

DRUGA NAJVIŠA GRAĐEVINA NA SVIJETU

Sigurnost u potresnoj zoni

PRIPREMILA
Tanja Vrančić

Novi je tokijski neboder gotovo dvostruko viši od prijašnjega japanskog rekordera, a to je hrabar tehnološki podvig s obzirom na složene seizmičke uvjete

Prije par mjeseci je u Tokiju, 29. veljače 2012., završena gradnja druge najviše zgrade na svijetu, visoke 634 m, koja znatno zaostaje za neboderom *Burj Khalifa* u Dabaiju, izgrađenom 2010., inače najvišoj zgradi na svijetu (828 m, s antenom 829,84 m). Tokijski je toranj, nazvan *Nebesko drvo* (*Sky Tree*), znatno premašio neke od najviših samostojećih građevina na svijetu, poput srušene Varšavske radioantene (646,38 m) i američke KVLV-TV antene (628,8 m), ali i sljedeće visoke nebodere kao što su kineski *Taipei 101* (509,2 m) i malajski *Pe-*

tronnas Towers (451,9 m), čak i građevinu koja je izgrađena, ali još nije otvorena – toranj sa satom *Abraj al Bait* u Meki (601 m). Novi je tokijski toranj gotovo dvostruko nadmašio prethodnu najvišu japansku građevinu *Tokyo Tower* (333 m). Valja reći da su obje građevine iznimno hrabar i zahtjevan tehnološki podvig s obzirom da se radi o jednoj od najaktivnijih seizmičkih zona na svijetu. Oba je nebodera izgradila japanska građevinska tvrtka *Nikken Sekkei* u suradnji sa stotinjak projektanata – arhitekata, građevinskih i srodnih inženjera,



Detalj konstrukcije tornja



Novi najviši toranj u Tokiju

urbanista i sl. Novi je "supertoranj", kako ga u Japanu često nazivaju, sigurniji od bilo koje druge slične građevine iako mu je odnos visine i širine 9:1, a to znači da je vrlo uzak i vitak, gotovo u obliku igle. Tornjevi *Sky Tree* i *Tokyo Tower* ponajprije su televizijski odašiljači. Stariji je tokijski toranj, izgrađen 1958., imao dovoljnu visinu koja se s prijelazom na digitalno emitiranje pokazala nedovoljnom za područje koje je trebala pokriti. *Sky Tree* je u prizemnoj razini tripod (tronožac) koji stoji na bazi istostraničnog trokuta sa stranicama od po 68 m. Kako se toranj uspinje, presjek se postupno mijenja od trokuta u krug, pa tako postaje potpuno cilindričan toranj između polovice i dvije trećine svoje visine. Prije početka projektiranja inženjeri su morali proučiti uvjete na nadmorskoj visini od 600 m. Da bi to ostvarili, u zrak je podignut meteorološki balon koji je trebao prikupiti opsežne podatke, a najvažniji su bili podaci o vjetrovima kako bi se proniknulo u bočne sile vjetra koje

nova građevina treba izdržati. U međuvremenu su obavljena i geotehnička istraživanja, zapravo temeljito je proučen sastav tla do dubine od 3 km. Takva je potankost omogućila točniju računalnu simulaciju njihanja građevine u potresnim uvjetima.

Konstruktivni se sustav novoga tokijskog nebodera sastoji od iznimno čvrste čelične jezgre, zapravo cijevi koje u osnovi tornja imaju promjer od 2,3 m i debljinu stijenki od 10 cm.

Radi bolje je kontrole vibracija kao uzor poslužila tradicionalna japanska peterokatna pagoda. Stotljećima su stotine takvih drvenih konstrukcija uspješno podnosile i razorne tajfune, a dokazano je da ni jedna pagoda nikad nije srušena u seizmičkim zbivanjima.

Smatra se da izdržljivost konstrukcije ovisi i o tome da središnji stup (na

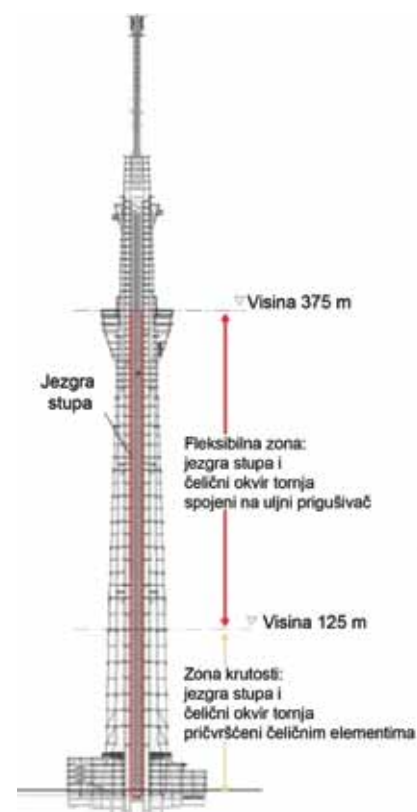
japanskom *šimbašira*) fizički ne pridržava ni jedan kat pagode, već djeluje kao protuteža oko koje ostatak zgrade može vibrirati. Taj je koncept unaprijeđen s onim što su sada nazvali "šimbašira seišin", odnosno središnji stup za kontrolu vibracija, gdje su jezgra stupa i okolni čelični okvir međusobno povezani fleksibilnim amortizerom.

Otpornost je pojačana sustavom za prigušivanje koji se, za trajanja potresa, kreće u suprotnom smjeru od zgrade i zadržava središte gravitacije najbliže središtu baze tornja. Iako i čelične šipke i beton, pa i konstrukcija zgrade, služe istoj svrsi, projektanti tornja tvrde da središnji stup ima ulogu dodatnoga prigušivanja vibracija i da je to prvi u svijetu primjer takve primjene.

Dakako da tolika otpornost ne bi značila ništa da nema odgovarajućeg oslonca, a temelji su *Nebesko drva* zaslužni za

njegovo ime. Ispod svake noge tornja nalazi se grupa pilota do dubine 50 m s armiranobetonskim čvorovima koje uspoređuju sa sustavom korijena nekoga gigantskog drva, monolitno povezanog sa zemljom.

Za formiranje su trokuta između grupe zadužena tri duža podzemna zida od po 35 m. Uporaba pilota u obliku zidova povećava korisno trenje sa zemljom. Druga je skupina pilota ugrađena u središte trokuta, ispod središta tornja.



Presjek novog tornja

Toranj *Nebesko drvo* bit će za javnost otvoren u svibnju 2012. i imat će vidikovac s mogućnošću rotacije od 360 stupnjeva i s pogledom na Tokio u prvom i Kanto regiju (17.000 km²) u drugom planu.

Izvor: www.tokyo-skytree.jp



Tradicionalna peterokatna pagoda

SECOND TALLEST BUILDING IN THE WORLD

The world's second tallest building, 634 m in height, has recently been built in Tokyo. The main purpose of this residential tower called the Sky Tree is to serve as the television broadcasting tower. The tower was a huge challenge to the builders, as it

had to be built in one of the most seismically active regions of the world. The structural system is formed of a solid steel core around which the tower will be able to vibrate, and of a group of piles driven down to 50 m below the ground level.