

- 1-2% эксплуатационной нагрузки при шагах армировки 3 (3,125) и 4 (4,168) м;
- 4 – 11,5% эксплуатационной нагрузки при шагах армировки 6 (6,25) м.

Таким образом, дополнительные лобовые и боковые нагрузки на проводники вследствие действия аэродинамических сил в местах встречи подъемных сосудов должны обязательно учитываться при проектировании армировки с шагом 6 (6,25) м при любой интенсивности подъема, а также с шагом 3 (3,125) и 4 (4,168) м при интенсивности подъема ниже 10 МДж.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт.– ВНИИГМ им. М.М. Федорова.– Донецк, 1985.– 170 с.
2. Пособие по проектированию и монтажу жесткой армировки вертикальных стволов шахт и рудников (к СНиП II-94-80). Гос. ком. СССР по народн. образ., Моск. горн. ин-т / Под ред. И.В. Баклашова. – М.: Недра, 1989. – 160 с.
3. Прокопов А.Ю. Влияние аэродинамических сил на подъемные сосуды и жесткую армировку в стволах с высокой интенсивностью подъема// Горный информационно-аналитический бюллетень – М.: МГГУ, 2006. – Тематическое прил. «Физика горных пород» – С. 309 – 316.
4. Прокопов А.Ю. Влияние аэродинамических сил на жесткую армировку вертикальных стволов// Научно-технические проблемы разработки угольных месторождений, шахтного и подземного строительства: Сб. науч. тр. / Шахтинский ин-т ЮРГТУ(НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ(НПИ), 2005. – С. 140 – 145.
5. Белый В.Д. Канатные проводники шахтных подъемных установок. – М.: Углетехиздат, 1959. – 212 с.

УДК 691.3.002.3

*Солодянкин А. В. к.т.н., доц., Алямов Ш. студ. каф. СГМ,
НГУ, г. Днепрпетровск, Украина*

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТОНА В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

«Бетон – наилучший из материалов, изобретенных человечеством», – сказал знаменитый итальянский архитектор П.Л. Нерви. И он был прав.

Сегодня большинство домов в современных городах сделано из бетона. Бетон применяют для строительства мостов и тоннелей, портов и плотин, дорог, подземных сооружений, атомных электростанций и стартовых площадок для ракет.

Несмотря на появление новых видов материалов, в ближайшие десятилетия бетон и железобетон останутся в капитальном строительстве на одном из первых мест среди конструктивных строительных материалов.

Первый бетон, который использовался для строительства жилищ, появился еще в каменном веке – задолго до появления металлов. Вяжущим веществом для этого бетона являлась глина и жирная земля.

Позднее, более чем за 3 тыс. лет до н.э. в Египте, Индии и Китае начали изготавливать искусственные вяжущие, такие, как гипс, известь, которые получали посредством умеренной термической обработки. Представляя собой прочный и дешевый местный материал, бетон стал широко использоваться для строительства.

Наиболее раннее применение бетона в Египте, обнаруженное в гробнице Тебесе (Тебе) относят к 1950 г. до н.э. Бетон был применен при строительстве галерей египетского лабиринта и монолитного свода пирамиды Нима задолго до н.э.

Ученые из французского Центра аэрокосмических исследований и американского Университета штата Филадельфии, считают, что величайшие пирамиды Древнего Египта частично сделаны из искусственного материала, сходного с бетоном.



Рис. 1. Акведук

С помощью современного оборудования они провели анализ камней, из которых сложены пирамиды Хеопса, Хефрена и Микерина. Часть из них имеют естественное происхождение. Камни в верхних рядах пирамид представляют собой искусственные блоки, сделанные древними египтянами из бетона. Ученым удалось восстановить формулу древнего строительного материала. Он включал пальмовую золу, крошку песка-

ника и особый вид соды, полученной из воды Нила. Предполагается, что бетон готовился непосредственно на строительной площадке, затем поднимался с помощью ведер на верхние уровни пирамид и там заливался в деревянные формы. Проведенные в университете бельгийского города Намюр опыты по производству бетона по древнеегипетскому рецепту завершились успехом. Масса, затвердевшая в течение 10 дней, имела высочайшую стойкость.

Наибольшее развитие бетон получил в эпоху древнеримского государства [1]. Совершенными и масштабными по меркам современных технологий являются многие римские сооружения – акведуки (рис. 1), многослойные полы, своды и купола. Храм Пантеон в Риме (рис. 2) пережил несколько крупных землетрясений. Толщина его купола в верхней части – самой тонкой составляет 1,4 м, у опорного кольца – 6 м. Внутренний диаметр купола составляет 43 м (рис. 3, 4).

Кстати, выражение: «Все дороги ведут в Рим» появилось в те времена. А точнее было бы сказать – все дороги идут из Рима, потому что приоритетным направлением строительства римского государства являлись дороги – торговые пути. В начале II века во времена Траяна эксплуатировалось около 100 тыс. км государственных дорог. Некоторые участки римских бетонных дорог эксплуатируются до сих пор (рис. 5). В хорошем состоянии находятся также участки портовых сооружений, которые постоянно находятся в агрессивной соленой морской воде.



Рис. 2. Храм Пантеон

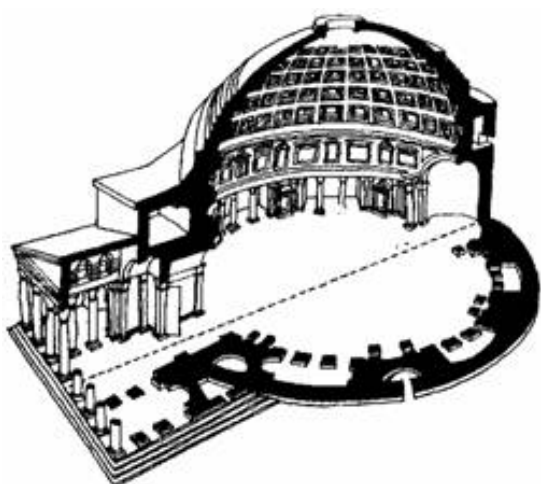


Рис. 3. Пантеон - разрез

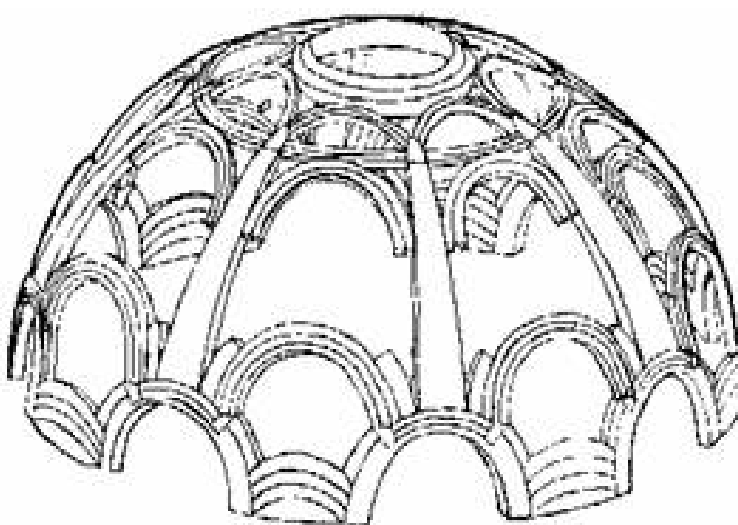


Рис. 4. Пантеон. Конструкция купола

После падения Римской Империи рецепт изготовления бетона был забыт на тысячу лет.

Использование бетона и железобетона для строительства началось только во второй половине XIX в., после получения и организации промышленного выпуска портландцемента. Активно совершенствовалась технология выполнения работ, качество вяжущих веществ, рецептура бетона.

В настоящее время строительство из бетона и железобетона приобрело такой огромный размах, что 20-й век стали называть «золотым веком» бетона.



Рис. 5. Аппиева дорога в Италии

Ежегодное производство бетона превышает 2 млрд. кубометров, что намного превосходит производство других видов промышленной продукции и строительных материалов.

Бетон стал применяться не только в строительстве, но и в таких областях как авиация, судостроение и железнодорожный транспорт. Из железобетона было построено много речных и морских судов, танкеров. В экспериментальном порядке изготавливались крылья и фюзеляжи самолетов, железнодорожные вагоны, батискафы и подводные лодки.

Некоторые масштабные проекты были рассчитаны на применение в качестве основного строительного материала именно бетона. Например, проект железобетонного моста длиной 85 км через Берингов пролив, который соединил бы Чукотский полуостров с Аляской. В 1984 г. в США был выдвинут проект сооружения на Луне поселений из бетона.

Разработки американских инженеров показали, что сегодня есть все реальные условия для сооружения железобетонного небоскреба высотой в 1,6 км.

Одними из наиболее масштабных сооружений в настоящее время являются тоннели, имеющие протяженность десятки километров [2, 3].

Одними из наиболее масштабных сооружений в настоящее время являются тоннели, имеющие протяженность десятки километров [2, 3].

Пять самых длинных автодорожных тоннелей мира

Название	Страна, место	Длина, км
Лаэрдаль	Норвегия	24,5
Жонгнаншань	Китай	18,0
Готтардский	Швейцария	16,9
Арлберг	Австрия	14,0
Суешан	Тайвань	12,9

Семь самых длинных железнодорожных тоннелей мира

Название	Место	Длина, км	Год открытия
Сейкан (подводный)	Пролив Цугару, Япония	53,90	1988
Евротоннель (подводный)	Пролив Ла-Манш, Англия-Франция	49,94	1994
Дай-Шимицу (подводный)	Япония	22,17	1982
Симплон I	Альпы, Швейцария-Италия	19,82	1922
Симплон II	Альпы, Швейцария-Италия	19,80	1906
Шин-Канмон (подводный)	Япония	18,68	1975
Апеннинский .	Болонья-Флоренция, Италия	18,52	1934

Самыми длинными тоннелями являются железнодорожные Сейкан (Япония) – 53,9 км и Евротоннель (Англия-Франция) – 49,94 км.

Тоннель Сейкан представляет собой систему из трех тоннелей - транспортного, вспомогательного и дренажного. Толщина бетонных стенок транспортного тоннеля составляет 70 см (рис. 6). Радиус сводовой части 4,8 м, высота – 9 м.

Евротоннель также представляет систему из трех параллельных тоннелей: два транспортных и между ними служебный (рис. 7). По двум основным тоннелям диаметром 10 м происходит однонаправленное движение поездов, в третьем, диаметром 7 м расположена обслуживающая система.

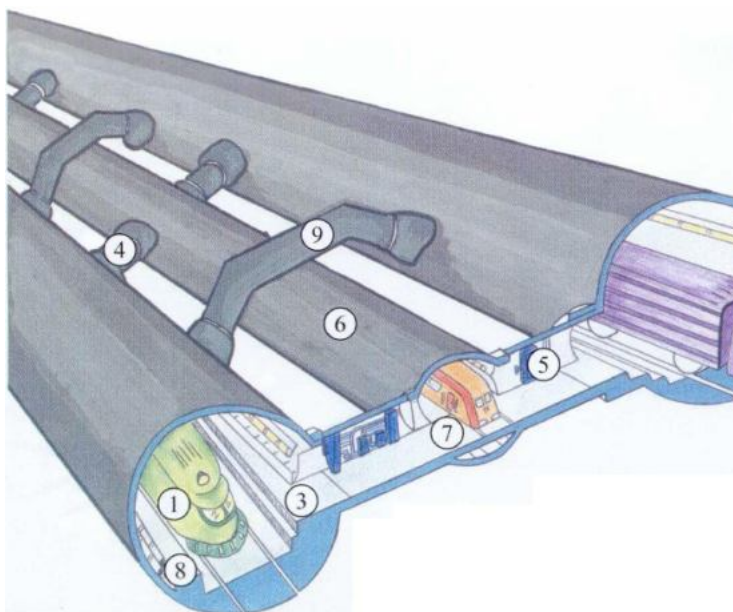


Рис. 7. Конструкция Евротоннеля

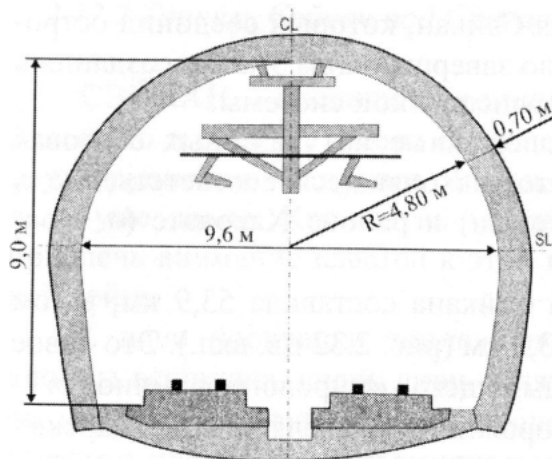


Рис. 6. Сечение транспортного тоннеля Сейкан

Крепление транспортных тоннелей осуществлялось 5 железобетонными полукруглыми блоками весом 8 т толщиной 1 м, которые образовывали крепежное кольцо весом 40 т.

В настоящее время на уровне ведущих мировых государств обсуждается проблема создания всемирной системы подводных тоннелей.

Для этого предусматривается соединение континентов подводными тоннелями и создание единой системы железных дорог, для чего необходимо соединить подводными тоннелями:

- Чукотку и Аляску – 100 км;
- Сахалин и Материк – 8 км;
- Сахалин и Японию – 43 км;
- Европу и Африку – 38 км.

Все эти проекты входят в глобальную программу системы «Евротоннелей» глубокого заложения общей протяженностью 3800 км стоимостью около 200 млрд. долл. США и рассчитанную на ближайшие 30-40 лет.

В связи с этим, очень важной задачей для осуществления этих планов является повышение прочности и качества бетона, снижение его стоимости.

Как известно, главными факторами, определяющими прочность бетона, являются:

- активность вяжущего вещества (марка цемента);
- количество воды, необходимой для приготовления бетонной смеси;
- качество заполнителя;
- технологические факторы;
- условия твердения бетона.

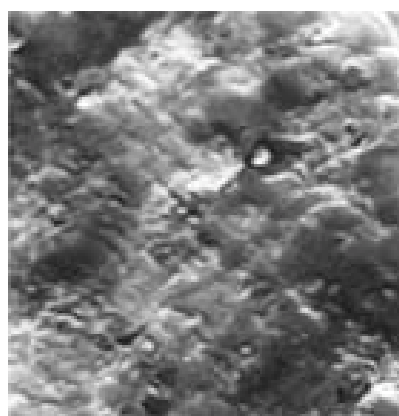
По каждому из этих направлений имеются определенные достижения, доказывающие значительные резервы совершенствования технологических и потребительских качеств бетона.

Современный отечественный и зарубежный опыт показывает, что благодаря применению тонкодисперсных органоминеральных добавок (микрокремнезем, металлургические шлаки, зола-унос), нанотехнологий, суперпластификаторов, возможно производство супербетонов (рис. 8) с такими характеристиками [4, 5]:

- марка цемента М1300...1400;
- водоцементное отношение - $V/C = 0,24$ и менее;
- морозостойкость - не менее Р600...Р700;
- водонепроницаемости - не менее W8-W2



а)



б)

Рис. 8. Электронные фотографии поровой структуры цементного камня:
а – обычного; б - с добавлением активной минеральной добавки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочетов В. А. Римский бетон: Из истории строительства и строительной техники Древнего мира. – М.: Стройиздат, 1991. – 111 с.
2. Лысиков Б. А., Каплюхин А. А. Использование подземного пространства. – Донецк: Вебер, 2008. – 416 с.
3. Лысиков Б. А., Кауфман Л. Л. Подземные структуры: часть 1. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 280 с.
4. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1990.
5. Демьянова В. С., Калашников В. И., Борисов А. А. Об использовании дисперсных наполнителей в цементных системах // Жилищное строительство.– 1999. – № 1.