

## Literaturo:

1. C. Lomnitz and E. Rosenblueth, Seismic Risk and Engineering Decision, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam – Oxford – New York, 1976.
2. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, A. Wiley – Interscience Publication, 1/90.
3. Encyclopaedia Britannica, Thee Book of Year 1970 – 1988.
4. Clarence R. Allen, Geological Criteria for Evaluating Seismicity, Seismological Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, 1974.
5. E. W. Janczewski, Zarys Sejsmologii Ogólnej i Stosowanej, Wyd. Geolog. Warszawa, 1955.
6. A. Kaniak, Analiza awarii i katastrof budowlanych w Polsce w ostatnim ćwierćwieczu, Praca magisterska, Politechnika Śląska w Gliwicach, 1991.

## Adreso de la aŭtoro:

mag. inĝ. Andrzej KANIAK  
 ul. Wolności 143/4  
 PL 41-800 Zabrze  
 POLLANDO

## AVERIOJ de KONSTRUAĴOJ en SISMAJ-KVAZAUSISMAJ REGIONOJ

Andrzej Kaniak

Precizigo de nocio "averio" au "katastrofo" de konstruaĵo tiel longe estos malpreciza, kiel longe dauros esploroj pri neerareco de konstruaĵo. Krom konataj difinoj en teknika, jura, ekonomia kaj socia praktiko, oni provis matematike determini problemon, analizante stabilecon de prikresko de kineta energio post destabiliĝo de energetika transformiĝo de la konstruaĵo (1).

Neerareco de konstruaĵo laŭvice signifas probablecon de okazaĵo esencanta en ĝusta plenumo per konstruaĵo destinitaj al ĝi funkcioj dum difinita tempo.

Teorio de neerareco devas okupiĝi pri esploroj de averikialoj kaj kreo de metodoj de ilia antaŭvidado, alidirite – ĝi devas serĉi rimedojn plialtigi neerarecon en projektado, konstruado kaj ekspluatado de konstruaĵo. Unu el vojoj gvidantaj al pliigo de neerareco de konstruaĵoj kondukas tra sistemaj esploroj de ŝarĝointensecoj, streĉoj, deformoj kaj translokoj de elektitaj punktoj de konstruaĵo. Ĝisnunaj prilaboroj estis plenumataj en limigita skalo kaj ofte rilatis nure al pririgardo-esploroj, sen konsideri esplorojn ne detruantaj materialojn kaj sen analizo de statikaj kalkuloj en variantaj sistemoj.

Analizo-materialo akirita surbaze de multnombraj aroj permesos konkludigi analizon de averikialoj je ĝeneraligoj, ne en la kutima signifo de tiu vorto, sed en la kompreno prilaboradi konkretajn leĝojn bazantaj sur statistiko-esploro de tiu aro. Kialoj de konstru-katastrofo povas esti:

- grundo-skuo kaŭzita de minekspluato de "fosto" kaj neatendita malstreĉiĝo de rokaĵo-maso,
- kvazau-sisma ondo kaŭzita de eksplodlaboroj en proksima ŝtonminejo,
- la voj-konstruado per pafadmaniero,
- malkonstruaj laboroj ĉe "elservita" konstruaĵo.

Tian kazon oni registris en unu el elektrohejtejoj, kie okazis la katastrofo de hiperboloida fridejo post ties kvaronjarcenta ekspluatado. Antaŭkazon de

la averio oni trovis fine en skuado demonstriĝinta iam, kiam oni formigis la tubegokorpuson. La mikrofendoj, kiuj tiutempe ekestis, kauzis korodoproceŝon de unu el la segmentoj de tiu ĉi fridejo. Materialodegeneriĝo atingis apogeon dum tiaj klimat-kondiĉoj, kiam la pluvakvo frostiĝinta en larĝaj fendoj kaj kondensaĵo interne, disŝiris la poran strukturon de fridejo-tubo.

Kvankam Pollando situas ekster agadsferoj de ĉefaj sismo-regionoj, tamen J. Pagaczewski pliraboris la katalogon de tertremoj sur pola teritorio (2).

Post tragedia tertremo okazinta en Bukareŝto en 1977, oni en Pollando remomorigis al si, ke antaŭ 200 jaroj tertremo ruinigis kvaronon de urbo Cieszyn, kaj post la dua mondmilito ni travivis dufoje tertremojn. (Lublin-Regiono 1952, urbo Zakopane 1966) (3).

Kvantan pritakson de sismoagoj oni komparas per la skalo de sisma intenseco rilate al konstru-damaĝoj. En Ameriko oni uzas la skalon MM, en Europo la skalon MSK kaj MCS.

Precize determiniĝas termgradoj M. Registrante amplitudojn de sismoondoj, oni povas pritaksi distancon de la tertrem-fokuso kaj difini intensecon per senmezura grandeco, alidirite per la Richter-skalo. Tio estas skuo-parametro kunligita kun la logaritmo de ĝia energio, kiu karakterizas ekskluzive fokuson, sed ne ĝian influon je la surfaco. Nek povon, nek ago-intensecon oni povas senpere enkonduki al dinamikaj kalkuloj de konstruaĵoj. Tiucele oni devas pritaksi la maksimuman akcelon de grundobazo  $\text{mms}^{-2}$ , kiu estas hazardo-proceso.

En la lasta periodo intensiĝis esploroj pri la sismorisko pritraktantaj:

- la karakterizon de probablaj sismoagoj,
- la histerezon de reala konstruaĵaro,
- trajtojn de vibro-dampado,
- la oftecojn de vibroj propraj,
- la elastajn vibrojn,
- la probemon de interakcio, t. e. interinfluo en la loko de kuntuŝiĝo: grundo - konstruaĵfundamento.

Vaste komprenanta antisisma inĝenierarto limiĝas ĉefe al la analizo de stokasta funkcio  $S(t)$ , kiu en la konstruaĵo transformiĝas je funkcio  $S'(t)$ , kio

ankau estas hazardo-proceso:

EKSCITO  $S(t)$  - KONSTRUAĴO - RESPONDO  $S'(t)$ .

Oni devas, bazante je proceso  $S(t)$ , kalkuli kaj karakterizi proceson  $S'(t)$ . Ĝis nun tiun problemon oni determinis per dependeco de la tempo  $t$ , au per la ofteco  $f$ , sed ĝi ne estas finsolvita.

Ĝis antaŭ nelonge oni premisis la horizontalajn sismofortojn, kiel egalaj je dekonon de konstruaĵpezo. Ne tro granda kresko de kostoj de konstruaĵo plialtigas ĝian rezistokapablon ankau en la kondiĉoj de abruptaj skuoj dum gasoeksplozoj en loĝdomoj au de polvoeksplozoj en siloj.

La kvazausismaj influoj, kompareblaj kun la sismaj, estas en la polaj kondiĉoj antaŭ ĉio influo de minejoeksploatado, sed ankau industriaj influoj generitaj en la fandejoj per batego-maŝinoj au trafiko-influoj en densa domaro de Silezia Regiono.

La minejoskuoj klasifiĝas en Pollando kiel fenomenoj troviĝantaj inter tiuj kazitaj artefarite kaj la tertremoj. Tio rezultas de specifaj procezoj okazantaj en la rokaĵo-maso perturbita per la eksploato-procezo. La skuo-kialoj ekestas pro la neatenditaj perturboj de ekvilibro-stato en streĉo de rokaĵo-maso, kiel efikoj de transpaso de rezisteco de ties bazaj materialoj. Ĉiun skuon akompanas liberigo de la potenciala elasta energio, kiu parte transformiĝis en la kinetan energion de elastaj ondoj, ĉefe sismoondoj, generitaj en sisma fokuso.

Kvazausismaj influoj en konstruaĵoj estas bone videblaj en urbo Bytom. Komplikitaj geologiaj kondiĉoj kauzis, ke la trogo de tiu ĉi urbo havas nesimetriajn flankojn kaj ne estas tipa cikloido. Ĝi formiĝis sekve de vertikalaj movoj de grundo-bazo. En la jaroj 1897 ĝis 1919, la tereno malaltiĝis de 10 ĝis 18 cm. Post la dua mondmilito, en la jaroj de 1949 ĝis 1989 malaltiĝo egaligis al 5,78 m (4).

La protektan "foston" determinita por la urbo en la jaro 1949 oni komencis malgrandigi ekde 1961. Manko de efektiva kaj sekura teknologio de ekstraktado per la metodo de "hidraŭla submeto" kaj intenseco de eksploatado kauzis skuo-generadon je bimodala distribuo de okazo-probabloj. Tio atestas almenaŭ pri du mekanismoj de ilia ekestado.



Mezenergetikajn skuojn je energio de  $10^6$  J oni povas ankoraŭ ligi kun la trapaso de streĉo—deformiga proceso kaj kun deintegriĝo de rokaĵo—maso apud la kontinuataj minejaj laboroj.

La alt—energiajn skuojn je skalo de  $10^7$  J, kaj la pli grandajn, oni povas defini kiel hazardo—skuoj. La proceso de ilia ekesto okazas en grandaj spacoj de rokaĵo—maso, eĉ en lokoj konsiderinde distaj de kontinuataj minejaj laboraj kaj en tre duraj tavoloj de rokoj.

Por tavolo—komplekso de urbo Bytom, oni ne observis korelacion inter energio de alt—energiaj skuoj kaj la tempo de akcelo je la skuo. Ekde 1977 oni notis en tiu ĉi regiono la serion de 19 skuoj je energio de  $E \geq 10^7$  J. La hipocentron de skuo je  $3 \times 10^9$  J oni trovis, baze de prikalkuloj, en profundo de 765 m. Ĉiufoja skuo meze kaŭzis damaĝon de 330480 da loĝdomoj. La prikalkulita grundo—akcelado de  $a=481$  mm/s<sup>2</sup> kvalifikas skuojn je 6 grado en la MSK—skalo, do temas pri fortaj sismoskuoj. Rezulte de ili ekestis:

- krevitaj supraj sojloj kaj vandoj de la lastaj etaĝoj,
- krevoj de gablaj muroj sur la nivelo de la lastaj etaĝoj,
- rompiĝo de plafonoj kaj kelaj arkaĵoj,
- rompiĝoj de muroj de ŝtuparejoj,
- faliĝoj de kamentuboj, atikoj, fajro—muroj, kornicoj,
- detruo de tegmentoj.

La tertremo tuŝis ĉefe la densan domaron de urbomezo 75 ĝis 100 jarojn aĝa.

La epicentro de la lastaj tremoj lokaliziĝis en apudeco de elektrohejtejo "Szombierki", kie la vertikalaj komponantoj de la skuoj evidentiĝis malpli danĝeraj por konstruaĵoj. La pli danĝeraj estis horizontalaj komponantoj en ioma distanco de skuo—epicentro.

La evoluo de antisisma inĝenierarto en la mondo kaj intenseco de fontoj de kvazaŭsismaj influoj en nia lando, kie troviĝas tri regionoj de ter—karbo, kupro—regiono, sulfuro—regiono, tri grandaj regionoj de ligno—karbo, povas esti inspiro por serĉoj de nova vidpunkto je la konstruaĵ—teknologio. Ili povas fariĝi provo krei ponto—konkludojn inter la okcidenta kaj orienta teknologioj; ankau la provo prilabori proprajn, originalajn solvojn je la skalo de niaj

bezonoj kaj postuloj lau kiuj ni projektos kaj konstruos estontece en eksterlando.

La landoj situantaj sur teritorioj de granda sisma aktiveco prilaboris por si konvenajn normojn por projektado. Tiujn normojn havas ankau la landoj, por kiuj la fenomenoj de tektonika movado de la terkrusto ne estsas problemo. La normo—kreadon influas ekonomiaj kaj teknikoj eblecoj de la koncerna lando. Normaj priskriboj estas rezulto de kompromiso inter evoluo de scienco en ajna lando kaj ties teknikaj—ekonomiaj eblecoj.

- La antisisma inĝenierarto estas kampo de novaj serĉoj pri konstrusolvoj:
- vibroizolilo de konstruaĵoj,
  - formado de kunligoj de konstru—elementoj,
  - formado de rigidigoj de konstruaĵoj,
  - selekto de materialoj taugaj por variaj dinamikaj ŝarĝoj.

Konstruoinĝeniero devas koni probemojn de antisisma inĝenierarto, sed ne estas devigita regi ilin. Tamen ili devas estis kritikkapabla, utiligante la informojn transdonataj fare de aliaj fakuloj pri tiu escepte interbranĉa scienco.

#### Literaturo:

1. T. Chmielewski, M. Golczyk, Zagadnienia niezawodności konstrukcji budowlanych na przykładzie hiperboidalnych chłodni kominowych, Krynica 1988.
2. J. Pagaczewski, Katalog trzęsień ziemi w Polsce z lat 1000 — 1970, Instytut Geofizyki PAN.
3. Inżynieria i Budownictwo, 7/77.
4. Zabezpieczenie obiektów m. Bytomia przed wstrząsami, Praca zbiorowa, Bytom 1989.

Adreso de la aŭtoro:

ul. Wolności 143/4  
PL 41—800 Zabrze  
POLLANDO