

Айзенберг Я. М., д-р техн. наук, проф.,
Акбиев Р. Т., канд. техн. наук,
Гасиев А. А., инженер
(ЦНИИПградоостроительства РААСН),
Першин А. Ю., ген. директор
(ООО «ТехноЭффектСтрой»)

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ СТАЛЬНОЙ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ*

Одним из способов обеспечения сейсмостойкости при строительстве и реконструкции зданий и сооружений является применение инновационных технологий на основе несъемной опалубки — одного из бурно развивающегося направления, пришедшего к нам из сферы монолитного домостроения.

Перед научно-исследовательскими организациями остро встает проблема не только усовершенствования технологии их применения, но и экспериментальное изучение возможности таких систем в качестве традиционных методов возведения конструкций из монолитного железобетона, для комплексной кладки и ее усиления при реконструкции и капитальном ремонте объектов различного назначения.

В настоящей статье приводится описание одной из наиболее перспективных систем в этом направлении, ранее не применявшихся в России и странах СНГ — технологии на основе стальной несъемной опалубки (далее — СНО).

Авторами настоящей статьи завершен первый цикл экспериментальных исследований, выполненных в 2007-2008 гг.

Общий вид и принцип применения технологии СНО приведен на рис. 1.

Основу опалубки (в классическом варианте) составляют панели из поперечно-вытяжной гофрированной сетки (ПВГС) — оцинкованной листовой стали толщиной 0,55-0,70 мм, выполненной методом штампования с последующей прокаткой и вытяжкой полученного штампа. Размер и форма отверстий сетки оптимизируется и подбираются исходя из условия, что основная масса наиболее мелкой фракции

заполнителя при заливке и вибрировании бетонной смеси удерживается внутри заполняемой полости опалубки, за счет сил сцепления и внутреннего трения бетонной смеси. Эффективность технологии изготовления конструкций достигается тогда, когда на ее внешнюю поверхность выступает количество бетонной смеси, необходимое и достаточное для образования защитного (затирочного) слоя.

По ширине сетки, для ограничения выгибов под силами давления бетонной смеси из плоскости возводимой конструкции, при прокатке стальной сетки СНО предусматриваются продольные ребра жесткости в виде треугольной гофры с расстоянием между ними 100 мм. Специфика их изготовления заключается в том, что между каждым ребром жесткости имеется симметричное число отверстий в виде елочки, с изменением угла наклона (примерно 30°) через каждые два ряда отверстий. Сами отверстия имеют ромбическую форму с размерами грани 8 x 8 мм.

Использование сетки в качестве СНО позволяет ее закрепление на вертикальные стойки в виде холоднокатаного профиля (например, шириной полки 18 мм, толщиной — 0,8 мм и высотой стенки профиля — 50 мм). Повышение жесткости и устойчивости во время монтажа достигается изменением сечения и шага расположения профильных элементов, прикрепленных к сетке. Соединение панелей СНО между собой осуществляется с применением зигзагообразной проволоки.

Конструкции опалубки для устройства монолитных стен, изготавливаемые ООО «ТехноЭффектСтрой» в развер-

нутом виде имеют стандартный размер (планируемая толщина стены) от 160 мм до 320 мм. СНО выпускается шириной листа 1220 мм, не имея ограничений ни по протяженности, ни по высоте возводимых конструкций. При монтаже панели легко стыкуются между собой и изгибаются в любом направлении, что позволяет выполнять конструкции любых причудливых форм.

Дополнительное армирование монолитного слоя стены (рубашки) выполняется, в случае необходимости, без особых усилий.

В случае необходимости применения панелей с утеплителем (листы полистирола, пенопласта и пр.) они устанавливаются с внутренней стороны внешней грани стены между сеткой и стойкой СНО.

СНО можно адаптировать для применения не только в традиционной постановке (изготовление фундаментов, ростверков; вертикальных, несущих и самонесущих, наружных и внутренних стен; монолитных колонн любой формы сечения; плит перекрытий; балок; рам различного пролета и этажности), но также и для устройства различного рода сводов, арок, горизонтальных и наклонных крыш.

Примеры устройства таких конструкций приведены на рис. 2-4.

Известны случаи применения СНО для сооружений гидротехнического назначения, бассейнов и резервуаров, различного рода инженерных коммуникаций (коллекторные шахты, лотки, тоннели), строительства берего- и грунтоукрепительных сооружений, а также при проведении работ по реконструкции и усилению существующих конструкций.

* «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений». 04-2008. С. 44-45

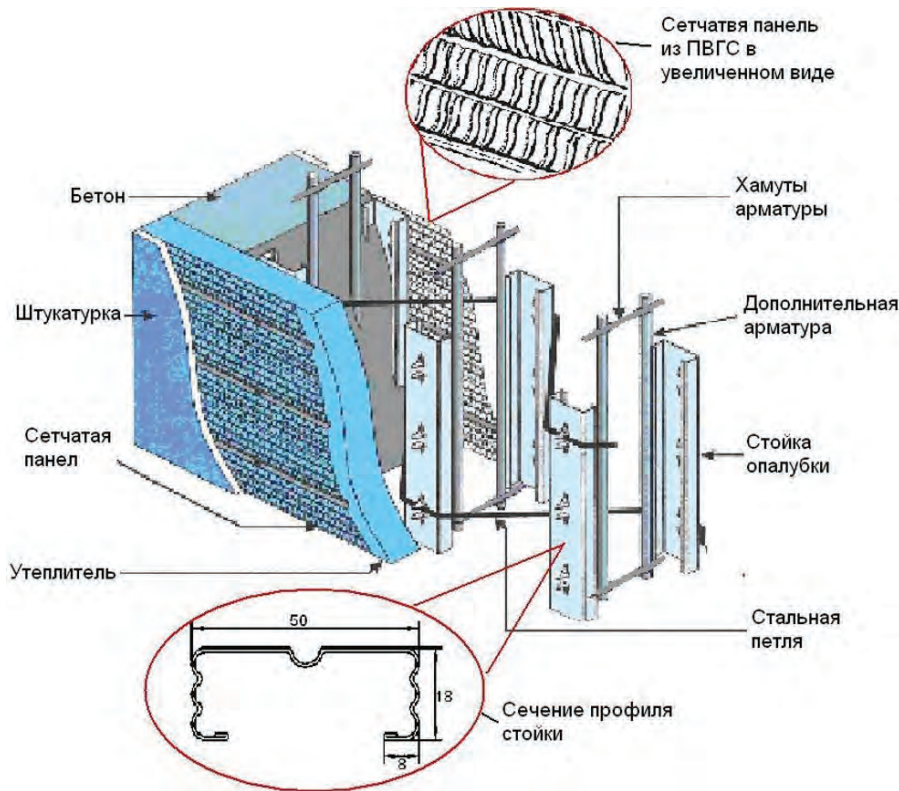


Рис. 1. Общий вид системы стальной не съемной опалубки



Рис. 2. Изготовление фундаментов из СНО



Рис. 3. Возведение монолитного дома

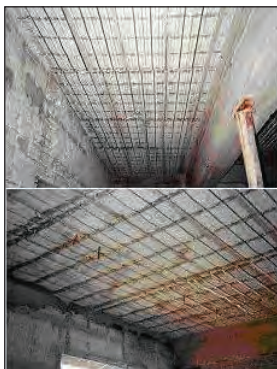


Рис. 4. Устройство перекрытий и балок



Рис. 5. Устройство плотины (сверху) и пристройки (внизу)



Рис. 6. Возведение колон каркаса (справа) и подземных колодцев (слева)

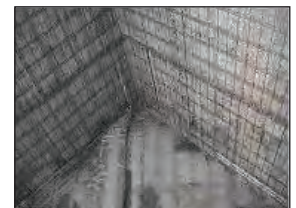


Рис. 7. Усиление монолитных стен

Характерно, что при усилении существующих каменных (кирпичных и блочных стен) применение СНО позволяет значительно снизить толщину монолитного слоя до 40 мм против 100 мм, характерных для устройства традиционной «рубашки» (рис. 5-7).

При применении СНО в сейсмостойком строительстве к достоинствам системы, в сравнении с традиционными видами опалубки, следует отнести:

- отсутствие затрат подрядчика на ее приобретение и связанные с этим дополнительные затраты на чистку, ремонт, замену, транспортировку, установку и т. д.;
- повышение монолитности и жест-

кости, а также снижение веса изготовленных конструкций. При этом вес опалубки составляет не более 11 кг/м²;

— отсутствие стыков соединений, т. е. мест наиболее уязвимых с точки зрения восприятия сейсмических нагрузок. Технология СНО позволяет выполнять замкнутые по периметру пространства за один цикл заливки бетона, осуществлять непрерывное наблюдение за процессом изготовления конструкций, контролируя их качество и предотвращая образование пустот.

Скорость и простота установки стен с использованием СНО, удобство выполнения смежных работ, сокраще-

ние времени строительства (до 2-3 раз по сравнению с другими технологиями) позволяет использовать технологию даже для устройства соединений сборных конструкций в комбинации с другими системами, например, на основе безригельного сборно-монолитного каркаса, с применением гнутых профилей и пр.

При реконструкции проявляются такие достоинства системы, как возможность изготовления комплексных конструкций (в виде обоем усиления, двух-, трехслойных стен) при минимизации материальных затрат на их устройство.

Все выше перечисленное подтверж-

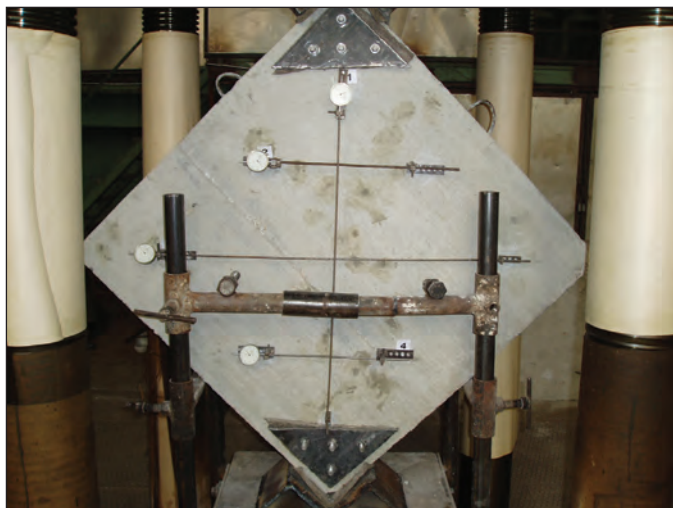


Рис. 8. Эталонный железобетонный образец

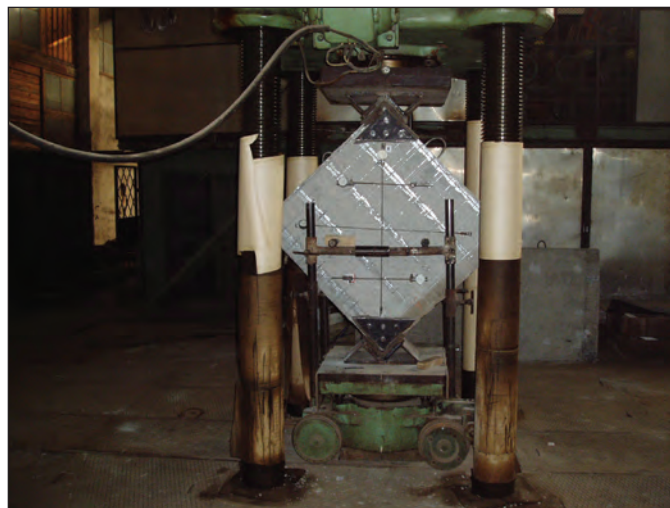


Рис. 9. Железобетонный образец, изготовленный с использованием СНО

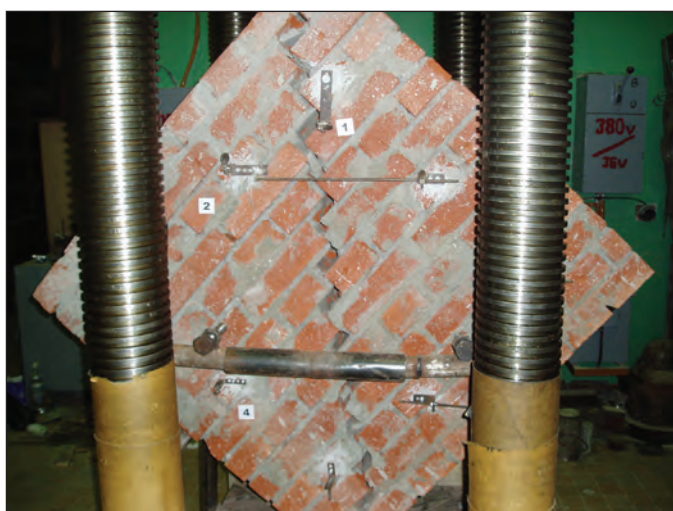


Рис. 10. Эталонный кирпичный образец



Рис. 11. Кирпичный образец, усиленный с помощью СНО

дено в результате экспериментальных исследований образцов (фрагментов монолитных стен и усиленной кладки), выполненных с участием авторов.

Для испытаний были изготовлены следующие образцы

- железобетонные размером 1,0 x 1,0 м. толщиной 16 см, изготовленные в классической щитовой опалубке (рис. 8);
- аналогичные железобетонные образцы, изготовленные в СНО (рис. 9);
- кирпичные, размером 1,0 x 1,0 м, толщиной в один кирпич из керамического кирпича полусухого прессования на цементно-песчаном растворе (рис. 10);
- аналогичные кирпичные образцы, усиленные одно и двухсторонними железобетонными рубашками, изготовленными как с использованием классической щитовой опалубки, так и с использованием СНО (рис. 11).

Всего было испытано 11 различных серий образцов.

Нагрузка образцов выполнялась ступенями по 4% от расчетной разрушающей нагрузки, до полного разрушения образцов.

Комплексному анализу и оценке подлежали прочностные и деформативные характеристики монолитных железобетонных стен, возведенных при помощи системы СНО, а также проверялась эффективность применения данной системы для усиления кирпичных простенков. Оценка прочности и деформативных характеристик монолитных железобетонных стен и образцов кирпичной кладки, возведенных при помощи системы СНО, проводилась при испытаниях на перекокс в своей плоскости. Это позволило оценить характер работы испытываемых фрагментов при совместном действии вертикальной и горизонтальной нагрузок.

Результаты испытаний подтвердили, что помимо экономических и технологи-

ческих достоинств использование стальной несъемной опалубки дает очевидные конструктивные преимущества, связанные как с особыми условиями твердения бетонной смеси, так и наличием дополнительного, специфического армирования композитной структуры тела конструкции.

Во-первых, наличие на поверхности стены скорлупы, образованной внешней сеткой и затирочным слоем, приводит к эффекту «поверхностного армирования» и снижения образования усадочных трещин.

Во-вторых, вертикальные металлические стойки несъемной стальной опалубки вносят существенный вклад в повышение несущей способности и устойчивости стены при работе из плоскости.

В-третьих, зигзагообразная проволока, соединяющая между собой панели опалубки между собой, после бетонирования играет роль дополнительной свя-

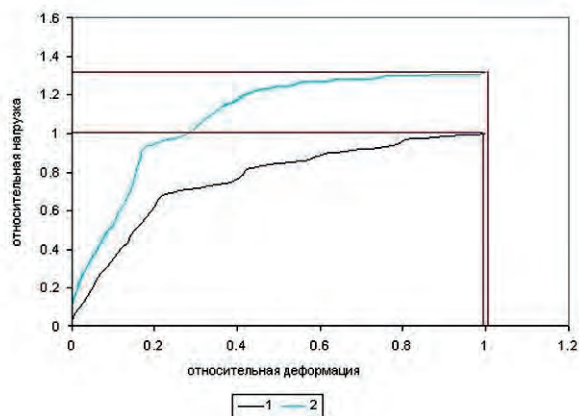


Рис. 12. График изменения физико-механических свойств железобетонных образцов изготовленных с использованием СНО:
1 — эталонный образец;
2 — образец, изготовленный с использованием СНО.

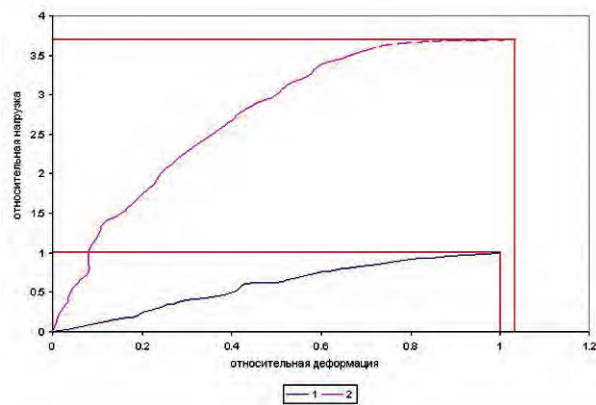


Рис. 13. График изменения физико-механических свойств образцов кирпичной кладки:
1 — эталонный образец;
2 — образец, усиленный с использованием СНО.

зи между продольной и поперечной арматурой, что положительно влияет на пространственный характер работы изготовленных фрагментов.

Кроме того, строение бетонного камня, образующегося при твердении в полости между двумя сетками ПВГС более однородно в связи с возможностью визуального контроля в процессе бетонирования. Быстро удаляющаяся через отверстия решетки излишняя влага на ранней стадии твердения уменьшает образование микродефектов в теле панелей, что в свою очередь, улучшает их физико-механические свойства.

На рис. 12 для сравнения приведены графики деформирования фрагмента стены из монолитного бетона, изготовленного в традиционной опалубке (1) и с применением несъемной опалубки (2), при минимальном армировании элементов, из которых следует, что при-

менение СНО приводит к существенному повышению несущей способности элементов (до 30%) и качественно новому характеру деформирования.

Сходные результаты были получены для усиленной кладки (рис. 13).

Заключение

1. Технология возведения и усиления стен с применением стальной несъемной опалубки (СНО) из поперечно-вытяжной гофрированной сетки (ПВГС) на основе оцинкованной листовой стали имеет очевидные достоинства, подтвержденные практическим опытом применения в России и за рубежом.

2. Эффективность применения опалубки типа СНО подтверждена результатами экспериментальных исследований, проведенных в 2007-2008 гг. с участием авторов настоящей статьи.

3. По предварительным оценкам применение СНО для устройства монолит-

ных стен приводит к повышению несущей способности конструкций (до 30%) и благоприятному характеру развития в них деформаций.

4. Использование СНО для усиления кирпичных стен оказалось эффективным как в части их поведения при высоких уровнях нагружения, так и в целях значительной экономии затрат на устройство одно- и двухсторонней «рубашки» (почти в 2,5-3,0 раза по сравнению с традиционными методами).

Все выше перечисленное позволяет сделать вывод о целесообразности расширения сферы применения стальной несъемной опалубки (СНО) для применения в сейсмических районах, необходимости ее совершенствования. В том числе, на основании полученных экспериментальных данных и запланированных к проведению дополнительных статических и динамических испытаний.