

Рифленые многопустотные плиты: простой способ снизить потребление бетона и увеличить прибыльность производства

■ Профессор Марк Санабра-Лёэве, Политехнический университет Каталонии (UPC - Barcelona Tech), Барселона

Инжиниринговая компания **Elastic Potential, Барселона, Испания**, разработала и запатентовала новый метод изготовления плит перекрытия, который позволяет уменьшить расход бетона на 20%. Данный метод заключается в изготовлении многопустотных плит перекрытия с жестко закрепленными концами и глубокими канавками по всей поверхности плиты. Далее прямо на стройплощадке на рифленых плитах размещаются устойчивые к отрицательному моменту арматурные стержни и заливается бетонный слой толщиной не менее 50 мм. Благодаря значительному снижению затрат на производство и транспортировку оборудования быстро окупается. На сегодняшний день ведущие поставщики оборудования (**Prensoland, Echo Precast Engineering, Ultra-Span, Elematic, Nordimpianti, Spancrete**) уже разрабатывают машины для производства рифленых многопустотных плит и планируют представить их на рынок в самом ближайшем будущем.

В повседневной практике в ряде ситуаций эксплуатационные характеристики перекрытия лучше, если это плита перекрытия с жестко закрепленными, а не шарнирными концами. Для несущих перекрытий, изготовленных из многопустотных бетонных плит, 20 лет назад было разработано решение для обеспечения прочности: вскрытие некоторых пустот и заполнение их бетоном. Тем не менее, сегодня в большинстве случаев многопустотные плиты перекрытия имеют шарнирно закрепленные концы. Это связано с тем, что решение со вскрытием пустот представляется более сложным и затратным.

Основная концепция: простота и улучшенные эксплуатационные характеристики

К счастью, теперь мы разработали более простое решение – рифленые плиты перекрытия. Это тоже плиты перекрытия с жестко закрепленным концом, но более простые в исполнении и более дешевые, чем плиты, изготовленные традиционным способом. Готовые перекрытия могут быть намного дешевле, потому что глубина плит (и, как следствие, расход бетона) меньше на 20%. Очевидно,

что вес такой плиты также будет на 20% меньше, а следовательно, транспортировать ее будет проще. При этом жесткость достигается путем использования двух модификаций. С одной стороны, плиты производятся с глубокими канавками по всей поверхности. Для этого требуется соответствующая машина (см. ниже раздел «Доступность оборудования»). С другой стороны, уже на стройке сверху плиты (без использования распорок) устанавливаются арматурные стержни, устойчивые к отрицательному изгибающему моменту, а структурная поверхность (толщиной не менее 50 мм) бетонируется обычным способом (см. Рис.1). Некоторые важные детали на рисунке:

- арматурные стержни располагаются прямо на плите;
- плиты удобно отделены от балки, чтобы бетон мог заполнить промежуток и компенсировать отрицательный изгибающий момент;
- для предотвращения попадания бетона в пустоты плиты могут понадобиться заглушки.

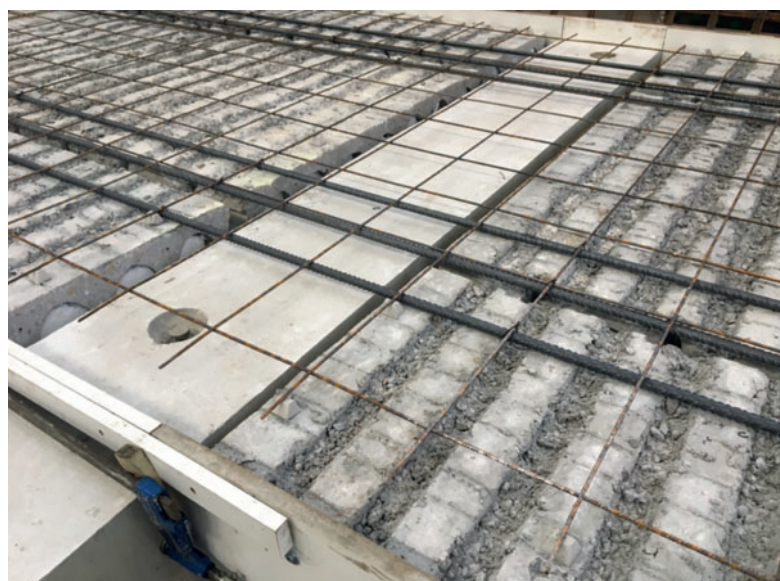


Рис. 1: Перекрытие с использованием рифленых многопустотных плит до бетонирования верхнего слоя



■ Профессор Марк Санабра-Лёвзе (Marc Sanabra-Loewe), на протяжении 11 лет преподавал Проектирование конструкций в Политехническом университете в Барселоне, Испания (UPC - Barcelona Tech); в 2018 году также преподавал в университете штата Иллинойс в Урбана-Шампейн. В течение 15 лет руководит компанией MASA + Arquitectura, Барселона, специализирующейся на проектировании конструкций. Его научные работы на соискание степени магистра и доктора технических наук были посвящены оптимизации плит перекрытия из сборного железобетона. Марк Санабра-Лёвзе запатентовал несколько систем оптимизации сборных железобетонных плит перекрытия. В настоящее время эти патенты являются собственностью испанской фирмы Elastic Potential, S.L.

msanabra@elastic-potential.com

Даже принимая во внимание необходимость в бетонировании верхнего слоя, перекрытия с использованием рифленых многопустотных плит могут быть намного дешевле, чем обычные перекрытия с жестко закрепленными концами.

Преимущества рифленых многопустотных плит

Все участники производственно-сбытовой цепочки могут получить соответствующие преимущества и прибыль от использования рифленых многопустотных плит. Так, производитель ЖБИ может поставлять намного более тонкие плиты, которые требуют меньшего армирования. В среднем, рифленые многопустотные плиты могут быть на 20% тоньше, чем обычные, с учетом бетонирования верхнего слоя, и на 25% тоньше - без учета бетонирования. Потребление предварительно напряженной стали также при этом уменьшается в среднем на 15%. Кроме того, поскольку плиты могут быть на 20-25% легче, их транспортировка также обходится дешевле. Продавая тонкие плиты по той же цене (или по несколько более низкой цене), что и плиты с шарнирно закрепленными концами (учитывая, что и те, и другие имеют одинаковые эксплуатационные характеристики), можно заметно повысить прибыльность всего производства.

Подрядчик, в свою очередь, остается в выигрыше не только потому, что приобретает плиты по более низкой цене, но и потому, что экономит на количестве балок и колонн, а также использует более тонкий фундамент, ввиду небольшого веса новых рифленых плит. Иными словами, поскольку плиты тоньше (а балки для них также могут быть менее массивными), все перекрытие в целом может быть на 5-15 см тоньше. Таким образом, высота каждого уровня здания может быть уменьшена на эту величину. Следовательно, все это позволяет уменьшить площадь фасада, что приводит к дополнительному сокращению затрат. Так, если здание стоимостью от 500 до 1000 Евро/м² строится в Европе, то, используя новые рифленые многопустотные плиты, подрядчик может сэкономить от 2 до 6 Евро на один квадратный метр (а это около 0,5% от стоимости всех работ).



Опалубка для лестничных маршей



Опалубка для балок и колонн



Опрокидные столы и опалубка специального дизайна

Address:
HOWAL GmbH
Am Reutgraben 4
D-76275 Ettlingen-Ew.

Mailing address:
HOWAL GmbH
Postfach 417
D-76258 Ettlingen

Phone:
+49 (0)72 43-9 49 73 - 0
Fax:
+49 (0)72 43-9 06 45

Internet:
www.howal.com
Email:
info@howal.com

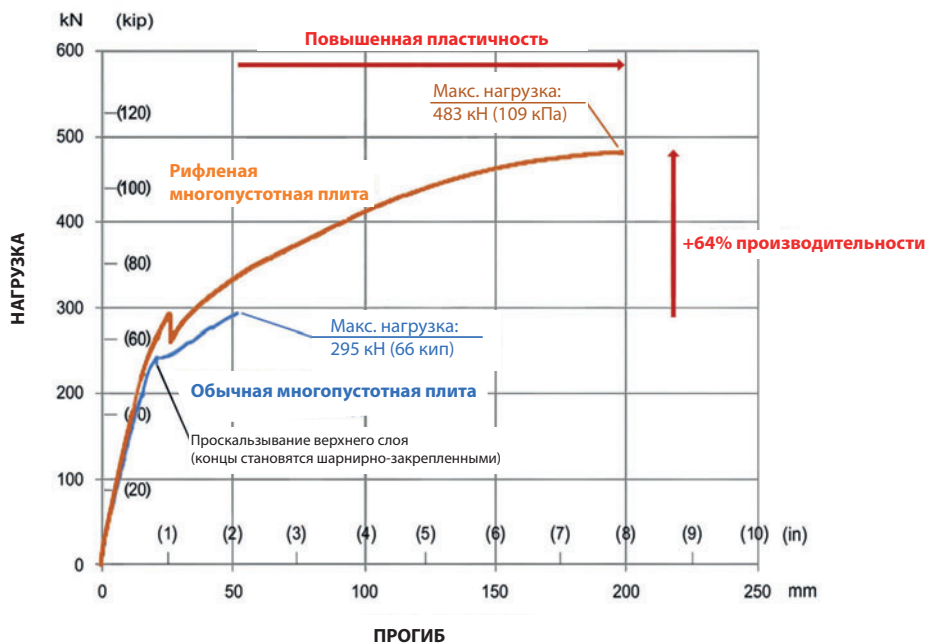


Рис. 2: Кривая зависимости прогиба от нагрузки: перекрытие с использованием рифленых многопустотных плит и перекрытие из обычных многопустотных бетонных плит

Застройщик и проектировщики здания (архитекторы, инженеры) также могут получить ряд преимуществ от использования рифленых многопустотных плит. Последние имеют ту же глубину, что и обычные многопустотные плиты перекрытия, но при этом они выдерживают на 25% больше нагрузки (см. Рис. 2) и позволяют увеличивать пролеты на 25%. Кроме того, у архитекторов появится новый простор для творчества: конструкцию здания можно дополнить навесными элементами и большими проемами, поскольку при разрезе посередине пролета плиты могут выступать в виде консоли. В экспериментальной работе, показанной на Рисунке 2, испытание обычной многопустотной плиты закончилось сразу после разрушения верхнего слоя, поскольку такой элемент имеет шарнирно закрепленные концы.

Рифленые многопустотные плиты – воплощение в реальность

Технология, разработанная в ходе обширной программы испытаний

Представленное в данной статье решение разрабатывалось в течение 18 месяцев в Политехническом университете Валенсии (UPV), Испания, в 2016 и 2017 годах (см. Рис. 3). Испытания технологии проводили профессор и доктор технических наук Педро Мигель Соса (Pedro Miguel Sosa) и адъюнкт-профессор Луи Палларес Рубио (Luís Pallarés Rubio) под руководством компании Elastic Potential, которая владеет патентом.



ООО НПП «Редмаг»

248016, Россия, г. Калуга, ул. Складская, 6

Т: +7 (4842) 79-92-62, Моб: +7-920-616-78-88, +7-905-642-37-75

info@redmag.ru, www.redmag.ru

ООО НПП «Редмаг» основано в 1997 г. Производственные площади предприятия составляют более 3000 кв.м., на которых размещено все необходимое современное оборудование для обеспечения замкнутого цикла производства. Мы выпускаем весь спектр магнитной технологической оснастки для нужд заводов ЖБИ:

- Магнитные борты с интегрированными магнитными системами, которые имеют возможность комплектоваться надставками для увеличения толщины формируемого изделия.
- Блоки магнитные.
- Магнитные закладные детали (пластики, ограничительные конуса, петлеобразователи магнитные, магнитные держатели анкерного болта, магнитные держатели тросовой петли).
- Системы крепления опалубочной фанеры с использованием С-профиля.
- Магнитные системы (в том числе по индивидуальным размерам).
- Ремонтные комплекты для блоков и бортов по индивидуальным заказам.
- Фаски магнитные. 10*10, 15*15, 20*20 мм.



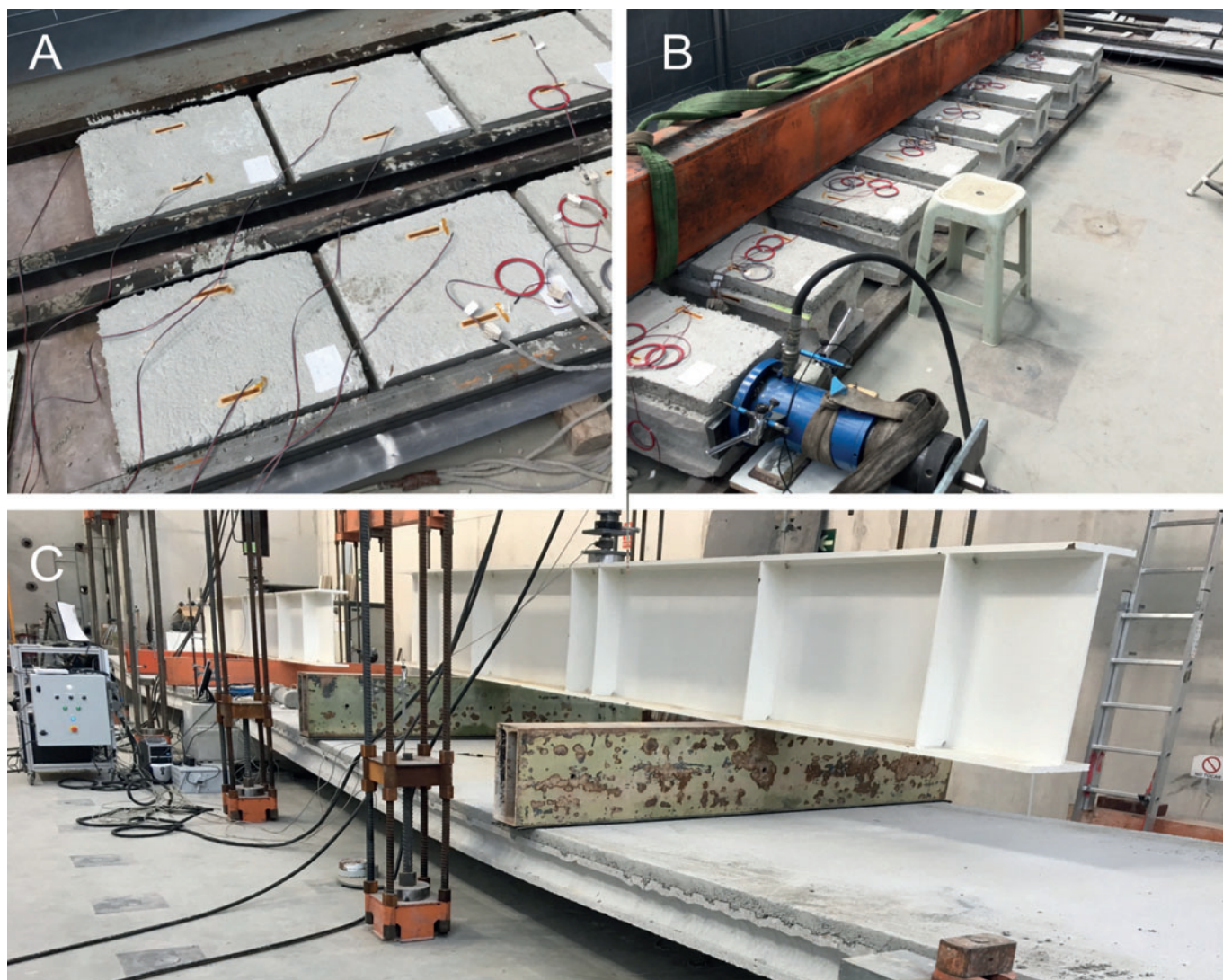


Рис. 3: А. Независимое испытание на усадку образцов верхнего слоя с различным составом смеси; В. Испытание небольших образцов на предел прочности при горизонтальном сдвиге; С. Комплексное испытание двухпролетного перекрытия с использованием рифленых многопустотных плит (максимальная нагрузка)

COOTE | Сборные бетонные формы и машины

EST. 1977

системы мокрого
и сухого литья
**Вибрационные
системы**



Сборные
железобетонные
формы



Coote Engineering Ltd
office@coote.co.uk
+44 28 8556 8123
www.coote.co.uk
Northern Ireland - UK

finlay Mobile Block Making Machinery

Основная цель программы испытаний состояла в том, чтобы найти надежное решение, гарантирующее прочное соединение между многопустотной плитой и верхним бетонным слоем. Программа включала как лабораторные, так и комплексные испытания. Основным предметом испытаний были: конфигурация границы раздела, возраст бетонов (сборный железобетон и верхний бетонный слой) и размер образцов. Одним из основных выводов исследования стало то, что разная скорость и степень усадки бетона плиты и бетона верхнего покрытия, известная как дифференциальная усадка, значительно снижает прочность соединения на горизонтальный сдвиг. Этот эффект может привести к раннему отслоению покрытия при очень низких нагрузках. Это особенно актуально, когда степень усадки бетона плиты является высокой (например, на момент бетонирования верхнего слоя возраст бетона плиты составляет несколько месяцев) или когда бетон верхнего слоя имеет высокую усадку (например, высокое водоцементное отношение в бетоне верхнего слоя, воздействие высоких температур на стройплощадке и т.д.). Эти результаты согласуются с выводами других авторов [4, 5, 6].

В нормативе [7], написанном федерацией Fédération International du Béton (fib), также упоминается, что в некоторых конструкциях необходимо учитывать дифференциальную усадку, чтобы гарантировать прочность соединений бетон-бетон. Учитывая результаты, были проведены испытания с различными вариантами отделки верхнего бетонного слоя: умеренно гладкой (как в результате формовки бетоноформовочной машиной), обработанной щеткой и с канавками различной глубины. Только один вариант способствовал преодолению эффектов дифференциальной усадки и обеспечил надежную прочность: отделка с глубокими канавками (20 мм), нанесенными поперек верхнего бетонного слоя. Это решение обеспечило надежную сцепку между железобетонной плитой и верхним бетонным слоем: разрушение соединения происходило только тогда, когда либо бетон верхнего слоя, либо бетон сборной железобетонной плиты ломался при сдвиге (что является предсказуемым видом разрушения, которое зависит от геометрии и прочности бетона). Напротив, в случаях со всеми остальными видами отделки верхний бетонный слой просто отслаивался от железобетонной плиты (данный вид разрушения связан с конфигурацией поверхности раздела, а эту переменную гораздо сложнее предсказать, поскольку на нее оказывает влияние гораздо большее количество факторов, в том числе наличие влаги или грязи на стыке, дифференциальная усадка, скорость схватывания бетона и т.д.). Результаты испытаний в настоящее время готовятся к публикации в рамках научных работ.

Ответ производителей

В последние месяцы Elastic Potential представляет новую технологию для 20 европейских производителей в Испании, Италии, Франции и Бельгии, а также для ряда компаний в США. Подавляющее большинство производителей

ЖБИ проявили неподдельный интерес к этой технологии, поскольку поняли, что она выглядит очень простой в использовании и может привести к значительному увеличению их прибыли. Из них примерно 2/3 решили детально проверить, насколько реальна заявленная экономия в условиях их производства. Для этого компании отобрали несколько проектов, которые они разработали и реализовали в недавнем прошлом, и попросили Elastic Potential представить их с использованием новой технологии, чтобы увидеть разницу в объемах расходов. Расчеты показали, что во всех случаях использование рифленых многопустотных плит привело бы к экономии денежных средств. Например, для некоторых европейских проектов (при условии стоимости плиты от 25 до 40 Евро за 1 м²) снижение затрат варьировалось: - от 3 Евро за 1 м² для конструкций с короткими пролетами и невысокой несущей способностью; - до 10 Евро за 1 м² для конструкций с длинными пролетами и высокой несущей способностью. Степень нагрузки и величина пролетов оказывают существенное влияние на результат: чем больше пролет и нагрузка, тем существенней будет экономия. Наконец, 90% тех, кто заказал подробные расчеты стоимости реализованных проектов, попросили расценки на оборудование с целью дальнейшего приобретения. Исходя из фактических цен на машины, все подсчеты окупаемости показали период менее 1 года.

Доступность оборудования

Elastic Potential считает приоритетным вопрос доступности оборудования для серийного производства рифленых многопустотных плит. Именно поэтому компания сотрудничает с ведущими мировыми поставщиками оборудования, и все они считают, что новый продукт может представлять интерес для их клиентов. В настоящее время Prensoland может предоставить либо новые станки, либо модификации своих существующих станков для производства рифленых многопустотных плит в соответствии с требованиями Elastic Potential.

Echo Precast Engineering и Ultra-Span (из Progress Group) разработали прототипы оборудования, которое, как ожидается, будет представлено на рынке в первые месяцы 2020 года. У Elematic уже есть машина для нанесения канавок на многопустотные плиты, и в настоящее время компания работает над тем, чтобы адаптировать ее для производства рифленых многопустотных плит (ожидается, что оборудование будет готово в начале 2020 года). Кроме того, Elematic рассматривает вопрос о разработке экструдера, который будет формовать готовые рифленые плиты. В ассортименте у Nordimpianti есть пазовальный станок для многопустотных плит, которые ранее были изготовлены при помощи экструдера, слипформера или вибротильевой установки. Итальянский производитель планирует модифицировать оборудование, как только получит соответствующую лицензию. Американская компания Spancrete также оценивает интерес со стороны своих заказчиков по отношению к оборудованию для производства рифленых многопустотных плит. Каждого поставщика оборудования, готового предложить машину для про-

изводства рифленых многопустотных плит, Elastic Potential попросит пройти процедуру проверки своего оборудования. Проверка заключается в проведении ряда лабораторных испытаний изделий, изготовленных при помощи данной машины.

Что необходимо, чтобы начать использовать рифленые многопустотные плиты?

Во-первых, производителю следует проверить, применима ли новая технология к его производству. Проверить это можно, связавшись с Elastic Potential и отправив в качестве примера 2 или 3 проекта для анализа. Elastic Potential произведет необходимые расчеты (бесплатно) и отправит результаты обратно, чтобы производитель мог оценить потенциальную прибыль. Кроме того, для проведения анализа окупаемости производителю следует связаться с поставщиком оборудования. После того, как производитель принял решение изготавливать рифленые многопустотные плиты, ему предстоит сделать всего 3 вещи:

- а) научиться проектировать (рассчитывать) и строить с использованием новых плит (следуя руководству, данному Elastic Potential);
- б) заключить соглашение с Elastic Potential по использованию технологии (включая патент [8]); в) приобрести качественное оборудование у надежного поставщика. ■

Ссылки

- [1] Precast/Prestressed Concrete Institute: PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs and Walls (MNL-126-15E), Third Edition, 2015, Edited by S. K. Ghosh, ISBN 978-0-9968021-0-9.
- [2] European Committee for Standardization (CEN): Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, Brussels, 2004.
- [3] ACI Committee 318: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary, 2014, Farmington Hills: American Concrete Institute.
- [4] Beushausen, Hans-Dieter: Long-term performance of bonded concrete overlays subjected to differential shrinkage, PhD Thesis, 2006.
- [5] Beuhausen, H.; Alexander, M.G.: Localized strain and stress in bonded concrete overlays subjected to differential shrinkage, Materials and Structures, March 2007, Volume 40, Issue 2; pp. 189-199.
- [6] Santos, Pedro M. D.; Júlio, Eduardo N. B. S.: Interface Shear Transfer on Composite Members, ACI Structural Journal, January-February, 2014; 113-121.
- [7] Fédération internationale du béton (fib): Model Code 2010, final draft. fib Bulletin Nos. 65/66, Lausanne, 2012.
- [8] Sanabra, Marc: Prefabricated floor element, structure comprising prefabricated floor elements and installation for obtaining the prefabricated floor element, EP 3486392, Filed: 12.03.2018, Published: 22.05.2019.

СДЕЛАНО В ЯПОНИИ

Формы & оборудование
для сборного железобетона

- 53 года разработок
- 20 стран экспорта
- Заккрытие формы в одно касание
- Индивидуальное производство
- Водонепроницаемые

Agent in Russia:
LLC FORMLINER
Tel.: +7 916 605 05 05
turpakov@mail.ru



TOYOTA FORMS

Molds for Precast Concrete

