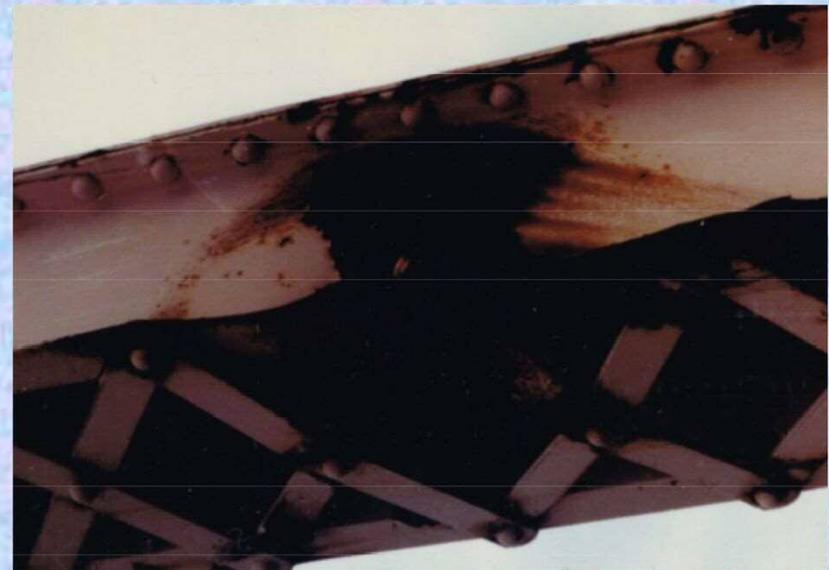


# 橋の損傷・老朽化

＋耐震設計入門

信州大学  
清水 茂

29. 02. 10

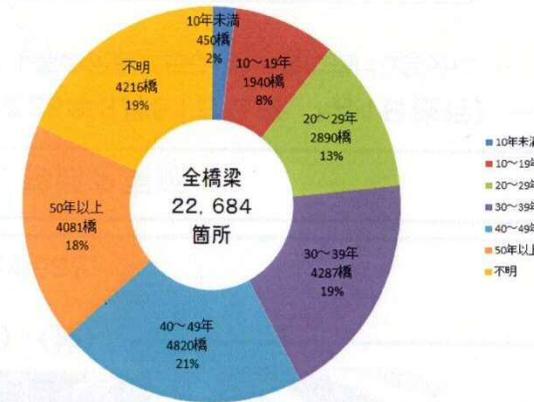
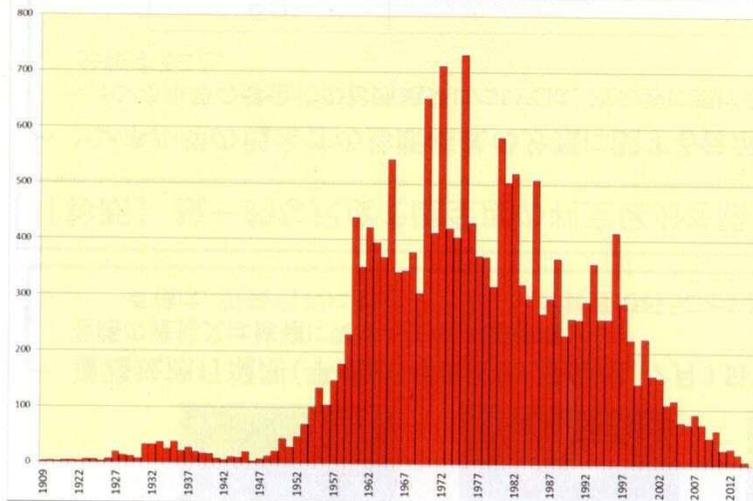


- 市町村管理が約7割（全国約72万橋中約48万橋）  
（米国では市町村レベルが管理している橋梁は約1割）
- 町の約3割、村の約6割で、橋梁の管理に携わる土木技術者なし
- 市町村分の点検実施は約7%（約3万橋）（平成26年度）  
（国は約15%。市町村の遅れが課題）
- 緊急又は早期の措置が必要な橋  
国は約13%（765橋）、市町村では約16%（5,130橋）（平成26年度）
- 財政の厳しい市町村ほど、点検実施率が低く、緊急又は早期に措置  
が必要な橋梁の割合も多い

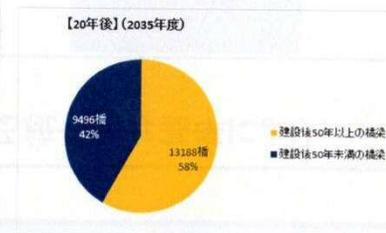
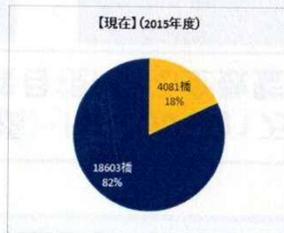
## 2. 長野県内の現状(橋梁)

- 長野県内の橋梁は約22,000橋、高度成長期、高速道路建設時、長野オリンピック時に建設され、今後この20年で急速な老朽化を迎える

建設年度別の橋梁箇所数の分布



H27.3.31時点  
長野県道路メンテナンス会議集計



※橋長2m以上対象

# 長野県の橋

管理者	橋梁数	点検実施数	I	II	III	IV
国土交通省	818	149	87	51	11	0
NEXCO	705	236	12	202	22	0
県(公社含む)	3849	298	95	126	76	1
市町村	17216	2714	1287	1195	232	0
計	22588	3397	1481	1574	341	1

I	健全	機能に支障なし
II	予防保全段階	機能に支障はないが予防の観点から措置が望ましい
III	早期措置段階	機能に支障が生じる可能性。早期に措置が必要。
IV	緊急措置段階	機能に支障が発生、または支障の可能性が著しく高い。

# 長野県の橋

管理者	橋梁数		Ⅲ	Ⅳ
国土交通省	818	全国では...Ⅳレベルは 国交省 1 NEXCO 0 都道府県 10 市町村 130 国交省 道路メンテナンス年報 (28年9月)	11	0
NEXCO	705		---	0
県(公社含む)	3849		76	1
市町村	17216		232	0
計	22588		341	1

優秀？  
点検をしていない？

腐食  
破断・疲労亀裂  
衝突.....



腐食防止→塗装



港大橋



沖縄県のある橋  
対候性鋼材・海岸から50m

写真:琉球大学 下里准教授

# 腐食防止→耐候性鋼材



飛来塩分量が少ない所

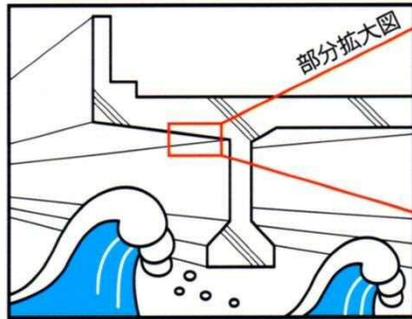
無塗装で使用可

飛来塩分が多い所：海岸を想定

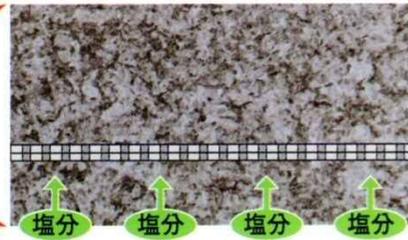
長野県はOK？

塩カリ

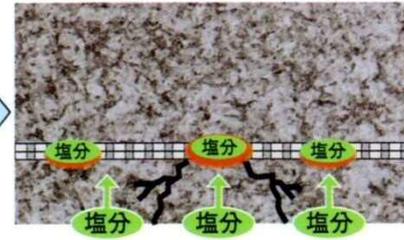
## 塩害発生のメカニズム(例)



海水が波浪等により構造物にかかります。



構造物の表面に塩分が付着し、コンクリート内部に浸透し始めます。



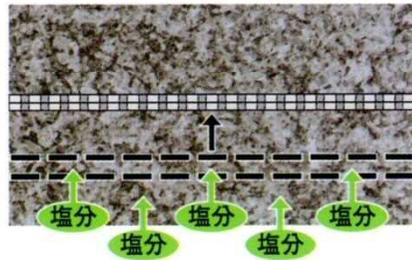
やがて鉄筋に塩分が到達し、錆が発生・膨張しはじめます。また、錆の膨張により、内部からコンクリートが押し出され、亀裂が発生し始めます。



錆の膨張がさらに進行すると、やがてコンクリート本体が破壊され、破片の落下や橋の強度低下を引き起こします。また、破損箇所から塩分が侵入しやすくなり、新たな錆が発生します。

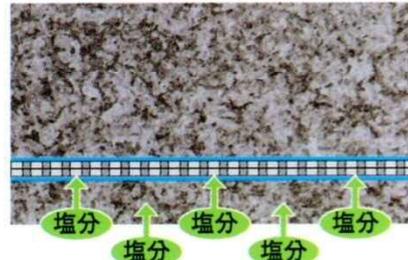
## 塩害対策の一例

### コンクリート被り厚の増加



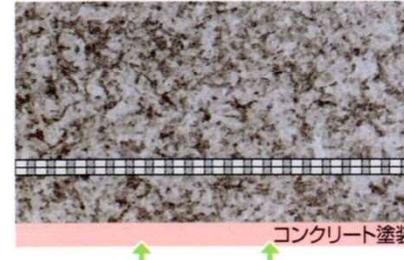
コンクリートを厚くすることで、塩分が鉄筋まで浸透する時間をのばすことができます。

### 樹脂鉄筋の使用



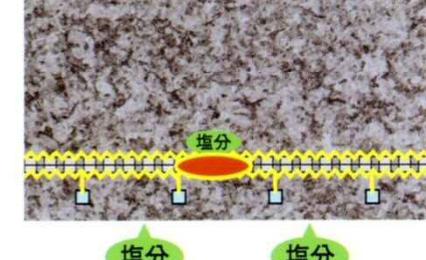
あらかじめ防錆加工を施した鉄筋を使用することで、塩分による腐食を抑制します。

### コンクリート塗装



コンクリート表面部に塗装を行うことで、コンクリート内部への塩分の侵入を抑制します。

### 電気防食



コンクリート内部または表面部に電極を設置し、電流を流すことで、鉄筋の錆部分で発生している腐食電流を消滅させ、錆の進行を抑制します。



主桁の損傷状況(歌高架橋)



主桁の損傷状況(弁天大橋)



橋桁の発錆状況(青海跨線橋)



内部鉄筋(PC鋼材)の腐食状況(有間川橋)



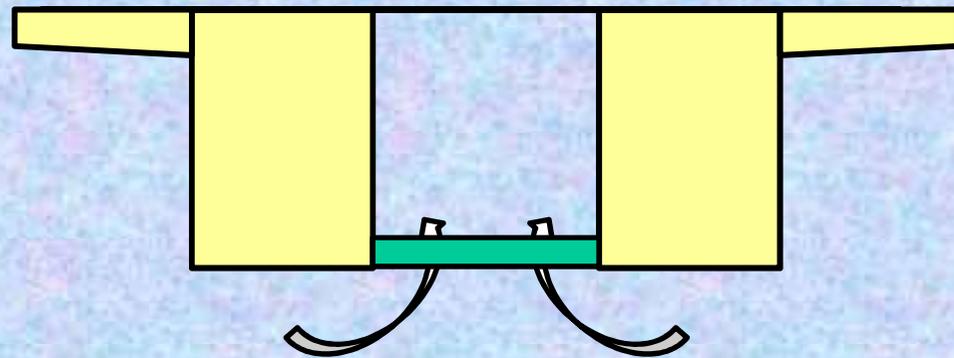
内部鉄筋(PC鋼材)の破損状況(断面欠損)(青海川橋)



内部鉄筋の腐食状況(断面欠損)(境橋)

注) 上記写真橋梁損傷箇所は補修済です。

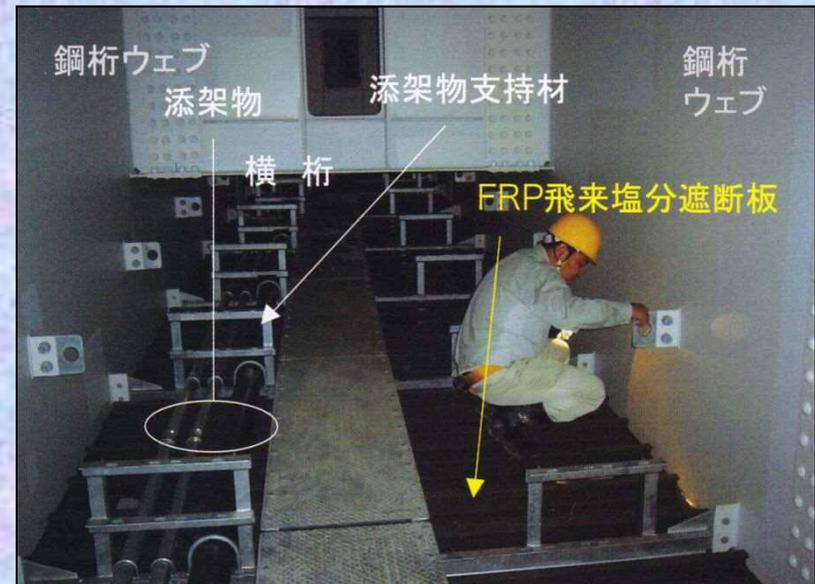




飛来塩分

~~雨水による  
洗淨効果~~

## 飛来塩分遮断板

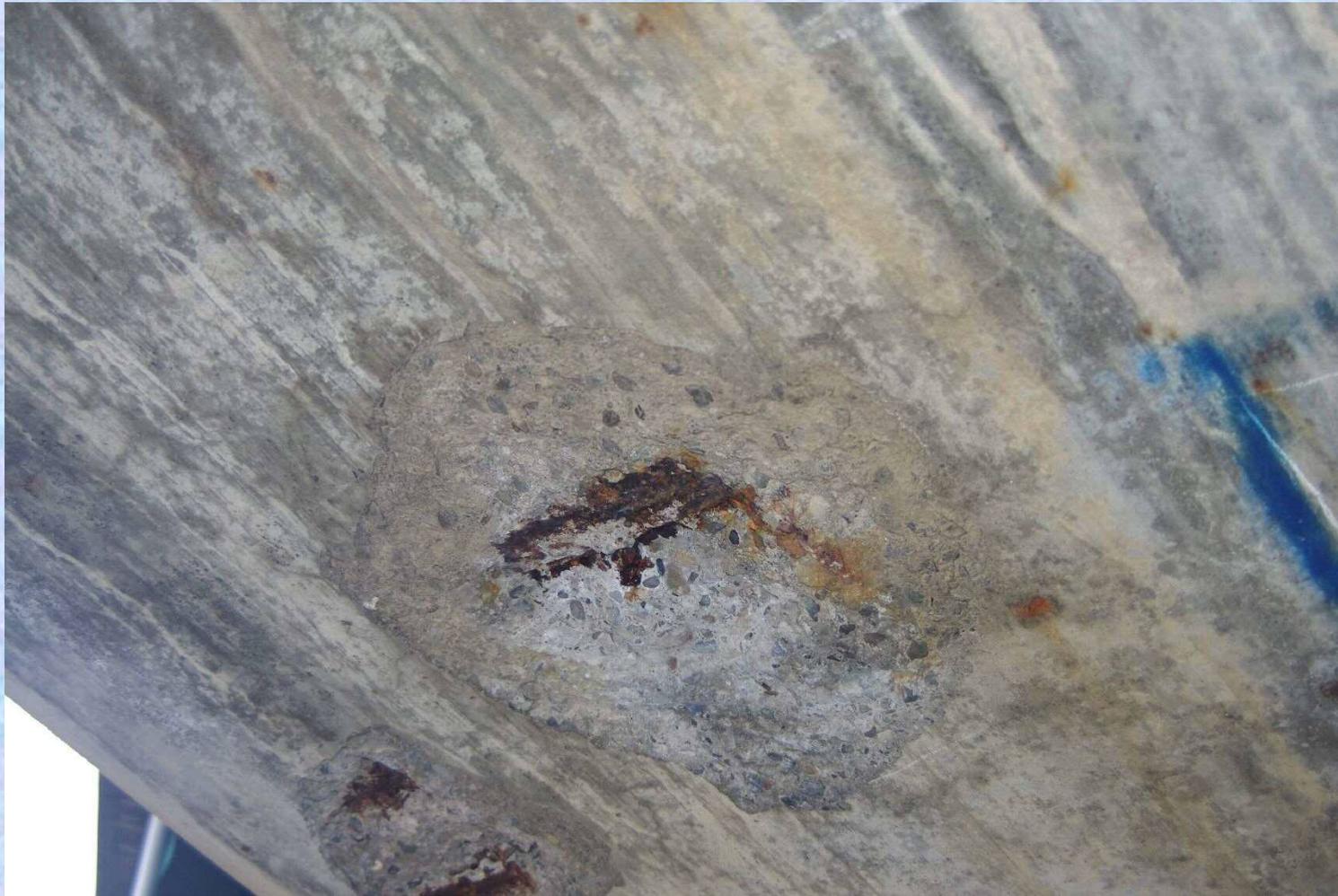




浅川新橋



浅川新橋



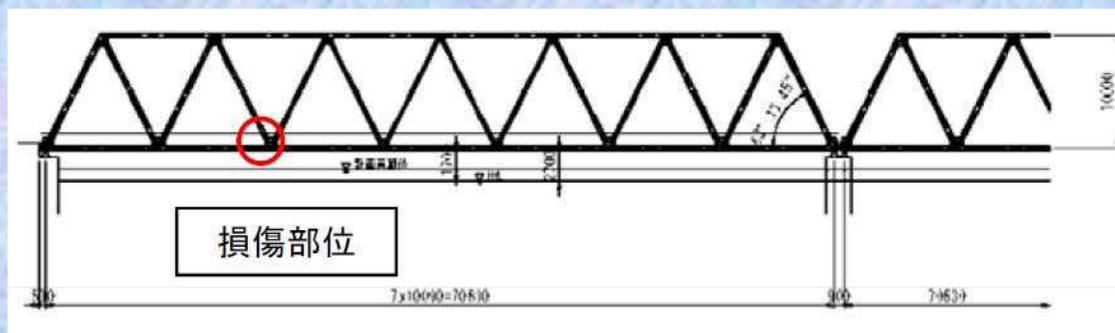




溶接部の亀裂 (国交省 点検要領)



腐食？ 疲労？



トラス斜材の破断 (国交省 他)

# 自然災害



洪水

(上田市・大石橋)



地震

(新潟市・昭和大橋)



風

(タコマ橋)

# 自然災害



洪水

(上田市・大石橋)



地震

(新潟市・昭和大橋)



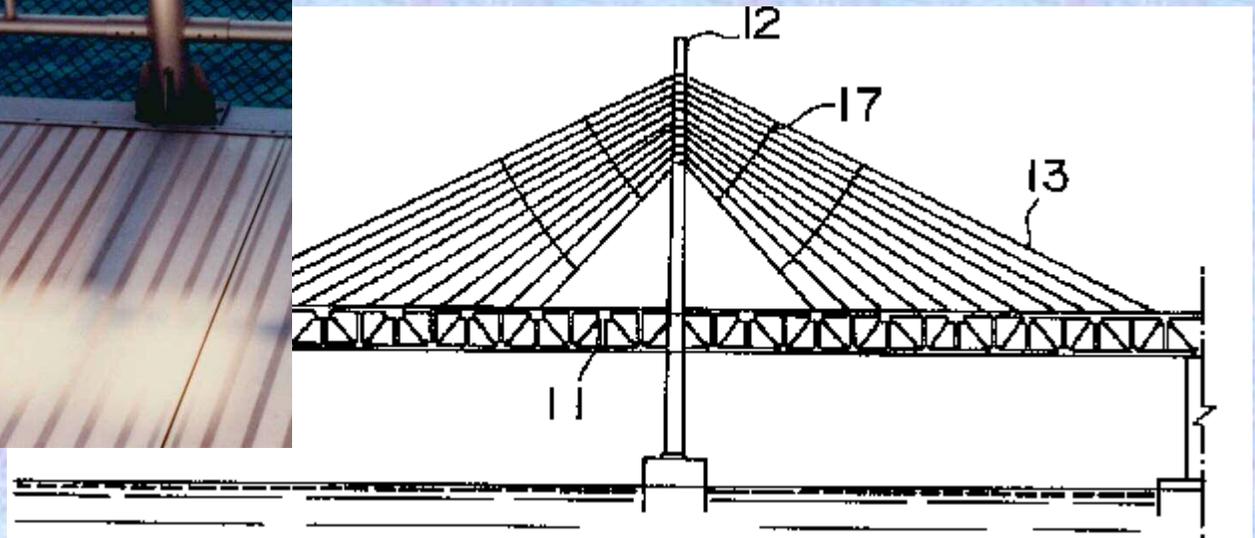
風

(タコマ橋)



因島大橋のグレーチング





# 自然災害



## 洪水

(上田市・大石橋)



## 地震

(新潟市・昭和大橋)



## 風

(タコマ橋)

# 熊本地震

平成28年熊本地震に伴う被害状況【阿蘇大橋周辺】

国土交通省  
国土地理院  
Geospatial Information Authority of Japan

撮影日：4月16日

被災後



祭時大橋(岩手・宮城内陸地震('08))

阿蘇大橋付近

# 東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)



津波による損傷

万国橋(石巻市)

橋建協

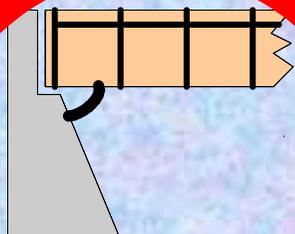
# 熊本地震



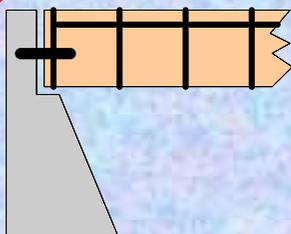
白川橋(熊本駅前)

国交省HP

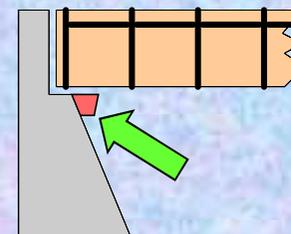
# 橋桁の落下防止



鎖で留める



棒・ワイヤで留める

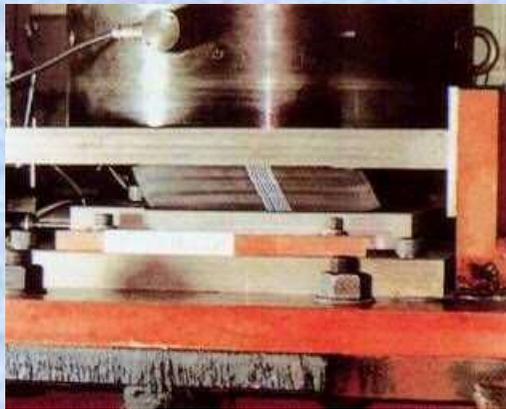
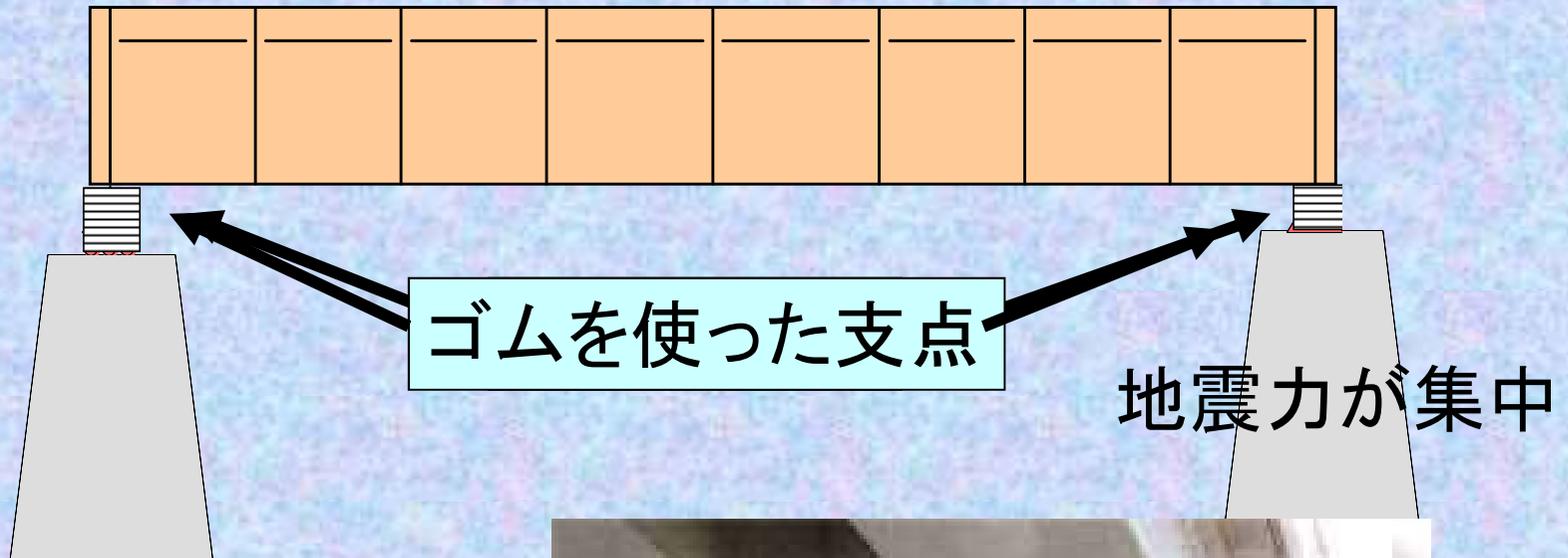


受け台を大きくする



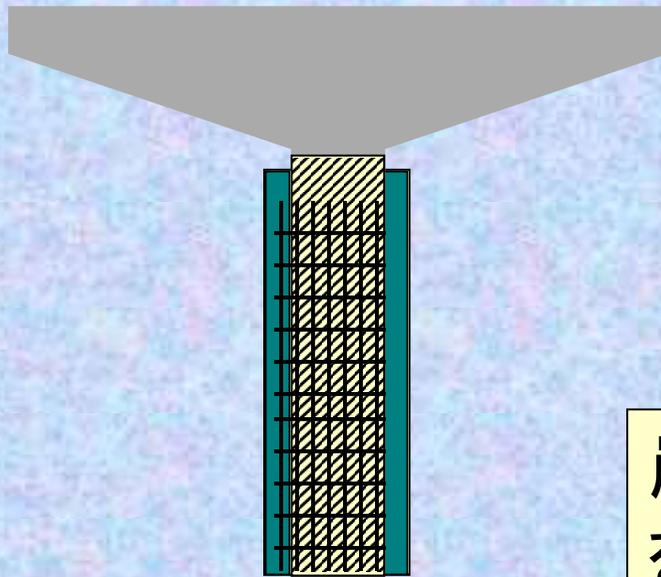
18号線母袋高架橋(長野市)

# 支点の改善



# 橋脚の補強の例

コンクリートの橋脚の場合



コンクリートの橋脚の  
まわりに…

鉄の板を巻き、すき間に  
セメントや接着剤を注入

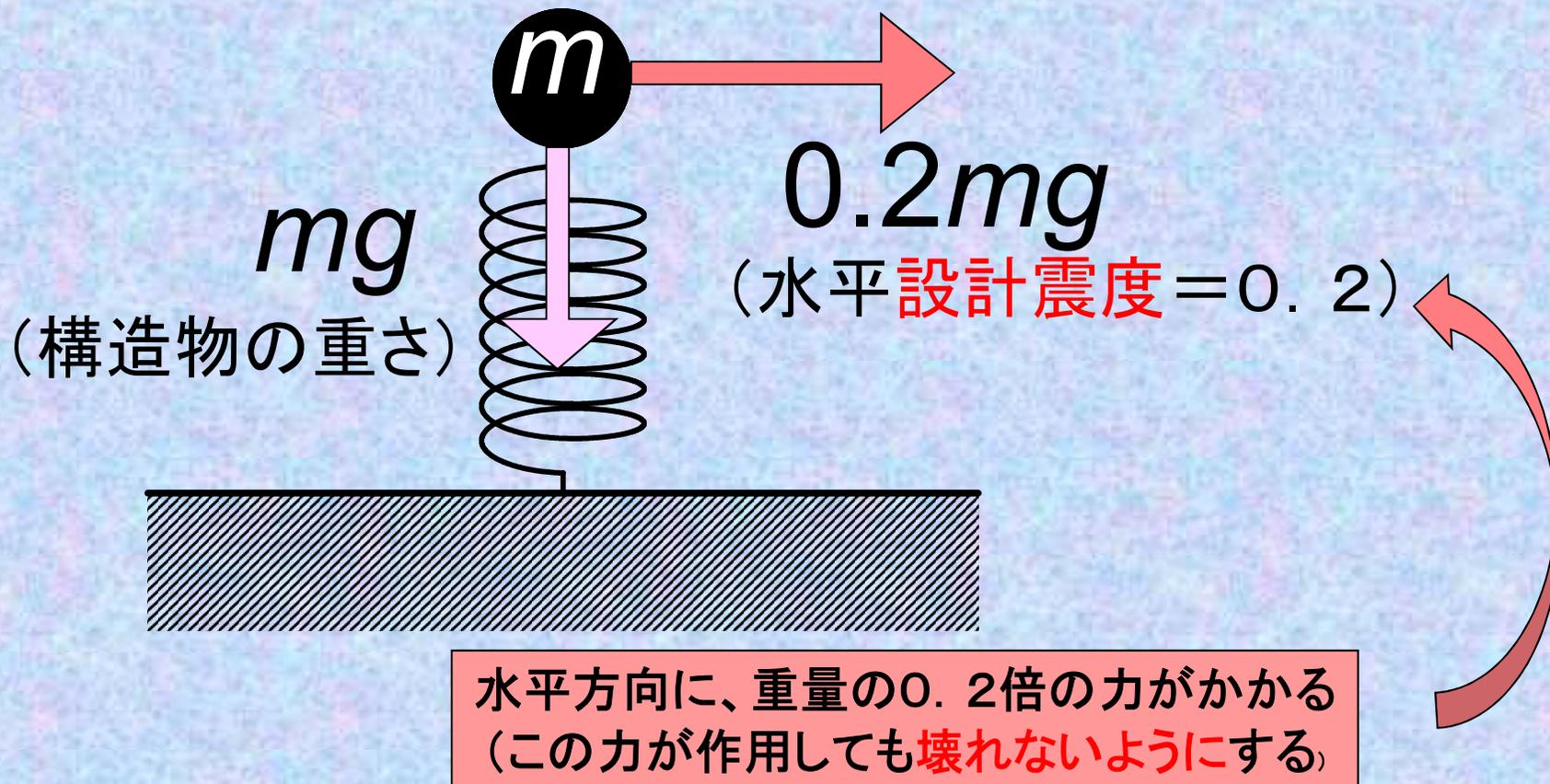
炭素繊維の布(かなり丈夫！)  
を巻く

鉄筋を巻き、太くする

鉄の橋脚(中がらんどろ)…中にコンクリートを詰める

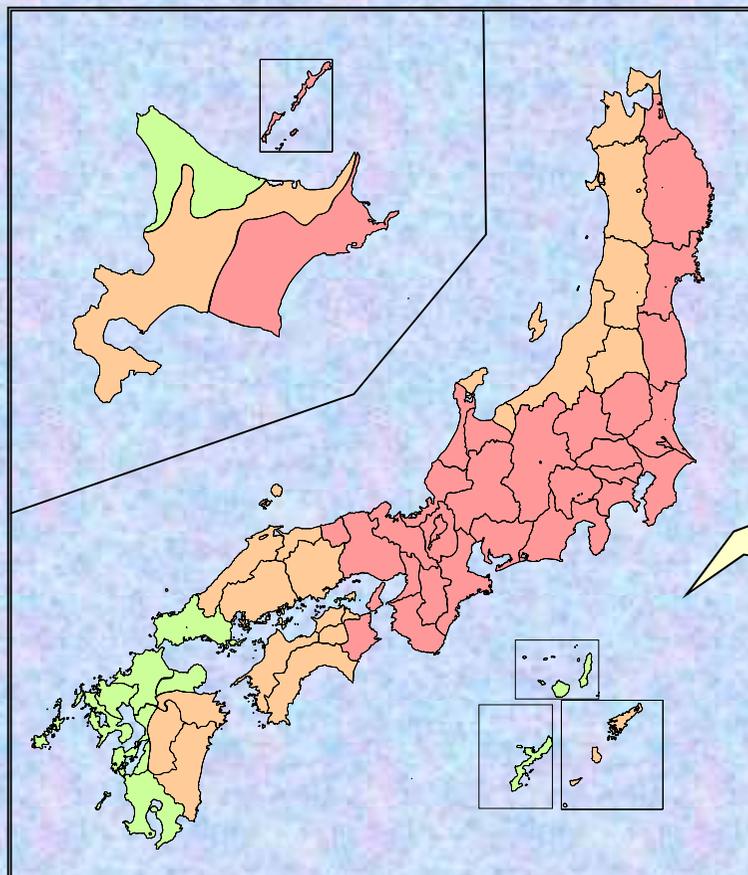
# 耐震設計の基本

関東大震災以後→震度法（昭和14年）



# 震度法 その後

地震のたびに修正  
南海道沖(S21)・福井(S23)  
新潟(S39)  
宮城県沖(S53) 等々



たとえば

地震の起きやすい地域  
揺れやすい橋  
設計震度を大きめに



コンクリート橋脚  
鉄筋を多めに



など

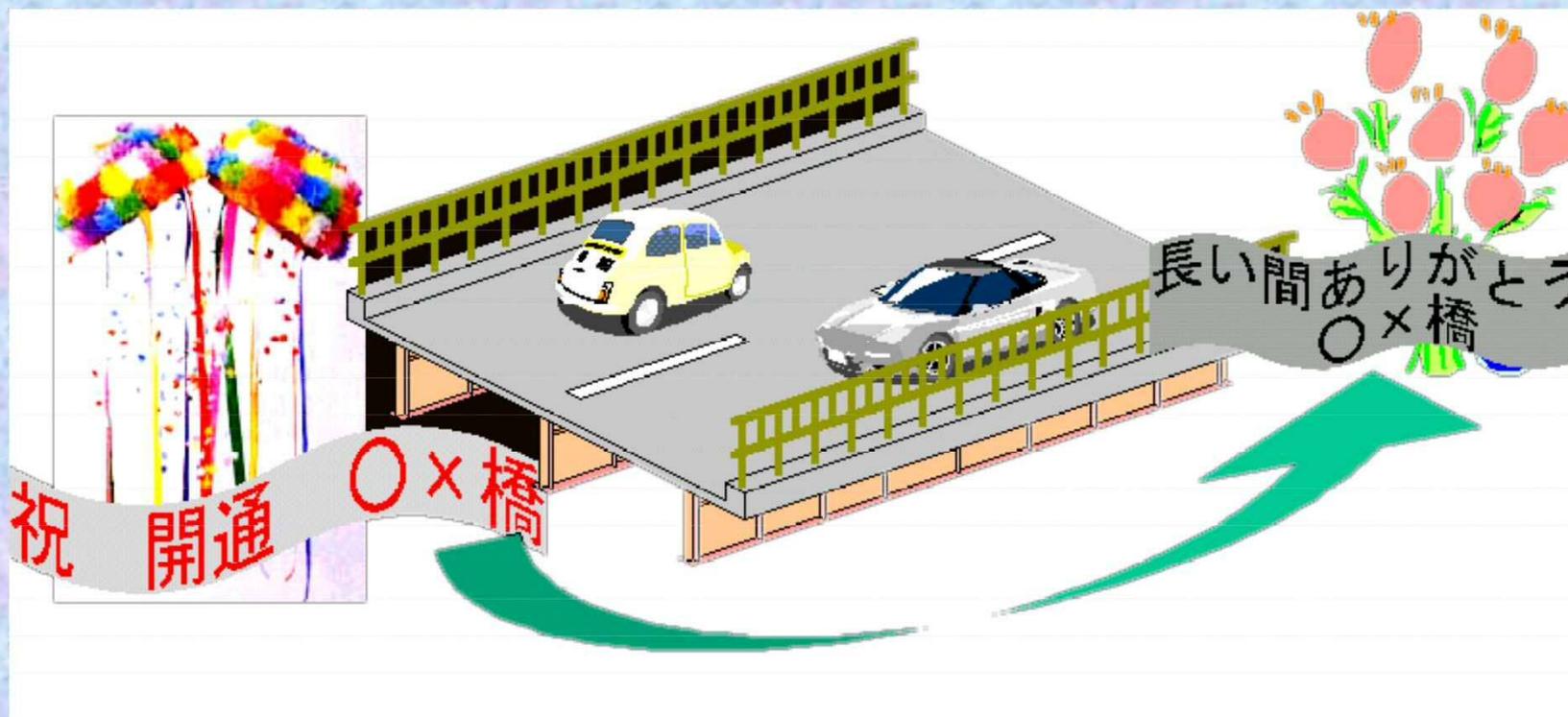
ただし基本の考えは変わらず  
(兵庫県南部地震まで)

# 現在の耐震設計法 1

想定する地震

明確に

レベル1



橋の寿命の間に少なくとも一度は遭遇する程度の地震

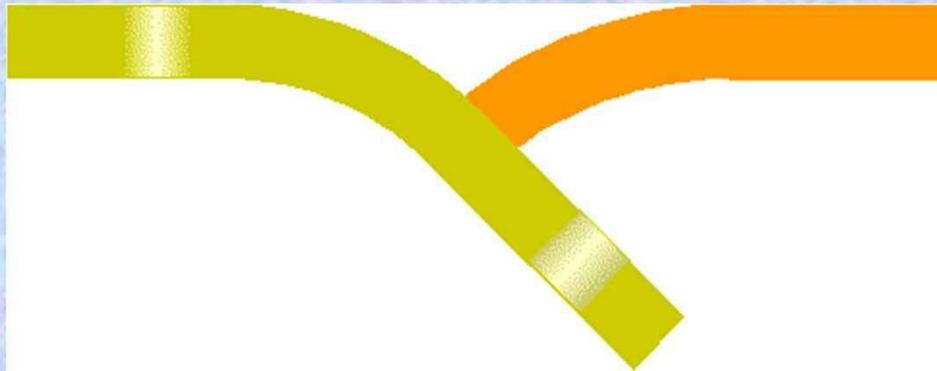
# 現在の耐震設計法 1

想定する地震

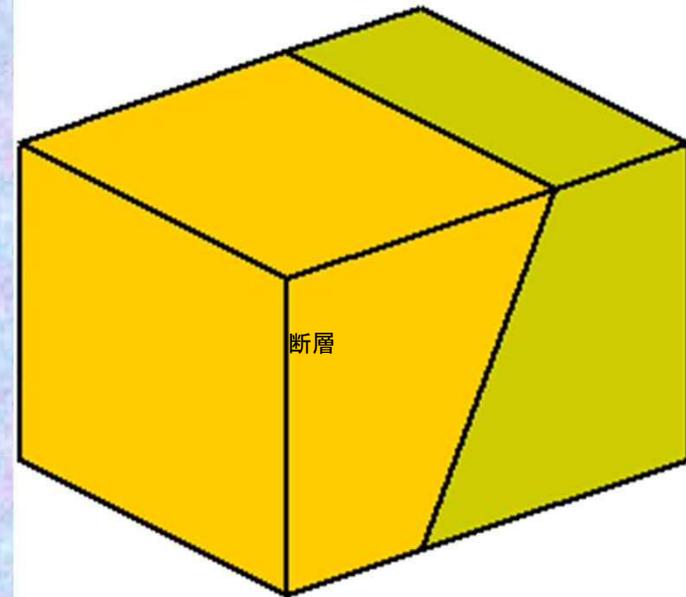
明確に

レベル2

タイプ I : プレート境界型



タイプ II : 内陸直下型



可能性は低いが来たら大変な地震

# 現在の耐震設計法 2

## 橋に要求される耐震性能

### 性能1

被害がないか、あっても、軽微。  
すぐに修理しなくても使える。

### 性能2

応急修理で最低限使える。  
後日の本格的な修理も容易。

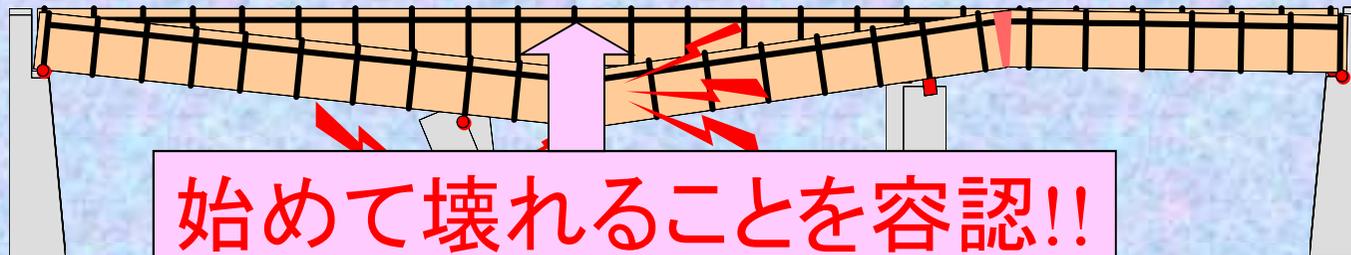
### 性能3

もう橋としては使えないが、  
落ちるところまではいかない。

- ・道路の重要度
- ・想定する地震



組み合わせに応じ  
性能を決める



始めて壊れることを容認!!

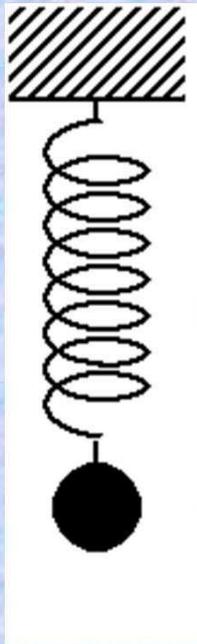
# 現在の耐震設計法 3

	重要な橋	重要でない橋
<b>レベル1</b> (たまには来る地震)	<b>性能1</b> (無傷)	<b>性能2</b> (軽微な被害)
<b>レベル2</b> (滅多に来ないが 来たら大変な地震)	<b>性能2</b> (軽微な被害)	<b>性能3</b> (死者は出ない)

# 新旧耐震設計の違い

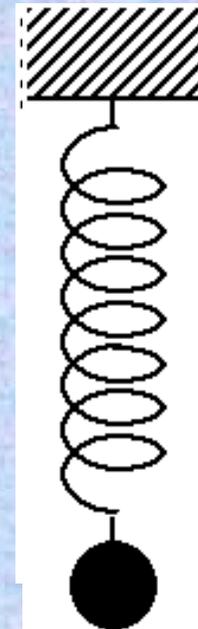
現在

地震による揺れ  
自体を計算



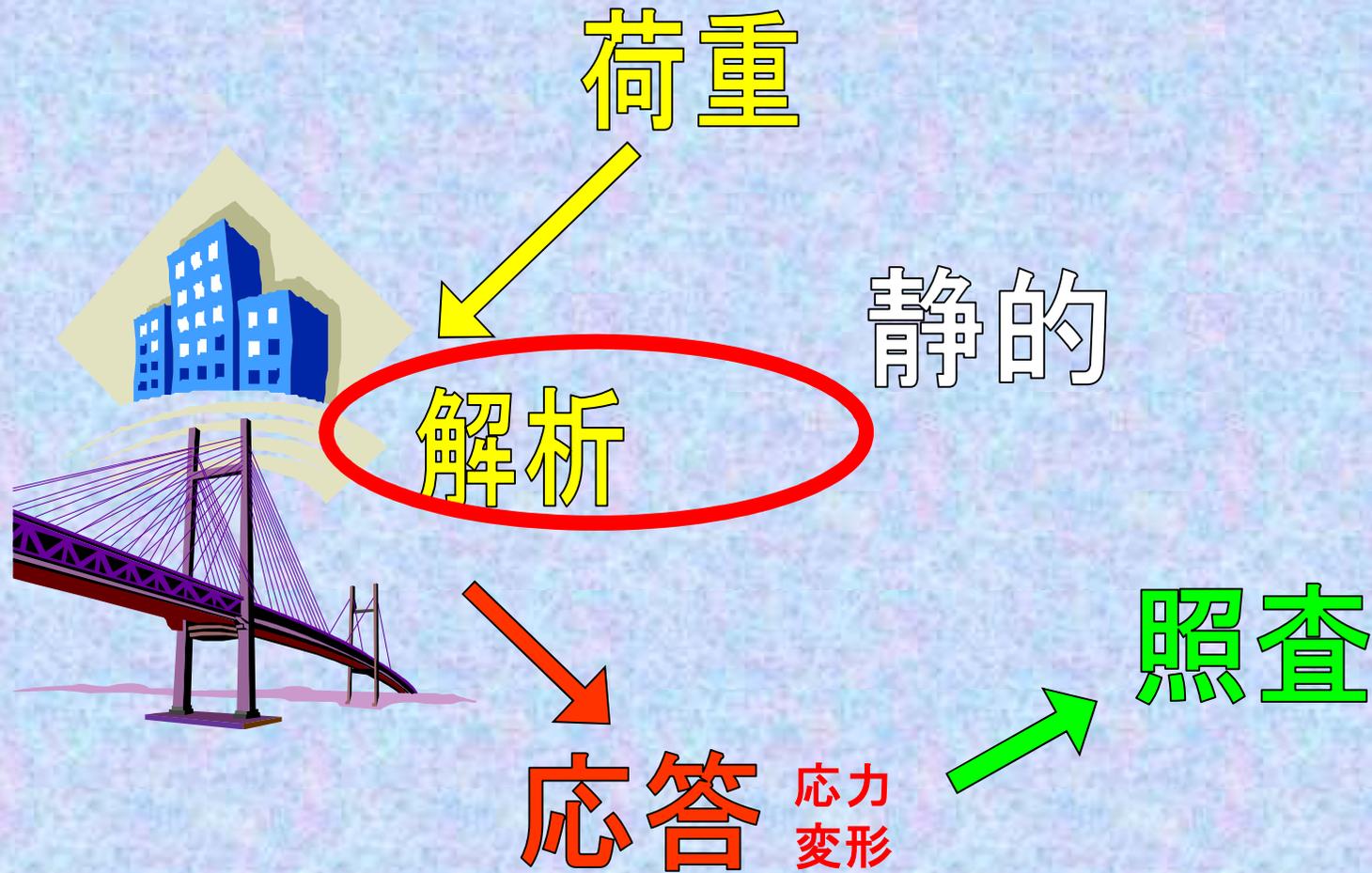
これまで

地震による力を  
どうするか



$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = f(t)$$

# 設計計算の流れ(耐震設計も含む)



# 耐震設計

荷重



解析

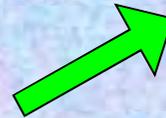
~~靜的~~  
動的



応答

応力  
変形

照査



# 耐震設計

荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法

解析

~~静的~~  
動的

照査

応答 応力  
変形



Flow – dynamic

# 耐震設計

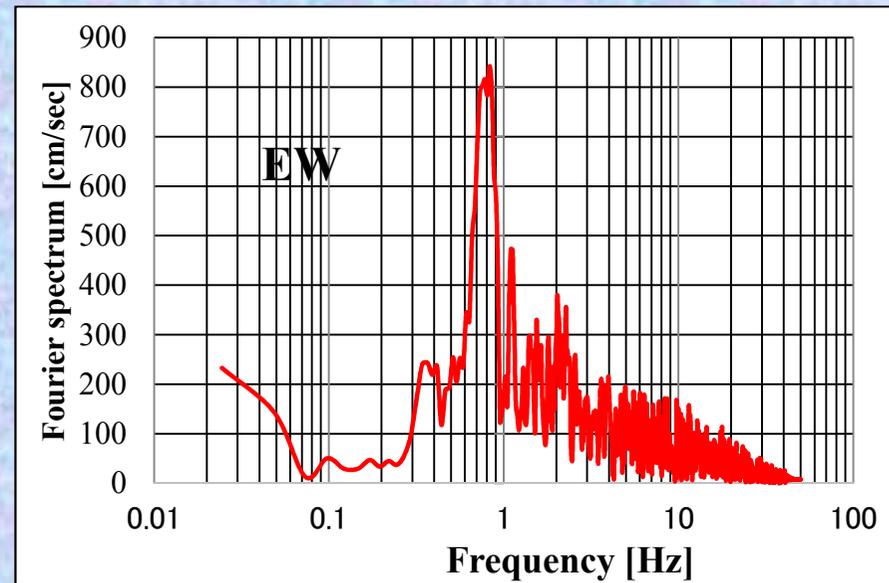
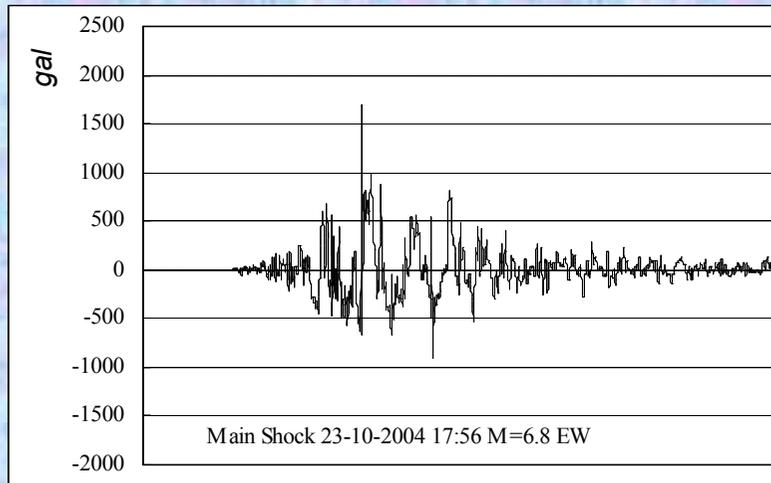
## 荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法



# 荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法



新潟中越地震 本震 EW成分  
23-10-2004 17:56 M=6.8

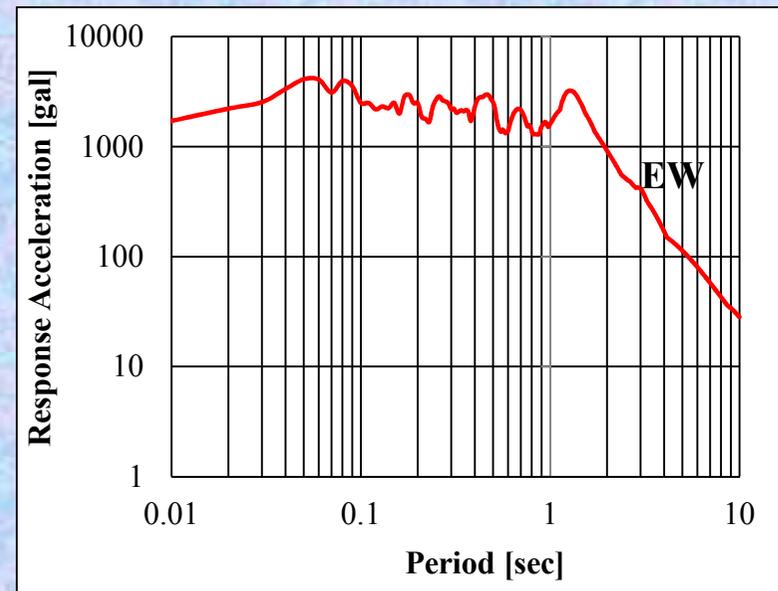
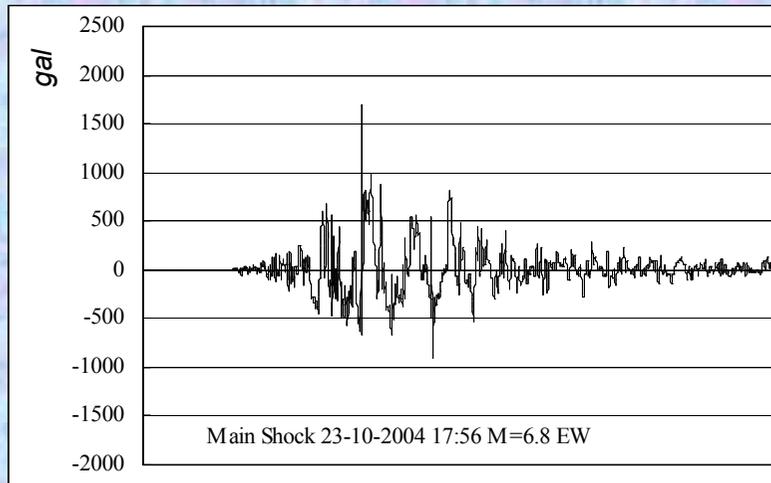
# フーリエスペクトル

地震波それ  
自身の性質

どの周波数成分が  
どれだけあるか

# 荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法



新潟中越地震 本震 EW成分  
23-10-2004 17:56 M=6.8

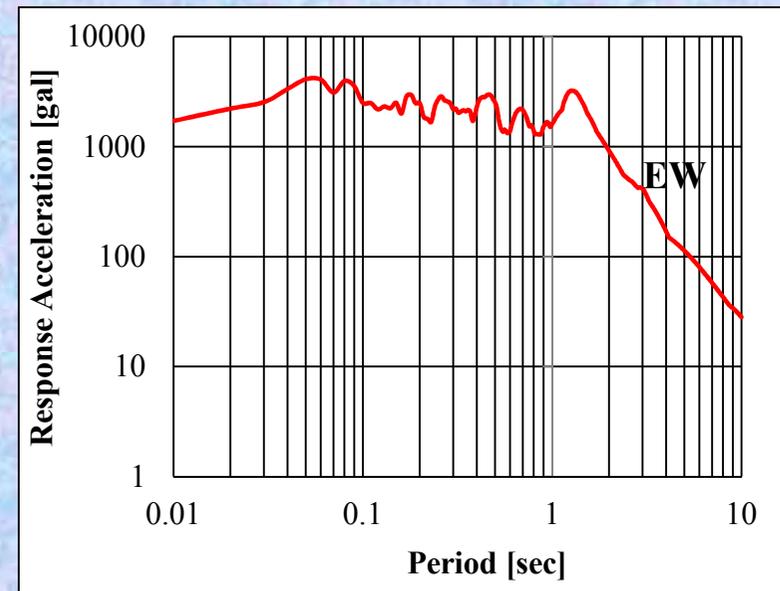
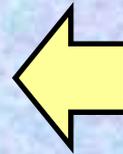
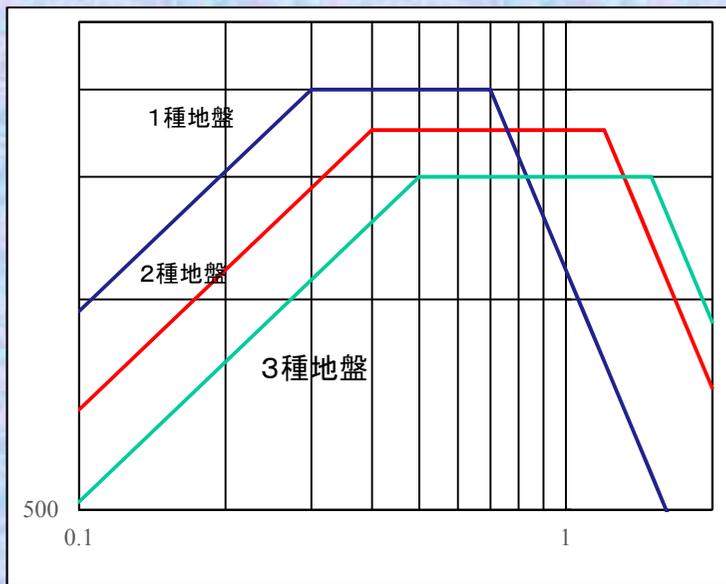
# 応答スペクトル

地震波の構造  
物への影響

どの固有周期の構造物  
をどれだけ揺するか

# 荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法



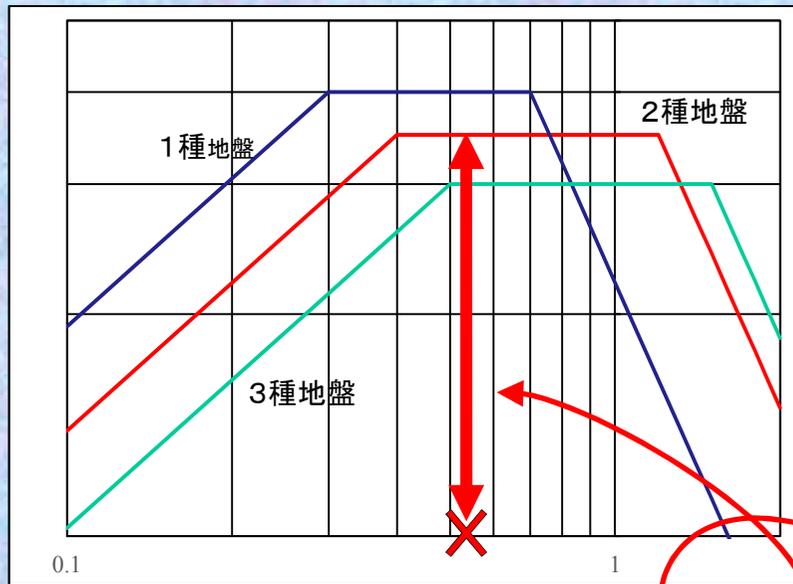
道示の応答スペクトル

応答スペクトル

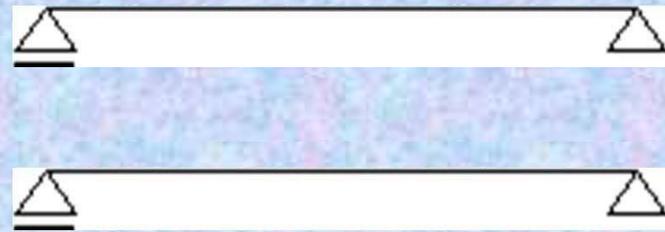
どの固有周期の構造物  
をどれだけ揺するか

# 荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法



道示の応答スペクトル



固有周期さえ求めておけば・・・  
応答がすぐわかる

簡単!

ただし挙動の詳細  
はわからない

# 耐震設計

荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法

解析



応答 応力  
変形

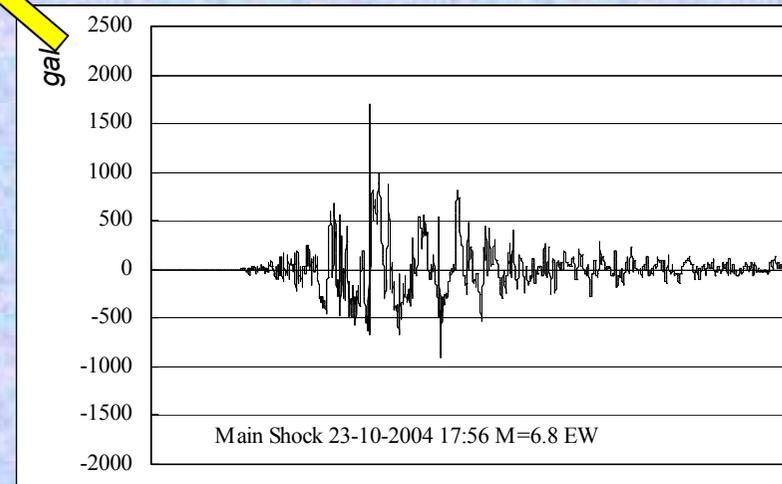
照査

# 耐震設計

荷重

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法

解析



地震波(実測又は合成)を  
そのまま入力

# 耐震設計

荷重



解析



応答 応力  
変形

照査

応答スペクトル法  
時刻歴応答解析法

正確な挙動

解析に使う地震動は？

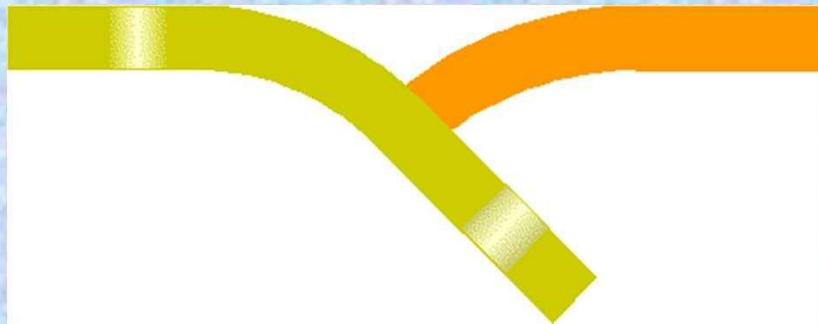
# 現在の耐震設計法 1

想定する地震

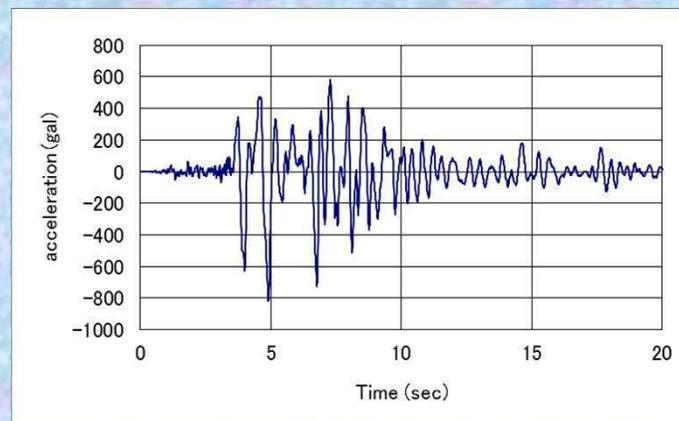
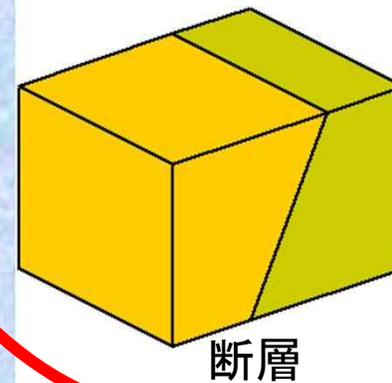
明確に

レベル2

タイプ I : プレート境界型



タイプ II : 内陸直下型



例: 兵庫県南部地震  
(阪神淡路大震災)

神戸海洋気象台NS成分

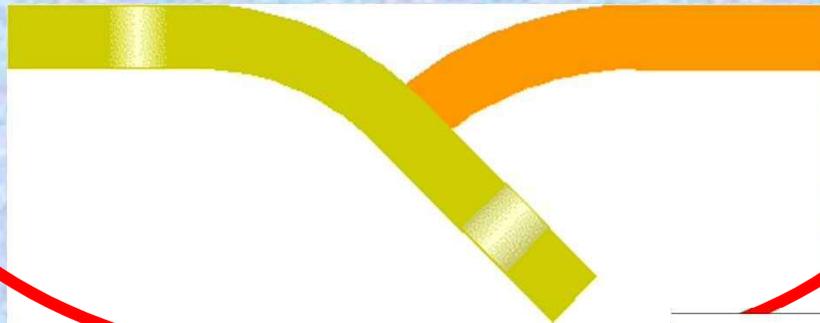
# 現在の耐震設計法 1

想定する地震

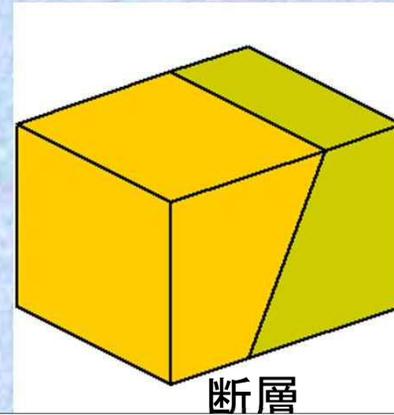
明確に

レベル2

タイプ I : プレート境界型



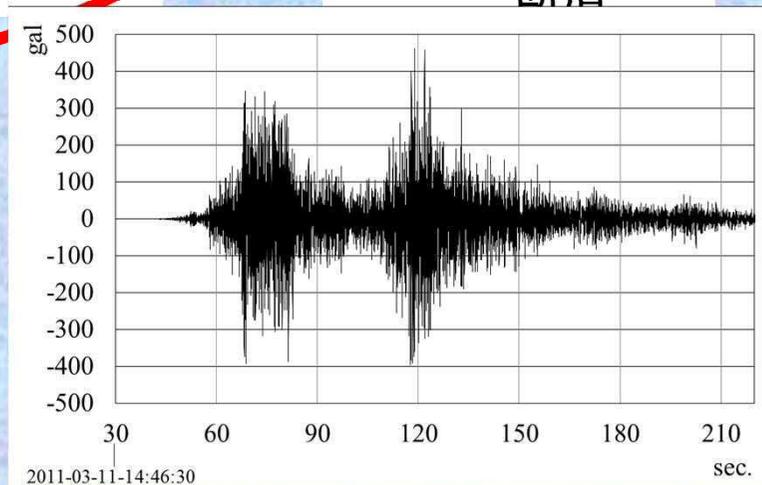
タイプ II : 内陸直下型



断層

例: 東北地方太平洋沖地震  
(東日本大震災)

石巻市泉町  
石巻特別地域気象観測所  
NS成分



最後に...

~~異常があるから  
見に行く~~

~~珍しい橋があるから  
見に行く~~

健全な・普通の橋を見る

普段から  
多くの橋を見る



医師

ありがとうございました



かえる橋(和歌山県印南町)