

МІЦНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІДСИЛЕНИХ ВУГЛЕЦЕВОЮ СТРІЧКОЮ

© Бліхарський Я.З., Хміль Р.Є., 2013

Досліджено ефективність підсилення залізобетонних колон вуглецевою стрічкою Sika Carbodur.

Ключові слова: залізобетонні колони, підсилення, композитні матеріали, стрічки з вуглецевих волокон для підсилення конструкцій.

The paper is devoted to the investigation of efficiency of reinforced concrete column strengthening using pultruded carbon fiber plates.

Key words: reinforced column, strengthening, composite materials, pultruded carbon fiber plates for structural strengthening.

Вступ

У сучасному будівництві часто трапляється так, що доцільнішим і економічнішим є варіант реконструкції, відновлення існуючої будівлі, ніж нове будівництво. Потреба у цьому з'являється через постійне зростання вимог до проектування відповідно до норм будівництва, через зміну функціонального призначення, встановлення нового обладнання. Час від часу трапляється недосконалий контроль якості виконання будівництва, тому інколи виникає потреба у підсиленні під час нового будівництва [1, 2].

Також можна зазначити, що досить часто під час зведення будівель використовують залізобетонні конструкції, внаслідок чого дослідження питань, пов'язаних із підсиленням залізобетонних конструкцій є досить актуальним.

Одним із способів підсилення є застосування різноманітних композитних матеріалів. До таких зараховують неметалеву арматуру, ламінати, полотна на основі високоміцних волокон та сітки. Найчастіше їх застосовують приклеюванням до поверхні конструкції за допомогою клеїв, в основу яких покладено епоксидні смоли [5].

Перевагами такого методу підсилення є швидкість та мала трудомісткість процесу підсилення, незначне збільшення геометричних розмірів підсиленої конструкції, відсутність потреби додаткових пристосувань.

Мета досліджень

Основну мету цієї роботи, яку виконують у лабораторії Національного університету "Львівська політехніка", є експериментальне визначення параметрів міцності та деформативності залізобетонних конструкцій підсилених вуглецевою стрічкою, визначення її ефективності порівняно з непідсиленими. На основі даних досліджень планується проведення випробування і дослідження зразків, підсилення котрих буде виконано під час дії навантаження.

Матеріали і конструкції дослідних зразків. Виконання підсилення

Для реалізації поставленої мети виготовлено дослідні залізобетонні колони розмірами 2200×180×140 мм. По обидва боки колони влаштовано консольні виступи для передачі навантаження. Склад бетону колон – Ц:П:Щ=1:1,16:2,5 при В/Ц=0,375. Цемент марки М-500, пісок кварцовий без домішок з модулем крупності $M_k=2.00$, щебінь гранітний фракцій 5...10 мм – 66 %, 10...20 мм – 33 %. Армуння симетричне арматурою класу А400С Ø12 мм. Поперечна арматура А240С Ø6 із кроком 75...100 мм. З'єднання арматури у просторовий каркас виконували контактним

зварюванням у заводських умовах. До поздовжньої арматури під час виготовлення каркасів приварено 12 металевих тримачів на відстані 200 мм один від одного. Вони призначені для кріплення механічних приладів визначення деформацій (див. рис. 1). Зразки виготовлені у заводських умовах на віброплощині поточного виробництва. Набирання міцності проходило за t° зовнішнього середовища 20°C при постійному зволоженні. Звільнення бетонних зразків від опалубки відбувалося на 3–4 день після формування.

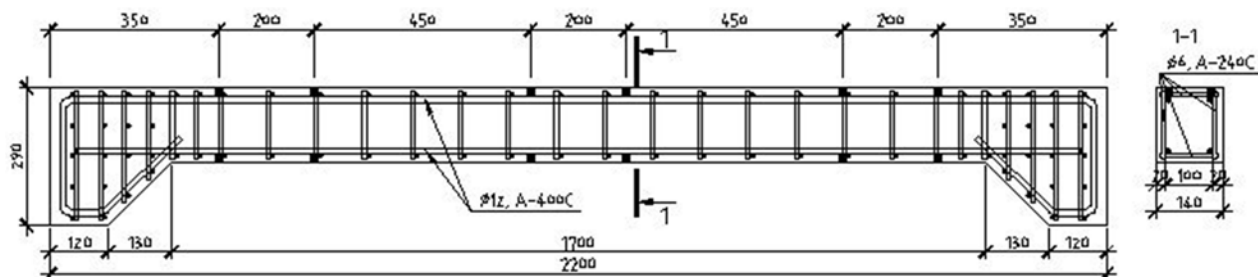


Рис. 1. Конструкція та армування невідсиленних дослідних зразків

Підсилені зразки зміцнювали стрічкою Sika Carbodur S512 завширшки 25 мм. Стрічку наклеювали на верхню розтягнуту грань колони (див. рис. 2). Для забезпечення анкерування стрічки по консолях колони використано тканину SikaWrap завширшки 15 см, котру наклеювали двома шарами у такій послідовності: наносимо нижній шар SikaWrap, який покривав бічні грані колони на 16 см; потім поверх нього наклеювали стрічку; наносимо зверху другий шар тканини.

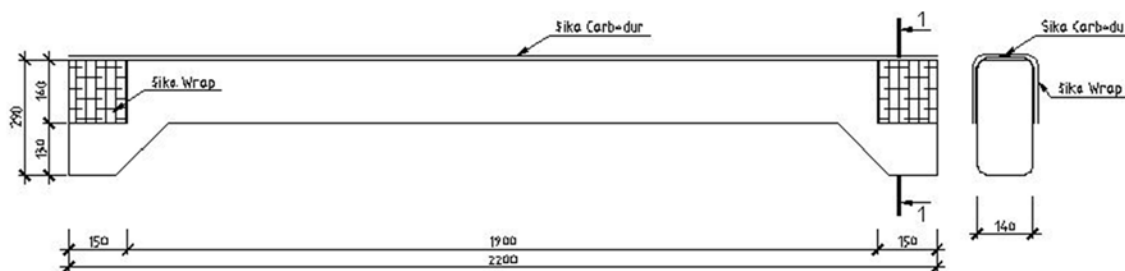


Рис. 2. Конструкція та армування підсиленних дослідних зразків. Внутрішню арматуру не показано

Перед підсиленням проводили підготовку дослідних зразків. У місцях приклеювання полотна на зовнішніх кутах виконано заокруглення орієнтовним радіусом 2 см. Потім, для кращого зчеплення з бетоном, поверхню обробляли абразивним матеріалом з прикінцевим зачищенням металевою щіткою. Після цього поверхню промивали водою і на кінцевому етапі поверхню очищали від жиру розчинником [4].

Підготовлену стрічку і полотна перед наклеюваннями потрібно активізувати. Для цього очищували поверхні стрічки («активація») за допомогою рідини Colma Reinger. Час активації становив не менше 30 хв.

Для наклеювання полотна SikaWrap використовували двокомпонентний клей Sikadur330. Він складається з компонента А та В з пропорцією змішування А:В = 4:1. Змішували їх упродовж 5 хв на малих обертах електричною дриллю з насадкою. Клей на поверхню наносили пензликом. Потім накладали анкерувальне полотно SikaWrap, волокна якого напрямляли перпендикулярно до осі колони. Тканину ретельно вкатували пластиковим валиком Sika у шар клею у напрямленні волокон так, щоб клей пройшов через усі волокна і рівномірно розподілився по поверхні [5].

Для наклеювання додаткового армування стрічки Sika Carbodur використовували двокомпонентний клей Sikadur-30. Він складається з двох компонентів: А та В, які у пропорції 3:1 змішували протягом 5 хв та наносили на стрічку завтовшки 3 мм шпателем. Далі стрічку прикладали до поверхні колони і за допомогою валика притискали її. Зайвий клей усували шпателем. Після цього через добу наносили другий шар SikaWrap за методикою, описаною вище. Підсилені зразки випробували не раніше ніж через 7 діб [4, 5].

Експериментальні дослідження позацентрово-стиснутих зразків

Для визначення характеристик міцності та деформативності залізобетонних колон проведено їхнє випробування на позацентровий стиск до руйнування. Маркування колон прийнято КЗ-1.1 та КЗ-1.2, КПС-1.3 та КПС-1.4, де КЗ – колона звичайна, КПС – колона підсилена стрічкою. Перша цифра вказує на номер серії, а друга – на номер зразка.



Рис. 3. Загальний вигляд стенда зі зразком колони під час випробовувань

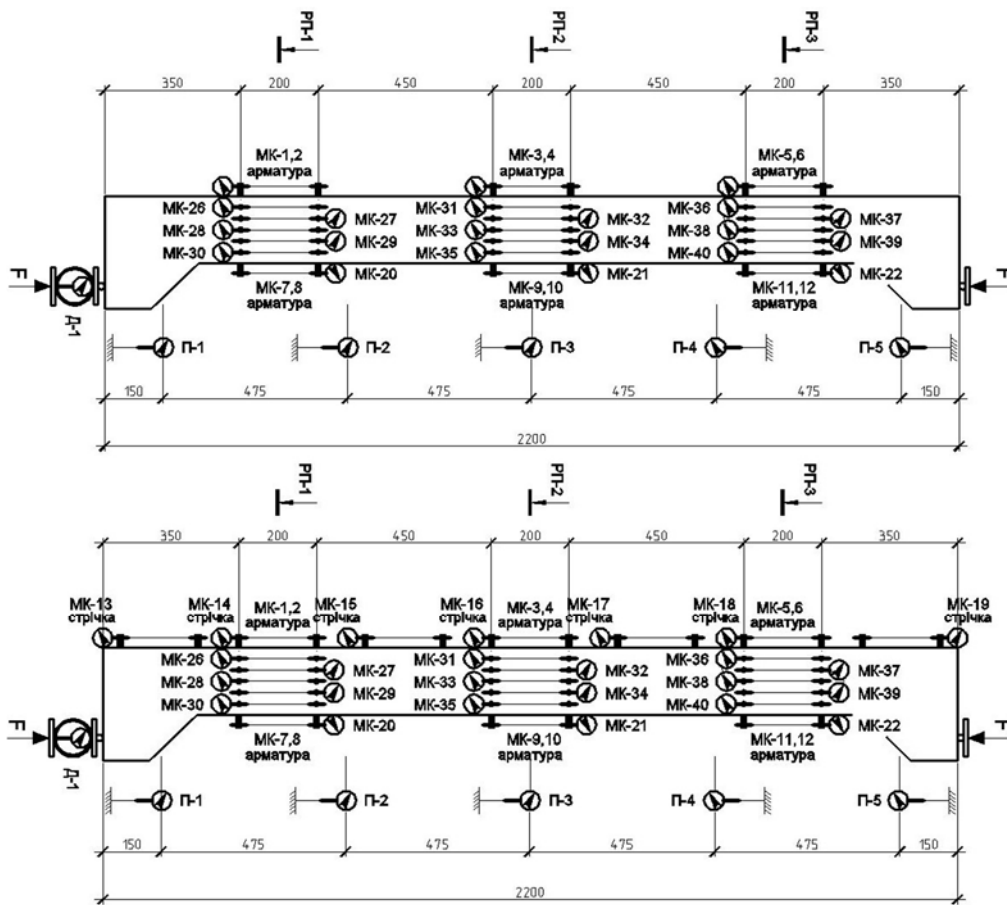


Рис. 4. Схема розташування приладів непідсиленого (зверху) та підсиленого (знизу) випробувального зразка

Навантаження колон прикладали зосередженою силою, прикладеною з ексцентриситетом $e=150$ мм. Крок навантаження становив 10 кН, витримка – 10 хв, зняття показів тривало 5 хв. Прикладення навантаження створювали за допомогою гідравлічного домкрата через плунжерну пару на спеціально підготовленому стенді. Випробування колон проходило у горизонтальному положенні. Величину навантаження контролювали кільцевим динамометром, який розміщали між домкратом та поршнем, що передавав навантаження безпосередньо на колону.

Для визначення деформацій у стисненій та розтягненій арматурах, стисненому бетону, деформацій бетону по висоті перерізу, а додатково у підсилених зразках деформацій стрічки було використано 28 мікроіндикаторів годинникового типу у непідсиленних зразках та 35 – у підсиленних. Щоб отримати кривизну колони та її вигин від величини навантаження використано 5 прогиномірів Аістова, закріплені до грані колони. Загальний вигляд стенда зі зразком колони під час випробувань та розташування приладів наведено на рис. 3, 4.

Результати експериментальних дослідження

Як зазначено раніше, для визначення деформацій робочої арматури у дослідних зразках встановлено по 2 мікроіндикатори на розтягнутій арматурі, які дублювали один одного та 1 мікроіндикатор на стисненій зоні бетону у кожному дослідному перерізі РП-1, РП-2 та РП-3. За результатами досліджень отримано графіки зміни деформацій від навантаження, котрі наведено на рис. 5.

Апроксимуючи деформації розтягнутої арматури дослідних зразків, отримуємо графіки, що відповідають усередненим значенням деформацій арматури серії КЗ та КПС (див. рис. 5, *д*). Як видно на графіках випробування підсиленних зразків, стрічка з початкових етапів залучається до роботи і сприймає частину деформацій розтягу. Свідченням цього є менша інтенсивність приросту деформацій розтягу основної арматури зразків колон (рис. 5, *д*). Після того, як основна арматура колони досягла межі текучості, зусилля розтягу повністю сприймає стрічка. Далі відбувається руйнування стиснутої зони бетону. Як наслідок, несуча здатність у підсиленних колон серії КПС зросла.

Проаналізувавши отримані графічні залежності деформації арматури від прикладеного навантаження, визначили експериментальну несучу здатність колон графічним методом.

Необхідно зауважити, що, випробовуючи підсилений зразок КПС-1.3, під час фізичного руйнування відбулося проковзування стрічки (див. рис. 6). Проте руйнування стиснутої зони бетону випереджувало проковзування, тому воно настало не через недостатнє анкерування, а через різкий приріст деформацій розтягнутої зони внаслідок руйнування бетону стиснутої зони. У зразку КПС-1.4 проковзування не спостерігалось.

Експериментальні значення величини поздовжньої сили для непідсиленних колон, за яких відбулося вичерпання несучої здатності і відповідають граничному стану за текучістю арматури становили $N_u^{exp} = 128$ кН. Фізичне руйнування зразків відбулося за навантаження $N_f^{exp} = 133.6$ кН.

Експериментальні величини поздовжньої сили для підсиленних вуглецевою стрічкою колон, за яких відбулося вичерпання їх несучої здатності і відповідають граничному стану, за текучістю арматури становили $N_{u,ad}^{exp} = 167.5$ кН. Фізичне руйнування становило $N_{f,ad}^{exp} = 185.2$ кН.

Результати наведені у таблиці.

Схема руйнування зразків колон за короткочасного навантаження (КЗ-1.1, КЗ-1.2, КПС-1.1, КПС-1.2) подано на рис. 7.

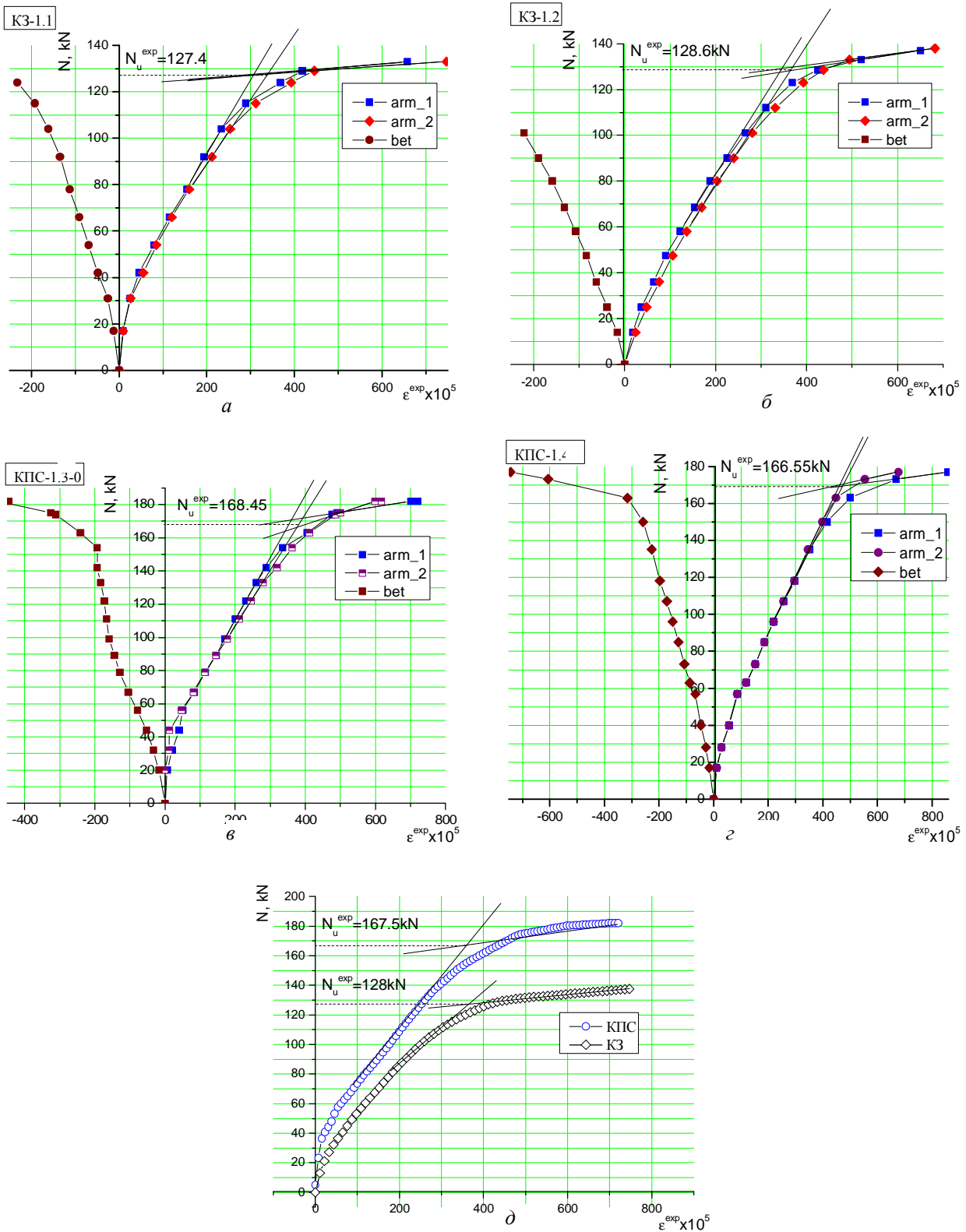


Рис. 5. Графіки деформацій розтягнутої арматури (у правій частині) та стиснутого бетону (у лівій частині) непідсиленних колон K3-1.1(a) та K3-1.2 (б), підсиленних колон КПС-1.3(в) та КПС-1.4(г), усереднені графіки деформацій розтягнутої арматури для цих колон (д)



Рис. 6. Зразок КПС-1.3 після випробування.
Проковзування стрічки з анкера після
руйнування стиснутої зони бетону

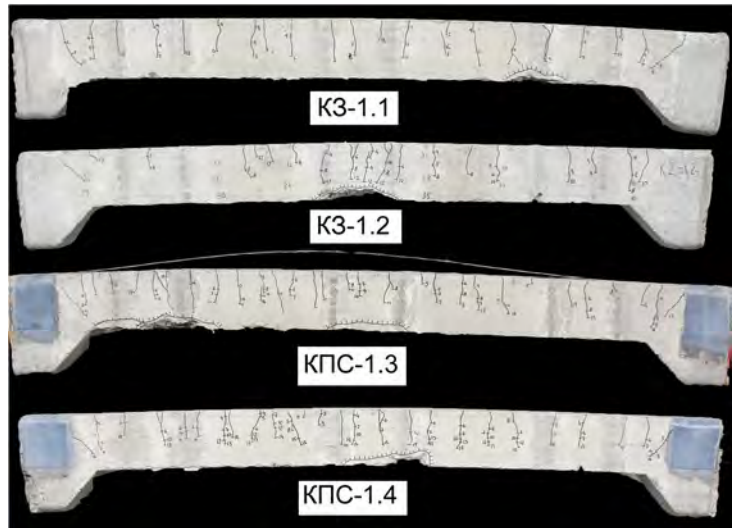


Рис. 7. Характер руйнування дослідних колон

Таблиця

Результати експериментальних досліджень

Шифр колон	Геометричні розміри $b \times h$, мм	Величина поздовжньої сили, кН				Ефект підсилення, %	
		Вичерпання несучої здатності, N_u^{exp}		Фізичне руйнування, N_f^{exp}		$\frac{(N_{u,ad}^{exp} - N_u^{exp})}{N_u^{exp}} \times 100\%$	
		зразка	усереднені значення	зразка	усереднені значення	зразка	усереднені значення
K3-1.1	140×180	127.4	128	133.5	133.6	–	
K3-1.2		128.6		133			
KPS-1.3		168.45	167.5	183.6	182.5	31.60	30.86
KPS-1.4		166.55		181.4		30.12	

Висновки

1. Під час підсилення стиснуто зігнутих залізобетонних колон вуглецевою стрічкою Sika Carbodur з дотриманням усіх технологічних вимог можливо досягти позитивного результату.

2. Експериментальні дослідження зразків колон на дію стискаючої осьової сили, прикладеної з ексцентриситетом $e=150$ мм показали, що їх міцність внаслідок підсилення за допомогою вуглецевої стрічки зросла з 128 кН до 167.5 кН. Ефект підсилення становив 30.9 %.

1. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель і споруд. – 2008. – С. 5–6.
2. Бондаренко С.В., Санжарновский Р.С. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий. – 1990. – 352 с.
3. Хаятин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций // Бетон и Железобетон. – М., 2002 – С. 17–20; 2003. – №1 – С. 25–29.
4. Хаятин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. – М., 2006, С. 2–3, С. 30–36.
5. Матеріали з офіційного сайту Sika: <http://ukr.sika.com/>