

## КРЕПЛЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ РАСПОРНЫХ ДЮБЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ К ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ КОНСТРУКЦИЯМ

*Рак Н. А., Щербак С. Б.*

Белорусская государственная политехническая академия

Применение распорных строительно-монтажных дюбелей в узлах крепления сборных элементов и инженерных коммуникаций к несущим железобетонным конструкциям позволяет сократить объем сварочных работ, повысить точность монтажа, а также снизить себестоимость и трудоемкость изготовления сборных железобетонных элементов за счет уменьшения количества закладных деталей.

Эффективный способ крепления с использованием распорных дюбелей позволяет надежно закрепить новые конструктивные элементы к существующему железобетонному каркасу, обеспечивая при этом значительную экономию стали, сокращение объема сварочных работ, возможность выполнения креплений «по месту». Кроме того, при необходимости соединения на дюбелях могут быть легко разобраны и демонтированы.

Для комплексной оценки деформативности и прочности дюбельного крепления в Белорусской государственной политехнической академии были проведены испытания опытных образцов сопряжения стального опорного столика с железобетонной колонной.

Опытные образцы колонн были изготовлены на заводе «Минскжелезобетон». Процессы формовки колонн, уплотнения бетонной смеси на вибростенде и последующей термической обработки изделий в пропарочной камере соответствовали традиционной технологии, используемой при массовом производстве аналогичных конструкций. Колонны армировались пространственными каркасами из арматурной стали класса А-III.

Сварные опорные столики были изготовлены в заводских условиях из прокатной стали марки СтЗпс5. Для опорной и крепежной пластин столика использовался стальной лист толщиной  $\delta = 12$  мм, а для ребра – 10 мм.

Для крепления столиков к колонне использовались дюбели длиной 80, 120, 160 и 200 мм с номинальным диаметром резьбы, равным 20 мм, и внешним диаметром 25 мм (рис. 1).

Заделка дюбелей в колонну выполнялась в следующем порядке:

- разметка положения первого дюбеля и бурение отверстия на требуемую глубину;
- продувка отверстия сжатым воздухом и очистка стенок отверстия от пылевидного наслоения;
- забивка и расклинивание дюбеля в бетоне.

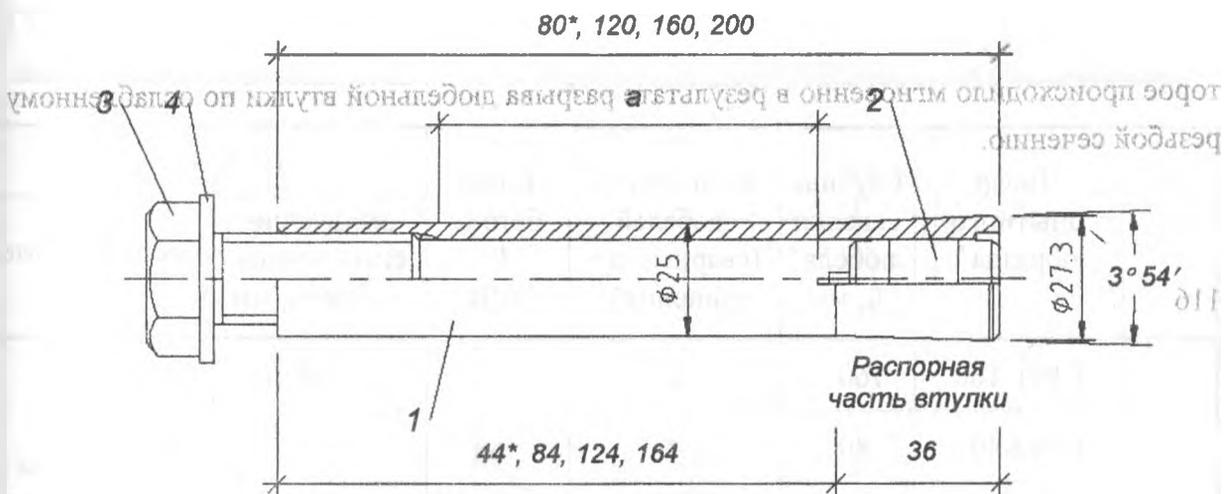


Рис. 1. Дюбельное крепление в сборе:

1 — распорная втулка; 2 — конический элемент в рабочем положении; 3 — крепежный болт М20; 4 — шайба. Размеры со звездочкой «\*» соответствуют стандартной втулке по ГОСТ 27320—87. Предлагаемые дюбели отличаются только величиной размера «а»

После этого столик устанавливался в проектное положение и фиксировался с помощью болта, завинченного в первый дюбель. Через отверстия в крепежной пластине столика с помощью перфоратора намечалось положение оставшихся трех дюбелей, устанавливаемых далее по приведенной выше технологии.

Окончательно столик закреплялся путем затяжки болтов в дюбелях до значения крутящего момента, равного 170..180 Н·м.

Основные параметры опытных образцов приведены в табл. 1.

Отверстия в опытных колоннах на глубину заделки дюбелей бурились электроперфоратором ударно-вращательного действия с величиной энергии удара 2.15 Дж. Дюбели забивались и расклинивались в бетоне при помощи специального инструмента.

Для контроля величины сдвига столика  $D_{sh}$  по направлению действия нагрузки  $N$  и перемещений верха крепежных болтов использовались индикаторы часового типа с ценой деления 0.01 и 0.002 мм.

Нагрузка на опытный образец прикладывалась ступенями величиной 1..2 тс с помощью системы из двух гидравлических домкратов мощностью  $2 \times 25$  тс.

В процессе испытаний установлено, что нарастание деформаций сдвига узла происходит нелинейно, достигая максимума при разрушении. Однако при расчетной нагрузке  $N = 10$  тс абсолютная величина сдвига не превышала 1/150 вылета консоли опорного столика.

Разрушение опытных образцов происходило по двум характерным схемам (табл. 2).

Параметры опытных образцов крепления опорного столика к железобетонной колонне

№ исп.	Шифр опытного образца <sup>a</sup>	Глубина заделки дюбеля <sup>b</sup> $l_a$ , мм	Количество дюбелей (сварных соединений) <sup>c</sup>	Класс бетона $B$ , МПа	Нагрузка ° N	
					эксцентриситет приложения $e_N$ , мм	место приложения
1	C5S1-160	160	4	17.5	149	Внутренняя сторона опорной пластины столика
2	C5S2-80	80	4		150	
3	C5S3-120	120	4		153	
4	C5S4-200	200	4		149	
5	C3S5-200	200	4	40	149	Внешняя сторона опорной пластины столика
6	C3S6-160	160	2		115	
7	C3S7-160	150	2		115	
8	C3S8w-160	160	2 (2)		115	
9	C3S9w-160	150	2 (2)		115	

<sup>a</sup> Первые два символа соответствуют шифру опытной колонны; S — условное обозначение опорного столика; следующее число — номер испытываемого столика; необязательная буква «w» указывает на комбинированный способ крепления столика с использованием двух дюбелей и двух стальных пластин (8×60 мм), приваренных к продольной арматуре колонны; после тире указана полная длина крепежных дюбелей в мм

<sup>b</sup> Способы установки дюбелей показаны на рис. 2

<sup>c</sup> Способы крепления столика и схемы нагружения приведены на рис. 3

В первом случае разрушение наступало вследствие проскальзывания дюбелей из-за нарушения анкеровки дюбельной втулки в бетоне. В образцах C5S1—160 и C5S3—120 нарушение анкеровки объясняется тем, что распорная часть дюбелей (рис.1) располагалась на конце сквозного отверстия в колонне.

Во втором случае при глубине заделке дюбеля  $\geq 120$  мм обеспечивалась его надежная анкеровка в толще бетона. Это качественно изменило характер разрушения, которое происходило мгновенно в результате разрыва дюбельной втулки по ослабленному резьбой сечению.

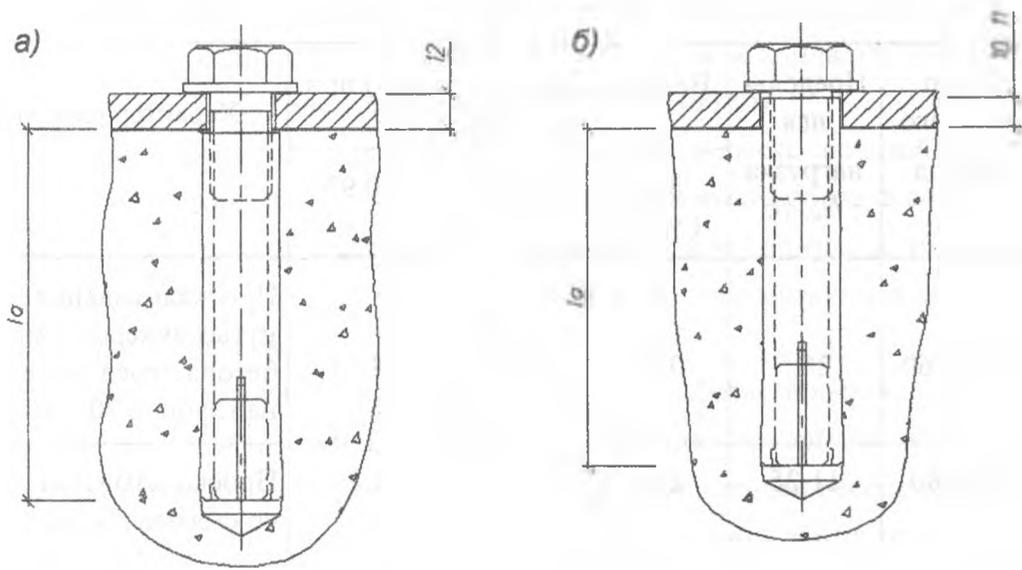


Рис. 2. Установка дюбеля в бетоне:

а — стандартная (верх дюбелевой втулки заглублен в бетон на 1...2 мм); б — предлагаемая (дюбелевая втулка выведена из бетона на 10...11 мм)

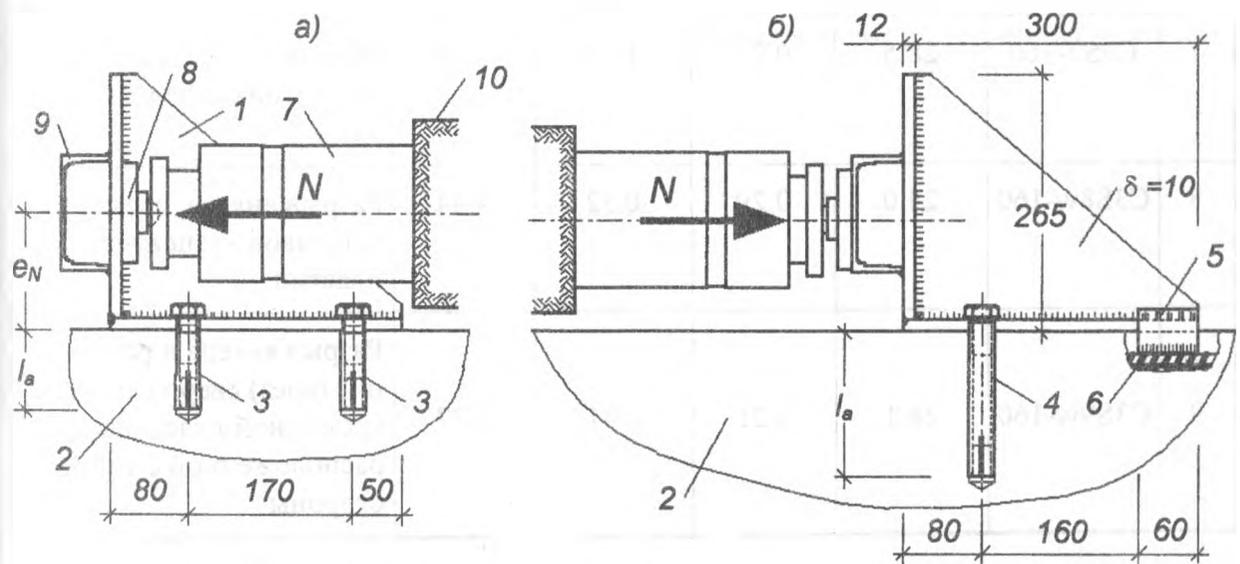


Рис. 3. Схемы испытания:

а — опытного образца сопряжения столика (1) и колонны (2) на распорных дюбелях (3); б — опытного образца столика для усиления консолей колонн; 4 — удлиненный дюбель, выпущенный за грань колонны; 5 — пластина, приваренная к вскрытой продольной арматуре (6) колонны и к опорному столику; 7 — домкрат; 8 — сферическая опора; 9 — швеллер, приваренный к опорной пластине столика для обеспечения ее жесткости при испытаниях; 10 — горизонтальный силовой упор

Результаты испытаний опытных образцов узла крепления

№ исп.	Шифр опытного образца	Предель- ная нагрузка $N_u$ , тс	Величина сдвига $\Delta_{сд}$ (мм) при нагрузке $N$			Характер разрушения
			8 тс ( $\gamma_f > 1$ )	12 тс ( $C = 1.5$ )	$\approx 0.9N_u$	
1	C5S1-160	25.5	0.33	0.99	4.54	Проскальзывание растянутых анкеров, смятие бетона перед дюбелями на глубине 20...25 мм
2	C5S2-80	11.25	2.49	—	5.79	Проскальзывание анкеров со смятием бетона
3	C5S3-120	24.0	0.31	1.47	8.82	См. испытание № 1
4	C5S4-200	26.5	0.10	0.45	5.02	Разрыв растянутого анкера по ослабленному резьбой сечению на уровне низа крепежного болта
5	C3S5-200	26.2	0.12	0.34	4.19	То же
6	C3S6-160	17.2	1.60	2.29	4.76	Срез крепежного болта
7	C3S7-160	28.5	0.75	1.52	2.98	Разрыв анкера, скалывание бетона перед дюбелями
8	C3S8w-160	24.0	0.29	0.52	4.44	Разрыв анкера, срез сварных швов крепежных пластин
9	C3S9w-160	28.1	0.21	0.41	2.77	Разрыв анкера и разрушение (срез) сварного шва крепежной пластины, расположенной с той же стороны

Экспериментальные исследования показали, что разработанное конструктивное решение узла крепления на распорных дюбелях обеспечивает надежное восприятие расчетной статической нагрузки величиной  $\leq 10$  тс при коэффициенте запаса  $C$  не менее 2.5. По мере накопления экспериментальных результатов и опыта эксплуатации исследуемых узлов величина расчетной нагрузки может быть уточнена в сторону увеличения.

Установлено, что при заделке дюбеля с номинальным диаметром резьбы 20 мм в бетоне на глубину не менее 120 мм обеспечивается его надежная анкеровка. В случае анкеровки дюбеля в бетоне класса В30 и выше оптимальная длина заделки может составлять 120..130 мм, а в бетоне класса менее В30 – 150..160 мм.

Результаты испытаний свидетельствуют, что при выпуске дюбелей за грань колонны на 10..11 мм исключается возможность среза крепежного болта, а величина сдвига опорного столика  $D_{\text{д}}$  снижается в 1.5÷2 раза. При этом крепежная пластина столика служит шаблоном для бурения отверстий в бетоне, что упрощает процесс установки опорного столика и повышает точность монтажа.

Результаты исследований использованы при разработке проекта усиления несущих конструкций каркаса многоэтажного здания лабораторного корпуса НПО «Комплекс» в г. Минске. Допущенная при монтаже существенная несоосность сборных элементов привела к возникновению в консолях колонн значительных по величине крутящих моментов. В этом случае требовалось не только обеспечить восприятие дополнительных усилий, но и гарантировать надежное включение конструкции усиления в совместную работу с консолью. Для этого необходимо было применить конструкцию усиления, имеющую жесткость на сдвиг, сопоставимую с жесткостью самой консоли. Все эти условия не возможно выполнить при использовании традиционных способов усиления консолей. В связи с этим было решено усилить консоли колонн при помощи столиков, закрепленных распорными дюбелями в теле колонны. Выполненное усиление обеспечило необходимую несущую способность и деформативность консолей при минимальных затратах материалов и снижении трудоемкости работ в стесненных условиях возведенного каркаса.