

A.5. Az Eurocode 3

A.5.1. Terminológia

Az Eurocode szabványok számos olyan szakkifejezést definiálnak, amelyeket a mindennapi életben kevésbé precízen használunk, de amelyekhez a szabványok jól körülhatárolt jelentést rendelnek, ezeket a szakkifejezéseket a szabvány több nyelven is tartalmazza. Ilyen fogalmak a következők:

- „megvalósítás” – az épület létrehozásának teljes folyamatát jelenti, és beleértendő a helyszíni munka mellett a gyártóüzemben végzett munka is;
- „épület típusa” – az épület tervezett funkciójára utal (például lakóház, ipari épület);
- „szerkezeti forma” – a tartószerkezeti elemek (például gerenda, ív) vagy a teljes szerkezet (például függőhíd) általános jellegét adja meg;
- „építési mód” – az elsődleges építőanyagot jelöli meg (például acélszerkezet);
- „építési eljárás” – az építés elvégzésének módszerét adja meg (például előregyártott).

Az Eurocode 3 ezek mellett számos olyan szakkifejezést is meghatároz, amelyek csak az Eurocode 3-on belül érvényesek:

- keret: tartószerkezeti elemek együttese
- alkeret: nagyobb keret azon része, amelyet az analízis szempontjából önálló egységként kezelünk;
- keret típusa:
 - egyszerű: a kapcsolatok nem adnak át nyomatékokat;
 - folytatólagos: a kapcsolatokat merevnek tételezzük fel;
 - részlegesen folytatólagos: a kapcsolati jellemzőket az analízis során explicit módon figyelembe kell venni;
- globális analízis: a belső erők és nyomatékok meghatározásának folyamata;
- hálózati hossz: az oldalirányú megtámasztások vagy a tényleges elemvégek közötti hossz;
- kihajlási hossz: azonos kihajlási ellenállással rendelkező, két végén csuklós ekvivalens rúd hálózati hossza.

További, pontos jelentéssel felruházott szakkifejezések:

- csuklós kapcsolat (merevség szerinti besorolás): olyan kapcsolat, amely nem képes továbbítani jelentős nagyságú hajlítónyomatékokat;
- félmerev kapcsolat: olyan kapcsolat, amely sem merev, sem csuklós;
- merev kapcsolat: olyan kapcsolat, amelynek alakváltozása olyan csekély, hogy nem befolyásolja a belső erők és nyomatékok eloszlását;
- csuklós kapcsolat (szilárdság szerinti besorolás): olyan kapcsolat, amely a kiszámított belső erőket oly módon képes továbbítani, hogy közben benne jelentős nyomatékok nem alakulnak ki;
- teljes szilárdságú kapcsolat: olyan kapcsolat, amelynek tervezési ellenállása legalább akkora, mint a kapcsolt elemé;
- részleges szilárdságú kapcsolat: olyan kapcsolat, amely képes továbbítani a kiszámított belső erőket, de amelynek ellenállása kisebb, mint a kapcsolt elemé;
- merevített keret: olyan keret, amelynek az oldalirányú ellenállását olyan merevítő rendszer biztosítja, amely elegendően merev ahhoz, hogy feltételezhető legyen, hogy valamennyi vízszintes erőt felveszi;
- merevítetlen keret: olyan keret, amelyben a merevítő rendszer nem rendelkezik megfelelő ellenállással a vízszintes erőkkel szemben;
- nem kilengő keret: olyan keret, amely megfelelő oldalirányú merevséggel rendelkezik ahhoz, hogy elhanyagolható legyen a csomópontok vízszintes elmozdulásainak következtében fellépő másodrendű belső erők és nyomatékok hatása;
- kilengő keret: olyan keret, amelynek csekély oldalirányú merevsége miatt az analízis során figyelembe kell venni a csomóponti vízszintes elmozdulások hatását.

A.5.2. Jelölések

Az EC3 számos jelölést alkalmaz, amelyek közül a leglényegesebbeket az alábbiakban soroljuk fel.

Általános jellegű jelölések:

- L, l – hossz; támaszköz; hálózati hossz
- R – ellenállás; reakcióerő
- S – belső erők és nyomatékok; merevség
- δ – lehajlás;
- λ – karcsúság;
- χ – kihajlási/kifordulási csökkentő tényező;
- γ – parciális biztonsági tényező.

A keresztmetszeti jellemzőkkel kapcsolatos jelölések:

- A – keresztmetszeti terület;
- i – inerciasugár;
- I – inercia;
- W – keresztmetszeti modulus.

A szerkezeti elemek tengelyeit a következő konvenció szerint jelöljük:

- $x-x$ – az elem hossz tengelye;
- $y-y$ – az övlemezekkel párhuzamos keresztmetszeti tengely;
- $z-z$ – az övlemezekre merőleges keresztmetszeti tengely.

Megjegyzés: szögacélok esetén az $y-y$ és a $z-z$ tengely párhuzamos a szögacél rövidebbik, illetve hosszabbik szárával, míg az erős és a gyenge keresztmetszeti fő tengelyt a következőképpen jelöljük:

- $u-u$ – az erős fő tengely;
- $v-v$ – a gyenge fő tengely.

Az anyagjellemzőkkel kapcsolatos jelölések:

- E – rugalmassági modulus;
- f – szilárdság.

Az EC3 számos indexet is használ, amelyek a betűjelek jelentésének pontosítására szolgálnak. Néhány gyakrabban használt jelölés:

- com – számított;
- d – tervezési;
- el – rugalmas;
- k – karakterisztikus;
- LT – kifordulási;
- pl – képlékeny.

A szokásos betűjelek is használhatók indexként, például:

- R_d – az ellenállás tervezési értéke;
- S_d – a belső erők és nyomatékok tervezési értéke.

Szükség esetén több index is használható egymás mellett; ilyenkor ponttal kell őket csoportokra bontani, például:

- $N_{pl,Rd}$ – normálerővel szembeni képlékeny ellenállás.

A.5.4. Anyagjellemzők

Az Eurocode 3 az EN 10025 szerinti acélminőségeket alkalmazza, amelyek a következők:

- S 235 – névleges folyáshatár: 235 N/mm²;

- S 275 – névleges folyáshatár: 275 N/mm²;
- S 355 – névleges folyáshatár: 355 N/mm².

A nagyobb szilárdságú acélokkal a D melléklet foglalkozik. Megjegyzendő, hogy az előírt névleges folyáshatár értéke 40 mm-nél és 100 mm-nél nagyobb lemezvastagság esetén az előzőek szerintinél kisebb.

A rugalmassági modulus értéke valamennyi acélminőség esetén egységesen 210 kN/mm².

A szabvány útmutatást tartalmaz továbbá a képlékeny analízishez, a rideg töréssel szembeni ellenálláshoz és a hidegen alakított acélokhoz szükséges, anyaggal kapcsolatos követelményekről.

A.5.5. Keretek és szerkezeti elemek tervezése és analízise

A szabvány általános útmutatást tartalmaz arról, hogy különböző szerkezeti elemek, illetőleg keretek esetén milyen ellenőrzéseket kell elvégezni. Keretek esetén például a következőket kell vizsgálni:

- a keresztmetszetek ellenállását;
- a szerkezeti elemek ellenállását;
- a kapcsolatok ellenállását;
- a keretstabilitást;
- a helyzeti állékonyságot,

míg a húzott elemeket csak keresztmetszetük ellenállására kell ellenőrizni.

Az Eurocode 3 lehetővé teszi az analízis különböző módszereinek alkalmazását a névlegesen csuklósnak feltételezett kapcsolatokkal rendelkező keretek egyszerű rugalmas számításától a részleges szilárdságú, félmerev kapcsolatokkal kialakított részlegesen folytatólagos keretek részletes rugalmas–képlékeny analíziséig.

A.5.6. Teherbírási határállapotok

A teherbírási határállapotok a szerkezet összeomlással szembeni ellenálló-képességével függnek össze. A teherbírási határállapotok ellenőrzése általában a megfelelő részletességű szerkezeti analízisből meghatározott belső erőkkel terhelt egyedi szerkezeti elemek ellenállásának figyelembevételével történik. Emellett a szerkezet mint egész állékonyságát is vizsgálni kell.

A teherbírási határállapotokat biztonsági tényezőkkel szorzott teherértékekre ellenőrizzük. Általában úgy járunk el, hogy a szerkezeti analízis segítségével meghatározzuk az egyes szerkezeti elemekre működő igénybevételeket, majd a tervezés során az egyes szerkezeti elemeket a szerkezetből kiemelve, elkülönítetten tekintjük. Az egyes ellenőrzések végrehajtásának módja a vizsgált szerkezeti elem típusától függ (például gerenda, oszlop).

A.5.7. Használhatósági határállapotok

A.5.7.1. Lehajlások

Használhatósági határállapotban a szerkezeti elemek lehajlásának számított értékei önmagukban többnyire nem értelmezhetőek, mert a tervezési feltételezések ritkán felelnek meg a valóságnak. Ennek többek között a következő okai lehetnek:

- a ténylegesen működő terhek nagymértékben eltérhetnek a tervezés során feltételezettektől;
- a gerendák a gyakorlatban szinte sohasem „kéttámaszúak” vagy „befogottak”, hanem általában valamiféle köztes állapotot képviselnek;

- az acélszerkezetet általában más típusú szerkezetek, például a födécek vagy a falak merevítik.

A számított lehajlás azonban mégis hasznos információ, mert tájékoztat a szerkezet vagy a szerkezeti elem merevségéről, tehát arról, hogy megfelelőképpen gondoskodtunk-e a lehajlási vagy valamely helyi károsodással kapcsolatos határállapot elkerüléséről. Erre a célra általában indokolatlan bonyolult számítási módszereket alkalmazni. Függetlenül attól, hogy a szerkezet vagy a szerkezeti elem ellenállását és állékonyságát milyen módszerrel ellenőriztük, a lehajlás vizsgálatának mindig rugalmas szerkezet feltételezésén kell alapulnia. Ha például egy szerkezetben a teherbírási vizsgálatokhoz merev-képlékeny vagy rugalmas-képlékeny analízist végzünk, a lehajlásokat akkor is rugalmas számítással kell meghatározni.

A számított lehajlást az adott esetre előírt maximális lehajlásértékkel kell összehasonlítani. A gerendák előírt lehajlási korlátait az Eurocode 3 a következő hat esetre adja meg:

- tetőkre általában;
- tetőkre, ha a tetőn a karbantartást végző személyeken kívül mások is tartózkodhatnak;
- födécekre általában;
- olyan födécekre és tetőkre, amelyek vakolatot vagy más rideg burkolatot, illetőleg nem rugalmas válaszfalakat hordanak;
- oszlopokat alátámasztó födécekre (kivéve, ha a lehajlásokat a teherbírási határállapot vizsgálatához elvégzett szerkezeti analízis figyelembe vette);
- olyan esetekre, amikor a lehajlás kedvezőtlen esztétikai hatást kelt.

A lehajlások meghatározása során bizonyos esetekben külön kell kezelni a kezdeti túlemelés, az állandó terhek hatására bekövetkező lehajlások és az esetleges terhek hatására bekövetkező lehajlások hatását. A tervezés során figyelembe kell venni a számított alakváltozások esetleges következményeit is. Tetők esetén például az előírt határértékektől függetlenül nyilvánvalóan kellő lejtést kell biztosítani az esővíz elvezetéséhez; emiatt előfordulhat, hogy a vízszinteshez közeli hajlású sík tetők esetén a szabványban előírtaknál szigorúbb határértékekhez kell igazodni.

A szabvány a keretoszlopok felső végének oldalirányú eltolódását is korlátozza.

A.5.7.2. Dinamikus hatások

A használhatósági határállapot ellenőrzése során a dinamikus hatások közül vizsgálni kell az esetleges gépek okozta rezgéseket, valamint a szerkezetben önmagában keletkező rezgéseket (például az örvényleválást). A rezonancia kialakulása úgy kerülhető el, hogy gondoskodunk arról, hogy a szerkezet (és annak minden részének) sajátfrekvenciája kellően távol legyen a gerjesztés frekvenciájától. Azokban a szerkezetekben, amelyekben emberek járhatnak, a használók komfortérzetének javítása érdekében korlátozni kell a kialakuló rezgéseket. Ez úgy valósítható meg, ha dinamikus vizsgálatot végzünk, és korlátozzuk a födém legkisebb sajátfrekvenciáját. Az Eurocode 3 azt ajánlja, hogy az emberek által rendszeresen járt födémeknél 3 Hz, a táncolásra és ugrálásra is használt födécek esetén (például táncterem, tornaterem födémjeinél) 5 Hz legyen a szerkezet megengedett legkisebb sajátfrekvenciája. Másik lehetőség a probléma megoldására, hogy megfelelő merevséget biztosítunk a födémlehajlásának korlátozásával.

-