x - k_A * S \geq L$  و  $x + k_A * S \leq U$  برقرار باشند.

۲- تک تک نتایج انفرادی، با نتیجه فرمول  $x \pm k_A * S$  مقایسه شوند و جدول ۹ باید صادق باشد.

---

- منبع : استاندارد EN 197-1:2011