5. Példa a betontervezésre különös tekintettel a környezeti osztályra

(BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken kidolgozott típusfeladat. 2002. október)

Napjainkban egybe kell írni: C20/25

Alap adatok							
Beton jele	$R_{m\ 200}$ [N/mm^2]	Cement jele	Konzisz-tencia	d_{max} [mm]	$m = m_{terv}$ fin. mod.	Frakciók fin. modulusa	
						$m_{1,finom}$	$m_{2,durva}$
C 20/25	32	CEM 42,5	K	24	6,03	5,59	6,73

Alap adatok							
Frakciók víztart., [tömeg%]		Friss beton leve-gőtart., [térf.%]	Betonkeverő gép dobtérf., [liter]	Tömörítési tényező	Cement testsűrűsége, [kg/dm^3]	Finom frakció	Durva frakció
$w_{1,finom}$	$w_{2,durva}$						
4,2	1,1	1,2	1250	1,10	3,10	2,60	2,65

A betonok 1982 és 2004 közötti szabványos jeléről itt tájékozódhat:

Betontervezési gyakorló példa

„Első megoldás”

A ***Bolomey-Palotás-féle*** betontervezési módszer alkalmazásával tervezze meg a fenti betontervezési alap adatokkal jellemezett, betömörített frissbetonnak és keverési adagnak az összetételét. Mutassa be, hogy a részeredmények kielégítik a betontervezési feltételeket.

A megtervezendő beton ***x*** víz-cementtényezőjét a feladatlapon megadott, - az **MSZ EN 206-1:2002** szerinti C $f_{ck,\ cyl}/f_{ck,\ cube}$ nyomószilárdsági osztályú betonnak megfelelő - $\boldsymbol{R_{m\ 200}}$ (200 mm méretű, vegyesen tárolt próbakockán értelmezett) átlagos nyomószilárdságból számítjuk ki:

$$x = \frac{1}{\frac{R_{m\ 200}}{A} + 0{,}3} = \frac{1}{\frac{32}{22} + 0{,}3} = 0{,}570$$

ahol ***A*** a cement minőségének függvénye:

Cementminőség		A
MSZ EN 197-1:2000	**MSZ 4702/2:1974**	
CEM 52,5	C 550	27,5
CEM 42,5	C 450	22,0
CEM 32,5	C 350	17,0

Következő lépés az $\boldsymbol{x_0}$ redukált víz-cementtényező kiszámítása:

$$x_0 = \frac{x}{h * h_0 * h_1} = \frac{0{,}570}{1{,}25 * 1{,}00 * 1{,}00} = 0{,}456$$

ahol a ***h***, $\boldsymbol{h_0}$, $\boldsymbol{h_1}$ osztók értéke a konzisztencia, a cement minősége és az adalékanyag legnagyobb szemnagysága függvényében a következő:

Konzisztencia	h	Cement minőség	h_0	d_{max} [mm]	h_1
Földnedves	1,00	CEM 52,5	0,98	12	1,04
Kissé képlékeny	1,15	CEM 42,5	1,00	16	1,01
Képlékeny	1,25	CEM 32,5	1,04	24	1,00
Folyós	1,35			32	0,98

A megadott ***m*** finomsági modulusból és az $\boldsymbol{x_0}$ redukált víz-cementtényezőből kiszámítjuk a $\boldsymbol{c = M_c}$ cementtartalmat:

$$c = \frac{23}{x_0 - 0{,}1} * (11 - m) = \frac{23}{0{,}456 - 0{,}1} * (11 - 6{,}03) = \frac{23}{0{,}356} * 4{,}97 = 321{,}1 \qquad [kg / beton \quad m^3]$$

Az $\boldsymbol{m_0}$ ellenőrző finomsági modulus számítása:

$$m_0 = 2{,}66 * \lg d_{\max} + 2{,}2 + 0{,}0028 * c =$$
$$= 2{,}66 * \lg 24 + 2{,}2 + 0{,}0028 * 321{,}1 = 3{,}671 + 2{,}2 + 0{,}899 = 6{,}77$$

Az $\boldsymbol{m}$ finomsági modulus ellenőrzése:

$$6{,}0253 = 0{,}89 * 6{,}77 = 0{,}89 * m_0 \le m = 6{,}03 \le 1{,}07 * m_0 = 1{,}07 * 6{,}77 = 7{,}244$$

tehát az összetartozó $\boldsymbol{m}$ finomsági modulus és $\boldsymbol{c}$ cementtartalom értéke megfelel.

A beton $\boldsymbol{v = M_v}$ vízadagolásának számítása az $\boldsymbol{x}$ víz-cementtényező és a $\boldsymbol{c}$ cementtartalom segítségével:

$$v = x * c = 0{,}570 * 321{,}1 = 183{,}0 \qquad [kg / m^3]$$

A homokos kavics adalékanyag frakciói részarányának számítása:

$$\alpha_{finom} = \frac{m_{2,durva} - m}{m_{2,durva} - m_{1,finom}} = \frac{6{,}73 - 6{,}03}{6{,}73 - 5{,}59} = \frac{0{,}70}{1{,}14} = 0{,}614 \qquad \textit{és} \qquad \beta_{durva} = 1 - \alpha_{finom} = 0{,}386$$

A beton homokos kavics adalékanyag tartalmának $\boldsymbol{V_a}$ térfogata a finom frakció térfogatának és a durva frakció térfogatának összegéből:

$$V_a = \frac{\alpha_{finom} * M_a}{\rho_{finom}} + \frac{\beta_{durva} * M_a}{\rho_{durva}} = M_a * \left(\frac{\alpha_{finom}}{\rho_{finom}} + \frac{\beta_{durva}}{\rho_{durva}} \right) =$$
$$= M_a * \left(\frac{0{,}614}{2{,}60} + \frac{0{,}386}{2{,}65} \right) = 0{,}38181 * M_a \qquad [liter / m^3]$$

majd folytatva:

$$V_a = 0{,}38181 * M_a = 1000 - \left(\frac{c}{\rho_c} + v + V_{levegő} \right) =$$
$$= 1000 - \left(\frac{321{,}1}{3{,}1} + 183{,}0 + 12 \right) = 1000 - 298{,}6 = 701{,}4 \qquad [liter / m^3]$$

A beton adalékanyag tartalma tömegben kifejezve:

$$M_a = \frac{V_a}{\left(\frac{\alpha_{finom}}{\rho_{finom}} + \frac{\beta_{durva}}{\rho_{durva}} \right)} = \frac{701{,}4}{0{,}38181} = 701{,}4 * 2{,}6191 = 1837{,}0 \qquad [kg / m^3]$$

ahol:

$$\rho_a = \frac{1}{\left(\frac{\alpha_{finom}}{\rho_{finom}} + \frac{\beta_{durva}}{\rho_{durva}} \right)} = 2{,}619 \qquad [kg / dm^3]$$

a homokos kavics adalékanyag (keverék) testsűrűsége.

A finom frakció tartalom:

$$M_{a,\text{finom}} = \alpha_{finom} * M_a = 0{,}614 * 1837{,}0 = 1127{,}9 \qquad [kg/m^3]$$

A durva frakció tartalom:

$$M_{a,durva} = \beta_{durva} * M_a = 0{,}386 * 1837{,}0 = 709{,}1 \qquad [kg/m^3]$$

Ellenőrzés:

$$M_a = M_{a,finom} + M_{a.durva} = 1127{,}9 + 709{,}1 = 1837{,}0 \qquad [kg/m^3]$$

A beton összetételének illetve keverési arányának számítása:

A beton összetevői	A beton összetétele (alap keverék) [kg/m^3]	Adalékanyag víztartalma [kg/m^3]	Korrigált összetétel a vízkorrekció miatt [kg/m^3]	Az 1 m^3 dobtérfogatú betonkeverőben megkeverhető adag [kg/keverék]	Az 1,25 m^3 dobtérfogatú betonkeverőben megkeverhető adag [kg/keverék]
Cement	321,1		321,1	321,1/1,1= =291,91	1,25*291,91= =364,88
Víz	183,0		183,0-47,4-7,8= =127,8	127,8/1,1= =116,18	1,25*116,18= =145,22
Finom frakció	1127,9	1127,9*0,042= =47,4	1127,9+47,4= =1175,3	1175,3/1,1= =1068,45	1,25*1068,45= =1335,56
Durva frakció	709,1	709,1*0,011= =7,8	709,1+7,8= =716,9	716,9/1,1= =651,73	1,25*651,73= =814,66
Összesen	* 2341,1		* 2341,1	2128,3 és ellenőrizve: 2341,1/1,1= =2128,3	2660,3 és ellenőrizve: 1,25*2128,3= =2660,4

* A friss beton testsűrűsége: 2341,1 kg/m^3

A számítás rész- és végeredményei: **A beton jele: C20/25 - XC1 - 24/K**

Számított adatok						
x	**x_0**	**m_0**	**c = M_c**	**α**	**v = M_v**	**V_a**
Vízcement-tényező	Redukált víz-cementtényező	Ellenőrző modulus	Cementtart. [kg/m^3]	Finom frakció részaránya	Vízadagolás [kg/m^3]	Adalékanyag térf., [liter/m^3]
0,570	0,456	6,77	321,1	0,614	183,0	701,4

Számított adatok						
M_a	**$M_{a,finom}$**	**$M_{a,durva}$**	Víztartalom az	**Hom. kavics víztartalma miatt korr.**		
Adalékanyag	Finom frakció	Durva frakció	adalékanyagban	**Korr. M_v**	**Korr. $M_{a,finom}$**	**Korr. $M_{a,durva}$**
tart., [kg/m^3]	tart., [kg/m^3]	tart., [kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]	[kg/m^3]
1837,0	1127,9	709,1	55,2	127,8	1175,3	716,9

Számított adatok					
Frissbeton	**A keverés adagjai**				
testsűrűsége	**c_{adag}**	**v_{adag}**	**Finom fr.$_{adag}$**	**Durva fr.$_{adag}$**	**Beton$_{adag}$**
[kg/m^3]	[kg/keverés]	[kg/keverés]	[kg/keverés]	[kg/keverés]	[kg/keverés]
2341,1	364,9	145,2	1335,6	814,7	2660,4

Betontervezési gyakorló példa

„Szorgalmi feladat”

A betontervezési gyakorló példa „első megoldása” helyes, de nem feltétlenül cement-takarékos eredményre vezetett. Vizsgáljuk meg, hogy a gyakorló példa „első megoldásában” szereplő C20/25 - 24/K jelű beton elkészíthető-e kevesebb, mint a hivatkozott példában eredményül kapott 321,1 kg/m^3 cementtel, és ha igen, akkor a cement-takarékos megoldásnak melyek a feltételei.

A *Bolomey-Palotás-féle* betontervezési módszer szerint a finomsági modulus legnagyobb ***(m_{max})*** - tudvalevőleg legkisebb cementtartalmat ***(c_{min})*** igénylő - értéke: $m_{max} = 1{,}07 * m_0$. Ezt a feltételt a finomsági modulus összefüggésébe helyettesítve:

$$m_{\max} = 11 - (x_0 - 0{,}1) * \frac{c_{\min}}{23} = 1{,}07 * m_0$$

majd abból az m_0-t kifejezve, és azt egyenlővé téve az m_0 ellenőrző finomsági modulus összefüggésének (lásd az 1. sz. gyakorló példát) jobboldalával (amelybe $c = c_{min}$ írandó), és az egyenletet c_{min}-re rendezve azt kapjuk, hogy

$$c_{\min} = \frac{198{,}858 - 65{,}4626 * \lg d_{\max}}{x_0 - 0{,}031092}$$

ami a legkisebb cement mennyiség értéke. Példánk szerint:

$$c_{\min} = \frac{198{,}858 - 65{,}4626 * \lg 24}{0{,}456 - 0{,}031092} = \frac{108{,}5058}{0{,}4249} = 255{,}4 \qquad [kg / beton \quad m^3]$$

Kiszámítjuk a kapott legkisebb cement mennyiséghez (c_{min}) tartozó legnagyobb finomsági modulust:

$$m_{\max} = 11 - (x_0 - 0{,}1) * \frac{c_{\min}}{23} = 11 - (0{,}456 - 0{,}1) * \frac{255{,}4}{23} = 11 - 3{,}953 = 7{,}05$$

Ez az eredmény megfelel, mert a $d_{max} = 24$ **mm** legnagyobb szemnagysághoz tartozó - megengedett legnagyobb finomsági modulusú - ***A*** határgörbe finomsági modulusa $m_{24,A} = 7{,}13$, azaz

$$7{,}05 = m_{\max} < m_{24,A} = 7{,}13$$

és az m_0 ellenőrző finomsági modulus:

$$m_0 = 2{,}66 * \lg d_{\max} + 2{,}2 + 0{,}0028 * c_{\min} =$$
$$= 2{,}66 * \lg 24 + 2{,}2 + 0{,}0028 * 255{,}4 = 3{,}671 + 2{,}2 + 0{,}715 = 6{,}59$$

továbbá az ellenőrzés:

$$5{,}865 = 0{,}89 * 6{,}59 = 0{,}89 * m_0 \le m_{\max} = 7{,}05 \le 1{,}07 * m_0 = 1{,}07 * 6{,}59 = 7{,}051$$

tehát az összetartozó m_{max} legnagyobb finomsági modulus és c_{min} legkisebb cementtartalom értéke megfelel.

A C20/25 - 24/K jelű beton tehát előállítható az eredetileg számítottnál („első megoldás”) kevesebb CEM 42,5 minőségű cementtel is, de ennek az a feltétele, hogy az adalékanyag finomsági modulusát $m = 6{,}03$ értékről $m_{max} = 7{,}05$ értékre kell növelni.

A cement megtakarításnak példánk esetén más ára is van. Nevezetesen az, hogy $c_{min} = 255{,}4 < 260{,}0$ **kg/m^3**, és ezért a betonunk az eredeti ***XC1*** környezeti (kitéti) osztály helyett csak az „***X0v(H)***” környezeti osztályba sorolható be.

A számítás eredménye tehát az, hogy a betont **CEM 42,5 minőségű cementtel** készítve, a beton jele**:**

A cement-takarékos beton jele: C20/25 - X0v(H) - 24/K

Ha azt akarjuk, hogy a betonunk környezeti (kitéti) osztálya továbbra is ***XC1*** legyen, akkor erre két lehetőségünk nyílik:

- vagy $c = 260{,}0\ kg/m^3$ adagolású ***CEM 42,5*** minőségű cementtel, és ehhez a cement mennyiséghez tartozó $m = 6{,}98$ finomsági modulusú adalékanyaggal készítjük el a betont (ami az előbbi példa adataihoz képest nem egy jelentős eltérés, de más esetben számottevő is lehet);
- vagy kisebb szilárdságú, azaz ***CEM 32,5*** minőségű cement alkalmazásával növeljük a ***C20/25 - 24/K*** jelű beton cementtartalmát, ha ennek van értelme.

Most nézzünk ez utóbbira példát:

Betontervezési gyakorló példa

„Hangyaszorgalmi feladat”

Ha a ***C20/25 - 24/K*** jelű betont ***CEM 32,5*** minőségű cementtel készítjük, akkor (és tessék utána számolni)

a víz-cementtényező értéke: $x = 0{,}458$

a redukált víz-cementtényező értéke: $x_0 = 0{,}352$

a megengedett legkisebb cementtartalom: $c_{min} = 338{,}1\ kg/m^3$

a hozzá tartozó megengedett legnagyobb finomsági modulus: $m_{max} = 7{,}30$

amelynek mértékadó értéke $m_{24,A} = 7{,}13$ miatt: $m_{mértékadó} = 7{,}13$

az $m_{mértékadó}$ finomsági modulushoz tartozó mértékadó cementtartalom: $c_{mértékadó} = 353{,}2\ kg/m^3$

a $c_{mértékadó}$ cementtartalomhoz tartozó ellenőrző finomsági modulus: $m_{0,\ mértékadó} = 6{,}86$

és az ellenőrzés: $6{,}11 = 0{,}89 * m_{0,\ mértékadó} < m_{mértékadó} = 7{,}13 < 1{,}07 * m_{0,\ mértékaó} = 7{,}34$

tehát a megoldás elvileg megfelel.

A ***C20/25 - 24/K*** jelű beton elkészítésének alternatívái tehát a következők:

Gyakorló példa	Cement minőség	Cement mennyiség [kg/m^3]	Környezeti (kitéti) osztály
„Első megoldás”	CEM 42,5	321,1	XC1
„Szorgalmi feladat”	**CEM 42,5**	255,4 **260,0**	X0 vasbeton **XC1**
„Hangyaszorgalmi feladat”	CEM 32,5	353,2	XC1

Minthogy az ***MSZ EN 206-1:2002*** európai szabvány szerint a ***C20/25*** nyomószilárdsági osztályú betonból a cementtartalom $260{,}0\ kg/m^3$ érték fölé növelésével sem lehet az ***XC1*** környezeti (kitéti) osztályúnál jobb betont előállítani, ezért cement minőség csökkentéssel a cementtartalomnak e határérték fölé való jelentős emelését időjárási vagy gazdasági okokon kívül más nem indokolhatja.

Annak előrebocsátásával, hogy más példák (más alap adatok) esetén más számarányok alakulnak ki és más következtetések vonhatók le, a **„szorgalmi” és a „hangyaszorgalmi” feladatot** egybevetve jó megoldásának azt a beton összetételt tekintjük, amely

legalább $260\ kg/m^3$ adagolású ***CEM 42,5*** minőségű cementtel készül, és amelynek jele: **C20/25 - XC1 - 24/K**

Mindez természetesen nem jelenti azt, hogy a gyakorló példa „első megoldása”, mint egyetlen jó megoldás a maga alap adataival, ne lenne helyes. Csak azt jelenti, hogy a gyakorló példa megadott alap adatai „első megoldásban” azaz első közelítésben nem eredményeztek optimális beton összetételt és minőséget.

Budapest, 2002. október

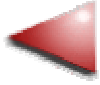
Hátra az előző számpéldához

Előre a következő számpéldához

Vissza a

Noteszlapok abc-ben

Noteszlapok tárgykörönként



tartalomjegyzékhez

Vissza a számpéldák tartalomjegyzékéhez