

VB-EC2012 program rövid szakmai ismertetése

- **A VB-EC2012 programcsomag hardver- és szoftverigénye:**
 - Windows XP vagy újabb Windows operációs rendszer
 - Min. 2 Gb memória és 100 Mb üres lemezterület
 - Legalább 1024*768-as felbontású grafikus kártya és monitor
 - CD meghajtó a telepítő lemez fogadásához
 - Üres USB port a hardverkulcs (pendrive) számára
- A VB-EC2012 programcsomag az Eurocode 2 (EC2) MSZ EN 1992-0-0:2010 magyar nyelvű, Nemzeti Mellékletet is tartalmazó változata (a továbbiakban Szabvány) alapján készült.
- A programba beépítettük a Szabványban szereplő acél- és beton anyagjellemzőket (steel.eccf és concrete.eccf fájlok), de lehetőséget biztosítunk egyedi felhasználói anyagjellemzők megadására is akár egy konkrét feladat keretein belül is.
- A Szabvány konstansaiban történt bármilyen változás követhető a constant.eccf, steel.eccf és concrete.eccf fájlok aktuálissal való felülírásával, amelyek a program honlapjáról letölthetők.
- Az acélbetétek anyagmodellje: rugalmas-képlékeny anyagmodell, vagyis bilineáris, a Szabványban a 3.2.7 (2) b) pont szerinti vízszintes felső szakasszal. Ekkor alapállapotban a fajlagos alakváltozási korlátot nem ellenőrizzük, de van lehetőség rá, a Szabvány megengedi.
- A beton anyagmodellje I. és II. feszültségi állapotban lineáris, III. feszültségi állapotban a Szabvány 3.1.7 (3) pont szerinti téglalap alakú feszültségeloszlással.
- I. és II. feszültségi állapotban az alsó- ill. felső acélbetéteket a súlypontjukkal és összesített felületükkel helyettesítjük, ez a lineáris feszültségeloszlás miatt nem okoz pontosságcsökkenést.
- Törési (III. feszültségi) állapotban a keresztmetszetre felírt egyensúlyi egyenleteknél – a szokásos (az alsó- és felső acélbetéteket azok súlypontjaiban koncentráljuk) közelítéssel ellentétben az acélbetéteket pozícióként külön-külön vesszük figyelembe, tekintettel arra, hogy ezek egy része képlékeny, más része pedig rugalmas állapotban lehet.
- A program eddig elkészült moduljai derékszögű négyszög és „T” keresztmetszetre lettek kidolgozva. Egyéb alakú keresztmetszetek esetén jól átgondolt mérnöki közelítés szükséges a négyszög- ill. a „T” keresztmetszettel történő helyettesítéshez.
- A keresztmetszetek lehetnek alul- és felülhúzottak is, a nyomatóki terhek előjele nem korlátozott még repedéstágassági vizsgálat esetén sem.
- A nyomatóki terhek irányának szabad előjele miatt az acélbetéteket nem a szokásos módon (húzott, ill. nyomott acélbetétek) neveztük el, hanem „felső”- ill. „alsó” acélbetétekről beszélünk az adatmegadásnál és a dokumentálásnál is. A változók aktuális jelentését mind az adatmegadásnál, mind az outputnál mindig az aktuális nyomatókírány szerinti magyarázó ábra mutatja. A teherbírási vonal esetén értelemszerűen ugyanígy értelmezzük a vasalást.
- Ferdén külpontosan nyomott (ill. húzott) keresztmetszet esetén sincs korlátozva a nyomatókok előjele, gyakorlatilag az egész teherbírási felület bejárható. Ebben az esetben a „felső” és „alsó” acélbetétek megadása során azok vízszintes elhelyezkedését is meg kell adni, így ezekből az adatokból a program egyértelmű megfeleltetéssel generálhatja a keresztirányú hajlítás betétsorait.
- A keresztmetszetben a felső- ill. alsó acélbetétek több (max. 5-5) sorban helyezkedhetnek el. Egy betétsorban többféle (max. 4 féle) átmérőjű betét szerepelhet. A betétek darabszáma és átmérője is lehet „fiktív”, azaz tizedes tört.
- A programban alkalmazott algoritmusok alapvető elméleti, vasbeton szilárdságtani összefoglalója megtalálható a szöveges segédletben.

A rendszer jelenleg elérhető moduljai

VB-EC 01 Derékszögű négyszög alakú keresztmetszet szimmetriásikbeli tiszta hajlítása.

Határnyomaték M_{Rd} , a hajlítónyomatéki teherbírás (R) tervezési (d) értéke.

A modul a megadott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) tartozó határnyomatékot, azaz a nyomatéki teherbírás tervezési értékét, M_{Rd} -t.

VB-EC 02 „T”-alakú keresztmetszet szimmetriásikbeli tiszta hajlítása. Határnyomaték M_{Rd} , a hajlítónyomatéki teherbírás (R) tervezési (d) értéke.

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) tartozó határnyomatékot, azaz a nyomatéki teherbírás tervezési értékét, M_{Rd} -t. A program képes fordított „T” keresztmetszet számítására is. Ekkor értelemszerűen az övlemez szélessége kisebb, mint a gerinclemez szélessége, azaz $b_{eff} < b$

VB-EC 03/1 Szimmetriásikban külpontosan nyomott (húzott) derékszögű négyszög alakú keresztmetszet. Határerő N_{Rd} , a normálerő teherbírás (R) tervezési (d) értéke.

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) és M_{0Ed} elsőrendű nyomatékhoz tartozó határerőt, azaz a normálerő teherbírás tervezési értékét, N_{Rd} -t. Ehhez meghatározza a szabvány szerinti külpontosság-növekményeket is. M_{0Ed} előjeles mennyiség, akkor pozitív, ha alulhúzás van. A teherbírasi vonal esetleges befeszülési tartománya miatt meg kell adni, hogy a teherbírasi vonalat metsző két érték közül a kisebbet, vagy a nagyobbat kell meghatározni (e kettő közé eső N_{Rd} esetén felel meg a keresztmetszet).

VB-EC 03/2 Szimmetriásikban külpontosan nyomott (húzott) derékszögű négyszög alakú keresztmetszet. Határerő N_{Rd} és határnyomaték M_{Rd} , a teherbírás (R) tervezési (d) értéke, megfelelés számítása.

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja

- a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) tartozó teljes (alul- és felülhúzáshoz tartozó) teherbírasi vonalat a húzott tartományával együtt
- az M,N koordinátarendszer origóját a megadott normálerő-nyomaték páros (N_{Ed} , M_{0Ed}) által meghatározott ponttal összekötő egyenessel elmetszi a teherbírasi vonalat és kimetszi a megfelelő pontot (N_{Rd} , M_{0Rd})
- a két szakasz hosszának arányából kiszámítja a megfelelés biztonságát: $N_{Rd}/N_{Ed} = M_{0Rd}/M_{0Ed}$

VB-EC 04 Szimmetriásikban külpontosan nyomott (húzott) derékszögű négyszög alakú keresztmetszet. Határnyomaték M_{Rd} , a nyomatéki teherbírás (R) tervezési (d) értéke.

Határkülpontosság e_{Rd} . A teherbírasi (R) külpontosság tervezési (d) értéke

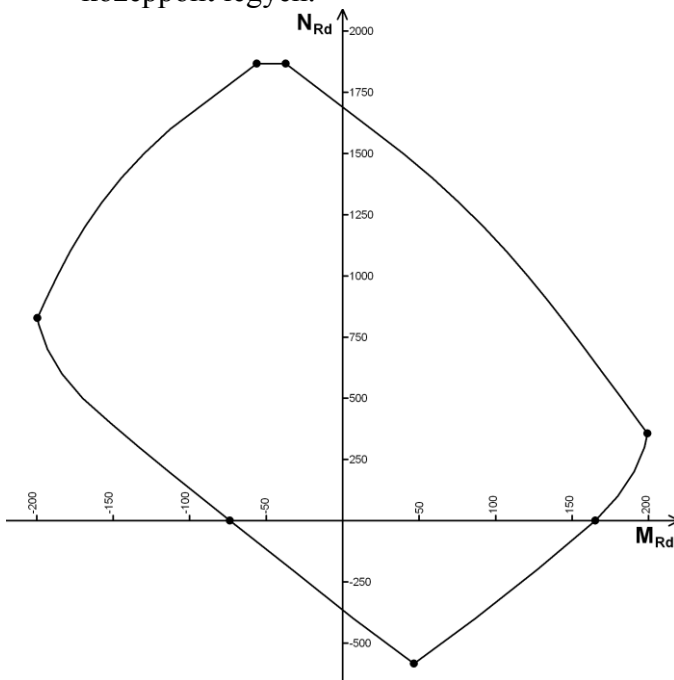
A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) és N_{Ed} normálerőhöz tartozó határnyomatékot, azaz a nyomatéki teherbírás tervezési értékét, M_{Rd} -t, valamint a határkülpontosságot e_{Rd} -t és a hozzá tartozó M_{0Rd} elsőrendű elmélet alapján számított határnyomatékot.

VB-EC 05 Szimmetriásikban külpontosan nyomott (húzott) derékszögű négyszög alakú keresztmetszet teherbírasi vonala: N_{Rd} , M_{Rd} , a normálerő teherbírás és hajlítónyomatéki teherbírás (R) tervezési (d) értéke.

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) tartozó

- görbe vonalú teherbírasi vonal főpontjait
 - (1) a központos alapteherbírás pontja
 - (2) a maximális nyomatéki teherbíráshoz tartozó pont
 - (3) a tiszta hajlításhoz tartozó pont
 - (4) a tiszta húzáshoz tartozó pont

- valamint nagyszámú közbülső pontot is, melyek alapján léptékhelyes grafikont is rajzol
- választható, hogy a teherbírasi vonal vonatkoztatási tengelye a geometriai- vagy a teherbírasi középpont legyen.



VB-EC 06 Ferdén külpontosan nyomott (húzott) derékszögű négyszög alakú keresztmetszet teherbírásának megfelelési értéke

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott M_{0Edx} és M_{0Edy} nyomatékokhoz és N_{Ed} normálerőhöz tartozó megfelelés mértékét. A megfelelés

$$\text{feltétele } \left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} \right) + \left(\frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}} \right) \leq \text{számításánál alkalmazott kitevő:}$$

- Pontosabb – a Szabványban szereplő táblázatból interpolálható kitevő alapján (az összefüggés csak tiszta hajlítás lineáris, azaz $a=1$, a központos nyomás N_{ud} felé haladva 2-höz (kör alak) közelít N_{ed}/N_{ud} függvényében).
- Egyszerűsített – a kitevő 1, vagyis a vonal egyenes, az összefüggés lineáris, ez a függvény konvex jellege miatt a biztonság javára tett közelítés.

VB-EC 07 Szimmetriasíkban nyírt derékszögű négyszög alakú keresztmetszet

Határnyíróerő: V_{Rd} , a nyíróerő teherbírás (R) tervezési (d) értéke

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott V_{Ed} nyíróerőhöz és N_{Ed} normálerőhöz tartozó megfelelés mértékét. Figyelembe veszi a megadott

- Lehorgonyzott húzott acélbetéteket
- A tartótengellyel a megadott szöget bezáró nyírási kengyelszárakat
- A tartótengellyel a megadott szöget bezáró ferde nyírási acélbetéteket

VB-EC 08 Csavart derékszögű négyszög alakú keresztmetszet. Csavarási határnyomaték: T_{Rd} , a csavarási teherbírás tervezési értéke.

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott T_{Ed} csavarónyomatékhoz és N_{Ed} normálerőhöz tartozó megfelelés mértékét. Figyelembe veszi a

- Csavarási kengyeleket
- Csavarási hosszbetéteket

VB-EC 09 Csavart és szimmetriasíkban nyírt derékszögű négyszög alakú keresztmetszet teherbírásának megfelelési feltétele

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott V_{Ed} nyíróerőhöz, T_{Ed} csavarónyomatékhoz és N_{Ed} normálerőhöz tartozó megfelelés mértékét. A modul tulajdonképpen az EC-7 és az EC-8 modulok kombinációja. A Szabvány szerint a nyírási és a csavarási vasalást nem szabad kombinálni, a kengyelek vonatkozásában tehát külön nyírási és csavarási kengyelek felvételére van szükség.

VB-EC 10 Szimmetriasíkban külpontosan nyomott (húzott) derékszögű négyszög alakú és „T” alakú keresztmetszet geometriai jellemzői. I. és II. feszültségállapot.

Feszültséghatárolások.

A modul az adott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) tartozó

- keresztmetszeti jellemzőket I. és II. feszültségi állapotban az N_{ser} normálerő figyelembe vételével, valamint
- M_{ser} használhatósági nyomatékból és N_{ser} használhatósági normálerőből származó beton- és acél feszültségeket a keresztmetszet jellemző pontjaiban I. és II. feszültségi állapotban.

A program képes fordított „T” keresztmetszet számítására is. Ekkor értelemszerűen az övlemez szélessége kisebb, mint a gerinclemez szélessége, azaz $b_{eff} < b$

VB-EC 11 Szimmetriasíkban külpontosan nyomott (húzott) derékszögű négyszög alakú és „T” alakú keresztmetszet repedéshatárolása

A modul az adott ott anyag- és geometriai jellemzők alapján kiszámítja a megadott vasaláshoz (alsó- és felső acélbetétekhez) tartozó

- keresztmetszeti jellemzőket I. és II. feszültségi állapotban az N_{ser} normálerő figyelembe vételével
- az M_{cr} repesztőnyomatékokat, valamint
- az M_{ser} használhatósági nyomaték és N_{ser} használhatósági normálerő esetén ellenőrzi a keresztmetszetet a megadott repedéstágassági határértékre. A nyomóerő ($N_{ser} > 0$) növeli a nyomott zóna nagyságát, és csökkenti a repedéstágasságot, a húzóerő csökkenti a nyomott zóna nagyságát, és növeli a repedéstágasság értékét.

A program képes fordított „T” keresztmetszet számítására is. Ekkor értelemszerűen az övlemez szélessége kisebb, mint a gerinclemez szélessége, azaz $b_{eff} < b$.

Ha $M_{ser} < 0$ (vagyis felülhúzás) esetén is kiszámítja a repedéstágasság értékét.

Amennyiben a $M_{ser} < M_{cr}$, akkor a program csak akkor írja ki a repedéstágasság számított értékét, ha azt a „A keresztmetszet korábban már berepedt” kapcsolóval bekapcsoljuk. Ekkor a repedés újra megnyílik, és megkaphatjuk annak értékét.

A feladat jellege szerint megadható vezérlő kapcsolók és beállítások

VB-EC 01 és 02 esetén

Alapadatok

A szerkezet típusa:

Gyengénvasaltság esetén a teherbírást $A_s / A_{s,min}$ szerint redukáljuk

A szerkezet vizsgálatata:

A húzott acél nyúlása nem haladhatja meg az ϵ_{uk} karakterisztikus értéket

- **A szerkezet típusa:** a beton nyomószilárdságának tervezési értéke a tervezési élettartamtól függ, $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$, ahol γ_c a beton parciális biztonsági tényezője, α_{cc} pedig:
 - Épület 50 év $\alpha_{cc} = 1.0$
 - Híd és mélyépítési szerkezet 100 év $\alpha_{cc} = 0.85$
- **Gyengén vasaltság esetén** a teherbírást eszerint redukáljuk:
 - $A_s / A_{s,min}$ – a tényleges és a minimális vasalás arányában (szakirodalom szerint), vagyis a vasalatlan szerkezet teherbírása zérus (ez az alapállapot)
 - $0,67 + 0,33 \cdot A_s / A_{s,min}$ (a korábbi MSZ szerinti, a valósághoz közelebb áll)
 - $0,7 + 0,3 \cdot A_s / A_{s,min}$ (MSZ, ill. a hatályos e-UT 07.01.12:2011. augusztus alapján)
 - $1 + 0 \cdot A_s / A_{s,min}$, azaz a teherbírást NEM redukáljuk
- **A szerkezet vizsgálatata:**
 - Alulhúzásra
 - Felülhúzásra

Lehetőség van egy adott keresztmetszet pozitív (alulhúzás) és negatív (felülhúzás) előjelű tervezési nyomatékának meghatározására. E kapcsoló állásától függ, hogy a felső- vagy az alsó vasalás lesz a húzott.

- **A húzott acél nyúlása nem haladhatja meg az ϵ_{uk} karakterisztikus értéket:**
A program figyelje-e, hogy amennyiben az acél nyúlása a húzott szélső szálaban meghaladja a karakterisztikus értéket (vagyis nem a beton összemorzsolódása nem következik be), és ekkor az acél szélső szálabának karakterisztikus nyúlásának feltételezésével számítsa ki a teherbírási értékét (alapértéke: nincs pipa, ne figyelje)

VB-EC 03/1, 03/2 és VB-EC 04 esetén az előbbieken kívül még megadandó:

A szerkezet típusa:

Gyengénvasaltság esetén a teherbírást $A_s / A_{s,min}$ szerint redukáljuk

A szerkezet vizsgálatata:

A másodrendű külpontosság számítása:

A húzott acél nyúlása nem haladhatja meg az ϵ_{uk} karakterisztikus értéket

M_{0eqp} / M_{0Ed} : tartós/teljes

- **A másodrendű külpontosság számítása:** a kezdeti görbület ($1/r_0$) számításánál a d' értékét hogyan vesszük figyelembe:

- Pontos
$$d' = \frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{A_{s1} \cdot (d_1 - l/2)^2 + A_{s2} \cdot (d_2 - l/2)^2}{(A_{s1} + A_{s2})}}$$
- Közelítő $d' = d_1$

- **M_{0eqp} / M_{0Ed} :** A másodrendű külpontosság $K\phi$ számításánál: $\phi_{eff} = \phi \cdot M_{0eqp} / M_{0Ed}$, vagyis a kúszás végértékét csökkenthetjük a kvázi-állandó és a tervezési kombinációk igénybevételeinek arányában, Itt ezt kell megadni, alapértéke 1.

VB-EC 05 (teherbírási vonal) esetén eddig nem szereplő alapadat:

Alapadatok

A szerkezet típusa:

Gyengénvasaltság esetén a teherbírást $A_s / A_{s,min}$ szerint redukáljuk

A teherbírási vonal vonatkoztatási tengelye:

A húzott acél nyúlása nem haladhatja meg az ϵ_{uk} karakterisztikus értéket

- A teherbírási vonal vonatkoztatási tengelye:
 - Teherbírási középpont – kézi számításoknál és hagyományosan ezt használjuk, ez nem okoz értelmezési gondot, ez a klasszikus értelmezési mód. A húzás esetén azonban itt is van „külpontosság”, mivel a teherbírási középpont általában nem egyezik meg a tiszta betonacél-keresztmetszet súlypontjával.
 - Geometriai középpont - a véges elemes programokban általában a beton-keresztmetszet súlypontja (geometriai középpont) a rúdelem kapcsolódási pontja. Ebben az esetben a maximális „központos” nyomóerő esetén is van ehhez képest külpontosság, mivel $N_{Rd,max}$ a teherbírási középpontban lép fel.

VB-EC 06 (ferde külpontos nyomás (húzás) esetén eddig nem szereplő adat:

Alapadatok

A szerkezet típusa:

Gyengénvasaltság esetén a teherbírást $A_s / A_{s,min}$ szerint redukáljuk

A megfelelés feltételének számítása: $a = f(N_{Ed} / N_{ud})$ - táblázatból

A másodrendű külpontosság számítása:

A húzott acél nyúlása nem haladhatja meg az ϵ_{uk} karakterisztikus értéket

M_{0Eqp} / M_{0Ed} : tartós/teljes

- A megfelelés feltétele $\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}} \right) + \left(\frac{M_{Ed,x}}{M_{Rd,x}} \right) \leq$ számításánál alkalmazott kitevő:
 - Pontosabb – az EC2-ben szereplő táblázatból interpolálható kitevő alapján (az összefüggés csak tiszta hajlítás lineáris, azaz $a=1$, a központos nyomás N_{ud} felé haladva 2-höz (kör alak) közelít N_{ed}/N_{ud} függvényében. A táblázatból másodrendű (parabolikus) közelítéssel interpolálunk.
 - Egyszerűsített – a kitevő 1, vagyis a vonal egyenes, az összefüggés lineáris, ez a függvény konvex jellege miatt a biztonság javára tett közelítés.

VB-EC 07, 08, 09 – a szerkezet típusa és a gyengén vasaltság miatti redukció beállítása szerepel csak

VB-EC 11 és 11N

Alapadatok

Az acélbetét típusa:

A keresztmetszet már korábban berepedt

Az acélbetét típusa: a repedések maximális távolságának $S_{r,max}$ számításánál a k_1 tényező értéke az acélbetét típusától függ – sima betét esetén a repedések távolsága nagyobb, ezért a megnyílásuk is nagyobb lesz (az EC2 szerint a duplája)

- Bordás betét esetén $k_1 = 0,8$
- Sima betét esetén $k_1 = 1,6$

A keresztmetszet korábban már berepedt: ha a keresztmetszet már korábban (pl. zsugorodás, vagy előzőleg nagyobb igénybevételek miatt) berepedt, akkor a repedéstágasságot akkor is kiszámítjuk és kiírjuk, ha a repesztő nyomaték értéke nagyobb, mint a használhatósági nyomaték, azaz $M_{cr} > M_{ser}$, mert ebben az esetben a húzott zóna megnyílik.