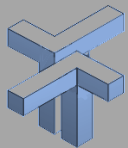


Nowoczesne sposoby napraw i wzmocnień konstrukcji murowych



Dr hab. inż. Łukasz Drobiec, prof. P.Śl.

Dr inż. Radosław Jasiński

Katedra Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Śląska

Wprowadzenie

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Rysy w konstrukcjach murowych są zjawiskiem częstym i można je naprawić na wiele sposobów, np. przez:

- przemurowanie,
- ankrowanie (kotwienie),
- Iniekcję,
- zszycie zbrojeniem,
- zastosowanie wieńcy rozproszonych,
- wzmocnienia powierzchniowe.

Prace poprzedzające naprawę

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Ustalenie i wyeliminowanie (zminimalizowanie) przyczyn uszkodzeń



Prace poprzedzające naprawę

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Ustalenie i wyeliminowanie (zminimalizowanie) przyczyn uszkodzeń



Prace poprzedzające naprawę

Wprowadzenie

Badania zarysowań

Przed naprawą

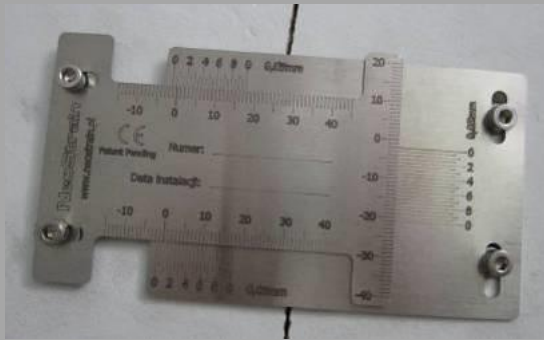
Zszywanie rys

Wierńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie



Zszycie rys

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieżce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

6/32

Naprawa muru poprzez zszycie rys za pomocą zbrojenia powoduje **wzrost wytrzymałości muru na rozciąganie w kierunku równoległym do spoin wspornych** oraz zazwyczaj wzrost **wytrzymałości muru na ścinanie i ściskanie**. Dlatego metodę powinno się stosować, gdy przyczyna powstania uszkodzeń nie jest jednoznacznie określona i nie ma możliwości jej wyeliminowania, gdy przyczyn powstania zarysowań jest wiele i nie da się w pełni wszystkich wyrugować, ewentualnie gdy przyczyna jest dobrze rozpoznana, lecz nie ma technicznych możliwości jej usunięcia.

Zszycie rys

Wprowadzenie

Technologia wykonania

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce
rozproszone

Wzmocnienie
powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie



Zszycie rys

Technologia wykonania

Wzmocnienie muru przez zszycie rysy zbrojeniem:

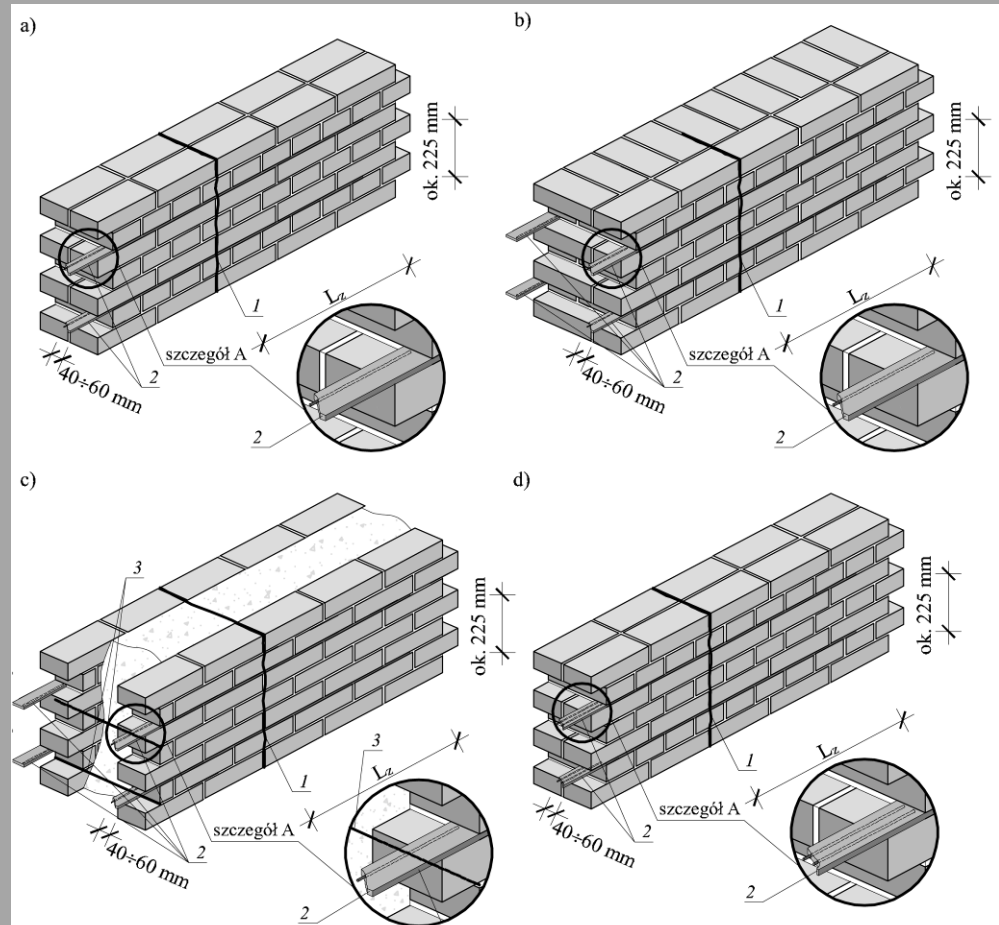
a) mur grubości jednej cegły,

b) mur grubości > niż 1 cegła,

c) mur warstwowy z zasypką,

d) podwójne pręty w bruździe,

1- naprawiana rysa,
2- wzmocnienie przez zszycie rysy,
3- kotwy poprzeczne



Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieniec rozproszony

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Zszycie rys

Materiały

- Bruzdownica
- Pręty stalowe (gładkie lub żebrowane) o średnicy do 10 mm (praktycznie $\phi 6$, $\phi 8$) – klasa ekspozycji MX1, MX3 wg EC-6
- Inne pręty (np. spiralne, ze stali nierdzewnej)
- Pasy z włókien węglowych,
- Zaprawa cementowa,
- Zaprawa systemowa,

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Zszycie rys

Przykłady zszycia rys

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wierńce
rozproszone

Wzmocnienie
powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

10/32



Zszycie rys

Przykłady zszycia rys

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

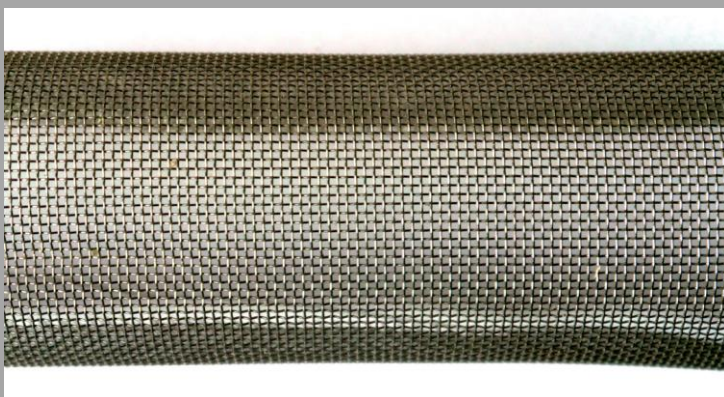
Wieżce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

11/32



Wieńce rozproszone

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

**Wieńce
rozproszone**

Wzmocnienie
powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Alternatywa dla ankrowania. Technologia jak przy szyciu rys. Zbrojenie stosowane kolejnych bruzdach przez całą długość ściany. Zasady konstruowania zbrojenia jak w wieńcach żelbetowych.



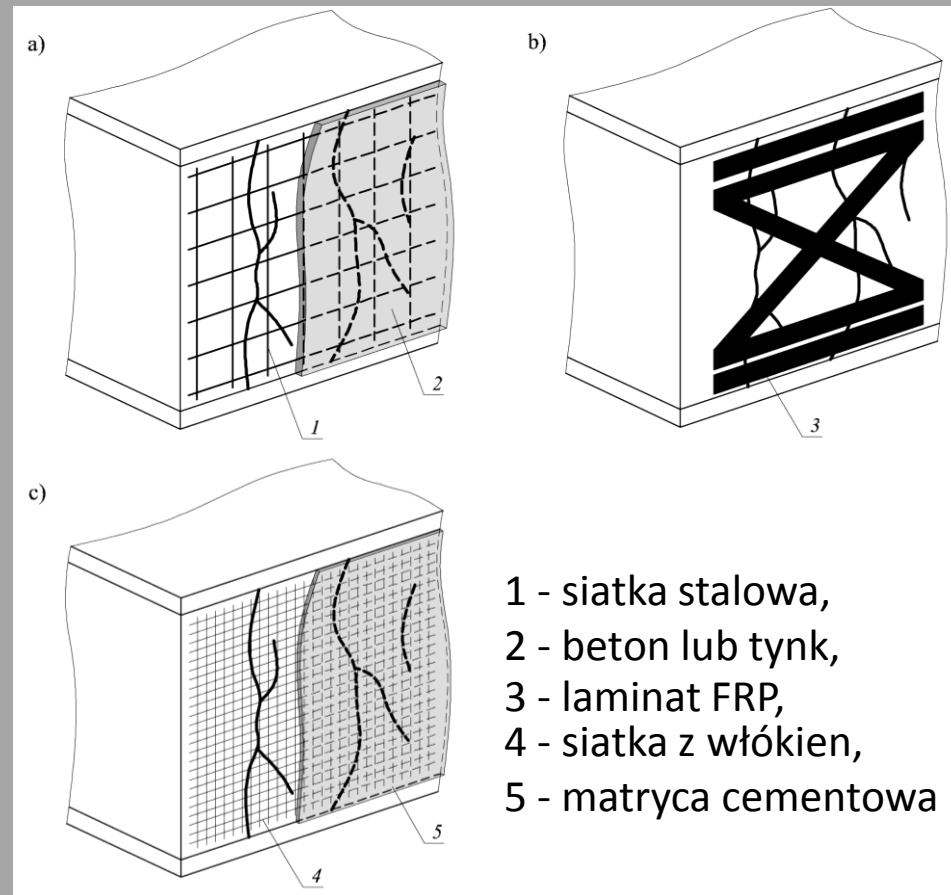
Wzmocnienie powierzchniowe

Rodzaje wzmocnień:

□ Tynkiem lub betonem zbrojonym

□ Laminatami **FRP**
(*fibre reinforced polymer*
lub *fibre reinforced plastic*)

□ Kompozytami **FRCM**
(*fiber reinforced*
cementitious matrix)



Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszyćce rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Wzmocnienie powierzchniowe

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszyćce rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

14/32

Naprawa tynkiem lub betonem zbrojonym polega na oczyszczeniu powierzchni ściany, jej dokładnym zwilżeniu, zakotwieniu (siatki zbrojeniowej i naniesieniu zaprawy lub betonu. Stosuje się zaprawy cementowe, cementowo-wapienne lub beton, często polimerobeton.

Optymalny stopień zbrojenia siatkami stalowymi wynosi $0,05 \div 0,15$.



Wzmocnienie powierzchniowe

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszyć rys

Wieżce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

15/32

Przy zastosowaniu wzmocnienia z laminatów **FRP** wykorzystuje się niemetaliczne włókna o wysokich właściwościach mechanicznych, które zatapia się w polimerach (np. żywicy epoksydowej, poliestrowej, winyloestrowej). Najczęściej spotykane kompozyty to polimery zbrojone włóknami węglowymi (CFRP - *carbon fiber reinforced polymer*), szklanymi (GFRP - *glass fiber reinforced polymer*) lub aramidowymi (AFRP - *aramid fiber reinforced polymer*).

Wady laminatów FRP: trudna aplikacja, wrażliwość na temperaturę.

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady napraw

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszyte rys

Wieżce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie



Wzmocnienie powierzchniowe

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszyćce rys

Więńce
rozproszone

**Wzmocnienie
powierzchniowe**

Przykłady

Podsumowanie

17/32

W ostatnim czasie dużą popularność zdobywają materiały kompozytowe oparte na matrycy cementowej **FRCM**. W przeciwieństwie do laminatów FRP stosuje się w nich nieorganiczną zaprawę ze spoiwa cementowego i różnych dodatków oraz siatki z włókien węglowych, szklanych, bazaltowych, aramidowych i innych. Zaprawa, która powstaje z suchej mieszanki, przywożonej w workach i wymagającej dodania na budowy wody jest fizycznie i chemicznie kompatybilna z murem, a szczególnie z murem z cegły.

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady napraw

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie



Kompozytem FRCM



Wzmocnienie powierzchniowe

Wprowadzenie

Analiza obliczeniowa

Przed naprawą

Analizy obliczeniowe wzmocnień **laminatami FRP** można jednak prowadzić na podstawie zaleceń amerykańskich **ACI 440.7R-10**

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Alternatywą dla wzmocnień laminatami FRP są wzmocnienia przy użyciu **zbrojonej matrycy cementowej (FRCM)**. W grudniu 2013 r.

Przykłady

Podsumowanie

opublikowano wytyczne **ACI 549.4R-13**, które oprócz zasad aplikacji systemów FRCM zawierają również procedury obliczeniowe.

Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

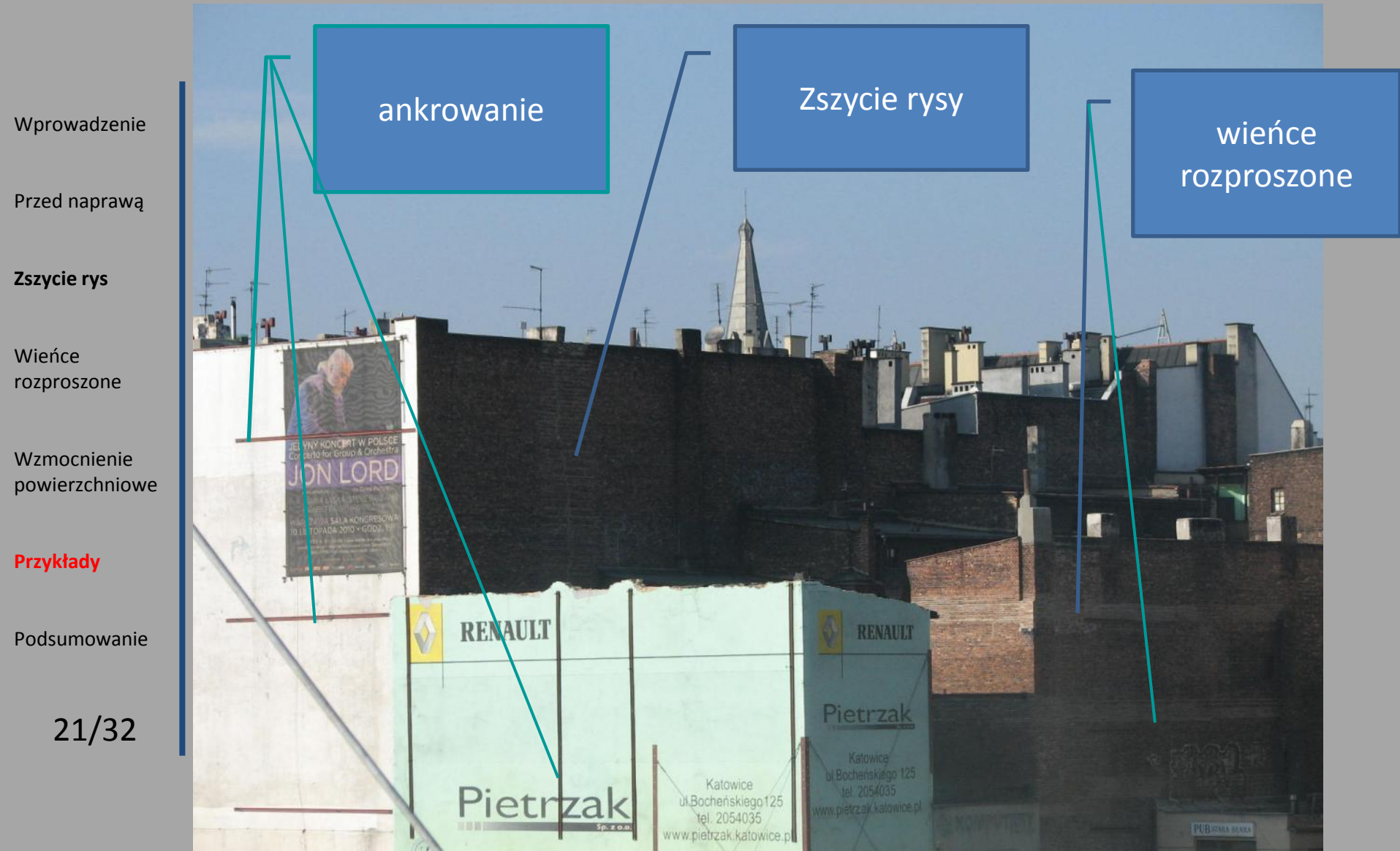
Przykłady

Podsumowanie



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH Katowice



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

22/32



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

23/32



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wience
rozproszone

Wzmocnienie
powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

24/32



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice



Wprowadzenie

Przed naprawą

Przemurowanie

Zszywanie rys

Ankrowanie

Przykłady

Podsumowanie

Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wience rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wierńce
rozproszone

Wzmocnienie
powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice



Wprowadzenie

Przed naprawą

Przemurowanie

Zszycie rys

Ankrowanie

Przykłady

Podsumowanie

Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie



Naprawa rys - przykłady

- Budynki koło budowy dworca i CH - Katowice

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszycie rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

30/32



Podsumowanie

Różnorodność stosowanych metod naprawczych pokazuje, że wybór skutecznego sposobu naprawy zarysowania wcale nie jest łatwy. O takim wyborze powinny decydować możliwości techniczne realizacji, poparte szczegółową analizą ekonomiczną opłacalności robót. Każde uszkodzenie powinno być rozpatrywane indywidualnie. Przed wyborem metody naprawy należy zawsze określić przyczynę powstania zarysowania, a przyjęty sposób naprawy powinien w pierwszej kolejności eliminować lub przynajmniej minimalizować przyczynę.

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszyte rys

Więce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

Podsumowanie

W miarę możliwości przyjęta metoda wzmocnienia lub naprawy powinna być sprawdzana obliczeniowo.

Wprowadzenie

Przed naprawą

Zszyć rys

Wieńce rozproszone

Wzmocnienie powierzchniowe

Przykłady

Podsumowanie

32/32

