

## 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
  - 鶴見つばき橋
  - 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
  - 竈土構木
  - 上棟下宇
  - そして、人々は安心して暮らした
    - →竈土構木が都市(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
  - 住来

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」を作ることを目指す「安心して暮らせる日常」あるいは単に「なにげない日常」を作ることが目的とします

## 自然災害

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 地震</li> <li>• 地震動</li> <li>• 津波</li> <li>• 地滑り</li> <li>• 液状化</li> <li>• スーパー台風、竜巻</li> <li>• 豪雨</li> <li>• 洪水</li> <li>• Land slide</li> <li>• 高潮</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 我が国の危険な災害事例<br/>フレーズ</li> <li>- 地震→Earthquake</li> <li>- 雷→Thunder</li> <li>- 火事→Fire</li> <li>- 親父→父親、お父さん??           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dyaj &lt;Oyaj&gt;=Ojazo=父島</li> <li>• 大爺→お爺、お爺、竜巻</li> <li>• 竜巻でしようね</li> </ul> </li> <li>- 親父→つまりは、竜巻</li> </ul> |
|--|---|

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 12, 2015 Offshore Itapel, Chile 2015 Chile earthquake Mw8.3
  - April 11, 2012 Indian Ocean, Sumatra, Indonesia 2012 Mw8.6 earthquake Mw8.6
  - March 11, 2011 Pacific Ocean, Honshu region, Japan 2011 Tohoku earthquake Mw9.0
  - February 27, 2010 Chilean-Atacama, Chile 2010 Chile earthquake Mw8.8
  - September 12, 2007 Sumatra, Indonesia 2007 Sumatra earthquake Mw8.5
  - March 26, 2005 Sumatra, Indonesia 2005 Sumatra earthquake Mw8.0
  - December 26, 2004 Indian Ocean, Sumatra, Indonesia 2004 Indian Ocean earthquake Mw9.3
- Earthquake in people loss
  - "Haiti" January 12, 2010 Haiti 100,000-316,000 Mw7.0
  - "Nanteco" October 8, 2005 Masfirkanak, Pakistan 86,000-87,313 Mw7.6
  - "Tingki Ocean" December 26, 2004 Indian Ocean, Sumatra, Indonesia 282,110-212,141 Mw9.3
- Earthquake in property loss in USD
  - April 2015 Nepal earthquake, Nepal Mw7.8 \$10 billion in rebuilt.
  - 2012 Lombok earthquake, Indonesia Mw6.3 \$1.2 billion
  - 2011 Tohoku earthquake, Japan Mw9.0 \$235 billion
  - 2011 Christchurch earthquake, New Zealand Mw6.3 \$40 billion
  - 2010 Chile earthquake, Chile Mw8.8 \$15-20 billion
  - 2008 Sichuan earthquake, China Mw6.9 \$75 billion
  - 2004 Chikitsu earthquake, Japan Mw6.8 \$28 billion

Source: Yeh - 4

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ていない。

Damage due to Natural disaster in Billion USD by <http://www.earthq>

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

Model 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2016/4/16 4/16
  - 4/16地震域で震度7
  - 震源の深さ11km、震源メカニズム(Mw)6.5、モーメントマグニチュード(Mw)6.2
  - 4/16震害調査と基礎調査で震度7
  - 震源の深さ12km、Mw7.3、Mw7.6
  - 隣接する二つの断層帯が連続した運動型断層
    - 14日の地震はほぼ八幡倉帯の左断層の活動
    - 15日の地震はほぼ日向断層帯の活動
- 被害と復旧
  - 家屋、社会基盤施設の損壊
  - 熊本県のほぼ全域
  - 阿蘇大橋の地滑りによる損壊 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、一つ目のなかぐる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箇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かけ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、緊急車両両側をしながら、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、岩崩れ
  - 噴火は、ほとんど常に、直接に関与している確率も多い
  - 崩落地点、土石流
  - 噴火による崩落が多い水防を怠らなれば
  - 地滑り
- 特定地滑りとは
  - 予ハ断崖状にして、予ハ崩止の地盤が中心には移動
  - 約50万立方メートル、当時予定された土砂が積層約10万立方メートル
  - 崩落した土砂は、崩落した約40%が、二次災害防止のため、崩落現場の崩落現場で移動、崩落の発生
- 東海大学阿蘇キャンパスに隣接 農学部及び農学研究所



### 火山活動の活発化

- カメラによる24時間観測
- 噴火警報



| 観測時期      | 火山名 | 噴火回数 |
|-----------|-----|------|
| 2015/9/10 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/11 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/12 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/13 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/14 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/15 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/16 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/17 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/18 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/19 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/20 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/21 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/22 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/23 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/24 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/25 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/26 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/27 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/28 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/29 | 阿蘇山 | 1    |
| 2015/9/30 | 阿蘇山 | 1    |

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、噴火が上がる頻度は少ない



この前年2014年、御嶽山の噴火で58名の登山者ほか者が亡くなっている

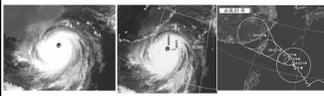
### 北関東の豪雨 2015年9月9, 10, 11日

- 極端な豪雨
  - 64.7mm : 日光での総観測雨量
  - 63.9mm : 日光での72時間観測雨量
  - 55.1mm : 日光での24時間観測雨量
  - 70.0mm : 日光での24時間積算雨量
- 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.

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 Djuan, 最近のスーパー台風

- 最大瞬間風速で81.1m/sを先島群島と那国島で2015/9/29 15:41観測
- 明石海峡最大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 - 18

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
  - 高度7級が続いて二週
  - 続いて起こった非期に多くの地震
- スーパー台風
  - 2018台風21号 フェービー/Jebi(命名:韓国)
  - 2018年9月2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
  - 最大瞬間風速 85.1m/s (209.2 km/h) ; 瞬間最大風速 (大岩町、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「コウサツ」(命名:中国海軍第30支隊)
    - 千葉上陸時中心気圧960hPa、最大風速40m/s
    - 関東上陸時の中心気圧960hPa
    - 気圧降下最大値、瞬間最大風速27.5m/s (207.0 km/h) ; 千葉(千葉駅、9日4時28分)
  - 台風19号「オキシス」(命名:中国海軍第30支隊)
    - 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
    - 最大瞬間風速27.5m/sに到達(浜川、河津町川、多摩川など100m以上の川川で氾濫や暴走)
- 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名発生
  - 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。

風水災等による機設会の支払い

| 種別 | 災害名      | 地域         | 発生年            | 支払額(億円) |     |       |
|----|----------|------------|----------------|---------|-----|-------|
|    |          |            |                | 元金・手数料  | 賠償額 | 合計    |
| 1  | 伊豆半島台風被害 | 大塚・豊後・高津等  | 2015年9月29日-1日  | 5,202   | 390 | 5,592 |
| 2  | 先島群島台風被害 | 宮城         | 1981年9月24日-25日 | 3,325   | 280 | 3,605 |
| 3  | 伊豆半島台風被害 | 宮城         | 2004年9月1日-1日   | 3,587   | 230 | 3,817 |
| 4  | 伊豆半島台風被害 | 宮城等        | 2004年9月        | 2,984   | 245 | 3,229 |
| 5  | 伊豆半島台風被害 | 熊本・山口・福岡等  | 1980年8月1日-2日   | 2,427   | 172 | 2,599 |
| 6  | 伊豆半島台風被害 | 熊本・福岡・鹿児島等 | 2015年9月29日-1日  | 2,368   | 120 | 2,488 |
| 7  | 伊豆半島台風被害 | 熊本・広島・愛媛等  | 2015年9月29日-1日  | 1,473   | 202 | 1,675 |
| 8  | 伊豆半島台風被害 | 宮城         | 2015年9月29日-1日  | 1,387   | 81  | 1,468 |
| 9  | 伊豆半島台風被害 | 福岡等        | 1980年9月        | 1,354   | 81  | 1,435 |
| 10 | 伊豆半島台風被害 | 宮城等        | 2004年9月        | 1,112   | 170 | 1,282 |

※中央幹線で被災発生を伴い、乗止しています。  
※その他、各線区が自費で上乗せした金額は表に含みません。

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

地震による機設会の支払い

| 種別 | 災害名    | 発生年        | 支払額(億円) |       |
|----|--------|------------|---------|-------|
|    |        |            | 元金・手数料  | 賠償額   |
| 1  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 15,784  | 1,000 |
| 2  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,474   | 100   |
| 3  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |
| 4  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |
| 5  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |
| 6  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |
| 7  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |
| 8  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |
| 9  | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |
| 10 | 伊豆半島地震 | 2011年3月11日 | 1,000   | 100   |

※中央幹線で被災発生を伴い、乗止しています。  
※その他、各線区が自費で上乗せした金額は表に含みません。

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