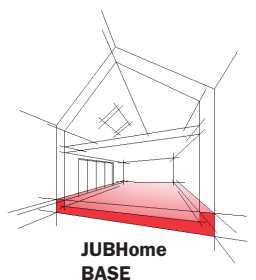
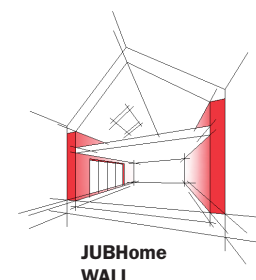


Sistem za toplotno izoliranje temeljnih plošč JUBHome BASE

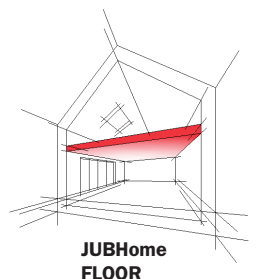
3. del: Konstrukcijski izračun talne plošče JUBHome BASE



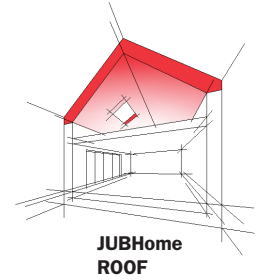
JUBHome
BASE



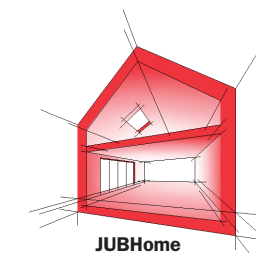
JUBHome
WALL



JUBHome
FLOOR



JUBHome
ROOF



JUBHome

Določitev vertikalnega modula reakcije podlage

Toplotnoizolirana talna plošča konstrukcijsko predstavlja talno ploščo na elastični podlagi in se lahko za izračun upogibnih obremenitev in armature v plošči uporabijo poljubne razpoložljive računske metode. Potrebno je le določiti pravi vertikalni modul reakcije tal, ki je običajno vhodni podatek za prikaz lastnosti računskih vzmeti pri izračunu talne plošče na elastični podlagi.

Vertikalni modul reakcije podlage je sestavljen iz dveh delov in sicer iz modula reakcije osnovnih tal k_z in prispevka toplotne izolacije pod talno ploščo k_n [8]. Skupni modul dobimo kot recipročno vrednost vsote recipročnih vrednosti posameznih modulov reakcije tal (princip določitve togosti za zaporedno vezane vzmeti).

Vertikalni modul reakcije osnovnih tal k_z nam običajno posreduje geomehanik, lahko pa ga približno ocenimo sami, če napetost v tleh pod delovno obtežbo talne plošče delimo s pričakovanim posedkom (brez toplotne izolacije) pod obremenjeno površino. Pri tem bodimo pozorni na razlike med globalnimi in lokalnimi posedki pod talno ploščo, ki so merodajni za izračun armature. Globalni posedki pod objektom so lahko veliki, vendar ti absolutni posedki niso tisti, na podlagi katerih določimo armaturo.

Prispevek modula reakcije podlage toplotne izolacije k_n dobimo na sledeč način:

$$k_n = \sigma / \Delta u_n = \sigma / (\varepsilon \cdot d_n) = E_n / d_n \quad [\text{kN/m}^3] \quad (1)$$

- σ ... napetost tal oziroma napetost v toplotni izolaciji
- Δu_n ... posedek toplotne izolacije
- ε ... deformacija toplotne izolacije
- d_n ... debelina toplotne izolacije
- E_n ... elastični modul toplotne izolacije (bodisi kratkotrajni E ali dolgotrajni E_{cc})

Skupni vertikalni modul reakcije podlage je torej:

$$k_v = 1 / (1/k_z + 1/k_n) \quad [\text{kN/m}^3] \quad (2)$$

Pri tem za izračun skupnega vertikalnega modula reakcije tal uporabimo tisti elastični modul to-

plotne izolacije, ki je smiselno v posamezni kontroli konstrukcijskega dimenzioniranja. Za določitev nihajnega časa objekta in s tem potresnih sil ter pri kratkotrajnih obtežbenih kombinacijah uporabimo običajni, kratkotrajni elastični modul toplotne izolacije E , za npr. dimenzioniranje plošče pod dolgotrajnimi obtežnimi kombinacijami pa dolgotrajni E_{cc} modul kot sledi v nadaljevanju.

Določitev strižne togosti toplotne izolacije na enoto površine

Poleg vertikalnega modula reakcije tal je pri določitvi nihajnih časov in potresnih sil pri debelejših toplotnih izolacijah zaradi bočnega zibanja pomembna tudi strižna togost na enoto površine. Po analogiji z vertikalnim modulom reakcije podlage ta količina predstavlja obnašanje podpor- nih vzmeti temeljne plošče v obeh horizontalnih smereh. Strižna togost na enoto površine k_{30} je na podlagi rezultatov testiranja določena pri 30 odstotni strižni napetosti potrebni za zdrs temelja in pripadajočem pomiku pri tej napetosti, za debelino izolacije 30 cm. Podana je v tabeli 2. Z redukcijo te togosti z dejansko debelino vgrajene izolacije dobimo računsko strižno togost na enoto površine k_n .

$$k_n = k_{30} \cdot d_o / d_n \quad [\text{kN/m}^3] \quad (3)$$

- $d_o = 0,3 \text{ m}$... testna debelina toplotne izolacije
- d_n ... dejanska debelina toplotne izolacije

Določitev potresnih sil

Da pri enostanovanjskih hišah poenostavimo preverjanje nosilnosti talne plošče pri dveh različnih elastičnih moduli se predlaga, da najprej določimo potresne sile na objekt pri kratkotrajnem modulu E in strižni togosti na enoto površine k_n po eni izmed predpisanih metod. Predlaga se Metoda z vodoravnimi silami po tč. 4.3.3.2 SIST EN 1998:2006 s katero lahko dokaj enostavno določimo maso objekta in raznos sil po etažah glede na vse posebnosti in tip konstrukcije nadgradnje. Vpliv torzije upoštevamo po SIST EN 1998 z dodatnim torzijskim momentom ali poenostavljeno s povečanjem obremenitev ver-

tikalnih konstrukcijskih elementov s faktorjem δ , kar posledično poveča potresni vpliv pri dimenzioniranju plošče.

Dobljene potresne sile po tej poenostavljeni metodi so nato vhodni podatek za nadaljnjo analizo vseh obtežnih primerov in njihovih kombinacij pri enem samem to je dolgotrajnem elastičnem modulu.

Pri tem velja opomniti, da se z vložkom toplotne izolacije pod talno ploščo poveča nihajni čas objekta in se z ozirom na elastični spekter odziva spremenijo potresne sile glede na neizolirano talno ploščo [9].

Kontrole stabilnosti

Skladno s pravili EVROKODOV je potrebno za objekte preverjati statično ravnoesje, ki sodi v sklop kontrol mejnega stanja porušitev. Ker je pri nas potres daleč največja horizontalna obtežba se pri tej kontroli omejimo zgolj na potresne vplive. Za druge horizontalne obtežbe se lahko predlagane kontrole stabilnosti smiselno prilagodijo, če so potrebne.

• Kontrola prevrnitve

Standard SIST EN 1998-1 v točki 4.4.2.4 kot eno izmed osnovnih preverjanj zahteva kontrolo stabilnosti na prevrnitev pri potresnem stanju, kar izvedemo s primerjavo momenta zaradi potresne sile po Metodi z vodoravnimi silami F_b in momenta zaradi teže objekta W , določena glede na izbrano vrstiče. Kontrola prevrnitve objekta po principu statičnega ravnoesja je za dinamične potresne sile precej

konservativna zato lahko predpostavimo rezultanto horizontalnih potresnih sil na polovici višine objekta H . Pri tem je H merjen od temeljne plošče do zgornje etažne plošče. Kontrolo izvedemo za obe smeri potresa pri čemer upoštevamo dolžino stranice objekta L in faktor obnašanja q ustrezno izbrani smeri [7].

$$F_{bi} \cdot q_i \cdot H/2 \leq W L/2 \quad (4)$$

i ... indeks smeri potresa (X, Y)

Enačbo (4) lahko še nadalje poenostavimo, če iz spektra odziva privzamemo najbolj neugodno območje nihajnih časov in s tem največjo potresno silo določeno na osnovi elastičnega spektra pospeškov. Kontrola prevrnitve se v tem primeru prevede na omejitve višine glede na stranico objekta [7].

• Kontrola zdrsa

Rezultati testiranj talnih sklopov na FGG IKPIR [7] so pokazali, da pri horizontalni obtežbi v mejnem stanju vedno pride do zdrsa na stiku EPSa in hidroizolacije. Stik EPSa in betona je bistveno bolj nosilen, saj je celo mehansko odstranjevanje EPSa od betonske površine težavno. Koeficient lepenja za stik varjene bitumenske hidroizolacije in EPSa je bil za prosto položene plošče EPSa pri tlačnih napetostih 50 in 100 kPa privzet kot minimalen izmed dobljenih vrednosti in sicer $k_f=0,61$.

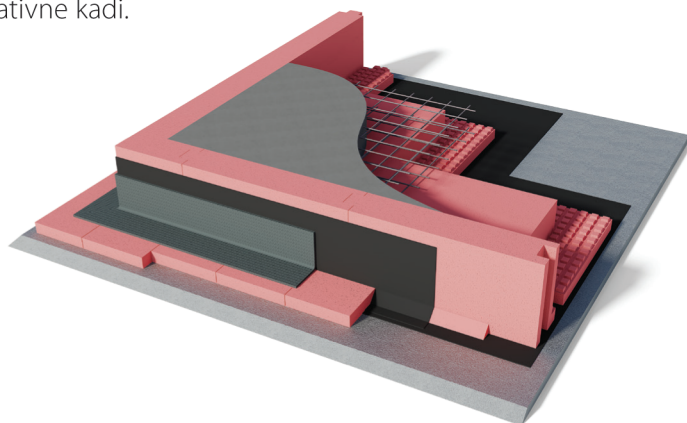
JUBHome d.o.o. ponuja nov sistem za toplotno izoliranje temeljnih plošč nizkoenergijskih hiš - JUBHome BASE.

- ▶ Za nizkoenergijske stavbe vseh vrst nadgradenj.
- ▶ Sistemsko omogoča kakovostno izvedbo zveznega toplotnega in hidroizolacijskega ovoja temeljne plošče.
- ▶ V okviru rastra 7,5 cm prilagojen individualnemu objektu – gradbišče brez odpadkov.
- ▶ Brezplačen načrt sestavljanja toplotnoizolativne kadi.
- ▶ Opaženje ni potrebno.

Svetovanje projektantom in izvajalcem je zagotovljeno.

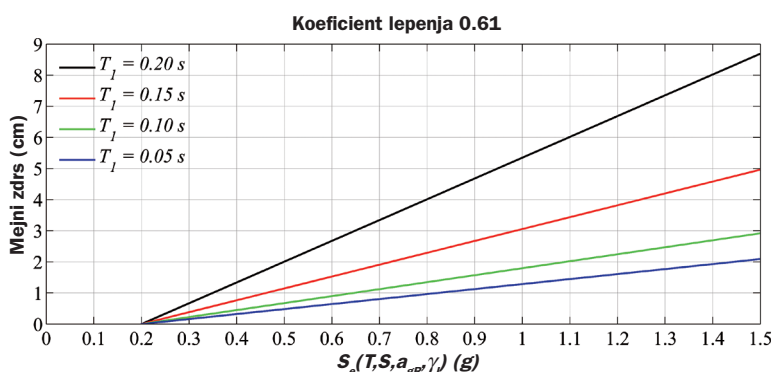
Tehnična dokumentacija je dostopna na <http://www.jub.si/jubhome-hise>.

Za ponudbo pišite na info@jubhome.eu.



Kljub solidnemu koeficientu lepenja obstaja možnost, da pri zelo močnih potresih pride do omejenega zdrsa objekta. Pri močnejših potresih EN 1998-1 dopušča, da se objekti močnejše poškodujejo. Zdrsi pri tem niso problematični in so v primerjavi s pričakovanimi poškodbami samega objekta pri potresu nepomembni, če zagotovimo, da pri tem ne pride do poškodb instalacij plina in elektrike. V teh primerih je potrebno za velikost t.i. mejnega zdrsa omogočiti gibljivi del instalacijskih priključkov na objekte v vsaki smeri. V večini primerov nizkoenergijskih hiš je to najenostavneje izvesti s priključki v sloju fasadne toplotne izolacije ali v povečani odprtini v talni plošči napolnjeni z vložki iz mehke mineralne volne.

Instalacije plina in elektrike varujemo vse do mejnega zdrsa v vse smeri objekta. Mejni zdrs je tista velikost zdrsa kateri ustreza sprejemljiva zanesljivost za doseg kriterija po neporušitvi in neogrozitvi življenj. Kot sprejemljiva verjetnost v dobi enega leta za pojav mejnega zdrsa je za sisteme toplotne izolacije temeljnih plošč v študiji FGG IKPIR [7] privzeta vrednost $5 \cdot 10^{-5}$. Na podlagi verjetnostne analize je določen model mejnega zdrsa sklopa JUBHome BASE, katerega rezultat je prikazan s projektnim diagramom (slika 11). Na osnovi tega diagrama se odčita mejni zdrs v odvisnosti od nihajnega časa ter od razmerja med elastičnim spektralnim pospeškom $S_e(T, S, a_{gr}, \gamma)$ (izražen z deležem pospeška prostega pada g) (SIST EN 1998-1, tč. 3.2.2.2) in teži objekta. Elastični spektralni pospešek $S_e(T, S, a_{gr}, \gamma)$ lahko poenostavljeno smatramo tudi kot razmerje med elastično potresno silo F_e in teži objekta W ($S_e \approx F_e/W = F_{bi} \cdot q_i/W$). Kontrolo izvedemo za obe smeri potresa.



Slika 11: Določitev zdrsa temelja v odvisnosti od nihajnega časa in elastičnega spektralnega pospeška

Dimenzioniranje plošče

Kot je bilo omenjeno v poglavju o določitvi potresnih sil učinke vplivov za dimenzioniranje plošče na osnovi predpisanih obtežnih kombinacij (vključno s potresno obtežno kombinacijo) skladno s SIST EN 1990 določimo tako, da za podajnost EPSa upoštevamo dolgotrajni elastični modul E_{cc} . Pri kombinacijah s kratkotrajno horizontalno obtežbo (veter, potres) smo pri tem na varni strani, saj so projektne upogibne obremenitve plošče pri nižjem elastičnem modulu EPSa običajno višje. Velik del napetosti namreč tako ali tako odpade na lastno in stalno, to je dolgotrajno obtežbo, ki povzroča lezenje. Paziti je potrebno, da pri horizontalni obtežbi ne pride do nateznih napetosti pod talno ploščo. V tem primeru je treba skladno s projektantsko prakso ta del temeljne plošče izključiti iz sodelujoče kontaktne površine.

Za dimenzioniranje temeljne plošče se lahko uporabijo tudi vse ostale metode, ki upoštevajo navedene posebnosti toplotne izolacije pod temeljno ploščo.

Kontrola EPSa pod talno ploščo

• Varnostni faktor za EPS

Po EN 13163 se tlačna trdnost pri 10 % deformaciji deklarira kot minimalna izmerjena v proizvodnji in ne kot karakteristična. Proizvodnja EPSa podleže sistemu AVCP 2+ kar zagotavlja zunanjo kontrolo lastnosti EPSa. Trdnost je mogoče v vseh fazah proizvodnje in vgradnje na objektu tudi neposredno kontrolirati s penetrometrom. Vse navedene kontrole zagotavljajo ustrezno zanesljivost mehanskih lastnosti komponent EPSa.

Določitev materialnega varnostnega faktorja za nosilni EPS na slovenskem ali evropskem nivoju ni regulirana. Evropsko združenje proizvajalcev EPSa EUMEPS s svojo publikacijo EPS White Book [10] za uskladitev konstrukcijske uporabe EPSa z Evrokodi predlaga $\gamma_m = 1,1$, kar se privzame za materialni varnostni faktor tudi pri projektiranju JUBHome BASE nosilne toplotne izolacije.

• Kontrola tlačnih sil v EPSu

Projektne napetosti v EPSu pod temeljno ploščo za dolgotrajno kombinacije obtežnih primerov z lastno, stalno in dolgotrajno koristno obtežbo (upoštevamo tudi sneg) $\sigma_{EPS,d}$ morajo zaradi vpliva lezenja izpolnjevati pogoj:

$$\sigma_{EPS,d} < \sigma_{cc}/\gamma_m \text{ ali } \sigma_{EPS,d} < 0,3 \cdot \sigma_{10}/\gamma_m \quad (5)$$

Projektne napetosti za kombinacije obtežnih primerov s kratkotrajno obtežbo (veter, potres) σ_d pa morajo izpolnjevati pogoj:

$$\sigma_{EPS,d} < 0,4 \sigma_{10}/\gamma_m \quad (6)$$

Glede na EPS White Book, bi lahko upoštevali polno projektno nosilnost EPSa σ_{10}/γ_m , vendar jo zaradi nevarnosti nepovratnih deformacij pri ciklični obtežbi omejimo na 40 % tlačne trdnosti pri 10 % deformaciji. S tem zagotovimo, da so deformacije še v povratno-elastičnem območju.

• Kontrola strižnih sil v EPSu

Faktorirane strižne napetosti v tlačnem delu temeljne plošče zaradi horizontalne sile τ_d morajo biti manjše od mejne strižne napetosti čepastega stika:

$$\tau_{EPS,d} < \tau_{spoj}/\gamma_m \quad (7)$$

V primeru potresne obtežbe je $\tau_{EPS,d} = \tau_{EPS,E}$.

Strižne trdnosti homogenega materiala zaradi višje nosilnosti od čepastega spoja ni potrebno kontrolirati.

Zaključek

Pri dimenzioniranju temeljne plošče na toplotni izolaciji iz EPSa se lahko uporabijo vse poznane metode konstrukcijskega dimenzioniranja. Potrebno je upoštevati lezenje materiala, kar v računske metode vnesemo z ločitvijo elastičnega modula na kratkotrajni E in dolgotrajni E_{cc} elastični modul. Pozorni moramo biti tudi na omejitve končnih deformacij EPSa pod talno ploščo do cca 2 % po petdesetih letih in na ireverzibilnost deformacije EPSa, kar je zagotovljeno z omejitvami nivoja tlačnih projektnih napetosti. Pri kontroli zdrsa zaradi potresne obtežbe, se s pomočjo verjetnostne analize in izbrane zanesljivosti določi mejni zdrs, ki je odvisen od nihajnega časa objekta temeljenega na sloju toplotne izolacije in pripadajočega elastičnega spektra pospeškov določenega na pod-

lagi izbrane kategorije pomembnosti objekta, stopnje potresne nevarnosti za lokacijo objekta in tipa tal.

Mehanske lastnosti EPSa so preverjene z obširn timer testiranjem na homogenih preizkušancih v lastnih laboratorijih in nemškem FIW München, učinki horizontalne ciklične obtežbe na sestavljenih sklopih pa na FGG IKPIR Ljubljana. Skladno s priporočili EPS White book (2014) združenja evropskih proizvajalcev EPSa EUMAPS se za uskladitev konstrukcijskih lastnosti materiala z Evrokodi privzame materialni varnostni faktor $\gamma_m = 1,1$.

Reference:

1. Frydenlund T. E., Aabøe R., Long term performance and durability of EPS as a lightweight filling material, EPS Geofoam 2001, 3rd International Conference, Salt Lake City, 2001.
2. Horvath, J.S. Geofoam Geosynthetic, Scarsdale, NY, Horvath Engineering, P.C., 1995.
3. Duškov, M., EPS as a Light Weight Sub-Base Material in Pavement Structures", Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 1997.
4. Vaitkus S., Laukaitis A., Gnip I., Keršulis V., Vejelis S., Experimental analysis of structure and deformation mechanisms of EPS slabs, Material Science, VOL 12, No 4. 2006.
5. Vaitkus S., Laukaitis A., Gnip I., Keršulis V., Vejelis S., Prediction of Creep Strain of the Expanded Polystyrene (EPS) in Long-term Compression, Material Science, VOL 13, No 4. 2007.
6. Saarelainen S., Loading Capacity of a thick EPS Layer, Finnish EPS Industry, VTT Building and Transport, Finland 2012.
7. Dolšek M., Snoj J., Žižmond J., Eksperimentalne raziskave temeljnega sklopa konstrukcijskega sistema JUBHome BASE in priporočila za potresnoodporno projektiranje, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo (FGG IKPIR), Ljubljana, 2015.
8. Wallner E. Temeljenje pasivnih hiš s potresno varovalko. 30. Zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled 2008.
9. Kilar V., Koren D., Zbašnik-Senegačnik M., Seismic behaviour of building founded on thermal insulation layer, Građevinar št. 5/2013.
10. EPS White Book, EUMEPS Background Information on standardisation of EPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene, 2014.