

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ЕГО НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ

ХАКИМОВ ОРТАГОЛИ ШАРИПОВИЧ
ЖУРАЕВ МУХРИДДИН БАХРИЕВИЧ

Ташкентский Архитектурно-строительный университет,
100011, г. Ташкент, ул. Янги шаҳар 9 А, ortagoli@yandex.ru, тел. 94 642 65 53

Аннотация. Рассмотрены вопросы измерения прочности бетона методом поверхностного прозвучивания ультразвуком. Приведены модель измерения и формулы для оценки суммарной стандартной неопределенности измерения.

Ключевые слова: неопределенность, прочность бетона, ультразвуковой метод измерения, поверхностное прозвучивание.

Введение

Ультразвуковой (УЗ) метод определения прочности бетона [1] основан на зависимости косвенной характеристики (времени или скорости распространения ультразвука в бетоне) от прочности бетона.

Методы исследования

Ультразвуковые измерения в бетоне проводят методами сквозного или поверхностного прозвучивания. Скорость УЗ V (м/с) вычисляют по формуле

$$V = \frac{l}{t} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где t — время распространения ультразвука, μs ;

l — расстояние между преобразователями (база прозвучивания), мм.

Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения времени распространения УЗ на стандартных образцах не должен превышать значения

$$\Delta = (0,01t \pm 0,1), \quad (2)$$

Число измерений на каждом образце должно быть при сквозном прозвучивании три. При поверхностном — четыре. Отклонение отдельного результата измерения косвенного показателя в каждом образце от среднеарифметического значения результатов измерений для данного образца не должно превышать 2 %. Результаты, не удовлетворяющие указанному условию, не учитывают при расчете среднеарифметического значения. При наличии в серии двух образцов, не удовлетворяющих этому условию, результаты испытаний серии бракуют. Относительная погрешность измерения базы прозвучивания не должна превышать 0,5 %.

Уравнение градуировочной зависимости (косвенный показатель — прочность) принимают линейным по формуле

$$R = aH + b \quad (3)$$

где R — прочность бетона, МПа;

H — косвенный показатель (время или ск ультразвука).

Коэффициенты a и b рассчитывают по формулам

$$b = \bar{R}_\Phi - a\bar{H} \quad (4)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N [(R_{i\Phi} - \bar{R}_\Phi) \cdot (H_i - \bar{H})]}{\sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2} \quad (5)$$

где $R_{i\Phi}$ — прочность бетона на i -м участке, определенная при испытании образцов или методом отрыва со скалыванием, МПа;

H_i — косвенный показатель на i -м участке (образце).

$$\bar{R}_\Phi = \frac{\sum_{i=1}^N R_{i\Phi}}{N} \quad (6)$$

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N} \quad (7)$$

где N — число участков или отдельных образцов, использованных для построения градуировочной зависимости.

Измеренное значение прочности округляется с точностью до 0,01 МПа.

Для скорректированной градуировочной зависимости вида $R = 0.0155V - 27,0$ условие (8) выполняется на всех участках. Дальнейшую отбраковку проводить не требуется. Среднеквадратическое отклонение (СКО) построенной градуировочной зависимости $S_{Т.М.Н} = S = 3,5$ МПа; $S_{Т.М.Н}/R_{\phi} > 0,15$.

После построения градуировочной зависимости по (3) проводят ее корректировку путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию

$$\frac{|R_{iH} - R_{i\phi}|}{S} \leq 2. \quad (8)$$

где S — остаточное СКО, определенное по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R_{i\phi} - \bar{R}_{jH})^2}{N-2}} \quad (9)$$

R_{jH} — прочность бетона на j -м участке, определенная по градуировочной зависимости по формуле

$$R_{jH} = a_j H + b_j \quad (10)$$

Анализ экспериментальных результатов

Определенные по формулам (6) и (7) средние значений прочности по результатам испытаний $\bar{R}_{\phi}$ равна 25,05 МПа и скорости ультразвука $\bar{V}$ 3396 м/с.

Коэффициенты $a=0,0145$ и $b=-24,19$ определяют по формулам (4) и (5).

Установленная градуировочная зависимость описывается уравнением

$$R = 0.0145V - 24,19.$$

Определенное по формуле (9) остаточное СКО $S=4,29$ Мпа.

Сравнивая для различных участков значения фактической прочности $R_{i\phi}$ с прочностью R_{iH} , определенной по градуировочной зависимости, устанавливают, что условие (8) не выполняется для результатов некоторых участков, которые подлежат отбраковке.

Коэффициент корреляции градуировочной зависимости r определяют по формуле

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N [(R_{iH} - \bar{R}_H) \cdot (R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{iH} - \bar{R}_H)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (R_{i\phi} - \bar{R}_{\phi})^2}} \quad (11)$$

где

$$\bar{R}_H = \frac{\sum_{i=1}^N R_{iH}}{N}.$$

Применение градуировочной зависимости для определения прочности бетона в соответствии с требованиями ГОСТ 17624 [1] допускается только для значений косвенного показателя, попадающего в диапазоне от $H_{\min}$ до $H_{\max}$.

Если коэффициент корреляции $r < 0,7$ или СКО градуировочной зависимости $S_{Т.М.Н}/\bar{R} > 0.15$, то контроль и оценка прочности по градуировочной зависимости не допускаются.

Прочность бетона классов прочности В20—В25 контролируют в конструкции ультразвуковым методом поверхностного прозвучивания [1].

Для повышения степени доверия экономических партнеров Узбекистана к результатам испытаний и измерений, проводимых в стране, актуальное значение имеет официальное подтверждение компетенции испытательных и измерительных лабораторий путем их аккредитации в соответствии с требованиями международного стандарта ISO /IEC 17025:2017 [2], и идентичного ему, национального стандарта O'z DSt ISO /IEC 17025:2019 [3]. Это возможно, если точностные характеристики результатов испытаний и измерений, получаемые в этих лабораториях, выражены в концепциях «неопределенности», оцененные в соответствии с Руководством (GUM) [4].

Суммарная стандартная неопределенность - стандартная неопределенность выходной величины Y , получается путем суммирования стандартных неопределенностей входных

величин $u(x_i)$, оцененных по типу А и по типу В. Стандартная неопределенность входных величин $u(x_i)$ оцененных по типу В, в рассматриваемом нами случае, намного меньше неопределенности типа А, и поэтому, она не учитывается в определении суммарной неопределенности.

Для анализа вкладов от каждого источника неопределенности в суммарную неопределенность, корректировки модели измерения, расчета значения суммарной стандартной неопределенности выходной величины с последующей оценкой расширенной неопределенности U , составляется бюджет неопределенности.

Расширенную неопределенность U получаем умножением суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата $k = 2$ в предположении нормального распределения при уровне доверия приблизительно 95 %:

$$U = k \cdot u_c(R) = 2 \cdot 0,80 = 1,60 \text{ МПа.}$$

Результат измерения представляют в виде: «прочности бетона составила $(25,32 \pm 1,60)$ МПа.

Заключение

Установлено, что неопределенность ультразвукового метода определения прочности бетона типа В намного меньше неопределенности типа А. Средние значений прочности по результатам испытаний 25,05 МПа и скорости ультразвука 3396 м/с.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 17624: 2012 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
2. ISO/IEC 17025: 2005. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. ISO, Geneva, 2005.
3. O'z DSt ISO/IEC 17025: 2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий (ISO/IEC 17025:2017, IDT)
4. Руководство по выражению неопределенности измерения: Перевод с англ. под науч. ред. проф. Слаева В.А. - ГП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, С.-Петербург, 1999.
5. Muminov N. S. et al. RESEARCH OF TRANSPORT ECOLOGICAL SYSTEM OF TASHKENT CITY INFRASTRUCTURE: PROBLEMS, REQUIREMENTS AND SOLUTIONS //British Journal of Global Ecology and Sustainable Development. – 2022. – Т. 11. – С. 112-125.
6. Jo'rayev M. B., Tugalov B. Q., Xolbekov S. R. ARMATURA QURILISH MATERIALLARIGA DOIR XAVFSIZLIK TALABLARINI BELGILASHDA TEXNIK REGLAMENTLARNING AFZALLIKLARI //Conferencea. – 2022. – С. 72-77.
7. Jo'rayev, M. B., B. Q. Tugalov, and S. R. Xolbekov. "MAHSULOTLARNI XAVFSIZLIK KORSATKICHLARINI ANIQLASHDA TEXNIK REGLAMENTLARNI QOLLASH (ARMATURA MISOLIDA)." *Conferencea* (2022): 63-67.
8. Холбеков С. Р. ҚУРИЛИШДА ЙЎЛ ҚЎЙИЛАДИГАН ДАВРИЙ НУҚСОНЛАРНИНГ БИНО УМРБОҚИЙЛИГИГА ТАЪСИРИ //BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI. – 2022. – С. 87-89.