

STOJAN RIBNIKAR\*

### SANIRANJE SPOMENIKA KULTURE UGROŽENIH ZEMLJOTRESOM OD 15. APRILA 1979.

Na osnovi dugogodišnjeg rada i iskustva na sanaciji spomenika kulture i sudjelovanja na ocjeni štete na zgradama i spomenicima kulture oštećenih od zemljotresa u Skopju, Kozjanskom, Posočju i u Crnoj Gori (Kotoru) mogu kazati sljedeće:

Svaki spomenik kulture je poslije katastrofalnog zemljotresa opitni primjer na kojem možemo na osnovu oštećenja, to jest pukotina i deformacija zidova, ustanoviti njegovu otpornost prema zemljotresu. Za iskusnog projektanta-statičara to su najvažniji podaci kod izrade sanacionog projekta.

Ogromna većina zgrada — spomenika kulture ima drvene tavanice, a zidovi su rijetko povezivani međusobno u horizontalnom pravcu. Kod takvih objekata je najveća opasnost rušenja na vrhu zidina, što su ustanovili i zavodi za ispitivanje materijala na opitnim primjerima. Isto se može vidjeti i na srušenim objektima (slika broj 1 i 2).

Uzroci rušenja su jaki momenti savijanja na slobodnom gornjem rubu zida ( $m_{xfrm}$ ). Uzroci pomjeranja uglova su velike horizontalne sile na gornjim uglovima ( $R_{fre}$ ), odnosno horizontalno opterećenje vertikalnih rubova ( $q_{xfre}$ ) (skice broj 3 i 3a). Kod svih zgrada sa drvenim tavanicama došlo je do pomjeranja vanjskih zidova i uglova iako nije došlo do rušenja (slike broj 4 i 5).

Ako zamijenimo gornji drveni strop sa armiranobetonskom pločom i armiranobetonskim serklažima na vrhu zidova, postaje objekat mnogo otporniji prema zemljotresu, i to: (skica broj 6):

---

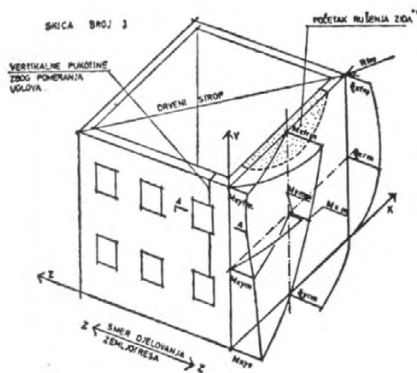
\* Stojan Ribnikar, dipl. ing. gr. — savetnik. Zavod SR Slovenije za spomeniško varstvo, Ljubljana.



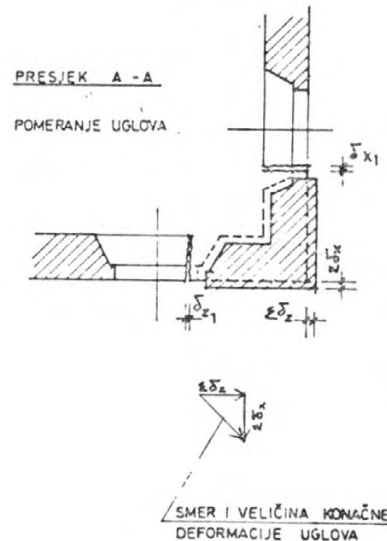
Sl. 1.



Sl. 2.

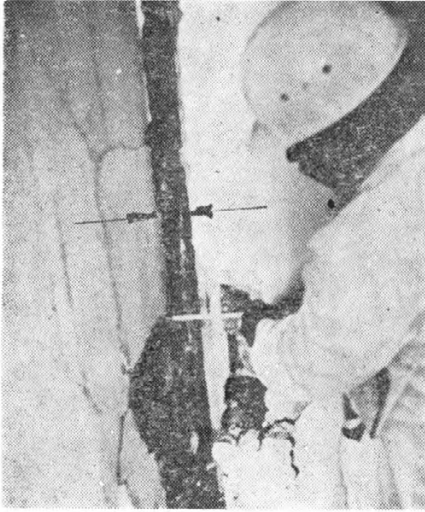


Sl. 3.

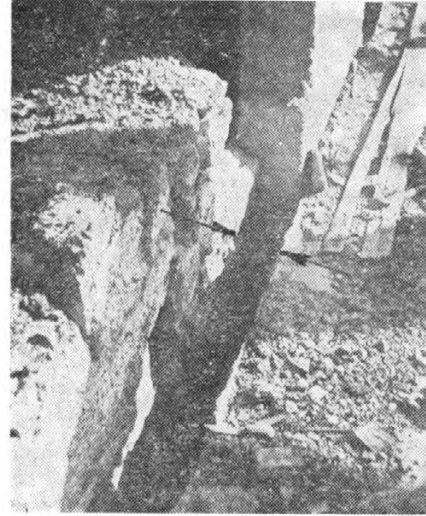


Sl. 3a.

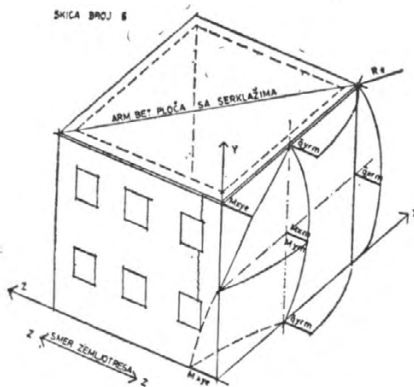
- Maksimalni moment savijanja ( $m_{xm}$ ) smanjuje se za približno 50%;
- Horizontalna sila na gornjim uglovima ( $R_0$ ) smanjuje se za približno 25%;
- Horizontalno opterećenje vertikalnih rubova ( $\bar{q}_{xrm}$ ) smanjuje se na gornjem uglu za 100%.



Sl. 4.

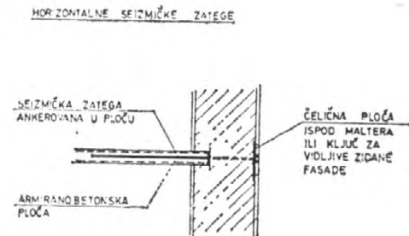


Sl. 5.



Sl. 6.

SKICA BROJ 7

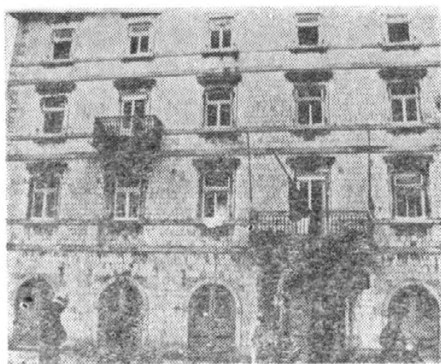


Sl. 7.

Iz ovih zaključaka slijedi da se povezivanjem objekta na vrhu pločom i serklažima smanjuje opasnost od rušenja za 50%. Još povoljniji rezultati dobijaju se sa ugrađivanjem armiranobetonskih ploča u svim etažama, koje moraju biti čvrsto povezane sa vanjskim zidovima (skica broj 7).

Zidani uglovi seizmički su vrlo otporni već zbog samog oblika (slova V), kao i zbog načina zidanja sa pravilno obrađenim kamenom na šivan rub i kvalitetnog maltera. Ogromna većina uglova u Kotoru nema nikakvih pukotina, što znači da su ot-

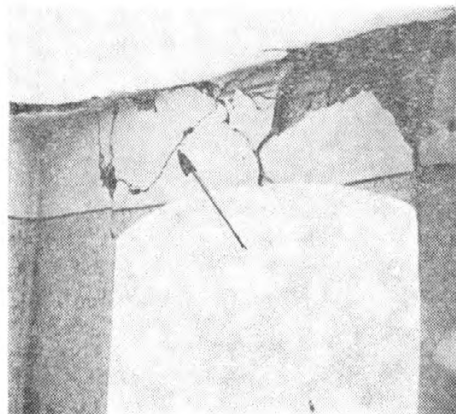
porni protiv smicanja i glavnih zatežućih napona i da ne trebaju nikakve seizmičke sanacije, to jest injektiranja ili ugrađivanja vertikalnih armiranobetonskih seizmičkih zatega. Pošto je Kotor bio više puta srušen zbog zemljotresa, ogromna većina zgrada zidana je lijepo obrađenim kamenom i solidnim malterom. Svi ovi zidovi nemaju nikakvih pukotina zbog  $\sigma_0$ , pa važi za njih isto kao za uglove (slika broj 8). Jedino nadvojni i parapetni zidovi popucali su vertikalno zbog deformacija uglova (slika broj 9) a neki i koso zbog smicanja, a neki su se čak srušili (slike broj 10, 11). Sanacija takvih elemenata moguća je potpunim prezidivanjem u produžnom malteru, odnosno injektiranjem pukotina.



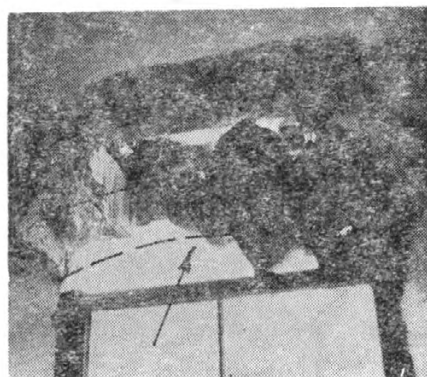
Sl. 8.



Sl. 9.

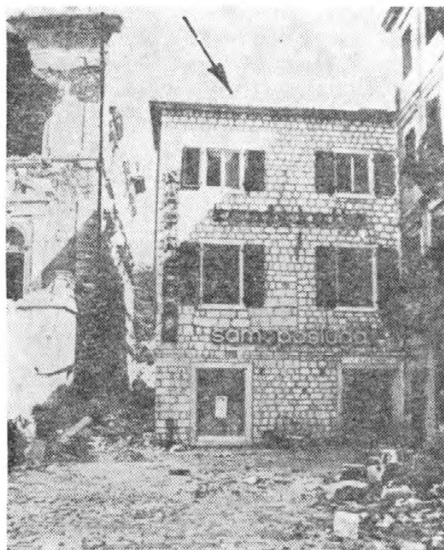


Sl. 10.

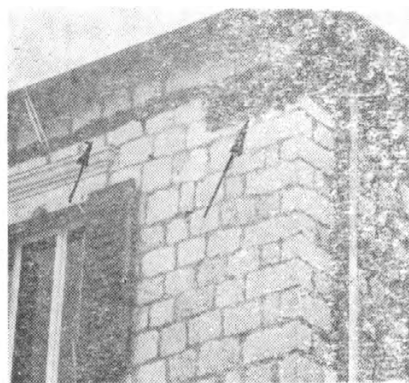


Sl. 11.

Ova načela sanacije potvrđuju i zidane zgrade u starom Kotoru, koje su bile već prije zemljotresa sanirane armiranobetonskim stropovima. U katastrofalnom zemljotresu nisu pretrpjele nikakvih oštećenja. Tipičan primjer je zgrada »Napredak« na Trgu oružja (slika broj 12), koja je bila prije zemljotresa naziđivana za 1 sprat i u kojoj je namjesto drvene stropne konstrukcije izvedena armiranobetonska. Zidovi nisu bili injektirani i nemaju armiranobetonskih vertikalnih zatega. Teren je vrlo loš i vjerovatno podložan likvifakciji. Iako su palate u susjedstvu djelimično srušene, objekat nema u nosećim zidovima, nadvojima i parapetima nijedne pukotine, zidovi i uglovi su bez deformacija, samo su se u lakim predjelnim stjenama pojavile tanke pukotine. Jednako su se ponašale i ostale zgrade sa armiranobetonskim stropovima (Samostan sestara milosrdnica, Stara apoteka, itd.).

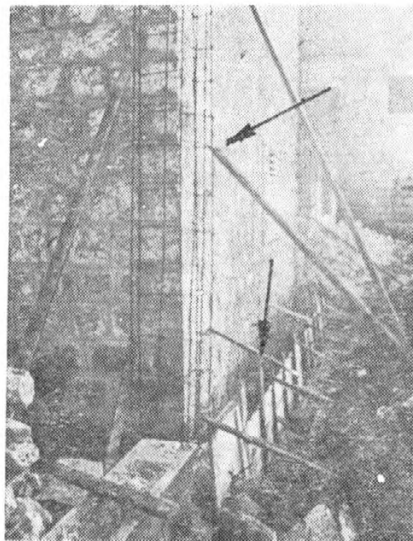


Sl. 12.

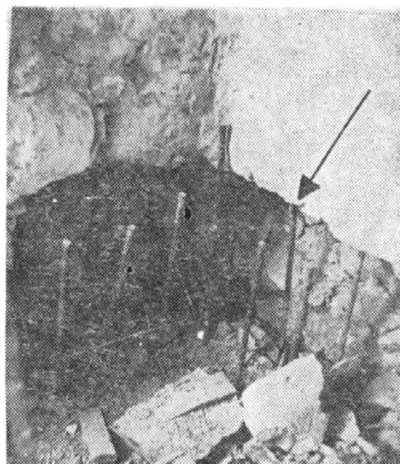


Sl. 13.

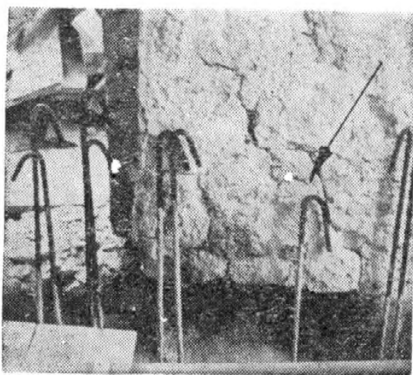
Najnoviji Savezni seizmički pravilnik obuhvata samo novogradnje, a pravilnik SR Crne Gore obuhvata sanaciju objekata oštećenih od zemljotresa u Crnoj Gori. Potrebno bi bilo izraditi savezni pravilnik, koji bi obuhvatao sanaciju objekata oštećenih zemljotresom, sa posebnim osvrtom na spomenike kulture. Tako bi se izbjegle neke nepravilnosti, koje su se pojavile kod sanacija kulturnih spomenika, kao na skici broj 13: vidljive zatega i ploče moguće je primijeniti samo kod malterisanih fasada, dočim kod vidljivih kamenih fasada takav način sanacije nije preporučljiv.



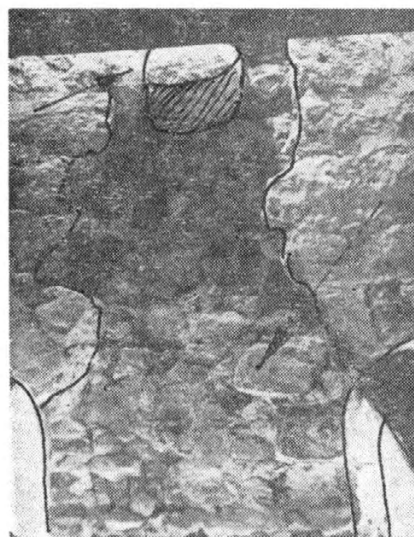
Slika 14: Vidljive vertikalne i horizontalne armiranobetonske zatege na vanjskoj strani uništavaju izgled fasade



Slika 15: Vertikalna armiranobetonska zatega na unutrašnjoj strani zida. Ugao je potpuno bez pukotina i nije potrebno ugrađivati u dobar zid još armiranobetonsku zategu, što je vrlo skupo i kvari kvalitet samog zida



Slika 16: Jačanje kamenitog zida armiranobetonskom oblogom debljine 20 cm. Potpuno nepotrebna i skupa sanacija.



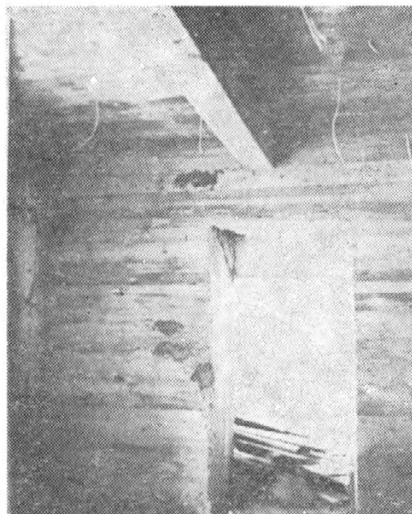
Slika 17: Štamanje zdravog međuprozorskog sklopa za vertikalnu armiranobetonsku zategu uz opasnost da se sruši kamenita balkonska konzola. Potpuno nepotreban i skup rad

Prema našim iskustvima potrebno bi bilo zamijeniti stropove, a zidove preračunati na  $\sigma_n$  i  $\sigma_o$  s time da se za dopuštene napone uvaži postojeći način zidanja i kvalitet maltera. Eventualno ojačavanje zidova izvesti injektiranjem ili nekim drugim savremenim sredstvima (na primjer: uvertavanje čeličnih dijagonala).

Na kraju, prikazaću sanaciju tornja crkve u Škaljarima, gdje smo uspjeli, sa dobrim izvođačem, na tehnički zanimljiv način sanirati toranj.

Zemljotres je u obimu otvora za zvona jako oštetio stubove i svodove. Svi stubovi su se pomjerali na vanjsku stranu od 2 do 20 cm (sl. 19).

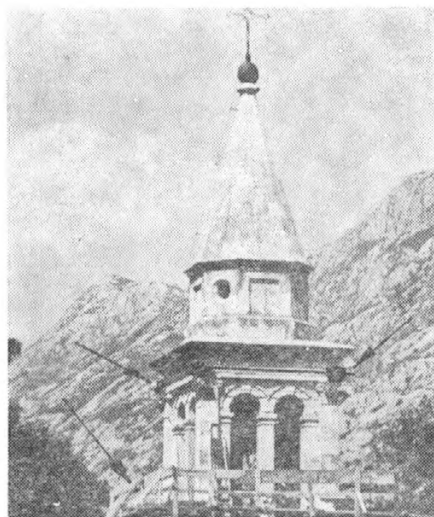
Sanacija je predvidjela dizanje jedne polovine gornjeg dijela tornja hidrauličnim dizalicama za cca 5 mm i horizontalno pomjeranje deformisanih stubova pomoću manje hidraulične dizalice i hrastovih klinova. Sl. 20 prikazuje početak rada, to je privremeno horizontalno obezbjeđenje gornjeg dijela tornja i namještanje konzolne radne skele. Na sl. 21 prikazano je dizanje jednog ugla sa 100-tonskom hidrauličnom dizalicom. Na sl. 22 vidi se pomjeranje stuba pomoću manje hidraulične dizalice. Na sl. 23 prikazano je djelimično zaokretanje stubova pomoću hrastovih klinova. Na sl. 24 vidi se montaža unutrašnjih vertikalnih zatega, koje povezuju gornji i donji dio tornja u obimu stubova. Na sl. 25 prikazan je donji dio vertikalne zatege, na koju je bila montirana podložna ploča i matica. Svi stubovi i svodovi bili su injektirani, a spojnice pomjerenih kamena ojačane epoksi-smolama. Radi upoređenja prikazan je na sl. 26 deformisani stub prije sanacije, a na sl. 27 sanirani toranj.



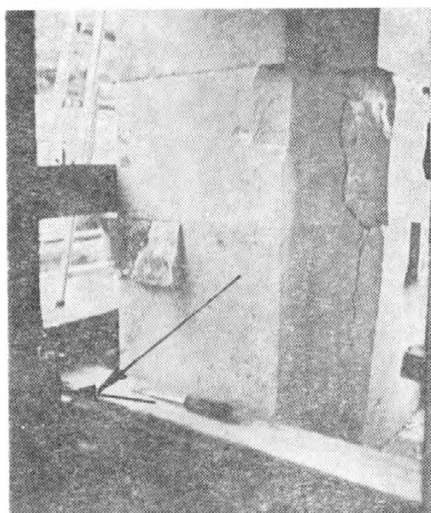
Slika 18: Umjesto prijašnjeg prostora sa drvenim stropom i kamenitim zidinama, postao je betonski bunker i uništen identitet spomenika



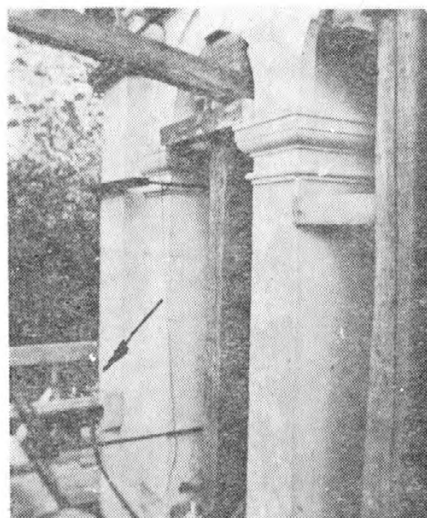
Sl. 19.



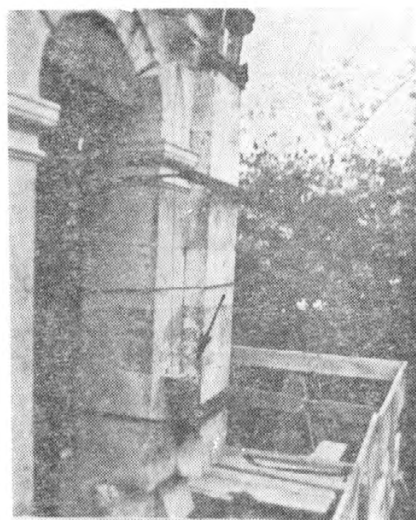
Sl. 20.



Sl. 21.



Sl. 22.

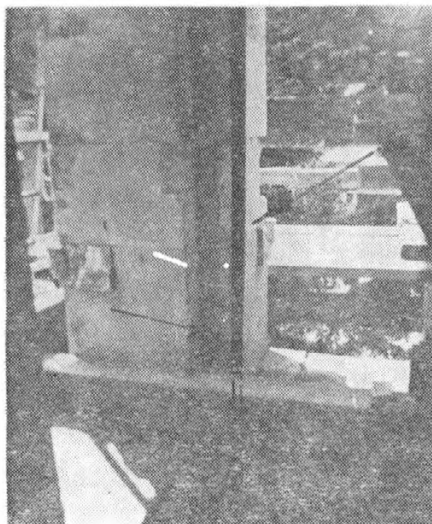


Sl. 23.

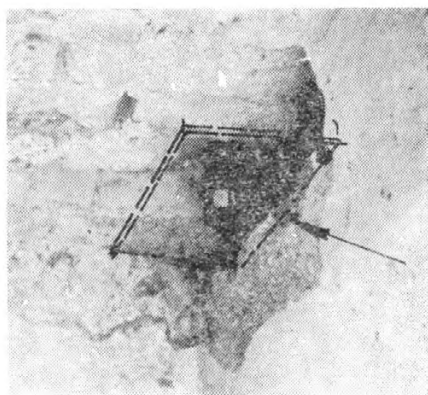
Troškovi sanacije iznosili su 350 000,00 dinara. Sa drugim načinom sanacije, to jest rušenjem tornja do donjeg ruba stubova i ponovnim zidanjem, troškovi bi bili približno deset puta veći.

Naša želja je da na ovom skupu objedinimo snage i iskustva, da bismo mogli stručnije, efektivnije i funkcionalnije, sa najmanjim mogućim troškovima, sanirati kulturne spomenike, koji moraju očuvati svoj identitet.





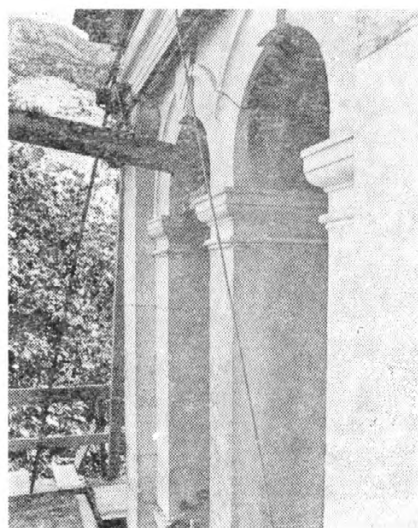
Sl. 24.



Sl. 25.



Sl. 26.



Sl. 27.

## LITERATURA

- Marcus A.: Die vereinfachte Berechnung biegsamer Platten.  
Czerny F.: Tafeln für vierseitig und dreiseitig gelagerte Rechteckplatten.  
Bittner E.: Platten und Behälter.  
Horch A.: Beitrag zur Berechnung dreiseitig gelagerte Platten.  
Goriupp: Die dreiseitig gelagerte Rechteckplatten.  
ZRMK Ljubljana: Preiskave na področju seizmične odpornosti zidanih stavb;  
Pravilnik o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima (Službeni list SR Crne Gore 12. 6. 1979);  
Pravilnik o tehničkim normativima za građenje u seizmičkim područjima (Službeni list SFRJ od 5. 6. 1981);  
Nemački propisi za kamene zidove (Mauerwerksbau Din 1053).

Stojan RIBNIKAR

RESTORATION OF CULTURAL MONUMENTS  
STRICKEN BY THE EARTHQUAKE  
on April 15<sup>th</sup>, 1979

The earthquake damages of the building are for an experienced statics engineer the most important particulars to prepare a rehabilitation plan. In an earthquake, buildings break down from the top (pictures 1 and 2). If we only tie up the buildings-walls at the top, the earthquake damages are for 50% smaller (pictures 3 — 13). Incorrect interpretation of regulations (applicable to earthquake) is very harmful for cultural monuments and in the same time it may rises the expenditures (pictures 14 — 19). Example of a cheap, rehabilitation programe of the church tower in Škaljari (pictures 20 — 27).