

Praktiski konstruktīvās integritātes nodrošināšana



Normunds Tirāns,
Dr. sc. ing., SIA IG Kurbads būvinženieris

Iepriekšējos *Būvinženiera* numuros stāstījām par to, kas ir progresējošais sabrukums, aktualizējām būvnormatīvu prasības, atklājām tendences šī jautājuma risināšanā. Atgādināšu – ēkas vai būves sabrukumu sauc par progresējošu, ja viena konstruktīvā elementa sabrukums izraisa citu elementu sabrukumu un kopējais sabrukūšais konstrukcijas apjoms vai laukums ir ievērojami lielāks par sākotnējās avārijas apjomu vai laukumu.

Šī problēma aktualizēta nesen, pagaidām būvnormatīvu un aprēķinu metodiku prasības bieži vien ir nekonkrētas un pretrunīgas. Šajā rakstā apkopotas pārdomas par iespējamiem praktiskiem pasākumiem būvju konstruktīvās integritātes nodrošināšanai.

Kopā ar Gati Vilku kā Latvijas LVS pārstāvji 20. novembrī piedalījāmies kārtējā CEN/TC 250/WG 6 *Robustness* darba grupas sēdē. CEN ir Eiropas standartizācijas komiteja, kurā iekļaujas Latvijas Valsts standarts un kura ir atbildīga par Eirokodeksu izstrādi. Darba grupā atkārtoti tika pārrunātas normatīvu prasības. Ir vienprātība par to, ka spēkā esošā standarta EN 1991-1-7 (turpmāk saīsināti – EC-1-1-7) A pielikuma rekomendācijas būvju karkasu saišu vērtībām ir pārāk mazas, tās neatbilst konstruktīvās integritātes nodrošināšanai. Respektīvi – ja

atbilstoši Eirokodeksiem projektētai jaunbūvei paredzam saites pēc EC-1-1-7 A pielikuma rekomendācijām un ja šai ēkai tiks izrauta kāda zemāko stāvu kolonna vai sienas fragments, tad, visticamāk, saišu vērtības nebūs pietiekamas, lai novērstu visas celtnes neproporcionāli lielu sabrukumu. Nevar apgalvot, ka visa ēka sabruks kā kāršu namiņš, tomēr, ja karkasam izdosies pretoties vispārīgam sabrukumam, tad, visticamāk, tam būs palīdzējis kas cits, nevis atbilstoši EC-1-1-7 rekomendācijām paredzētās saites. Un, protams, vēl mazākas EN 1992-1-1, turpmāk saīsināti – EC-2, rekomendētās saišu vērtības vēl necīgāk palīdzētu reāla kolonnas vai sienas posma izraušanas gadījumā.

Ar kolonnas vai sienas posma izraušanu tiek saprasti gan tādi negadījumi kā sprādzieni vai konstrukcijas taranēšana ar neplānoti



Plaši tiek veikti pētījumi par konstrukciju uzvedību ekstremālās situācijās.

milzīgu kravas auto, gan arī situācijas, kurās kļūdas būvniecībā var summēties ar kādu neprofesionāli veidotu jaunu aili vai līdzīgām situācijām. Latvijā jau ir redzēti vispārsteidzošākie nelegālas būvniecības rezultāti. Līdz ar to vēl arvien strīdīgi ir jautājumi par nepieciešamību visām ēkām nodrošināt konstruktīvo integritāti. Īpaši tādēļ, ka šo pasākumu cenas dēļ no tirgus var pazust saliekamās

dzelzsbetona daudzstāvu ēkas, tas tomēr ir ievērojams sadārdzinājums.

Šī situācija raisa pārdomas. Iespējams, pārtērētāji, kam nepieciešami budžeta dzīvokļi, ir gatavi kontrolēt terorisma draudus un atteikties no gāzes izmantošanas. Pirmā stāva kolonnas var projektēt kā atslēgas elementus, t. i., ļoti izturīgas, un nodrošināt kontroli, kas novērš nelegālu un nepārdomātu būvniecību.



Šis ēkas neatbilst Eirokodeksu konstruktīvajām integritātes prasībām.

Varbūt tomēr ir iespējams pašiem izsvērt visus *par* un *pret* un izvēlēties lētāku mājokli, kas neizpilda šajos rakstos minētās konstruktīvās integritātes prasības. Vajadzētu apzināties, kurām ēkām konstruktīvā integritāte ir un kurām nav jānodrošina pilnā apjomā. Bet tas ir tikai mūsu viedoklis, pagaidām CEN darba grupās netiek apskatītas citas iespējas – visām ēkām jānodrošina minētās prasības pēc pilnas programmas. Ja konstruktīvās integritātes nodrošināšana tiek prasīta, tad tā jānodrošina vai arī skaidri jāatzīst, ka ar neatbilstošām saišu vērtībām, kā tas iestrādāts EC-1-1-7 A pielikumā, šī prasība netiek nodrošināta.

Kā pareizi lietot EC-1-17

Šī standarta prasība jāņem vērā pie mums projektētām būvēm, lai izpildītu Latvijas būvnormatīvu prasības. Ar šī standarta izpildīšanu tiek atceltas EC-2 prasības, un tas attiecas uz visām otrās un trešās seku klases būvēm.

Ceram, ka drīz pēc žurnāla iznākšanas tiks veikti labojumi Latvijas Eirokodeksu nacionālajos pielikumos, kas mūsu nacionālās iz-

vēles līmenī EC-2 prasības pielīdzinās EC-1-1-7 prasībām.

Pēc šī standarta, nosakot saišu spēkus, jāņem vērā visas faktiskās slodzes – ne tikai pārseguma slodze, bet arī fasādes slodze, sienu slodze un citas pastāvīgās slodzes, ja tādas ir. Tajā pašā laikā – ja ir iespējams fasādes konstrukciju vai arī iekšējās starpsienas novērtēt kā slodzi pārdalošas, ir loģiski to ņemt vērā, izvēloties alternatīva slodžu ceļa aprēķinu.

Kaut arī nav pārliecības par to, ka ēka ir nodrošināta pret progresējošu sabrukumu, izpildot visas EC-1-1-7 rekomendācijas (t. sk. rēķinoties ar pilnu pārseguma slodzi, ieskaitot arī visas sienas, kas stāv uz pārsegumiem) un izņemot kādu vidējo kolonnu, tomēr ir cerības uz konstrukciju telpisko darbu un citiem papildu apstākļiem.

Stūra kolonnu izraušanas gadījumā elementāra būvmehānika rāda, ka tai piegulošajām sijām nāksies strādāt kā konsolēm. Kaut arī EC-1-1-7 neprasa īpašus risinājumus saistīšanai pie stūriem, laba prakse būtu tam pievērst papildu uzmanību. Pie stūriem vajadzētu paredzēt papildu saites – veikt pārbaudes alternatīvajam slodžu ceļam bez stūra kolonnas, rēķinoties ar kvazi pastāvīgajām slodzēm un materiālu vidējām vērtībām, vai arī stūra kolonnām tomēr nodrošināt papildu stiprību kā atslēgas elementiem. Šis jautājums tiek atstāts inženieru ziņā, taču stūra kolonnām ir nepieciešama īpaša uzmanība un nav pietiekama formāla EC-1-1-7 prasību izpildīšana.

Rekonstrukcijas risinājumi

Ir skaidrs, ka jāprojektē pret progresējošo sabrukumu noturīgas ēkas. Ir jāizpilda ne vien būvnormatīvu prasības, bet projektā jārealizē arī labā prakse un jaunākās atziņas. Saitēšana jāveic ar pilnām slodzēm (nemēģinot aizbildināties ar to, kas sanāk, sekojot standartam) un jādomā par stūra kolonnu noturību ārkārtas situācijās.

Daudzām jau uzbūvētām ēkām varētu būt problemātiski veikt pasākumus, kas pasargā no progresējošā sabrukuma.



Būve izrādījās pietiekami robusta.

Attēls no prairiebusinessmagazine.com.

Veicot rekonstrukciju un nepalielinot slodzes, mēs varam vadīties ar prasībām, kādas bija pirms Eirokodeksiem.

Bieži vien slodze tiek nedaudz palielināta. Ir korekti jāveic visu elementu pārbaudes un nepieciešamā pastiprināšana, rekonstrukcijai jābūt tādai, lai tā nepasliktina esošo situāciju. Ja ir tehniskas iespējas ēkas stiprināt, padarīt noturīgākas pret progresējošo sabrukumu, tas jā dara. Nav pieļaujams, ka situācija tiek pasliktināta, aizbildinoties ar tehniskām iespējām, formālām, kaut arī būvnormatīvos balstītām atziņām.

Inženierim ir liels izaicinājums daudzstāvu ēkas betona paneļus aizstāt ar stikla fasādi, kas, veidojoties alternatīvam slodzes ceļam, mazāk iekļausies konstrukcijas kopējā darbā vai pat nespēs tajā iekļauties. Konstrukcijas vājināšana pēc rekonstrukcijas jākompensē ar papildu saitēm vai citiem konstruktīviem risinājumiem. Situācijas pasliktināšana nav pieļaujama, kompensējošiem pasākumiem jābūt pietiekamiem, lai pārliecinoši kompensētu vājinājumus.

Neviens Rīgas mikrorajons neatbilst jaunās

konstruktīvās integritātes prasībām, tāpat kā daudzas senākas mājas. Arī vēsturiskas ēkas, ko atzīst par būvmākslas pieminekļiem, visbiežāk šīm prasībām neatbilst.

Vēsturiskie objekti sargā īpaši noteikumi. Arī citas ēkas jā sargā no jaunām, kaut arī saprātīgām prasībām, ja tās ir labas un lietojamas, tikai nav projektētas tā, lai spētu pildīt jaunās konstruktīvās integritātes prasības. Jādara viss iespējamais, bet jauno prasību vārdā šīs mājas nav jānojauc vai arī jāveic tādi pasākumi, kuru izmaksas liek apšaubīt nepieciešamību šīs ēkas rekonstruēt. Prasībām jābūt saprātīgām – tādām, ko sabiedrība spēj apmaksāt. Visekoloģiskākā māja ir tā, kas jau uzbūvēta.

Šo atziņu nepieciešams iekļaut arī būvnormatīvos. Pašlaik tehnisku diskusiju aizstāj ar polemiku, tiek izmantoti argumenti, kas netiek definēti būvnormatīvos.

Praktiski norādījumi

Iepriekš rakstītais bija domāts visiem būvinženieriem, taču šī nodaļa tiks veltīta būvkonstrukciju projektētājiem.



Ēkas konstruktīvā integritāte šoreiz bija pietiekama.

Attēls no boston.cbslocal.com.

Jaunajiem projektiem nepieciešams nodrošināt EC-1-1-7 prasības.

1) Nestandarta konstrukcijām jāmeklē alternatīvie slodžu ceļi. Un par tiem EC-1-1-7 diemžēl informācijas ir ļoti maz. Tādēļ inženierim jāveic savi pieņēmumi. Veicot alternatīvo slodžu ceļu analīzi, rekomendējam skatīties Amerikas Savienoto Valstu *Unified Facilities Criteria (UFC) – Design of Buildings to Resist Progressive Collapse UFC 4-023-03*. Tur iespējams rast argumentus no aprēķina izslēdzamo sienu posmu platumiem, izvietojumam un līdzīgiem praktiskiem jautājumiem, par ko Eirokodeksi klusē.

2) Vēl viens jautājums, uz kuru nav skaidras atbildes, – kāds dinamisks koeficients jālieto, reizinot statisku spēku, iegūtu pie aprēķinā ar izlieci ~0,2 L. Dažādās versijās šāds koeficients varētu būt no 1 līdz 2 un pat vairāk. Svarīgi saprast, ka šāds dinamiskais koeficients novērtē divus dažādus procesus – papildu spēkus elementos no pārseguma masas krišanas inerces spēkiem (palielinošs lineārs dinamiskais koeficients) un dinamiskas komponentes samazinājums visas konstrukcijas plastiskuma un nelinearitātes dēļ (samazinošs korekcijas koeficients, atkarīgs no daudziem grūti nosakāmiem faktoriem, t. sk. no materiālu plastiskuma, plaisāšanas, balstošas konstrukcijas sabru-

kuma ātruma, balstu padevīguma, nekonstruktīvu elementu – grīdas, fasādes, starpsienas – ietekmes utt.). Tāpēc atsevišķas metodikas izdala dinamisku koeficientu divos. Palielinošo lineāru dinamisku koeficientu dažādi pētījumi un metodikas novērtē ap 2, taču par samazinošo korekcijas koeficientu grūti atrast pārlicinošus pētījumus. Nav viegli iedomāties tādu pētījumu programmu, kas spētu novērtēt korekcijas koeficientu dažādām ēkām pie konstruktīvām shēmām.

Vairākas metodikas palielina statistiskā aprēķina iegūtos spēkus 1,20 un 1,35 reizes. Kamēr nav iegūti citi dati, tas ir pareizākais dinamiskā koeficienta pieņēmums tipiskām dzīvojamām un administratīvam ēkām, ja tiek izpildīti konstrukcijas trauslumu mazinošie nosacījumi. Ja ir maz faktoru, kas spētu pazemināt dinamisku ietekmi (trausli materiāli, lieli laidumi, nav starpsienu utt.), tad šķiet pamatoti pieņemt dinamisko koeficientu 2. Šis jautājums prasa izpēti. CEN/TC 250/WG 6 *Robustness* darba grupa patlaban to dara. Taču diez vai tiksīm pie rezultātiem ātrāk kā pēc pieciem, astoņiem gadiem.

3) Saliekamu dzelzsbetona konstrukciju spēja nodrošināt ~0,2 L izlieci kritiskā situācijā raisa šaubas. Iepriekš saspriegtām dzelzsbetona konstrukcijām ir mazāka plaisāšanas

un pagarināšanas kapacitāte, līdz ar to lielāka loma deformāciju nodrošināšanā ir mezgliem. Mezgli ir kritiskais nestspējas posms, un pārlicinošu mezglu izveidei, kas spētu uzņemt atbilstošus saišu stiepes spēkus un realizēt lielas deformācijas, vajadzīgi resursi, to izveide var mazināt konstrukcijas montē-

šanas ātrumu. Trūkst eksperimentālas pārbaudes, kas apliecinātu saliekamu konstrukciju saitēšanas metožu adekvātumu.

4) Uzskatām, ka ir pamatoti runāt par lūzuma līniju teorijas (*Yield Line Theory*) un citu enerģētisko metožu izmantošanu, meklējot un pārbaudot alternatīvos slodžu ceļus.

Kopsavilkums

Pašlaik mēs lietojam Eirokodeksos iestrādātu aprēķina metodiku, kas nenodrošina būvju konstruktīvo integritāti. Šī metodika būs spēkā līdz jaunajai Eirokodeksu paaudzei. Tā tiek solīta 20. gadu vidū, bet līdz šim ir regulāri atlikta, tas pats gaidāms arī tuvākā nākotnē. Varbūt vajadzētu strādāt pie pagaidu risinājumiem? Šis darbs mums palīdzēs izvēlēties nacionālos parametrus jaunajai Eirokodeksu paaudzei, kad tā pienāks.

Esošo ēku rekonstrukcijas gadījumos bieži tehniski ļoti dārgi ir izpildīt šīs prasības, turklāt ir skaidrs, ka tās negarantē būvju konstruktīvo integritāti. Nav zināms, vai reālās prasības būs tehniski viegli izpildāmas. Vai nebūtu saprātīgi definēt prasības nepasliktināt situāciju un darīt visu, ko ar esošajiem līdzekļiem spējam? Nav skaidrs, kādi būtu pareizi formulējumi, bet par to vajadzētu sākt domāt. BI



UZTICAMI JUMTA SEGUMU UN SILTUMIZOLĀCIJAS RISINĀJUMI!

