

橋の話

橋とは何か

教授 大学院都市イノベーション研究院
都市科学部都市基盤学科
山田 均

橋の話ですが、都市内の交通システムを構成する重要なパーツである橋について、最近の自然災害、都市内の橋、維持管理更新について、いくつかのトピックをお話します

まずは自己紹介

- 出身は辻堂, 現在も辻堂, 中学、高校は大船、東京の大学、大学院まで自宅通学
- 横浜国大赴任は, 1981年4月で25歳, 以来40年目
- 専門は, 橋梁工学
 - 長大橋
 - 横浜ベイブリッジ
 - 鶴見つばさ橋
 - レインボーブリッジ
 - 名港三大橋
 - 本四架橋
 - 明石海峡大橋, 多々羅大橋, 来島海峡大橋 ←本四架橋プロジェクトの後半

横浜国大に着任して40年目になります。大分長くなりました。専門は長大橋、強風災害です。

都市基盤＝土木の由来

- 淮南子(えなんじ, 中国古典前漢紀元前2世紀)
 - 聖人がなした
 - 築土構木
 - 上棟下宇
 - そして, 人々は安心して暮らした
 - →築土構木が都市(社会)基盤,
- Civil engineering
 - Military engineering
 - 市民工学と訳す人がいるけど
 - 生活のゴールが安心な暮らしの継続とすれば, それを実現すること
- 都市基盤, 土木とは, 安心して暮らせる日常を作ること
 - 雨. 気候→防災, 自然災害
 - 往来

土木工学は、土＋木＋工学の世界ですが、なかなか意味がわかりません。中国前漢の古文書に根拠があり、「人々の安心した暮らし」を作ることが目的に「安心して暮らせる日常」あるいは単に「なにげない日常」を作ることが目的だと思います

自然災害

- 地震
 - 地震動
 - 津波
 - 地滑り
 - 液状化
 - スーパー台風, 竜巻
 - 豪雨
 - 洪水
 - Land slide
 - 高潮
- 我が国の危険な災害事例フレーズ
 - 地震→Earthquake
 - 雷→Thunder
 - 火事→Fire
 - 親父→父親、お父さん??
 - Oyaji > Okaji > Okaze > 大風
 - 大風→台風、突風、竜巻
 - 竜巻でしょうね
 - 親父→つまりは、竜巻

最近自然災害が多いと思いませんか? 「disaster」(「災害」と「hazard」(「危機」、「現象」とに同様に使われています。リストされている自然現象で損害が出たら自然災害。自然災害に対する脆弱性が原因。この脆弱性を保証するのが、安心する日常を作る土木工学の役目。区別してくださいね。

Recently many natural disasters over the world

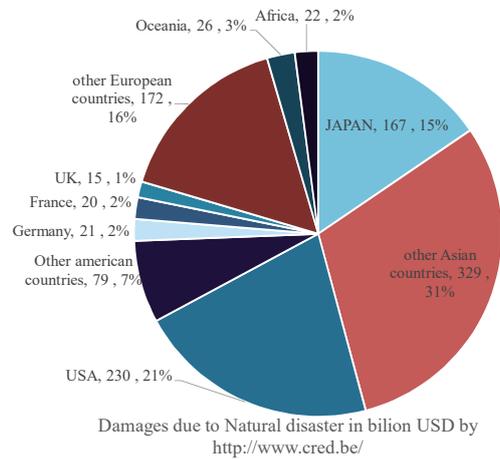
- Earthquake in Mw
 - September 17, 2015 Offshore Illapel, Chile 2015 Chile earthquake Mw8.3
 - April 11, 2012 Indian Ocean, Sumatra, Indonesia 2012 Aceh earthquake Mw8.6
 - March 11, 2011 Pacific Ocean, Tōhoku region, Japan 2011 Tōhoku earthquake Mw9.0
 - February 27, 2010 Offshore Maule, Chile 2010 Chile earthquake Mw8.8
 - September 12, 2007 Sumatra, Indonesia 2007 Sumatra earthquakes Mw8.5
 - March 28, 2005 Sumatra, Indonesia 2005 Sumatra earthquake Mw8.6
 - December 26, 2004 Indian Ocean, Sumatra, Indonesia 2004 Indian Ocean earthquake 9.1
- Earthquake in people loss
 - "Haiti" January 12, 2010 Haiti 100,000–316,000 Mw7.0
 - "Kashmir" October 8, 2005 Muzaffarabad, Pakistan 86,000–87,351 Mw7.6
 - "Indian Ocean" December 26, 2004 Indian Ocean, Sumatra, Indonesia 230,210+[23][24] 9.1–9.3
- Earthquake in property loss in USD
 - April 2015 Nepal earthquake, Nepal Mw7.8 \$10 billion to rebuild.
 - 2012 Emilia earthquakes, Italy Mw6.1 \$13.2 billion
 - 2011 Tōhoku earthquake, Japan Mw9.0 \$235 billion
 - 2011 Christchurch earthquake, New Zealand 6.3 \$40 billion
 - 2010 Chile earthquake, Chile Mw8.8 \$15–30 billion
 - 2008 Sichuan earthquake, China Mw8.0 \$75 billion
 - 2004 Chūetsu earthquake, Japan Mw6.8 \$28 billion

Master Title — 5

2010年のハイチ地震の30万人の死亡は歴史的に見てもかなり大きい。2004年のスマトラ島沖23万人、少し前で1976年中国唐山地震24万人。1923年の大正関東大地震（死者10万人）以来耐震設計が適用されてきて死者数は激減している

地域別自然災害

- 46% の損害がアジア
15% が日本
- 1903－2005で東日本
大震災ははいついていない。



少し古い資料だけどアジアとくに日本で災害被害は大きい。OECD諸国で「世界の富の有意な部分が日本で災害にされされている」といわれている

日本の最近の事例

Master Title -- 7

最近日本で災害が多いと思いませんか。台風とか。。地震とか。。

熊本地震の被害、修理

- 熊本地震2016/4/14 4/16
 - 4/14益城町で震度7
 - 震源の深さ11 km、気象庁マグニチュード (Mj) 6.5、モーメントマグニチュード (Mw) 6.2
 - 4/16西原村と益城町で震度7
 - 震源の深さ12 km、Mj7.3、Mw7.0
 - 隣接する二つの断層帯が連動した連動型地震
 - 14日の地震は日奈久断層帯の北端部の活動
 - 16日の地震は布田川断層帯の活動
- 被害と復旧
 - 家屋、社会基盤施設の崩壊
 - 熊本城の石垣崩壊
 - 阿蘇大橋の地滑りによる崩壊 東海大学



地震の被害例はたくさんありますが、2016年の熊本地震の例を紹介します。ネットで調べると様々な情報が得られますが、一つ目のなかぐろのようないわゆる地震学的なメカニズムの説明があります。これは設計レベルを決めるために重要です。が、我々の仕事は二つ目の中黒の被害とその普及です。熊本城の城壁崩壊は有名ですし、中の道路のずれのような目視で詳細がわかる場所は対応しやすいものです。熊本地震だけではなく、発震時に崩壊する構造も時間をおいて徐々に崩壊する構造もあり、二回続けて振動7の地震動は致命的です。右の写真は益城町付近の九州自動車道の対策工事ですが、緊急車両を通しながら、軟弱地盤(周りは水田)で地上からは普通見えない見えない地下の基礎対策は掘削調査後の大工事です。

阿蘇大橋の崩壊 2016/4/16

- 地滑り、土石流、岩屑流れ
 - 意味は、ほとんど同じ、同様に用いられる場合も多い
 - 岩屑流れ 土石流
 - 豪雨による場合が多い水分を含んだ土砂流
 - 地滑り
 - 「すべり面」を境にして、すべり面上の地塊がゆっくりと移動
- 推定地滑り土砂量
 - 約50万立方メートル、当時不安定な土砂が推定約10万立方メートル
 - 東京ドームで言えば、半分くらいだそう。。
 - 二次災害防止のため遠隔操作の建設機械で砂防、斜面の安定化
- 東海大学阿蘇キャンパスに隣接 農学部及び農学研究科

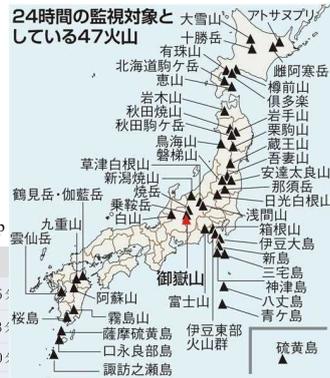


火山活動の活発化

- カメラによる24h観測
- 噴火警報

http://www.data.jma.go.jp/svd/volcam/data/volc_img.php

噴火警報・予報	キーワード	火山名	発表日時
火口周辺警報	噴火警戒レベル3(入山規制)	口永良部島	令和 元年10月28日00時15分
火口周辺警報	噴火警戒レベル3(入山規制)	桜島	平成28年 2月 5日19時13分
火口周辺警報	入山危険	西之島	令和 元年12月16日15時00分
噴火警報(周辺海域)	周辺海域警戒	福徳岡ノ場	平成19年12月 1日10時02分
火口周辺警報	噴火警戒レベル2(火口周辺規制)	霧島山(新燃岳)	令和 2年 1月 2日22時40分
火口周辺警報	噴火警戒レベル2(火口周辺規制)	薩摩硫黄島	令和 元年11月 2日17時50分
火口周辺警報	噴火警戒レベル2(火口周辺規制)	阿蘇山	平成31年 4月14日14時30分
火口周辺警報	噴火警戒レベル2(火口周辺規制)	草津白根山(白根山(湯釜付近))	平成30年11月27日14時00分
火口周辺警報	噴火警戒レベル2(火口周辺規制)	諏訪之瀬島	平成19年12月 1日10時06分
火口周辺警報	火口周辺危険	硫黄島	平成19年12月 1日10時01分



警戒すべき多くの火山がある。噴火の場合、火山灰、火山礫の噴出物、火砕流や火山泥流、溶岩流の対応をするが、土木工学的にはできることは、砂防ダム、砂防施設で火砕流や火山泥流をとどめる

阿蘇山の噴火 最近では2015/9/14, 2016/10/8さらに2019/4/16

- 規模の大小はあるが、
噴煙が上がる頻度は少
なくない



この前年2014年、御嶽山の噴火で58名の登山者ほかの方が亡くなられている

北関東の豪雨 2015年9月9, 10, 11日

- 極端な豪雨
 - 647mm : 日光での総観測雨量
 - 639mm : 日光での72時間観測雨量
 - 551mm : 日光での24時間観測雨量
 - 700mm : 日光での24時間推定雨量

 - 164.5mm : 日光での3時間観測雨量

 - 62mm/90mm日光での(観測/推定) 1時間雨量
 - 65mm/90mm仙台での(観測/推定) 1時間雨量
- 一方で, 1時間雨量の設計値
 - 通常 50mm 時間雨量
 - 堤防, 下水etc.

Master Title - 12

被害の状況は深刻で大雨に対する脆弱性を議論すべきだが、工学者として冷徹に言うと、設計値と実現値との関係で、実現値が上回れば災害が起きる。設計値をどう決めているか、安全性をどう考えているかが、そこでの技術者の説明責任になる

台風 1521 Dujuan, 最近のスーパー台風

- 最大瞬間風速で81.1m/sを先島群島与那国島で2015／9／29 15:41観測
 - 明石海峡大橋の設計風速を超えている
- ひまわりの画像(9月28日午後4時)では明確な目が見える
 - 非常に強い台風であることを示す



Master Title - 13

従来規模を超える台風としてスーパー台風の名前が定着してきた。80m/sを超える最大種雲間風速は全く想像を超える。

最近自然災害が多い

- 熊本地震
 - 震度7級が続いて二回
 - 続いて起こった非常に多くの地震
- スーパー台風
 - 2018台風21号 チェービー/Jebi、命名:韓国
 - 2018年8月28日に発生し、9月4日に日本に上陸した台風。25年ぶりに「非常に強い」勢力で日本に上陸
 - 最大瞬間 58.1 m/s (209.2 km/h) : 関空島 (大阪府、13時38分)
 - 2019の関東に来襲の台風、スーパー台風ではないが
 - 台風15号 (ファクサイ) 「令和元年房総半島台風」
 - 千葉上陸時中心気圧960hPa・最大風速40m/s
 - 関東上陸時の勢力では過去最強クラス
 - 気圧傾度が大きく、強風57.5 m/s (207.0 km/h) : 千葉 (千葉県、9日4時28分)
 - 台風19号 (ハギビス) 「令和元年東日本台風」
 - 中心気圧955hPa、最大風速40m/sの強い勢力で静岡県伊豆半島に上陸
 - 上陸後952 hPaに発達、信濃川、阿武隈川、多摩川など100以上の河川で氾濫や決壊
- 竜巻
 - 最近の例では、中国江蘇省で2016/6/23死者98名、負傷者800名
越え
 - 日本も竜巻事例は世界的に見て極端に多い

震度7クラスが続けて起きることは議論はされていても具体的な対策は打っていない。台風時に地震が起きることも同様。2019の二つは最大級の台風がつづいた。竜巻は日本でもたくさん起きる。中国でも起きる。非常に破壊的な一方で、被害を受ける範囲はかなり限定的で設計に持ち込みにくい。車両の転倒を含めてドップラーレーダーでの監視は増えてきている。

風水災等による保険金の支払い

過去の支払保険金（災害例）

順位	災害名	地域	年月日	支払保険金（単位：億円）			
				火災・新種	自動車	海上	合計
1	平成30年台風21号	大阪・京都・兵庫等	2018年9月3日～5日	9,363	780	535	10,678
2	平成3年台風19号	全国	1991年9月26日～28日	5,225	269	185	5,680
3	平成16年台風18号	全国	2004年9月4日～8日	3,564	259	51	3,874
4	平成26年2月雪害	関東中心	2014年2月	2,984	241	—	3,224
5	平成11年台風18号	熊本・山口・福岡等	1999年9月21日～25日	2,847	212	88	3,147
6	平成30年台風24号	東京・神奈川・静岡等	2018年9月28日～10月1日	2,946	115	—	3,061
7	平成30年7月豪雨	岡山・広島・愛媛等	2018年6月28日～7月8日	1,673	283	—	1,956
8	平成27年台風15号	全国	2015年8月24日～26日	1,561	81	—	1,642
9	平成10年台風7号	近畿中心	1998年9月22日	1,514	61	24	1,599
10	平成16年台風23号	西日本	2004年10月20日	1,112	179	89	1,380

一般社団法人 日本損害保険協会調べ

※千万円単位で四捨五入を行い、算出しています。

※そのため、各項目を合算した値と合計欄の値が一致しないことがあります。

災害被害の尺度の一つは損害保険支払額。風水害は被災範囲が広範囲なためもあり被害額は極めて多い。10位でも140億円

地震による保険金の支払い

地震保険会社支払総額

	地震名等	発生日	支払保険金 (単位：億円)
1	平成23年東北地方太平洋沖地震*	2011年3月11日	12,795
2	平成28年熊本地震	2016年4月14日	3,824
3	平成7年兵庫県南部地震	1995年1月17日	783
4	宮城県沖を震源とする地震*	2011年4月7日	324
5	静岡県西方沖を震源とする地震	2005年3月20日	170
6	平成13年雲予地震	2001年3月24日	169
7	平成16年新潟県中越地震	2004年10月23日	149
8	平成19年新潟県中越沖地震	2007年7月16日	82
9	静岡県西方沖を震源とする地震	2005年4月20日	64
10	平成15年十勝沖地震	2003年9月26日	60
11	平成20年岩手・宮城内陸地震	2008年6月14日	55
14	鳥取県中部を震源とする地震	2016年10月21日	52
12	駿河湾を震源とする地震	2009年8月11日	52
13	静岡県東部を震源とする地震*	2011年3月15日	47
15	岩手県沿岸北部を震源とする地震	2008年7月24日	40
16	福島県浜通りを震源とする地震*	2011年4月11日	37
17	長野県中部を震源とする地震	2011年6月30日	33
18	平成12年鳥取県西部地震	2000年10月6日	29
19	平成19年能登半島地震	2007年3月25日	27
20	淡路島付近を震源とする地震	2013年4月13日	23

※ 日本地震再保険株式会社調べ（2018年3月31日時点）。

※ 支払保険金は、千万円単位で四捨五入を行い算出。

* 東日本大震災に係る支払保険金は、3.11東北地方太平洋沖地震、3.15静岡県東部を震源とする地震、4.7宮城県沖を震源とする地震および4.11福島県浜通りを震源とする地震などを合計した約1兆3,200億円。

地震は破壊的であると認識は広く認められているけど、損保支払額で見ると多くない。地震保険の特異性、被災範囲の狭さの影響はある。ただ、東日本大震災及び熊本地震ではかなりの保険支払いが行われている

課題

- 災害について簡単にまとめてください
 - 最近の自然災害被害
 - 自然現象に対する脆弱性と設計の位置づけ