

Особенности приготовления бетонных смесей для устройства ЦБ покрытий и парапетных ограждений

д-р Michael E. Ayers, президент
Global Pavement Consultants, Inc.

Что значит «хорошая» смесь?

- Экономичность
- Удобоукладываемость
- Стабильность размеров
- Непроницаемость (для транспортных жидкостей и паров)
 - Морозоустойчивость
 - Устойчивость к воздействию химреагентов
- Прочность
- Износостойкость

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ



Возможные проблемы на этапах

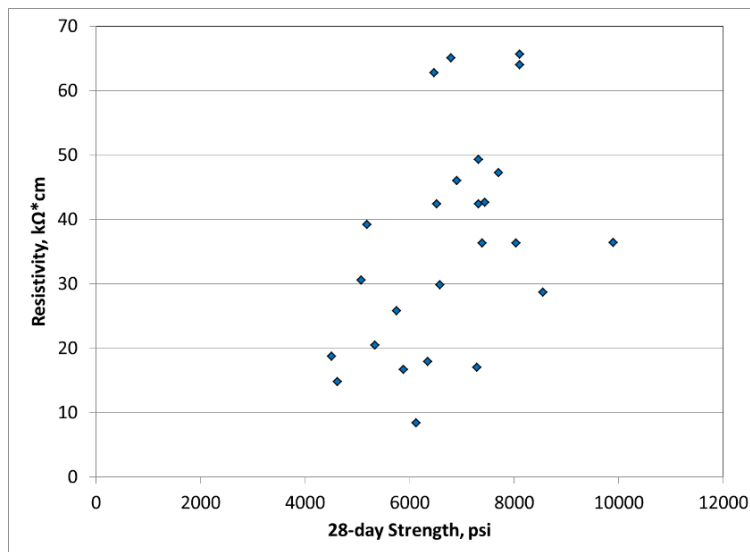
- Подбор состава
- Приготовление
- Транспортировка
- Подача к месту укладки
- Уплотнение
- Отделка и текстура
- Уход

НЕСТАБИЛЬНОСТЬ



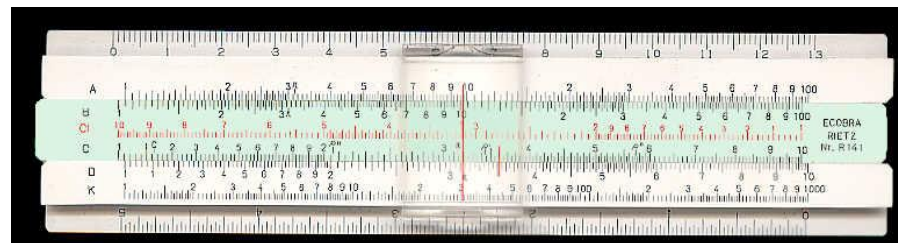
Ошибочные представления

- Больше цемента = выше прочность
- Самым важным свойством является прочность
- Значение осадки конуса отражает качество смеси
- Гранулометрический состав отдельных фракций имеет решающее значение

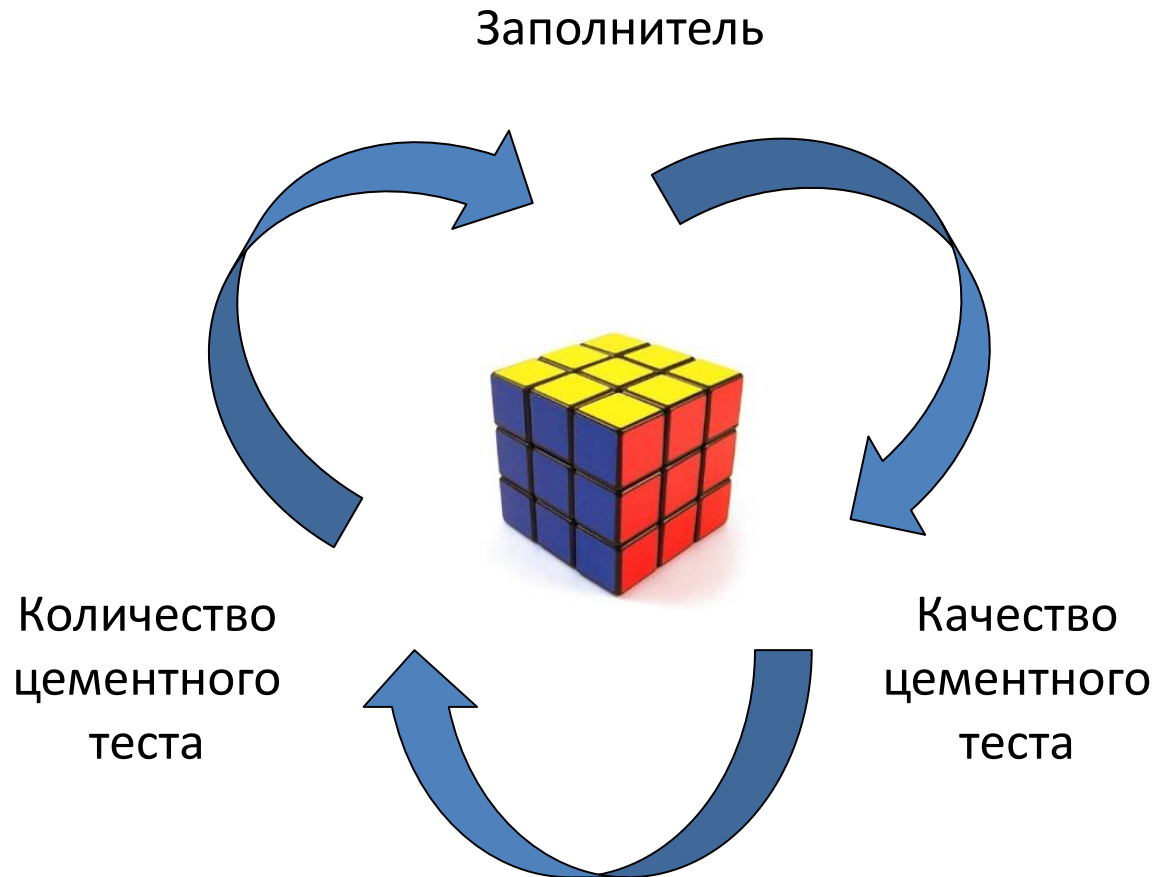


Эволюция подбора состава бетонной смеси в США

- Стандарт АСІ 211
 - Последняя редакция – от 1991г.
 - Линейный
- Был разработан до появления:
 - Добавок, снижающих водопотребность
 - Вспомогательных минеральных вяжущих
- Посвящен в основном конструкционному бетону:
 - осадка конуса 100мм
 - прочность 30 МПа



Современная процедура подбора состава смеси с заданными параметрами



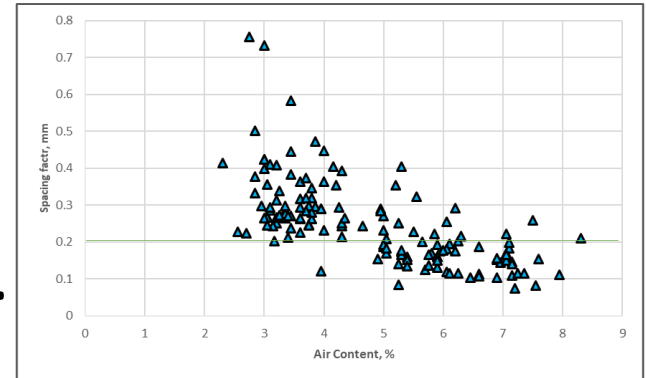
Подбор состава под проект:

влияние каждого из 3 параметров на свойства смеси
желтым выделен идеальный вариант
остальное – ответственность подрядчика

		Workability	Transport	Strength	Cold weather	Shrinkage	Aggregate stability
Aggregate System	Type, gradation	✓✓	-	-	-	-	✓✓
Paste quality	Air, w/cm, SCM type and dose	✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓
Paste quantity	Vp/Vv	✓	-	-	-	✓✓	-

Шаг 1: Качество цементного теста

- Тип вяжущего
 - Тип цемента
 - Тип/дозировка мин. вяжущ.
- ВОДА / ЦЕМЕНТ
 - примерно 0.38-0.42
- Содержание пор с воздухом
 - <0.2 SAM
 - <0.008 д. коэфф. расстояния
 - $>5\%$ на месте
 - постоянное



Технологические инновации

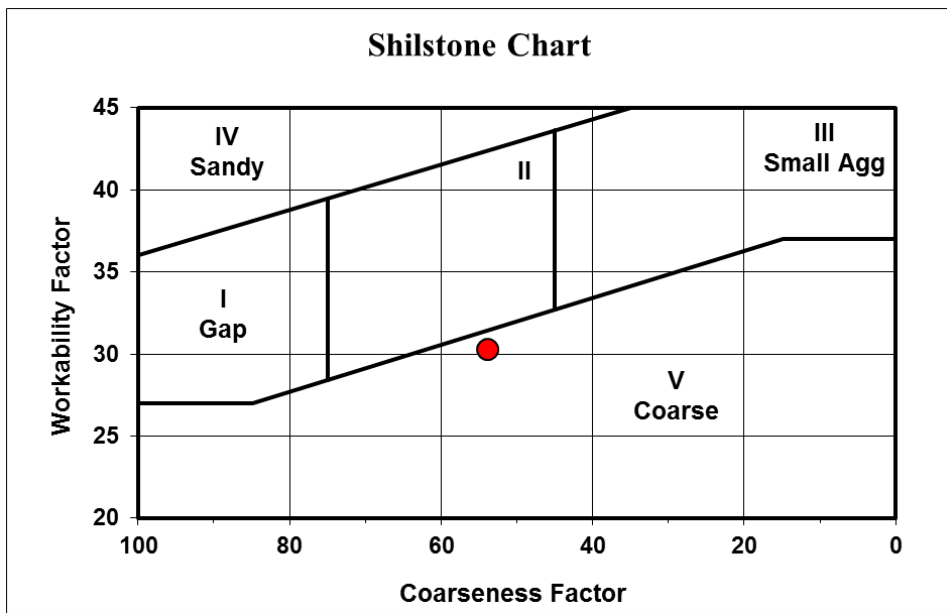
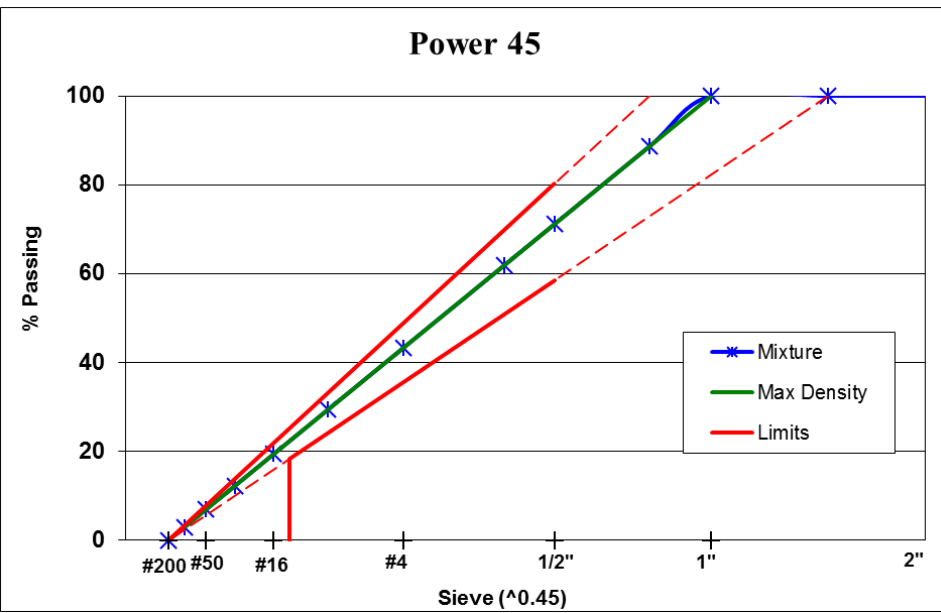
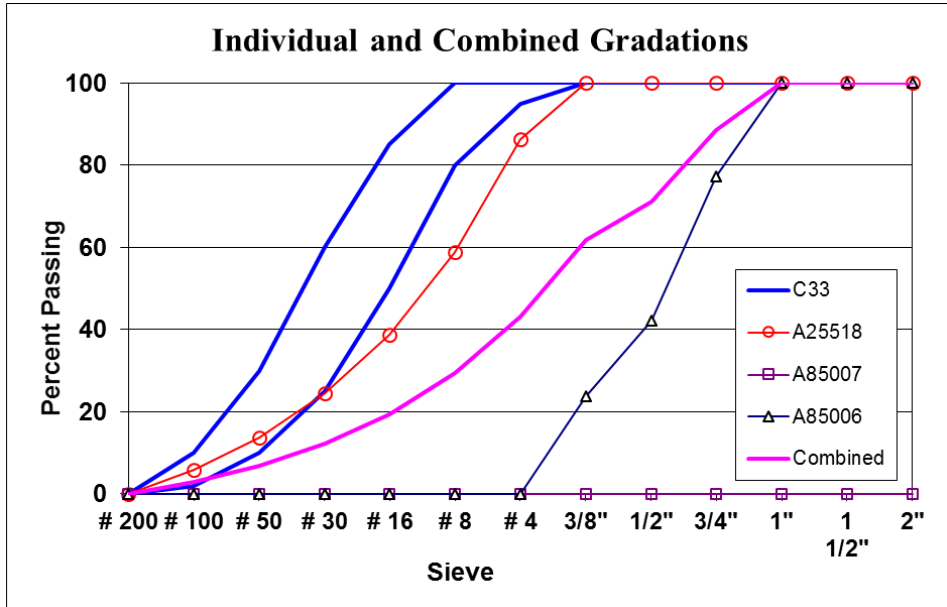
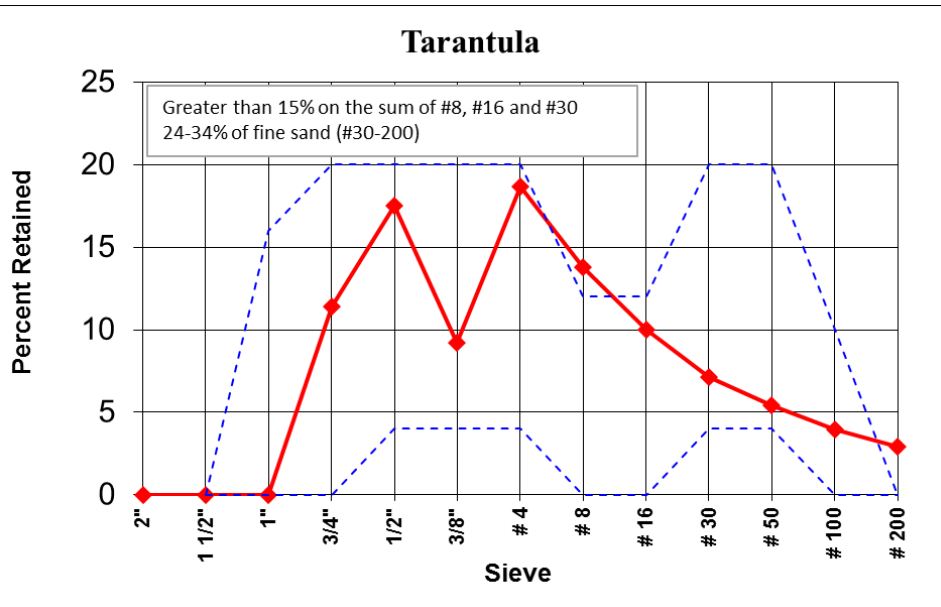
- Цементное тесто состоит из целого ряда продуктов гидратации, включая гидрат силиката кальция (CSH), гидроксид кальция (CH), Ettringite.
- Капиллярная пористость обеспечивает передвижение воды и пара.
- Новым словом в обеспечении долговечности покрытия стало добавление при замесе 2% (от веса цемента) химической добавки Ravix CCC-100 – гидрофобизатора с двойной кристаллической структурой.
- Лабораторные и полевые испытания показали значительное повышение качества и срока службы цементобетона.

Шаг 2 Заполнитель

- Варианты выбора...
 - Кол-во бункеров: 2, 3 или более?
 - ASTM C33
 - Или комбинация методов:
 - Haystack
 - Shilstone
 - Power 45
 - Кривая Tarantula



Отличный график Power 45?

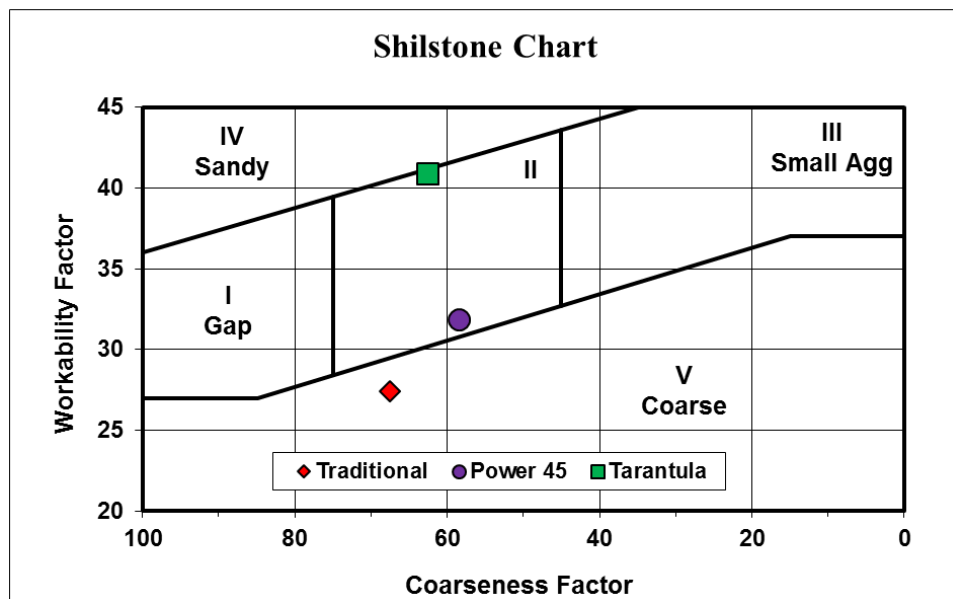
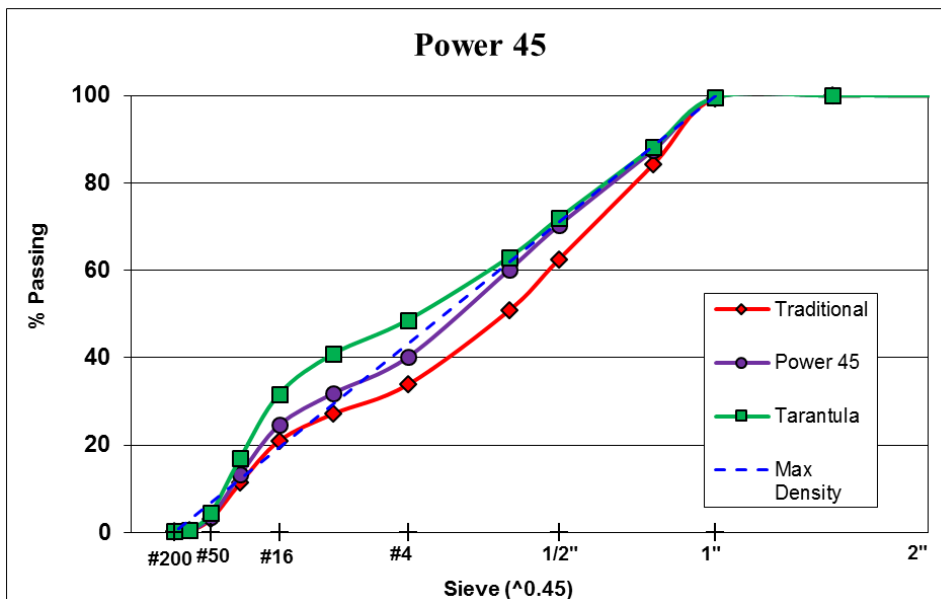
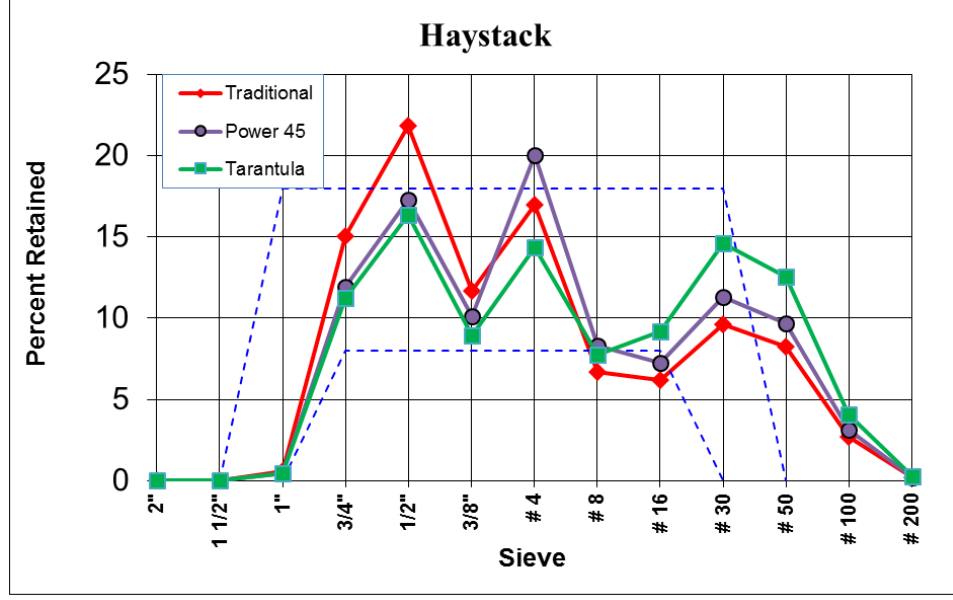
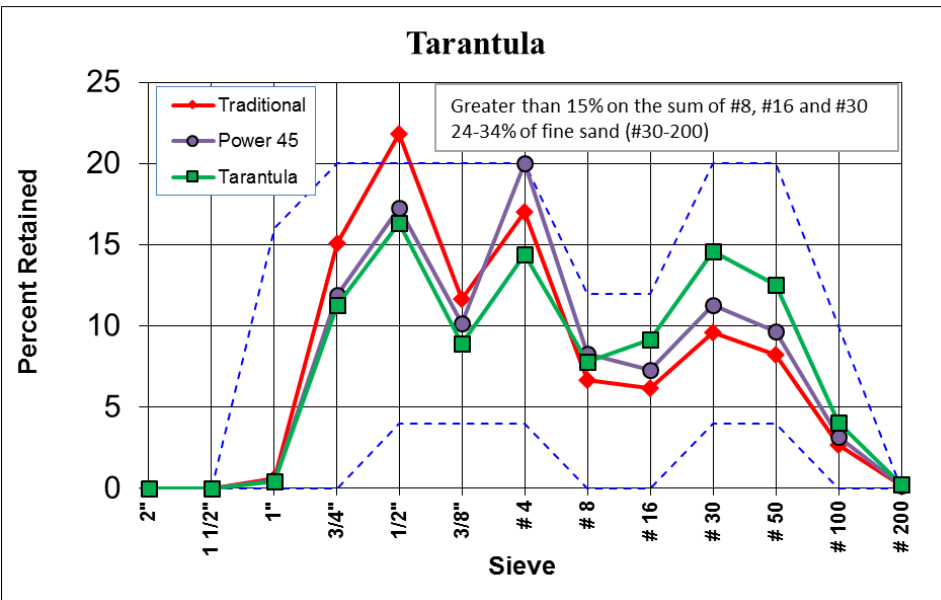


Пример смеси заполнителя

- 3 сочетания одних и тех же материалов

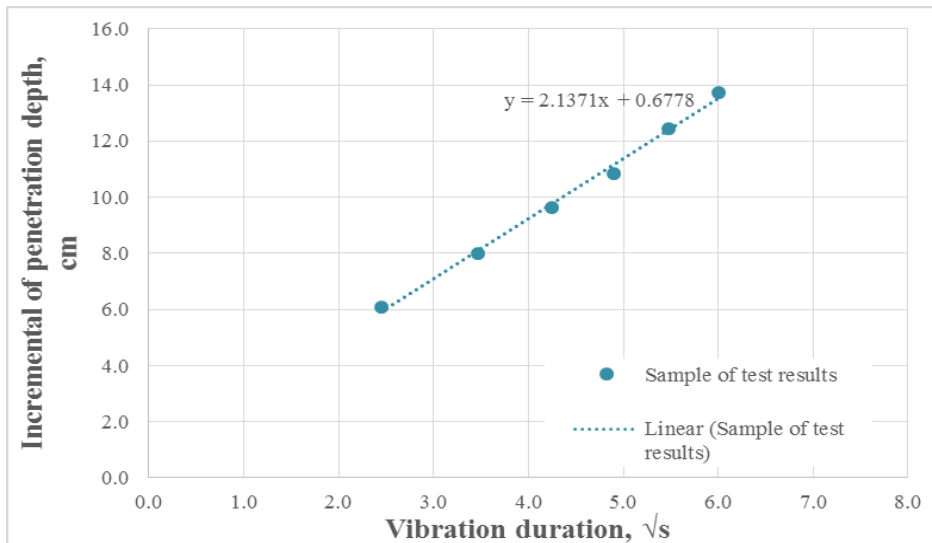
	Traditional	Power 45	Tarantula
Coarse Limestone 1"	60.0	47.5	44.9
Fine river sand	30.0	35.3	45.7
Int. Limestone 3/8"	10.0	17.2	9.5

Подходы к составу заполнителя



Индекс VKelly

- Измерить начальную осадку конуса (начальное проникание)
- Включить вибратор на 36 с. на частоте 8000 vpm
- Записывать глубину каждые 6 с.
- Наложить на корневое время
- Рассчитать осадку конуса = VKelly



Индекс VKelly

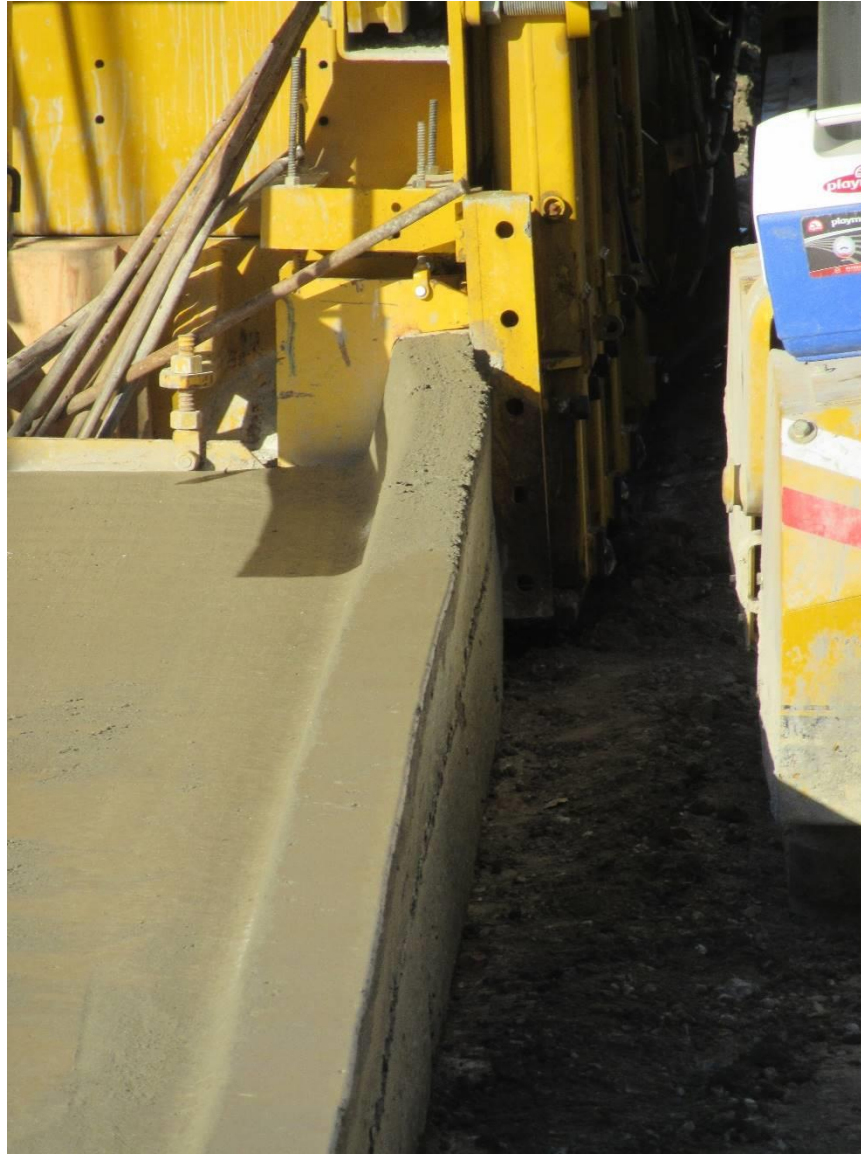
0.80

1.1 in/vs



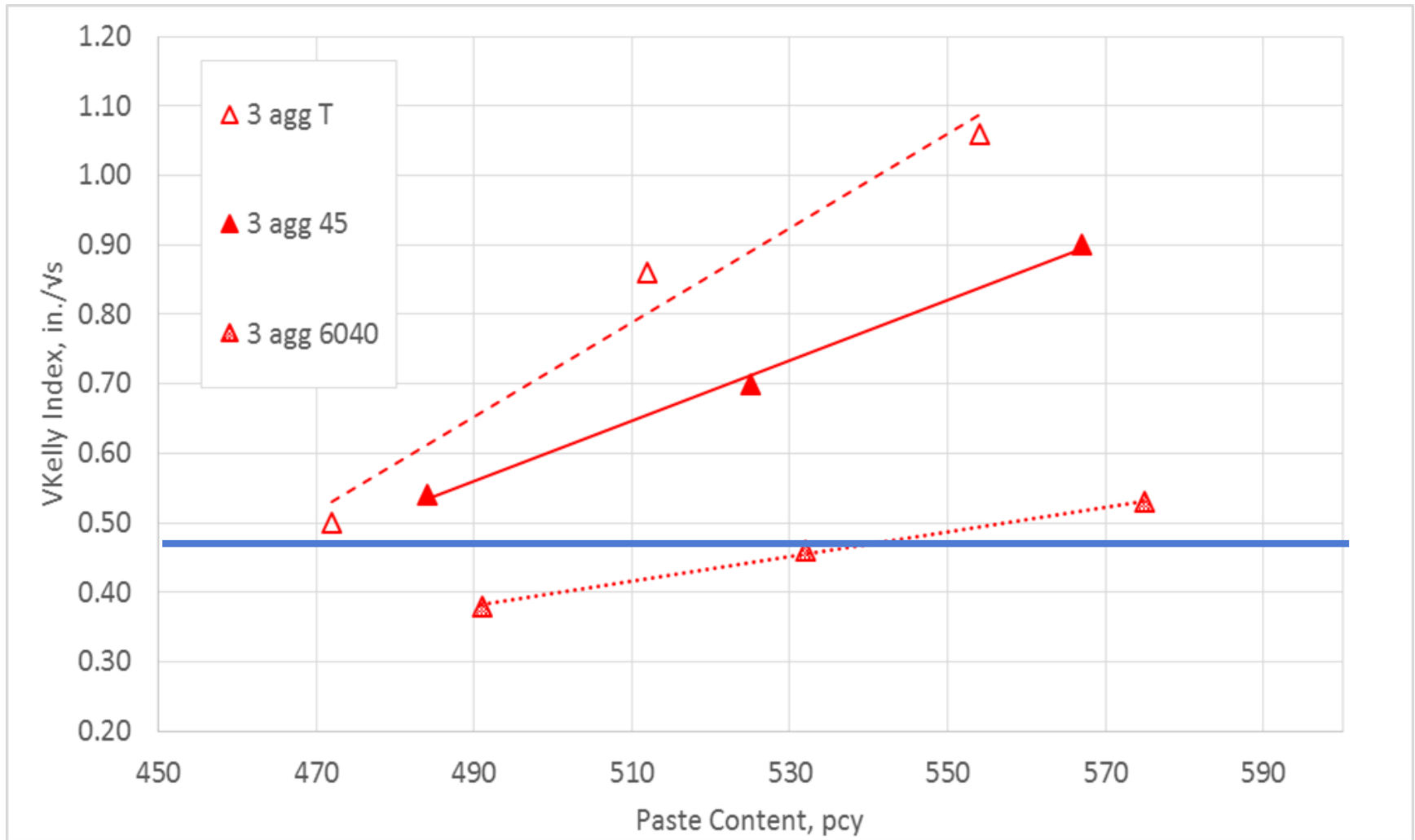
Индекс VKelly

1.1 in/vs

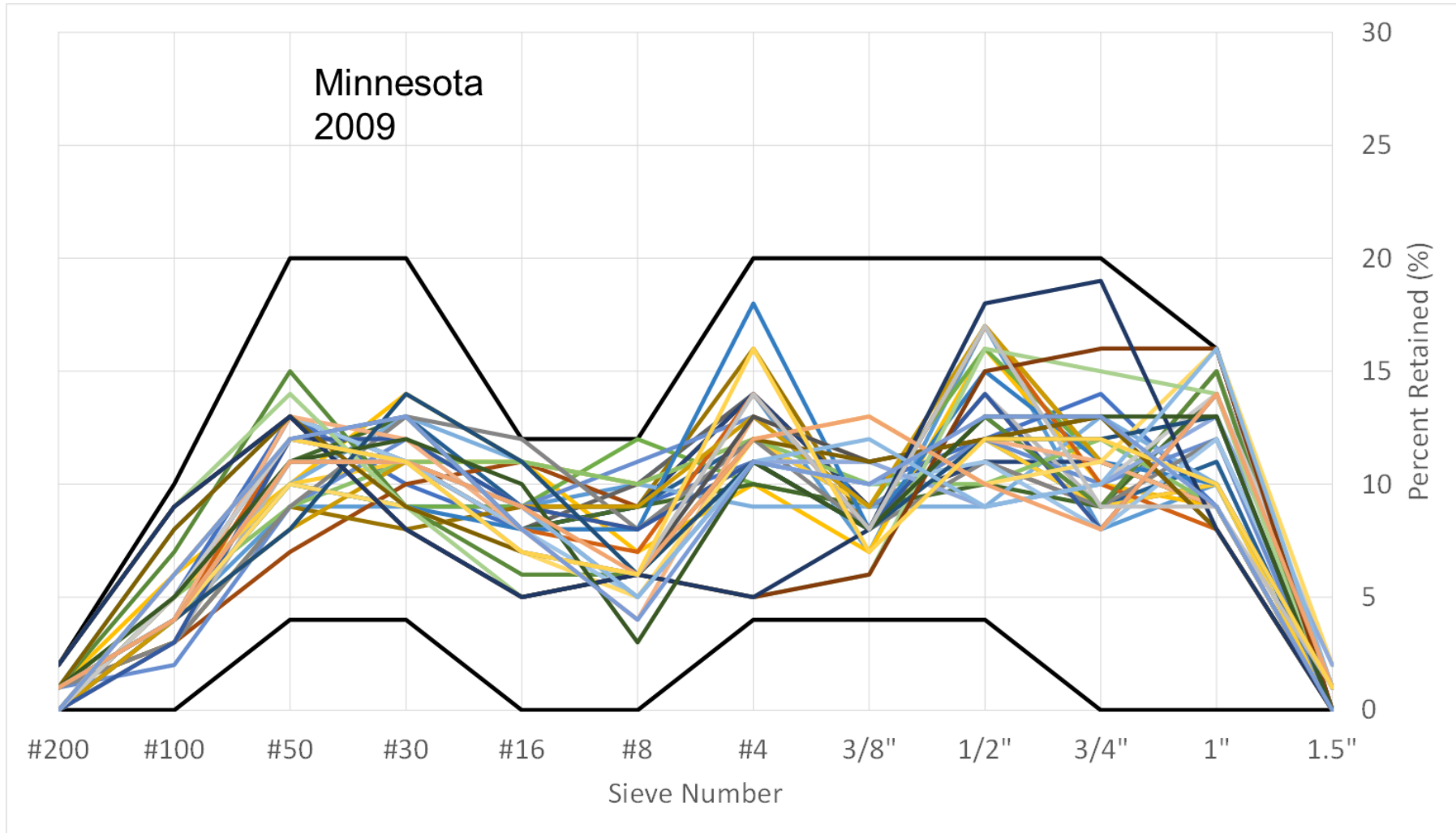


Влияние гранулометрического состава

- Важен совокупный гранулометрический состав

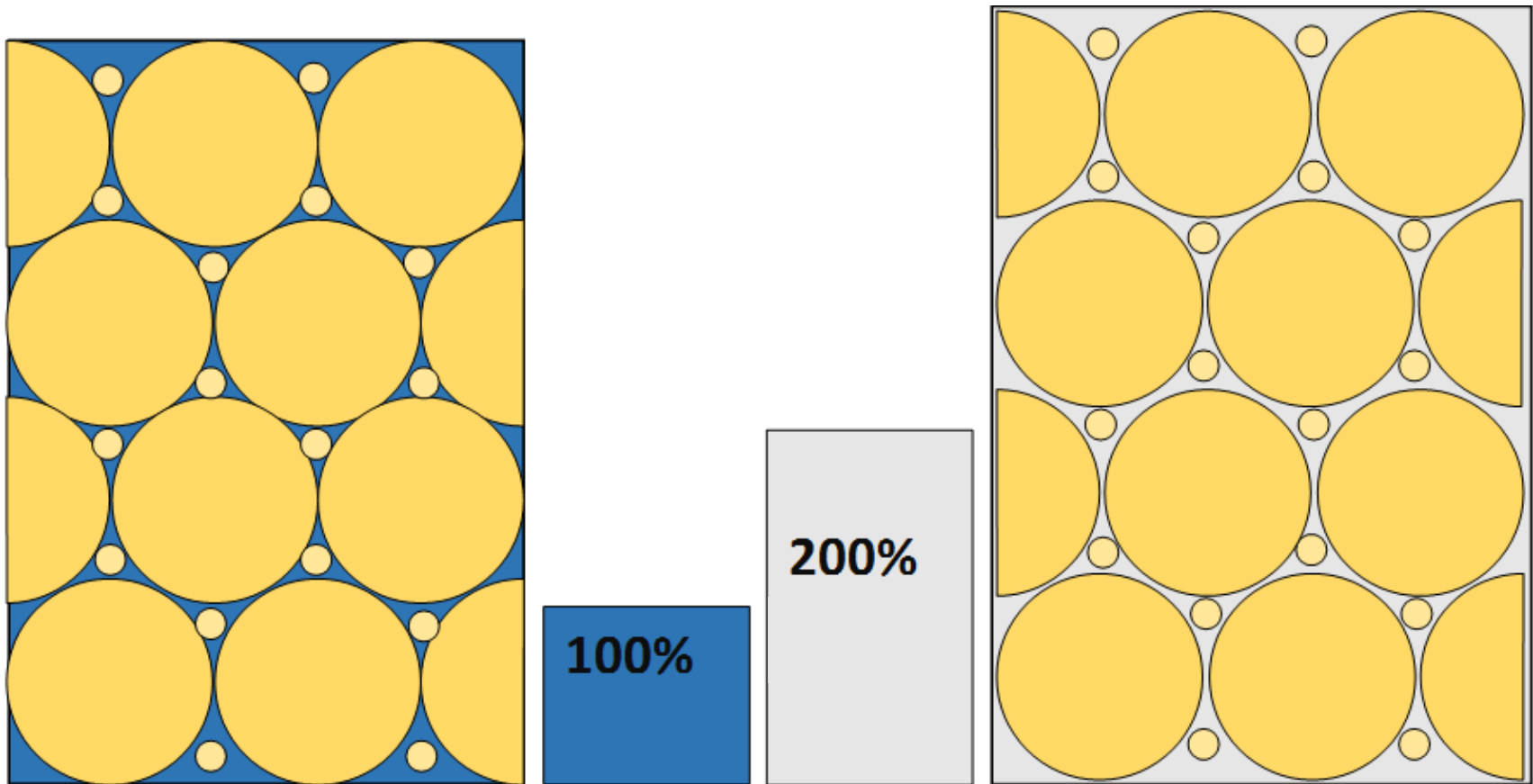


Исторические данные

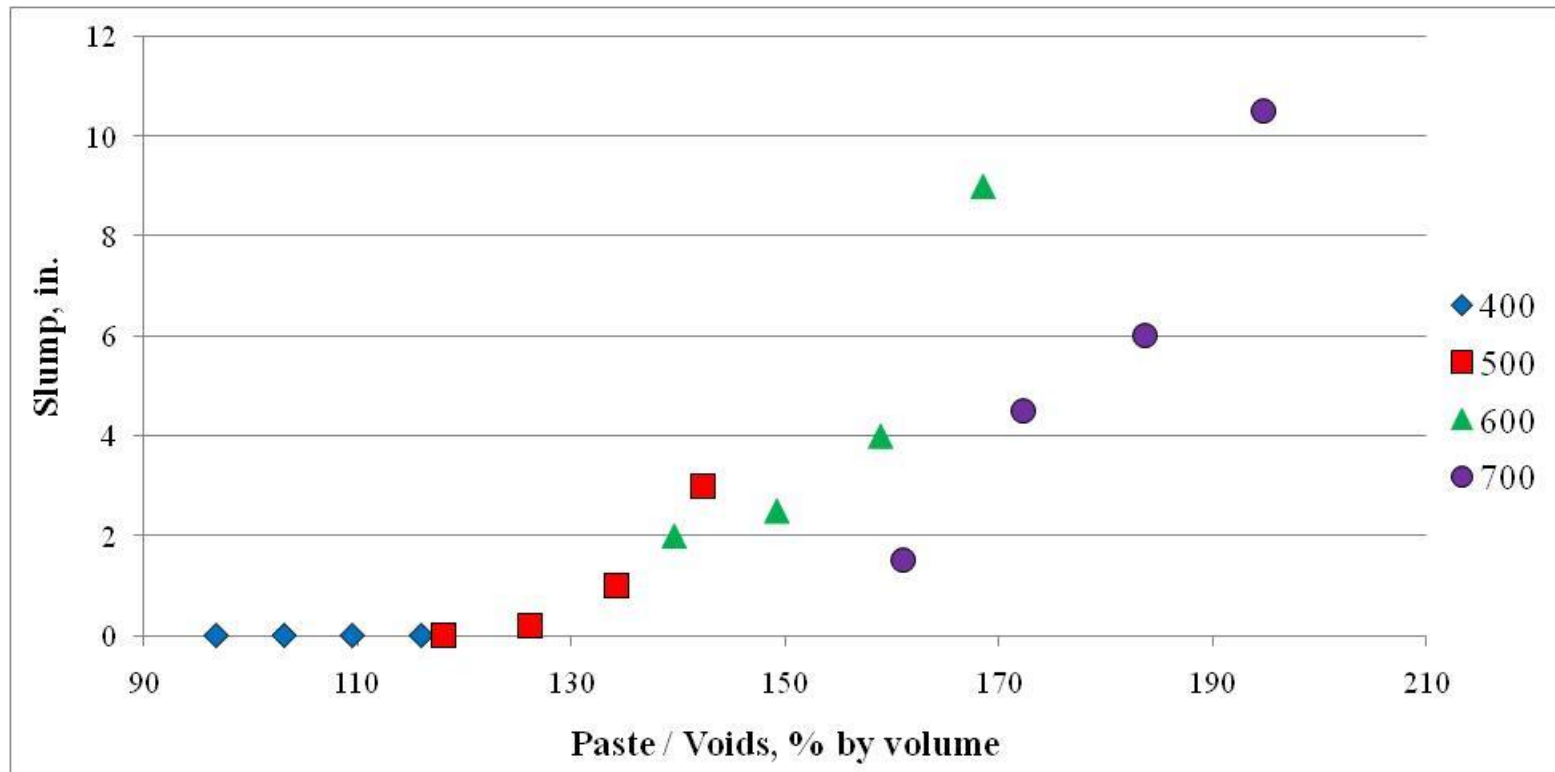


Data from Maria Masten

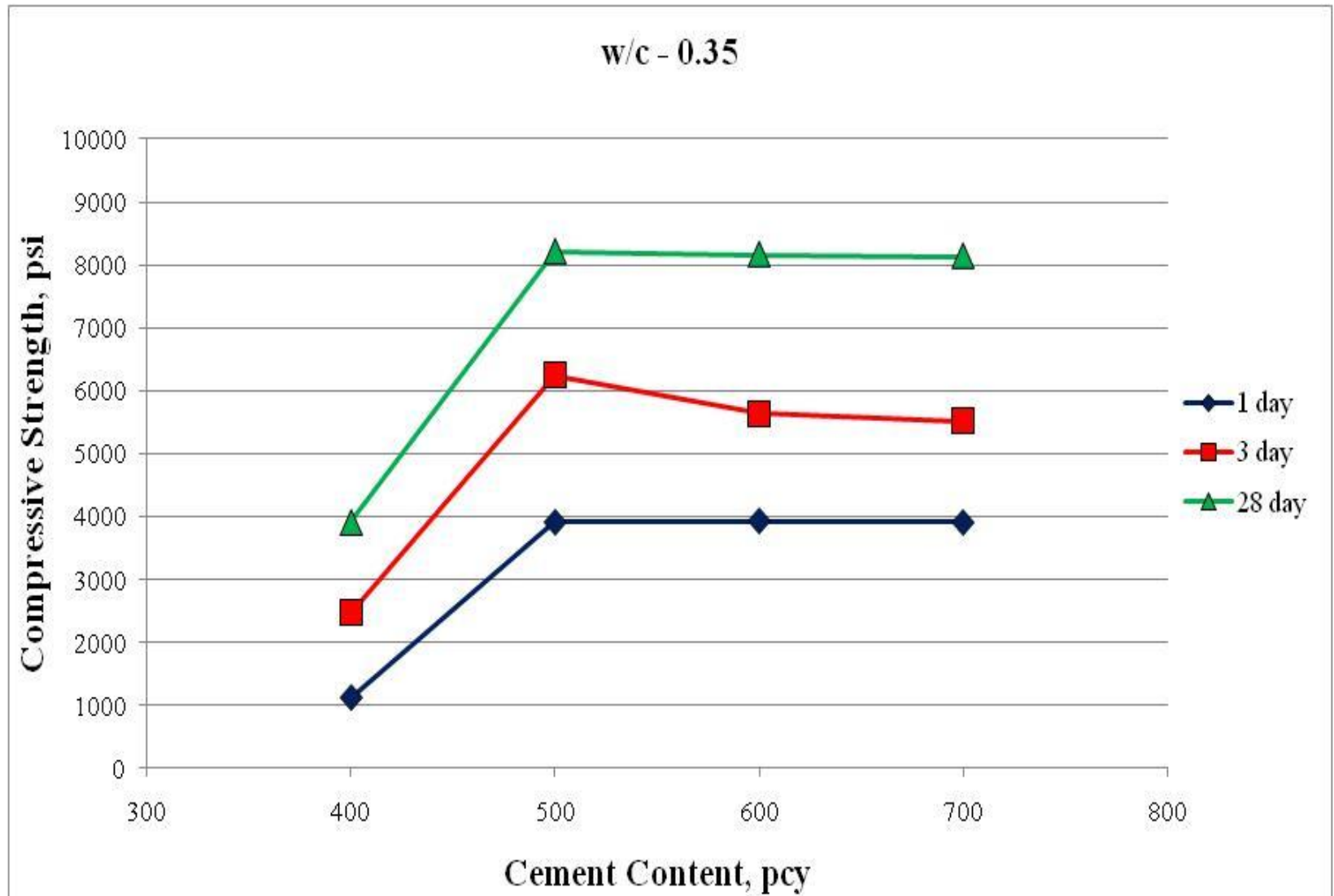
Шаг 3 Содержание цементного теста



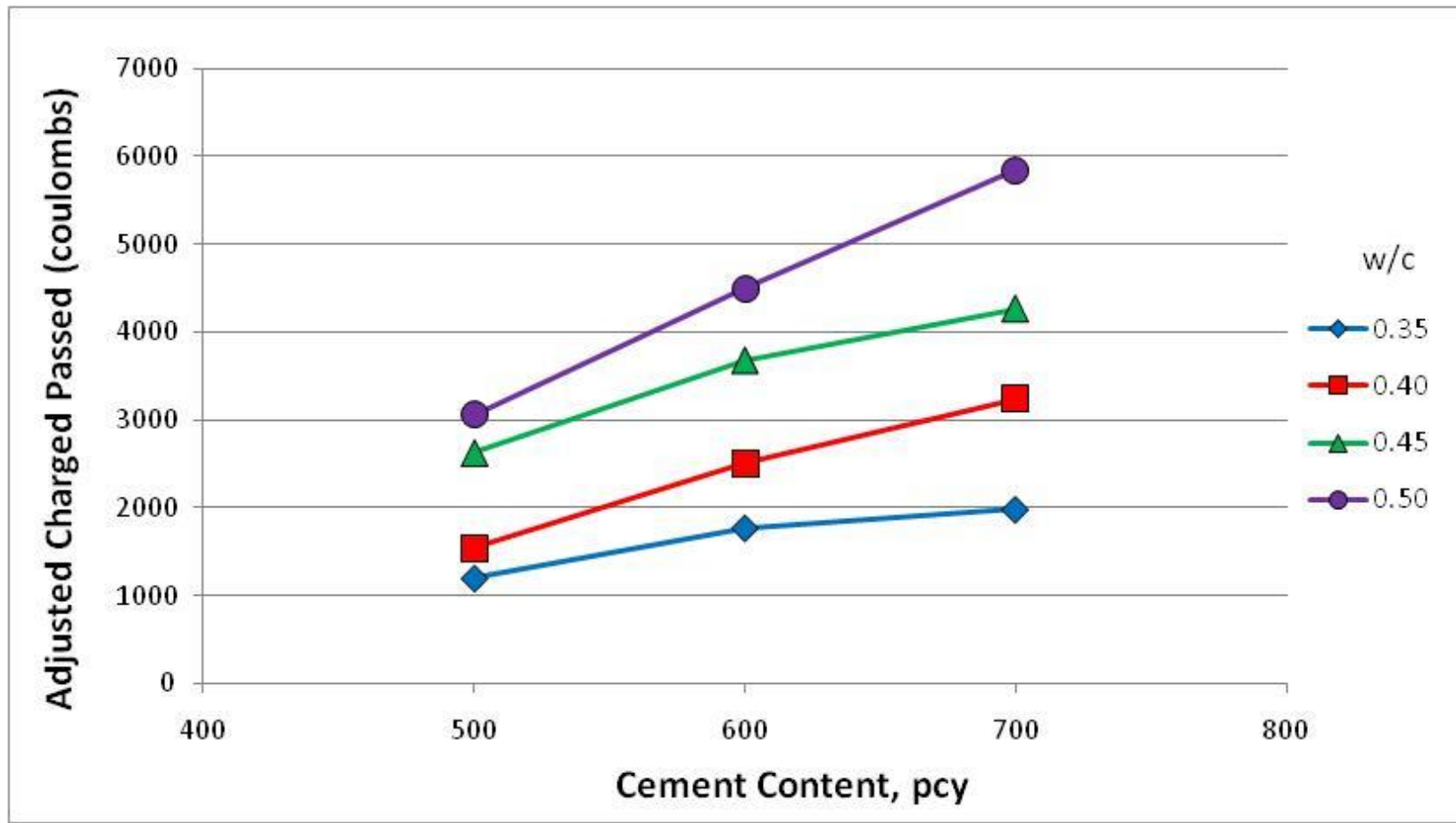
Удобоукладываемость



Прочность

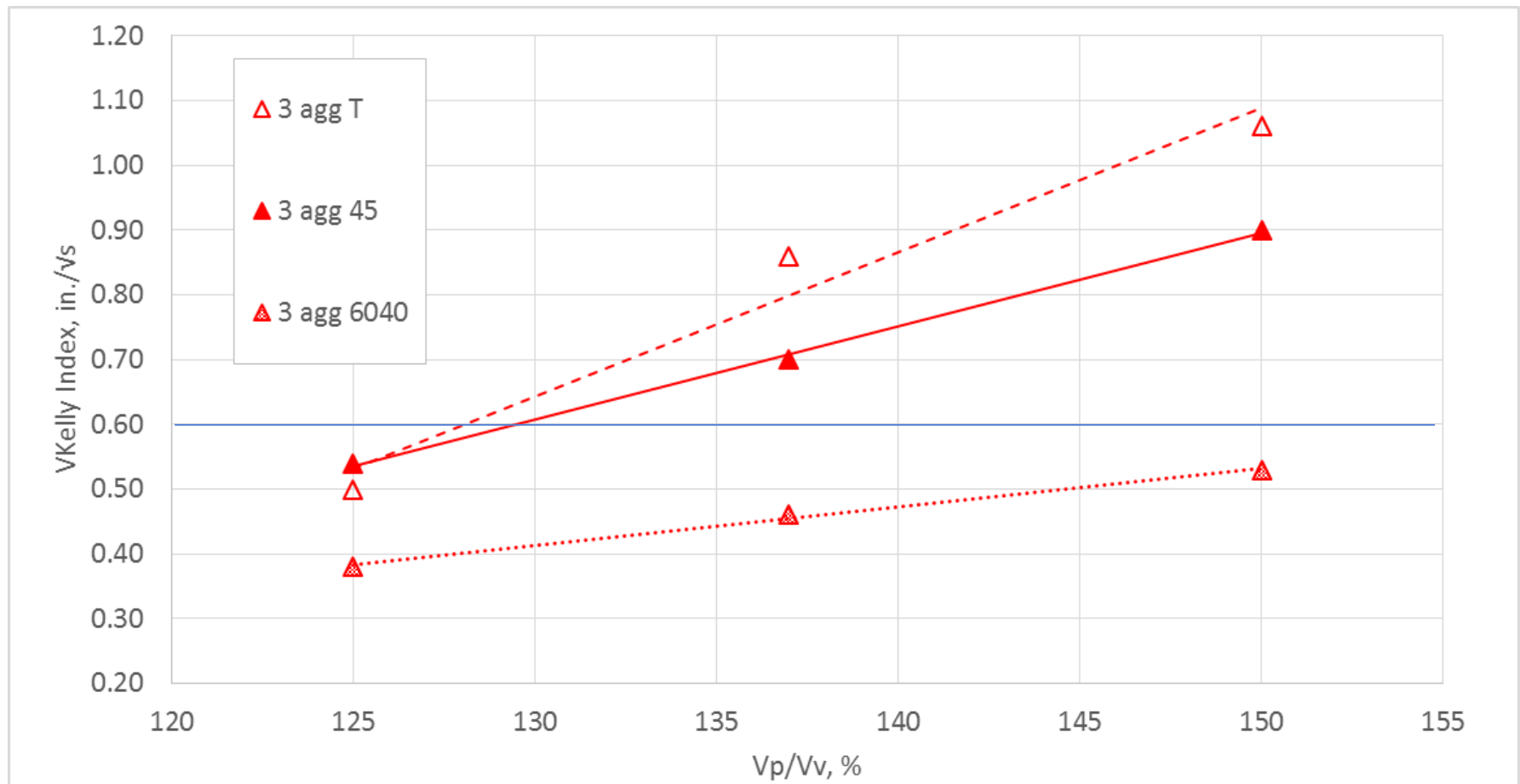


Быстрота проникания хлоридов



Шаг 3 Содержание цементного теста

- Влияние гранулометрического состава заполнителя




Шаг 3 Содержание цементного теста

- Для обеспечения удобоукладываемости смеси требуется минимальное количество цементного теста
- Повышенное содержание отрицательно влияет на:
 - Прочность (незначительно)
 - Непроницаемость, усадку, затраты
- «Оптимальное» содержание зависит от:
 - Типа заполнителя
 - Гранулометрического состава
 - Типа вяжущего
- Обычно составляет $V_v \sim 125-200\%$

Инструмент анализа

С помощью таблицы и программы Solver
творим чудеса...

National Concrete Pavement
Technology Center 

IOWA STATE UNIVERSITY
Institute for Transportation

Aggregate System

Project: Gravel 1" 5/15/2017

Materials: S.G. Blue = Input Data Red = Calculation Yellow = Output Black = Working Don't touch! Don't touch!

Cementitious: 428 Don't touch!

Coarse Agg: A85006 2.72

Fine Agg: A25518 2.66

Intermediate: A85007 2.43

Sieve Analysis Data

Max nominal aggregate size: 1.50 inch (0.75, 1.0 or 1.5) 0

	Coarse A85006	Fine A25518	Intermediate A85007	Combined	Percent Passing	Cum. Retained	Sieve Retained	Retained Volumetric	Fineness Modulus
Percent mass	51.4	38.6	10.0						
Percent Vol	30.4	38.7	10.0						
Sieve:	% Pass	% Min	% Pass	% Min	% Pass	% Min	%	%	%
2"	100.0	51.4	100.0	38.6	100.0	10.0	0.0	0.0	0.0
1 1/2"	100.0	51.4	100.0	38.6	100.0	10.0	0.0	0.0	0.0
1"	82.0	42.1	100.0	38.6	100.0	10.0	90.7	9.3	9.1
3/4"	59.0	30.3	100.0	38.6	100.0	10.0	78.9	21.1	11.6
1/2"	32.0	16.4	100.0	38.6	100.0	10.0	65.1	34.9	13.9
3/8"	15.0	7.7	100.0	38.6	88.0	8.8	55.1	44.9	9.9
# 4	2.9	1.5	100.0	38.6	22.0	2.2	42.3	57.7	12.8
# 8	0.6	0.3	91.0	35.2	1.2	0.1	35.6	64.4	6.7
# 16	0.6	0.3	73.0	28.2	1.0	0.1	28.6	71.4	7.0
# 30	0.5	0.3	45.0	17.4	0.8	0.1	17.7	82.3	10.9
# 50	0.5	0.3	7.2	2.8	0.6	0.1	3.1	96.9	14.7
# 100	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.0	0.4	99.6	2.7
# 200	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.3	99.7	0.1

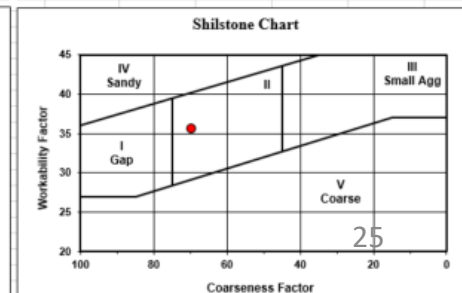
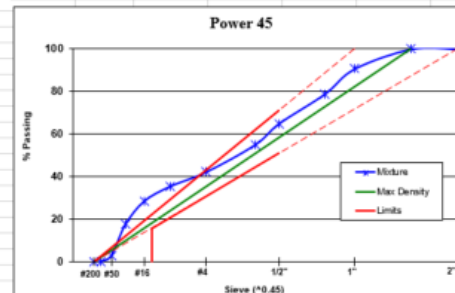
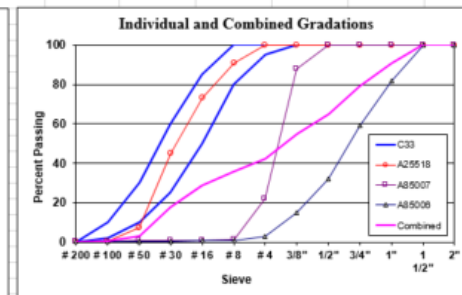
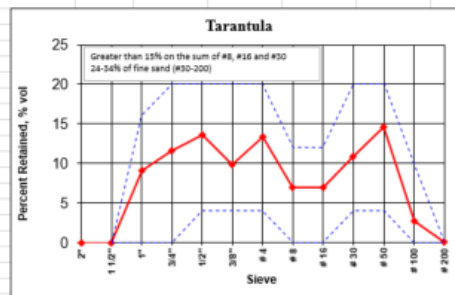
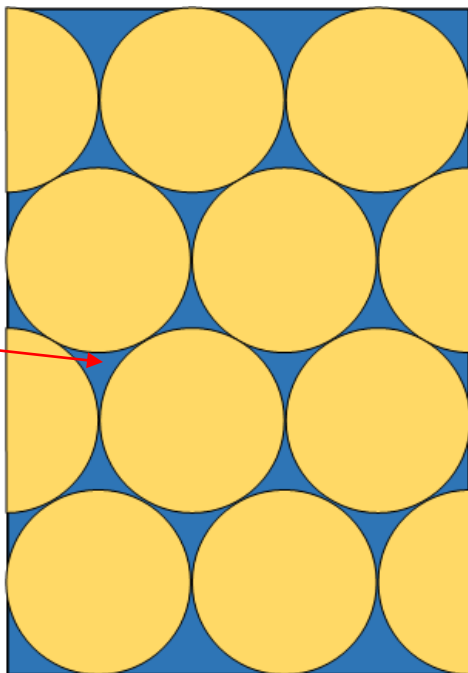
Coarseness Factor: 69.68 Power 45 least difference: 59.7 Tarantula error: 0.0 4.6

Workability Factor: 35.58 Power 45 error: 575.7 27.7

Adjustments: 0.00

Adjusted Workability Factor: 35.58 Fine: 28.4 24-34: 24.8

Coarse: 24.8 >15



Оправданы ли усилия по подбору состава смеси?

- ДО и ПОСЛЕ пересмотра состава смеси



Выводы

- Признано, что процесс подбора состава смеси с заданными параметрами позволяет получить значительно лучший результат .
- Очень важна оптимизация совокупного гранулометрического состава заполнителя.
- Оптимальное количество цемента в основном гораздо ниже заданного нормами.
- Финансовые и временные затраты на дополнительные испытания оправдываются.

Выводы

- Благодаря совершенствованию процедур испытаний данная технология подбора составов быстро развивается.
- Полученные смеси можно использовать для различных проектов, легко меняя их подвижность.
- Полученные смеси обеспечивают экономическую выгоду и повышение качества готового продукта.
- Результат: более высокое качество уплотнения смеси и отделки поверхности, долговечность.

Рекомендации

- Применение процесса подбора составов не представляет особой сложности.
- Наша компания готова помогать в этом, а также заинтересована в поиске партнеров.
- Возглавляет развитие этой технологии Национальный центр технологии укладки бетона (CPTech Center) Государственного университета шт. Айова.
- Благодарность д-ру Peter Taylor (CPTech Center) за помощь в подготовке этой презентации.

Рекомендации

- Технические требования к бетонной смеси должны учитывать последние достижения как в плане материалов, так и испытаний.
- Срок службы 30 – 40 лет и более вполне достижим и должен стать стандартным.
- Новые продукты, как, например, добавка Ravix ССС-100 могут значительно повысить долговечность и обеспечить качество в течение всего срока службы цементобетона.

СПАСИБО за внимание !

д-р Michael E. Ayers

mayers@globalpavements.com