



2017 年 3 月 11 日 (土) 13:30 ~ 17:00

総合福祉センターあいトピア

主催：豊橋技術科学大学 安全安心地域共創リサーチセンター

共催：(公財) 豊橋市国際交流協会

後援：豊橋市

Lindol batay sa natutunan mula sa pundasyon at disaster prevention

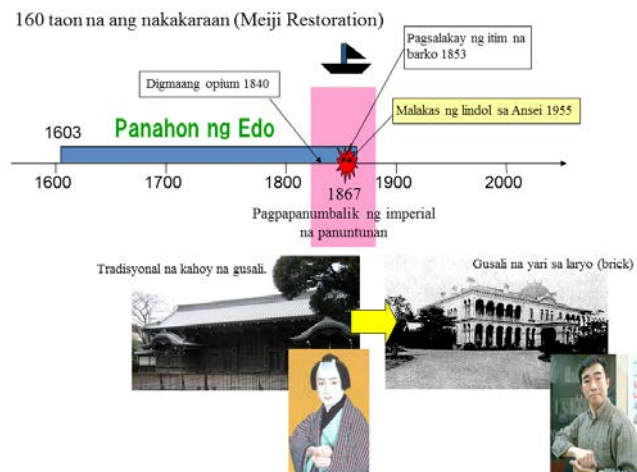


Saito Daiki

Toyohashi University of Technology
Director of Co-creative Research Center for safety and security
Professor of Architecture and Urban Systems

Bakit nagaganap ang lindol?

Balikan natin ang kasaysayan ng bansang Hapon. Sa katapusan ng panahon ng Edo, ang bansang Europa at Amerika ay dumating upang sakupin ang mga bansa sa Asya upang maging kanilang teritoryo. Taong 1840 naman nangyari ang Digmaang Opium/ Ahen sa pagitan ng Tsina at Britanya. Noong 1853 dumating si Perry ng Estados Unidos sa bansang Hapon sakay ng itim na barko. Sa ganoong oras din nangyari ang malakas na lindol sa Ansei. Di nagtagal ang Edo Shogunate ay nabuwag at napilitan ang bansang Hapon na buksan ang kanilang bansa at para makahabol sa ibang mga bansa (tinatawag din "the West") pinalitan nila ng mga tradisyunal na kahoy na gusali ang mga gusaling yari sa laryo (brick). Ang pagpusod ng buhok o chonmage at ang kimono ay pinalitan rin ng mga istilo mula sa kanluran o western style.



Namazu E (Larawan ng hito)



Nang mga araw na iyon ang Japan ay nagkaroon ng isang pamahiin na ang isang lindol ay sanhi ng isang malaking hito sa ilalim ng lupa. Kapag naglagay ng tinatawag na nishigie o larawan ng hito sa tahanan pinaniniwalaan na hindi ito maguguho ng lindol. Makikita sa larawan na ito na may hawak na isang malaking bato ang Diyos na tinutukoy bilang isang "mahalagang bato" sa ulo ng hito nang sa gayon ay hindi maging sanhi ng isang lindol.

Nasaan ang mahalagang bato ?



Mahalagang bato

Makikita sa iba't-ibang bahagi ng Kajima shrine sa Ibaraki prefecture ang mahalagang bato. Maaari mong makita ang ulo ng bato na nasa 10cm sa ibabaw ng lupa. Iniutos ng heneral sa kanyang mga utusan na maghukay at hinukay nila iyon ng pitong araw ngunit ayon sa alamat ay hindi nila nahanap ang kailaliman ng bato.

Ang unang pang-agham na pagsisiyasat ng mekanismo ng lindol ay ginawa ng Aleman na si Alfred Wegner.

Napansin niya na ang lupain sa silangan dako ng Timog Amerika at ang kanlurang bahagi ng Aprika ay magkatulad ng hugis gaya ng isang jigsaw puzzle.

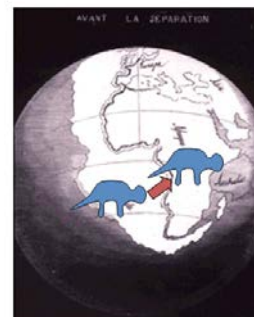
Kaya naisip niya na ang dalawang kontinente na magkahiwalay sa kasalukuyan ay konektado noon. Ipinahayag niya ang teorya ng paggalaw ng kontinente (continental movement theory) sa isang pagpupulong, ngunit tinawag lamang siyang "sinungaling" ng mga siyentipiko. Naisip niya na dapat may mga naiwang bakas ang mga hayop sa paglipat sa pagitan ng mga kontinente. Sinuri nila ang mga fossil kung ang kontinente ay konektado.

Continental Movement Theory

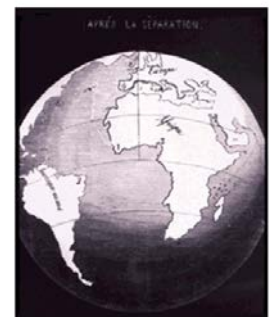
Alfred Wegener (1880-1930)



Noon



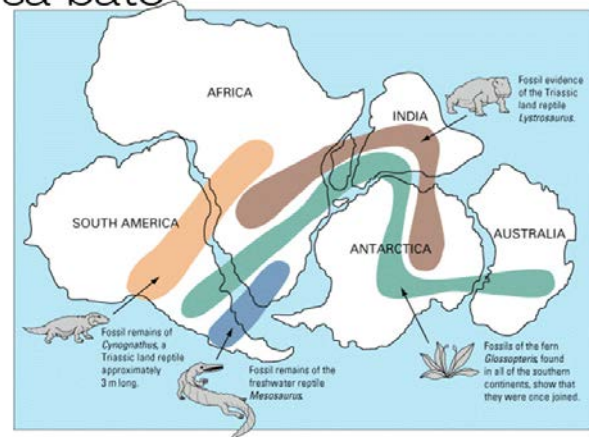
Ngayon



Sinungaling !

Dahil dito nalaman nila sa mga fossil na parehong hayop ang matatagpuan sa magkaibang kontinente. Naisip niya na ito ay isang katibayan na ang kontinente ay konektado, ngunit hindi sumang-ayon ang ibang mga literado.

Suriin natin ang mga labi sa bato



Sa mga oras na iyon sa pagitan ng mga literado nagkaroon ng teorya na may mga kontinente sa lokasyon ng mga kasalukuyang dagat at ang mga kontinente ay konektado. Malamang ay narinig niyo rin ang mga alamat ng karagatan tungkol kay Atlantis (Atlantic), Mu (Pacific Ocean), Lemuria (Indian Ocean), atbp. Bilang isang pang-agham na paliwanag, inihalimbawa ang mundo sa isang natuyong mansanas na nangulubot sa sobrang init. Na ang ating mundo na nasa mataas na temperatura ay unti-unting lumamig at lumiit kaya ang mga lupa na nagkokonekta sa mga

kontinente ay lumubog at naging dagat at ang mga kulubot ay naging hanay ng mga bundok, ito ang teorya na pinaniwalaan ng mahabang panahon. Ito ang tinawag na teorya ng pagliit ng mundo (Earth contraction theory).

Sa huli, ang teorya ng paggalaw ng kontinente (continental movement theory) na ginawa ni Wegner ay masyadong makabago kaya hindi ito kinilala ng mga literado.

Naisip ni Wegner na ang gravity ng buwan, pag-ikot ng mundo at ang centrifugal force ay ang mga dahilan kung bakit gumagalaw ang mabibigat na kontinente. Ngunit sa huli ay hindi rin niya naipaliwanag ang tungkol dito. Ngayon, alam natin na ang paggalaw ng kontinente ay isang pangyayari na tinatawag na convection phenomenon na nagaganap sa loob ng ating mundo. Nakita natin na kapag ininit ang sabaw ng miso, ang miso na natipon sa ilalim ay sumabog na parang bulkan ng ito ay kumulo at bumaba muli. Sa ganitong paraan, ang convection na tinatawag ay ang proseso ng pag-init ng likido na nagiging dahilan upang ito ay gumaan at tumaas at ang mga bagay na may mababang temperatura ay bumababa at gumagawa ng paikot na pagdaloy.

Sa gitna ng mundo ay may masa ng bakal (core) na may temperatura na 6000°C at ang mga bato sa labas (mantle) ay pinaniniwalaan na likido na naging bato pagkatapos ng napakaraming taon sa pamamagitan ng proseso ng convection. Sa labas ng mantle ay may manipis na patong ng mga bato (crust) na nakapalibot sa lupa, katulad ito ng balat ng dalanghita kung ikukumpara. Ito ay gumagalaw sa bilis na ilang sentimetro sa bawat taon kasama ang mantle convection sa loob ng lupa. Ang mantle convection na ito ang nagpapagalaw sa mga kontinente.

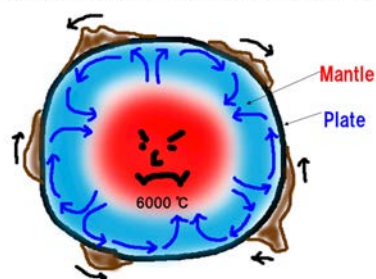
Mayroong isang mahiwagang kontinente (Earth contraction theory)



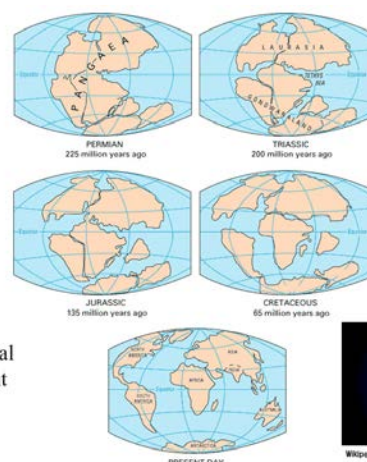
Bakit gumagalaw ang kontinente ? Panghihinayang ni Wegener



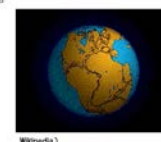
Ang mantle convection ang nagpapagalaw ng kontinente



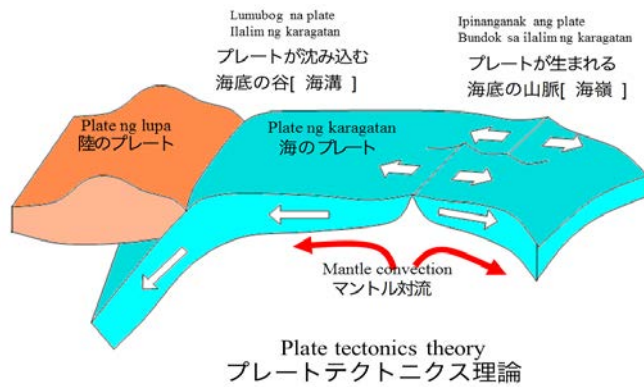
Naniniwala si Wegner na sa umpisa isang kontinente lamang ang mayroon sa mundo, at ito ay nahati at lumipat upang maging mga kasalukuyang kontinente. Pinangalanan niya na Pangea ang unang kontinente na ang kahulugan sa Griyego ay “lahat ng lupain.” Ayon sa plate tectonics ang lugar kung saan ang Pangea ay nahati ay tumutugma sa kasalukyang galugod ng kalagitnaan ng karagatan (mid-ocean ridge). Sinasabing mauulit muli ang pagkakaisa ng mga nagkahiwa-hiwalay na kontinente pagkatapos ng milyun-milyong taon.



Continental
Movement
Theory
(1915)

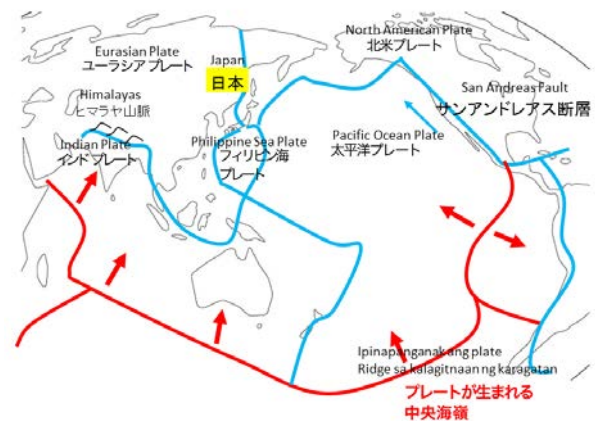


Wikipedia)



dagat kung saan ang mga plate ay lumulubog ay tinatawag na isang trench, at ang bundok na hanay ng sahig ng karagatan kung saan ang isang plate ay ipinanganganak ay tinatawag na ridge (KAIREI). Ang teorya na nagpapaliwanag sa pagkilos ng isang plate ay tinatawag na plate tectonics, at ito ay isang kinikilalang teorya ng geophysics. Sa kasalukuyan, posible ng masukat ng tumpak ang kilos ng isang plate gamit ang isang satellite.

Sa silangang bahagi ng Timog Amerika sa dalampasigan ng Karagatang Pasipiko, may isang gulod sa kalagitnaan ng karagatan na tumatakbo mula sa hilaga hanggang timog. Ang mga plate na ipinanganganak dito ay gumagalaw naman ng 8 cm bawat taon papuntang hilaga hanggang kanluran at pumapasok sa ilalim ng plate ng Eurasia. Ito ay isang tipikal na halimbawa ng banggaan ng plate ng kontinente at plate ng karagatan. Sa kabilang banda, mayroon ding kaso ng banggaan sa pagitan ng plate ng kontinente at isa pang plate ng kontinente. Dati ang India ay isang independeng kontinente, ang banggaan sa pagitan nito at ng plate ng Eurasia ay naging resulta ng pagtaas ng sahig ng karagatan, ito ay nabaluktot at naangat sa taas na 8,000 m, ito ay ang Bundok ng Himalaya. Sa katunayan, sa tuktok ng Bundok ng Everest ay may natagpuan fossils ng crinoids (sea lily) na naninirahan sa ilalim ng dagat.



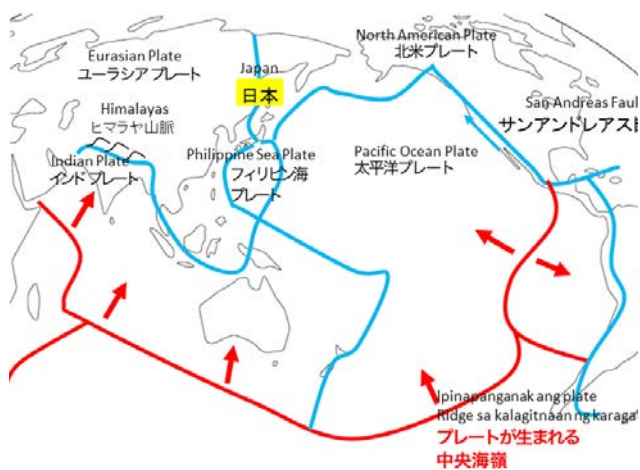
Ang mga bundok sa Himalayas ay nabuo sa pagitan ng banggaan ng dalawang kontinente.

Ang India ay isang independeng maliit na kontinente. Sa unti-unting paggalaw ng plate pahilaga ito ay bumangga sa kontinente ng Eurasia at naging sanhi ng pagtaas ng sahig ng karagatan. Ito ngayon ang bumuo sa kasalukuyang mga bundok sa Himalayas. Ang Everest, na pinakamataas na bundok sa buong mundo ay nandito rin. Sa katunayan, may mga natangpuang fossil ng mga kabibi mula sa bato ng bundok ng Himalayas.



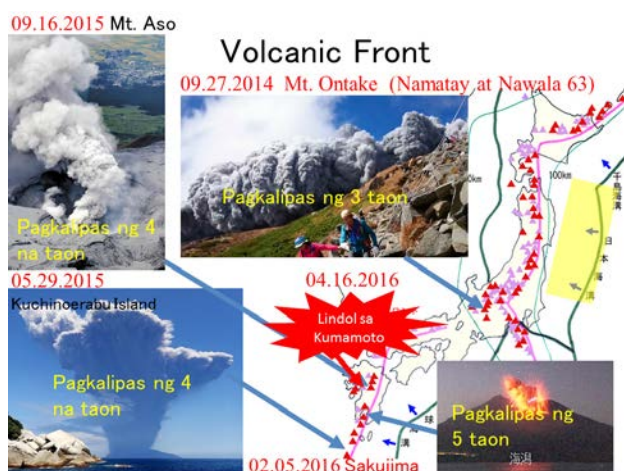
Mayroon din mga lugar sa Japan na katulad ng nangyari sa India. Ang Izu Peninsula ay isang isla na nakalutang sa dagat, ito ay lumulan sa plate ng karagatan ng Pilipinas papuntang hilaga, bumangga sa isla ng Japan kaya naging Izu Peninsula. Pinaniniwalaan na ang lakas ng pagtulak na ito ang lumikha ng mga bundok sa Tanzawa.

Sa dakong timog ng ating mundo o southern hemisphere, may mga ridge na kung saan ipinapanganak ang plate. Marami sa mga ipinanganak na plate ay lumilipat sa hilaga at lumulubog sa ibaba ng isa pang plate. At dahil maraming ridge sa ilalim ng karagatan, ang pagsabog ay napipigilan sa pamamagitan ng hydraulic pressure. Subalit, may mga lugar din kung saan ang ridge ay makikita sa ibabaw ng lupa.



Ang Iceland ay may ridge sa gitna ng bansa kaya ang mga lugar dito ay unti-unting kumakalat. At dahil ito ay bansa ng bulkan, nabalitaan din na dito matatagpuan ang pinakamalaking paliguan o rotenburo sa buong mundo.

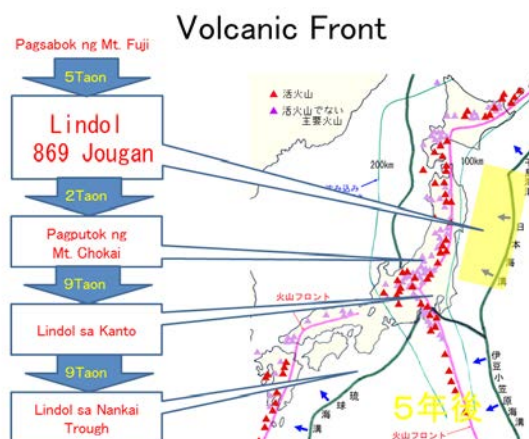
Ang pinakamalaking paliguan o rotenburo sa buong mundo
(Ang Iceland ay isang bansa ng mga bulkan at nasa ibabaw ng ridge)



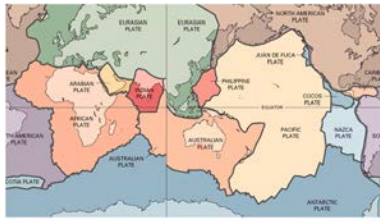
Ang Japan ay malapit sa trench o isang direktso at makitid na hukay sa ilalim ng karagatan kung saan ang plate ay lumulubog. Bagaman hindi ito isang trench, bakit marami ditong bulkan? Sa katunayan, ang mga lumubog na plate ay natutunaw at nagiging magma, na umalsa sa ibabaw ng dagat at naging isang bulkan. Samakatuwid, ang puwesto ng mga bulkan ay kahilera ng hukay kung saan lumulubog ang plate, na tinatawag na volcanic front. Pagkatapos ng magnitude 9 na lindol sa Great East Japan, pumutok ang Mt. Ontake makalipas ang 3 taon, pumutok din ang Mt. Aso at Kuchierabu Island pagkalipas ng 4 na taon, ang Sakurajima naman ay pumutok makalipas ang 5 taon. Noong Abril 2016 naman naganap

ang malakas na lindol na may intensity 7 sa Kumamoto. Ang napakalakas na lindol na ito ang naging sanhi upang maging aktibo ang mga aktibidad ng bulkan at ng pagyanig.

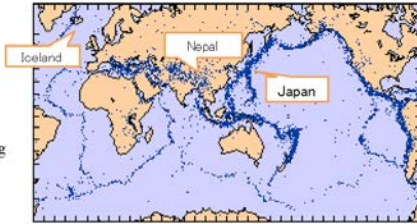
Sa katunayan, ganun din ang nangyari noong nakaraang 1000 taon. Dalawang taon pagkatapos ng lindol 869 Jougan sa Tohoku, pumutok ang Mt. Choukai sa Niigata. Isang malaking lindol naman ang nangyari sa Kanto pagkatapos ng 9 na taon. Higit pa rito, pagkatapos uli ng 9 na taon naganap ang napakalakas na lindol sa Nankai Trough. Bilang karagdagan, ang Mt. Fuji ay pumutok 5 taon bago mangyari ang lindol 869 Jougan. Ibig lamang sabihin nito na ang Japan ay kasalukuyang nasa panahon kung saan ang aktibidad ng paglindol ay madalas gaya ng nangyari noong nakaraang 1000 taon.



Posisyon ng Plate

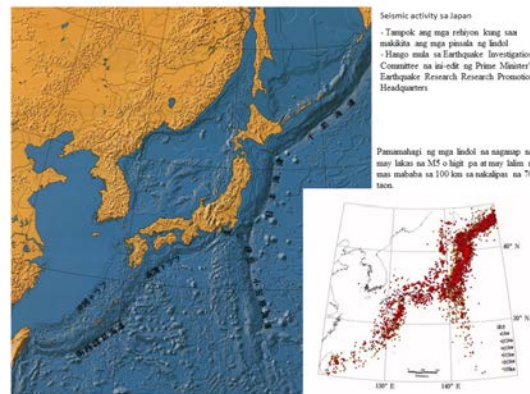
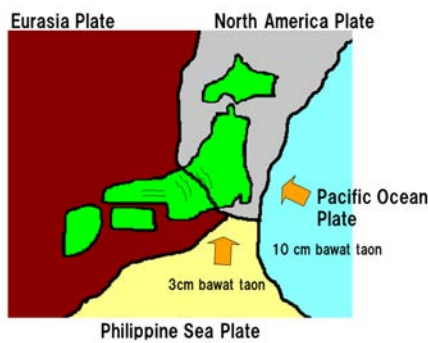


Ang posisyon ng sentro ng lindol (Epicenter)



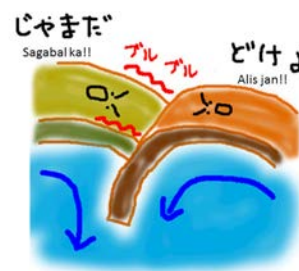
Ang lindol ay madalas sa Japan dahil ang kapuluan ng Japan ay matatagpuan sa isang natatanging lugar sa mundo kung saan ang apat na plate ay nagbabanggaan.

a silangang kapuluan ng Japan ay matatagpuan ang Japan Trench, sa timog naman ay makikita ang Nankai Trough. Ang kanal kung saan ang mga plate ay lumulubog na may lalim na mababa sa 6000m ay tinatawag na trough. Makikita na ang paglitaw ng lindol ay madalas mangyari sa tabi ng trench (kanal) at trough.

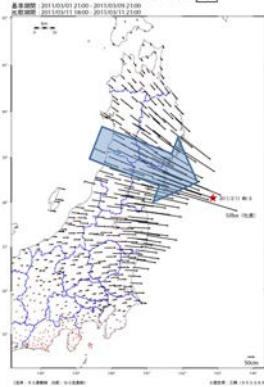


Kapag ang isang plate ay bumangga sa isa pang plate, ang kasalungat na plate ay lumalaban at nagiging sanhi ng pagkapuwersa. Kapag ang limitasyon ng pagpuwersa ay naabot, ang hangganan (fault) ng plate ay mawawasak at magkakaroon ng pagtulak na kilos mula sa likod. Ang pagyanig sa mga oras na iyon ay tinatawag na lindol.

Ang banggaan sa pagitan ng mga plates ang nagiging sanhi ng lindol.



Ang Japan ay gumalaw ng 5m patungong silangan

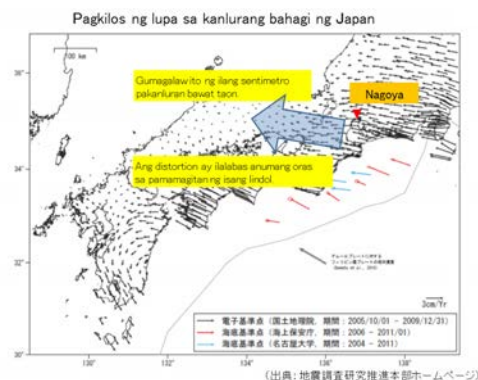


Ang Japan ay lumubog ng 1.2m



Sa Great East Japan earthquake (March 11, 2011), ang distortion o ang pagkabaluktot na nabuo dahil sa strain o puwersa na naipon ay sabay-sabay na inilabas kaya ang kapuluan ng Japan ay gumalaw ng 5m patungong silangan. Sa karagdagan, may isang dako kung saan ang lupa ay lumubog ng higit sa 1m. Maaari nang makuha ang tumpak na GPS ng nasabing paggalaw ng lupa sa pamamagitan ng electronic reference point na nakakalat sa buong bansa.

Sa kabilang dako, sa timog-kanlurang bahagi ng Japan ay naroon ang Nankai Trough, ang plate ng Philippine Sea ay pumasok rito sa bilis na halos ilang sentimetro bawat taon. Patuloy nitong itinutulak ang kapuluan ng Hapon pahilagang-kanluran. Sa paligid ng Toyohashi, makikita na ito ay naitutulak ng halos 3cm pahilagang-kanluran bawat taon. Dahil walang malaking lindol na naganap sa nakalipas na 70 taon, ito ay naitulak ng mahigit sa 2m sa pamamagitan ng isang simpleng pagkalkula. Ang distortion na ito ay hindi pa nailalabas. Oras lamang ang makapagsasabi kung kailan ilalabas ng sabay-sabay ang distortion na naipon sa pamamagitan ng strain at malamang na napakalakas na lindol ang maidudulot nito kapag ito ay nailalabas.



Bakit ang mga gusali ay gumuguho dahil sa lindol?

Kung labis na yayanig ang lupa dulot ng isang lindol, mahihirapan tayong tumayo at mawawala ang ating balanse, ngunit hindi ito magdudulot ng malubhang pinsala sa tao. Sa isang banda, ang mga gusali na matatag at matibay na ginawa ay guguho dahil sa malakas na pagyanig ng lindol. Bakit kaya ang tao kayang lagpasan ang pagyanig at ang mga gusali ay hindi? Mula sa tanong na ito ay pag-isipan natin ang tungkol sa puwersa na kumikilos sa mga gusali sa oras ng lindol.



Nararamdaman mo ba ang pagbilis?



Kapag ang nawala ang sahig ang katawan ng tao ay mahuhulog. Ito ay dahil sa trabaho ng gravitational force ng mundo. Ang bilis ng pagbagsak ay pabilis ng pabilis. Ang pagbilis na ito ay ang gravitational acceleration dahil sa gravity.

Ang iyong timbang ay kumakatawan sa laki ng gravity ng lupa na nagtatrabaho sa iyong katawan. Ang halaga o value ay ipinapahayag bilang produkto ng “mass” at ng “gravitational acceleration”

Ang mass ay isang natatanging halaga sa bagay, ngunit ang gravity acceleration sa pagitan ng lupa at ng buwan ay magkaiba. Kung titimbangin mo ang iyong timbang sa buwan na may mas mababang gravity kaysa sa mundo, ang sukat ng timbang ay mas maliit. Dahil ang gravitational acceleration sa buwan ay halos 1/6 lang ng sa mundo, ang timbang ng katawan ay 1/6 lang din.

$$\text{Weight} = \text{Mass (m)} \times \text{Acceleration (g)}$$



Timbang (Pababang puwersa) = Mass x Acceleration (sa daigdig ay 9.8m/2sec)

$$F = m \times a$$

(kalawang batas ni Newton)

$$\text{Force} = \text{Mass} \times \text{Acceleration}$$

Timbang (pababang puwersa) = Mass x Acceleration (sa daigdig ay 9.8m/2sec)



Ang acceleration ng buwan (gravity) ay 1/6 ng sa mundo

Dahil magkapareho lamang silang nasa ibabaw ng mundo, ang pababang puwersa ng gravitational acceleration ay magkapareho ngunit ang mass ay magkaiba. Dahil dito, ang pababang puwersa ay mas malaki sa “sumo wrestler” na may mas malaking mass.

Ang lakas ay mag-iiba batay sa mass

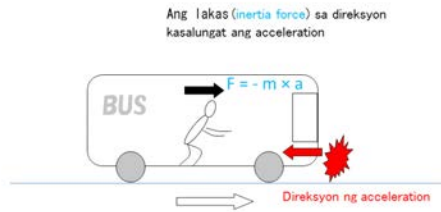
$$F = m \times a$$



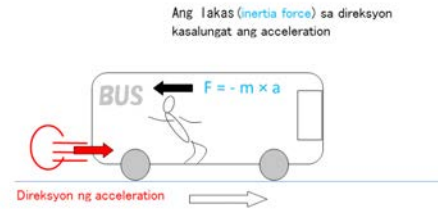
Ang acceleration ay hindi lang laging pababa. Kapag ang bus ay biglaang huminto, ang katawan ay babagsak sa harap. Sa oras na ito, ang lakas na produkto ng mass at ng acceleration ay kumikilos sa katawan. Ang lakas na ito ay tinatawag na inertia force. Ang acceleration ng inertia force ay kasalungat sa acceleration na sumusubok upang ihinto ang bus.

Kapag ang bus ay biglaang umandar ng mabilis, sa pagkakataong ito, ang katawan ay madudulas ng patalikod. Sa oras na ito, ang inertia force na produkto ng mass at ng acceleration ay kumikilos sa katawan.

Lakas mula sa lateral acceleration

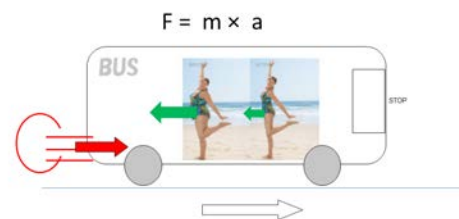


Lakas mula sa lateral acceleration



Nakasakay sa isang bus ang isang payat at isang matabang tao, kapag biglaang umandar ng mabilis ang bus, sino sa kanilang dalawa ang may mas malaking inertia force? Dahil sa pareho lamang ang acceleration, ang may mas malaking inertia force ay ang matabang tao dahil ang kanyang mass ay mas malaki.

Kaninong inertia force ang mas malaki?



Kaninong inertia force ang mas malaki?



Ngayon, balikan natin ang unang tanong. Kapag ang lupa ay nayanig dahil sa isang lindol, ang mga gusali ay mas malaki ang mass kumpara sa taong nakatayo sa lupa kaya mas malaki ang inertia force ng mga gusali. Sa ibang salita, ang mga gusali ay gumuguho dahil sa pagyanig ng lindol dahil ang mga gusali ay hindi kayang suportahan ang inertia force na kagaya ng mga tao. Sa pangkalahatan, ang gusali ay isang matibay at matatag na istruktura mula sa itaas hanggang sa ibaba upang suportahan ang gravity, ngunit mahina pagdating sa kanan at kaliwang inertia force dahil sa lindol.

Dahil ang mga istruktura na gawa sa bato at laryo (karaniwang tinutukoy na masonry) ay madaling gumuho dahil sa lindol, ito ay hindi naaangkop para sa bansang madalas magkaroon ng lindol tulad ng Japan. Sa ibang bansa maraming mga istruktura na gawa sa bato at laryo, kaya naman marami ang mga namamatay dahil sa pagguho ng mga gusali dahil sa lindol.

Matapos ang Meiji Restoration, ilang mga western-style at gawa sa brick na gusali ang ipinatayo. Isang gusali sa kalye ng Ginza sa Tokyo ay natupok ng apoy at ito ay itinatayo muli gamit ang brick construction. Sa Tokyo, Asakusa naman makikita ang pinakamataas na tore sa Asya na gawa sa brick ng mga panahong iyon.

Ang mga bahay na gawa sa laryo ay mahina laban sa lindol



Lindol sa Nepal (Abril 25, 2015)

Terremoto Nobi M8.0 / Terremoto Kanto M7.9

Ang laryo ay isang simbolo ng Kanlurang Sibilisasyon at matatag ito laban sa sunog



Meiji 6 (1873) Ginza Brick Street

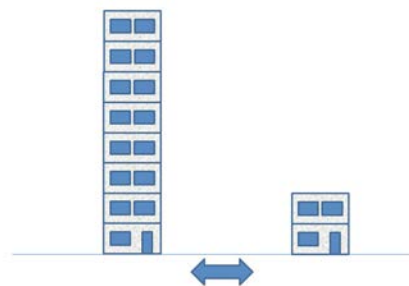


Meiji 23 (1890) Asakusa Ryomakaku

Dahil sa nangyaring lindol sa Great Kanto noong 1891 at lindol sa Nobi noong 1913, ang mga gusaling gawa sa brick ay manlubhang napinsala. Dahil dito, ang pagpapatayo ng gusali na gawa sa brick ay mahigpit na kinontrolado ng batas at ito ay nawala mula sa Japan.

Saan ang mas ligtas, mataas na gusali o mababang gusali?

Alin ang mas ligtas laban sa lindol, mataas na gusali o mababang gusali? Alalahanin natin ang inertia force na nagtatrabaho kapag yumayanig ang lupa, kapag mas malaki ang mass mas malaki ang pagkakataon na gumuho ito. Gayunpaman, dahil ang inertia force ay produkto ng mass at ng acceleration, kailangan isaalang-alang din ang magnitude o laki ng acceleration na sanhi ng pagyanig ng gusali.



Subukan nating ugain ang modelo



Subukan nating aktwal na ugain ang modelo. Kapag inuga ito ng mabilis, ang mababang gusali ang mayayanig at kapag dahan-dahan itong inuga, ang mataas na gusali ang mayayanig. Bakit nangyayari ang kababalaghang ito?

Sa katunayan, ang mga gusali ay may natatanging bilis kapag nayayanig, at ang oras na nagamit sa pagyanig na ito ay tinatawag na natural period. Kapag ang pagyanig ng lupa ay kapareho sa natural period ng gusali, ang inertia force ay gumagana sa

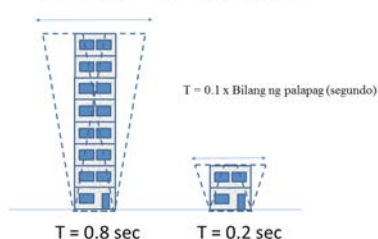
magandang timing, kaya ang pagyanig ng gusali o ang natural period lamang ang madadagdagan. Ito ay tinatawag na resonance.

Ang natural period ng isang gusali ay makukuha sa pamamagitan ng pagmultiply ng 0.1 at ang bilang ng palapag. 0.8 segundo sa walong palapag at 0.2 segundo sa dalawang palapag.

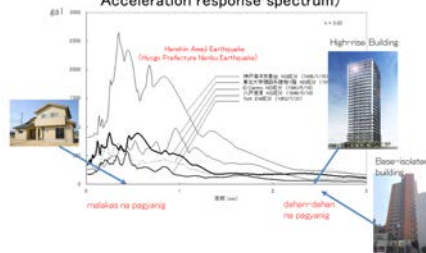
Isang graph na nagpapakita ng maximum acceleration ng pagyanig ng mga gusali sa kani-kanilang mga natural period ay tinatawag na 'acceleration response spectrum'. Kalkulahin natin ang acceleration response spectrum para sa iba't-ibang klase ng paggalaw ng lindol.

Mula sa graph na ito, makikita natin na ① ang bundok ng spectrum ay mas mababa o katumbas ng natural period na isang segundo, ang gitna at ang mababang gusali na may maikling natural period ay labis ang pagyanig, ② ang matataas na gusali at gusaling kayang suportahan ang pagyanig ng lindol o base isolated building ay makikita na ang pagyanig ay mas maliit.

Natural Period ng gusali



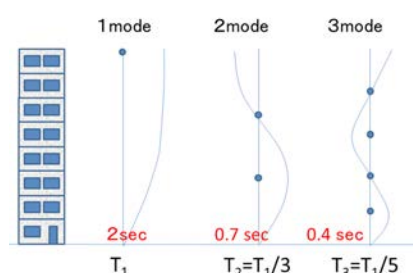
Pagyanig ng lupa at ang pagtugon ng gusali sa yanig (Acceleration response spectrum)



Habang ang bilang ng palapag sa isang gusali ay tumataas, maaari itong gumiwang na parang natitiklop sa gitna dahil sa pagyanig. Dahil ang hugis ng pagyanig ay natatangi sa bawat gusali, tinatawag itong natural vibration mode. May unang mode, pangalawang mode, ikatlong mode, atbp., ay palapag ng isang gusali kung saan ang natural period ng pagyanig ay matagal. Sa isang napakataas na gusali, ang hugis ng natural vibration mode ay isang sine function, ang ratio ng mga susunod na natural period sa pangunahing natural period ay ang ratio ng wavelengths o haba ng daluyong (1, 1/3, 1/5, ... ang pagkakasunud-sunod). Sa madaling salita, ang isang mataas na gusali na may natural period sa unang mode na 2 segundo,

natural period sa pangalawang mode na 0.7 segundo (1/3 ng 2 segundo), natural period sa pangatlo mode na 0.4 segundo (1/5 ng 2 segundo). Sa isang maliit na lindol, ang may mataas na mode na may maikling natural period at ang gusali ay gumigiwang habang yumayanig. Sa kabilang dako, sa mabagal na pagyanig, ang unang mode na may mahabang natural period ang pinupukaw at ang mas mataas na palapag ang nayayanig ng lubos.

Paggalaw ng matatas na gusali



Ano ang dapat gawin para maging matatag ang mga gusali laban sa lindol?

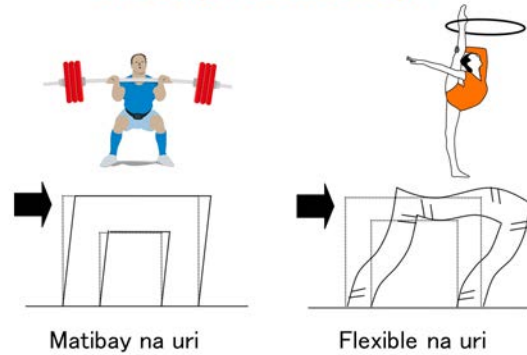
Anong klaseng paggawa ang mas mahusay upang maiwasan ang pagguho ng mga gusali dahil sa lindol? Ang isang paraan ay pagpapatibay ng paggawa ng mga haligi at poste upang hindi matinag ng lindol. Gayunpaman, maaaring ito ay uneconomical o magastos para sa paghahanda sa lindol na bihira namang dumating. Dahil dito nagpasyang gawing mas matibay ang mga haligi at poste na kapag dumating ang lindol magkaroon man ng maliit na pinsala ay hindi agarang guguhang ang buong gusali. Gumamit sila ng mga metal fittings upang pagdugtungan ang mga kahoy at iron reinforcing bar. Ang mekanismong ito ay isang paraan upang malabanan ang lindol, sa pamamagitan ng pagsasama-sama ng “lakas” at “tibay”, ito ang pangunahing ideya ng earthquake resistant structure.

Ang matibay na uri ay kayang labanan ang malaking pahalang na puwersa at walang masyadong pagbabago. Sa kabilang dako, ang flexible na uri ay makikitaan ng malaking pagbabago sa maliit na pahalang na puwersa.

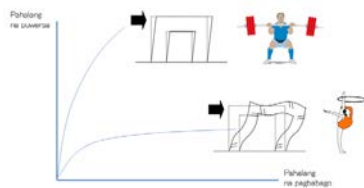
Na verdade, o tipo dúctil, não é suficiente bom, pois sujeito a ação contínua do vento e neve, a deformação progride gradualmente depois de algum tempo, este irá desmoronar.

Ang pagyanig ng lindol ay bumabalik sa orihinal na paraan, bago pa makapinsala ng malaki sa isang istruktura. Ibinabalik nito sa orihinal na anyo ang mga nadeform dahil sa pagyanig. Ito ang dahilan kung bakit ang flexible na uri ay magagamit laban sa lindol

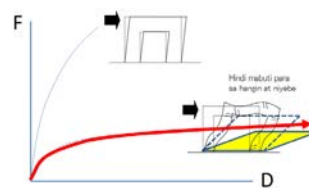
T. Tibay o Flexibility?



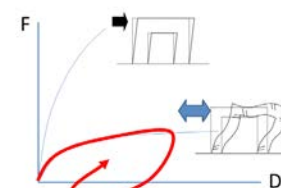
Relasyon ng lakas at pagbabago



Ito ay guguhang kapag ang lakas ay inilapat ng mahabang panahon

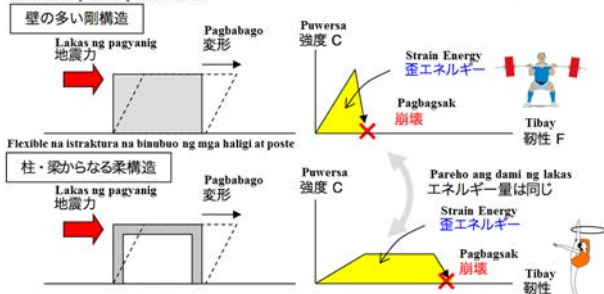


Pagbalik sa orihinal na anyo sa pamamagitan ng pagyanig



Lakas ng gusali laban sa lindol
= Force (puwersa) x Deformation (tibay)
= Work (o lakas)

Pader na may matibay na istruktura

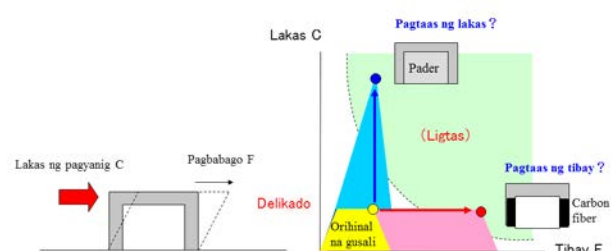


Nalaman natin na may dalawang uri ng strength type o uri ng lakas upang malabanan ng istraktura ng gusali ang lindol. Una, solid type o ang matibay na uri, pinalalakas at pinatatatag nito ang gusali, pangalawa, ang soft type o ang flexible na uri, na nababago ang hugis o nadideform pero hindi guguhang kahit na magkaroon ng pinsala. Sa oras na ito, kung ang graph ng force (lakas) at ng deformation (tibay) [ito ay tinatawag na strain energy] ay magkapareho, ang pagyanig ay itinuturing na magkatumbas.

Halimbawa, paano natin palalakasin ang kakayahanan ng orihinal na gusali kung ang lakas ng pagyanig ay maliit, at kung ang nakuhang strain energy ay maliit?

Ang isang paraan ay dagdagan ang mga pader at ito ay mas lalong patibayin. Isa pang bagay ay gawing posible na mabalutan ng carbon fiber ang mga poste para hindi ito gumuho. Ang mga paraang ito ay makakadagdag ng strain energy.

Dagdagan ang nakuhang enerhiya at palakasin ito laban sa lindol

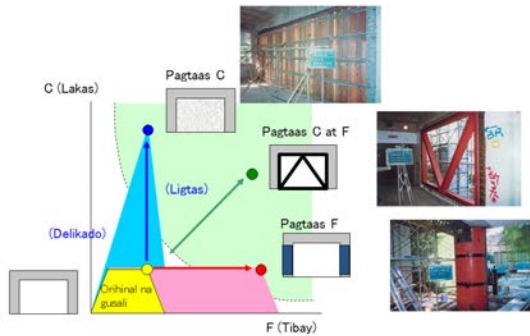


Ipaliwanag natin ang tradisyunal na paraan ng seismic reinforcement technology ng isang gusali.

Upang mapataas ang tibay ng isang gusali, madalas ginagamit ang paraan ng pagsasarado sa lahat ng mga pasukan (bintana, pintuan, atbp) gamit ang bakal at kongkreto. Para naman madagdagan ang deformability (toughness), ang isang paraan ay ang pagbalot ng iron plate o carbon fiber sa mga haligi. Bilang karagdagan, mayroong din isang paraan ng paglagay ng steel frame (o brace) bilang panggitnang paraan na nasa pagitan ng mga naunang nasabing paraan. Partikular ang pamamaraan na ito kapag nais mong maglagay ng mga panlabas na ilaw sa isang bintana na nakaharap sa timog tulad ng isang silid-aralan sa paaralan.

Ang Toyohashi University of Technology ay pinatibay sa pamamagitan ng paggamit ng brace sa labas ng gusali.

Proseso ng pagpapatibay (1. Tradisyunal na paraan)



Pagpapatibay gamit ang steel frame (Toyohashi University of Technology)

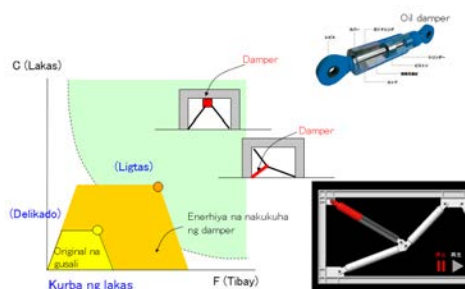


Mayroon ding isang paraan upang i-absorb ang vibration energy sa pamamagitan ng paglalagay ng natatanging kagamitan sa loob ng gusali. Ang aparatong ito ay tinatawag na vibration damper. Ang seismic performance ng gusali ay humuhusay sa pamamagitan ng pagdagdag ng energy absorption ng dumper sa distortion energy ng gusali.

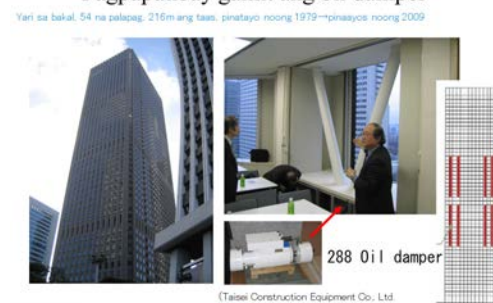
Ang oil dampers ay ginagamit ng nakararami bilang viscous dampers na lumilikha ng isang resistance force na proporsyonal sa bilis kapag ang piston ay gumagalaw sa isang silindro na puno ng langis. Ito ay kapareho ng teorya ng isang shock absorber na pumipigil sa vibration ng isang kotse.

Halimbawa, ang oil dampers ay kadalasang ginagamit upang mapalakas ang isang mataas na gusali o skyscraper. Sa halimbawang ito, ikinabit ang 288 na dampers sa gitna ng palapag ng isang mataas na gusali pagkalipas ng ilang taon.

Proseso ng pagpapatibay (2.Vibration damper)



Pagpapatibay gamit ang oil damper



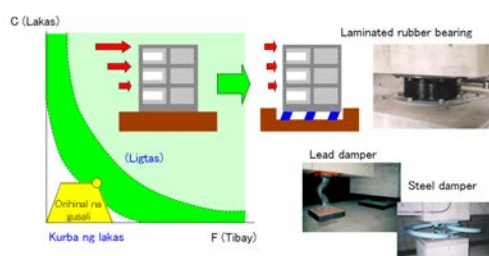
Halimbawa, kung hindi mo nais magkabit ng braces o dampers bilang reinforcement

ng mga gusali tulad ng mga historical conservation buildings, maaari kang maglagay ng rubber foundation sa ilalim ng gusali at bawasan ang inertia force na sanhi ng lindol upang gawin itong ligtas. Ang yari na ito ay tinatawag na ang seismic isolation structure.

Naibalik sa dati nitong hitsura ang Tokyo Station pagkatapos ng 100 taon. Sa pamamagitan ng paggawa ng seismic isolation structure na suportado ng 352 seismic isolation rubber, nagawa ito nang ligtas kahit sa panahong iyon.

Proseso ng pagpapatibay (3. Isolation)

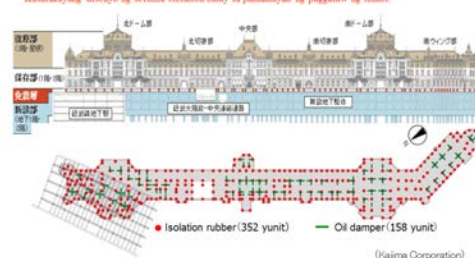
Para sa mga ayaw gumamit ng steel frame at oil dampers



Pag-ayos sa seismic isolation ng Tokyo Station

Ang gusali ng istasyon ng Maruzouchi ay yari sa matibay na steel brick at ito ay hindi napinsala ng maganap ang lindol sa Taisho Kanto (M 7.9) noong 1923. Gayunman, ang pagsasagawa ng seismic isolation ay isinagawa para sa karagdagan kaligtasan at para mapamasa sa mga suwona na beneyasyon.

Kasalukuyang disenyo ng seismic isolation batay sa pamamayan ng paglalaw ng lindol.



Ano ang base isolated system?

Dito, pag-isipan natin ang mekanismo ng base isolated structure habang nag-iisip ng isang simpleng eksperimento.

Una sa lahat, isa-isahin natin ang ilang mga paraan kung saan ang gusali ay hindi mayayanig sa oras ng lindol.

Marahil, ang pangunahing paraan ay ang palutangin ang gusali sa ere. Sa pamamagitan ng kasalukuyang teknolohiya, gaya ng linear motor car, pwede nang palutangin ang tren sa pamamagitan ng lakas ng magnet, kaya marahil hindi nga ito isang panaginip. Ngunit, kung ang gusali ay lumutang sa ere, bukod sa mahihirapan tayong pumasok at lumabas, kapag umihip ang malakas na hangin, maaari itong matangay ng malayo.

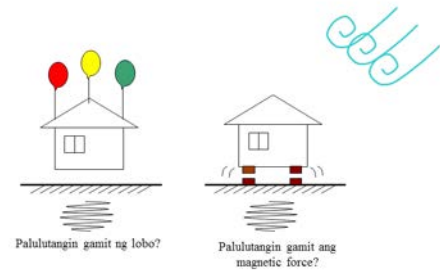
Sa ngayon kalimutan muna natin kung paano papalutangin ang isang gusali at mag-isip ng ibang paraan.

Halimbawa, paano kung maglagay tayo ng roller sa ilalim ng gusali? O kaya ay ilagay ang gusali sa ibabaw ng madulas na lamesa at padulasin sa oras ng lindol? Sa alinmang kaso, kapag naganap ang lindol, ang mga gusali ay gugulong at dudulas para sa gayon ang lateral force na dinadala sa gusali ay maaaring mabawasan.

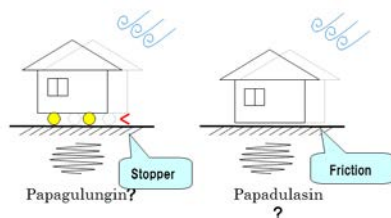
Ipinapaalam ng maaga sa ulat ng panahon kung kailan darating ang isang bagyo. Kaya maaari mong lagyan ng stopper ang gusali kapag dumating na ang bagyo at alisin ito pagkatapos ng bagyo. Bilang karagdagan, kapag pinadulas ang isang gusali, maaaring may paraan para maayos ang friction coefficient upang ang gusali ay hindi kumilos sa lakas ng bagyo at gumalaw lamang sa kaso ng isang medyo malakas na lindol.

Sa malaking Buddha ng kamakura, isang stainless steel plate ang inilatag sa pagitan ng rebulto ng Buddha at ng pedestal, ito ay ginawa upang ang imahe ng Buddha ay dumulas sa panahon ng lindol.

Palulutangin mula sa lupa?



Papagulungin? Papadulasin?



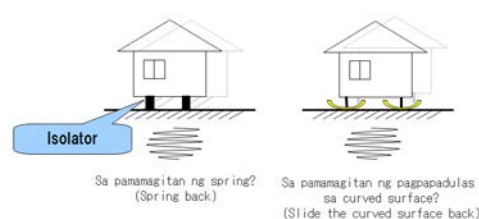
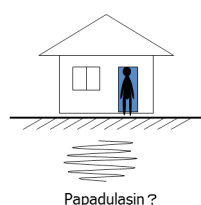
Malaking Buddha sa kamakura: Isang stainless plate ang inilatag sa pundasyon sa pagkukumpuni nito noong 1960.

Sa paraan ng pagpapagulong at pagpapadulas sa gusali, ang gusali ay maaaring kumilos pagkatapos ng lindol at maaari itong lumihis ng lubos sa orihinal na posisyon. Kaya, anong uri ng pamamaraan ang dapat gawin upang matiyak na mananatili ang gusali sa orihinal nitong posisyon kahit matapos ang lindol.

Halimbawa, paano kung pagkonektahin natin ang gusali at ang pundasyon sa pamamagitan ng spring at ibalik natin ito sa orihinal na posisyon sa pamamagitan ng lakas ng spring kapag ang gusali ay gumalaw. Ang spring ay dapat gawa sa malambot na goma upang masuportahan ang bigat ng gusali at para madepormado ito sa pahalang na direksyon. Bilang kahalili, may isang paraan para mailagay ang gusali sa concave surface at padulasin sa ibabaw nito. Kahit na ang gusali ay dumulas, ito ay babalik sa orihinal na posisyon gamit ang lakas ng sarili nitong timbang.

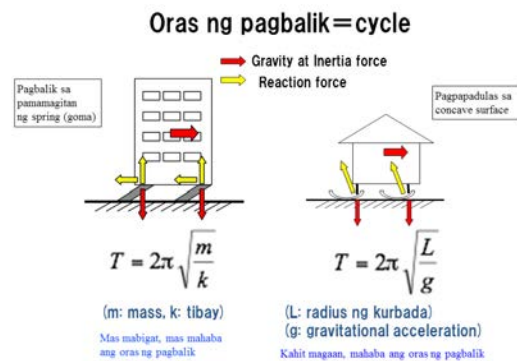
Paano ibabalik sa orihinal?

Lakas para maibalik sa orihinal (Restoring force)

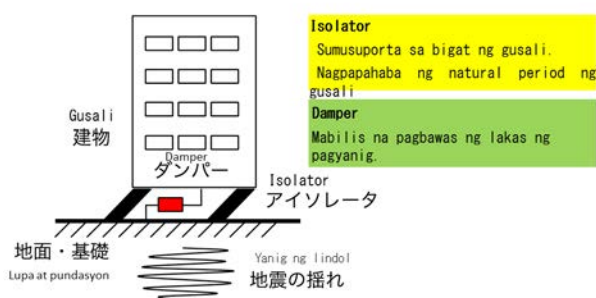


Sa “spring back” na paraan, ang natural period ay proporsyon sa square root ng timbang. Sa madaling salita, maaaring taasan ang natural period ng mabibigat na gusali. Ito rin ay inversely proportional sa square root ng katigasan ng spring. Ibig sabihin, maaaring mapahaba ang cycle sa pamamagitan ng paglalagay ng suporta gamit ang isang maliit (malambot) na spring.

Sa isang banda, sa “sliding the concave surface”, ang natural period ay proporsyon sa square root ng concave curvature radius. Sa madaling salita, ang mga makinis at patag na concave ay mapapahaba ang natural period. Dahil sa wala itong kaugnayan sa timbang, ito ay naaangkop para sa base isolation ng mga magagaan na bahay. Karaniwan din na gamitin ang parehong paraan nang sabay.



Mekanismo ng base isolated system



Bukod pa rito, magdagdag tayo ng damper na magpapabilis ng pagbawas sa lakas ng pagyanig ng gusali. Ipinaliwanag na kanina na ang damper ay isang aparato na nangunguha ng lakas mula sa pagyanig. Sa paggamit nito, dahan- dahang mababawasan ang pagyanig ng gusali.

Tulad ng inilarawan sa itaas, sa base isolated system, sa pamamagitan ng paggamit ng isolator na sumusuporta sa bigat ng gusali at nagpapahaba ng natural period at ang damper na mabilis na nagpapabawas sa lakas ng pagyanig, ang pagyanig ng gusali sa oras ng lindol ay siguradong mababawasan.

Noong 1969, itinayo ang unang base-isolated na gusali sa buong mundo gamit ang goma bilang pundasyon sa Skopje, kabisera ng Macedonia. Gayunpaman, noong naganap ang lindol, dahil ang bloke ng goma ay malambot hindi lamang sa pahalang na direksyon kundi pati na rin sa patayong direksyon, nagkaroon ng problema sa gusali, ito ay tumabingi dahil sa kumbinasyon ng pahalang na pag-ugoy at taas-baba na pag-ugoy.

Dahil dito, ang mga laminated rubber bearings ay inimbento bilang rubber bearing na matigas sa patayong direksyon at malambot sa pahalang na direksyon. Ang laminated rubber

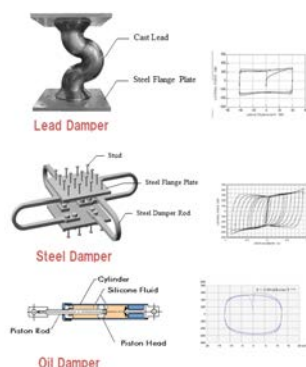
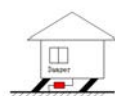
ay yari sa patung-patong na manipinis na goma at steel plates na may kapal na ilang millimeters at salitan itong pinagdikit-dikit at ni-laminate. Sa pamamagitan nito, ang steel plate ay mapupuwera at uumbok ang goma kasama ng vertical deformation, at dahil sa bigat ng gusali ang vertical deformation ay liliit. Sa kabilang banda, hindi nito mapipigilan ang shear deformation ng goma laban sa horizontal force, kaya ito ay maayos na nadedeform sa pahalang na direksyon. Sa pamamagitan ng pag-imbento ng mga laminated rubber, isang base isolated system na talagang maaaring gamitin ay naisakatuparan.

Isolator

Laminated rubber bearing



Damper



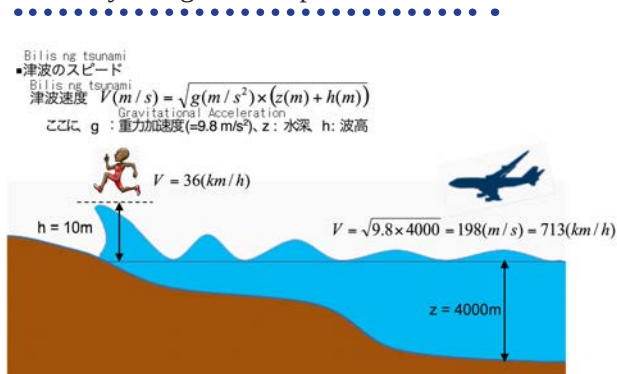
Ang damper na ginagamit para sa instalasyon ng base isolated system ay may iba't-ibang hugis para maging posible nitong sundan ang malaking deformation at para madeform sa anumang direksyon.

Sa base isolated system, kinakailangan maglagay ng puwang (horizontal clearance) sa paligid ng gusali upang ang base isolation layer ay madeform. Ang base isolation ng mga apartment at mga gusali ay karaniwang may seismic isolation pits o hukay sa basement, naglalagay ng mga gabay na bakal at nagtatanim ng mga halaman sa paligid ng gusali upang mapigilang malalag ang mga tao sa hukay. Sa karagdagan, naglalagay din ng mga takip para sa paglawak ng entrance at exit na kasabay na gagalaw sa yanig ng gusali.

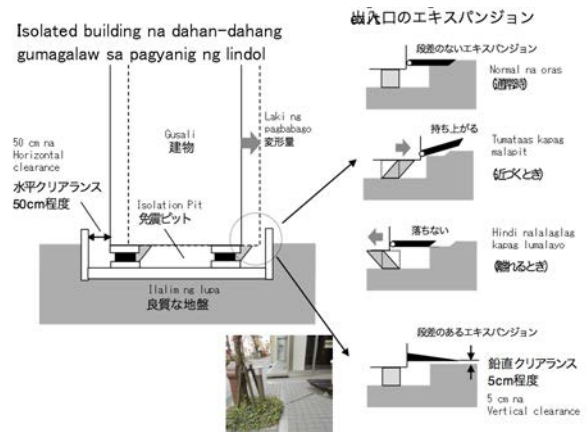


Dahil ang isolation device ay nasa ilalim ng gusali, maaaring ang aparato ay nasira pagkatapos ng lindol. Kapag pinabayaan ito ang seismic isolation device ay hindi na gagana kapag may dumating na lindol at ito ay mapanganib. Pagkatapos ng lindol siguraduhing patingnan sa tagagawa (manufacturer) ang kalagayan ng aparato.

Paano tayo maghahanda para sa tsunami?



karagdagan, kapag ito ay sumanib sa alon ng bay na kung saan ang alon ay nagpapatung-patong sa kaliwa at kanan, ang alon ay tataas. Kung ang taas ng tsunami sa lupa ay nasa 10m, ang bilis nito ay nasa 36km/h, ang bilis ng pagdating ng tsunami ay maihahambing sa bilis ng isang atleta na tatakbo para sa 100m na labanan.



Sa kanlurang bahagi ng Iran, bansa kung saan madalas ang lindol, mayroong isang gusali na may pundasyon ng pinaghalong patayo at pahalang na troso. Ang ganitong paraan ng konstruksiyon ay mahigit 100 daan taon ng ginagamit, dahil noon kapag lumilindol ang troso ay gugulong at binabawasan nito ang pagyanig ng gusali, kaya ito ay mainam na base isolation system. Ang ganitong pamamaraan ay matatagpuan din sa bansang Algeria kung saan madalas din ang lindol. Ang mga troso ay nakasingit sa pagitan ng mga arko ng laryo (brick) at ng mga haligi sa ika-18 siglong templo sa Kasbah, kabisera ng lungsod ng Algiers, para mabawasan ang lakas ng pagyanig.

Bawal ang labis na pagtitiwala

Pagpapabaya sa mga nasirang aparato



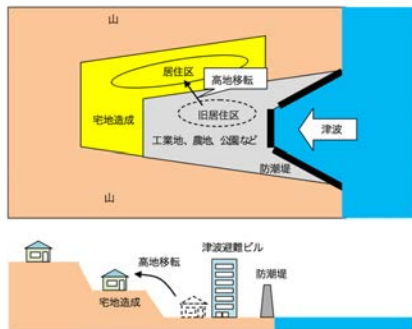
Noong nangyari ang Great East Japan Earthquake, 90% ng halos 20,000 na mga biktima ay namatay sa tsunami.

Ang bilis ng tsunami ay natutukoy sa pamamagitan ng lalim ng tubig at taas ng alon. Ang karaniwang lalim ng Pacific Ocean ay nasa 4000 metro, at ang bilis ng tsunami na lumalakbay sa lalim na ito ay maihahambing sa bilis ng isang jet plane na nasa 713 km/h. Kapag ito ay malapit na sa lupa at ang lalim ng tubig ay mababaw na, ang bilis ay bumabagal. Ngunit ito ay susundan pa ng mga nasa likod na tsunami kaya ito ay lumalaki. Bilang

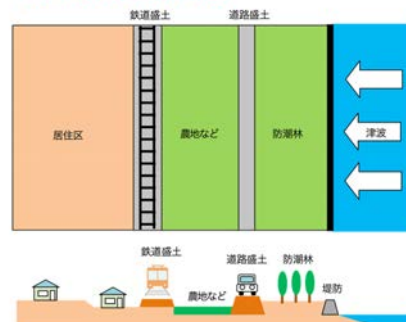
Ang epektibong paraan upang maalis ang pinsala na dulot ng tsunami ay ang paglipat ng paninirahan sa mataas na lugar na hindi maaabot ng tsunami. Gayunpaman, para sa mga taong nasa industriya ng pangingisda, kailangang magtatag ng isang daan sa tabing dagat, maglagay ng embankment, at magtayo ng mataas na gusali para magamit na evacuation kung sakaling dumating ang tsunami.

Para sa mga kapatagan na walang malapit na matataas na lupa, kinakailangan ng maramihang depensa upang maibsan ang mabilis na pagdaloy ng tsunami sa lugar, gaya ng paglalagay ng coastal embankment, sand dune, pagtanim ng mga puno at ibpa., kasama na rin dito ang paglilimita ng paggamit ng lupa.

Para mahadlangan ang panganib malapit sa daungan (Paglipat sa mataas na lugar)
港湾部の津波対策（高地移転）



Para mahadlangan ang panganib sa kapatagan (maramihang depensa)
平野部の津波対策（多重防御）



Inuubligado ng bansa ang mga munisipyo upang abisuhan ang publiko kung saan at gaano kataas ang tubig sa kanilang lugar para sa paghahanda sa pagdating ng tsunami. Ang tsunami hazard map na ginawa para sa lugar na iyon ay basihan para sa lokasyon at daan papunta sa lugar ng evacuation, atbp. Alam mo ba kung ang lugar na iyong tinitirahan ay babahain o hindi kung sakaling dumating ang malaking tsunami?

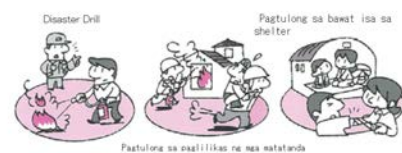
Kapag naganap ang isang malaking lindol, maaaring maapektuhan ang isang malawak na lugar sa isang pagkakataon. Kung hindi makakagamit ng lifeline tulad ng tubig, kuryente at gas, magiging hadlang ito para sa pagpapatuloy ng buhay. Kapag ang pampublikong sasakyan ay huminto, ang mga tao ay mahihirapan umuwi sa kani-kanilang mga bahay at kapag ang daan ay puno dahil sa trapik ang mga bumbero at ambulansya ay maaaring hindi makakarating sa oras. Upang maghanda para sa kalamidad gaya ng lindol, kailangan gawin ang 3 kilos na ito: “self-help” protektahan ang iyong sarili at ang iyong pamilya bilang, “co-aid” tulungan ang bawat isa sa inyong lugar, “public assistance” iligtas at tumanggap ng tulong mula sa bansa at sa lokal na pamahalaan.

Ang tulong mula sa bansa at sa lokal na pamahalaan ay hindi kaagad dumarating. Kaya sa oras ng kalamidad ang “co-aid” ng mga residente at mga mangangalakal lamang ang maaaring asahan. Kaya sikapin natin na maikalat at maipaliwanag ang kaalaman ng disaster prevention sa ating lugar at sa iba pang mga lugar. Ang pagsasanay para sa disaster prevention ay isang mahalagang pagkakataon para makilala ninyo ang bawat isa.

津波に対する統一標識 2008年にISOにより国際規格化、2009年により定められた



T. Paano mapapahusay ang abilidad ng inyong lugar para sa disaster prevention?



Ang Lungsod ng Toyohashi ay nababahalang tungkol sa mga nakaraang paglindol sa Tokai at sa Eastern Nankai, kaya naman puspusan ang pagpapatupad ng mga aktibidad para sa Disaster prevention. Ipapakita natin ang mga gawaing ito sa pamamagitan ng slide na hiniran mula kay Mr. Hisada, guro ng Kogakuin. Lumalahok rin ang Toyohashi University of Technology sa aktibidad na ito.

Karaniwan sa isang disaster prevention drill na kumilos sa maayos na paraan bilang isang organisasyon alinsunod sa itinakdang sitwasyon. Gayunpaman, sa pagsasagawa ng pagsasanay para sa lindol masasabing hindi ito naisasagawa ng ayon sa sitwasyon.

Bilang tugon sa mga pangyayari na nagbabago bawat sandali, kinakailangan na ang bawat tao ay dapat i-angkop ang mga sarili sa sitwasyon.

Dahil dito, sa disaster drill na isinagawa sa Yamada-cho, Toyohashi City noong 2006, ang paraan ng paglalagay ng mga karatula para sa mga pinsala sa daan ng walang paunang abiso sa mga residente at sila ay nagsagawa ng pagkilos ayon sa karatula ng mga pinsala. Ang ganitong paraan ay tinatawag na “Disaster response training”.

Disaster Response Training (Makatotohanang pagsasanay) Toyohashi Disaster Prevention Drill 2006



Pagkakabit ng mga karatula para sa mga pinsala para sa sunog, gumuhong gusali at nasirang daan

Pinagkunan: Kogakuin University Hisada Kazuaki at Masahiro Murakami

Por exemplo, os participantes do treinamento, iniciarão o combate à princípios de incêndios iniciais assim que encontrarem a placa com indicação de incêndio. Ao mesmo tempo, os participantes reportam a situação de danos à associação dos moradores, e a partir daí, à associação de moradores cria o mapa de catástrofes.

Nesse mapa, é relatado o local de ocorrência de incêndios, informações sobre edifícios desabados e no final essas informações são mantidas preservadas no centro de prevenção de desastres da cidade de Toyohashi.

Esse treinamento foi realizado no passado, mas infelizmente, não é continuado desde então. Gostaria de discutir com todos como essas atividades poderiam ser continuadas em um futuro próximo.

Pagkolekta at paghahatid ng impormasyon

Disaster Response Training: Distrito ng Akumi, 73 katao at distrito ng Yamada, 153 katao



Pagsasanay sa pagpatay ng sunog gamit ang fire extinguisher, balde at fire hydrant



Paggawa ng Disaster Map (Kumpirmasyon ng mga kinatawan)



Disaster prevention drill



Evacuation Drill
Pagligtas sa mga matatanda, bata at iba pa



Pagtatala ng mga pangalan ng mga nakalikas Disaster prevention center



Pinagkunan: Kogakuin University Hisada Kazuaki at Masahiro Murakami