

УДК 624.012
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗГИБАЕМЫХ
ЖБЭ, УСИЛЕННЫХ НАРАЩИВАНИЕМ В СЖАТОЙ ЗОНЕ

Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, С. В. АЛЕХНОВИЧ, А. В. ЗЕЗЮЛИН
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

За счет усиления железобетонного изгибаемого элемента (ЖБЭ) путем наращивания в сжатой зоне увеличивается плечо внутренней пары сил и как следствие, несущая способность. Для сцепления бетона усиления с усиливаемым элементом в последнем устраивают выступы, шпонки, выпуски поперечной арматуры и пр. После включения в работу бетона усиления часть внешней эксплуатационной нагрузки воспринимается элементом усиления, разгружая усиливаемые конструкции. Характер и величина перераспределяемых усилий зависит от жесткости шва контакта и прочности бетонов. Дополнительная внешняя нагрузка на железобетонный элемент, усиленный методом наращивания, воспринимается всем сечением.

При усилении изгибаемого железобетонного элемента под нагрузкой, составляющей не менее 65 % от эксплуатационной (высокая степень нагружения), усиливаемая часть его поперечного сечения уже находится в определенном напряженно-деформированном состоянии, которое влияет на работу усиленного элемента. Дополнительные бетон и арматура (без предварительного напряжения) в предельном состоянии не достигают расчетных характеристик, контролируемых нормативными документами, поэтому к расчетным сопротивлениям вводятся понижающие коэффициенты $\gamma_{c,ad} = 0,9$ и $\gamma_{s,ad} = 0,9$ соответственно.

В случае полной разгрузки усиливаемого элемента предыстория его нагружения не учитывается. При этом упругие деформации являются обратными и при разгрузке конструкции равны нулю $\epsilon_{el} = 0$, а в бетоне сжатой зоны усиливаемой конструкции сохраняются остаточные пластические деформации $\epsilon_{pl} = \lambda_c \epsilon_c$.

Для усиленной конструкции деформации в основном сечении после усиления находятся как сумма начальных деформаций до усиления и дополнительных деформаций, возникших после усиления.

Согласно нормативным требованиям, основная (усиливаемая) и дополнительная (усиливающая) части сечения должны работать вплоть до полного исчерпания несущей способности как единое целое без расслоения по шву контакта. В этом случае элемент усиления сжат по всей высоте сечения, а в усиливаемой части конструкции действуют напряжения разных знаков. При этом случае шов контакта двух бетонов принимается условно жестким и характеризуется высоким модулем сдвига ($G_0 \rightarrow \infty$). Осо-

бенностью эпюр напряжений и деформаций является наличие скачков на границе усиливаемого и усиливающего элементов. Скачки на эпюрах обусловлены наличием остаточных деформаций в бетоне усиливаемой конструкции.

Особенностью работы усиленного изгибаемого ЖБЭ с податливым швом контакта является деформация сдвига блока усиления относительно усиливаемой части конструкций ($G_0 \neq 0$). Дополнительное нагружение в процессе эксплуатации усиленных железобетонных конструкций, при небольшом по величине модуле сдвига шва сопряжения двух бетонов, вызывает напряжения сжатия и растяжения одновременно как в элементе усиления, так и в усиливаемой конструкции.

В случае, если стыковой шов окажется податливым, основная конструкция и набетонка при разрушающей нагрузке будут работать как отдельные элементы, деформируемые совместно. В связи с этим, при расчете сопротивления сечений, высоту сжатой зоны следует определять как в бетоне усиления, так и в бетоне усиливаемой конструкции. Несущая способность составного сечения может быть определена как сумма моментов, воспринимаемых бетоном усиления и бетоном основной конструкции. В качестве расчетной модели сопротивления сечений, нормальных к продольной оси усиленного элемента, может быть использована упругопластическая модель (УПМ).

При усилении под нагрузкой необходимо учитывать тот факт, что при проценте армирования, близком к проценту армирования большинства используемых на практике плит покрытий и перекрытий, нагрузка, действующая на конструкцию к моменту усиления, практически не влияет на несущую способность усиленной конструкции. Однако, в некоторых случаях, при усилении под нагрузкой ее необходимо учитывать. Так, следует учитывать собственный вес g_k усиливаемой конструкции и, например, вес технологического оборудования p_k . То есть к моменту усиления на усиливаемую конструкцию действует нагрузка $p_0 = g_k + p_k$ и в бетоне сжатой зоны возникают напряжения σ_{c0} . Тогда расчетное сопротивление бетона усиливаемой конструкции на границе контакта $f_{cd} = f_{cd,0} + \sigma_{c0}$.

Начальные напряжения a_{c0} определяются из условия равновесия внешних и внутренних усилий (эпюра в сжатой зоне от нагрузки p_0 принимается в виде треугольника).

При недостаточной обеспеченности жесткости контактного шва необходимо обязательно производить расчет сопротивления сечений, наклонных к продольной оси усиленного ЖБЭ. В случае разрушения элемента f_{ro} наклонному сечению, для расчета также может быть использована УПМ, однако, с учетом перехода от деформаций граничной сжимаемости в направлении главных сжимающих напряжений к деформациям крайних сжатых волокон бетона в сечении уточнения значения коэффициента пластичности.