

К расчёту технологических (рабочих) швов в монолитных перекрытиях

При перерывах в бетонировании плит перекрытий (покрытий) Нормы СП 70 ([1], п. 5.3.10) предписывают устраивать рабочие (технологические) швы по согласованию с проектной организацией и располагать их от опор на расстоянии не менее 3-х толщин плиты, преимущественно в зоне $1/3 \dots 1/4$ пролета. Если первая часть предписания (согласование с проектной организацией) адресована строителям, то вторая, очевидно, – проектировщикам. Между тем в Своде правил [2], специально посвященному проектированию монолитных железобетонных конструкций, о расчёте и конструировании рабочих швов ничего не сказано.

Рассмотрим, в каких условиях работает технологический шов, учитывая, что он представляет собой разрез бетона плиты в вертикальной плоскости с выпусками продольной арматуры. Если прилегающая к шву торцевая поверхность старого бетона не загрязнена, шов в состоянии воспринимать момент, даже при одиночном армировании, хотя и приобретает некоторую податливость. С этим, прежде всего, и связана рекомендация СП 70 о месте расположения шва в зоне небольших моментов. Если же продольное армирование симметричное, то сжатая арматура по несущей способности вполне заменяет бетон сжатой зоны: $M_u = N_s' z$.

При действии поперечной силы Q дело обстоит сложнее. Поперечная арматура швов не пересекает, Следовательно, ее несущая способность $Q_{sw} = 0$. Поскольку прочность адгезии нового бетона со старым – величина случайная и во внимание быть принята не может, бетон в шве на срез работать не в состоянии, и его несущая способность Q_b тоже нулевая. В итоге, расчетная несущая способность сечения по шву при действии поперечной силы ($Q_u = Q_b + Q_{sw}$) равна нулю.

Фактически же поперечной силе в шве (сдвигу) сопротивление есть, и оказывает его продольная арматура, работающая

как нагель – на срез и на изгиб. Однако несущая способность нагельного соединения определяется не прочностью самого нагеля, а прочностью защитного слоя бетона при его отрыве вследствие изгибных деформаций нагеля.

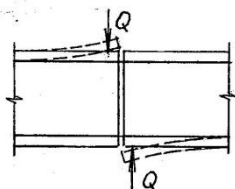


Рис. 1

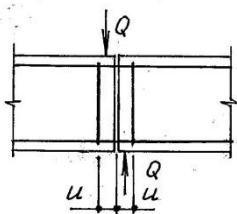


Рис. 2

Из рис. 1, где показана схема разрушения нагельного соединения, с очевидностью следует, что для уменьшения изгибных деформаций нагеля, а значит, для увеличения нагельного эффекта, необходимо уменьшить рабочую длину (пролет) нагеля, т.е. надежно соединить верхние и нижние продольные стержни поперечными стержнями, расположив их как можно ближе к шву (расстояние u на рис. 2).

В Нормам проектирования железобетонных конструкций – как в старых, так и в новых (СП 63 [3]), – нагельный эффект не учитывается, его относят в запас прочности. Тем не менее Нормы проектирования мостовых конструкций (СП 35 [4]) этим эффектом не пренебрегают. Для вертикального сечения, к коему относится рабочий шов, несущая способность защитного слоя бетона на отрыв (в кгс) определяется по формуле (п. 7.78): $Q'_w = 1000 A'_w$, где A'_w – площадь горизонтальной арматуры в см^2 .

Однако воспользоваться этой формулой можно лишь при обязательном выполнении конструктивных требований тех же Норм [4]: поперечные стержни должны иметь шаг не более 15 см (п. 7.144), т.е. находиться не далее 7,5 см. от шва, и соединяться с продольными только контактной точечной сваркой (п.7.157). Поскольку выполнение такой сварки в условиях стройплощадки имеет известные трудности, поперечные стержни (хомуты) нужно надёжно заанкерить по концам с помощью крюков, охватывающих продольные стержни. Понятно, что на эти хомуты продольная арматура передаёт поперечную силу в шве, поэтому и площадь сечения хомутов следует определять из условия: $A_{sw} \geq Q/R_{sw}$, где R_{sw} – расчетное сопротивление попе-

речной арматуры. (Здесь величина Q даётся либо в пересчете на шаг хомутов s , либо на 1 п. м шва. Во втором случае результатом является суммарная площадь сечения хомутов ΣA_{sw} на 1 п. м.)

Для иллюстрации в качестве примера рассмотрим монолитную балочную плиту ребристого перекрытия пролетом 6 м толщиной 20 см из бетона класса В20, у которой рабочий шов располагается в 1/4 пролета. Полная расчетная нагрузка на плиту 1400 кгс/м^2 , поперечная сила в расчетном сечении на 1 п. м шва $Q = 2100 \text{ кгс}$, продольная арматура в сечении – симметричная из стержней $\varnothing 10A400$ с шагом $s = 20 \text{ см}$. Несущая способность шва $Q'_w = 1000(0,785 \times 5) = 3925 \text{ кгс} > Q$. Условие прочности выполняется. Суммарная площадь сечения хомутов из стали класса А240 при шаге $s = 20 \text{ см}$ на 1 п. м (с каждой стороны шва): $\Sigma A_{sw} = 2100/1700 = 1,24 \text{ см}^2$, площадь сечения одного хомута $A_{sw} = 1,24/5 = 0,25 \text{ см}^2$, ближайший диаметр – 6 мм ($A_{sw} = 0,283 \text{ см}^2$).

Существует еще один старый, но забытый конструктивный прием, применявшийся в 1920 – 1940-е годы при устройстве температурных швов в монолитных перекрытиях, а именно: выполнять шов не плоским, а ступенчатым (рис. 3). В нем из-за большей удаленности от шва ближайших хомутов нагельный эффект проявляется несколько слабее (хотя все равно присутствует), зато в восприятии поперечной силы участвуют выступы бетона, работающие как бетонные консоли. Продольная арматура в них расположена в сжатой зоне и влияния на прочность консолей при изгибе не оказывает. Важно лишь не перепутать знак поперечной силы, а величину выступов (вылетов консолей) a предусматривать не более 1/4...1/3 высоты сечения (толщины) плиты.

Выступы работают на срез и на изгиб, поэтому напряжения в корне выступов можно определять известным способом: $\sigma = \sqrt{\tau^2 + \sigma_m^2}$, где τ – касательные напряжения при действии поперечной силы Q , σ_m – нормальные напряжения при действии момента $M = Q(a/2)$.

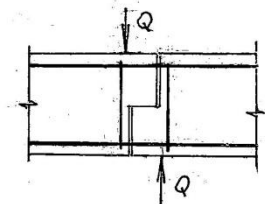


Рис. 3

Например, если в шве рассмотренной выше плиты устроить выступ величиной $a = 5$ см при высоте его сечения, равной половине толщины плиты, т.е. 10 см, то напряжения в расчетном сечении составят $3,8 \text{ кгс/см}^2$, что меньше расчетного сопротивления бетона $R_{bt} = 9 \text{ кгс/см}^2$, – это без учета нагельного эффекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Свод правил СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.
2. Свод правил СП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий.
3. Свод правил СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
4. Свод правил СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84.