

Eurokod 3 jako narzędzie ułatwiające projektowanie ścianek szczelnych i pali stalowych

# Korozja grodzic i pali stalowych w ujęciu PN-EN 1993-5:2007 (U)

Paweł Kwarciński<sup>1</sup>



Przyczółki wiaduktu kolejowego z grodzic AZ50 w Swarzędzu

Grodzice stalowe są coraz częściej wykorzystywane jako stałe elementy konstrukcyjne w budownictwie lądowym. Wykonuje się z nich przyczółki wiaduktów, ściany oporowe i parkingi podziemne. Możliwość pośredniego posadowienia obiektów dają również pale stalowe, o takich samych grubościach pólek i średnika, wykonane ze specjalnych dwuteowników HP.

Aspektem budzącym zawsze najwięcej obaw wśród projektantów, decydujących się na rozwiązania oparte na grodzicach lub palach stalowych, była korozja stali w środowisku gruntowym i wodnym. Brakowało narzędzia ułatwiającego poruszanie się w tej materii. Sytuacja zmieniła się w marcu 2007 r., gdy opublikowano normę uznaniową PN-EN 1993-5:2007 (U) Eurokod 3 – *Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 5: Palowanie i grodze*.



Ryc. 1. Ściana oporowa z grodzic AU20 – metro w Kopenhadze

### Ubytki korozyjne wg PN-EN 1993-5:2007 (U)

Za zmniejszanie się grubości stali w środowisku wodnym i gruntowym odpowiedzialna jest korozja elektrochemiczna. Powstaje ona w wyniku działania na powierzchni stali mikroogniw galwanicznych, w których elektrolitem jest woda, a czynnikiem umożliwiającym pracę ogniw – tlen rozpuszczony w elektrolicie.

<sup>1</sup> Mgr inż., ArcelorMittal Commercial Long Polska Sp z o.o.

Prędkość korozji jest uzależniona m.in. od obecności wody i tlenu oraz od agresywności środowiska.

Korozja przebiega najszybciej w początkowym okresie użytkowania konstrukcji. Z czasem, w miarę osadzania się na powierzchni stali warstwy produktów korozji, która zmniejsza stopniowo prędkość przenikania tlenu do powierzchni stali, dochodzi do spowolnienia tempa korozji.

Wpływ tych wszystkich czynników na tempo korozji znalazł odzwierciedlenie w tabelach będących fragmentem PN-EN 1993-5:2007 (U) – tablica 1 i 2. Zalecane wielkości ubytków korozyjnych zostały opracowane na podstawie badań na rzeczywistych konstrukcjach po 5 i po 25 latach użytkowania. Natomiast wielkości ubytków po 50, 75 i 100 latach zostały ekstrapolowane. Poniższe dane mają charakter zaleceń i w przypadku ryzyka występowania zanieczyszczeń gruntu lub wody muszą zostać zweryfikowane.

Tab. 1. Zalecane wartości ubytków grubości [mm] wskutek korozji pali lub grodzic w gruncie suchym lub nawodnionym (ubytki z jednej strony)

Wymagany projektowy okres użytkowania	5 lat	25 lat	50 lat	75 lat	100 lat
Nienaruszony grunt rodzimy (piasek, pył, ił, łupek itp.)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Skażony grunt rodzimy i teren przemysłowy	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Agresywny grunt rodzimy (gytie, namuły, torf itp.)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Niezagęszczone* i nieagresywne nasypy (ił, łupek, piasek, pył itp.)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Niezagęszczone* i agresywne nasypy (popiół, żużel, itp.)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

\* ubytek korozyjny w nasypach zagęszczonych jest dwukrotnie mniejszy niż w niezagęszczonych

Można przyjąć, że wielkości ubytków korozyjnych stali ponad powierzchnią terenu lub ponad strefą działania wody wynoszą:



### Oferujemy:

- wbijanie grodzic stalowych wibratorami o wysokiej częstotliwości
- wciskanie grodzic stalowych prasą hydrauliczną typu „Silent Piler”
- wbijanie kształowników stalowych
  - ścianki berlińskie
  - pale CFA
  - kotwy gruntowe, mikropale
- roboty inżynierskie budownictwa wodnego i melioracje
- budowa kanalizacji sanitarnych i deszczowych
- kompleksowe roboty ziemne
- przewierthy poziome do  $\varnothing$  1400 mm
- wykonywanie rurociągów przesyłowych z PVC, PE i GPR

44-240 Żory  
ul. Kleszczowska 28  
tel./fax +48 (0) 32 469 83 32  
e-mail: [tolos@republika.pl](mailto:tolos@republika.pl)  
[www.tolos.pl](http://www.tolos.pl)

Tab. 2. Zalecane wartości ubytków grubości [mm] wskutek korozji pali lub grodzic w wodzie słodkiej lub morskiej (ubytki z jednej strony)

Wymagany projektowy okres użytkowania	5 lat	25 lat	50 lat	75 lat	100 lat
Zwykła słodka woda (rzeka, kanał itp.) w strefie nurtu (na linii wodnej)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Bardzo skażona słodka woda (ściek, wyciek przemysłowy itp.) w strefie nurtu (na linii wodnej)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Woda morska w klimacie umiarkowanym, w strefie silnego napływu (strefy niskiej wody i rozbrzygu)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Woda morska w klimacie umiarkowanym, w strefie stałego zanurzenia lub w strefie pływów	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

w atmosferze normalnej 0,01 mm rocznie, w atmosferze morskiej 0,02 mm rocznie.

W przypadku, gdy w pobliżu projektowanej konstrukcji znajdują się słabo izolowane przewody prądu stałego (np. linie kolejowe lub tramwajowe), należy zwrócić szczególną uwagę na ryzyko występowania prądów błędzących w gruncie.

### Sposoby przedłużania żywotności konstrukcji

PN-EN 1993-5:2007 (U) [2] dopuszcza zastosowanie następujących środków przedłużających żywotność grodzic lub pali stalowych:

- nadatki grubości stali ze względu na korozję – jedno z najpopularniejszych rozwiązań polegające na dobraniu profilu o odpowiednio większych parametrach geometrycznych przekroju, czyli na poświęceniu pewnej grubości stali na ubytek korozyjny,
- dodatkową rezerwę nośności – zdecydowanie najtańsze rozwiązanie, polegające na dobraniu profilu w wyższym gatunku stali; nie można go jednak stosować w sytuacji, gdy o doborze profilu decyduje moment bezwładności,
- powłoki ochronne – nałożenie powłok malarskich lub cynkowanie odcina dopływ wody i tlenu do stali; malowanie jest bardzo często podyktowane względami estetycznymi, w przypadku konstrukcji hydrotechnicznych malowane są zwykle fragmenty ścinaki w strefach największej korozji,
- ochronę katodową – częste rozwiązanie w budownictwie morskim,
- beton, zaprawę lub natrysk cementowy w strefie intensywnej korozji – rozwiązanie powszechnie stosowane np. przy budowie nabrzeży, gdy oczep betonowy zwieńcza ściankę szczelną w strefie największej korozji, schodząc minimum 0,5 m poniżej linii wody,
- kombinacje powyższych rozwiązań.

Opisywana norma w żaden sposób nie odnosi się do możliwości przedłużenia żywotności przez zastosowanie stali o zmienionym składzie chemicznym. Warto jednak poruszyć ten temat, gdyż Polska Norma PN-EN 10248:1999 [1] dopuszcza stosowanie stali z domieszką miedzi w przedziałach 0,2–0,35% oraz 0,35–0,5% składu chemicznego stali.

Należy pamiętać, że stosowanie stali niskostopowych nie wpływa na zmniejszenie tempa korozji pod wodą lub w gruncie, ponieważ w takim środowisku na powierzchni stali nie ma odpowiednich warunków dla wytworzenia się warstwy ochronnej z produktów korozji (np. patyny). Natomiast stosowanie stali niskostopowych z domieszką miedzi powyżej linii wody, w strefie rozbrzygów lub zmiennego falowania, spowalnia tempo korozji półtorakrotnie,

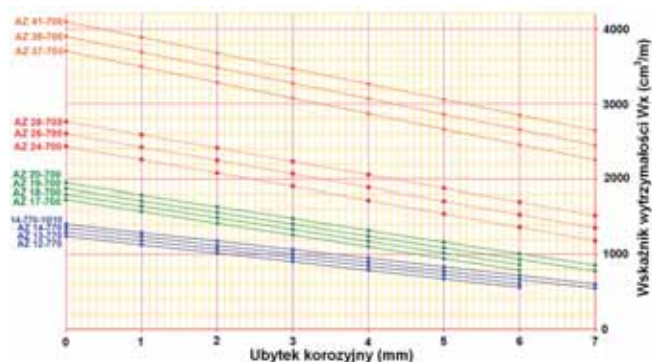
a przy zastosowaniu stali trójskładnikowych (np. stal A690 – ASTM z domieszkami niklu, fosforu i miedzi) nawet trzykrotnie [3].

### Projektowanie z uwzględnieniem ubytków korozyjnych

Norma [3] zaleca, aby w SGN i SGU brać pod uwagę wpływ korozji na pogarszanie się parametrów geometrycznych przekroju. Zalecenie to nie dotyczy konstrukcji, których okres użytkowania jest krótszy niż cztery lata.

W trakcie projektowania należy uwzględnić fakt, że wielkości ubytków korozyjnych mogą być różne na wysokości ścianki. W przypadku stalowej ścianki szczelnej poddanej zginaniu należy porównać obwiednie momentów zginających i obwiednie wskaźników wytrzymałości po projektowanym okresie użytkowania konstrukcji. Takie podejście do kwestii korozji prowadzi do bardziej ekonomicznego projektowania, gdyż w wielu sytuacjach obliczeniowych największe momenty zginające nie występują w miejscach najszybszej korozji.

Znając tempo korozji, okres użytkowania konstrukcji oraz wymagane dla projektowanych elementów minimalne parametry geometryczne przekroju, należy – korzystając ze specjalnie przygotowanych wykresów – dobrać profil spełniający te wymagania przy danym ubytku korozyjnym. Przedstawiony na rycinie 2 przykład ilustruje, jak w funkcji ubytku korozyjnego zmieniają się wskaźniki wytrzymałości różnych grodzic. Podobne wykresy umożliwiają odczytanie zmian w wielkości momentów bezwładności i polu przekroju poprzecznego profiliów.



Ryc. 2. Zmiany wskaźnika wytrzymałości grodzic w funkcji zmniejszania się ich grubości

Przez wiele lat na temat tempa korozji stali w środowisku gruntowym i wodnym powstało wiele błędnych opinii. Opublikowany Eurokod 3 – część 5 obala te mity, dostarczając jednocześnie narzędzie umożliwiające bardziej ekonomiczne i bezpieczniejsze projektowanie ścianek szczelnych i pali stalowych.

Szerokim zakresem wiedzy o korozji stali zawsze dysponowali projektanci konstrukcji morskich, dzięki czemu wiele nabrzeży portowych jest wykonywanych w technologii stalowych ścianek szczelnych. Wraz z nowym Eurokodem wiedza ta jest dostępna dla szerszego grona projektantów, co z pewnością przyczyni się do powszechniejszego stosowania grodzic i pali stalowych w budownictwie lądowym.

### Literatura

1. PN-EN 10248:1999 *Grodzice walcowane na gorąco ze stali niskostopowych*.
2. PN-EN 1993-5:2007 (U) Eurokod 3 – *Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 5: Palowanie i grodze*.
3. Designation: A 690/A 690M – 00a: *Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Steel H-Piles and Sheet Piling for Use in Marine Environments*.