Werk

Label: Article

Jahr: 1927

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?31311028X_0053|log8

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

181. Über graphische Auflösung von überzähligen linearen Gleichungen zwischen zwei Unbekannten. OZ IX, 285—288.
182. Bemerkung zum Artikel des Herrn A. Wagner im Dezemberheft 1910: Über den Einfluss des mittleren Fehlers auf die wahrscheinlichste Beziehung zwischen zwei Veränderlichen. MZ XXVIII, 230—231.

R. 1912:

183. Příspěvek ke studiu zákonitosti spekter čárových. Č XLI, 407—412.

R. 1913:

Viz č. 15.
184. O sestrojování tečen jistých křivek rovinných. Č XLII, 13—20.
185. O nomografii. Č XLII, 209—217.
186. Integrál Poissonův jako přímý důsledek integrálu Cauchyho. Č XLII, 398—401.
187. Úvod ke článku p. A. Jemelky. Č XLII, 500—501.
188. Zur Korrelation. MZ XXX, 558—560.

R. 1914:

189. Ein Nomogramm zur Auflösung der Keplerschen Gleichung. AN CIC, 295—296.
190. Eine neue Methode zur geographischen Bestimmung eines Epizentrums. PM 2. Halbb., 78—79.

R. 1915:

Viz č. 55.

R. 1916:

191. Der Variationsindex. MZ XXXIII, 241—247.
192. Über die Bearbeitung von langen Beobachtungen. MZ XXXIII, 361—366.
193. Über die Bestimmung von Perioden, MZ XXXIII, 446—454.
194. Abnormale Dämmerungserscheinungen im Sommer 1916. MZ XXXIII, 520—521.

R. 1917:

195. Über die Bestimmung der Perioden bei veränderlichen Sternen. AN CCIII, 65—68.
196. Der Variationsindex und die Glättung. MZ XXXIV, 122—129.

R. 1918:

197. Über die Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit von der Höhe. MZ XXXV, 315—316.

R. 1921:

198. Počet pravděpodobnosti. Praha, 127 str.
199. Vybrané stati z matematické statistiky. ČS II, 225—260, 313—342.
200. Filosofie prostoru. RF I, 43—49.

R. 1922:

201. Vybrané kapitoly z geofysiky. SZ XXVIII, 1—6, 65—69, 137—145.

O vlnách dilatačních a kompresních při zemětřeseních.

Napsal št. kapitán *L. Beneš.*

Při pozorování zemětřesení vyskytuje se zajímavý zjev, který doposud vzbuzoval velmi málo pozornosti, to jest objevování se v začáteční fási zemětřesení v první podélné vlně — buď vlny kompresní nebo dilatační.

Vlnou kompresní nebo dilatační nazýváme stlačení nebo roztažení v pružném prostředí způsobené příchodem pružné vlny na místo pozorovací. Pozorování na jedné pouze stanici nemůže nám nic říci o tom, jaký byl charakter vlny při jejím vzniku v ohnisku zemětřesení. Jak známo, možno charakter první podélné vlny určiti buď seismografem vertikálním bezprostředně, nebo horizontálními seismografy, je-li známo epicentrum zemětřesení.

Tento článek*) má účel vzbuditi zájem o uvedený zjev a ukázati na jeho značný význam pro seismologii. Materiál, jehož autor upotřebil, byly zprávy ruských seismických stanic I. řádu; originální seismogramy byly mu ve většině případů nepřístupny.

V ruské literatuře odborné nachází se několik poznámek o vlnách dilatačních a kompresních. Tak při svých pozorováních o vertikální složce pohybu půdy našel kníže B. B. Golicyn (Изв. Имп. Ак. Наукъ 1911), že ze 42 pozorovaných zemětřesení 27 jich přišlo do Pulkova s vlnou kompresní a 15 s vlnou dilatační. Zajímavá jest poznámka J. J. Vilipa ve zprávách ruské seismické komise 1913 o pozorování islandského zemětřesení dne 6. května 1912. Vilip poznamenává, že zemětřesení islandské z r. 1910 počalo právě vlnou kompresní v opak toho, co bylo při prvé vlně zemětřesení z r. 1912 (t. j. vlny dilatační) i připomíná, že zjev tento dosud jest nevyjasněn a sotva možno v dohledné době očekávati řešení otázky, která jest právě příčina tohoto faktu, a připojuje některé domněnky o vzniku obou druhů vln.

Co se týče ostatní mimoruské literatury, nebylo o otázce charakteru první podélné vlny, pokud jest autoru známo, téměř uvažováno. Tato okolnost vysvětluje se patrně tím, že pro mimoruské stanice se konstruovaly i stále konstruují hlavně kyvadla horizontální, která nemohou samostatně určiti charakter vlny, která registrují pohyb půdy ve všech možných směrech — azimutech — tak že názorné bezprostřední rozpoznání charakteru vlny zmizí; naopak charakter vlny jest ihned nápadný při registraci vertikálním kyvadlem, poněvadž jest zde možný směr pohybu jen buď nahoru nebo dolů.

První zajímavý výsledek, jejž ukazují pozorování, jest tento: Při jednom a témže zemětřesení pozoruje se na některých místech povrchu zemského vlna kompresní, na jiných vlna dilatační. Jako příklad bylo by možno uvésti množství zemětřesení. Jedním z nejzajímavějších jest známé katastrofální zemětřesení italské, vzniklé dne 13. ledna 1915, jehož ohnisko se nacházelo blízko místa Avezzano. V Pulkově byla pozorována vlna kompresní, v Je-

*) Článek tento byl napsán autorem ruským jazykem již r. 1916 v Pulkově; pro známé nepříznivé poměry tiskové nemohl však býti v Rusku vytištěn, a podává ho autor v českém zpracování, když byl ho před nedávnem z Ruska zpět obdržel.

katěrinburgu, Tiflisu a Taškentě vlna dilatační. Zjev tento jest pozoruhodný tím, že jest v nesouhlasu s míněním některých seismologů, kteří předpokládají, že pozorovala-li se na jednom místě vlna kompresní, bude i na ostatních místech povrchu zemského, kde možno ono zemětřesení zjistiti, první vlnou vlna kompresní; totéž platí i pro vlny dilatační. (Příklad podobného mínění viz Mainka: Resultate der Erdbebenstation Adventbay auf Spitzbergen — Beiträge zur Geophysik 1914).

Pozorování naopak ukazují, že snad vždy při každém zemětřesení jsou místa na povrchu zemském, kde možno zjistiti vlnu kompresní, a místa, kde první vlnou jest vlna dilatační.

Ukážeme na některé zajímavé důsledky tohoto jevu. Tak čára spojující body, v nichž stlačení přechází v roztažení — máme na mysli problém v rovině — a znázorňující tak zvaný seismický paprsek, jest čára nejevící pohybu při začáteční fási, a bod, v němž tato čára protíná povrch zemský, nemůže proto jeviti charakteristického pohybu při první podélné vlně. Za příklad možno uvésti ideální ovšem případ, jímž se zabýval Lord Kelvin (Baltimore Lectures, 1904, pag. 209) při studiu šíření se pružných vln v nekonečném prostředí, pocházejícím od pohybu dokonale tvrdé koule v tomto prostředí.

Nechť r označuje vzdálenost bodu prostředí od počátku souřadnic — středu koule — nechť q jest poloměr koule, u rychlost šíření se vln příčných a v rychlost vln podélných. Koule pohybuje se ve směru osy X, a pohyb jest dán funkcí $E(t)$. Nechť konečně x, y, z, jsou souřadnice bodu prostředí, ξ, η a ζ pružné deformace. Potom platí velmi přibližně tyto rovnice pro body, jichž vzdálenost od středu koule jest značná při srovnání s poloměrem koule:

$$\xi = -\frac{r^2 - x^2}{r^3}\frac{\ddot{F}(t_1)}{u^2} + \frac{x^2}{r^3}\left[2\frac{\ddot{F}(t_2)}{u^2} + 3qE(t_2)\right]$$

$$\eta = \frac{xy}{r^3}\frac{\ddot{F}(t_1)}{u^2} + \frac{xy}{r^3}\left[2\frac{\ddot{F}(t_2)}{u^2} + 3qE(t_2)\right]$$

$$\zeta = \frac{xz}{r^3}\frac{\ddot{F}(t_1)}{u^2} + \frac{xz}{r_3}\left[2\frac{\ddot{F}(t_2)}{u^2} + 3qE(t_2)\right]$$

$$\text{kdež } t_1 = t - \frac{r-q}{u},\ t_2 = t - \frac{r-q}{v}.$$

Z toho vidíme, že v rovině x = O mohou se objeviti pouze vlny příčné, nikoli však podélné.

Jiný zajímavý případ představuje zemětřesení pocházející od dvou ohnisek, při čemž z jednoho ohniska vychází vlna kompresní, z druhého vlna dilatační. Na průseku obou těchto vln musí vzniknouti náhlá změna směru pohybu částic prostředí

vzhledem k pohybu částic souseđních. Totéž by podobně vzniklo, jestliže by první vlny vycházející z obou ohnisek, byly obě kompresní nebo obě dilatační. Jako příklad zemětřesení ze dvou ohnisek vzniklého možno uvésti indické zemětřesení ze dne 4. dubna 1905, kdež jedno ohnisko nacházelo se u města Kangra, druhé bylo na jihovýchod od tohoto města.

Pozorování jeví dále následující fakt: Jedno i totéž ohnisko může dáti na jedné a téže stanici při některých zemětřeseních vlnu kompresní, při jiných vlnu dilatační. Třeba ovšem tvrditi s jakousi výhradou, že zde běží o jediné ohnisko, poněvadž dosud není bezpečné metody, která by dovolila stanoviti polohu ohniska úplně bezpečně. V tom však není ještě pravá podstata konstatovaného faktu. Předpokládejme, že existuje seismická oblast, na příklad horský masiv a pod., a že pozorovaná zemětřesení pocházejí vždy z některého místa této oblasti. A nechť dále tato zemětřesení jsou původu tektonického. Jestliže při jednom zemětřesení pozorujeme vlnu kompresní a při druhém vlnu dilatační, můžeme říci s určitostí, že způsob vzniku zemětřesení v každém případě byl různý, čili jinak řečeno, že mechanism zemětřesení byl různý. To jest na příklad: Nárazy byly namířeny v každém případě v různých směrech, nebo následkem prvního zemětřesení změnily se radikálně rozměry, tvar i hloubka ohniska, nebo obě zemětřesení vznikla sice tímže způsobem, ale síly působící byly jiným způsobem rozděleny atd. Proto, jestliže konstatujeme ze seismogramů téže stanice pro určité ohnisko nebo oblast při jedněch zemětřeseních vlnu kompresní a při druhých vlnu dilatační, nemá mnohdy takové prosté zjištění pouze významu pro určení polohy epicentra, ale objasňuje i těsné spojení s procesem vzniku zemětřesení; zajímavé bude pak srovnávati takové seismogramy i v ostatních vlnách.

Konečně možno připustiti jakousi pravděpodobnost, že z některých seismických oblastí vychází spíše vlny kompresní, z jiných pak vlny dilatační.

Dle materiálu pozorování provedených od začátku září 1913 do konce září 1915 na stanicích v Pulkově, Jekatěrinburgu, Irkutsku a Taškentu, možno utvořiti čtyři hlavní skupiny oblastí. Skupina I., prostírající se od Kamčatky přes Japonsko k N. Guinei a Sumatře; skupina II., k níž náleží Malá a Střední Asie; skupina III. s Italií, Jonským mořem a Řeckem a konečně skupina IV. s Centrální a Jižní Amerikou. Toto rozdělení jest docela libovolné, a učiněno hlavně se zřetelem na jednotnost seismických oblastí vzhledem k vyskytování se toho nebo onoho charakteru první vlny.

Následující tabulka ukazuje počet zemětřesení vzhledem k různým vlnám pro čtyři skupiny:

Stanice	I.		II.		III.		IV.	
	Vlna komp.	Vlna dil.	Vlna komp.	Vlna dil.	Vlna komp.	Vlna dil.	Vlna komp.	Vlna dil.
Pulkovo	62	22	15	16	10	6	8	4
Jekatěrinburg	65	23	19	10	4	4	0	5
Taškent	55	20	19	35	2	4	4	3
Irkutsk	41	16	5	8	0	1	0	0

K tabulce této nutno však připojiti některé kritické poznámky. Charakter vlny není vždy možno stanoviti určitě následkem silných mikroseismických pohybů, také nebylo vždy jasno autoru, ke které fási *e P* nebo *i P* se vztahuje sdělený charakter vlny ve zprávě příslušné stanice, a konečně jest tento materiál dosti nestejnorodý. Jest totiž počet zemětřesení zapsaných na jednotlivých stanicích velmi nestejný, dále nebylo vždy možno určiti polohu epicentra na všech stanicích, a konečně z některých oblastí opakují se velmi často zemětřesení, což může maskovati potom charakter skupiny. Tak na př. dle pozorování v Pulkově, zemětřesení na Kurilských ostrovech opakovalo se 8krát v době od 1./V. do 3./V. 1915; zemětřesení v Jonském moři opakovalo se více než 30krát od 7./VIII. do 10./VIII. 1915. Při těchto dvou zemětřeseních byl charakter vlny však určen pouze při 4—5 opakováních.

Z tabulky jest zřejmo, že ve skupině I. převládala vlna kompresní, a že na všech 4. stanicích poměr počtu vln kompresních ku počtu vln dilatačních byl téměř stejný 3 : I. Ve skupině II. jest poměr jiný, a zejména v Taškentě převládala vlna dilatační pro zemětřesení z blízkých vzdáleností (okolo 2000 km a méně). Ve skupině III. a IV. není určitého charakteru — pozorování jsou zřejmě málo četná. Za příčinu převládání té neb oné vlny na některé stanici možno pokládati mnohdy pouze vzájemnou polohu stanice a ohniska zemětřesení, a viděli jsme již, že totéž zemětřesení může jeviti se v první fási na některých místech vlnou kompresní, na jiných vlnou dilatační.

Položíme-li si otázku, jaké příčiny mohou dáti vznik vlnám kompresním a dilatačním, musíme se obrátiti k různým theoriím o vzniku zemětřesení. Máme-li na zřeteli tak zvaná zemětřesení tektonická, vyložíme zde krátce náhledy dvou amerických geologů, kteří, zdá se, nejvíce se přičinili o výklad mechanismu zemětřesení.

Nejprve teorie Hobbsova. Hobbs předpokládá, že vrchní vrstva zemské kůry tvoří jím tak nazvanou zonu zlomu (fracture zone), t. j. zemská kůra následkem zlomů a přesunů jest jakoby rozřezána na jednotlivé kry. Následkem náhlého posunutí takových ker podél čar — nebo spíše rovin zlomu, hlavně posunutí vertikálních, vzniká zemětřesení. Hobbs snaží se to ukázati zejména

na Kalabrijském zemětřesení, jež vzniklo 8. září 1905. Hlavní zvláštnost takového zemětřesení jeví se v tom, že největší katastrofální účinky možno očekávati na místech styku dvou ker, zejména na průsecích čar přesunů, což znovu může dáti původ vzniku druhotných ohnisek. Tyto náhledy, zdá se, byly přijaty sympaticky mnohými seismology i geology. Na příklad geologové Lais a Sieberg myslí, že takovým způsobem vzniklo zemětřesení v jižním Německu dne 16. listopadu 1911, to jest náhlým posunem kry zemské kůry, jež se nazývá Rauhe Alb. Oni ostatně nemohou s určitostí říci, jaká byla vlastní příčina pohybů Rauhe Alb, a předpokládají, že ohnisko tohoto zemětřesení leželo velmi hluboko pod povrchem zemským. (Různí seismologové obdrželi pro hloubku ohniska tohoto zemětřesení hodnoty od 10 do 100 km.)

Dalším důsledkem teorie Hobbsovy jest, že ohniskem zemětřesení může býti celá plocha styku dvou ker, jež se prostírá od povrchu země do jisté hloubky, tak že zde možno mluviti pouze o největší hloubce ohniska.

Teorie Hobbsova představuje tedy docela určitý problém pro teorii pružnosti, jehož řešení však má známé obtíže. Mnozí geologové ostatně tvrdí, že teorie Hobbsova o struktuře zemské kůry může platiti pouze pro omezené části povrchu zemského.

Zajímavým důsledkem náhlého pohybu zemské kry — je-li vůbec možné — byl by fakt, že první pohyb kyvadla nalézajícího se na takové kře, nepocházel by od pružné vlny, nýbrž od pohybu kry.

Druhou teorií jest teorie Reidova, kterou tento geolog vybudoval v důsledku pozorování katastrofálního zemětřesení kalifornského, jež vzniklo dne 18. dubna 1906. Zemětřesení toto projevilo se ve svém účinku, jak známo, posunem značné části povrchu zemského podél čáry zlomu, již Američané nazývají San Andreas fault; čára tato probíhá přibližně ve směru poledníku. Při zemětřesení části povrchu zemského, jež se nacházejí na západ od čáry zlomu, posunuly se na sever, kdežto části na východ od čáry se posunuly na jih, tak že relativní pohyb podél a blízko čáry dosáhl na některých místech hodnoty 6 m.

Reid myslí, že náhlý pohyb může vzniknouti pouze při krách malých rozměrů (3 až 4 km²). Poněvadž pak při kalifornském zemětřesení posuny byly konstatovány na ploše několika tisíc km² podél čáry zlomu, délky asi 430 km, nutno hledati jiný výklad zjevu. I on předpokládá, že ponenáhlý vzájemný pohyb obou stran San Andreas fault trval již několik desítiletí. Následkem toho vznikla ve vrstvách zemské kůry pružná deformace, která, když mez pružnosti byla překročena, byla dovršena zlomy na několika místech čáry. Vzniklý zlom šířil se rychle podél čáry