

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Б. А. ОГАНЕСЯН, А. С. ШАКАРЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ  
 ЭФФЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АРМАТУРЫ КЛАССА  
 А-III И ЛЕГКОГО БЕТОНА ПРИ ВЫТЯГИВАНИИ СТЕРЖНЕЙ  
 ИЗ БЕТОННЫХ ПРИЗМ\*

В статье приводятся результаты экспериментального исследования деформации поперечных сечений призм и определения зоны эффективного взаимодействия стержней арматуры и легкого бетона на литой пемзе при вытягивании стержней из бетонных призм.

В качестве арматуры использовались стержни класса А-III ( $d = 20$  мм), с двумя симметрично расположенными продольными пазами для наклейки тензодатчиков. Эксперименты проводились на призмах сечением  $15 \times 15$  см., а высота призм принималась равной глубине заделки арматуры, которая варьировалась в пределах  $(2,5 - 1,5)d$ . Для определения зоны эффективного взаимодействия арматуры и легкого бетона размеры сторон поперечного сечения призм варьировались в диапазоне  $(3 - 11)d$ .

При испытании измерялись смещения стержней в бетонной заделке относительно загруженного и свободного торцов призм, продольные и поперечные деформации бетона, продольные деформации арматуры и бетонной заделке, а также деформации поперечных сечений призм. Изменение деформаций бетона и арматуры проводились тензодатчиками базой 20 мм, а смещения стержней в бетонной заделке и деформации поперечных сечений призм — индикаторами часового типа (ценой деления 1 мк) с помощью специального приспособления. Поскольку при опирании загруженного торца бетонной призмы на жесткую металлическую плиту возникают силы обжатия бетона, существенно влияющие на результаты эксперимента, часть образцов испытывалась с податливой прокладкой, установленной между загруженными торцами бетонной призмы и металлической опорной плитой.

Вытягиванием стержней из бетонных призм определялись экспериментальные зависимости:

$$\sigma_0(\rho, \beta); \beta, g(\sigma_0); \delta(\rho, \beta, l_1); \tau_{cu}(\sigma_0); \gamma(\rho, l_1),$$

\* Научный руководитель проф. В. В. Пипаджян.

- где  $\varepsilon_{\parallel}$  — относительные деформации волокна бетона, находящегося на расстоянии  $\rho$  от продольной оси арматуры;
- $\varepsilon_{\perp}$  — относительные деформации растянутой арматуры;
- $\Delta$ ,  $\sigma$  — соответственно смещения загруженных и свободных концов арматурных стержней относительно опорного и свободного торцов бетонных призм;
- $\sigma_x$  — нормальные напряжения в арматуре в сечении с абсциссой  $x$ , отсчитываемой от загруженного торца призмы;
- $l$  — глубина заделки арматуры в бетонные призм;
- $\delta$  — фибровые деформации бетона в поперечном сечении призм на расстоянии  $x$  от загруженного торца;
- $\tau_{\text{св}}$  — касательные напряжения сцепления по контакту арматуры и бетона в сечении  $x$ ;
- $\gamma$  — депланация поперечного сечения бетона на расстоянии  $\rho$  от продольной оси арматуры.

Анализ экспериментальных данных показал, что продольные и поперечные деформации бетона распределяются по длине заделки арматуры неравномерно. В начальный период загрузки, когда преобладают упругие деформации бетона, величина продольных и поперечных деформаций бетона незначительна, а максимальные деформации имеют место вблизи загруженного торца призмы.

В процессе загрузки область максимальных деформаций бетона перемещалась к средней части образца. Соответственно возрастали продольные и поперечные деформации бетона. При приближении нагрузки к критической, соответствующей началу сдвига стержней и бетонной заделке, продольные и поперечные деформации бетона значительно возрастали и на графиках  $\varepsilon_{\parallel}(\sigma_{\parallel})$  возникал перелом, примерно совпадающий с переломами на графиках  $\Delta(\sigma_{\parallel})$  и  $\sigma(\sigma_{\parallel})$ . Дальнейшее увеличение нагрузки вызывало интенсивный рост поперечных деформаций бетона; растягивающие напряжения в бетоне достигали своего предельного значения и в контактной зоне бетона и арматуры возникали местные трещины. Для образцов, испытанных с податливой прокладкой, обычно в этот момент происходил разрыв бетона вдоль заделки арматуры. Для образцов, испытанных без податливой прокладки, благодаря трению, возникающему в контактных поверхностях загруженного торца призмы и металлической опорной плиты, разрушение наступило значительно позже. Угол наклона кривых  $\varepsilon_{\perp}(\sigma_{\perp})$  к оси абсцисс значительно уменьшался. Характерно, что для образцов, испытанных с податливой прокладкой, возникновение трещин и разрушение образцов, как правило, происходило вблизи загруженного торца, а для образцов, испытанных без прокладки, — в средней части заделки или вблизи свободного торца.

Для образцов армированных поперечной арматурой из сварных сеток, в стадии разрушения наблюдалось проскальзывание арматуры в бетонной заделке, а при длине заделки равной  $15d$  — разрыв арматуры. Установлено, что относительные продольные и поперечные дефор-

мации бетона при вытягивании стержней периодического профиля из бетонных призм увеличиваются: с увеличением длины заделки арматуры, с уменьшением размеров поперечных сечений призм и с увеличением прочности бетона. Максимальная величина относительных деформаций образцов, испытанных без податливой прокладки, получалась в 1,5 — 2 раза больше, чем для образцов, испытанных с податливой прокладкой.

Варьированием поперечных размеров сечений бетонных призм и длины заделки арматуры удалось определить характер распределения деформаций бетона по ширине сечения и установить радиус эффективного взаимодействия стержневой арматуры и легкого бетона марок 200 — 400 на литондной пемзе. Зависимость между относительными продольными деформациями арматуры и бетона в зоне их эффективно-го взаимодействия удовлетворительно описывается выражением

$$\varepsilon_0 = \varepsilon_1 \cos^2 \frac{\pi x}{10d},$$

причем, максимальный радиус взаимодействия арматуры и бетона оказался равным  $5d$ .

На рис. 1 приводятся аналитические кривые распределения нормальных напряжений в арматуре  $\tau_1$ , полученные аппроксимацией экспериментальных кривых распределения относительных продольных деформаций

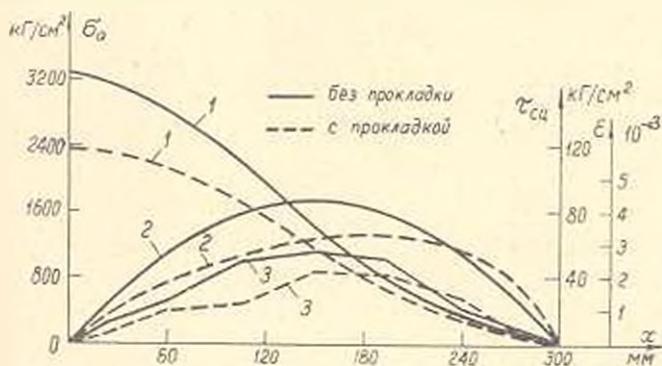


Рис. 1. Эпюры распределения напряжений и деформаций по длине бетонных призм высотой 300 мм ( $R_b = 430 \text{ кг/см}^2$ ) при вытягивании арматуры. 1 —  $\tau_1$ , 2 —  $\tau_{сш}$ , 3 —  $\tau_{сш}$ , 4 —  $\tau_{сш}$ , 5 —  $\varepsilon_0$ , 6 —  $\varepsilon_0$ .

арматуры  $\tau_2$  в заделке и кривые распределения касательных напряжений сцепления по контакту арматуры и бетона, полученные по кривым  $\tau_1$  путем дифференцирования последних. Там же для сравнения приводятся экспериментальные кривые распределения относительных продольных деформаций бетона  $\varepsilon_0$ . Как видно из рис. 1, характер распределения  $\tau_{сш}$  и  $\varepsilon_0$  примерно одинаков. В обоих случаях максимальные величины  $\tau_{сш}$  и  $\varepsilon_0$  по мере загрузки перемещались от загруженного торца призмы к свободному, а полнота эпюр распределения  $\tau_{сш}$  и  $\varepsilon_0$  увеличивалась. Для образцов, испытанных с податливой прокладкой, ве-

личины  $\varepsilon_a$ ,  $\varepsilon_{cu}$  и  $\varepsilon_s$  оказались в среднем на 30% ниже, чем для образцов, испытанных без прокладки.

По измеренным деформациям поперечных сечений бетонных призм были определены величина и характер распределения кривых депланаций поперечных сечений бетонных призм при разных стадиях нагружения образцов и глубине заделки арматуры (рис. 2).

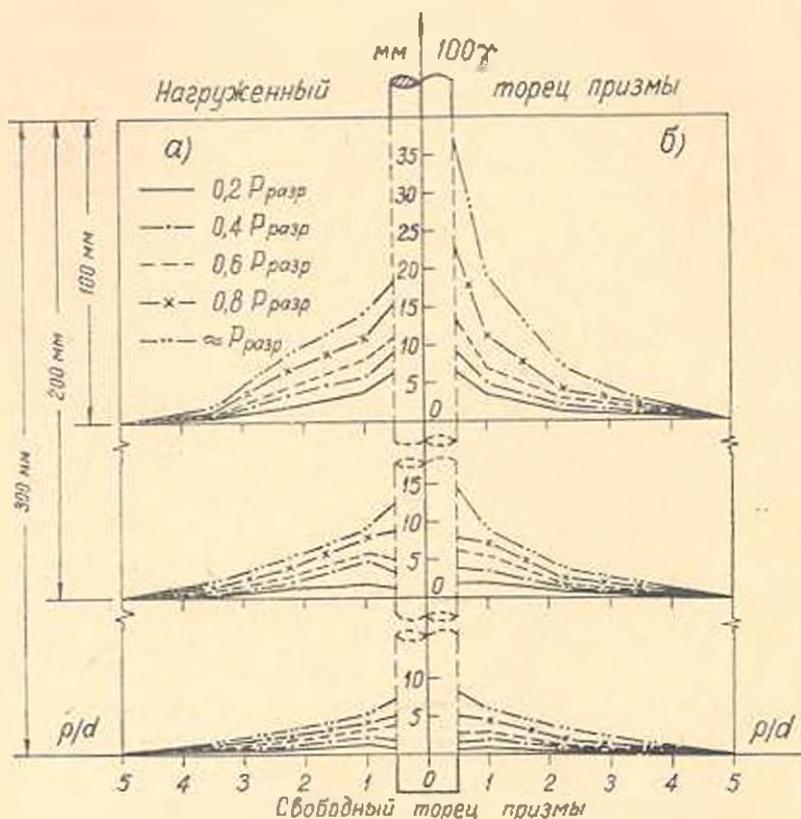


Рис. 2. Кривые депланации отдельных поперечных сечений по длине бетонной призмы при разных стадиях нагружения образца: а—с прокладкой; б—без прокладки.

В начальных стадиях нагружения образцов (до  $0,5 P_{разр}$ ), когда преобладают упругие деформации бетона и арматуры, депланация бетонных сечений незначительна и очертание эпюр прямолинейно. В этом случае при передаче усилий с арматуры на бетон, несмотря на возрастание суммарных деформаций бетона с ростом прилагаемых усилий и глубины заделки стержней, связь между арматурой и бетоном значительна и арматура в контактной зоне как бы препятствует росту депланации бетона. Это наиболее заметно наблюдалось при глубине заделки арматуры более  $10 d$ , где деформации бетона вблизи арматуры оказались несколько меньше, чем в смежных с ней областях. С увеличением нагрузки в контактной зоне бетона и арматуры возникают

упруго-пластические деформации и эпюры распределения деформации поперечных сечений бетонных призм искривляются; причем, интенсивность возрастания деформации увеличивается с уменьшением глубины заделки арматуры в бетоне. При стадиях загрузки образцов, близких к моменту начала сдвига стержней в бетонной заделке, это искривление имело явно выраженный характер. При дальнейшем увеличении нагрузки вблизи загруженного торца бетонной призмы наблюдалось разрушение контактной зоны арматуры и бетона, что приводило к интенсивному увеличению смещения загруженного конца стержня в бетонной заделке и распространению нарушения сцепления арматуры с бетоном в глубь заделки. Это наиболее заметно для образцов, испытанных без прокладки.

Армянский НИИ

стройматериалов и сооружений

Поступило 12.VII.1970.

Բ. Ա. ՉՈՎԱՆՆՅԱՆ, Լ. Ս. ՇԱՔԱՐԱՆ

ԲԵՏՈՆԵ ՊՐԻՋՄԱՆԵՐԻՑ ՉՈՂԵՐԸ ԱՐՏԱԶԳԵԼԻՍ Ա-III ԿԱՐԳԻ ԱՄՐԱՆԻ ԵՎ  
ԹԵԹԵՎ ԲԵՏՈՆԻ ԷՃԵԿՏԻՎ ՓՈԽԱԶԳԻՑՈՒԹՅԱՆ ԶՈՆԱՅԻ  
ՓՈՐՁԱՐԱՐԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. մ փ ո փ ս լ մ

Հողվածում շարադրված են ամրանային ձողերը բետոնն պրիզմաներից արտաձգելիս նրանց լայնական հատվածքների ղեպլանացիայի փորձարարական ուսումնասիրության արդյունքները: Փորձանմուշները պատրաստվել են 200—400 մարկայի թեթև բետոնից (լիթոդային պեմզայի հիման վրա) և ամրանավորվել Ա-III կարգի 20 մմ տրամագծով ձողերով: Հաստատված է որ ամրանի և բետոնի էֆեկտիվ փոխադրեցության դոնան միջին հաշվով հավասար է ամրանի տրամագծի հնգապատիկին: Փորձանմուշների բեռնավորման տարբեր փուլերում ուղղակի չափումներով որոշվել են բետոնի պրիզմաների լայնական հատվածքների ղեպլանացիայի մեծությունն ու բնույթը: