

Gięcie na zimno dwuteownika HL1100



mgr inż.
KRZYSZTOF MARCINCZAK
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Konstrukcji Budowlanych
ORCID: 0000-0002-8789-5243



mgr inż.
DOROTA MARCINCZAK
Politechnika Wrocławska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Konstrukcji Budowlanych
ORCID: 0000-0001-9496-2638

W artykule opisano badanie w skali naturalnej trójpunktowego zginania na zimno dwuteownika HL1000. Przedstawiono przebieg badania oraz wybrane wyniki odkształceń uzyskane podczas nadawania podniesienia wykonawczego.

Punktowe gięcie na zimno jest metodą powszechnie stosowaną do nadawania podniesienia wykonawczego elementom stalowym [1]. W artykule przedstawiono badanie w skali naturalnej polegające na odwzorowaniu w warunkach laboratoryjnych procesu nadawania podniesienia wykonawczego belki dwuteowej HL1100. Celem badania był pomiar stopnia odkształcenia stali na zimno podczas nadawania przeciwstrzałki, które ma wpływ na zmianę właściwości mechanicznych stali [2]. Podobne badanie, jednak polegające na gięciu na zimno dwuteownika względem słabej osi przekroju, opisano m.in. w [3].

Opis elementu i stanowiska badawczego

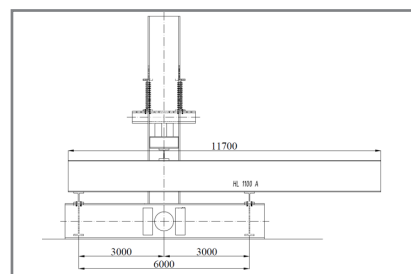
Element badawczy stanowiła belka HL1100A walcowana ze stali S460M o długości ok. 12 m. Nominalne wymiary przekroju belki zestawiono w tablicy 1. Próba gięcia na zimno polegała na wykonaniu trójpunktowego zginania w celu osiągnięcia trwałego wy-

gięcia o wartości 8 mm pomiędzy podporami o rozstawie 6 m. Odległość podpór od siłownika wynosiła 3 m (rys. 1.). Widok stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 2.

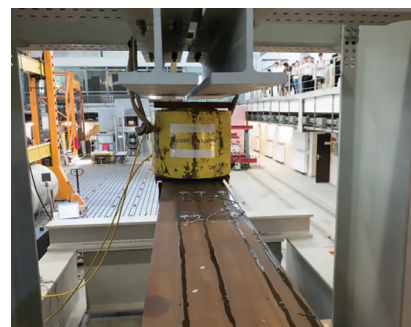
Przebieg badania i metodologia pomiarowa

Na podstawie wstępnych analiz numerycznych ustalono, że aby uzyskać trwałe ugięcie belki o wartości 8 mm, należy wygiąć belkę do wartości 35 mm i odciążyć. W praktyce wartość początkowego wygięcia belki jest bardzo często wyznaczana metodą prób i błędów, a wartość ostatecznego wygięcia zależy od operatora maszyny. Podczas badań do nadawania wygięcia użyto siłownika hydraulicznego.

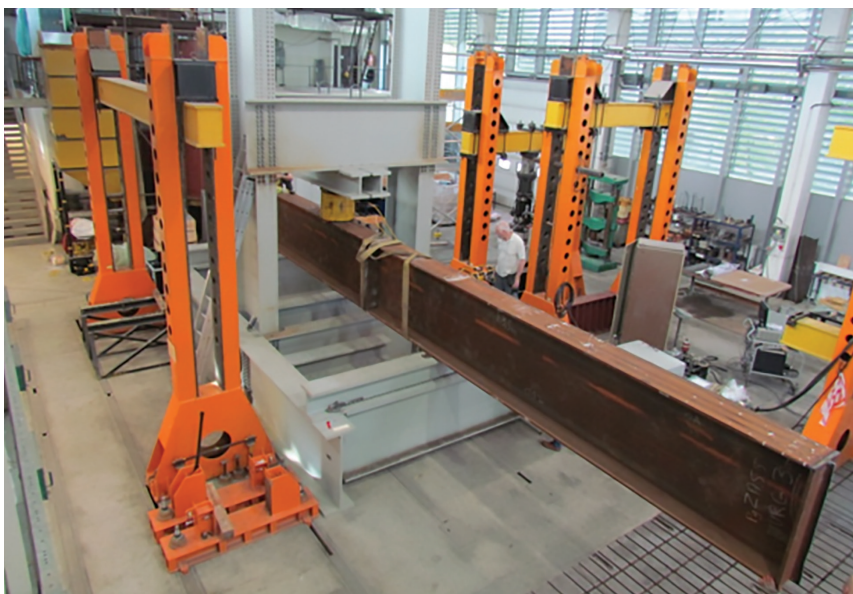
Do pomiaru odkształceń użyto czujników światłowodowych [3]. Czujniki światłowodowe zostały przyklejone na pasie górnym i pasie dolnym – po 4 odcinki pomiarowe (rys. 3.) oraz na środniku – również 4 odcinki pomiarowe (rys. 4.). Przewagą pomiarów światłowodowych jest pomiar ciągły na całej długości



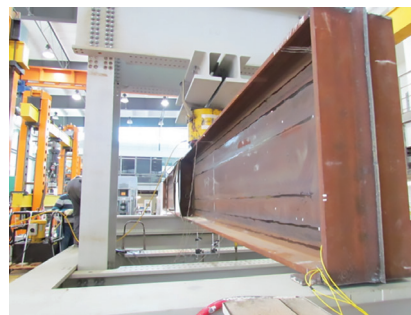
Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego



Rys. 3. Widok pasa górnego z czujnikami światłowodowymi



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego



Rys. 4. Widok środnika z czujnikami światłowodowymi

czujnika w przeciwieństwie do punktowych pomiarów tensometrami elektrooporowymi.

Pomiar odkształceń był wykonywany krokowo, podczas obciążania i odciążania elementu – co każde 5 mm ugięcia aż do całkowitego odciążenia – łącznie 15 faz ugięcia elementu.



Rys. 5. Widok światłowodów – pas górny

Wybrane wyniki badań

Na rysunkach 6., 7., 8. przedstawiono wybrane wyniki badań dla pasa górnego, pasa dolnego oraz środka. Wykresy przedstawiają pełny rozkład odkształceń po długości światłowodu podczas każdego z 15 kroków obciążania i odciążania. Krok 1. stanowi faza początkowa z brakiem obciążenia, krok 15. to całkowite odciążenie elementu. Charakterystyczne skoki odkształceń na wykresach reprezentują miejsca zakrzywienia światłowodu (rys. 5.) – wiązka światłowodu powinna tworzyć obwód zamknięty w celu przesłania sygnału od wejścia do wyjścia czujnika. Długość pomiarowa, która została opisana na wykresach odkształceń, stanowi długość całkowitą jednej pętli czujnika światłowodowego od wejścia sygnału do wyjścia sygnału.

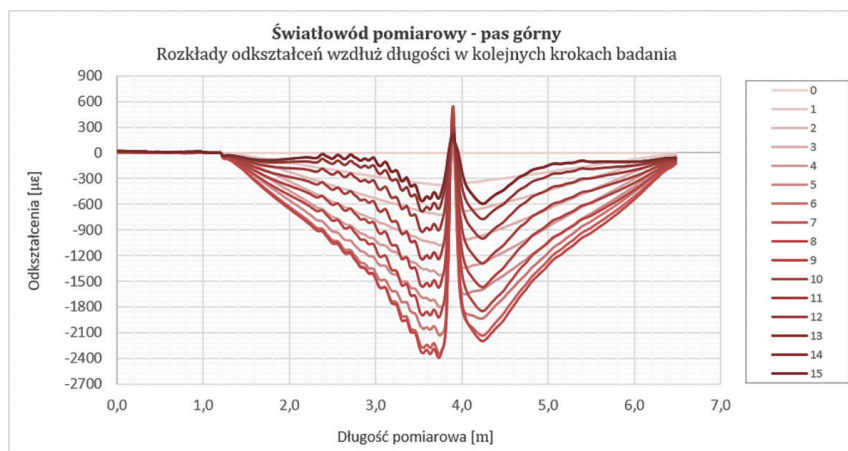
Podsumowanie i wnioski

Na rysunku 6. przedstawiono rozkład odkształceń dla pasa górnego. Przy maksymalnym ugięciu elementu maksymalne odkształcenie wynosiło ok. 2400 μm , co stanowi 0,24%. Po odciążeniu elementu trwałe odkształcenie wyniosło ok. 0,06%. W pasie dolnym (rys. 7.) maksymalne odkształcenie wyniosło ok. 0,35%, z kolei po odciążeniu trwałe odkształcenie ok. 0,15%. Różnice w odkształceniach pasa górnego względem pasa dolnego zostały spowodowane przez utratę stateczności środka pod działaniem lokalnego nacisku siłownika. Na rysunku 8., który prezentuje wyniki pomiarów dla środka, można zauważyć różne wartości (ściskanie i rozciąganie) odkształceń po długości odcinka pomiarowego, co potwierdza wystąpienie lokalnej utraty stateczności środka – powstanie półfali.

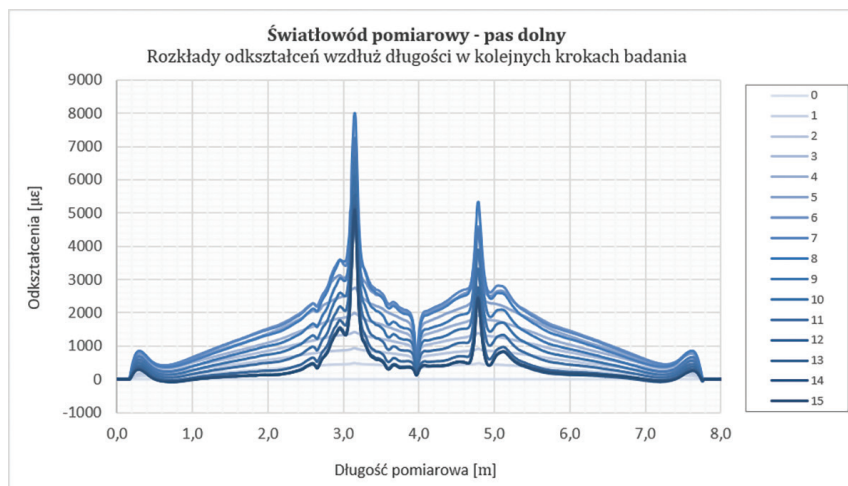
Utrata stateczności środka jest najczęstszym problemem podczas gięcia na zimno dwuteowników. W celu uniknięcia tego zjawiska stosuje się szereg zabiegów technologicznych – zwiększanie rozstawu podpór,

Tab. 1. Nominalne wymiary przekroju kształtownika HL 1100 A [mm]

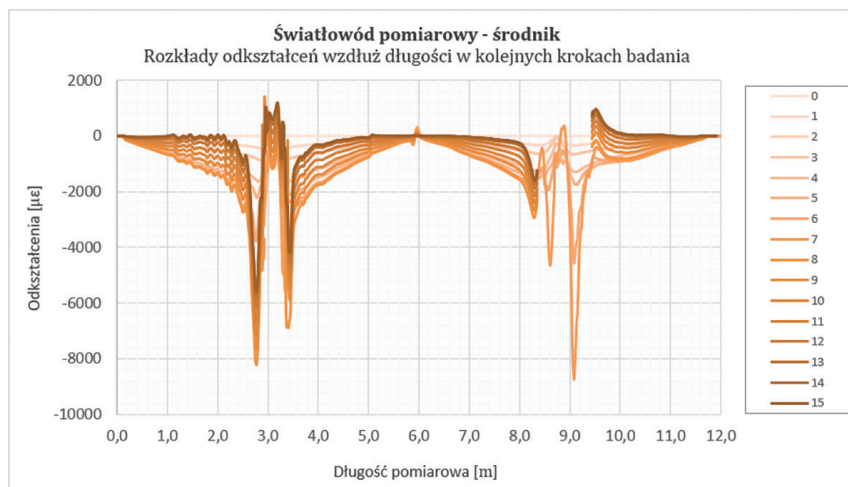
| Profil katalogowy | Wysokość (h) | Szerokość (b) | Grubość pasa (tf) | Grubość środka (tw) |
|-------------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------|
| HL 1100 A | 1090 | 400 | 31 | 18 |



Rys. 6. Wyniki pomiarów dla pasa górnego



Rys. 7. Wyniki pomiarów dla pasa dolnego



Rys. 8. Wyniki pomiarów dla środka

zmianę szybkości nadawania odkształcenia lub stosowanie specjalnych kształtek „przytrzymujących” środek podczas gięcia.

Na podstawie [5] można uznać, że odkształcenie stali na zimno do granicy 2% może zostać pominięte z uwagi na dobór stali ze względu na odporność na kruche pękanie

i ciągliwość międzywarstwową [6]. Uzyskane wyniki odkształceń mniejsze od 2% sugerują, że realizacja podniesienia wykonawczego dla elementów przedstawionych w artykule nie niesie ze sobą negatywnych konsekwencji dla stali z uwagi na kruche pękanie. Jednak trwające prace badawcze na Politechnice

Wrocławskiej wykazują również konsekwencje gięcia na zimno dla właściwości mechanicznych stali.

Przeprowadzone badanie miało na celu weryfikację stopnia odkształcenia na zimno stali podczas standardowego procesu technologicznego, jakim jest nadawanie podniesienia wykonawczego stalowym belkom mostowym. Docelowo planuje się zaproponować wytyczne projektowe w celu określenia dopuszczalnego odkształcenia na zimno, które nie będzie miało znaczącego wpływu na zmianę właściwości mechanicznych stali oraz zmianę rozkładu naprężeń własnych.

Literatura

- [1] Marcinczak Krzysztof, Gięcie na zimno wyrobów gorącownicowych, „Builder” 2017, R. 21, nr 8, s. 84–87.
- [2] Spoorenberg R.C., Snijder H.H., Hoenderkamp J.C.D. Mechanical properties of roller bend wide flange sections – Part 1: Experimental investigation, “Journal of Constructional Steel Research” 2012; 68:51-62.
- [3] Gergess A, Sen R. Cold bending symmetrical stiffened I-girder. „Journal of Constructional Steel Research” 2005;61(4):473–492.
- [4] Howiacki Tomasz, Sieńko Rafał, Światłowodowy. Przełom w pomiarach, „Builder” 2019, nr 9, s. 18–20.
- [5] Sedlacek G., Feldmann M., B. Kuhn, Tschickardt D., Hohler S., Muller C., Hensen W., Stranghoner N., Dahl W., Langenberg P., Munstermann S., Brozzetti J., Raoul J., Pope R., Bijlard F., Commentary and worked examples to EN 1993-1-10 “Material toughness and through thickness properties” and other toughness oriented rules in EN 1993, ECCS, 2008.
- [6] PN-EN 1993-1-10. Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-10: Dobór stali ze względu na kruche pękanie i ciągliwość międzywarstwową.

DOI: 10.5604/01.3001.0013.9713

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Marcinczak Krzysztof, Marcinczak Dorota, 2020, Gięcie na zimno dwuteownika HL1100. „Builder” 04 (273). DOI: 10.5604/01.3001.0013.9713

Streszczenie. W artykule opisano badanie w skali naturalnej trójpunktowego zginania na zimno dwuteownika HL1000. Przedstawiono przebieg badania oraz wybrane wyniki odkształceń uzyskane podczas nadawania podniesienia wykonawczego. Podczas badania wykorzystano innowacyjną metodę pomiarów światłowodowych.

Słowa kluczowe: konstrukcja stalowa, gięcie na zimno, pomiary światłowodowe

Abstract: Cold bending of I-beam HL1100

The paper presents point cold bending of I-beam HL1100 – full-scale test. The implementation and selected results of deformations during cambering were presented. During The innovative method of measuring by fiber optics were used in research.

Keywords: steel structure, cold bending, optical fiber

ODPOWIADAMY NA WSPÓŁCZESNE WYZWANIA BRANŻY ENERGETYCZNEJ

XII Konferencja Naukowo-Techniczna Budownictwo w Energetyce