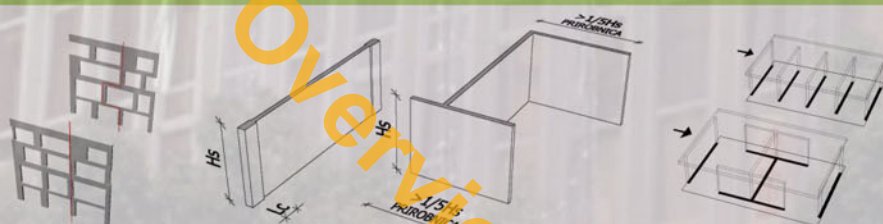
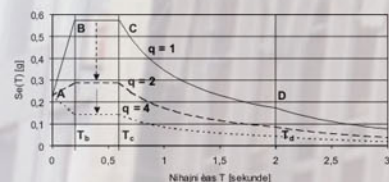


Pregled / Overview



**POTRESNO ODPORNA GRADNJA IN ZASNOVA
KONSTRUKCIJ V ARHITEKTURI**

Tomaž Slak, Voško Kilar

Pregled / Overview

**Potresno odporna gradnja in zasnova
konstrukcij v arhitekturi**

znanstvena monografija

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo
Zoisova 12, Ljubljana

asist. mag. **Tomaž Slak**, univ. dipl. inž. arh. /in prof. dr. **Vojko Kilar**, univ. dipl. inž. grad.

**POTRESNO ODPORNA GRADNJA IN ZASNOVA
KONSTRUKCIJ V ARHITEKTURI**

Pregled / Overview

znanstvena monografija

Recenziji: prof. dr. Matej Fischinger
doc. dr. Tatjana Isakovič

Oblikovanje in prelom: T. Slak
Jezikovni pregled: V. Lešnik

Filmi: Fotolito Dolenc, d.o.o.
Tisk: Tiskarna Peklaj, s.p.
Naklada: 300 izvodov

Ljubljana, 2005

Tisk je omogočila Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Fakulteta za arhitekturo Univerze v Ljubljani

CIP – Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

624.131.55 (083.74)

SLAK, Tomaž, 1970-
Potresno odporna gradnja in zasnova konstrukcij v arhitekturi :
znanstvena monografija / Tomaž Slak, Vojko Kilar. – Ljubljana :
Fakulteta za arhitekturo, 2005

ISBN 961-6160-57-5
1. Kilar, Vojko
223105280

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo



Pregled / Overview

Tomaž Slak, Vojko Kilar

**POTRESNO ODPORNA GRADNJA IN ZASNOVA
KONSTRUKCIJ V ARHITEKTURI**

znanstvena monografija

Ljubljana, 2005

Pregled / Overview

Predgovor

Potres je ena izmed najmočnejših obtežb, ki pa jo bo konstrukcija doživela v svoji življenski dobi le z določeno verjetnostjo. Doslej edina preizkušena obramba ostaja potresno varna gradnja, ki pa ima posebna pravila in posebno filozofijo, ki zahteva tvorno sodelovanje arhitekta projektanta in gradbenika konstruktorja že od začetne zasnove stavbe naprej. Medtem ko imamo večinoma dober naravni občutek za konstrukcije, ki prenašajo vertikalne obremenitve (npr. po P.L. Nerviju t.i. »static sense«), je za razumevanje delovanja horizontalnih sil na objekte in posledično oblikovanje konstrukcij odpornih na te sile, potrebno več izkušenj in vaje. Pri tem ne gre samo za konstrukcijsko zasnovo v arhitekturi, ampak za zasnovo ali bolje rečeno osnovni koncept celotnega objekta, saj nosilna konstrukcija objekta v veliki meri določa tudi arhitekturo samo.

Sodelovanje gradbenih inženirjev in arhitektov je v vsakdanji praksi projektiranja in gradnje večkrat razmeroma slabo. Današnje stanje sodelovanja, ko je vse prepogosto izbira konstrukcije prepuščena izključno arhitektu, dokaz njene varnosti pa izključno gradbeniku, je zastarela in neučinkovita. Neupoštevanje nujnosti dobrega sodelovanja in odnosa med gradbenikom in arhitektom je najpogostejši vzrok konfliktov in nerazumevanja s strani obeh strok. Avtorja tega dela – arhitekt in gradbenik, ki se zadnjih nekaj let ukvarjava s posebnostmi arhitekture stavb na potresnih področjih, sva vso hierarhijo v odnosu arhitekt – gradbenik postavila v horizontalo in se skupaj posvetila problemu horizontalnih obremenitev konstrukcije.

V raziskovalnih in pedagoških okoljih pogosto naletimo na prepričanje, da je najpomembnejše čim globlje in vsestransko razumevanje problema, ki posledično samo privede do njegove najustreznejše rešitve. V tem duhu največkrat poteka tudi izobraževanje na naših fakultetah, ki daje prednost razlagam narave različnih problemov ter njihovih vzrokov in posledic, pred enostavnimi golimi prikazi njihovih bolj ali manj učinkovitih praktičnih rešitev. Raje torej gradimo na razumevanju problemov, kot pa kažemo različne recepte za njihovo reševanje. Pa je res prav tako? Tu tvegamo občutek, da je lažje kazati na probleme, kot pa jih učinkovito reševati. Po drugi strani pa smo ljudje zelo različni in dojemamo stvari na različne načine in pri marsikom ravno preprost primer ali enostaven recept rešitve predstavlja ključ do širšega razumevanja celotne problematike. Iz tega razloga sva avtorja v pričujočem delu združila oba pristopa in poskušala problematiko zasnove konstrukcij v arhitekturi vsestransko predstaviti s teoretične pa tudi popolnoma praktične strani.

V prvem delu publikacije so tako podane vse najvažnejše teoretične osnove iz področja potresnega inženirstva, ki omogočajo razumevanje kompleksnosti problematike zasnove konstrukcij stavb na potresnih območjih. V nadaljevanju so zbrane najvažnejše zahteve predpisa Eurocode 8-1, ki so opremljene tako z razlago za lažje razumevanje gradiva, kot tudi s komentarjem in slikovnim gradivom.

V drugem delu so podani, ne ravno recepti, temveč izbrani praktični primeri uporabe. Pripravili smo enostaven in pregleden tabelarični povzetek najpomembnejših zahtev predpisa Eurocode 8-1 v katerem so zbrane vse zahteve, ki jih mora izpolnjevati nosilna in potresno odporna konstrukcija. Tabelarični povzetek je pripravljen tako, da je mogoča njegova samostojna uporaba brez komentarjev iz prvega dela in je namenjen kot osnovno pomagalo pri zasnovi potresno odporne konstrukcije v praksi. Delo zaključujejo primeri armirano betonskih, opečnih, jeklenih in lesenih stavb, ki so bile že projektirane po obravnavanem predpisu. Prikazani so primeri tipičnih tlorisov in prerezov s komentarjem, ki se sklicuje na posamezne dele predpisa.

Potrebno je poudariti, da so predpisi v splošnem prilagojeni potrebam gradbenih inženirjev, za potrebe arhitektov projektantov pa je potrebno njihovo podajanje v drugačni, predelani, poenostavljeni in uporabnejši obliki. »Prevod« gradbeniške retorike in matematično-inženirskih izrazov s tega področja v, arhitektom razumljivo, slikovno in izčiščeno obliko, je tematika s katero smo se ukvarjali tudi v okviru znanstveno raziskovalnega dela na arhitekturi. Avtorja upava, da bova s tem delom povečala razumevanje vpliva horizontalne obtežbe na stavbe in poudarila tiste točke, kjer arhitekt projektant pri zasnovi konstrukcije stavbe potrebuje največ pomoči in razumevanja.

Zahvala

Ob pisanju tega predgovora bi se rada avtorja zahvalila recenzentoma prof. dr. Mateju Fischingerju in prof. dr. Tatjani Isaković, ki sta poleg same recenzije tudi aktivno sodelovala pri nastajanju tega dela, za kar se jima toplo zahvaljujema. Njuni recenziji sta priloženi, vsaka zase pa lahko služi tudi kot odličen predgovor ali povzetek tega dela.

Avtorja

Pregled / Overview

Recenziji

Recenzija monografskega dela »Potresno odporna gradnja in zasnova konstrukcij v arhitekturi« avtorjev Tomaža Slaka in Vojka Kilarja

Arhitekt ima v slovenskem prostoru največkrat vlogo odgovornega vodje projekta. V tej vlogi je njegovo tehnično znanje prav tako pomembno kot drugi vidiki (umetniški, oblikovalski in humanistični) njegovega poslanstva. Glede na pedagoško in projektantsko prakso pa obstaja nevarnost, da je v odločilni fazi zasnove projekta tehnični del premalo poudarjen. Pri običajnih projektnih situacijah izkušnje regulirajo tehnično zasnovo. Potres pa je zelo redek vpliv, s katerim imamo malo izkušenj. To lahko ustvari lažen občutek samozadovoljstva s projektnimi rešitvami, prepreči nujen dialog arhitekt-gradbenik in zabriše dejstvo, da slabe zasnove ni možno popraviti z računom.

Delo obravnava temeljne principe, ki jih mora arhitekt upoštevati pri zasnovi potresno odpornih objektov. Avtorja (arhitekt in gradbenik) sta našla odlično ravnovesje med obema strokama ter izbrala vsebino in način podajanja, ki obetata uspešno izpolnitev ciljev dela. Še zlasti pomembno je to v času, ko se evropski standardi Eurocode 8, na katerih delo temelji, uvajajo v Sloveniji kot zakon.

Osnovni pojmi in temeljni principi (na primer princip redukcije potresnih sil in postopek načrtovanja nosilnosti) so sistematično in razumljivo obrazloženi. Prikazana je temeljna filozofija projektiranja gradbenih objektov na potresnih območjih in njeno udejanjanje v razvoju gradbeniških predpisov zadnjih desetletij in še zlasti EC8. Sledi podroben in ustrezno izbran prikaz konstrukcijskih pravil za objekte iz vseh pomembnejših konstrukcijskih materialov - armiranega betona, jekla, lesa in zidovja. Zlasti koristen za neposredno uporabo v praksi je povzetek predpisa EC8 za stavbe, ki na enostaven in pregleden način v zgoščeni tabelarični obliki povzema bistvene zahteve standarda.

Prepričan sem, da bo delo, prav zaradi specifičnega sloga, v katerem je napisano, bistveno prispevalo k boljšemu razumevanju principov potresno varne gradnje in bistveno hitrejšemu uvajanju EC8 v prakso.

V krog bralcev v prvi vrsti sodijo arhitekti - projektanti in študentje arhitekture. Ne gre pa prezreti potencialnih bralcev tudi iz vrst gradbenikov, investitorjev in delavcev v upravi. Še zlasti v času, ko se EC8 v Sloveniji sprejema kot zakon, bo povpraševanje po tovrstni literaturi veliko.

prof. dr. Matej Fischinger

Recenzija monografskega dela »Potresno odporna gradnja in zasnova konstrukcij v arhitekturi« avtorjev Tomaža Slaka in Vojka Kilarja

Avtorja v svojem delu predstavljata principe in postopke za projektiranje potresno varnih konstrukcij, ki temeljijo na sodobnih spoznanjih stroke.

Delo na primeren način poskuša približati osnovne principe sodobnega potresnega inženirstva predvsem arhitektom, ki temu področju običajno ne posvečajo zadosti (prepotrebne) pozornosti. Predstavljeni so osnovni pojmi potresnega inženirstva, namenjeni predvsem študentom arhitekture in gradbeništva, delo pa vsebuje tudi povzetek sodobne filozofije projektiranja na potresnih območjih, ki je zelo koristna informacija tudi za izkušenejše projektante.

Trenutno se v Evropi sprejemajo standardi, ki naj bi poenotili postopke projektiranja v vseh državah članicah. Predstavitev in razlaga enega izmed teh standardov – Eurocode 8/1, ki se nanaša na projektiranje stavb na potresnih območjih predstavljata osrednjo temo dela. Zato je pričujoče delo še posebej aktualno, saj projektantom tako arhitekture kot tudi gradbeništva približuje novo zakonodajo. Še zlasti je koristno 9. poglavje, kjer so zgoščeno (v obliki tabele) in pregledno povzete zahteve standarda, kar omogoča tudi njegovo enostavno in neposredno uporabo v praksi. Za manj obveščene bralce pa je od 4. do 8. poglavja podana daljša razlaga teh zahtev.

Delo je pomembno z več vidikov:

- Projektantom in študentom na primeren način približuje osnovne principe sodobnega potresnega inženirstva. Predvsem arhitekta seznanja s principi in pravili, ki jih morajo upoštevati že pri sami zasnovi stavb. Glede na to, da te principe in pravila pogosto zanemarjajo, ima zato delo še dodaten pomen.
- Projektantom (arhitektom in gradbenikom) daje pregled in razlago nove zakonodaje, ki bo v kratkem uradno sprejeta v Evropi in tudi v Sloveniji.
- Delo je zelo koristen učni pripomoček za študente arhitekture in tudi gradbeništva.
- Delo lahko koristi tudi investitorjem in urbanistom, saj na pristopen način daje informacijo o potresno varni zasnovi stavb in na ta način ozavešča tudi širšo in ne samo strokovno javnost.

doc. dr. Tatjana Isakovič

Pregled / Overview

Izvelek

Osnove, principi in pravila potresno varne gradnje, ki jih skušamo čimširše obravnavati v tem delu, so temeljni pojmi, ki naj bi jih v določeni meri obvladoval vsakdo, ki je kakorkoli povezan z gradnjo na potresno nevarnih tleh. Arhitekti, projektanti, gradbeni inženirji, študentje arhitekture in gradbeništva, pa tudi investitorji, urbanisti in ostali, ki jih podrobneje zanima potresno varna gradnja, kakor jo med drugim določa tudi novi evropski standard Eurocode 8-1 (v nadaljevanju EC 8-1) lahko na tem mestu najdejo večino sodobnih pravil gradnje na potresno ogroženih področjih kakršno je v glavnem tudi Slovenija. Ker je večina predpisov potresno odporne gradnje prilagojenih predvsem gradbenikom, je v tem delu pripravljen izvelek določil omenjenega standarda z obširnejšim komentarjem za arhitekte, poleg tega pa so opredeljeni osnovni pojmi s potresnega inženirstva in principi projektiranja konstrukcij na potresnih območjih, ki so arhitektom v glavnem manj znani.

Potresno odporna gradnja ima posebna načela in principe, ki jih mora arhitekt projektant upoštevati pri gradnji objektov na potresnih tleh. Povezava med konstrukcijo in arhitekturo je neizbežna in je odvisna od kreativne moči arhitekta, od njegovega poznavanja problema ter od ustreznega sodelovanja z gradbenikom. V tem gradivu na osnovi EC 8-1 povzemamo glavna pravila glede zasnove konstrukcij na potresno ogroženih področjih ter bistvene principe s katerimi lahko arhitekt že pri zasnovi zagotovi potresno varen objekt. Gradivo je, podobno kot EC 8-1, po splošnem delu razdeljeno še glede na osnovne konstrukcijske materiale: armiranobetonske, zidane, lesene in jeklene konstrukcije. Povzetek predpisa EC 8-1 je v poglavju 9 predstavljen tudi v zgoščeni tabelarni obliki za enostavno in neposredno uporabo v projektantski praksi.

Ključne besede / key words:

zasnova gradbenih konstrukcij, zasnova konstrukcij v arhitekturi, potresno varna gradnja, Eurocode 8, potresi in konstrukcije, gradbeni predpisi

conceptual design of structures, design of structures in architecture, earthquake resistant structures, structures in architecture, Eurocode 8, earthquake structures, regulations, building codes

Vsebina

Predgovor	5
Recenziji	7
Izveček	10
Ključne besede / <i>key words</i> :	10
Vsebina	11
1. UVOD	14
1.1. Gradnja na potresnih območjih in standard EC 8	14
1.2. Definicije osnovnih pojmov	16
1.2.1. Potresno varna oz. potresno odporna gradnja	16
1.2.2. Regularna stavba, regularna zasnova	17
2. RAZLAGE NEKATERIH VAŽNEJŠIH POJMOV IZ POTRESNEGA INŽENIRSTVA (GLOSAR)	18
2.1. Potres - premikanje tal	18
2.2. Zaznave potresov	19
2.2.1. Seizmograf in akcelerograf	20
2.2.2. Magnituda	21
2.2.3. Intenziteta	22
2.3. Definicije potresne nevarnosti	23
2.3.1. Splošno	23
2.3.2. Potresne cone (intenziteta) = projektni pospešek tal a_g	24
2.4. Odziv stavb na potres	25
2.4.1. Nosilnost	25
2.4.2. Togost in podajnost	26
2.4.3. Masa	27
2.4.4. Nihajni čas in nihajne oblike	28
2.4.5. Spekter odziva, projektni spekter	29
2.4.6. Siplanje energije – dušenje	31
2.4.7. Duktilnost (μ)	32
2.5. Vpliv nelinearnega obnašanja konstrukcije	34
2.6. Potresne sile	34
2.7. Faktor obnašanja - q	35
2.7.1. Stopnja duktilnosti	36
2.8. Metoda načrtovane nosilnosti in porušni mehanizmi	37
2.8.1. Metoda načrtovane nosilnosti (angl.: <i>capacity design</i>)	37
2.8.2. Porušni mehanizmi okvirov	38
2.9. Nekonstrukcijski elementi (vpliv na konstrukcijo)	39
2.10. Potresna izolacija	40
2.11. Ostali pojmi	41
3. GRADBENI PREDPISI IN PROJEKTIRANJE KONSTRUKCIJ NA POTRESNIH OBMOČJIH	44
3.1. Filozofija projektiranja na potresnih območjih	44
3.2. Nove poti v filozofiji potresno odporne gradnje	46
3.3. Potresi v Sloveniji	46
3.4. Potresna ogroženost	48
3.4.1. Gradnja stavb in zasnova konstrukcij na potresnih območjih	48
3.4.2. Gradbeni predpisi	50
3.5. Razvoj predpisov o potresno varni gradnji pri nas	50
3.5.1. Pred 1895 (obdobje pred ljubljanskim potresom leta 1895)	51
3.5.2. Od 1895 do 1946 (obdobje do konca 2. svetovne vojne)	51
3.5.3. Od 1946 do 1963 (zgodnje povojno obdobje)	52
3.5.4. Od 1963 do 1981 (obdobje po potresu v Skopju)	52
3.5.5. Od 1981 do 2000 (obdobje po izidu novih predpisov za potresno varno gradnjo)	52
3.5.6. Po letu 2000 (uvajanje Eurocode 8 v zakonodajo in prakso)	53

3.5.7. Vpliv predpisov na kvaliteto gradnje pri nas	54
3.6. Odgovornost po zakonu	55
3.7. Realnost in matematični modeli	55
3.8. Negotovost obtežbe	56
3.9. Upor na pritiske - uvajanje dodatne varnosti	58
4. STANDARD EUROCODE 8-1 (GRADNJA NA POTRESNIH OBMOČJIH) - OSNOVE	59
4.1. Splošno	59
4.1.1. Opredelitev določil, pomembnih za arhitekta, z razlagami	59
4.2. Osnovne zahteve Eurocodea 8	59
4.3. Splošna pravila za stavbe	60
4.3.1. Temeljna načela (principi) pri zasnovi	60
4.3.2. Pravilnost konstrukcije v tlorisu in po višini	62
4.3.3. Dilatacije (razdelilnice)	64
4.3.4. Nekonstrukcijski elementi	64
5. POSEBNA PRAVILA ZA ARMIRANOBETONSKE STAVBE	65
5.1. Splošno	65
5.2. Konstrukcijska pravila	65
5.3. Tipi AB konstrukcij in faktorji obnašanja q	66
5.3.1. Tipi armiranobetonskih konstrukcij	66
5.3.2. Faktorji obnašanja – q	67
5.4. Konstrukcijska pravila za nizko duktilnost (DC-L)	68
5.5. Konstrukcijska pravila za srednjo (DC-M) in visoko duktilnost (DC-H)	68
5.5.1. Grede	68
5.5.2. Stebri	70
5.5.3. Stene	72
5.5.4. Plošče	75
5.6. Armiranobetonski elementi za temeljenje	75
5.7. Prefabricirani armiranobetonski elementi in konstrukcije	76
6. POSEBNA PRAVILA ZA ZIDANE STAVBE	77
6.1. Splošno	77
6.2. Vrste opečnih zidov	77
6.3. Trdnost malte in zidakov	77
6.4. Konstrukcijska pravila in projektna merila za zidane stavbe - splošno	78
6.4.1. Dodatne zahteve za nearmirano zidovje	79
6.4.2. Dodatne zahteve za zidovje z vertikalnimi vezmi	79
6.4.3. Dodatne zahteve za armirano zidovje	79
6.4.4. Sistemi iz armiranega zidovja	80
6.5. Dokaz varnosti	80
6.6. Pravila za t. i. »enostavne zidane stavbe«	80
6.6.1. Dopustno število etaž in potrebni odstotek sten	80
6.6.2. Enostavna pravilna tlorisna zasnova	81
7. POSEBNA PRAVILA ZA LESENE STAVBE	83
7.1. Splošno	83
7.1.1. Definicije	83
7.1.2. Načini projektiranja	83
7.2. Materiali in lastnosti območij sipanja energije (duktilna območja)	83
7.3. Stopnja duktilnosti, tipi konstrukcij in faktorji obnašanja	84
7.4. Konstrukcijska pravila	85
7.4.1. Spoji	85
7.4.2. Medetažne (stropne) konstr. iz panelov (vodoravne toge plošče)	86
7.4.3. Dokaz varnosti, dodatna nosilnost in kontrola (nadzor)	87

7.4.4. Kontrola	87
8. POSEBNA PRAVILA ZA JEKLENE STAVBE	88
8.1. Splošno	88
8.1.1. Načini projektiranja jeklenih stavb	88
8.1.2. Materiali	88
8.2. Tipi jeklenih konstrukcij in faktorji obnašanja q	89
8.2.1. Tipi jeklenih konstrukcij	89
8.2.2. Faktorji obnašanja	89
8.3. Medetažne (stropne) konstrukcije	91
8.4. Konstrukcijska pravila	91
8.4.1. Deli konstrukcije, ki so tlačno ali upogibno obremenjeni	92
8.4.2. Spoji v območjih s sposobnostjo sipanja energije	92
8.4.3. Pomični okviri	93
8.4.4. Okviri s koncentričnim povezjem	93
8.4.5. Okviri z ekscentričnim povezjem	94
8.4.6. Konzolne konstrukcije (tip obrnjenega nihala)	95
8.4.7. Konstrukcije z betonskimi jedri ali stenami	95
8.4.8. Mešane konstrukcije – okviri s koncentričnim povezjem	95
8.4.9. Mešane konstrukcije – okviri z nosilnimi masivnimi polnili	95
8.5. Kontrola projektiranja in gradnje	95
9. ZAKLJUČEK	97
10. REFERENCE	99
11. TABELARNI PRIKAZ ANALIZE STANDARDA EC 8-1 103	
12. PRILOGE	124
A) Računski primer enoetažne industrijske hale	124
B) Primeri stavb	136
C) Potresne karte	139