

KROVNA KOSTRUKCIJA SPORTSKE DVORANE U NEW ORLEANSU

U New Orleansu je izgrađena nova sportska dvorana. Cijena je bila približno 84 milijuna dolara. Dvorana je namijenjena utakmicama profesionalnog hokeja i košarke, koncertima i drugim događajima koji nisu predviđeni za veću dvoranu *Superdome* smještenu u blizini. Ima 17.500 sjedala za hokej i 18.500 za košarku, a vlasnik i investitor je *Louisiana Stadium and Ekspozition District*. Glavni su izvoditelji bile tvrtke *Manhattan* i *Gibbs* iz New Orleansa, a projekt su izradile lokalne arhitektonske tvrtke: *Arthur Q. Davis and Partners*, *Billes-Manning Architects* i *Hewit Washington and Associate*. Konstrukciju je projektirala tvrtka *Walter P. Moore and Associates* iz Houstona. Za nadzor i vođenje projekta angažirano je zajedničko za tu svrhu formirano društvo *ILSI/CS*.

Posebna je zanimljivost nove dvorane krov kombiniran od čelika i betona, poseban konstrukcijski sustav koji kombinirajući najbolje značajke



Armiranobetonski nosači radeni su u središtu dvorane

ROOF STRUCTURE OF THE SPORTS HALL IN NEW ORLEANS

A new hall for sporting events and other uses was recently built in New Orleans. Its specific feature is the composite roof structure made of reinforced concrete and steel girders. In fact, main girders are linked together to form concrete arch systems, which are much more frequent in bridge construction. This solution was selected because of financial constraints and because, at the time of construction, the price of steel was higher and, in addition, it was not readily available due to high demand. Concrete girder arches were carefully adapted to roof structure and realized in segments. The new roof structure has also proven to be very suitable for withstanding hurricane-force squalls which are quite frequent in the area

obaju materijala nalikuje armiranobetonskim lukovima mosta. Krovni sustav od betonskih elemenata nosi velika lučna opterećenja, a čelične veze pridržavaju nosače.

Konstruktori iz tvrtke *Walter P. Moore* projektirali su do sada više od 25 dvorana širom SAD-a i nikada nisu imali miješanu krovnu konstrukciju. Uspjeli su ipak primijeniti princip betonske lučne konstrukcije za krov jedne dvorane, koristeći se starijim znanjima sa suvremenim odmakom. U krov su ugradili posebne modificirane parabolične betonske lukove koji su se pokazali vrlo prik-

ladnim rješenjem za jednu dvoranu.

Izabran je betonski nosač šupljega sandučastog presjeka, a betonsku ploču mosta zamijenili su čelični profili koji su ispunili krovnu konstrukciju između lukova i zidova te povezali prostor iznad središnjeg dijela dvorane u kojem je smješteno igralište.

Konstruktori se rijetko odlučuju za betonske raspone u krovnim konstrukcijama zbog njihove velike težine. Stoga je pravo pitanje zašto je beton ovdje primijenjen. Pravi je razlog u tome što se projekt izrađivao u trenutku kada su cijene čelika bile vrlo visoke i kada se na isporuku naručenih čeličnih nosača moralo čekati mnogo duže negoli je to bilo uobičajeno. Da bi izbjegli kašnjenje, konstruktori krovništa su odlučili smanjiti količinu čelika, kreativno otkrivši i jeftinije rješenje. Primijenili su princip poznat u visokogradnji gdje se uočilo da su stupovi od armiranog betona šest do osam puta jeftiniji od odgovarajućih čeličnih. Nosači u povezanom luku krovne konstrukcije zaista su se pokazali poput stupova ugrađenih u visoke građevine. Posebno je bilo prikladno što su se nosači mogli izrađivati na samom mjestu ugradnje, čak odmah ispod dijela krovništa u kojega su ugrađivani. Štoviše, šuplji nosači omogućili su izvođačima uporabu tradicionalnih dizalica za ugradnju umjesto specijalnih sustava za ugradnju.



Montaža nosača krovne konstrukcije



Spoj čeličnih i betonskih nosača krovne konstrukcije

Još u tijeku projektiranja konstruktori su razvili poseban sustav povezanoga lučnoga nosivog sustava. Voditelji gradilišta izračunali su da će primjenom betonskih umjesto čeličnih nosača uštedjeti čak 430.000 dolara.

Da bi smanjili troškove podizanja i težinu nosača smanjili su zakrivljenost i odlučili se za lukove od grednih segmenata, međusobno povezanih u četiri ključna položaja u kojima se spajaju i posebni čelični rešetkasti nosači. Te su ključne točke tijekom izgradnje pridržavane posebnim čeličnim stupovima koji su poslije uklonjeni.

Još je jedna okolnost presudila u primjeni povezanoga betonskoga lučnog sustava. New Orleans se nalazi u Meksičkom zaljevu gdje su uraganski udari vjetra od 322 km/h stvarna prijetnja pa se sve građevine, a posebno one najveće, u tom kraju grade s dodatnim bočnim ojačanjima. Upravo se zato nešto povećana masa lučnog betonskog sustava pokazala vrlo prikladnom da izdrži žestoke uraganske udare.

Namjeravalo se posebno prednapinjati nosače sandučastog presjeka, ali se od toga odustalo budući da su oni pridržani i ukrućeni u ključnim položajima. Odustalo se i od poseb-

nih betona velike čvrstoće i primijenjen je normalan beton, jedino je u betonima ponešto smanjena upotreba vode da bi se na površini nosača što više izbjegle moguće pukotine.

Istraživanja na Sveučilištu u Texasu, rađena po narudžbi Teksaske uprave za autoceste, utvrdila su kriterije za armiranobetonske nosače, veličinu poprečnoga sandučastog presjeka i odnos prema debljini zidova te naponska ograničenja i detalje koje je potrebno posebno ojačavati. Traženjem najsigurnijih odnosa između veličine poprečnog presjeka, debljine zidova i duljine nosača, u konačnom su obliku dobivene sljedeće dimenzije: nosači su 1,22 m široki i 1,98 m visoki, stijenke su debljine od 177,8 mm na krajevima te 152,4 mm po sredini. Ujedno su bočni dijelovi lučnog sklopa dugački 37,8 m i teški po 109,77 tona, a središnji je dio luka dug 28,65 m i težak 85,26 t.

Zbog posebnosti i osjetljivosti glavnih nosača krovne konstrukcije posebno su se izračunavali elastični pomaci i utjecaji puzanja i skupljanja betona izloženog velikim pritiscima. Utvrđeno je da propisane norme od strane Američkog instituta za beton za modul elastičnosti nisu dovoljno točne za sličan tip konstrukcije pa se s računalnim programom razvijenim u teksaškom istraživanju izračunane točnije vrijednosti. Time je ujedno utvrđeno da se učvršćeni lučni nosači ponašaju kao vrlo kruti sustav.

Uz težinu krovne konstrukcije, za ispitivanje konstrukcije bili su ključni i naponi koje izaziva vjetar. Zbog točne procjene provedeno je posebno istraživanje u tunelu za ispitivanje utjecaja vjetra laboratorija *Cermak, Peterka, Peterson, Inc.*, u Fort Colinsu u Coloradu. Najprije su temeljito ispitani utjecaji vjetra u New Orleansu. Utvrđeno je da je brzina vjetra 6,5 posto veća od standardom utvrđene. No u kasnijim se istraživanjima pokazalo da je od brzine mno-

go važniji pritisak koji vjetar čini na određenu površinu i taj je manji od propisanih iznosa. Kod vjetra je vrlo važno i iz kog pravca dolaze najčešći udari. Utvrđeno je da u kraju u kom se dvorana gradi uraganski vjetrovi najčešće nastaju u jugozapadnom kvadrantu, a da ta činjenica nije uzimali u obzir pri gradnji postojećih građevina. Odabrana krovna konstrukcija nove dvorane u New Orleansu projektirana je za tisućgodišnje najjače udare vjetra s faktorom sigurnosti od 1,0. Točnost proračuna na određeni način provjerena i uraganom George u rujnu 1998. godine, kada je krovna konstrukcija bila tek djelomično podignuta, a nije pretrpjela nikakve štete.

Za podizanje krovne konstrukcije izrađen je poseban projekt s kojima se suglasio i glavni izvoditelj. Projekt je predviđao korak po korak sve faze podizanja i prikazivao građevinu u svakom trenutku montaže krovnih nosača. Precizno su bili utvrđeni svi detalji i njihov raspored, čime je također utvrđena stabilnost konstrukcije u svim fazama izgradnje.



Pogled na dio tribina i krovnu konstrukciju dvorane



Završni radovi na konstrukciji dvorane i krova

Na odabranu konstrukciju krova dvorane utjecali su arhitektonski projekt, oblik krova i odabrana mjesta za podupiranje u vrijeme montaže. Osim smanjenih troškova na konstrukcijski su sustav utjecali raspoloživi materijali, uvjeti temeljenja pa čak i dan otvorenja što ga je odredio vlasnik. Cijeli je projekt rezultat zajedničkog napora vlasnika, arhitekata, konstruktora, voditelja gradilišta, glavnog izvoditelja i brojnih podizvoditelja. Za taj je projekt povezani lučni sustav glavnih krovnih nosača bio zaista pravi izbor.

Pripremili: B. Nadilo,
S. Komljenović

Izvor: *Civil Engineering*,
3/99, volumen 69