

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Ústav dopravních systémů

Vysokorychlostní tratě

-

**Systemy včasného varování před zemětřesením
na japonských vysokorychlostních tratích**



Akademický rok:
2011/2012

Tomáš Pokorný
2.37

Japonsko a bezpečnost

Z hlediska bezpečnosti nedošlo nikdy za 46 let provozu ke ztrátě lidského života v důsledku přímého provozu shinkansenu. Nehody se stávají pouze ve stanicích při zavírání dveří vlaku, přestože v každé stanici jsou pracovníci, kteří zodpovídají za bezpečné zavření dveří po nastoupení všech pasažérů. Pokud byl lidský život ztracen, pak v případě sebevražedného skoku před vlak. Proti tomu jsou budovány bariéry zabráňující přístupu neoprávněných osob do kolejíště, ale nemohou zabránit všem neštěstím.

Zemětřesení

Zemětřesení je náhlý pohyb zemské kůry, vyvolaný uvolněním napětí – např. z neustálých pohybů zemských desek – podél zlomů. Větší zemětřesení se proto obvykle vyskytují v těch oblastech světa, kterými významné zlomy procházejí (západní pobřeží Ameriky, východní Asie a ostrovy mezi ní a Austrálií, Turecko a Írán, Středomoří atd.)

Druhy zemětřesení:

Podle původu:

- **řířivá** – přibližně 3 % všech zemětřesení - vznikají např. zřícením stropů podzemních dutin v krasových nebo poddolovaných oblastech. Mají mělké hypocentrum a bývají lokálního charakteru. Mohou však způsobit značné škody.
- **sopečná** (vulkanická) – 7 %. Bývají průvodním jevem sopečné činnosti. Hypocentra mají vázaná na přírodní dráhy vulkanického materiálu a nacházejí se v hloubkách do 10 km. Tato zemětřesení mívají lokální význam a malou intenzitu. Často se vyskytují v rojích.
- **tektonická** (dislokační) – nejčastější a nejzhoubnější. Vznikají náhlým uvolněním nahromaděné elastické energie v tektonicky aktivních oblastech, přičemž dochází ke smykovému pohybu ker podél zlomových spár. Maximální pohyby v horizontálním i vertikálním směru mohou dosáhnout i mnohametrových hodnot. Horizontální rozměr ohniska může dosahovat i stovek kilometrů.

Podle hloubky:

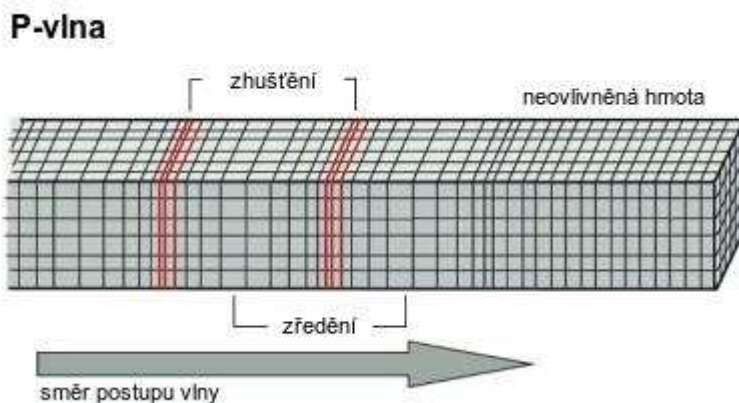
- **mělká** – vyskytují se do 70 km, jedná se o 85 % všech zemětřesení
- **středně hluboká** – vyskytují se mezi 70 až 300 km, 12 % všech zemětřesení
- **hluboká** – hlouběji než 300 (nejčastěji do 700 km), 3 % všech zemětřesení

Seismické vlny

Při zemětřesení anebo výbuchu dochází k uvolnění obrovského množství energie, což má za následek deformace v místě, kde se energie uvolnila. Prostředí vystavené deformaci má tendenci se elasticky snažit vrátit do původního stavu, což vyvolává seismickou vlnu nebo

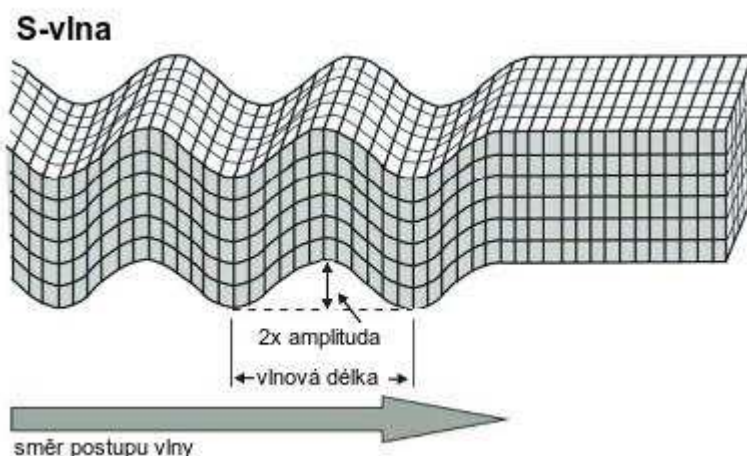
spíše celou sérii těchto vln. Při zemětřesení vzniká několik typů seismických vln, které se liší rychlostí, vlastním pohybem částic i ničivými účinky.

Prvním druhem jsou vlny podélné, neboli **P-vlny** (též primární, longitudinální vlny). Jednotlivé částice kmitají shodně se směrem šíření vlny, jedná se o periodické zhušťování a zředňování hmoty (obr. 1). P-vlny se mohou šířit v jakémkoli prostředí (pevné, kapalné, plynné), prochází tedy celým zemským tělesem. Ačkoli jsou nejrychlejším typem elastických vln, způsobují minimální škody a jejich účinky je možno přirovnat ke zvukové rezonanci (např. otřesy okenních tabulek).



Obrázek 1 Podélné seismické vlnění. Částice kmitají ve směru šíření vlny, dochází k zhušťování a zředňování hmoty [3]

Dalším typem seismických vln jsou vlny příčné, neboli **S-vlny** (též sekundární, transverzální). Částice kmitají kolmo na směr šíření vlny, a to buďto v horizontální nebo vertikální rovině (obr. 2). Přestože S-vlny jsou pomalejší než vlny primární (přibližně 0,5 - 0,6 rychlosti P-vln), představují mnohem větší nebezpečí, neboť při jejich působení dochází k fyzickému pohybu zemského povrchu (ničení staveb).



Obrázek 2 Příčné seismické vlnění. Částice kmitají kolmo na směr šíření vlny. Obrázek dále ukazuje dvě hlavní charakteristiky vlny - vlnovou délku a amplitudu. [3]

Historie systémů včasného varování

1868 – J.D.Cooper

Nápad popsáný ve sloupku ve San Francisco Daily Evening Bulletin: Umístit jednoduché mechanismy na různých místech 10 až 100 mil od San Francisca. Pokud budou otřesy země dostatečně velké, aby poškodil zařízení, poté zařízení vyšle přes natažené dráty signál a téměř okamžitě se rozezní poplašný zvon, který by měl být zavěšen na vysoké věži v blízkosti centra města.

60.léta 20. století

V Japonsku se připravují na uvedení rychlovlaků Shinkansen do provozu. Japonští odborníci jsou si vědomi rizika zemětřesení a podél celé trati instalují po určité vzdálenosti seismometry. Systém zprvu funguje tak, že je nastaven limit pohybu půdy. Pokud je překročen je tato informace přenesena do řídicího centra trati, kde dispečer manuálně sníží rychlost vlaků v daném úseku.

70.léta 20. století

Systém se automatizuje a brzdění vlaku může být dosaženo bez zásahu lidského činitele. Seismografy se posunují dále od tratí, aby byla získána delší doba na provedení opatření snižující následky zemětřesení.

koncem 80.let 20.století

Je představen plán na rozšíření sítě senzorů, který se nazývá Urgent Earthquake Detection and Alarm System,(UrEDAS), který využívá rozdílné rychlosti P-vlny (primární, podélné vlnění, nemá destrukční účinky), které se pohybují rychleji než S-vlny (sekundární, příčné vlnění, hlavní destrukční síla zemětřesení). Tento princip zaujal i Japonskou meteorologickou agenturu (JMA) a později se stal modelem pro ostatní systémy včasného varování před zemětřesením po celém světě.

Současnost

Ovšem tento systém a jeho provoz jsou velmi finančně náročné, proto i operátoři vlaků Shinkansen v současné době uvažují o napojení na systém včasného varování od JMA, který už je využíván dopravci, kteří provozují příměstské osobní vlaky. Například Odakyu Electric Railway Co. ,dopravující cestující v oblasti Tokia, využívá varování JMA, z těchto dat vypočítává pravděpodobnost poškození tratí, na základě zkušeností z minulých zemětřesení. Poté je vyslán signál do vlaků, které by měli být zasaženy. Celý tento proces trvá 2 sekundy.

Základní funkce systému včasného varování

1) Rychlá detekce zemětřesení

Instalace seismometrů daleko od chráněného cíle je nejjednodušší způsob, jak získat dostatek času na reakci. Včasné varování je způsobeno rozdílem v rychlosti mezi telekomunikačními (300.000 km/sec) a seismickými vlnami (8 km / sec). Tento typ systému včasného varování se nazývá "Front-detection system". Navíc v případě, že systém dokáže rozpoznat P vlny a určit parametry zemětřesení nebo odhadnout směr šíření zemětřesení, předstih varování před zemětřesením je ještě vyšší. V případě detekce P vlny, a to i v blízkosti chráněného cíle, lze získat upozornění na zemětřesení, na základě rozdílu mezi P a S vln. Tento typ systému včasného varování se nazývá "On-site system".

2) Automatické řízení

Všechny postupy pro včasné varování a poplach se musí provádět automaticky, protože lidský úsudek potřebuje čas a může z něj vzejít i nesprávné rozhodnutí.

3) Vzdělávání a příprava na varování

Je potřeba vzdělávat veřejnost v oblasti významu informací a alarmů ze systému včasného varování. Neméně důležité je vzdělávání pracovníků, jak se chovat v případě včasného varování a nacvičovat postupy protiopatření.

4) Možnost falešného poplachu a jeho poznání

Protože je vždy možnost vzniku falešného poplachu, musí organizace, které používají zabezpečovací systém, toto pochopit a přijmout toto riziko. Samozřejmě by měla být snaha snížit počet falešných poplachů až k nule.

Vlastnosti kvalitního systému

1) Plně automatický – čas je velmi cenný a lidské rozhodování prodlužuje celý proces vyhlášení alarmu

2) Rychlý a spolehlivý – vzhledem k malému množství času k zareagování na zemětřesení

3) Malý a levný – aby bylo možné systém rychle rozšířit

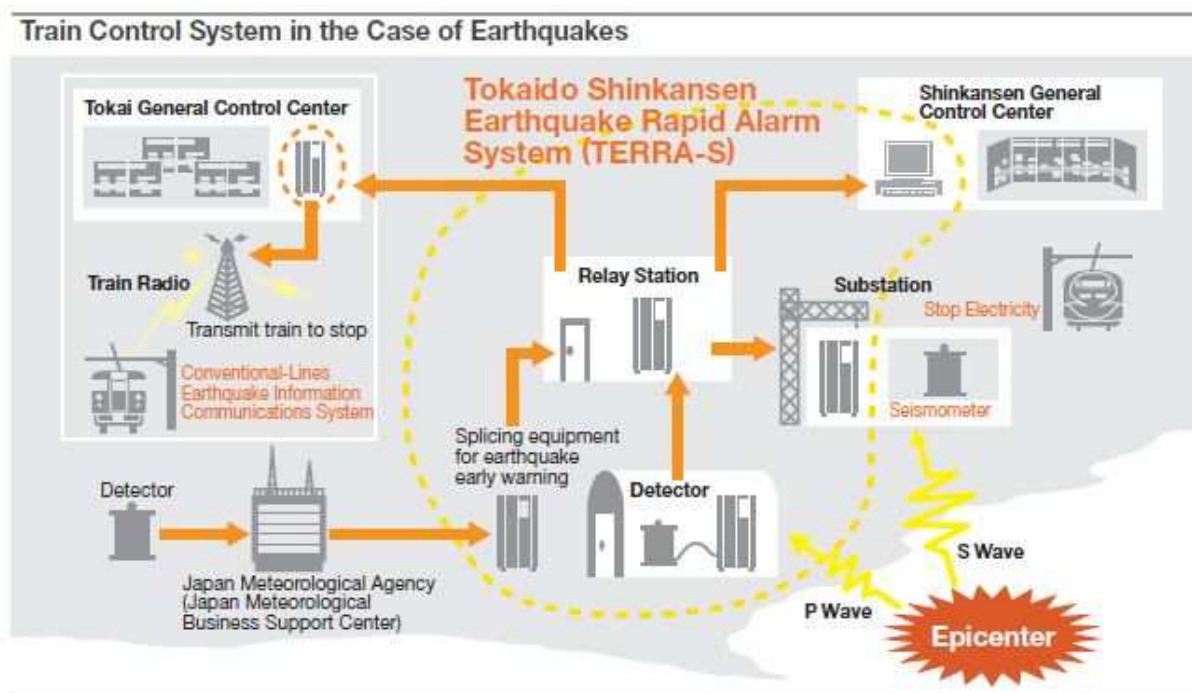
4) Nezávislý – aby mohl vydávat varování, musí být nezávislý na ostatních systémech

5) Snadné napojení na varovnou síť – aby se mohlo varování rozšířit k co možná největšímu množství lidí

Opatření ke zmírnění následků zemětřesení na trati společnosti JR Central Tokaido Shinkansen

1) TERRA-S (Tokaido Shinkansen Earhquake Rapid Alarm System)

V oblasti včasného varování před zemětřesením byla JR Central první společností, která v roce 1992 představila na lince Tokaido Shinkansen (spojující Tokio a Osaku) "Urgent Earthquake Detection and Alarm System". V roce 2005 byl představen vylepšený systém pojmenovaný TERRA-S (Tokaido Shinkansen Earthquake Rapid Alarm System). Princip systému TERRA-S spočívá v tom, že detekuje P vlny (primární, podélné vlnění), které se pohybují rychleji než S vlny (sekundární, příčné vlnění) a výpočtem v reálném čase stanoví míru zemětřesení a vzdálenost epicentra. Při detekci velmi ničivého zemětřesení dojde k okamžitému omezení elektrického přenosu a k bezpečnému zastavení vlaků. Všech 21 detekčních míst je umístěno tak, aby zajistilo plné pokrytí celé trati Tokaido. Tento systém zkracuje dobu od detekce zemětřesení po vydání varování ze 3 sekund na 2 a také byla zlepšena celková přesnost předpovědí. Od roku 2008 je také využíváno informací o zemětřesení, které rozesílá Japonská meteorologická agentura, a ty umožňují další vylepšení zabezpečení proti zemětřesení.



Obrázek 3 Schéma systému TERRA-S [6]

2) Vyztužení staveb

Dalším opatřením k minimalizování následků zemětřesení, je vyztužení nosných sloupů v místech, kde trať vede po mostě či estakádě. Také se přistupuje k zesílení náspů.

3) Opatření k zabránění vykolejení

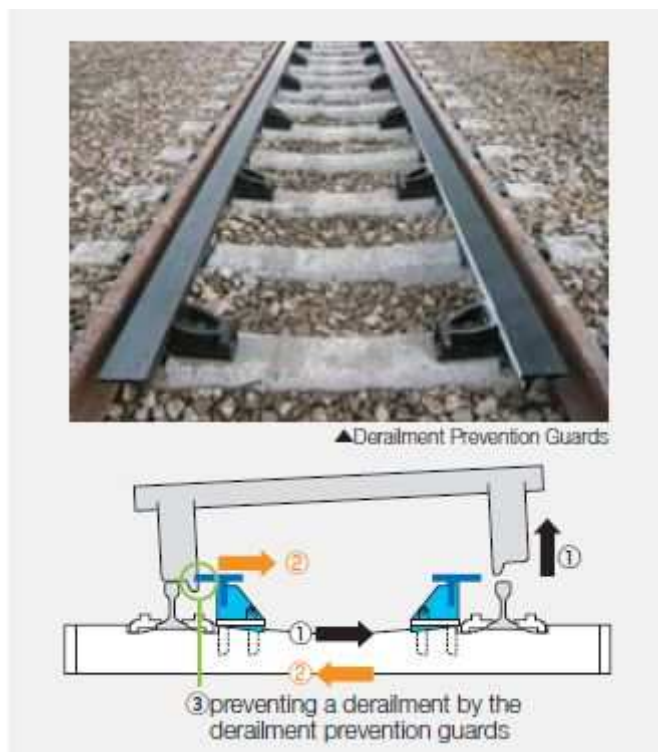
Pod vlivem nehody z října roku 2004 na trati Jeotsu Shinkansen, kdy došlo k vykolejení soupravy, dochází k zavedení opatření proti vykolejení a výchylce od roku 2009.



Obrázek 4. Vykolejení soupravy na trati Jeotsu [7]

Aby se předešlo možnosti vykolejení je instalován “derailment prevention guards”(zařízení zabraňující vykolejení) paralelně na vnitřní straně kolejnic. Toto je v místech, kde se očekávají silné otřesy a v sekcích, kde se vlaky pohybují vysokými rychlostmi,

v kterých by případné vykolejení mělo děsivé následky na infrastrukturu. Navíc toto zařízení také zabraňuje odlétávání šterku z trati.



Popis funkce:

1. Když se kolej pohne do strany během zemětřesení, kolo na jedné straně se srazí s kolejnicí, zatímco na druhé straně kolo nadskočí od otřesu.

2. Vlak vykolejí, pokud se hned poté trať pohne na druhou stranu - tzv. houpavé vykolejení (anglicky rocking derailment).

3. Vzhledem k tomu, že kolo naproti tomu, které nadskočilo, je stále vedeno na kolejnici, podařilo se zabránit vykolejení díky zastavení pohybu kola do strany.

Obrázek 5. Zařízení zabraňující vykolejení [6]

Zdroje

- [1] Stránky RISK-MANAGEMENT.CZ [online], náhled 07.01.2012,
<http://risk-management.cz/index.php?clanek=80&cat2=1&lang=>
- [2] Stránky Wikipedia [online], Zemětřesení , náhled 07.01.2012,
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Zem%C4%9Bt%C5%99esen%C3%AD>
- [3] Stránky Environmentální hrozby a rizika [online], Seismické vlny , náhled 07.01.2012,
https://sites.google.com/site/zemetreseni01/seismicke_vlny
- [4] Stránky Institute of Electrical and Electronics Engineers [online], Brief history of earthquake warnings , náhled 07.01.2012,
<http://spectrum.ieee.org/at-work/innovation/a-brief-history-of-earthquake-warnings>
- [5] Data book 2011 Central Japan railway company [online], náhled 07.01.2012,
http://english.jr-central.co.jp/company/company/others/data-book/_pdf/2011.pdf
- [6] Central Japan railway company Annual report 2011[online], Safety and reliability , náhled 07.01.2012,
http://english.jr-central.co.jp/company/ir/annualreport/_pdf/annualreport2011-01.pdf
- [7] The journal of practical education in biology [online], Únor 2005, náhled 07.01.2012,
<http://www004.upp.so-net.ne.jp/jissen/jiko1.jpg>
- [8] System and Data Research [online], UrEDAS, the Earthquake Warning System: Today and Tomorrow, náhled 07.01.2012,
<http://www.sdr.co.jp/papers/13.pdf>

Obsah

Japonsko a bezpečnost	2
Zemětřesení	2
Druhy zemětřesení:	2
Seismické vlny	2
Historie systémů včasného varování	4
Základní funkce systému včasného varování	5
Vlastnosti kvalitního systému	5
Opatření ke zmírnění následků zemětřesení na trati společnosti JR Central Tokaido	
Shinkansen	6
Zdroje	8
Obsah.....	9