

ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ, АРМИРОВАННОЙ СТЕКЛОКОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ, С ПОМОЩЬЮ ГЕОРАДАРА

Лапшинов Андрей Евгеньевич¹, зав. ЛОЗиС, ст. преп. каф. ЖБК
e-mail: La686@ya.ru

Калашников Алексей Юрьевич², научный сотрудник
e-mail: x_kalash@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО НИУ МГСУ (www.mgsu.ru),

² ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова (www.msu.ru),
г. Москва

АННОТАЦИЯ

В статье описывается опыт обследования фундаментной плиты, армированной двумя сетками стеклокомпозитной арматурой. Определение наличия композитной полимерной арматуры в теле конструкции было выполнено с помощью метода георадиолокации. Результаты показали хорошую сходимость результатов определения положения стержней композитной арматуры методом георадиолокации по сравнению с проектным размещением арматуры в плите. С помощью георадара удалось определить не только сетку композитной арматуры, но и места усиления армирования, нахлестки стержней.

Ключевые слова: обследование зданий; обследование конструкций; композитная арматура; георадар; фундаментная плита; радарограмма.

THE GRP INSPECTION OF FOUNDATION SLAB REINFORCED WITH GFRP BARS

Lapshinov Andrey Evgen'evich¹, Head of LOZiS, Senior Lecturer
e-mail: La686@ya.ru

Kalashnikov Aleksey Yur'evich², Research Engineer
e-mail: x_kalash@mail.ru

¹ National Research Moscow State University of Civil Engineering (www.mgsu.ru),

² Lomonosov Moscow State University (www.msu.ru),
Moscow

ABSTRACT

The article describes the experience of the inspection of a foundation slab reinforced with two meshes of GFRP reinforcement. The determination of the presence of GFRP reinforcement in the structure performed by using the GPR method. The results showed good convergence of the results in comparison with design placement of reinforcement in the structure. With the GPR, it was possible to determine not only the mesh of composite reinforcement, but also places for additional reinforcement, lap splices of bars.

Keywords: inspection of buildings; inspection of structures; GFRP reinforcement; GPR; foundation slab; radargram.

Введение

С введением в действие нормативных документов в области методов испытаний [11] композитной полимерной арматурой и проектирования конструкций ею армированных [12] число таких конструкций будет расти год от года.

Однако, как уже указывалось ранее в работах [5] на сегодняшний день существует определенный пробел в части нормативной документации по обследованию [10] конструкций, армированных композитной арматурой. Обособленно стоит вопрос определения величины защитного слоя бетона и наличия композитной полимерной арматуры. Использование традиционных электромагнитных методов (как для стальной арматуры) будет бесполезным из-за неметаллической природы АСК.

Таким образом, была поставлена задача исследовать возможность определения наличия композитной арматуры в теле армированной бетонной конструкции – фундаментной плиты при помощи метода георадиолокации.

В качестве исследуемого объекта была принята первая в мире фундаментная плита под 15 этажный жилой дом, армированная двумя сетками из композитной полимерной арматуры на основе стеклянного ровинга [9]. Общие габаритные размеры фундаментной плиты в плане $\sim 48 \times 18$ м. Толщина плиты варьировалась от 450 до 1100 мм в зависимости от расположения основных несущих вертикальных конструкций здания. По определению современных строительных норм данная конструкция при таких параметрах относится к категории массивных конструкций.

Фундаментная плита заармирована стеклокомпозитной арматурой диаметром 18...22 мм с песчаным анкерочным покрытием производства фирмы

«Гален». Основное (фоновое) армирование плиты было установлено с шагом 200 мм. В приопорных и пролетных зонах были установлены дополнительные стержни арматуры с шагом 100...200 мм.

Метод георадиолокации часто используют при исследовании бетонных конструкций, в частности, определения их толщины, для изучения глубины залегания и шага арматурной сетки, анализируются возможности поиска пустот под жесткими, в том числе бетонными покрытиями и т.д. [1-4, 6-8]. Однако, целенаправленного изучения строения бетонных конструкций, армированных стеклокомпозитной арматурой, не проводилось. Проблемой обследования такого типа плит является то, что стеклокомпозитная арматура и бетон имеют слабый контраст электрофизических (диэлектрической проницаемости) свойств. Стоит отметить, что плотность стеклокомпозитной арматуры (1900-2100 кг/м³) сопоставима с плотностью бетона без армирования (2200-2400 кг/м³).

Аппаратура и методика работ

Для георадиолокационного профилирования использовался георадар «Zond-12e» (Radar Systems, Inc., г. Рига, Латвия) с антенной 1500 МГц. При проведении опытно-методических исследований были опробованы также более высокочастотные и низкочастотные антенны, однако для решения поставленных задач наиболее оптимальной с точки зрения глубинности и разрешающей способности по вертикали оказалась экранированная антенна 1500 МГц. Работы проводились методом непрерывного профилирования. Позиционирование осуществлялось с помощью одометра, интервал между точками зондирования по профилю составлял 1 мм. Обработка полевых радарограмм проводилась в программном пакете Prism 2.60.02 (Radar Systems, Inc., г. Рига, Латвия).

Скорость распространения электромагнитных волн, необходимая для перевода из временного в глубинный масштаб оценивалась путём сопоставления времени отражения (t) от известных границ с глубиной фактической (H). Скорость определяется, исходя из соотношения:

$$H=t/2\times V, \quad (1)$$

где H – толщина плиты;

t – измеряемое на георадарограмме время;

V – скорость распространения электромагнитной волны в среде на интервале от точки наблюдения до точки отражения.

Скорость, определенная таким образом, составила 15 см/нс ($\epsilon = 4$).

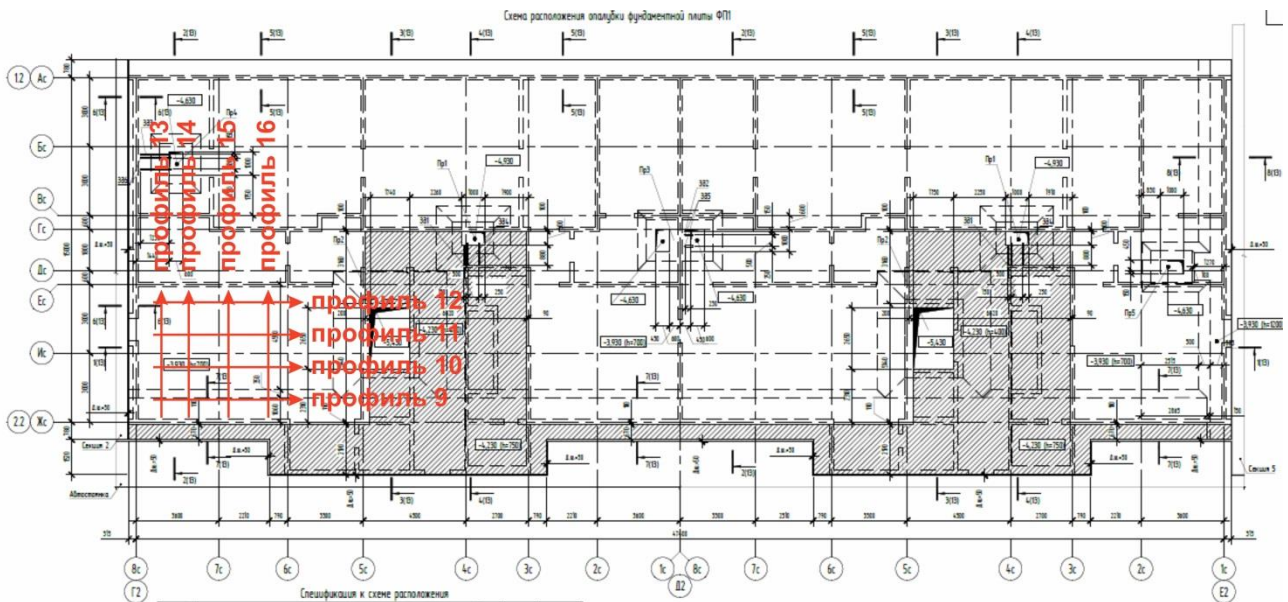


Рисунок 1 - Положение георадиолокационных профилей на тестовом участке

Результаты георадиолокационных исследований

Опытно-методические георадиолокационные работы проводились на фундаментной плите толщиной 70 см. Самой нижней отражающей границей на георадарограммах является поверхность искусственного грунта. Монолитная плита на данном участке имеет толщину 700 мм и два слоя армирования.

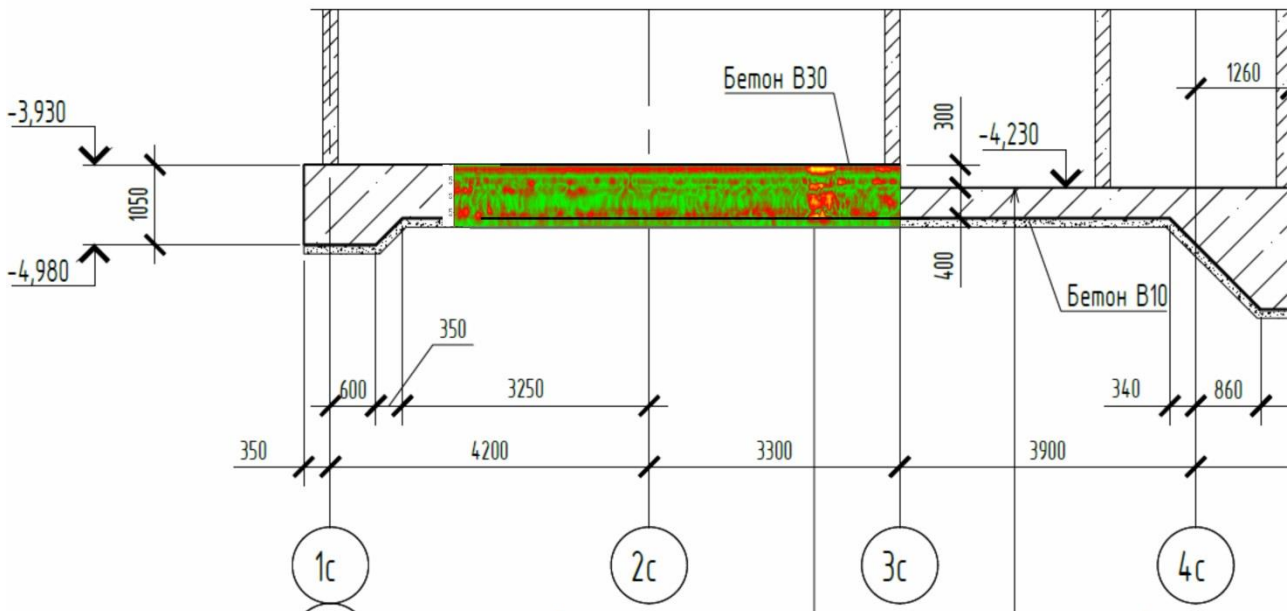


Рисунок 2 - Привязка георадиолокационных данных и проекта

Граф обработки георадиолокационных данных построен таким образом, чтобы оси синфазности дифрагированных волн превращались в точки дифракции. Хорошо видно, что на радарограммах выделяются основные конструктивные элементы плиты (рис.2). Также отчетливо выделяется верхний слой арми-

рования, вплоть до каждого стержня. Внутри плиты на большей части профилей, как правило, также присутствует один или два отражающих горизонта. Эти границы могут быть различной протяженности и происхождения, но в данной статье не рассматриваются.

Верхний слой армирования на радарограммах имеет неоднородное строение. В большинстве случаев, отдельные стержни стеклокомпозитной арматуры превращаются в точку дифракции. Но встречаются более сложные волновые формы, которые также характеризуются увеличением амплитуды отражений. Для понимания природы таких аномалий было проведено сопоставление георадарограмм с проектной документацией до заливки плиты. Выяснилось, что подобные «аномальные» зоны связаны с местами, где было уложено дополнительное армирование (спаренные стержни арматуры, рис. 3).

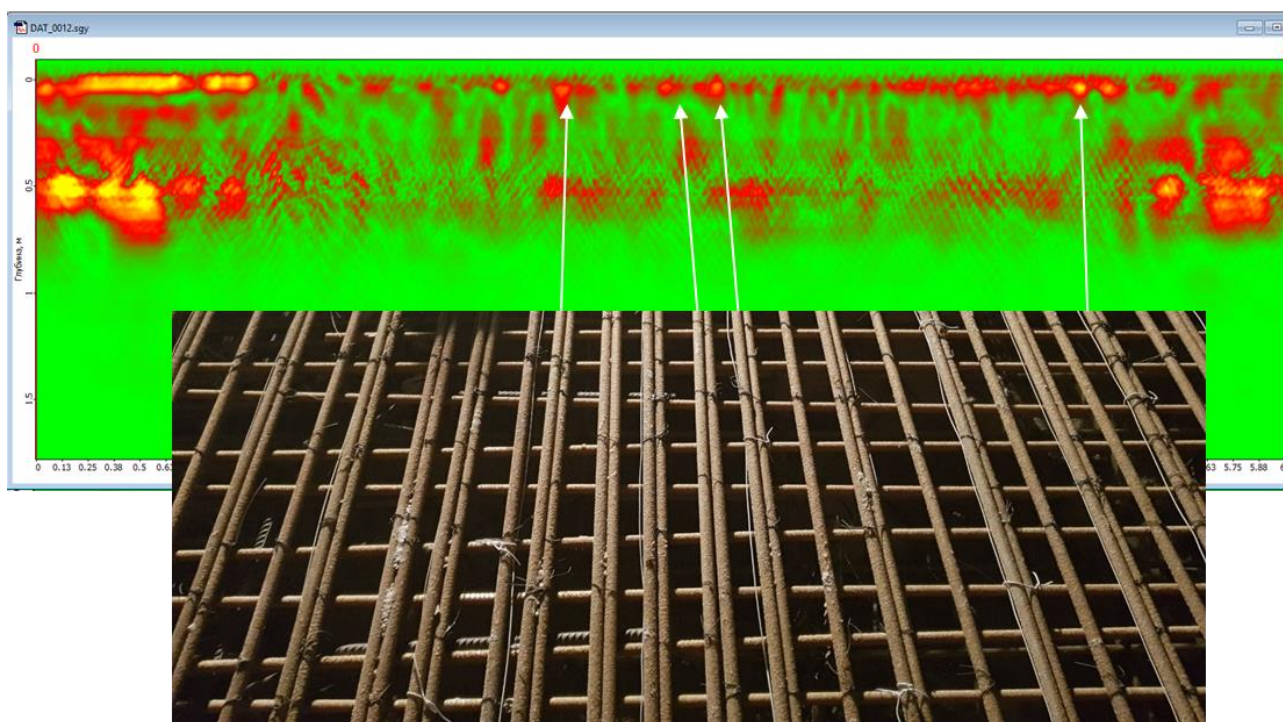


Рисунок 3 - Определение мест усиления

Другая характерная волновая запись характеризуется увеличением амплитуды и слиянием отражений от отдельных прутков в одну зону. Привязка к проектной документации показывает, что такая запись соответствует зонам усиления, в которых уменьшен шаг армирования.

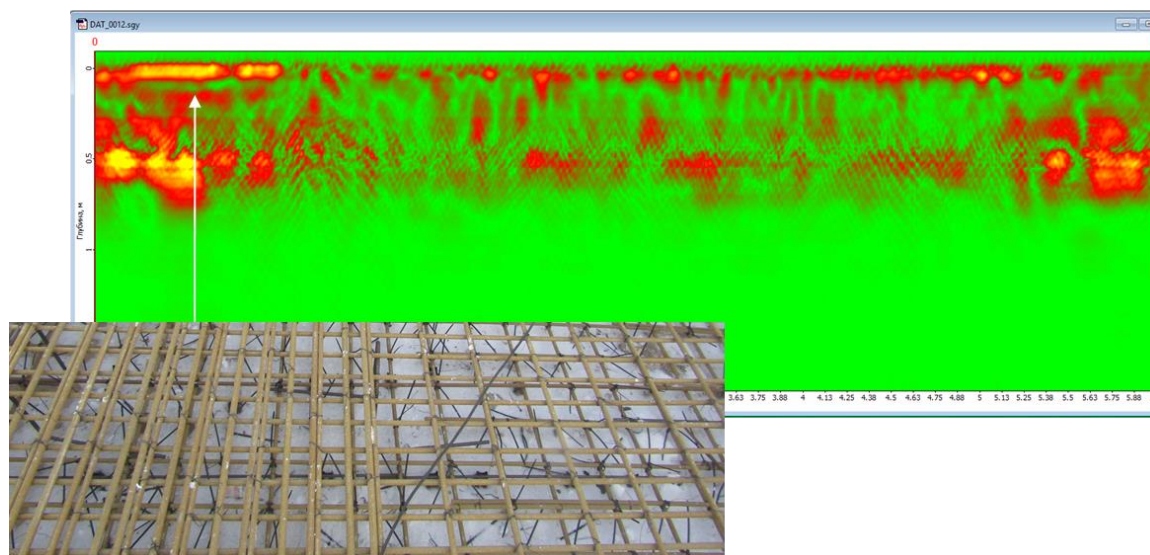


Рисунок 4 - Определение мест усиления

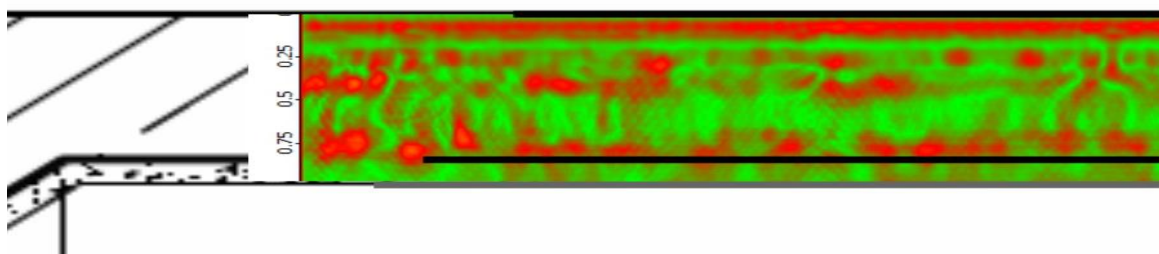


Рисунок 5 - Определение нижнего слоя армирования

В отличие от верхней части георадарной записи, в нижней части выделяются только высокоамплитудные отражения, предположительно от мест расположения дополнительной арматуры (Рис. 5). Скорее всего, отражение от отдельных прутков арматуры не выделяется из-за малого соотношения сигнал/шум, полученного вследствие слабой контрастности электрофизических свойств и затухания электромагнитных волн.

Использованный при работах георадар с экранированной антенной 1500 МГц позволил изучить строение бетонной плиты на всю ее толщину по всей площади и определить положение стеклокомпозитной арматуры.

Выводы

1. Используя метод георадиолокации можно достоверно определить положение стеклокомпозитной арматуры в бетонной армированной конструкции.
2. Нижняя арматурная сетка определяется хуже из-за физических особенностей метода и изучаемой среды.
3. Также с помощью георадиолокации можно определять дефекты бетонирования в теле конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еременко А.В., Зверев Е.О., Клепикова С.М., Монахов В.В. Георадиолокация в присутствии железобетонных конструкций // Разведка и охрана недр. - 2004, №12. С. 26-28.
2. Капустин В.В., Кувалдин А.В. Применение комплекса геофизических методов при исследовании фундаментных плит. 2015. Технологии сейсморазведки, № 1, с. 99-105.
3. Капустин В.В., Хмельницкий А.Ю. О возможности использования неоднородных электромагнитных волн для исследования фундаментных конструкций. 2011. Вестник МГУ, Сер. 4. Геология. № 1, с. 52-55.
4. Капустин В.В., Хмельницкий А.Ю. Проблемы малоглубинной сейсморазведки и георадиолокации в составе инженерно-геологических изысканий. Применение волновых методов для неразрушающего контроля фундаментных конструкций. 2013. М., «Университетская книга», с. 116.
5. Лапшинов А.Е. Обследование и контроль качества конструкций, армированных и усиленных композитными полимерными материалами // В сборнике: Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения Материалы VIII международной научно-практической конференции. 2017. С. 129-135.
6. Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных. 2008. М., Издательство МГУ, с. 192.
7. Старовойтов А.В., Пятилова А.М., Шалаева Н.В., Калашников А.Ю. Выделение пустот методом георадиолокации. 2013. Инженерные изыскания, № 13, М., Издво ООО «Геомаркетинг», с. 26-33.
8. Судакова М.С., Калашников А.Ю., Владов М.Л., Терентьева Е.Б., Марченко А.Л., Садуртдинов М.Р. Поиск конструктивных пустот в строительных конструкциях методом георадиолокации. 2017. Геотехника, № 2, М., ООО «Геомаркетинг», с. 42-50.
9. V. Kakusha, O. Kornev, M. Kovalev, A. Lapshinov, and E.Litvinov. GFRP Reinforced Foundation Slab Design for 15 Story Residential Building // Durability and Sustainability of Concrete Structures (DSCS-2018). Proceedings, 2nd International Workshop, June 6-7, 2018 Moscow, Russia.
10. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
11. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия.
12. СП 295.1325800.2017. Конструкции бетонные, армированные полимерной композитной арматурой. Правила проектирования.