

ИСПЫТАНИЯ НАНОЦЕМЕНТОВ И БЕТОНОВ НА ИХ ОСНОВЕ В США, КНР, ОАЭ, САУДОВСКОЙ АРАВИИ, ПОРТУГАЛИИ И БРАЗИЛИИ»

ИНХЛЕФ БУАЛЯМ,
Зам. Генерального директора ОАО «Московский ИМЭТ»
по международным делам

В настоящем докладе приводятся результаты испытания различных Наноцементов растворов и бетонов на их основе на последние годы.

ИСПЫТАНИЯ НАНОЦЕМЕНТОВ В США

Первое испытание Наноцемента за рубежом были проведены в США в 1989г. в Лаборатории Технологии Строительства (ЛТС) в городе Схоки (Skokie) в штате Чикаго.

Подробному исследованию и испытанию были подвергнуты две партии Наноцементов под названием ВНВ- 100 (100% - наноцемент без минеральных добавок) и ВНВ- 50 (50% портландцемента и 50 % кварцевого песка и гранулированного доменного шлака в равных долях), измельченных совместно с наноцементом.

Цель испытаний состояла в оценке эффективности наноцементов, соответствия их требованиям стандартов американского общества испытаний и материалов (ASTM) и в определении некоторых характеристик бетонов на их основе.

Выбор лаборатории технологии строительства (ЛТС) для аттестации наноцементов (ВНВ) основывался на признании ее международного авторитета в цементной и бетонной промышленности, высоком профессиональном уровне ее специалистов и оснащении самыми современными приборами и оборудованием. ЛТС является дочерним хозяйственным предприятием Портландцементной ассоциации США и Канады и предлагает широкий перечень услуг различным организациям в области исследований материалов и конструкций, при проведении экспертиз, оказывает консультативную помощь, участвует в обследовании зданий и сооружений и т.п.

Для проведения испытаний в США советской стороной было поставлено необходимое количество вяжущего двух видов, изготовленного на основе портландцементного клинкера Здолбуновского цементного завода.

Результаты химического анализа образцов представлены в табл.1. Определение оксидных групп производили сплавлением с Li₂O при 1000°C. Определение оксидов с помощью рентгенофлуоресцентного анализа отвечало требованиям стандарта ASTM C 114-85 к ускоренным методам испытаний. Минералогический состав клинкера рассчитан в соответствии с требованиями стандарта ASTM C 150-85 а: C₃S – 46%; C₂S – 28%; C₃A – 6%; C₄AF – 11%. Содержание TiO₂ и P₂O₅ при расчете суммировали с Al₂O₃.

Таблица 1

Химический состав исследованных цементов

Составляющие оксиды	Содержание, % масс.	
	Наноцемент (ВНВ-100)	Наноцемент 50 (ВНВ-50)
SiO ₂	21,93	40,
Al ₂ O ₃	4,50	5,16
Fe ₂ O ₃	3,66	3,21
CaO	61,65	44,2
MgO	0,87	2,44
SO ₃	0,45	0,26
Na ₂ O ₃	0,56	0,58
K ₂ O	0,52	0,5
TiO ₂	0,23	0,28
P ₂ O ₅	0,10	0,0
Mn ₂ O ₃	0,07	0,12
SrO	0,11	0,0
п.п.п.	3,78	3,3
Суммарно щелочей в расчете на Na ₂ O*	0,91	0,97

* Содержание щелочей определено по формуле $\Sigma_{щ} = Na_2O + 0,658 K_2O$
по ASTM C 150-8

На рис. 1 показано распределение частиц по размерам американского портландцемента типа I/II и наноцементов в диапазоне 0,1...100 мкм. Сравнение результатов распределения масс частиц вяжущих по их диаметрам для эталонного американского портландцемента типа I/II и наноцементов выявило при их общем характере некоторое отличие, заключающееся в более высоком содержании тонкодисперсных частиц в опытных образцах наноцементов. Так, в образцах наноцемента чистоклинкерного и наноцемента 50 в 50% частиц имеет размеры менее 9,5 и 6,4 мкм соответственно, а 95% менее 48 и 34 мкм. Для американского эталонного образца цемента соответствующие величины составляют 15,7 и 55 мкм.

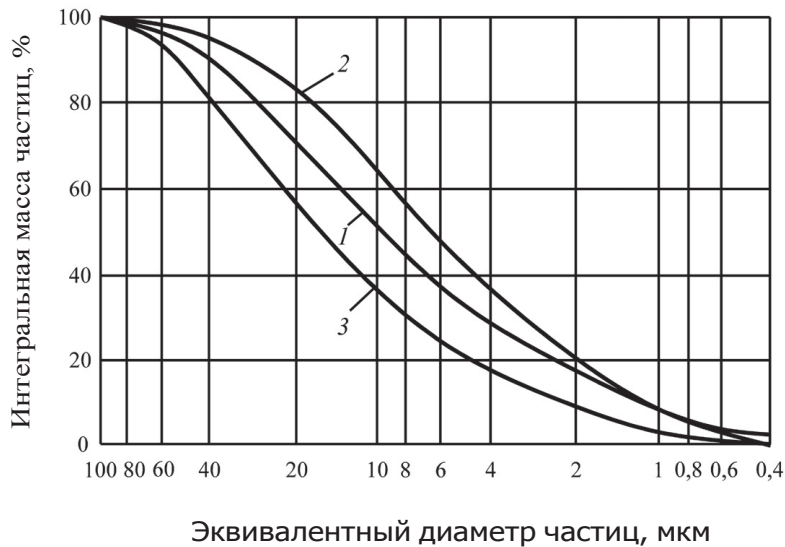


Рис. 1. Гранулометрический состав наноцементов и портландцемента. Распределение частиц по диаметрам:

- 1 - Наноцемент (ВНВ-100 без минеральных добавок ($S = 4900 \text{ см}^2/\text{г}$);
- 3 - наноцемент 50 (ВНВ-50 с 50% минеральной добавки, состоящей из 25% строительного песка и 25% доменного шлака ($S = 5000 \text{ см}^2/\text{г}$);
- 2 – портландцемент без минеральной добавки типа I/II, США ($S_{\text{уд}} = 4200 \text{ см}^2/\text{г}$)

В табл. 2 представлены результаты определения основных физико-механических характеристик опытных образцов ВНВ по сравнению с требованиями стандарта ASTM к портландцементам. По большинству параметров опытные образцы ВНВ удовлетворяют или значительно превосходят требования стандарта.

Отличительной особенностью представленных к испытанию образцов нанощемян является их низкая водопотребность для получения цементного теста нормальной консистенции: в среднем 16,5% для каждого из представленных образцов, контрольный образец американского портландцемента имел нормальную густоту 26%.

На имеющихся в ЛТС заполнителях были приготовлены два состава бетона с применением бездобавочного чистоклинкерного нанощемя (ВНВ – 100) и нанощемя 50 (ВНВ – 50).

В качестве заполнителей использованы обычный строительный песок месторождения «Элджин» плотностью 2,67 г/см³ и крупный заполнитель из карбонатных пород месторождения «Торнтон» максимальной крупностью 10 мм и плотностью 2,71 г/см³ невысокого качества, представляющий собой непромытый известковый щебень пористой структуры.

Состав назначен американскими специалистами из расчета получения средне- и высокопрочного бетона. Для высокопрочного бетона принят расход вяжущего 445 кг/м³ (образец бездобавочного нанощемя), для бетона средней прочности 30–40 МПа применен нанощемя 50 (образец ВНВ-50), расход вяжущего – 335 кг/м³.

Бетонную смесь готовили в лабораторном бетоносмесителе принудительного действия вместимостью 60 л по принятой ЛСТ схеме: вначале перемешивали заполнители с последующим введением около 15% воды затворения для смачивания поверхности заполнителей, а затем добавляли вяжущее и оставшуюся воду при перемешивании в течение 2 мин. После выдержки в течение 2 мин. смесь дополнительно перемешивали еще 3 мин. и затем выгружали.

При испытании бетонной смеси определяли подвижность по осадке конуса, содержание воздуха в уплотненной смеси и объемную массу. Было изготовлено по 18 цилиндрических образцов диаметром 10 и высотой 20 см в пластмассовых формах одноразового использования. Образцы уплотняли на виброплощадке. До испытаний их хранили в нормальных условиях. В табл. 2 представлены составы бетонных смесей.

Таблица 2

**Результаты сравнительных испытаний наноцементов и обычных портландцементов в
Лаборатории Портландцементной ассоциации США и Канады, г. Схоки, (США, апрель
1989 г.)**

№ состава	Вид вяжущего	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси, кг				Содержание добавки, % масс.	О.К., см	Предел прочности бетона нормального твердения при сжатии (МПа) через					
		цемента	песка	щебня	воды			16 ч.	1 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.	90 сут.
1	ПЦМ-400	404	642	1155	189	–	4,0	–	8,9	13,6	22,3	32,6	34,8
2	То же	412	676	1216	150	С-3; 0,7	4,3	–	18,2	34,8	43,9	48,6	51,4
3	Наноцемент (ВНВ-100)	352	757	1250	126		4,8	41,3	52,5	67,7	75,3	88,1	114,3
4	Наноцемент (ВНВ-50)	356	754	1244	128	–	17,0	18,0	23,1	42,6	57,8	64,4	68,9
5	Наноцемент (ВНВ-100)	408	714	1284	112	–	5,4	44,4	54,5	76,7	82,6	92,4	108,4
6	Наноцемент (ВНВ-50)	402	711	1279	112	–	4,5	16,8	30,4	48,7	61,3	72,3	77,8

Примечание: Образцы наноцементов изготовлены на основе портландцемента по п.п. 1

Результаты испытания образцов в возрасте 1, 3, 7 и 28 сут. дают наглядную картину кинетики набора прочности бетонов на основе наноцементов различных марок. Внимание специалистов США привлек интенсивный рост прочности в ранние сроки твердения, что, по их мнению, намного ускорит темпы бетонирования при возведении монолитных конструкций и сооружений различного назначения.

В образцах, приготовленных на основе бездобавочного наноцемента (ВНВ-100) в ЛТС, наметилась тенденция некоторого замедления темпа набора прочности после 3 сут. по сравнению с образцами других составов. Это вызвано недостаточно высокой прочностью использованного крупного заполнителя. При учете этого фактора получить бетон прочностью 100 МПа достаточно легко как в лабораторных, так и в производственных условиях.

Таким образом, проведенные в США испытания новых типов вяжущих и бетонов на их основе подтвердили в целом их соответствие, а по некоторым показателям и значительное превышение требований стандартов США, предъявляемых к высокомарочным и быстротвердеющим цементам. Это свидетельствует о потенциальной конкурентоспособности и возможности их применения в практике строительства.

ОПЫТНО- ПРОМЫШЛЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЦЕМЕНТОВ В КНР

Оптимальная схема получения наноцементов с сохранением производительности шаровых трубных мельниц и соответственно приемлимых удельных энергозатрат на тонну готового продукта реализована нами на цементном заводе Шин-хуа в г. Цзин-хуа, провинции Джедзян, КНР.

Указанная технологическая линия включает — в качестве вспомогательного дробильно-помольного оборудования мощную пресс-валковую дробилку — измельчитель типа VSTM-2003 производительностью до 150 т/ч, мощность привода 400 кВт. В качестве основного помольного агрегата линия включает — трубную трехкамерную шаровую мельницу 2,9x11 м производительностью 50 т/ч по выпускаемому цементу с минеральными добавками марки 32,5 по стандарту КНР ASTM-2003. В предизмельчитель — прессвальцы подаются все компоненты смеси, включая портландцементный клинкер и минеральные добавки в кусковом виде (не более 300 мм в поперечнике) без сушки. Зазор между валками составляет около 40 мм.

Добавку китайского производства серии FDN в сухом виде вводили в исходную смесь после предварительного измельчения компонентов в пресс-валцах до размера 0÷25 мм и гомогенизации смеси в смесителе с принудительным перемешиванием. Заводской обычный состав смеси: клинкер — 63%; вулканический камень — 6%; сланец — 16%; угольный шлак — 6%; известняк — 7%; гипс — 5%; Смесь угольного шлака и известняка вводилась в весовом соотношении 3:2, химический состав смесей представлен в табл. 1.

7

Перед началом каждого испытания трубную мельницу разгружали за счет ее работы на холостом ходу до момента прекращения выхода из нее продукта.

В первом эксперименте вводили при помоле цемента 1% масс.модификатора, во втором 0,8% масс., в третьем 0,6% масс. от количества смеси (табл.2). Добавку в каждом случае вводили равномерно в течение 1 ч. 40мин. В каждой серии отобрано 11 проб. Первая проба – через 20 мин. после начала подачи материала, последующие – через 15 мин.

Как показали результаты фракционирования отдельных проб полученных цементов при проведении первой серии испытаний с 1% масс. добавки, появление модификатора в мельнице приводит к смещению гранулометрического диапазона частиц цемента в область более дисперсных значений, т.е. наблюдается увеличение мелющей способности мельницы (табл. 3) .

Таблица 1

**Химический состав* компонентов исходных смесей
для производства наноцементов в г.Цзин-Хуа,КНР**

№ п/п	Оксид	Содержание, % масс.					
		Клинкер	Извест- няк	Уголь - ный шлак	Сланец	Гипс	Вулкани ческий камень
1	п.п.п.	0,65	42,44	6,63	8,3	14,18	6,58
2	SiO ₂	21,77	2,01	55,1	55,35	10,67	70,42
3	Al ₂ O ₃	5,04	0,55	9,35	9,8	0,48	13,98
4	Fe ₂ O	3,46	0,24	16,45	15,7	1,1	1,05
5	CaO	65,15	53,86	6,2	7,8	31,45	3,35
6	MgO	1,56	0,3	1,81	1,78	0,42	0,72
7	SO ₃	0,96	–	1,02	0,56	41,29	0,44
8	W (влаж ность)	0,10	0,60	3,44	0,71	0,41	3,46

* Определения сделаны после сушки материалов при 105^oC

Таблица 2

Концентрации компонентов в исходных смесях для помола цементов

№ п/п	Компонент	Содержание в смеси, %масс.		
		Эксперимент №1	Эксперимент №2	Эксперимент №3
1	Клинкер	63,0	40,0	33,
2	Вулканический камень	6,0	18,0	28, 0
3	Смесь угольного шлака и	10,0*	15,2*	21,4**
4	Сланец	15,0	21,0	12,
5	Гипс	5,0	5,0	5,0
6	Добавка- модификатор	1,0	0,8	0,6

* Соотношение шлак/известняк – 3:2

** Соотношение шлак/известняк – 5:2

Производительность мельницы задавалась подачей компонентов цемента и составила обычную регламентную заводскую норму – 50 т/час. Аналогичные по габаритам мельницы в России имеют существенно отличную шаровую загрузку, ввиду отсутствия

предизмельчения материалов перед подачей в мельницу.

В ходе испытаний обнаружено значительное влияние модификатора FDN на интенсивность помола цемента с минеральными добавками, так при фиксированной производительности помольной линии 50 т/час тонина цементов значительно возросла с вводом модификатора в количестве 0,6–1% масс. цемента и увеличением количества подаваемого вулканического камня (табл. 4,5).

Таблица 3

Удельная поверхность и средний размер частиц образцов наноцементов с минеральными добавками

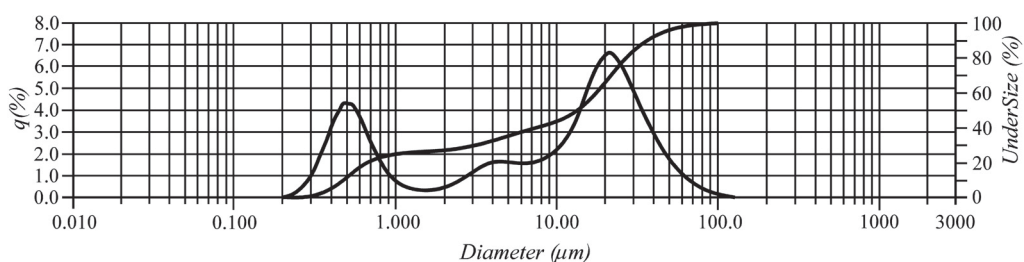
Образец*	$S, \text{ м}^2/\text{кг}$	$d, \text{ мкм}$
1–3	548	4,1
1–6	556	4,0
1–9	518	4,3
2–3	730	3,10
2–6	783	2,8
2–9	691	3,2
3–3	792	2,8
3–6	936	2,4
3–9	771	2,9
Заводской	462	6,6

* Здесь и далее обозначения образцов: первая цифра – № эксперимента, вторая цифра – № пробы отбора

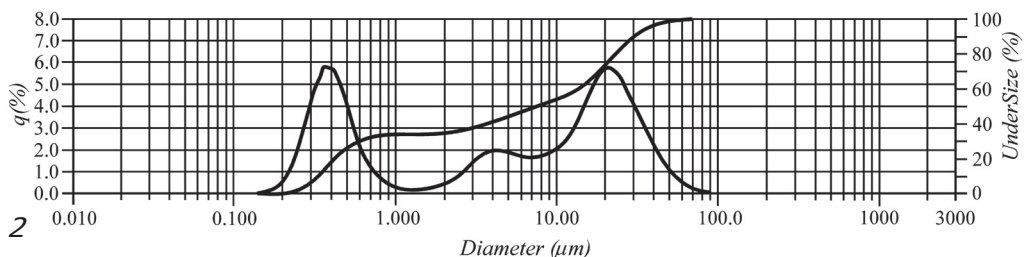
Как видно по результатам эксперимента в присутствии модификатора, более тонкое измельчение цемента с минеральными добавками происходит в основном за счет измельчения частиц диапазона 30–80 мкм (рис.2). Введение модификаторов интенсифицирует помол и радикально повышает тонины цементов за счет микрокапсуляции высокодисперсных зерен цемента и предотвращения их агрегации. Анализ полученных данных по гранулометрии цементов и, в частности, кривых на рис.2 показывают, что особенно интенсивно возрастает тонина цементов с повышением содержания вулканической породы.

Увеличение насыпного веса наблюдается при возрастании концентрации добавки-модификатора в мельнице и с увеличением периода ее подачи, за счет снижения показателя порозности и повышения дисперсности частиц в цементе.

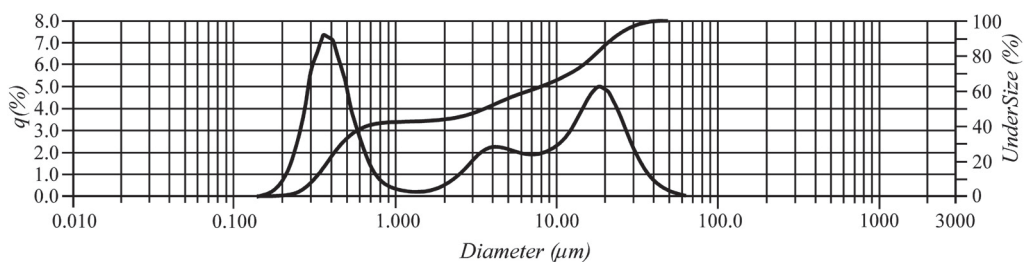
Водопотребность и сроки схватывания цементного теста отдельных проб полученных цементов зависят как от содержания клинкера, так и от концентрации добавки модификатора (табл.4).



1



2



3

Рис. 1. Кривые гранулометрии промышленных партий наноцементов с минеральными добавками, цементный завод Шин-хуа, КНР:

1 – Эксперимент 1 – с 63% клинкера и 1,0% масс. модификатора; 2 – Эксперимент 2 – с 40% клинкера и 0,8% масс. модификатора; 3 – Эксперимент 3 – с 33% клинкера и 0,6% масс. модификатора

Интересные данные были получены при механических испытаниях полученных наноцементов с минеральными добавками. Прочностные характеристики стандартных балочек, изготовленных из цементно-песчаных смесей, зависят от содержания клинкера и концентрации полимерной добавки в цементе и от показателя водоцементного отношения (табл.4).Сроки схватывания цементов марки 32,5 по китайскому стандарту: начало $\geq 0:45$ мин.; конец $\leq 10:00$.

Таблица 4

Результаты испытаний стандартных образцов нормального твердения партий наноцементов на заводе Шин-хуа ,КНР, апрель-май 2008 г.

№№ партий	Прочность в различные сроки нормального твердения, МПа					
	на сжатие			на изгиб		
	1 сут.	3 сут.	28 сут.	1 сут.	3 сут.	28 сут.
Эксперимент №1: содержание клинкера – 63%, модификатора – 1, 0% масс.						
1	25,5	33,8	54,9	4,9	6,5	8,8
2	24,6	34,1	55,2	3,9	6,7	9,2
3	21.3	37.2	59.0	3.2	6.3	9.1
4	33.1	49.4	66.7	7.1	8.4	10.
5	32.6	47.0	64.6	6.6	7.4	10.
6	26.8	43.6	58.6	7.4	7.5	9.8
7	24.9	40.9	57.4	6.4	6.8	9.2
8	23.7	35.0	54.0	6.0	6.6	9.2
9	20.5	35.9	52.7	5.1	6.6	8.8
Эксперимент №2: содержание клинкера – 40%, модификатора – 0,8% масс.						
10	18.7	26.8	41.7	3.4	5.1	7.1
11	17.6	24.5	40.2	3.2	4.7	7.0
12	15.2	25.2	40.2	3.2	4.6	7.0
Эксперимент №3: содержание клинкера – 33%, модификатора – 0,6% масс.						
13	8.7	14.2	35.3	2.1	2.7	13.
14	5.9	7.0	32.3	1.8	2.8	12.
15	7.2	5.1	30.6	1.8	3.3	12.
16	7.8	6.1	30.2	2.0	2.7	13.
17	7.0	5.5	29.3	1.6	2.3	12.
18	6.9	5.8	28.1	2.0	2.9	12.

Полученные результаты демонстрируют значительную эффективность технологии механохимической обработки для производства малоклинкерных наноцементов с минеральными добавками, позволяя снизить содержание клинкера до 30–40% масс. при обеспечении высокой гидравлической активности цемента, невзирая на избыточную влажность вулканического камня и угольного шлака.

Особенно впечатляют высокие значения прочности на изгиб камня на основе цемента с 33% клинкера, достигающие 12–13 МПа и связанные с увеличением содержания в наноцементе высокодисперсного вулканического камня.

ИСПЫТАНИЯ НАНОЦЕМЕНТОВ В ОАЭ

ОАЭ, Завод: Abu Dhabi National Cement Factory

в Абу-Даби Наноцементов двух видов наноцемент 90 и наноцемент 55 были испытаны в составе мелко-зернистых бетонов в Лаборатории цементного завода **Abu Dhabi National Cement Factory**, полученные результаты указаны в табл -№ 1.



مصنع أبوظبي لصناعة الإسمنت
ADNC Abu Dhabi National Cement Factory

Протокол испытания - Завод Национальный цемент Абу-Даби ,

Date of test: 16/01/2014.

<http://www.ghantootgroup.com>

№	ОПИСАНИЕ ОБРАЗЦОВ	Цемент, гр.	Песок, гр.	Вода, мл.	Вес призмы, гр	Дней	нагрузка ИЗГИБА, кН	Прочность на изгиб, Н/мм2	Сжимающая нагрузка, кН	Прочность при сжатии, Н/мм2	Сжимающая нагрузка, кН	Прочность при сжатии, Н/мм2	Средняя нагрузка, кН	Средняя прочность Н/мм2
1	A1 N90	450	1350	127	589	2	1,693	6,347	37,42	23,38	36,66	22,91	37,04	23,15
		450	1350	127	593	7	3,351	12,565	87,82	54,88	82,79	51,74	85,31	53,31
						28								
2	B1 N55	450	1350	125	588	2	1,673	6,275	35,17	21,98	34,73	21,70	34,95	21,84
		450	1350	125	590	7	3,651	13,692	78,13	48,83	79,20	49,50	78,67	49,17
						28								
3	A2 N90	450	1350	112,5	591	2	2,433	9,123	53,83	33,64	52,31	32,69	53,07	33,17
		450	1350	112,5	594	7	3,791	14,067	103,58	64,73	106,82	66,76	105,20	65,75
						28								
4	B2 N55	450	1350	120	582	2	1,222	4,581	29,65	18,53	28,16	17,60	28,91	18,07
		450	1350	120	586	7	3,221	12,079	74,69	46,68	73,22	45,76	73,96	46,22
						28								

ОАЭ завод GULF READY MIX. Al Hoty-Stanger Laboratories

По поручению бетонного завода (GULF READY MIX) в Абу-Даби в лабораторию (Al Hoty-Stanger Laboratories), были проведены испытания составов бетонов с применением Нанопцемента 55 производства России.

Лабораторный опыт (бетонные смеси)

Заказчик

CONTRACTOR : M/S

GULF READY MIX

CONSULTANT :

PROJECT :

Класс бетона: C40/50 Рувайс
MIX


Материалы	Тип	Вес, кг	водопоглощение, %	водопоглощение, Кг	Влажность, %	Влажность, Кг	исправленный Вес, кг	Партия лабораторная Вес-кг
Цемент	Нанопцемент 55	380					380	11,400
Вода	ADM	114					109,1	3,272
ADM-1							0	0,000
ADM-2							0	0,000
Щебень 20mm	CR-ROCK RAK	624	0,5	3,1	0,1	0,62	621,5	18,645
Щебень 10mm	CR-ROCK RAK	457	0,5	2,3	0,1	0,45	455,2	13,655
Щебень 5mm	CR-ROCK RAK	561	0,7	3,9	1,5	8,36	565,5	16,964
Песок тонкий	Al Ain	437	0,7	3,0	1,8	7,81	441,8	13,253
TOTAL		2573,0		12,32		17,24		

Дата : 19.03.2014

Характеристики бетонной смеси и бетона

Работоспособность и ТЕМПЕРАТУРА			
Время	Менут	Осадка (мм)	ТЕМП (°с)
10:00	0	215	23,0
10:30	30	215	23,0
11:00	60	215	23,0
11:30	90	200	22,5
12:00	120	200	22,5

ПЛОТНОСТЬ & ПРОЧНОСТЬ НА СЖАТИЕ		
Возраст	плотность кг/м ³	проч- сжатия.Н/мм ²
24 ч	2550	39,0
3 дня	2600	58,5
7 дней	2570-2560	65.5,68.0
28 дней	2580-2580	76.0, 71.0

Лабораторный опыт (бетонные смеси)									
Заказчик		CONTRACTOR: M/S GULF READY MIX							
CONSULTANT :									
PROJECT :									
Класс бетона: 40N/mm2									
Материалы	Тип	Вес, кг	водопоглощ ение. %	водопоглощ ение. Кг	Влажн ость %	Влажн ость Кг	исправлен ный Вес, кг	Партия лаборато рная Вес-кг	
Цемент	Нано цемент 55	320					320	9,600	
Вода	ADM	160					156,9	4,707	
ADM-1							0	0,000	
ADM-2							0	0,000	
Щебень 20mm	CR-ROCK RAK	571	0,5	2,8	0,1	0,57	568,7	17,062	
Щебень 10mm	CR-ROCK RAK	370	0,5	1,8	0,1	0,37	368,5	11,056	
Щебень 5mm	CR-ROCK RAK	669	0,7	4,7	1,2	7,97	672,3	20,170	
Песок тонкий	Al Ain	396	0,7	2,8	1,6	6,29	399,5	11,986	
TOTAL		248 6		12,08		15,20			

DATE	:	:17.03.2014
MIX REF.	:	:GR40RAK

Характеристики бетонной смеси и бетона

Работоспособность и ТЕМПЕРАТУРА			
Время	MINUTE	Осадка(мм)	ТЕМР(°с)
15:25	0	240	23,5
15:55	30	235	23,5
16:25	60	225	23,0
16:55	90	215	23,0
17:25	120	215	23,0

ПЛОТНОСТЬ & ПРОЧНОСТЬ НА СЖАТИЕ		
Возраст	плотность кг/м ³	проч-сжатия.Н/мм ²
24 ч	2550	15,5
3 дня	2590	40,5
7 дней	2540-2580	48.5,51.0
28 Дней	2550-2580	55.0, 52.0

ИСПЫТАНИЯ НАНОЦЕМЕНТОВ В ПОРТУГАЛИИ

Португалия, Завод СИПОР

2 образца Наноцемента 55 детально исследованы , результаты исследований:

<p>Прилагаю результаты Nano-цемента (2-й образец - 1333E), выполненные на раствора и бетона (2 разных составов)</p> <p>Это образец Nano-цемента имеет гранулометрический состав , напоминающий о портландцементе и состоит из около 49% кварца и о 49,3% от клинкера с большинством алита композиции.</p> <p>Цемент полученный (второй образец) не гидратированный как это происходило в предыдущем примере (1-й образец 0691E), то максимальные результаты от сопротивления всех возрастов, см. таблицу 2.</p> <p>Нано цемент, очень пластичен и имеет сопротивление раствора через 28 дней 68,5 МПа с коэффициентом в/с из 0:30, используемой вместо обычного 0:50 на EN 196-1 правило, необходимых для достижения хорошей пластичностью. Представляет хороший рост сопротивления с возрастом. См. таблицу 1.</p> <p>Таблица 3 показывает результаты, полученные с двух различных бетонных составов с одним из 280 кг/м3 и с другой из 340 кг/м3 (см. таблицу 4).</p>	<p>I enclose the results of Nano-cement (2nd sample - 1333E) performed on mortar and concrete (2 different compositions)</p> <p>This sample of Nano-cement has a granulometric curve not unlike that of a Portland cement is composed of about 49% quartz and about 49.3% of a clinker with a majority alítica composition.</p> <p>Cement received (2nd sample) had not hydrated as happened in the previous sample (1st sample 0691E) then maximum results from resistance to all ages, see Table 2.</p> <p>The Nano cement is very plastic and has resistance mortar after 28 days 68.5 MPa with a ratio w/c of 0.30 used instead of the usual 0.50 to EN 196-1 typically required to achieve a good plasticity. Presents a good growth of resistance with age. See table 1.</p> <p>Table 3 shows the results obtained with two different concrete compositions with one of 280 kg/m3 and with another one of 340 kg/m3 (see Table 4).</p>
<p>Осадки конуса отличаются, потому что, как я уже упоминал в электронную почту, отправленную на 26-3, мы протестировали</p>	<p>Slumps are different because as I mentioned in E-mail sent to 26-3, we tested a relationship of w / c was 0.39 with the composition of 280 kg/m3 of Nano cement and the concrete was very dry, which prevented compaction, so we adding the</p>

<p>отношение в/с было 0:39 с составом 280 кг/м³ цемента Nano и бетона очень сухой, что не позволило уплотнения, так мы добавлением воды для получения хорошей обрабатываемости бетона, конечное значение в / Ц = 0:50</p> <p>С композицией 340 кг/м³, был использован в/с 0,33 мы можем получить уплотненный бетон с осадкой 50 мм.</p> <p>С вторым составом прочности на сжатие получили лучшие результаты (больше цемента и менее в/с)</p>	<p>water to obtain a good workability of the concrete, final value w/c = 0.50</p> <p>With a composition of 340 kg/m³, was used w/c 0.33 we can get a compacted concrete slump of 50 mm.</p> <p>With this 2nd composition the strengths have obtained better results (more cement and less w / c)</p> <p>Table 1 - Assay Nano cement mortar</p>
--	---

Таблица 1 - Анализ Нано цементного раствора

	Новый Нано цемент New Nano cement	Предыдущий Нано-цемент Previous Nano-cement
N ° образца № sample	1333E	0691E
% цемента % Cement	100	100
песчаный грунт sand ground		
в/с (паста) w/c (paste)	0,30	0,33
пластичность plasticity	Вода, Water	Вода, Water
1день (МПа) 1day (MPa)	21,3	-
R3 дней (МПа) R3 days (MPa)	47,2	21,7
R7days (МПа) R7days (MPa)	60,3	39,0
R28 дней (МПа) R28 days (MPa)	68,5	47,8

Таблица 2 - Химический состав / минералогия образцов № 2 нано цемента.

Table 2 - Chemical composition / mineralogy of samples № 2 Nano cement.

	Новый Нано цемент New Nano cement	Предыдущий Нано-цемент Previous Nano-cement	
	N.º образца, sample	1333E	0621E
TGA, TGA	влажность humidity (110°C)	0,47	1,81
	PF (110-250°C)	0,24	0,74
	PF (250-500°C)	0,44	0,66
	PF (500-950°C)	0,81	1,87
FRX	% P.Fogo	1,48	3,27
	% SiO ₂	50,45	48,28
	% Al ₂ O ₃	3,32	3,32
	% Fe ₂ O ₃	2,92	3,09
	% CaO	38,17	37,89
	%MgO	0,49	0,47
	%SO ₃	1,89	1,96
	% K ₂ O	0,52	0,53
	% Na ₂ O	0,29	0,31
	% TiO ₂	0,21	0,22
	% MnO	0,04	
	% SrO	0,07	
	Total (%)	99,44	99,34
Alpine	% R. 45 µm	8,5	8,7
	% R. 32 µm	14,8	13,8
	IP (minutos)	275	405
DRX	% Alite - C ₃ S	38,3	41,0
	% Belite - C ₂ S	1,6	4,7
	% C ₄ AF	4,8	5,1
	% C ₃ A cúbico	2,2	0,0
	% C ₃ A ortorrômbico	2,5	3,4
	% Ca (OH) ₂ - Portlandite	0,00	1,4
	% Quartzo - SiO ₂	49,1	42,3
	% Ettringite	0,00	1,6
	% Microcline	0,00	0,5
	Gesso +Bassanite	1,7	-

Таблица 3 - Тестирование бетона Table 3 - Testing of concrete

Новый Нано цемент New Nano cement		
	280 kg/m³	340 kg/m³
N ° образца, N° sample	1333E	1333E
Осадка мм, Slump (mm)	160	30
В/с, w/c	0,50	0,33
% захваченного воздуха, % of entrapped air	2,2	0,6
1день (МПа) 1day (MPa)	7,5	26,5
R3 дней (МПа) R3 days (MPa)	21,0	48,0
R7days (МПа) R7days (MPa)	24,0	55,0
R28 дней (МПа) R28 days (MPa)	35,5	65,0

Таблица 4 - Состав бетона Table 4 - Composition of concrete

Кг/м³, Kg/m³	1336E	1337E	1338E	1339E	1340E
Нано цемент 55 Nano-cement 55	Щебень 2 macadam 2	щебень 1 macadam 1	рисовая шелуха rice husk	Крупный песок coarse sand	Тонкий песок Fine sand
280	550	280	260	380	440
340	570	280	260	390	360

ИСПЫТАНИЯ НАНОЦЕМЕНТА 55 В БРАЗИЛИИ

Бразилия. Завод VOTORANTIM cement factory**ОЦЕНКА ИСПОЛНЕНИЯ "НАНОЦЕМЕНТА 55"****1. характеристика материалов****1.1. Рентгено-флуоресцентный анализ****Таблица 1.1: Химический состав**

	<i>Наноцемент 55</i>	<i>Портланд цемент (Прототип)</i>
SiO ₂ (%)	55,23	20,13
Al ₂ O ₃ (%)	3,19	5,23
Fe ₂ O ₃ (%)	3,42	2,65
CaO(%)	35,09	57,95
MgO(%)	0,40	5,97
Na ₂ O(%)	0,32	0,14
K ₂ O(%)	0,48	0,82
SO ₃ (%)	1,60	2,92
Mn ₂ O ₃ (%)	0,058	0,158
P ₂ O ₅ (%)	0,08	0,10
TiO ₂ (%)	0,27	0,25
ZnO(%)	0,04	0,01
Cr ₂ O ₃ (%)	0,03	0,03
SrO(%)	0,11	0,06
PF	1,85	4,00

1.2. Рентгеновская дифракция наноцемента 55**Таблица 1.2****Минералогия наноцемента 55 идентифицированная методом РФА**

Ref. Code	Соединение Имя	масштабный коэффициент	Хим. формула
01-079-1910	оксида кремния	0,929	SiO ₂
00-049-0442	Кальций - силикатный	0,069	Ca ₃ SiO ₅
01-074-1346	Железо Аллюминий Оксид кальция	0,027	FeAlO ₃ (CaO) ₂
01-074-1433	Сульфат кальция гидрат	0,018	Ca (SO ₄)(H ₂ O) ₂
00-032-0148	Кальций оксид алюминия	0,044	Ca ₃ Al ₂ O ₆
01-086-0399	силикатный	0,064	Ca ₂ (SiO ₄)
00-014-0453	Сульфат кальция гидрат	0,009	CaSO ₄ .5H ₂ O

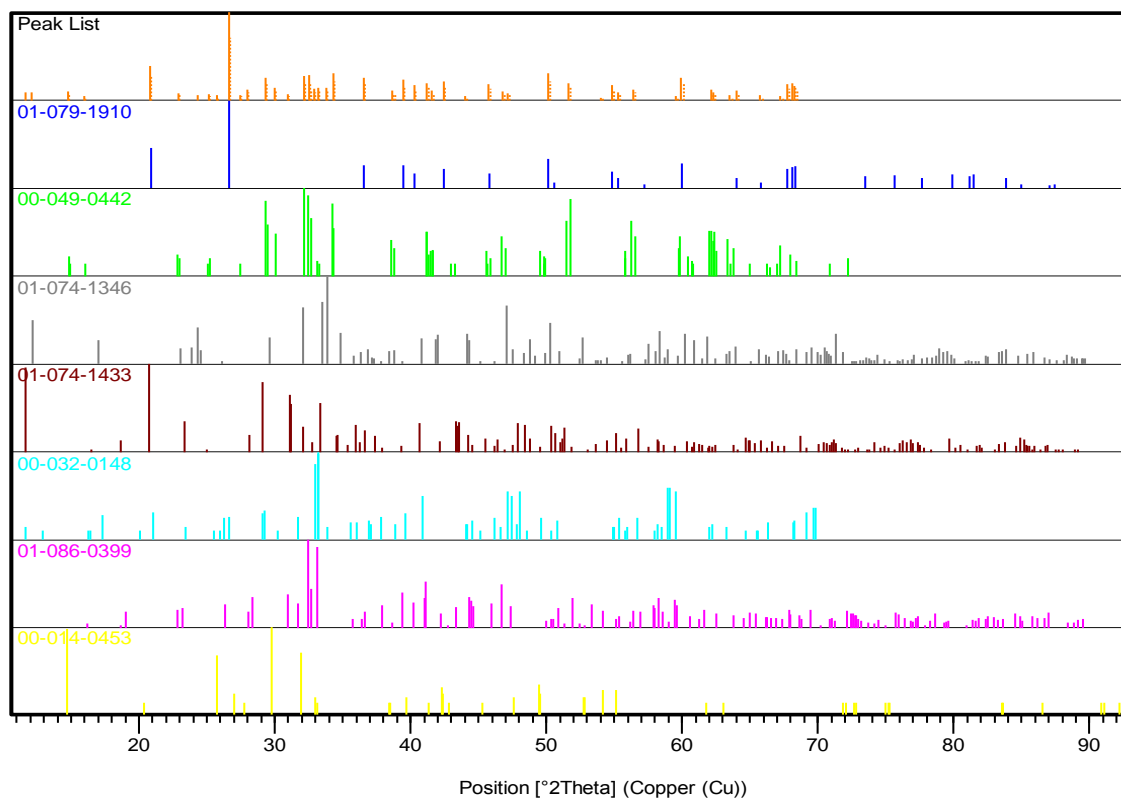
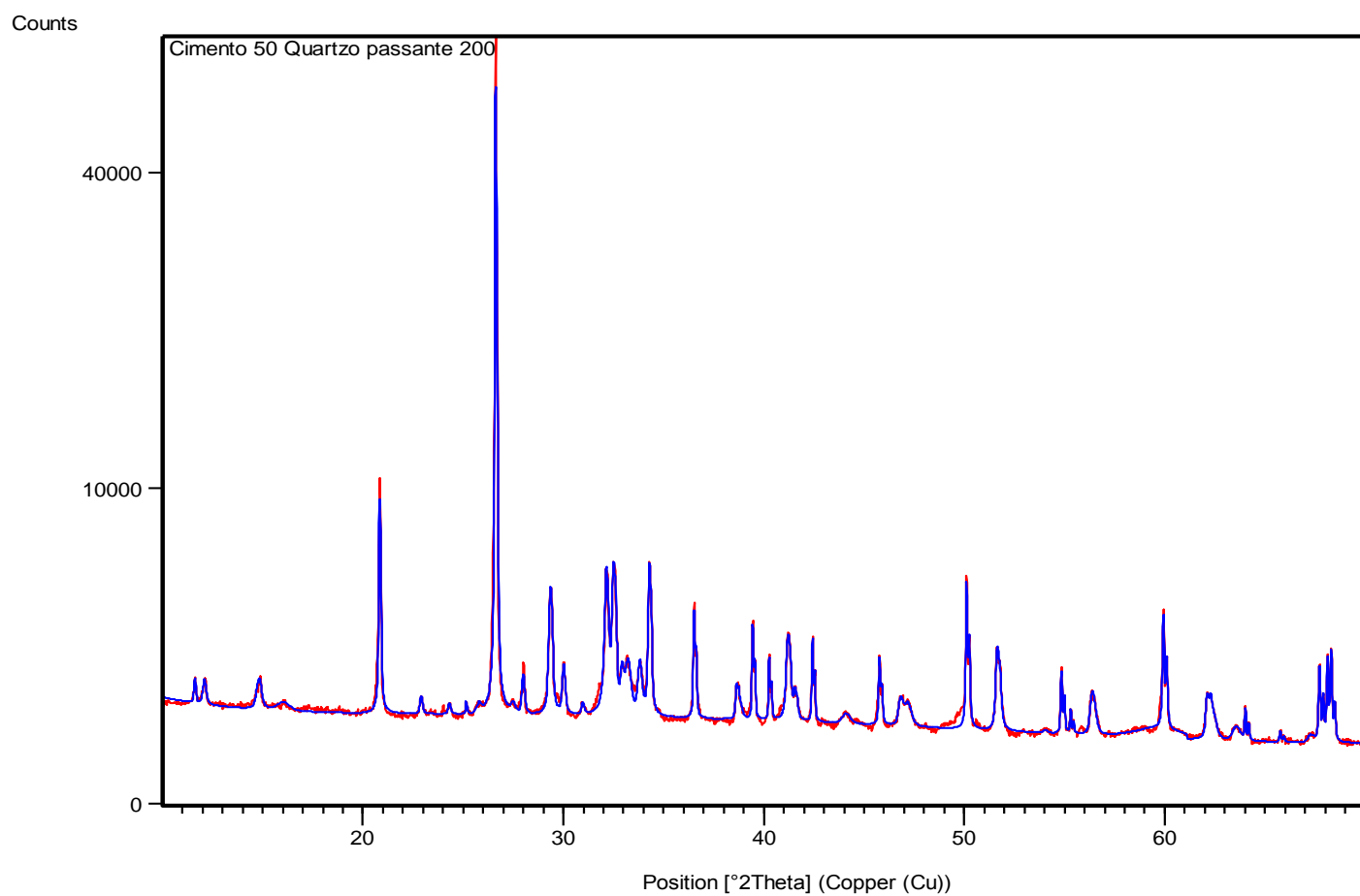


Figure 1.1 – Дифрактограммы наноцемента 55

Лазерная гранулометрия наноцемента 55 и портландцемента

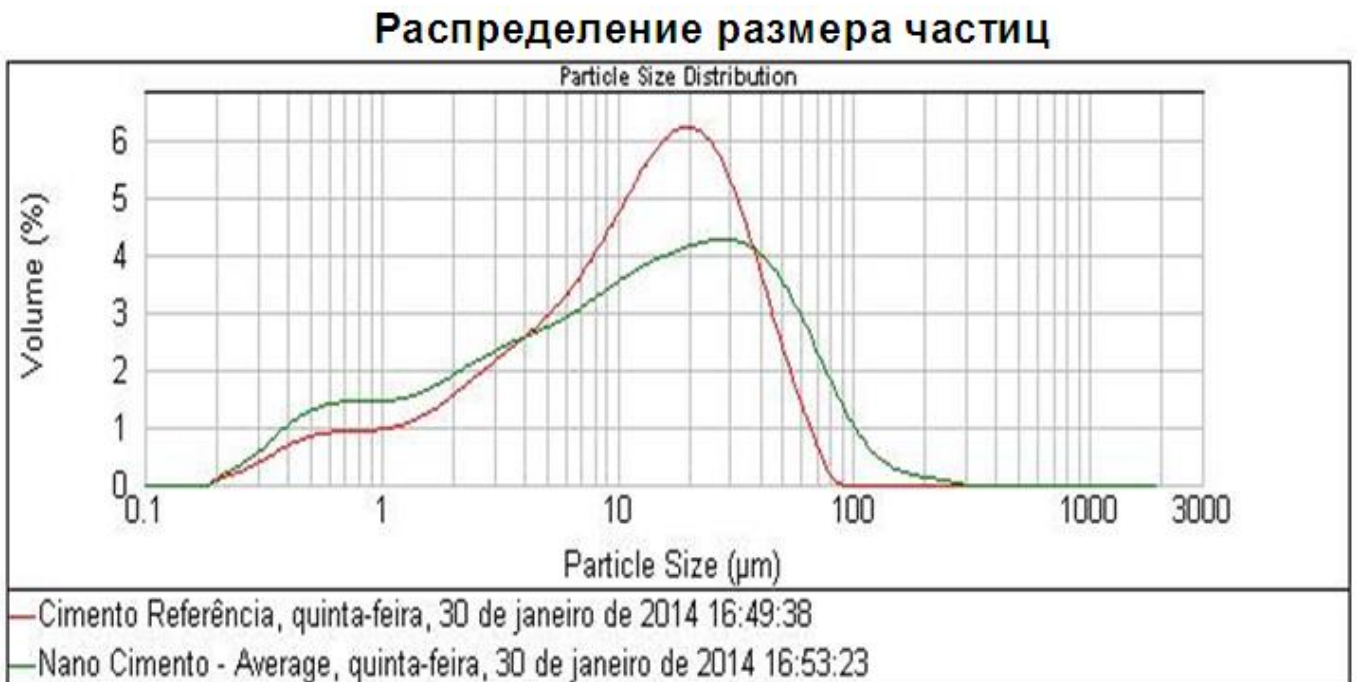
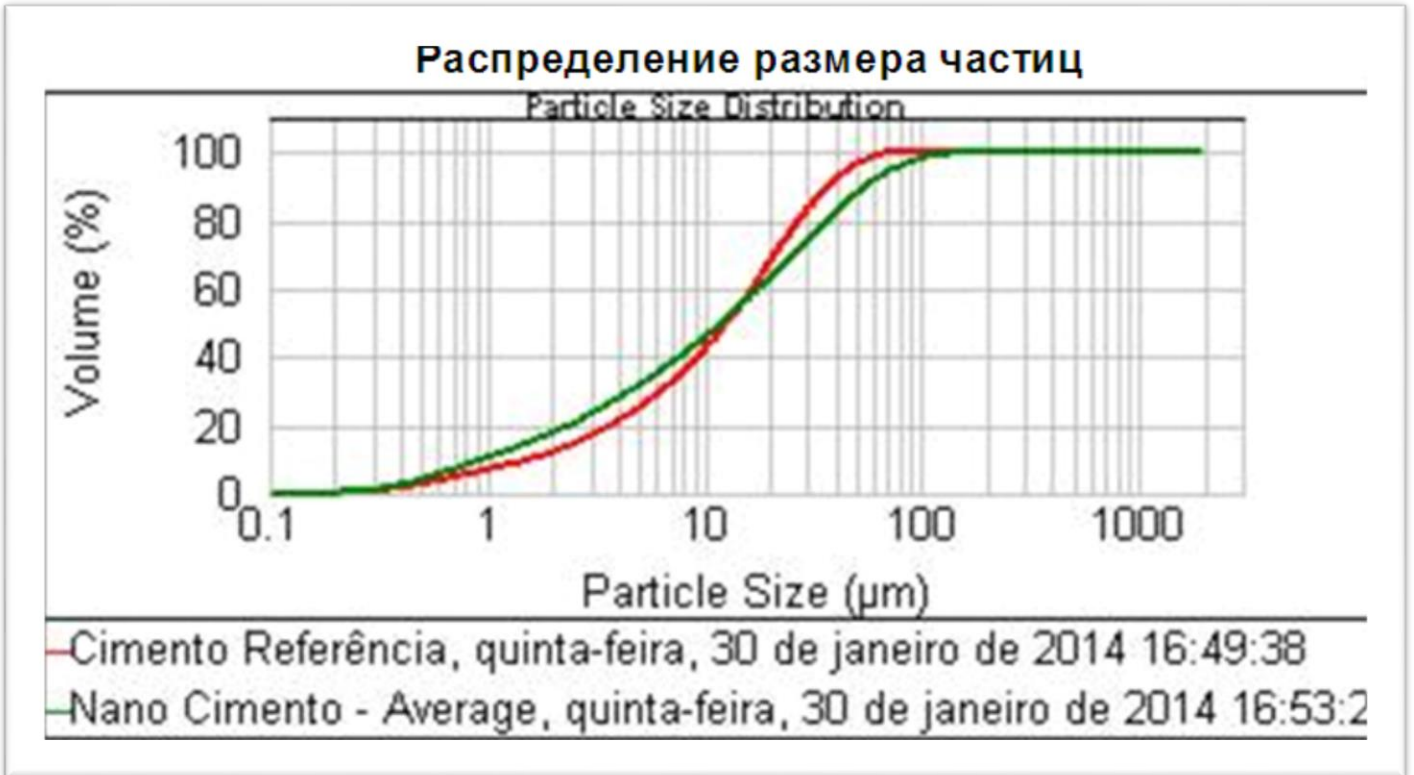


Figure 1.3 – Кривые гранулометрии наноцемента 55 и портландцемента.

2 . ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНОЦЕМЕНТА В РАСТВОРАХ

2.1 Текучесть (конус KANTRO)

	конус (mm)	Цемент (г)	Вода (мл)	В/Ц
Прототип- цемент	137,5	150	90,0	0,600
Наноцемент 55	162,5	150	37,5	0,250

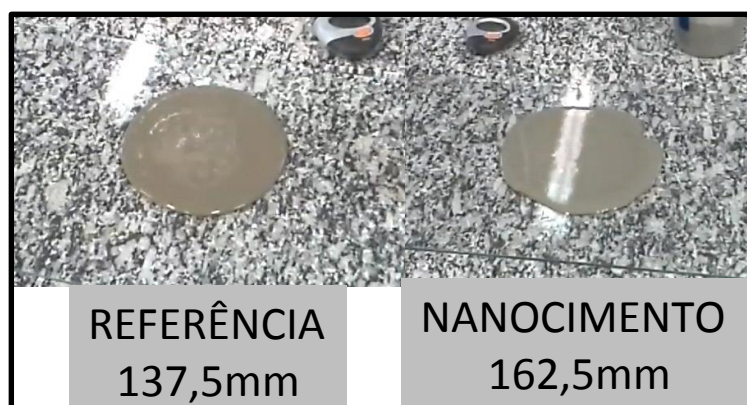


Figure 2.1 Подвижность nano цемента и прототип-цемента измеряется конусом Kantro

3 Оценка эффективности в Растворы

Таблица 2.2 - Пластичность наноцемента 55 и прототип-портландцемент , прочность на сжатие образцов цементного камня в различные сроки нормального твердения

	по суткам				
	растекаемость (мм)	В/Ц	1 сут, МПа	7сут, МПа	28 сут, МПа
Прототип - портландцемент	184	0,481	17,1	35,3	45,8
Наноцемент 55 с 230г H ₂ O	223	0,369	10,6	37,8	44,0
Наноцемент 55 с 225г H ₂ O	182	0,361	9,55	43,2	55,2

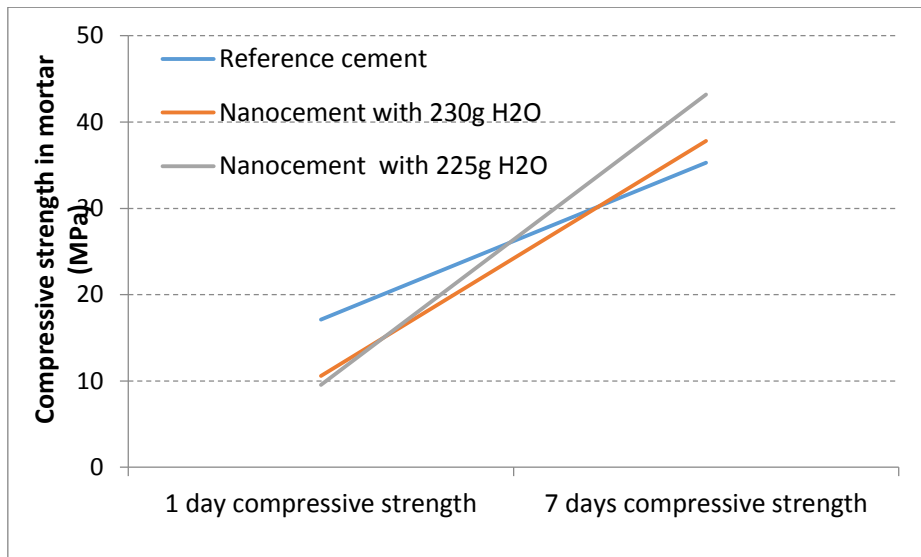


Figure 3.1 Предел прочности при сжатии образцов наноцемента 55 и прототипного портландцемента измерений в соответствии с бразильским стандартам



Figure 3.2 Раствор наноцемента 55 с В / Ц 0,25 (не было возможности определить растекаемость)

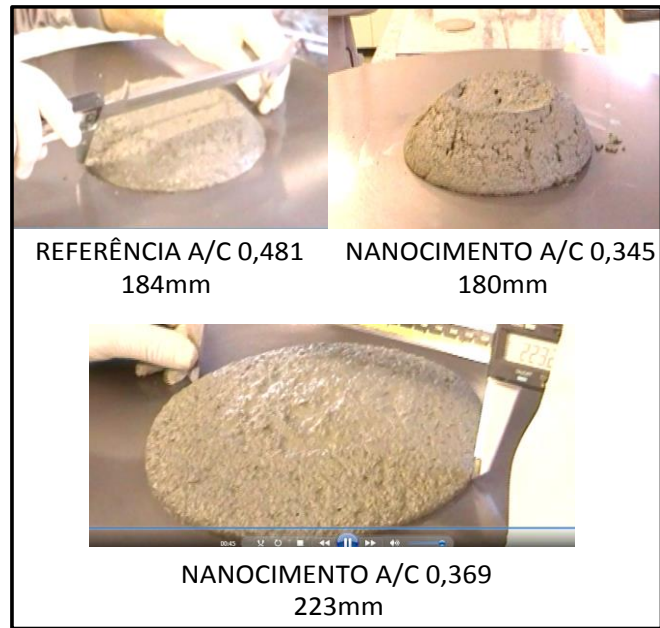


Figure 3.3 – Согласно таблице растекаемости наноцемента 55 и прототип-портландцемента оцениваются по таблице растекаемости

НА АНГЛИЙСКОМ

**ASSESSMENT OF PERFORMANCE OF “NANO-CEMENT” N55, MANUFACTURED ON
DECEMBER 2012, SAVED IN PAPER BAG.**

DATE OF TEST 31/01/2014

1. Materials characterization

1.1 X-Ray Fluorescence

Table 1.1: Chemical composition

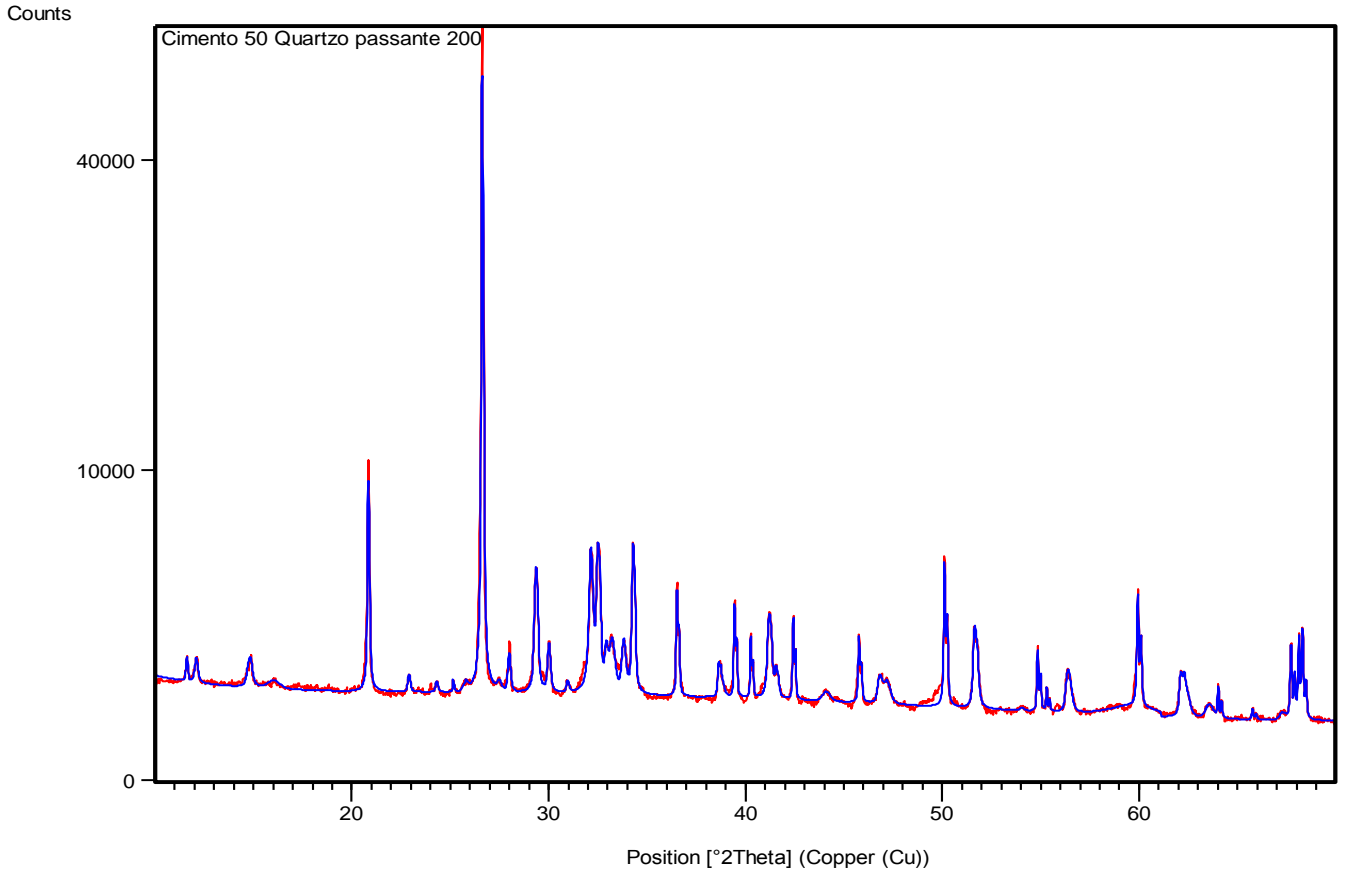
	<i>Nanocement 55</i>	<i>(OPC 42,5) cement</i>
SiO ₂ (%)	55,23	20,13
Al ₂ O ₃ (%)	3,19	5,23
Fe ₂ O ₃ (%)	3,42	2,65
CaO(%)	35,09	57,95
MgO(%)	0,40	5,97
Na ₂ O(%)	0,32	0,14
K ₂ O(%)	0,48	0,82
SO ₃ (%)	1,60	2,92
Mn ₂ O ₃ (%)	0,058	0,158
P ₂ O ₅ (%)	0,08	0,10
TiO ₂ (%)	0,27	0,25
ZnO(%)	0,04	0,01

Cr2O3(%)	0,03	0,03
SrO(%)	0,11	0,06
PF	1,85	4,00

1.2 X Ray Diffraction

Table 1.2 Nano-cement's mineralogy identified by XRD

Ref. Code	Compound Name	Scale Factor	Chemical Formula
01-079-1910	Silicon Oxide	0,929	SiO ₂
00-049-0442	Calcium Silicate	0,069	Ca ₃ SiO ₅
01-074-1346	Iron Aluminum Calcium Oxide	0,027	FeAlO ₃ (CaO) ₂
01-074-1433	Calcium Sulfate Hydrate	0,018	Ca (SO ₄)(H ₂ O) ₂
00-032-0148	Calcium Aluminum Oxide	0,044	Ca ₃ Al ₂ O ₆
01-086-0399	Calcium Silicate	0,064	Ca ₂ (SiO ₄)
00-014-0453	Calcium Sulfate Hydrate	0,009	CaSO ₄ .5H ₂ O



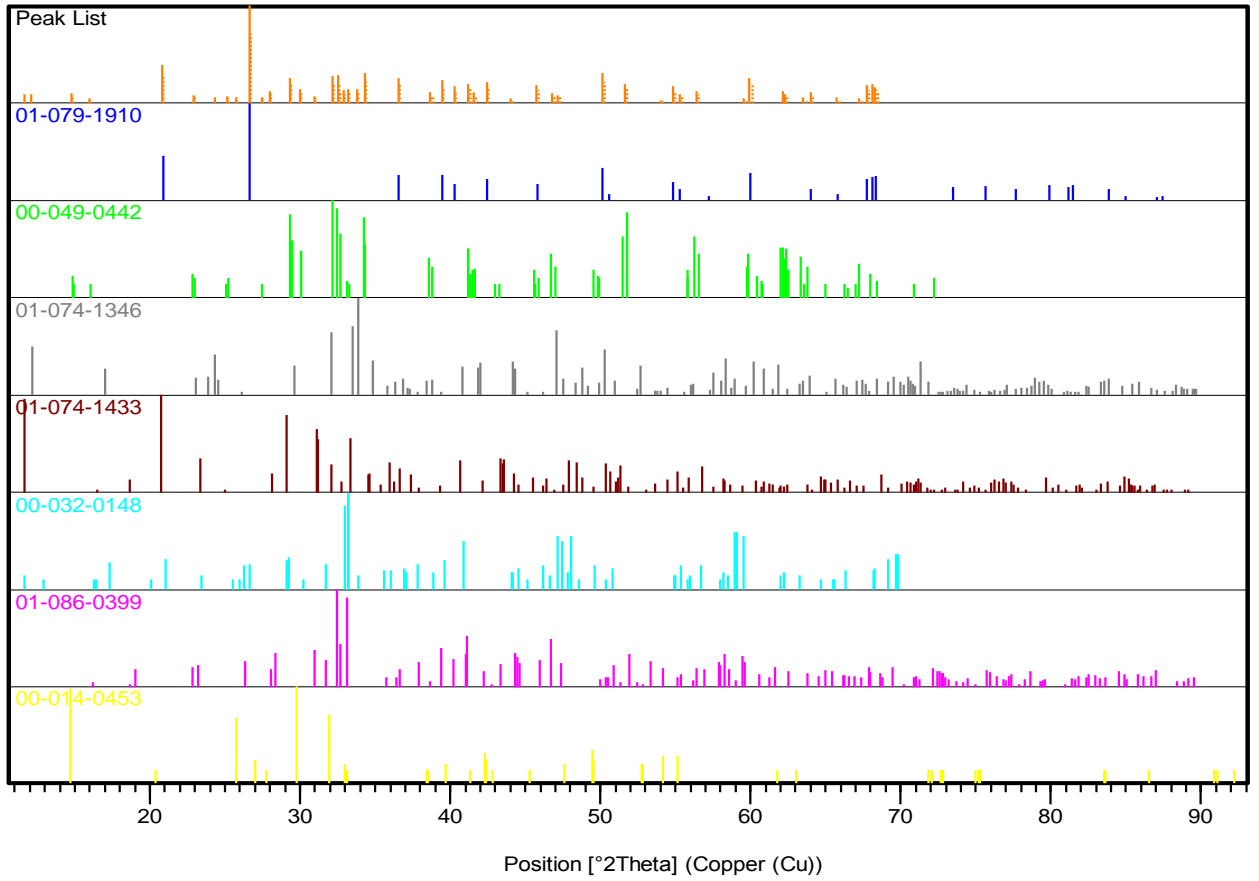
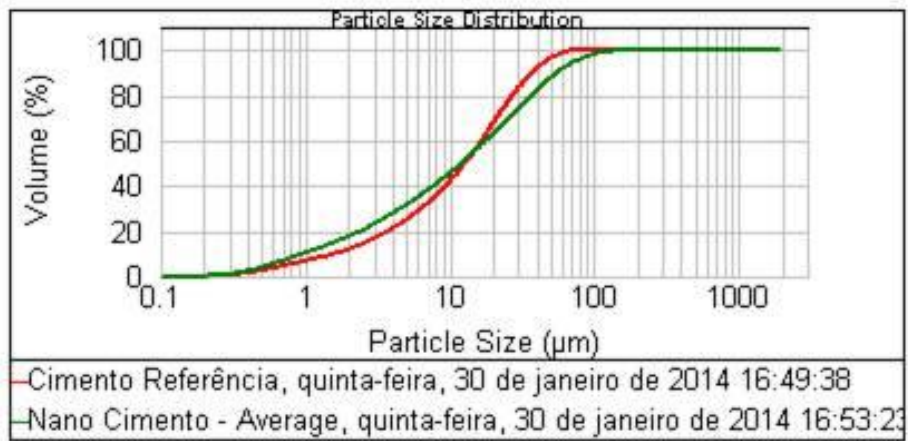


Figure 1.1 – Diffractogram of Nanocement

1.3 Laser Granulometry



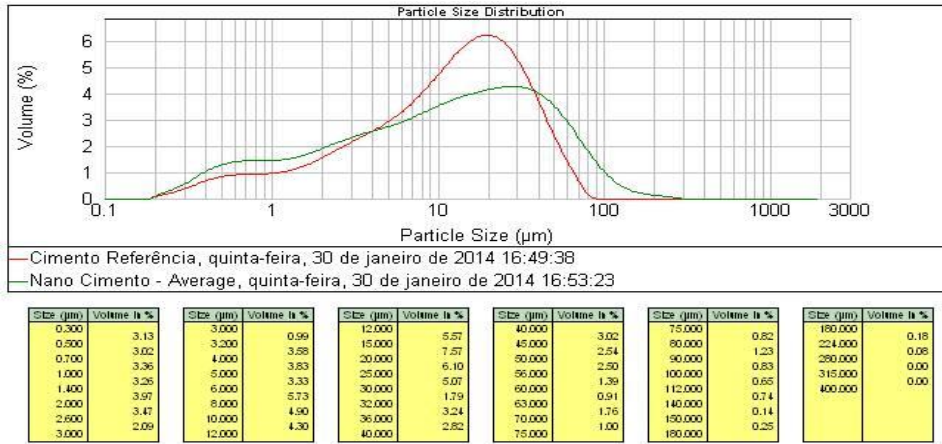


Figure 1.3 – Particle size distribution of Nano-cement and (OPC 42,5) cement

2 Performance Assessments in Paste

2.1 Flow-ability (KANTRO’s cone)

Table 2.1 – Flow-ability of pastes made with Nano-cement and (OPC 42,5) cement

	Kantro (mm)	Cement (g)	Water (ml)	a/c
Portland cement 42,5	137,5	150	90,0	0,600
Nano-cement	162,5	150	37,5	0,250

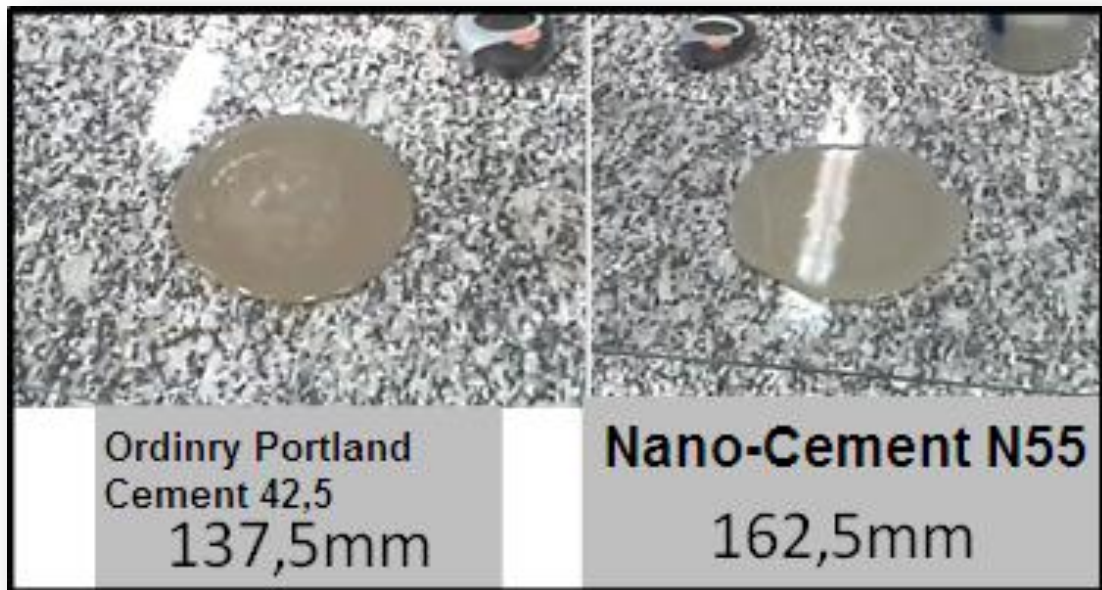


Figure 2.1 Flow ability of Nano-cement and (OPC 42,5) cement measured by Kantro’s cone

3 Performance Assessments in Mortar

Table 2.2 – Performance of Nano-cement and (OPC 42,5) in mortar

	Flow (mm)	a/c	1 day compressive strength	7 days compressive strength	28 days compressive strength
(OPC 42,5) cement- OPC 42,5	184	0,481	17,1	35,3	45,8
Nano-cement with 230g H ₂ O	223	0,369	10,6	37,8	44
Nano-cement with 225g H ₂ O	182	0,361	9,55	43,2	55,2

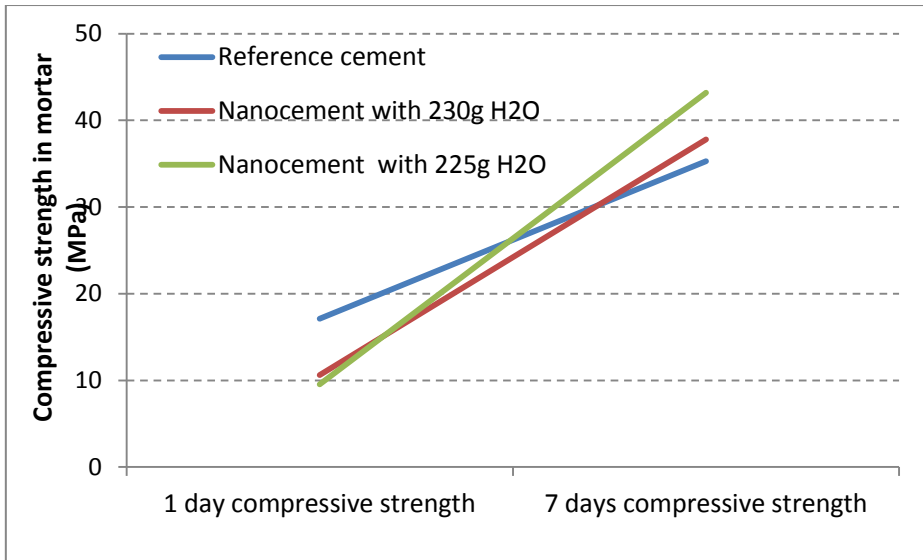


Figure 3.1 Compressive strength of Nano-cement and (OPC 42,5) cement measured according to the Brazilian standards



Figure 3.2 Mortar prepared with Nano-cement and w/c 0,25 (it was not possible to measure the flow)



Figure 3.3 – Consistency of Nano-cement and (OPC 42,5) cement measured at flow table

Саудовская Аравия, Завод Ямама Цемент

Yamama CEMENT COMPANY
QUALITY CONTROL
DEPARTMENT

LABORATORY REPORT

R = Russian clinker and sand origine. **S** = Saudi clinker and sand origin.

Nano Cement	N-55 (55 % Clinker)	N-90 (90% Clinker)
Chemical Analysis -	R	R S

химический анализ	S			
F. CaO	*	*	*	*
IR	*	*	*	*
Loss	*	*	*	*
SiO2	48.99	45.19	38.41	42.73
Al2O3	4.63	1.09	4.76	1.50
Fe2O3	3.71	4.04	3.81	4.36
CaO	41.99	40.45	49.91	44.20
MgO	0.69	0.66	0.70	0.81
SO3	1.72	1.55	2.16	1.88
Cl-	0.06	0.00	0.06	0.01
K2O	0.25	0.26	0.28	0.25
Na2O	0.43	0.29	0.39	0.26
Physical Properties (SASO PROCEDURE) Физические свойства (SASO ПОРЯДОК)				
Fineness: Тонкость:				
Blaine cm2/g	*		*	
Res. 45 microns	*		*	
Setting Time, Vicat : Установка времени				
Initial ,mins Начальный, мин	*		*	
Final, mins Финал, минут	*		*	
Soundness: Надежность:				
Expansion: Расширение	*		*	
Test 1 SASO Procedure - Тест 1 SASO процедуры	Вода 120 ml water		Вода 120 ml water	
Bending Strength - Прочность на изгиб	R 55 R 90		S 55 S 90	
3d Мра 2 Дня	76 102		78 74	
7d Мра 7 Дней	90 102		87 82	
28d Мра 28 Дней	84 80		100 92	
Compressive Strength Прочность на сжатие				
3d Мра 2 Дня	66.3 55.7		60.0 58.4	
7d Мра 7 Дней	66.8 78.3		74.9 62.6	

28d Мра 28 Дней	77.3 87.2	87.2 85.9
Using recommended water- Использование рекомендованных воды	25 % of cement	27 % of cement
Compressive Strength Прочность на сжатие	*	*
2d Мра 2 Дня	*	*
7d Мра 7 Дней	*	*
28d Мра 28 Дней	*	*
* Mortar mix too dry cannot be molded	*	*
* Раствор смеси слишком сухой, не может быть сформирован		
Using modified water-Использование модифицированной воды	ml	not done
Compressive Strength Прочность на сжатие	*	*
2d Мра 2 Дня	*	*
7d Мра 7 Дней	*	*
28d Мра 28 Дней	*	*
Nano cement 55 Concrete CUBES Test Тест бетонного цилиндра Наноцемента 55		
3d Мра 2 Дня		47,7
7d Мра 7 Дней		60
28d Мра 28 Дней		66,8

**Proportion of 55 N
Пропорции N55**

Fine Aggregate мелкий заполнитель	(мытый Песок WASHED SAND) 9.660 KG
Coarse Aggregate крупного заполнителя	3/8" 11.060 KG + 3/4" 25.83 KG
Sand Песок	17.95 KG
Cement Цемент	12.25 KG
Water Вода	6.9 KG
Add.(CRP 4)	74 ml
Note : Preparation of all test specimen except the concrete cylinders were conducted in the presence of Mr. Ikhlef Bualem	

Саудовская Аравия, Завод Северный Цемент



شركة أسمنت المنطقة الشمالية
NORTHERN REGION CEMENT CO.

<http://www.nrc.com.sa>

(S) Saudi NRCC cement company; (R) Russian nano-cement production

(S) Нано-цемент
произведенный в Саудии

(R) Нано-цемент
произведенный в России

Nano cement, physical test report of NRCC, KSA. Manufacturing date: 16/09/ 2012, in Russia.

Нано цемент, физический Отчет завода NRCC, Саудовской Аравии. Дата изготовления: 16/09/2012, в России.

Preparation date:	Material Ratio, gm Соотношение Материал, г			Compressive strength, (Mpa) Прочность на сжатие (МПа)			Binding strength, (kN) Прочность на изгиб (МПа)		
	Nano cement	Sand	Water, gm	After 2 days	After 7 days	After 28 days	After 2 days	After 7 days	After 28 days
08.05.2013	No:1 450 N55 S	1350	122	40,1	51,5	59,6	7,5	8	9,5
	No:3 450 N55 S	1350	122	38,6	46	52	5,5	7,5	9,3
	No:4 450 N55 S	1350	122	41,5	50,2	72,2	4,5	9	10,5
	No:6 450 N90 S	1350	122	37,8	47,6	60,6	5	6	8
07.05.2013	No:1 450 N90- S	1350	150	34,8	37,4	50	6	7	9
	No:2 450 N90 R	1350	130	54,1	70,6	79,7	7	9,5	9,8
	No:3	1350	130	33.1	39,4	46,4	7	9,5	8

	450 N55 S								
	No:5 450 N90 S	1350	150	27	40,6	52,8	5,5	10	8,5
	No:6 450 N55 S	1350	130 C 1%	34,8	43	62,5	9,1		9,8
	No:7 450 N90 S	1350	130 C 1%	28,6	39,5	45	7	8	8
	No:8 450 N90 R	1350	150	30	35,1	48,4	7	6	10
06. 05. 201 3	No:1 450 N55 R	1350	120	44,5	55,5	68	7	8,5	9,2
	No:2 450 N90 R	1350	120	61,7	70,4	79,6	8,5	8,5	10
	No:3 450 N55 S	1350	120	38,1	48,6	66,4	6,5	7,5	10,8
	No:4 450 N90 S	1350	130	38,9	49,2	62,7	6	8	9,8
	No:5 450 PC 3	1350	130 C 1%	28,1	49,2	52	5	7,5	8,5
	No:6 450 N55 S	1350	130	41,1	49,4	60,7	7,4	7	7
	No:7 450 N90 S	1350	130	23,6	35	48	4,5	9	5,2
11. 05. 201 3	No:1 450 N90 S	1350	150	34,8			6,1		
	No:2 450 N90 R	1350	130	54,1			7		
	450 OPC 42,5	1350	225	22-25			5 to 6		
	No:3 450 N55 S	1350	122	54,2	62,3	79,2	8,67	9	10,8
	No:4 450 N55	1350	122	31,8	51,1	72	5,5	7,5	10,7

S									
No:5 450 N55 S	1350	122	43,3	67,3	78,4	5,5	8,5	11	
No:6 450 N55 S	1350	122	31,8	63,6	78,3	5,5	9	11,5	
No:7 450 N55 S	1350	150	29,22	35	45	6	8	6	
No:8 450 N55 S	1350	132	38,5	57,6	65	7	8,5	9,5	
No:9 450 N55 S	1350	122	36,9	66	79,6	9,5	10	10,5	
No:10 450 N55 S	1350	122	38	57	66,4	7	8	11	