



2017年3月11日(土) 13:30 ~ 17:00

総合福祉センターあイトピア

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

Aprendendo noções básicas sobre terremoto e prevenção de catástrofes



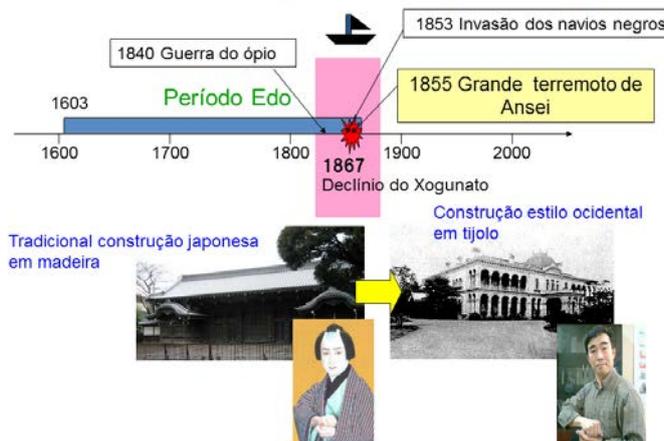
Saito Taiki

Universidade de Tecnologia de Toyohashi
Chefe do Centro de Pesquisa para Proteção e Segurança Regional
Professor de Arquitetura e Sistemas Urbanos

Por que ocorrem os terremotos?

Vamos rever a história do Japão. No final do período Edo, os países ocidentais tentaram colonizar a Ásia. Em 1840 ocorreu a guerra do ópio entre a China e a Grã-Bretanha. Em 1853, quando Matthew Perry dos Estados Unidos chegou a Japão a bordo de navios negros, ocorreu o grande terremoto de Ansei. Em pouco tempo depois houve o declínio do Xogunato Tokugawa e o Japão foi forçado a abrir seus portos ao comércio estrangeiro. A fim de recuperar o atraso com os países ocidentais, a tradicional construção japonesa em madeira foi amplamente substituída pela construção de estilo ocidental em tijolo. O Chonmage (penteado tradicional japonês) e o Kimono (vestimenta tradicional japonesa) também mudaram para o estilo ocidental.

160 anos atrás (Restauração Meiji)



Desenho do Namazu



Nessa altura do Japão, havia uma superstição que o terremoto era causado por um grande Namazu (bagre) que vivia no subsolo. Acreditava-se que na casa que fosse colada uma xilogravura nishiki-e de Namazu, esta casa não seria esmagada pelo terremoto. Nesta gravura do Namazu, Deus coloca uma grande “pedra angular” e a pressiona contra a cabeça do Namazu, de modo que este não provoque o terremoto.

Onde está esta pedra angular?



Pedra angular

Esta pedra angular foi consagrada no santuário de Kashima, na província de Ibaraki, pode-se ver cerca de 10cm desta pedra na superfície da terra. Segundo uma lenda, um Shogun (general) deu ordem para seus soldados cavarem, por 7 dias, até encontrarem a parte inferior desta pedra, mas há relatos que não foram capazes de encontrar.

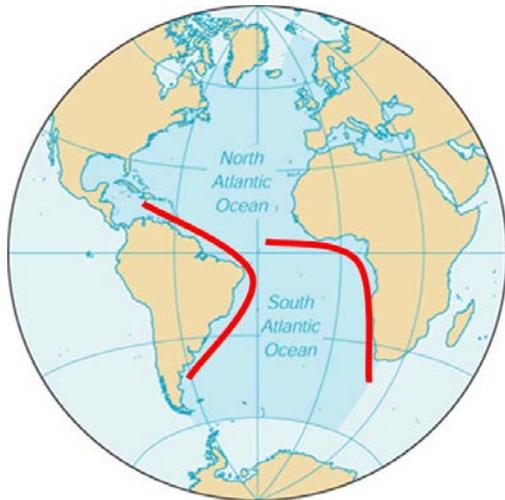
A primeira análise científica sobre o mecanismo de geração de um terremoto foi feita pelo alemão Alfred Wegener.

Ele percebeu que havia uma similaridade geométrica das costas da América do sul com o oeste das costas da África, como peças de um quebra-cabeças.

Esses 2 continentes, hoje separados, estiveram unidos numa única massa de terra no passado. Ele anunciou esta teoria como Deriva Continental em uma conferência e foi chamado de "mentiroso" pelos cientistas da época. Supondo-se que os continentes já estiveram unidos, sem dúvida deveria haver traços de que os animais se deslocavam por todo continente, então fósseis foram investigados.

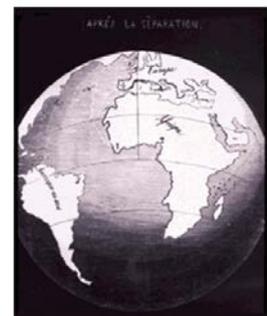
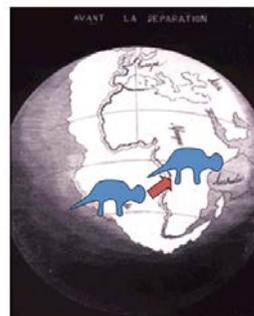
Teoria da Deriva Continental

Alfred Wegener (1880-1930)



Passado

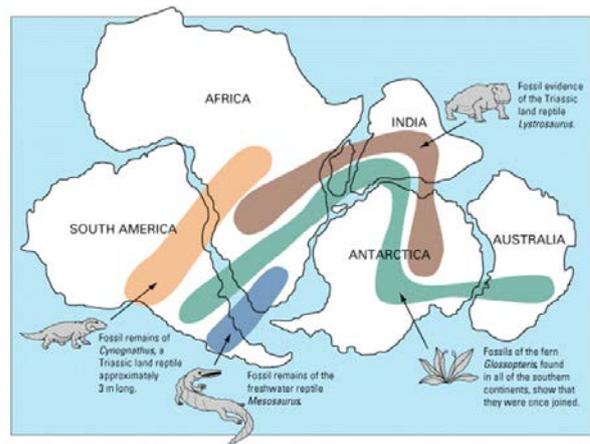
Hoje



Mentiroso!

Certamente, existe similaridade entre os fósseis de animais encontrados em diferentes continentes. Ele pensou que isto seria uma evidência que os continentes estiveram unidos, mas não conseguiu convencer os outros cientistas.

Vamos investigar fósseis



Entre os estudiosos daquela época, acreditavam na teoria que onde atualmente estão os oceanos, todos os continentes se ligavam para formar um supercontinente. Todos já devem ter ouvido falar dos continentes de Atlântida (Oceano Atlântico), Mu (Oceano Pacífico), Lemúria (Oceano Índico), etc. que segundo a lenda existiam nos oceanos. Como uma explicação científica, seria como secássemos uma maçã e na sua casca aparecesse rugas, assim no passado na Terra as temperaturas eram elevadas e gradualmente as temperaturas foram diminuindo e a Terra se contraindo,

Este supercontinente existiu (Teoria da expansão da Terra)



formando os continentes, o afundamento da terra onde os continentes estavam ligados, formaram os oceanos e as rugas na superfície da Terra formaram as cadeias de montanhas, durante muito tempo acreditou-se nesta teoria. E esta teoria era chamada de teoria de contração da Terra.

No final das contas, a teoria da Deriva continental de Wegener por ser muito inovadora, não foi aceita.

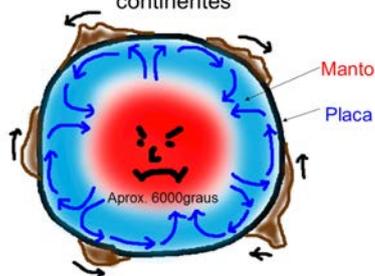
Wegener, pensava que havia uma força motriz que fazia mover os continentes, como a força centrífuga, causada pela força gravitacional da Lua e a rotação da Terra, mas no final das contas não conseguiu explicar. Agora sabemos que o que faz movimentar os continentes são os fenômenos de convecção que ocorrem no interior da Terra. Acho que vocês já devem visto isto antes quando aqueceram uma sopa de misso fria, o misso que está no fundo, como que um vulcão que entra em erupção, entra em um movimento ascendente e também em movimento descendente. Desta forma as partículas em um fluido que são aquecidas se tornam leves e sobem, as partículas que são resfriadas descem, gerando fluxo cíclico chamado de convecção.

No centro da Terra, existe uma região (núcleo) formada de metais em temperaturas de aproximadamente de 6000 graus e na camada externa ao núcleo existe uma camada formada por vários tipos de rochas (manto) que acredita-se que estar em um longo movimento de convecção. Na camada externa ao manto, existe uma fina camada (crosta) de rocha que envolve a Terra. Além disso, na superfície da Terra, como se fosse a casca de uma tangerina, existe a sobreposição de várias placas finas na crosta, que devido as correntes de convecção no manto provocam um deslocamento de poucos centímetros por ano nestas placas. Dentro da Terra, as correntes de convecção do manto estava movendo os continentes.

Por que os continentes se moviam? Isto intrigava Wegener

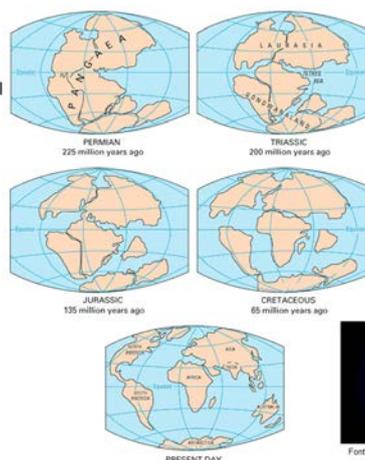


A convecção do Manto movimenta os continentes



Wegener pensava que no início, na Terra, havia somente um continente e com sua divisão e movimento tornou-se cada continente atual. Ele denominou este continente de Pangeia, do grego “Terra Única”. Segundo a teoria das placas tectônicas, o local onde se dividiu Pangeia, seria a atualmente a Dorsal oceânica. Acredita-se que um continente dividido pode levar centenas de milhões para se juntar e torna-se único e novamente dividir-se, repetindo-se esse ciclo.

Teoria da Deriva Continental (1915)

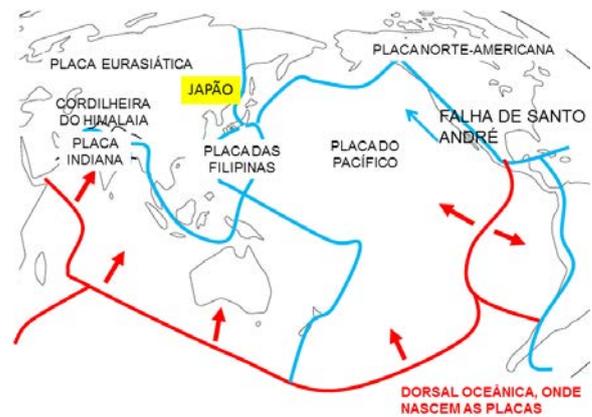




A convecção do manto movimenta não só a placa oceânica como a placa continental que está sobre esta. A placa continental é formada de rochas graníticas de baixa densidade, mas devido a placa oceânica ser formada de materiais basálticos de alta densidade, quando as duas placas colidem, a placa oceânica desliza para baixo e afunda no manto. Para compensar isso, do outro lado oposto ao da placa que submergiu novas placas são formadas uma após outra a partir da rachadura do fundo do mar. As fossas oceânicas ou abissais são as regiões mais

profundas do oceanos, são zonas do encontro entre as placas tectónicas, onde uma dessas placas mergulha sob a outra. Dorsal oceânica é a designação dada às grandes cadeias de montanhas submersas nos oceanos que resultam do lento afastamento das placas tectónicas. Esta teoria que explica o movimento das placas é chamada de Teoria da Tectónica de Placas e tornou-se a teoria padrão da geofísica. Atualmente, o movimento destas placas pode ser medidos com precisão através de satélites.

A Dorsal Mesoatlântica se estende de norte a sul ao longo da costa ocidental da América do sul no Oceano Pacífico, formando a Placa do Pacífico que move-se em direção noroeste, a uma velocidade de cerca de 8 centímetros por ano, mergulhando sob a Placa Eurasiática. Este é um exemplo típico de colisão entre placas continentais e oceânicas. Por outro lado, existem casos de colisões entre placas continentais. Há muito tempo atrás, a Índia era um continente independente mas, colidiu com a Placa Eurasiática, mergulhando e levantando o fundo do oceano a uma altura de 8000m, formando o Himalaia. E realmente no topo do Monte Everest foram encontrados fósseis de crinoides que vivem no fundo do oceano.



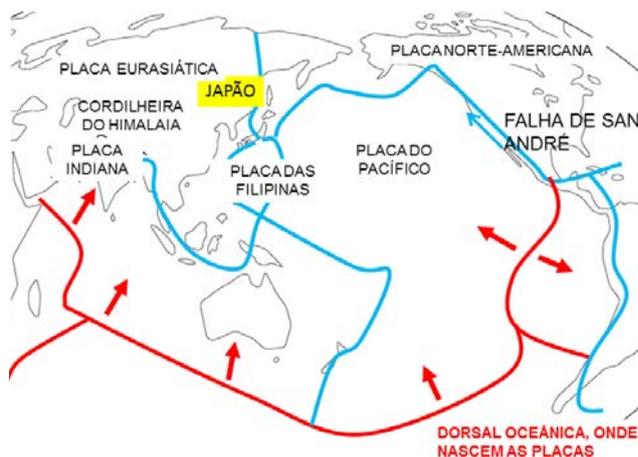
Além disso, a Índia era um continente independente e pequeno, que pelo movimento gradual da placa na direção norte, colidiu com o continente Eurasiático. E esta pressão levantou o fundo do oceano, formando o atual Himalaia. E aqui também está o Everest, o pico mais alto do mundo. Realmente fósseis de conchas foram encontradas nas rochas do Himalaia.

O Himalaia foi formado a partir da colisão de 2 continentes



No Japão também existem locais semelhantes. Há muito tempo atrás, a Península de Izu era uma ilha que flutuava no oceano, esta foi deslocada na direção norte pela Placa das Filipinas, colidindo com arquipélago japonês, formando a Península de Izu. Considera-se que esta força impulsora, também formou as cadeias de montanhas Tanzawa.

No hemisfério sul do planeta, novas placas se formam pela expansão das dorsais oceânicas. As placas formadas aí, movem-se para norte submergindo sob outras placas. Devido muitas dessas dorsais oceânicas estarem no fundo de mares profundos, a atividade vulcânica é controlada pela pressão da água. No entanto a dorsal oceânica está em um lugar na superfície da terra.



Maior Fonte Termal do Planeta (Islândia está numa dorsal oceânica é um país de vulcões)

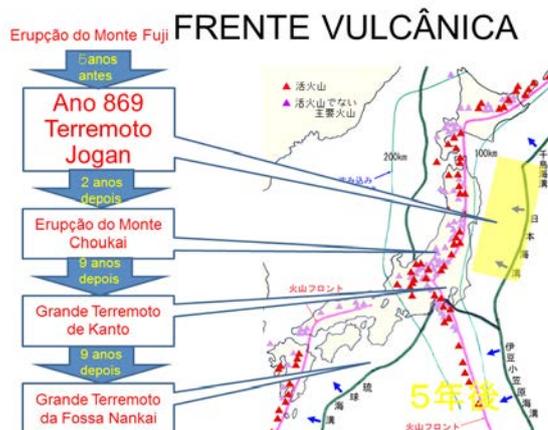


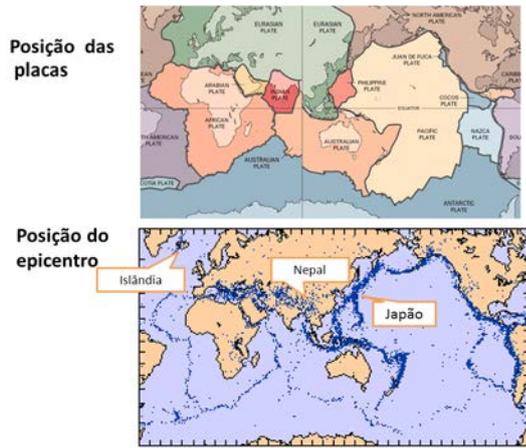
A Islândia é um país que bem no meio de uma dorsal oceânica, devido a isso sua área vai crescendo aos poucos. Além ser um país com muitos vulcões, parece que aí está a maior fonte termal do mundo.



O Japão está perto de uma placa que submerge numa fossa oceânica. Não é uma dorsal oceânica mas, por que existem tantos vulcões? Na realidade, a placa que submerge é derretida, se torna magma e emerge a superfície formando um vulcão. Assim, a posição do vulcão está em paralelo com a placa que submerge na fossa oceânica, isto é chamado de frente vulcânica. Após o grande terremoto de magnitude 9, do nordeste do Japão, 3 anos depois o monte Ontake entrou em erupção, 4 anos depois os Montes Aso e Kuchinoerabujima e depois de 5 anos o monte Sakurajima também entrou em erupção. Além disso, em abril de 2016 um terremoto de grau 7 na escala japonesa, ocorreu na província de Kumamoto. Eu sinto que a ocorrência de grandes terremotos, têm ativado as atividades vulcânicas e atividades sísmicas.

Na realidade, aconteceu algo semelhante há cerca de 1000 anos atrás. No ano de 869 ocorreu o terremoto Jogan, 2 anos depois o Monte Choukai, na província de Niigata, entrou em erupção. 9 anos depois ocorreu o Grande Terremoto de Kanto. Além disso, 9 anos depois ocorreu o Grande Terremoto da Fossa Nankai. 5 anos antes do Terremoto de Jogan, o Monte Fuji entrou em erupção. Em outras palavras, as atividades sísmicas que atualmente, estão ocorrendo no Japão, de modo semelhante ocorreram há cerca de 1000 anos atrás.

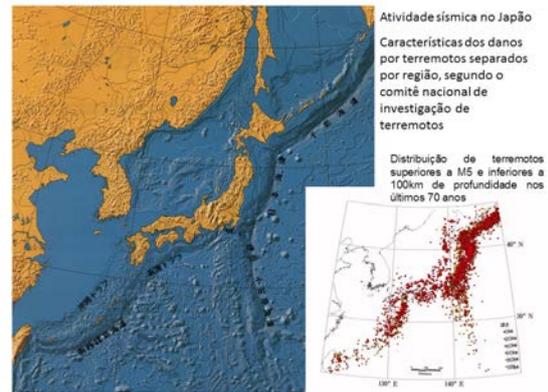
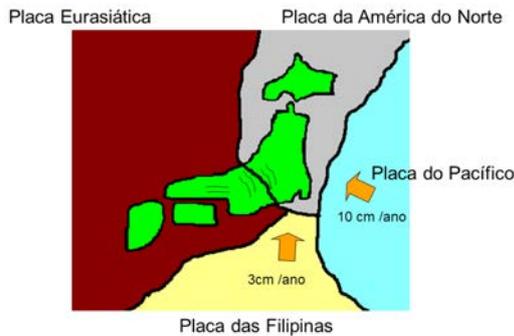




A figura acima mostra a localização das placas. A figura abaixo, é a distribuição das ocorrências de terremotos. Podemos perceber que é mais provável ocorrer terremotos nas fronteiras entre placas. Além disso, observa-se que a ocorrência de terremotos de uma placa originada numa dorsal oceânica é maior do que uma outra placa que submerge numa fossa oceânica.

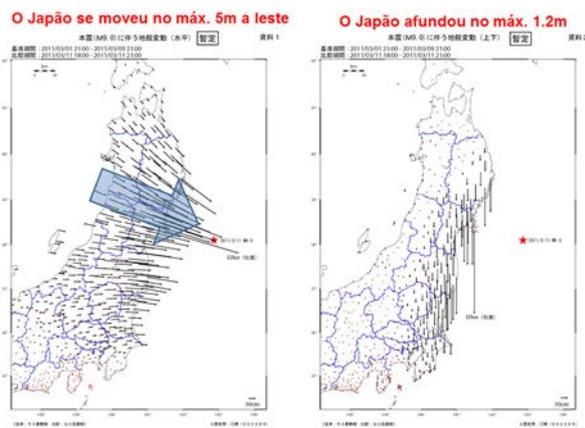
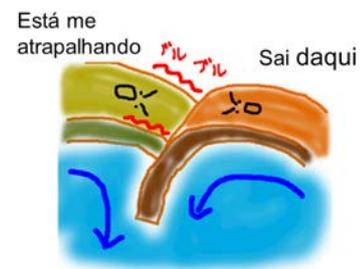
O Japão é um país de terremotos, porque o arquipélago japonês está em uma localização única no planeta, ou seja, no encontro de quatro placas.

No leste do arquipélago japonês existe a fossa oceânica do Japão. Ao sul, temos a fossa de Nankai. A parte de uma placa oceânica que submerge, em particular aquela com profundidade rasa a partir de 6000m são chamadas de fossa. Entre as placas oceânicas submentes na fossa oceânica, as placas com profundidade mais rasas que 6.000m são em particular chamadas de fossas. Observa-se grande ocorrência de terremotos ao longo da fossa oceânica e as fossas.



Quando uma placa submerge, a placa do lado oposto se deforma em resistência. Quando esta deformação excede o limite de resistência ocorre uma ruptura na fronteira entre as placas e um movimento para trás é iniciado. Esta onda de choque gerada neste momento é o terremoto.

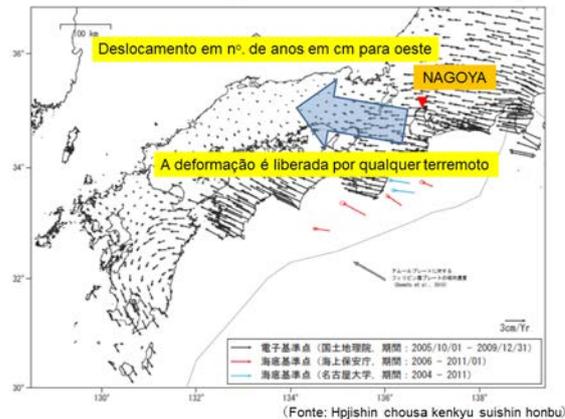
Terremotos causados pela colisão das placas



No grande terremoto do nordeste do Japão, a deformação acumulada foi liberada imediatamente, causando um deslocamento máximo do arquipélago japonês de aproximadamente 5m para leste. Além de provocar em certos locais, um afundamento da superfície, de mais de 1m. Este deslocamento da superfície pôde ser determinado com precisão através de pontos de referência eletrônicos GPS espalhados por todo Japão.

Por outro lado, no oeste do Japão existem a fossa de Nankai e a placa das Filipinas que anualmente submergem a uma velocidade de alguns centímetros, empurrando o arquipélago japonês para noroeste. Observamos que nas imediações da cidade de Toyohashi ocorre um deslocamento anual de aproximadamente 3cm para noroeste. Nos últimos 70 anos não temos ocorrência de um grande terremoto, então com um simples cálculo podemos concluir que houve um deslocamento de mais de 2m. Esta deformação acumulada ainda não foi liberada, é uma questão de tempo para esta deformação seja liberada de uma só vez.

Deslocamento anual da superfície da terra no oeste do Japão



Por que as construções desmoronam com um terremoto ?

Com um violento tremor provocado por um terremoto, é difícil ficar de pé e pode-se perder o equilíbrio e cair, sofrendo uma lesão grave. Por outro lado, as construções supostamente são muito mais robustas que os seres humanos, podem desmoronar com o tremor de um terremoto. Por que as construções bem mais robustas que as pessoas, desmoronam? A partir desta pergunta, vamos analisar as forças que atuam numa construção no momento que ocorre um terremoto.



Você pode sentir a aceleração?

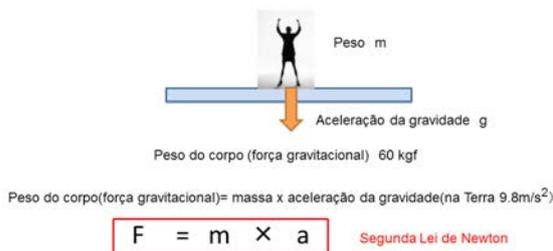


Se o chão desaparecer, o corpo cai em queda livre. Isto é o trabalho da força de atração da Terra agindo sobre este. Esta velocidade de queda vai aumentando mais e mais. Esta aceleração é devido a força de atração gerada pela aceleração da gravidade.

O peso é representado pela ação da força de atração da Terra sobre o corpo. O seu valor é representado pelo produto da “massa” e “aceleração da gravidade”.

A massa é um valor fixo dos objetos. A aceleração da gravidade tem um valor diferente na Terra e na Lua. Se medirmos o peso de um corpo na Lua, que tem uma força de atração menor em comparação com a Terra, este valor seria bem menor. Visto que a aceleração da gravidade na Lua é cerca de 1/6 da Terra, o peso do corpo também seria cerca de 1/6.

Peso é massa x aceleração



Força é massa x aceleração

Peso do corpo(força gravitacional)= massa x aceleração da gravidade(na Terra 9.8m/s²)



Porque a aceleração da gravidade é igual em toda a Terra, a massa é diferente. Assim, a força gravitacional para uma grande massa (lutador de sumo) também irá aumentar.

A força irá variar de acordo com a massa

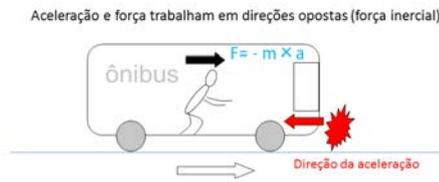
$$F = m \times a$$



A aceleração não se limita apenas de cima para baixo. Quando um ônibus freia bruscamente a tendência do corpo é ir para frente. Neste momento no corpo atua uma força que resulta do produto da "aceleração" e "massa". Esta força é chamada de força de inércia. Quando o ônibus tenta parar a aceleração atua em sentido oposto.

Se o ônibus acelera repentinamente, desta vez o corpo é jogado para trás. Neste momento, atua sobre este corpo, uma força de inércia, resultante do produto da "aceleração" e "massa".

A força devido à aceleração lateral

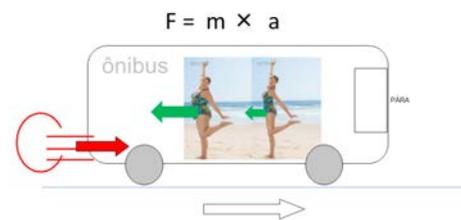


A força devido à aceleração lateral



Quando uma pessoa gorda e outra magra estão no mesmo ônibus e este acelera subitamente, qual das duas sofrerá mais força de inércia? Como a aceleração é igual, a pessoa robusta que tem mais massa, sofrerá mais força de inércia.

Em que caso a força de inércia é maior?



Em que caso a força de inércia é maior?



Agora, vamos voltar a primeira pergunta. Se a superfície da terra treme por causa de um terremoto, uma vez que uma construção que possui muito mais massa que uma pessoa que está em pé nesta mesma superfície, sofrerá um força de inércia muito maior. Em outras palavras, devido a força de inércia não ser totalmente suportada pela construção, esta desmorona com o tremor do terremoto enquanto que para uma pessoa isto não ocorre. Geralmente as construções são estruturas fortes para suportar a força de cima para baixo da força da gravidade, mas são fracas quando da força inercial lateral de um terremoto.

Por esta razão uma estrutura de pedras e tijolos empilhados (chamado comumente de estrutura de alvenaria) são fáceis de desmoronarem e não são adequadas para um país como o Japão que é sujeito a terremotos. No exterior, é grande o número de construções em alvenaria e quando ocorre um terremoto o número de vítimas e de destruição é grande.

Após a Restauração Meiji, foi construída uma série de edifícios de tijolo em estilo ocidental. Os prédios do bairro Ginza em Tóquio antes destruídos pelo fogo foram reconstruída em tijolos. Além disso, no bairro Asakusa, em Tóquio, foi construída uma torre de tijolos, considerada naquela época a mais alta da Ásia.

Construções de alvenarias são vulneráveis a terremotos



Terremoto no Nepal(25 de abril de 2015)

Terremoto Nobi M8.0 / Terremoto Kanto M7.9

Além de serem símbolo da civilização ocidental, os tijolos são resistentes ao fogo



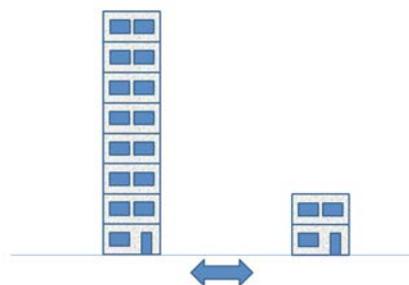
Ano 6 da era Meiji (1873)

Ano 23 da era Meiji (1890)

No entanto, em 1891 no terremoto de Nobi e em 1913 no grande terremoto de Kanto, as construções de tijolos foram severamente danificados. Por esta razão, as construções em tijolos passaram a ser rigorosamente regulamentadas pela lei e assim desapareceram do Japão.

Construções altas ou construções baixas, qual é a mais segura?

Qual seria o mais seguro contra terremotos: construções altas ou baixas? Se pensarmos na força de inércia exercida pela tremor de um terremoto, o edifício mais alto, ou seja com maior massa, estaria em desvantagem. No entanto, como a força de inércia é o produto da massa pela aceleração, deve-se considerar também a magnitude da aceleração causada pelo tremor da construção.



Vamos tremer!



Vamos fazer uma maquete e simular um tremor. Na prática, quando simulamos um tremor vibrando rapidamente a construção baixa treme e quando simulamos tremor vibrando lentamente a construção alta treme. Por que tal fenômeno ocorre?

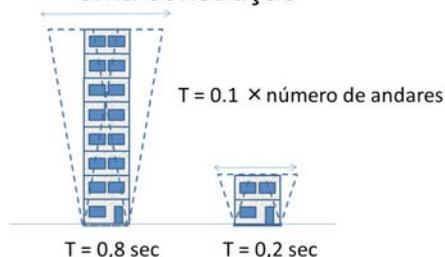
Na verdade, uma construção tem uma velocidade de vibração, onde o tempo gasto para que o prédio completar uma vibração é chamado de período natural de oscilação. Quando o período de vibração da terra coincide com esse período natural de oscilação,

torna-se o momento adequado para ação da força de inércia e o período natural de oscilação da construção se amplifica. Isto é chamado de ressonância.

O período natural de oscilação de uma construção é o valor aproximado obtido multiplicando 0,1 pelo número de andares de uma construção. Para uma construção de 8 andares será 0,8 segundos e para uma construção de 2 andares será de 0,2 segundos.

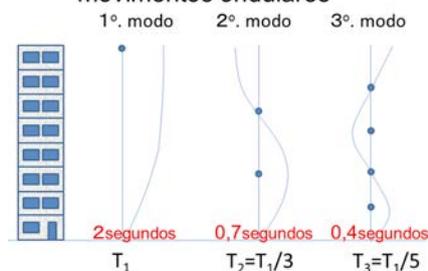
Chamamos de “Espectro de resposta” um gráfico que representa a aceleração máxima de um tremor de uma construção para cada período fixo. Existem espectros de resposta para uma variedade de terremotos. A partir deste gráfico em ① pico do espectro geralmente está localizado no período inferior a 1 segundo, para períodos curtos uma construção de estrutura média sofre um grande abalo. Em ② ao contrário para períodos maiores que 1 segundo, podemos observar que um arranha-céus com isolamento sísmico, sofre um abalo menor.

Período natural de oscilação de uma construção



Quando aumentamos o número de andares de uma construção, com um tremor ela pode retorcer-se e se partir no meio. Como para cada construção existe um conjunto frequência único que é chamado de Modo Normal. O período específico do Modo Normal é uma longa sequência de abalos existindo o 1º modo, 2º modo, 3º modo....sendo a quantidade dessa sequência igual ao número de andares. O Modo Normal de um arranha-céus se aproxima do gráfico de uma função seno, sendo a sequência de cada modo proporcional a relação entre o 1º. modo e o comprimento de onda (1, 1/3, 1/5, nesta ordem). Em outras palavras, em um arranha-céus, o modo normal do 1º modo é 2 segundos, o 2º modo é cerca de 0,7 segundos (1/3 de 2 segundos), o 3º modo é cerca de 0,4 segundos (1/5 de 2 segundos). Num terremoto com oscilação rápida, o período específico é curto e em um modo de alta ordem, a construção treme em movimentos ondulares. Por outro lado, num terremoto com oscilação suave, o período específico é longo no 1º modo causando um grande abalo nos andares superiores.

Construções altas tremem em movimentos ondulares



Como construir prédios resistentes a terremotos ?

Dúctil: Que pode ser estendido na fiação ou a martelo sem se quebrar

Para evitar que as construções desmoronem com um terremoto que tipo de estrutura seria melhor? Uma maneira seria construir uma estrutura com pilares e vigas que não cedessem, mesmo que viesse ocorrer um terremoto. No entanto, seria inviável economicamente, gastar dinheiro para fortalecer uma estrutura por causa de um terremoto que raramente ocorre. Assim, quando ocorrer um terremoto considerando pode ser um pouco destruído, mas ao ponto de desmoronar, usa-se pilares e vigas feitas de material dúctil.

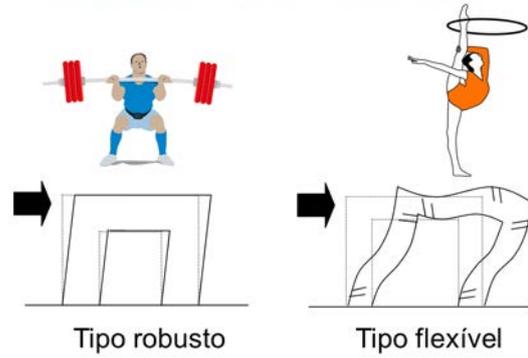
Para ser específico, usa-se suporte de metal nas junções de madeira, coloca-se vergalhões dentro do concreto armado. Desta forma, podemos dizer que a estrutura básica resistente a terremotos é uma estrutura que combina “força” e “ductilidade”.

Tipos fortes serão capazes de suportar uma grande força horizontal, mas nem tanta deformação. Por outro lado, o tipo dúctil poderá suportar um pouco de força, mas irá deforma-se consideravelmente.

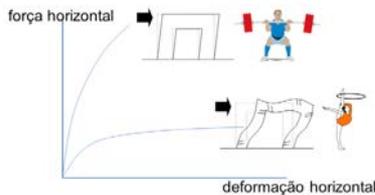
Na verdade, o tipo dúctil, não é suficiente bom, pois sujeito a ação contínua do vento e neve, a deformação progride gradualmente depois de algum tempo, este irá desmoronar.

Durante o terremoto, o tremor mudará para a direção oposta antes de sofrer uma grande deformação, sendo aceitável que uma pequena deformação. Esta é uma das razões para usar o tipo dúctil contra terremoto nas construções.

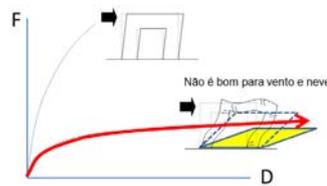
Pergunta: Forte? Ou Dúctil?



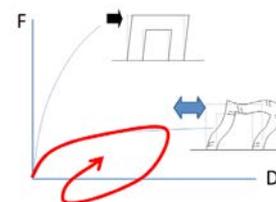
Relação entre força e deformidade



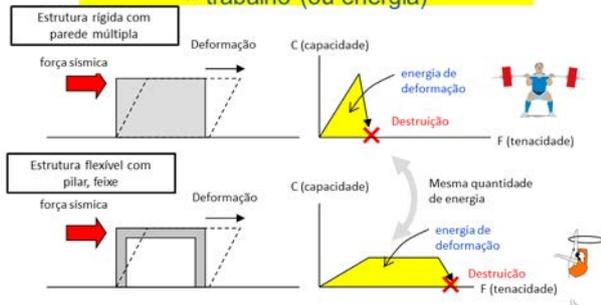
Acaba tombando sobre força contínua



Retorna a forma original com o tremor do terremoto



Força de resistência sísmica = força (intensidade) X deformidade (tenacidade) = trabalho (ou energia)



Para construir uma estrutura resistente a terremotos, aprendemos que existem dois tipos: tipo resistente (tipo robusto) e o dúctil (tipo flexível) que apesar de se quebrar um pouco deforma sem desmoronar. Neste momento, se a área (chamada de energia de deformação) do gráfico força x deformação é a mesma para as duas construções, podemos considerar o desempenho sísmico equivalente.

Por exemplo, como podemos reforçar uma construção que originalmente tem desempenho sísmico baixo e energia de deformação absorvida pequena? Uma maneira seria aumentar as paredes e fortalecê-las. Uma outra maneira seria encapar as colunas com fibra de carbono de modo que não desmoronem, mas possam deforma-se. Ambos os processos podem aumentar a energia de deformação.

Reforço contra terremoto aumentando a absorção de energia

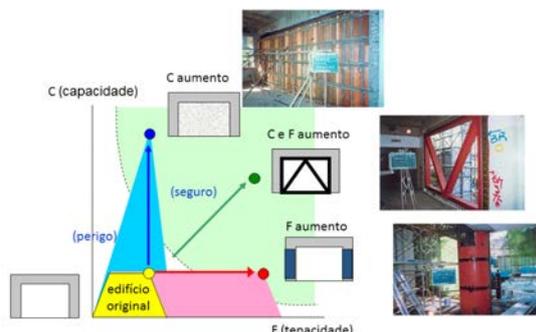


Dentre as tecnologias de reforço sísmico de construções, vamos explicar sobre a maneira tradicional.

Uma maneira de aumentar a resistência e bastante utilizado, seria fechar completamente os vãos das paredes com concreto armado. Como método para aumentar a deformabilidade (ductilidade) cobre-se as colunas com chapas de ferro ou fibra de carbono. Além disso, uma forma intermediária seria colocar uma cinta de aço (chamada de cinta). Em particular este método é utilizado nas salas de aulas de escolas quando deseja-se que a luz externa entrem pelas janelas da parte sul.

Prédio da Universidade de Tecnologia de Toyohashi, com braçadeiras externas para reforço.

Técnica de reforço (1. Método tradicional)



Exemplo de reforço sísmico utilizando Braçadeiras (Universidade de Tecnologia de Toyohashi)

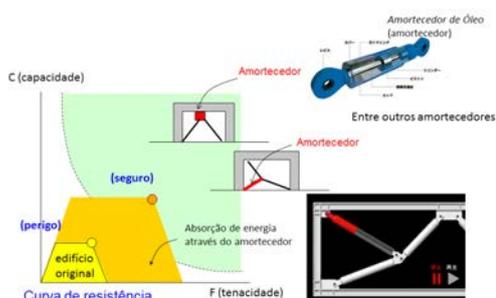


Existe também um outro método que seria colocar no interior das construções, dispositivos especiais para absorver energia de vibração, sendo estes dispositivos chamados de amortecedores de vibração. A absorção de energia de deformação é aumentada pelo uso de amortecedores melhorando o desempenho sísmico de uma construção.

Um amortecedor de sistema viscoso amplamente usado é o amortecedor de óleo. Quando o pistão se move dentro de um cilindro cheio de óleo a uma certa velocidade, gera uma força de resistência proporcional a velocidade. É o mesmo princípio do amortecedor que suprime a vibração em um carro.

Por exemplo, amortecedores de óleo são frequentemente usados para reforçar prédios altos. Neste exemplo, em um arranha-céus cuja a construção já tinha sido terminada, 288 amortecedores de óleo foram instalados nos andares intermediários.

Técnica de reforço (2. Amortecedores de vibração)



Melhoramento sísmico utilizando Amortecedor de óleo

Estrutura metálica, 54 andares, altura 216m, construído em 1979, Tokyo → Reforço em 2009

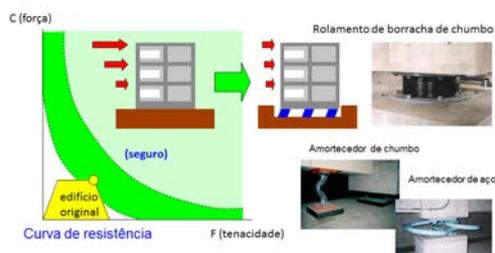


Por exemplo, caso não queira instalar braçadeiras e amortecedores como reforço sísmico em edifícios históricos, é possível instalar na base do prédio uma borracha e reduzir com segurança a força de inércia causada pelo terremoto. Esta estrutura é chamada de estrutura de isolamento sísmico.

A estação de Tokyo foi restaurada a sua aparência de aproximadamente 100 anos atrás. Utilizando 352 borrachas de isolamento sísmico, foi possível torná-la segura, até mesmo a estrutura da época.

Técnica de reforço (3. Isolamento Sísmico)

Sem usar Braçadeira e amortecedor na construção.



Reforço do Isolamento Sísmico da estação de Tokyo

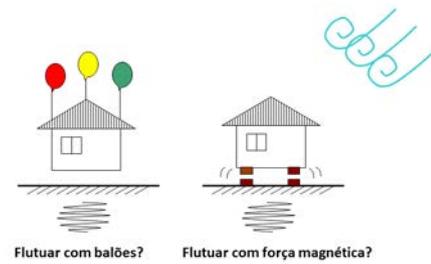
O edifício da estação de Marunouchi feita com armação a tijolo em aço resistente, não apresentou danos mesmo no terremoto Kantô Daishinsai (magnitude 7.9) ocorrido em 1923. Porém, com objetivo de aprimorar a segurança e como herança para o futuro, foi realizado reforço em isolamento sísmico, de acordo com os padrões atuais.



O que é estrutura de Isolamento Sísmico?

Vamos tentar entender o mecanismo de isolamento sísmico, mentalmente, vamos realizar um simples experimento. Em primeiro lugar, vamos considerar várias maneiras pelas quais o edifício não vai tremer durante um terremoto. Talvez a melhor maneira seria flutuar o edifício no ar. Com a tecnologia atual, como um carro de motor linear, é possível fazer flutuar até mesmo um trem com a força do magnetismo. Então isto não é completamente um sonho. Mas se um edifício pudesse flutuar no ar, seria difícil entrar ou sair. Além disso, se o vento soprar, pode ser levado para longe.

Flutuar sob o solo?

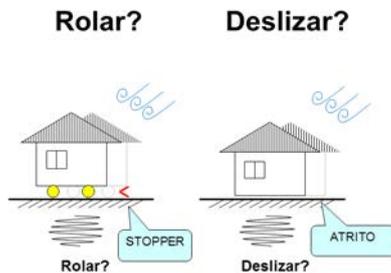


Por enquanto, vamos desistir de fazer flutuar no ar o edifício e pensar em outra maneira.

Por exemplo, que tal instalar rolos na base do edifício? Ou, posicionar o edifício sobre uma plataforma deslizante para deslizar em caso de um terremoto? Em ambas estruturas, rolando ou deslizando, é possível reduzir a força lateral transmitida ao edifício. A previsão do tempo informa antecipadamente a ocorrência de tufões. Assim, o edifício pode ser fixo utilizando stopper e depois que o tufão passar remove-los. E ainda é possível conter o movimento de deslizamento do edifício ajustando o coeficiente de atrito para que o edifício não se mova com a força do tufão, mas deslizar somente durante a ocorrência de um terremoto relativamente grande.

O Grande Buda de Kamakura tem uma placa de aço inoxidável colocada entre a estátua de Buda e o pedestal, de modo que a estátua desliza no momento de um terremoto.

Exemplo de isolamento sísmico por deslizamento



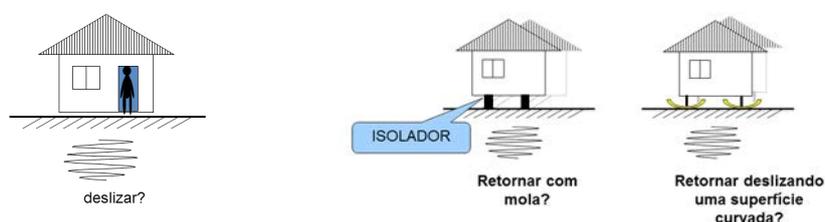
Grande Buda de Kamakura: Restaurado em 1960, colocando placa de aço inoxidável na base.

No método de rolamento ou deslizamento, o edifício pode deslocar-se consideravelmente de sua posição original após o terremoto. Então, que tipo de dispositivo você pode fazer o edifício permanecer em sua posição original, mesmo depois do terremoto?

Por exemplo, que tal conectar o edifício e sua fundação à molas para retornar à sua posição original pela força da mola quando o edifício se move? Uma base de borracha macia parece boa para suportar o peso do edifício, e para poder deformar na direção horizontal. Alternativamente, existe um método para colocar o edifício em uma superfície côncava para deslizar. Mesmo se o edifício deslizar, ele retornará à posição inicial com a força do seu próprio peso.

Como voltar ao original?

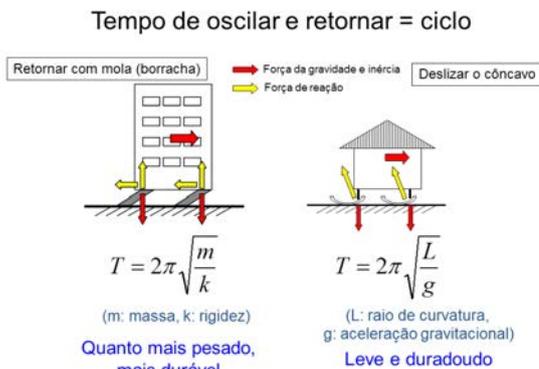
Força para retornar (força de restauração)



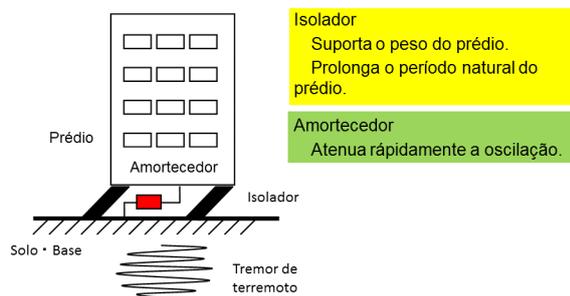
Para retornar o edifício à posição inicial, no método da mola, o período natural será proporcional à raiz quadrada do peso. Em outras palavras, quanto mais pesado for o edifício, mais longo será o seu período natural. É também inversamente proporcional a raiz quadrada da rigidez da mola. Ou seja, é possível prolongar o período natural, apoiando edifício em molas de pequena rigidez (macia).

Por outro lado, no método de deslizamento sobre uma superfície côncava, o período natural é proporcional a raiz quadrada do raio de curvatura côncava. Ou seja, quanto mais côncava for a

superfície, mais longo será o período natural do edifício. Uma vez que o peso não tem relação, é apropriado para o isolamento sísmico de edifícios leves. Também é comum utilizar ambos métodos ao mesmo tempo.



Mecanismo da estrutura de Isolamento Sísmico

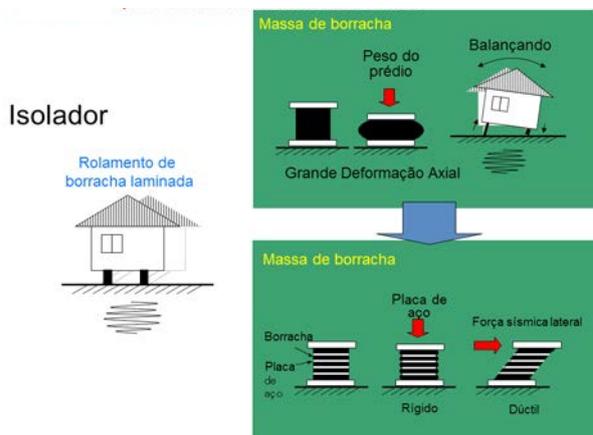


Além disso, vamos adicionar amortecedor para reduzir a oscilação do edifício mais rapidamente. Como foi explicado anteriormente, o amortecedor é um equipamento para absorver energia de vibração. Utilizando amortecedores é possível gradualmente reduzir a oscilação do edifício.

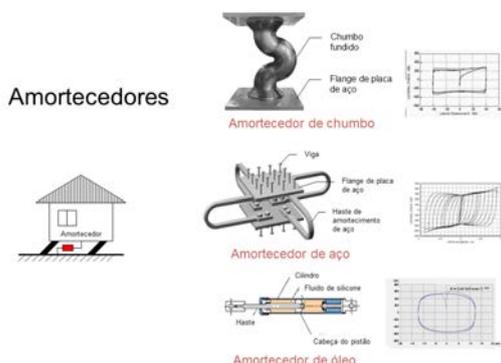
Como descrito acima, com a estrutura de isolamento sísmico, usando o isolador que suporta o peso do edifício e prolonga o período natural do edifício e o amortecedor que amortece o tremor de forma eficaz, pode-se efetivamente reduzir a oscilação do edifício.

Em 1969, foi construído na Escócia, capital da República da Macedônia, o primeiro edifício de isolamento sísmico do mundo que usava base de bocharra. Porém, como a borracha é macia se deforma não apenas na direção horizontal, mas também na direção vertical, quando ocorreu o terremoto, houve um problema inclinação do edifício devido à combinação da oscilação horizontal e vertical.

Por isso, foram criados rolamento de borracha laminada, que é rígida na direção vertical, mas suave na direção horizontal. A borracha laminada tem uma estrutura na qual camadas de boracha fina de vários milímetros e placas

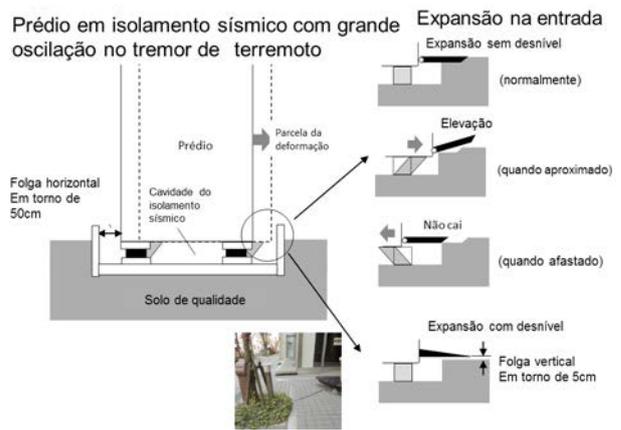


de aço laminado grossas são ligadas alternadamente. Ao fazer isto, a placa de aço restringe o abaulamento lateral da borracha juntamente com a deformação vertical devido ao peso do edifício pode ser mantida pequena. Por outro lado, não restringe a deformação por cisalhamento da borracha contra a força horizontal, pelo que se deforma suavemente na direção horizontal. Através da invenção dessa borracha laminada, foi possível a realização de isolamento sísmico na aplicação prática.



O amortecedor utilizado no sistema isolamento sísmico tem várias formas que permitem cobrir deformações relativamente grandes e deformar em qualquer direção.

Na estrutura de isolamento sísmico, é necessário estabelecer um espaço livre obstáculos (folga horizontal) em torno do edifício de modo que a camada de isolamento de base possa deformar. Como usualmente há poços de isolamento de sísmico no porão de condomínios e edifícios de isolamento sísmico de base, geralmente é estabelecido grades e plantações em volta para evitar a queda de pessoas nestes poços. Ainda, na entrada e saída é estabelecido uma capa (expansão) que movimenta de acordo com o edifício.



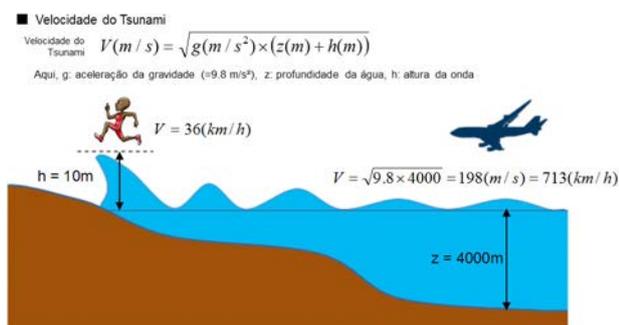
No norte do Irã, um país sujeito a terremoto, há construções em piso elevado com fundação que combina madeira alternada verticalmente e horizontalmente. Diz-se que esse tipo de construção remonta a algumas centenas de anos atrás, onde no caso de um terremoto, a madeira desliza diminuindo a oscilação do edifício. Portanto é esplêndida estrutura de isolamento sísmico. Dispositivos semelhantes são encontrados na Argélia, outro país propenso a terremotos. No templo de Casbá, na antiga área urbana da capital de Argel, construída no século XVIII, troncos de madeira são inseridos de maneira alternada entre os arcos de tijolos e as colunas para minimizar a força sísmica.

Mesmo equipamentos de isolamento sísmico instalados no subterrâneo podem se danificar após um terremoto. Se for deixado sem manutenção é perigoso o equipamento não funcionar no próximo terremoto. Após um terremoto é importante verificar o estado do equipamento com o fabricante.

Cuidado com confiança excessiva



Como se preparar para o Tsunami?



No Grande Terremoto do Leste do Japão, cerca de 90% de quase 20,000 pessoas morreram por causa do Tsunami.

A velocidade do Tsunami é determinada pela profundidade da água e a altura da onda. A profundidade média do Oceano Pacífico é de cerca de 4000 metros, e a velocidade do Tsunami que percorre esta profundidade é cerca de 713 km/h, aproximadamente a mesma velocidade de um jato. A medida que aproxima da terra, a profundidade diminui, e a velocidade também. Porém, a onda seguinte do Tsunami acaba alcançando,

avolumando por inteiro. Ainda, as ondas se sobrepõem da direita e esquerda na baía e a altura da onda aumenta.

Se a altura do Tsunami na terra for de 10 metros, sua velocidade será 36 km/h. Então o tsunami se aproximará a uma velocidade comparável a de um atleta de corrida de 100m.

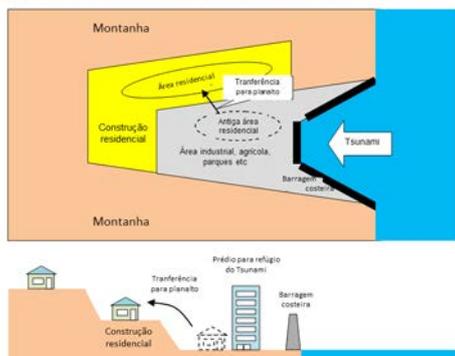
Como devemos nos preparar para um Tsunami?

Uma forma efetiva de eliminar os danos causados por um Tsunami, é relocar as residências para o planalto, onde o Tsunami não alcança. Porém, para aqueles que trabalham na indústria da pesca, é necessário desenvolver rotas de transportes ao litoral, construir barragem costeira e edifício altos para refúgio do Tsunami.

Em áreas planas longe dos planaltos, é necessário limitar o uso da terra, e criar múltiplas defesas para enfraquecer o impulso do tsunami, como barragem costeira e dunas, barreira de árvores, terraplanagem da estrada.

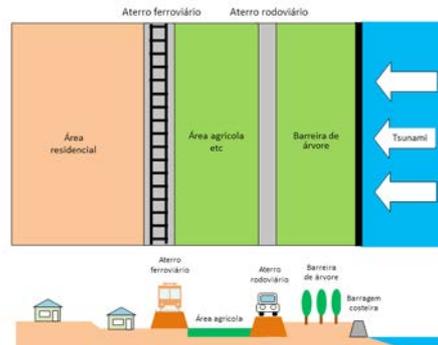
Prevenção severa contra Tsunami

Prevenção contra Tsunami no porto (transferência para planalto)



Medidas severas contra Tsunami

Medidas contra Tsunami nas planícies (defesa múltipla)



O governo japonês obriga os municípios a divulgar as áreas sujeitas a inundação e altitude em relação ao nível do mar como medida de prevenção para um Tsunami de grande escala. O mapa de risco de Tsunami criado, é a base para a aprimoração dos locais e rotas de refúgio. Você sabe se área onde você vive pode ser inundada por um Tsunami?

Quando ocorre um terremoto, uma grande região é abalada de uma vez. Instalações como água, energia, gás se tornam inutilizáveis, afetando o cotidiano. Ainda, com a paralisação do transporte público, as pessoas ficarão incapazes de voltarem para casa, e com o congestionamento das ruas, impedindo que os bombeiros e ambulâncias, cheguem no local a tempo. Para prevenir contra catástrofes de terremotos, é importante tomar 3 ações: [auto-ajuda] para proteger a si mesmo e a família; [co-ajuda] para ajudar uns aos outros e [assistência pública] para receber resgate e ajuda do governo nacional e governos locais.

A ajuda dos governos nacionais e locais não vem imediatamente. Na ocorrência de uma catástrofe é importante a assistência mútua entre os moradores locais e as empresas. Vamos nos esforçar para realizar treinamentos regulares, divulgar e esclarecer os conhecimentos de prevenção contra catástrofes.

Medidas suaves contra Tsunami

Indicação padrão para Tsunami



Atenção Tsunami



Local de refúgio do tsunami



Prédio para refúgio do tsunami

Mapa de risco de Tsunami



Pergunta: Como melhorar a prevenção contra catástrofes regionais?



A cidade de Toyohashi corre o risco de ser atingida pelos terremotos de Tokai e Tonankai por isso vem realizando ativamente treinamentos de prevenção contra catástrofes. Vamos apresentar essas atividades através dos slides emprestados pelo professor Hisada da universidade Kogakuin. A universidade de Tecnologia de Toyohashi também participa dessas atividades.

No treinamento regular, é importante agir de forma organizada conforme a situação pré-definida para o treinamento. Porém, na realidade o terremoto não ocorre conforme a situação do treinamento. Por isso é necessário adaptar-se às situações que mudam da cada momento.

Assim, em treinamentos de catástrofes realizados no bairro Yamada (Yamada-cho), foi adotado um método no qual placas com indicação de danos foram instaladas aleatoriamente pela cidade, sem notificação previa aos moradores e eles teriam que responder conforme a placa de indicação do dano. Esse treinamento é chamado de "Treinamento de resposta contra catástrofes".

Treinamento de prevenção contra catástrofes (treinamento prático e real) Treinamento Toyohashi 2006 Moradores: coleta de informações, combate a incêndios e evacuação



Instalação de placas de catástrofes
(incêndios, prédios, estradas)

(Fonte Slide - Kogakuin University - Hisada Yoshiaki · Murakami Masahiro)

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.

Coleta de informações • Transmissão

Moradores: coleta de informações, combate a incêndios e treino de evacuação
(distrito Akumi 73 pessoas, distrito Yamada 153 pessoas)



Combate a incêndios iniciais
(extintor, balde, Boca de incêndio)



Criação de mapa de catástrofes
(confirmado pelo representante)



Treinamento prevenção contra catástrofes
(extintor, ajuda, resgate)



Treinamento de evacuação
(pessoa de apoio)



Criação de lista de refugiados



Centros de prevenção de desastres do distrito escolar

(Fonte Slide - Kogakuin University - Hisada Yoshiaki · Murakami Masahiro)