



**HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA**  
**Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva 2020.**

# **Uloga temeljnog tla u protupotresnim sanacijama oštećenih građevina**

**Ivan Muhovec**

mr. sc. Ivan Muhovec, dipl. ing. grad.

Na svojoj sjednici od 11. rujna 2020. Hrvatski je sabor izglasao:

**„ZAKON O OBNOVI ZGRADA OŠTEĆENIH POTRESOM  
NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA, KRAPINSKO-ZAGORSKE ŽUPANIJE I  
ZAGREBAČKE ŽUPANIJE”**

Kao i svaki drugi zakon i ovaj Zakon poglavito je pravni okvir unutar kojeg je regulirana određena društvena problematika, što znači da se implicitno podrazumijeva da se stručna razrada Zakona treba provoditi prema važećim pravilima i regulama relevantnih struka.



U članku 13 Zakona navodi se da Vlada osniva Stručni savjet za obnovu koji se sastoji od predsjednika, dva zamjenika predsjednika, te 20 članova i 20 zamjenika.

U stavku 3 navedenog članka taksativno se navode struke (strukovni subjekti) iz kojih će se delegirati istaknuti stručnjaci kao članovi Stručnog savjeta.

Obzirom da se geotehničko inženjerstvo, kao specifični ogranak građevinske struke (proširene nekim srodnim strukama) ne spominje eksplicitno, za pretpostaviti je da će tematiku geotehničkog inženjerstva zastupati i tumačiti neki od članova Stručnog savjeta kojemu je ta tematika bliska.



U poglavlju Zakona pod naslovom „Načini obnavljanja oštećenih zgrada” u članku 16 navodi se sljedećih 5 načina:

1. popravkom nekonstrukcijskih elemenata
2. popravkom konstrukcije
3. pojačanjem konstrukcije
4. cjelovitom obnovom konstrukcije
5. cjelovitom obnovom zgrade

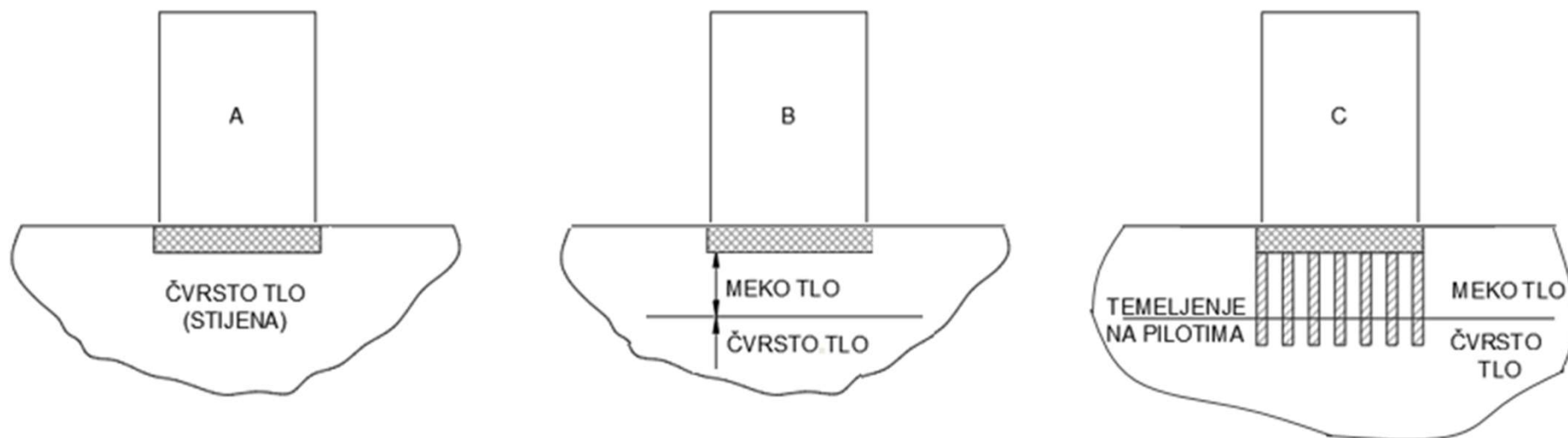
Ima li se u vidu da je TEMELJNO TLO onaj završni dio konstrukcije zgrade, onda nije teško zaključiti da geotehničko inženjerstvo predstavlja strukovni segment koji svoju ulogu nalazi u 4 od gornjih 5 načina obnove oštećenja.

Problem klizišta (kao tipičnog geotehničkog zadatka), o kojemu npr. govori članak 28, tek će biti u malom broju slučajeva prisutan pri obnovi potresom oštećenih građevina.



## POTRESNI UDAR

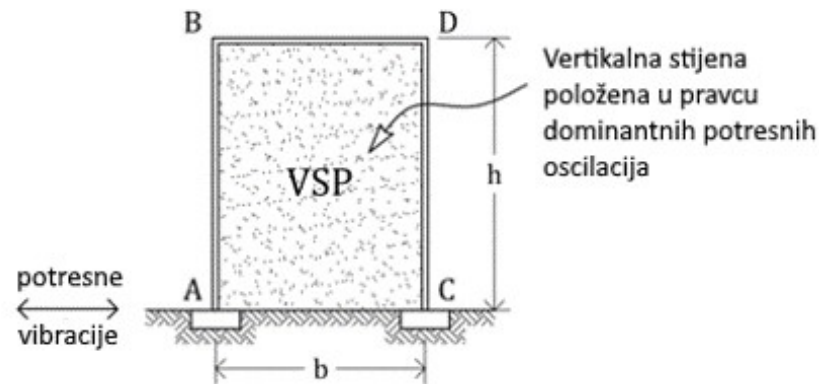
ima za posljedicu složene vibracije tla koje pak uzrokuju oscilacijska gibanja izgrađenih objekata koji se nalaze na potresom zahvaćenom području. Susjedni objekti pri tome mogu iskazati bitno različito oscilacijsko gibanje, što ovisi o nizu faktora, među kojima su osobito važni temeljno tlo (vrsta) i način temeljenja svakog promatranog objekta.



Napomena: U prikazanim slučajevima daleko će najviše stradati uslijed potresnih oscilacija objekt B

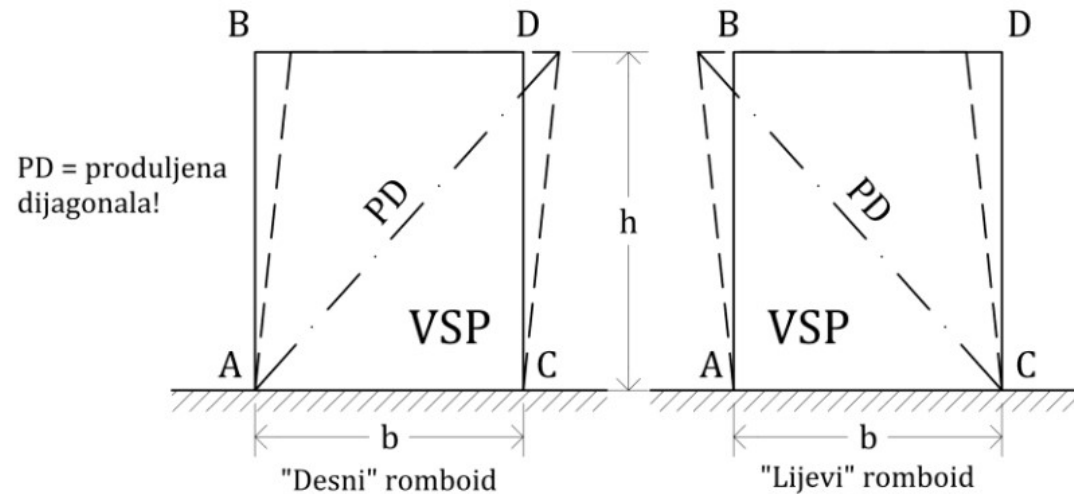
## Rekonstrukcija potresnog djelovanja na osnovi opažanja pukotinskog sustava

Pružanje pukotina na vertikalnim stijenama (VSP) koje su položene paralelno s pravcem potresnih vibracija.



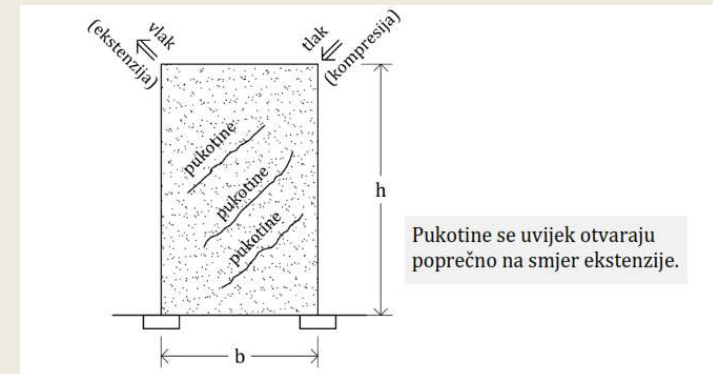
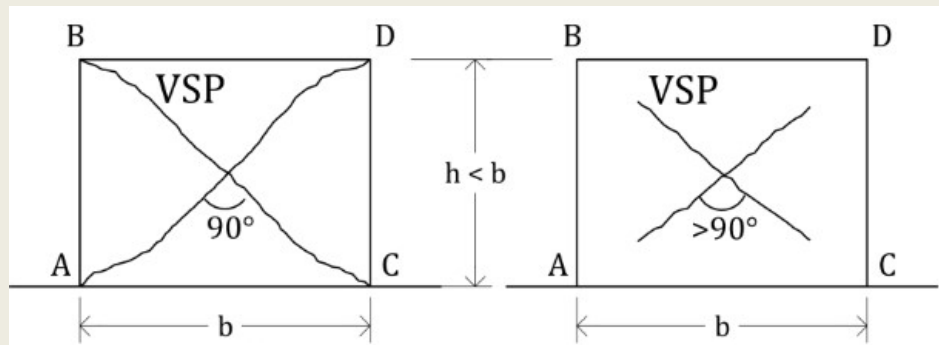
Potresne oscilacije naizmjenično mijenjaju formu pravokutne građevine od tzv. desnog pa do lijevog romboida i natrag.

Pri tome, približno okomito na onu produljenu dijagonalu (PD) nastaju vlačne pukotine



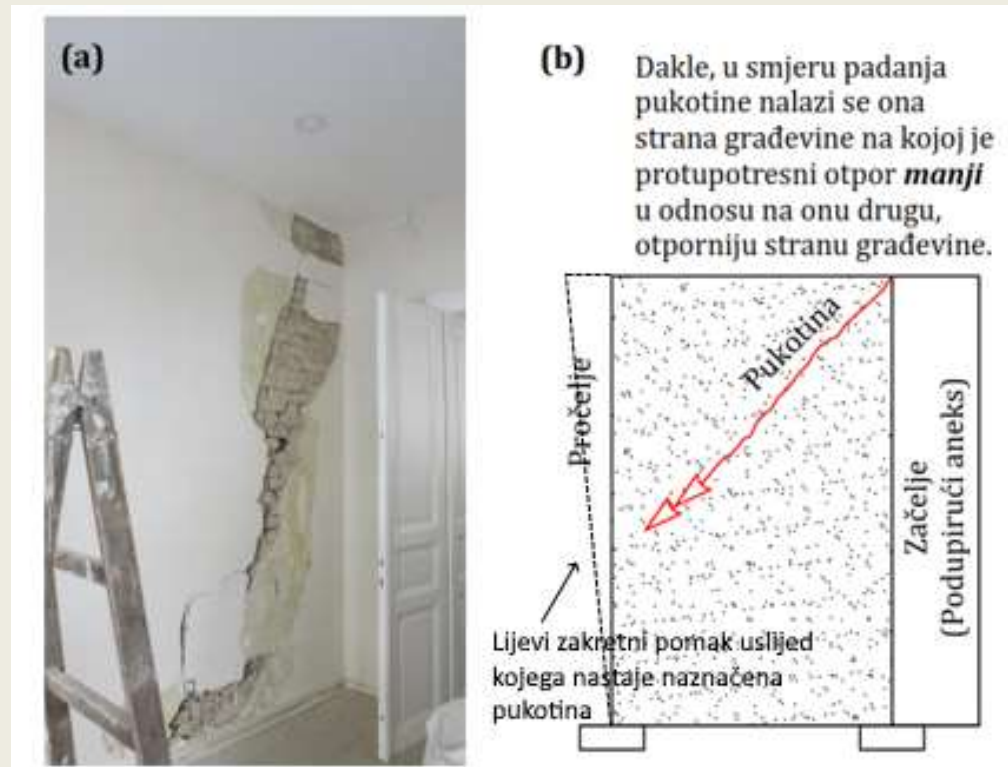
# Ukrižene pukotine vs. jednosmjerne pukotine

Ukrižene su pukotine odraz simetričnih oscilacija pravokutnog objekta, dok jednosmjerne pukotine nastaju pri asimetričnim oscilacijama (gornji kraj pukotina je na zapriječenoj strani objekta)



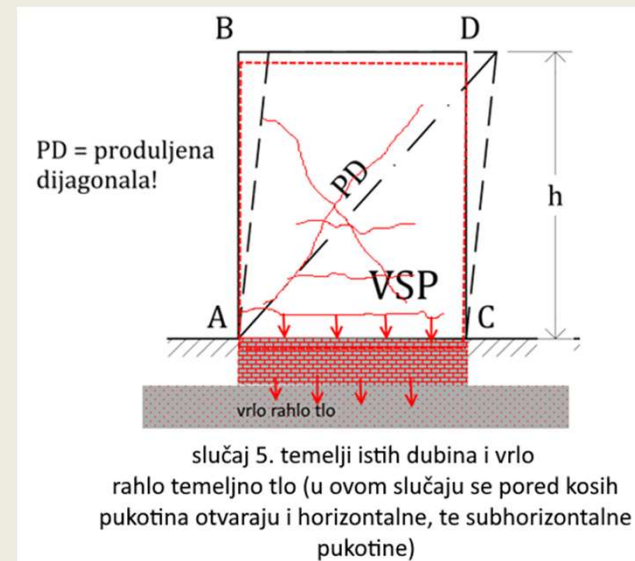
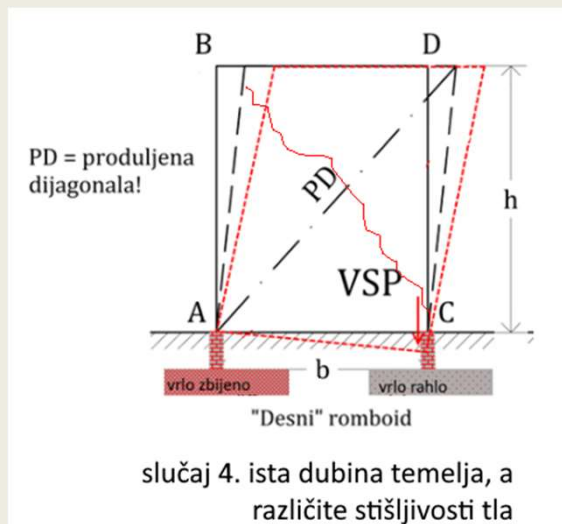
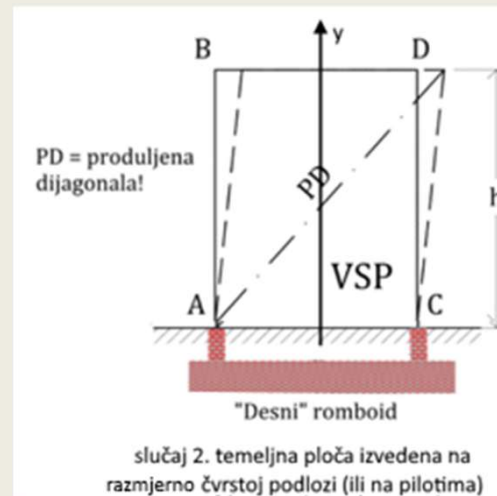
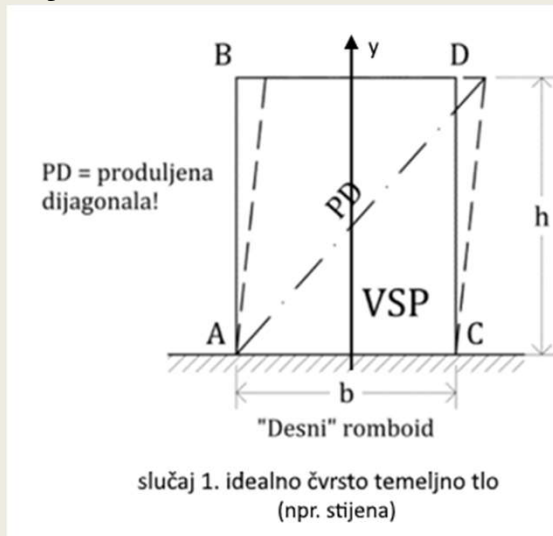
# Pukotine i otpor građevine na zakretni pomak (uslijed potresa)

- UKRIŽENE PUKOTINE – podjednaki otpor za lijevi i desni zakretni pomak
- JEDNOSMJERNE PUKOTINE – nejednaki otpor za L i D zakretni pomak

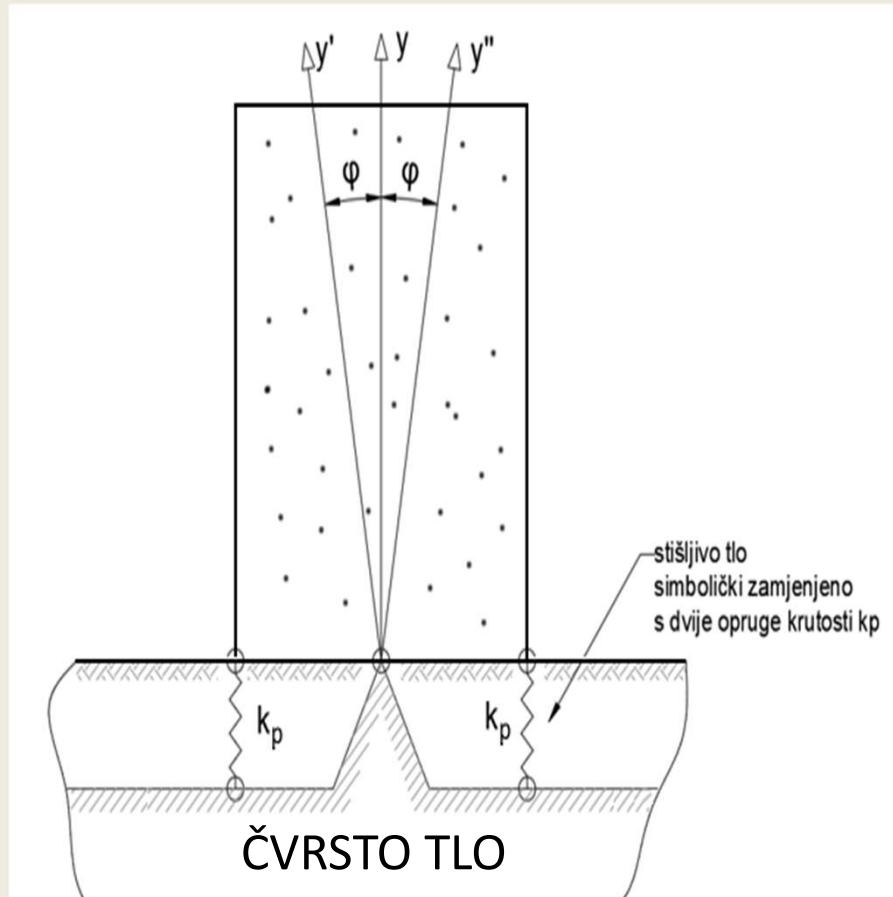




# Pukotine i temeljno tlo pri zakretnim pomacima građevine (zakretanje se svodi na kutni odmak osi y oko baznog ishodišta)



## POJEDNOSTAVLJENI MODEL ZAKRETNIH OSCILACIJA GRAĐEVINE USLIJED DJELOVANJA POTRESA (IDEALIZIRAN MODEL)



- Tumačenje: os  $y$  zakreće se za kut  $\varphi$  na lijevu stranu ( $y'$ ) te na desnu stranu ( $y'''$ ) s time da je amplitudni kut  $\varphi$  tim veći čim su manje krutosti opruge  $k_p$ , tj. čim je veća stišljivost tla.
- Veća oscilacijska amplituda  $\varphi$  dovodi do većeg oštećenja građevine, što pak znači da treba određenim tehničkim zahvatom **POVEĆATI KRUTOST OPRUGAMA ( $k_p$ )**. Prikladnim se injektiranjem stišljivog tla u temeljnoj podlogi može povećati krutost podloge, pa će tim biti smanjena i potresna oštećenja objekta

Nije na odmet podsjetiti još i na činjenicu da postoje:

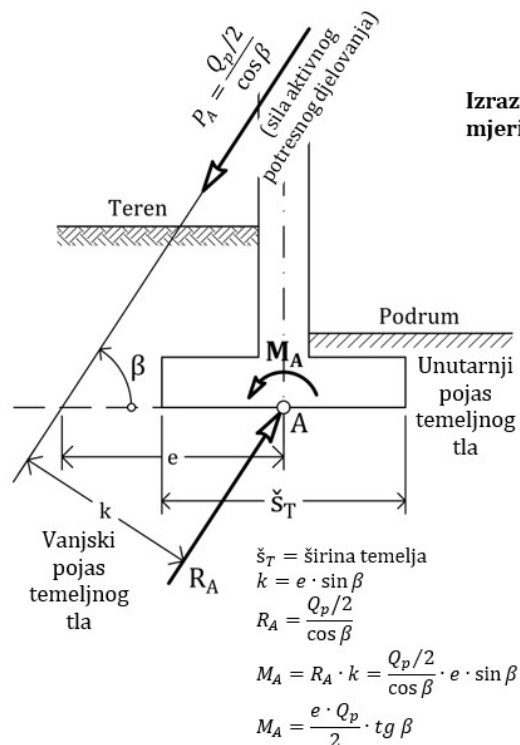
## **SEKUNDARNI UTJECAJI DEGRADACIJE (POD)TEMELJNOG TLA**

- **Oborinske vode:** odvodnja i sakupljanje...
- **Propuštanja vodovodno-kanalizacijskog sustava:** stare instalacije
- **Vibracije:** promet, potres...
- **Likvefakcija:** „otekućenje” temeljnog tla pri nekim posebnim okolnostima
- **Promjena razine podzemnih voda:** porni tlakovi
- **Klimatske promjene:** dugi sušni periodi i ekstremne oborine
- **Vegetacija u blizini temelja:** oduzimanje vlage preko korijenja
- **Iskopavanja u zoni temelja:** novi objekti, iskopi za infrastrukturu itd.

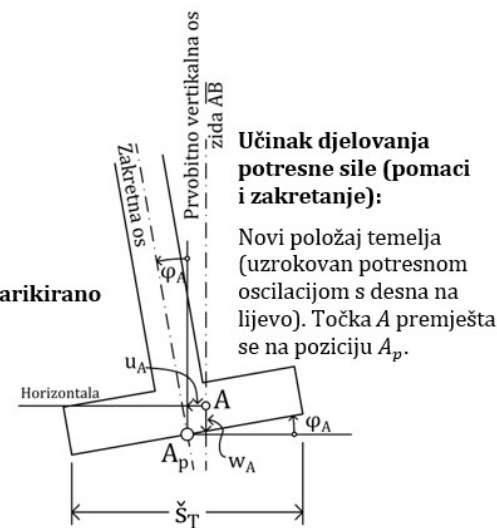


# Ilustracija uravnoteženja kosih sila (nastalih uslijed djelovanja potresa) na ukopanom konturnom temelju

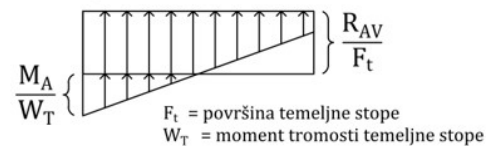
**Napomena:** U ovom detaljnom prikazu vidljivo je da se točka A odnosi na središte temeljne stope promatrane zgrade.



Izrazito karikirano mjerilo!



Dijagram reakcijskih kontaktnih napreznja uslijed djelovanja potresne sile ( $Q_p$ ) usmjerene s desna u lijevo



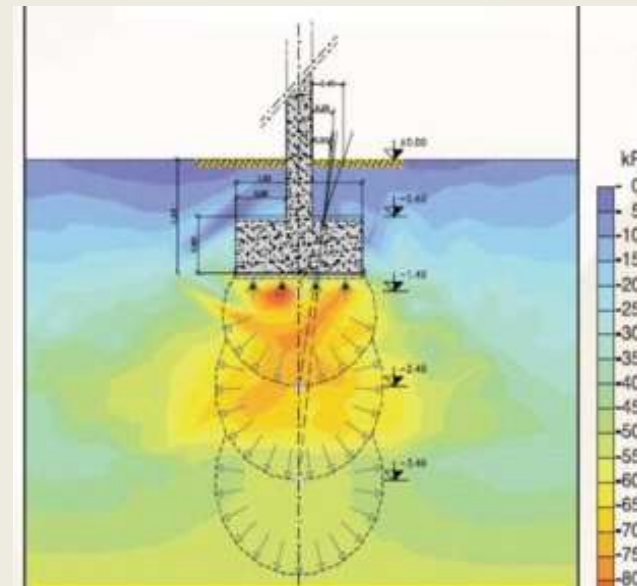
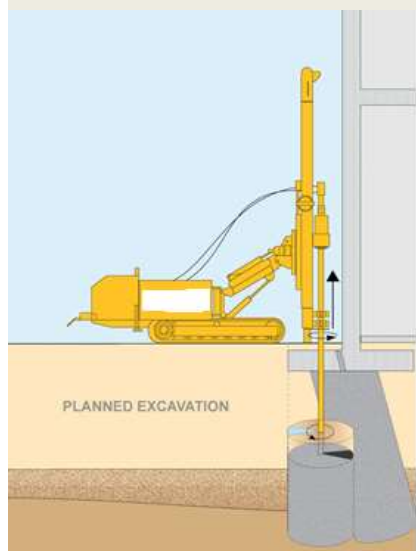
Točka A premješta se uslijed potresne oscilacije u točku  $A_p$ , što znači da je nastao:

- horizontalni pomak,  $u_A$
- vertikalni pomak,  $w_A$
- i rotacijski kut,  $\varphi_A$

# Poboljšanjem temeljnog tla dolazi se (poglavito povećanjem krutosti tla) do smanjenja štetnih utjecaja potresnih sila

Geotehničke metode poboljšanja temeljnog tla za postojeće se objekte poglavito svode na:

- injektiranje kemijskih supstanci (ekspandirajućih smola) ili sl.



Na koncu valja zaključiti:

**Uspjeh bilo koje sanacije**, a pogotovo one protupotresne sanacije u najvećoj će mjeri ovisiti o dobroj suradnji mnogih različitih struka, od kojih svaka mora pružiti ono najbolje i to u onoj mjeri koju implicira svaki konkretan zadatak.

Rečeno narodnim jezikom:

*„ Na zlataru je da iskuje zlatni lančić, a na kovaču je da potkuje konja.”*



Dodajmo na samom kraju još i ovo:

U svijetu postoje bogata iskustva iz područja postpotresne obnove, pa bi bilo logično i poželjno da se u idućim mjesecima kod nas organizira inženjerska konferencija na tu temu za koju bi trebalo pozvati predavače iz npr. ovih zemalja: Italija, Grčka, Albanija, Turska, Japan i SAD. Vrijedno je učiti na tuđim iskustvima.

**HVALA NA POZORNOSTI!**

