

O stosowaniu stali zbrojeniowej w konstrukcjach posadowionych na terenach górniczych

Dr hab. inż. Marian Kawulok, prof. ITB, Instytut Techniki Budowlanej, Oddział Śląski w Katowicach

1. Wprowadzenie

Poprawka PN-EN 1992-1-1:2008/Ap2 do Załącznika krajowego polskiej normy Eurokod 2 stali zbrojeniowej ukazała się w październiku 2016 r. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków, w której zawarto wyłącznie uregulowania dotyczące zasad stosowania stali zbrojeniowej.

Według tej poprawki ...*Do wykonania zbrojenia:*

- zabezpieczającego konstrukcję przed działaniem obciążeń wyjątkowych oraz przed skutkami katastrofy postępującej,
- **nośnego obiektów posadowionych na terenach górniczych,**
- *nośnego obiektów narażonych na działanie obciążeń dynamicznych,*

należy stosować stal zbrojeniową o wysokiej ciągliwości klasy C....

Zapis ten powinien być wprowadzony w załączniku krajowym do normy PN-EN 1992-1-1:2008, jako Podrozdział NA.2.4.

Według załącznika C normy PN-EN 1992-1-1:2008 stal klasy C powinna się charakteryzować podwyższonymi wartościami ciągliwości, określonymi przez:

- skrajne wartości stosunku $k = (f_t/f_y)_k$, który powinien zawierać się w granicach $1,15 \leq k \leq 1,35$, gdzie: f_{tk} – wytrzymałość charakterystyczna stali zbrojeniowej na rozciąganie, f_{yk} – charakterystyczna granica plastyczności stali zbrojeniowej,
- charakterystyczne odkształcenie przy maksymalnej sile $e \geq 7,5\%$.

W literaturze do zaproponowanej poprawki NA.2.4, wymagającej zastosowania stali klasy C, nawiązują zapisy w [1] i [2], dotyczące jednak tylko zbrojenia do zabezpieczenia obiektów przed katastrofą postępującą.

W ogólności można przypuszczać, że podstawą poprawki NA.2.4 jest kwalifikacja podanych w niej oddziaływań do obciążeń o charakterze wyjątkowym lub zbliżonym w swoim charakterze do tego rodzaju obciążeń.

W zakresie oddziaływań górniczych przyjęta w poprawce kwalifikacja jest wprawdzie zgodna z PN-82/B-02000 Obciążenia budowli, która do obciążeń wyjątkowych kwalifikuje wiele różnych przypadków oddziaływań, w tym ...*odkształcenia powierzchni ziemi w rejonach wyrobisk górniczych...*, ale

jest niezgodna z powszechnie stosowanymi w praktyce projektowej branżowymi wymaganiami projektowania obiektów budowlanych na terenach górniczych [3], [4], w których oddziaływania górnicze są zróżnicowane pod względem kwalifikacji, w zależności od genezy ich wystąpienia. Należy zauważyć, że takie ujęcie kwalifikacji oddziaływań górniczych zostało już dostatecznie zdefiniowane i od wielu lat jest ogólnie akceptowalne, o czym świadczą oprócz obecnych branżowych wymagań także poprzednie wymagania i publikacje w tym zakresie, na przykład [5], [6], [7], [8].

Trzeba jednocześnie wyraźnie podkreślić, że PN-EN 1991-1-7 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-7: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wyjątkowe – nie uwzględnia w ogóle oddziaływań górniczych, kwalifikując do obciążeń wyjątkowych następujące oddziaływania:

- siły uderzenia spowodowane przez pojazdy, w ruchu kolejowym oraz przez statki i helikoptery,
- oddziaływania spowodowane eksplozjami wewnętrznymi,
- oddziaływania spowodowane miejscowym zniszczeniem od nieokreślonej przyczyny.

Sprawa stosowania stali o wysokiej ciągliwości w obiektach podlegających wpływowi eksploatacji górniczej powinna być rozpatrywana w zależności od rodzaju i rzeczywistej kwalifikacji wywołanych oddziaływań. Jest to przedmiotem niniejszych uwag do poprawki NA.2.4, w których w znacznym stopniu skorzystano z pracy [8].

2. Ogólne zasady wpływu eksploatacji górniczej na obiekty budowlane – kwalifikacja wywołanych oddziaływań

Podziemna eksploatacja górnicza powoduje na powierzchni następujące wpływy, oddziaływujące na obiekty budowlane: ciągłe i nieciągłe deformacje terenu oraz wstrząsy górnicze [8]. Ciągłe deformacje terenu występują w formie górniczych niecek obniżeniowych. Oddziaływania wywołane tymi deformacjami są opisywane przez obniżenie terenu w oraz wskaźniki deformacji: e – poziome odkształcenie podłoża, R – promień wygięcia i T – nachylenie terenu, na które obiekty są projektowane. Do obliczeń przyjmuje się obliczeniowe wartości tych wskaźników, z odpowiednimi współczynnikami obciążenia [3], [4]. Czas pełnego obniżenia się obiektu na skutek eksploatacji

jednego pokładu trwa zwykle od kilku miesięcy do kilku lat i zależy w głównej mierze od rodzaju utworów geologicznych, zalegających od eksploatowanego pokładu do powierzchni terenu. Ilustruje to rysunek 1, na którym przedstawiono dwa wykresy obniżenia punktu terenowego – krzywa a przedstawia wykres obniżenia, gdy utwory geologiczne budują skały o właściwościach plastycznych w rodzaju iłotłupków i proces ten przebiega znacznie szybciej aniżeli w przypadku krzywej b, gdy utwory te są zbudowane ze zwięzłych piaskowców [8]. W obszarach polskich zagłębi węglowych występuje najczęściej od kilku do kilkunastu pokładów węgla, które są kolejno wybierane, z pewnym odstępem czasu. Podczas ich eksploatacji mamy więc do czynienia z pojawiającym się sukcesywnie obniżeniem powierzchni.

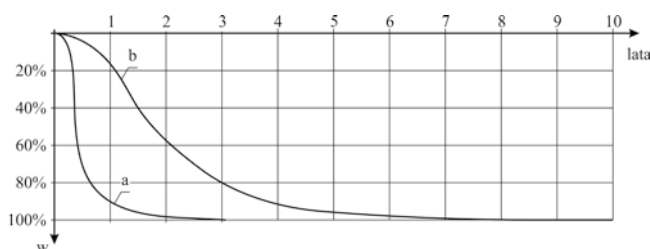
Zjawisko to zilustrowano na rysunkach 2 i 3. Obniżenie punktu w okresie od 1965 r. do 2004 r. o wartość przeszło 10 m prezentuje rysunek 2. W całym okresie prawie 40 lat następuje przyrost obniżenia, chociaż o dość zróżnicowanym postępie w czasie. Można wyróżnić okresy szybkiego i wolniejszego narastania obniżenia.

Każdorazowo, wraz z obniżeniem terenu, następuje sukcesywny proces tworzenia się niecki obniżeniowej i powstanie zmieniających się w czasie wskaźników deformacji T , K i e , które stanowią o wartości oddziaływań na konstrukcję. Przykład możliwego kształtowania się wskaźnika poziomych odkształceń terenu e w czasie przedstawia rysunek 3.

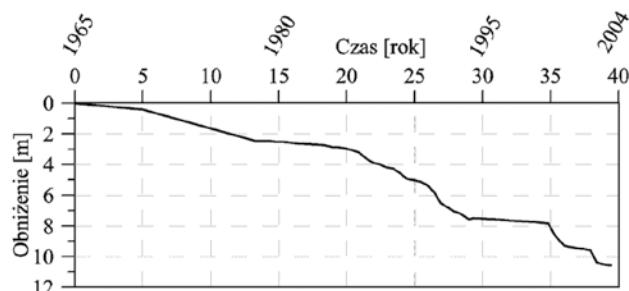
Pokazany charakter ciągłych deformacji terenu wskazuje, że obciążenia wywołane tymi deformacjami klasyfikowane są jako oddziaływania zmienne, w części długotrwałe. W tej sytuacji wszystkie zbrojone elementy konstrukcyjne wymagają sprawdzenia rozwarości rys, na ogólnych zasadach [3], [4]. Nieciągłe deformacje terenu występują w formie uskoków terenowych, zapadlisk, rowów, szczelin, osuwisk i podobnych w charakterze form deformacji podłoża. Deformacje te powstają zazwyczaj w sposób nagły. Proces ich całkowitego uformowania zawiera się najczęściej w granicach kilku minut lub godzin, rzadziej dni. Przykładowe oddziaływania deformacji nieciągłych na budynki przedstawiono na rysunku 4. Oddziaływania wywołane deformacjami nieciągłymi określa się na podstawie ich wymiarów geometrycznych, które jednak niejednokrotnie trudno zaprognozować z pełną wiarygodnością. Z tych względów obiekty podlegające wpływom nieciągłych deformacji mogą ulegać nawet znacznym uszkodzeniom, nierzadko awaryjnym lub nawet wykluczającym je z użytkowania. Zwykle nie projektuje się obiektów na wpływ deformacji nieciągłych, głównie z uwagi na duże trudności w wiarygodnym zaprognozowaniu parametrów deformacji podłoża, jakie powinno się przyjmować do tych prac. Jeżeli już się podejmuje takie ryzyko, to oddziaływania te są klasyfikowane jako wyjątkowe [3], [4].

Wstrząsy górnicze mają charakter obciążeń dynamicznych, które oddziałują na obiekt budowlany w czasie do kilku sekund (rys. 5).

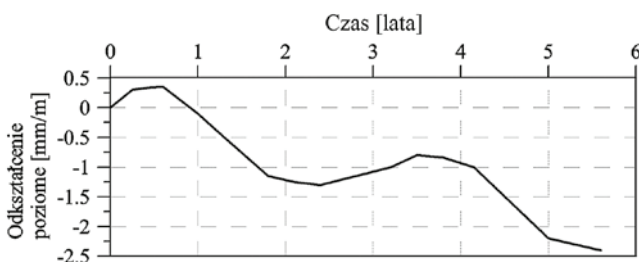
Do opisu ogólnej intensywności oddziaływań wstrząsów na obiekty budowlane stosuje się zwykle energię wstrząsu – E . Liczba wstrząsów maleje wraz ze wzrostem energii, co przykładowo ilustruje tabela 1 [9], pokazująca jak na jednej



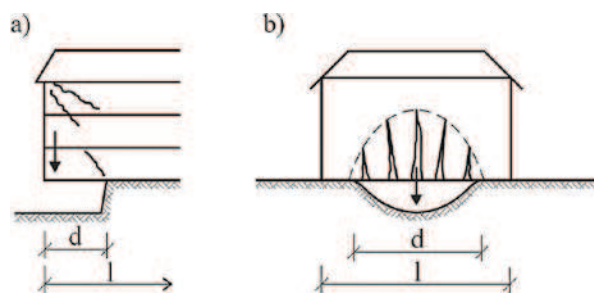
Rys. 1. Przebieg obniżenia punktów powierzchni w czasie [8]: a) iłotłupki, b) piaskowce



Rys. 2. Obniżenia punktu terenu w wyniku eksploatacji górniczej [8]

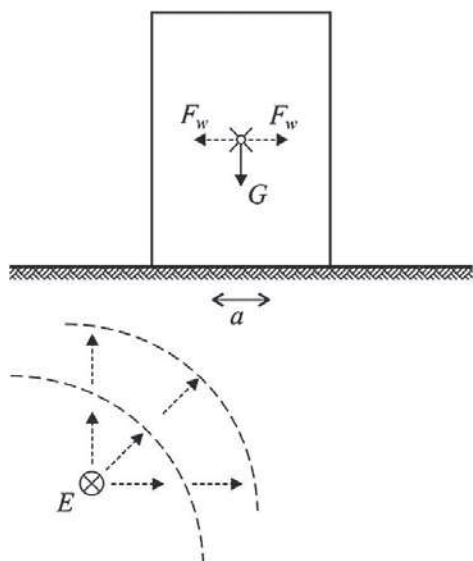


Rys. 3. Zmiany w czasie odkształcenia poziomego w niecce obniżeniowej [8]



Rys. 4. Przykładowe oddziaływania deformacji nieciągłych na budynki [8]: a) zapadlisko lub stopień pod częścią skrajną, b) zapadlisko pod częścią środkową (l – długość budynku, d – wymiar niepodpartej części budynku lub zapadliska)

z kopalń kształtowały się te wpływy. Jeżeli obiekt jest narażony na wstrząsy, projektuje się go na odpowiednie parametry prognozowane w odniesieniu do maksymalnej energii, która występuje stosunkowo rzadko i tylko z tego względu oddziaływanie te klasyfikuje się jako wyjątkowe [3], [10]. W rzeczywistości mają one charakter oddziaływań zmiennych krótkotrwałych.



Rys. 5. Oddziaływanie wstrząsów górniczych na obiekt: G – ciężar obiektu, F_w – siła powodowana wstrząsem, E – energia wstrząsu, a – przyspieszenie podłoża

Tabela 1. Aktywność sejsmiczna w latach 2010–2016 w obszarze Ruchu „Bobrek” [9]

Rok	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸
2010	148	925	353	63	8	1	-
2011	288	133	27	2	-	-	-
2012	396	384	113	18	3	-	-
2013	578	517	228	17	3	-	-
2014	628	200	93	33	11	1	-
2015	987	366	214	20	6	-	-
2016	1430	640	151	17	2	-	1

3. Podsumowanie

Pod koniec lat 90. ubiegłego wieku w Śląskim Oddziale ITB wykonano prace badawcze, w których rozpatrzono najważniejsze aspekty zastosowania stali zbrojeniowej w obiektach na terenach górniczych, a mianowicie:

- specyfikę obciążeń wywołanych eksploatacją górniczą,
- aspekty związane z trwałością obiektów, w ramach których analizowano: czynniki strukturalne stali i czynniki środowiskowe, występujące w miejscu projektowanego obiektu, prędkość zniszczenia korozyjnego, w zależności od średnicy wkładek zbrojeniowych, szerokość rysy w betonie, w zależności od naprężenia w zbrojeniu.

Efekty tych prac przedstawiono w publikacjach [11] i [12], a ich wyniki stanowiły podstawę opracowania zaleceń stosowania stali zbrojeniowej w aktualizowanych wówczas wymaganiach [13]. Z drobnymi zmianami zostały następnie przyjęte w obecnych wymaganiach [3] i wytycznych [4].

Należy podkreślić, że wszystkie obiekty prawidłowo zaprojektowane na prognozowane parametry górniczych oddziaływań podłoża, zarówno w przypadku deformacji ciągłych jak i wstrząsów górniczych, które jednocześnie nie są przekroczone w trakcie użytkowania obiektu, nie powinny

ulec uszkodzeniom konstrukcji. Zdarza się, że występują w nich uszkodzenia o charakterze niekonstrukcyjnym, głównie w postaci drobnych zarysowań. Wyjątek w tym zakresie stanowią obiekty projektowane na wpływy deformacji nieciągłych, w których z uwagi na stosunkowo małą wiarygodność prognozy, wartości przyjęte w procesie projektowania mogą nie być zachowane w trakcie użytkowania i w następstwie może dochodzić do znacznych ich uszkodzeń.

Po uwzględnieniu podanego w niniejszym artykule uzasadnienia odnośnie kwalifikacji oddziaływań górniczych obecnie zasady stosowania stali zbrojeniowej w obiektach realizowanych na terenach górniczych powinny być następujące:

- w obiektach projektowanych na wpływy ciągłych deformacji terenu i wstrząsów górniczych powinno się stosować stal zbrojeniową na ogólnych zasadach, zgodnie z normą PN-B-03264 grudzień 2002, przy czym należy sprawdzać szerokość rozwarcia rys w betonie, od oddziaływań wywołanych ciągłymi deformacjami terenu,
- w obiektach projektowanych na wpływy nieciągłych deformacji terenu należy stosować stal o wysokiej ciągliwości klasy C.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Starosolski W., Zabezpieczenie ustrojów żelbetowych przed obciążeniami wyjątkowymi, Centrum Promocji Jakości Stali, październik 2012 (na prawach rękopisu)
- [2] Starosolski W., Wieczorek B., Wieczorek M., Konstrukcje płytowo-słupowe. Zabezpieczenie przeciwko katastrofie postępującej, Centrum Promocji Jakości Stali, Biuletyn nr 6, Warszawa
- [3] Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki ITB 364/2007, Warszawa, 2007
- [4] Projektowanie budynków na terenach górniczych, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki ITB 416/2006, Warszawa, 2006
- [5] Wytyczne projektowania budynków o ścianowym układzie nośnym podlegających wpływowi eksploatacji górniczej. Projekt do doświadczenia, Instrukcja ITB, Warszawa, 1981
- [6] Wytyczne projektowania budynków o ścianowym układzie nośnym podlegających wpływowi eksploatacji górniczej, Instrukcja ITB, Warszawa, 1989
- [7] Kawulok M., Obciążenia obiektów budowlanych spowodowane wpływami eksploatacji górniczej, Inżynieria i Budownictwo 9/2005
- [8] Cholewicki A., Kawulok M., Lipski Z., Szulc J., Zasady ustalania obciążeń i sprawdzania stanów granicznych budynków lokalizowanych na terenach górniczych w nawiązaniu do Eurokodów. Projektowanie według Eurokodów, ITB, Warszawa, 2012
- [9] Praca pt. Ocena możliwości i warunków eksploatacji prowadzonej przez Węglokoks-Kraj Sp. z o.o. KWK Bobrek-Piekary na lata 2018–2020 w aspekcie ochrony powierzchni – nr sprawy PRZZ/1079
- [10] Projektowanie budynków podlegających wpływom wstrząsów górniczych, Instrukcje, Wytyczne, Poradniki ITB 391/2003, Warszawa, 2003
- [11] Sulimowski Z., Wita T., O czynnikach warunkujących stosowanie stali zbrojeniowej wyższych klas w obiektach budowlanych na terenach górniczych, Referaty III Naukowo-Technicznej Konferencji Budownictwo na Terenach Górniczych, KILiW PAN, Zespół Problemów Naukowych Budownictwa na Terenach Górniczych, PZITB, Oddziały w Katowicach i Gliwicach, Katowice – Kamień k. Rybnika, maj 1987
- [12] Sulimowski Z., Sitko A., Zastosowanie stali zbrojeniowej wyższych klas w obiektach budowlanych na terenach górniczych, Kwartalnik ITB 1–2/1991
- [13] Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, Instrukcja ITB 364/2000, Warszawa, 2000