

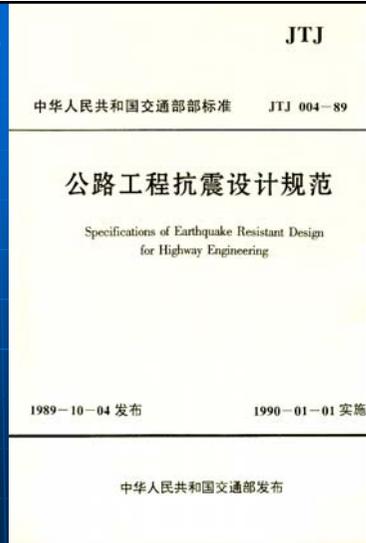
四川地震による橋梁の被害概要

2008年7月14日

東京工業大学
川島一彦

中国における橋梁の耐震設計(JTJ004-89)

- 1989年作成、1990年から適用
- 中国交通部
- 支間長150m以下のRC桁橋、PC桁橋、石造・RCアーチ橋に適用



桁橋に対する設計地震力

Lateral seismic load at node i , E_{ihp} , is given as

$$E_{ihp} = C_i C_z K_h \beta_1 \gamma_1 X_{li} G_i$$

where,

C_i : Importance factor

C_z : Generalized influence coefficient
(1/force reduction factor)

K_h : Standard lateral seismic coefficient

β_1 : Dynamic amplification factor

γ_1 : Mode participation factor for the 1st mode

X_{li} : Relative lateral displacement at node i

G_i : gravity force at node i

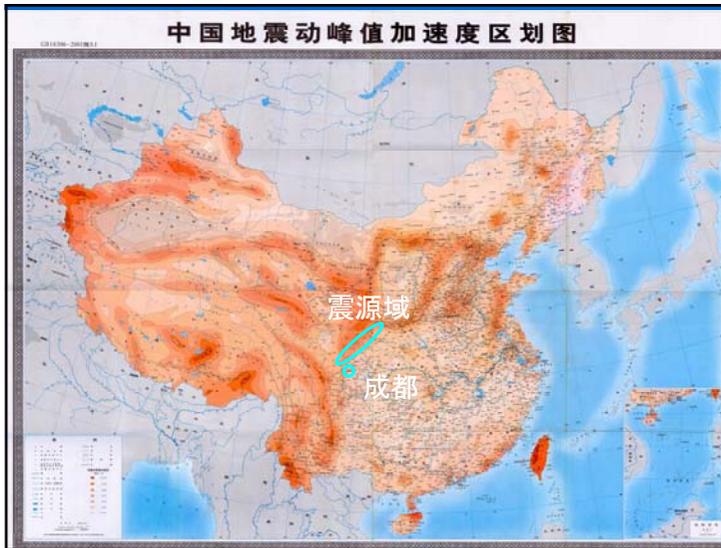
Standard Lateral Seismic Coefficient

基本烈度 (度)	7	8	9
水平地震系数 K_h	0.1	0.2	0.4

参考

中华人民共和国国家标准
中国地震动参数区划图 GB 18306-2001
Seismic ground motion parameter zonation map of China

地震动峰值加速度分区 g	<0.05	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	≥0.4
地震基本烈度值	< VI	VI	VI	VII	VII	VIII	≥ IX



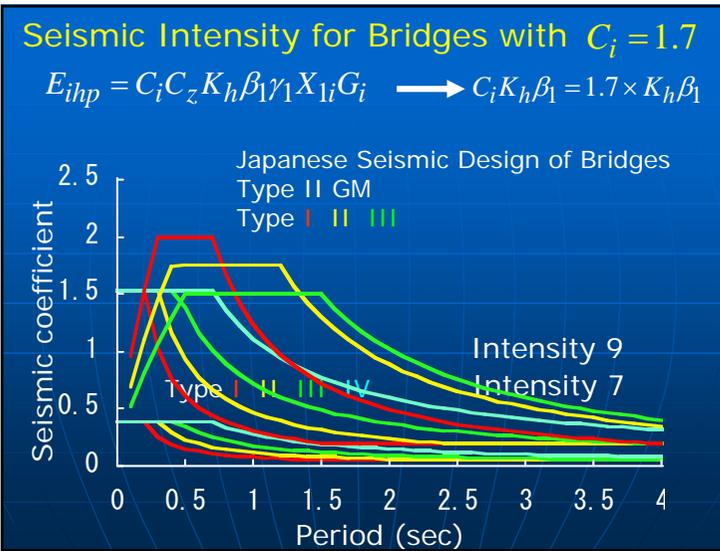
Classification of Importance

重要性修正系数 C_i 表 1.0.4	
路线等级及构造物	重要性修正系数 C_i
高速公路和一级公路上的抗震重点工程	1.7
高速公路和一级公路的一般工程、二级公路上的抗震重点工程、二、三级公路上桥梁的梁端支座	1.3
二级公路的一般工程、三级公路上的抗震重点工程、四级公路上桥梁的梁端支座	1.0
三级公路的一般工程、四级公路上的抗震重点工程	0.6

Classification of Importance

重要性修正系数 C_i 表 1.0.4	
路线等级及构造物	重要性修正系数 C_i
高速公路和一级公路上的抗震重点工程	1.7
高速公路和一级公路的一般工程、二级公路上的抗震重点工程、二、三级公路上桥梁的梁端支座	1.3
二级公路的一般工程、三级公路上的抗震重点工程、四级公路上桥梁的梁端支座	1.0
三级公路的一般工程、四级公路上的抗震重点工程	0.6

→ Expressway and Seismic major projects in Class I highway

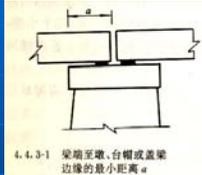
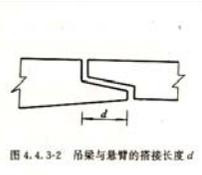


Generalized influence coefficient C_z

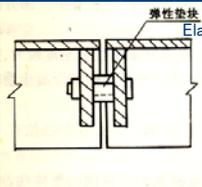
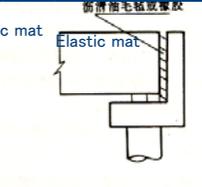
Type of Bridge, piers & abutments			Pier height (m)		
			$H < 10$	$10 \leq H < 20$	$20 \leq H < 30$
Girder bridges	Flexible piers	Column, bent & thin-wall piers	0.3	0.33	0.35
	Stiff piers	Stiff piers on spread & caisson foundations	0.2	0.25	0.3
	Piers on multi-rows foundations		0.25	0.3	0.35
Abutments			0.35		
Arch bridges			0.35		

Minimum Seat Length

$a(cm) \geq 50cm + L(m) \quad S_E = 70 + 0.5L$ (Japan)

Unseating Prevention Devices



Minjiang (or, Miaoziping) Bridge

廟子坪岷江大橋

2002~2005年に施工

Collapse



Total length: 1440 m

Zipingpu dam reservoir

被害状況

2径間 3径間フレーム 5径間連結 4径間 4径間 4径間

落橋

- 橋脚高さが100mを超える高橋脚橋梁。さらに長さ40m程度の杭基礎で支持。
- 落橋部は5径間PC桁連結方式で、ゴム支承でオール弾性支持
- 支承はほとんど被害を受けている
- 桁端部には落橋防止構造は取り付けられていない
- 地震時には湖面は橋脚基部から85mであった。現在は、湖面を40m下げている。

桁に生じた大きな橋軸方向の応答の痕跡

Transverse offset

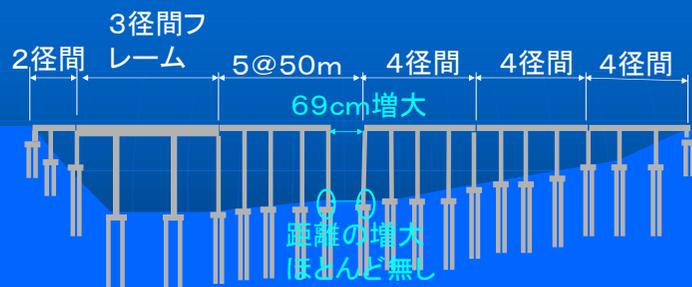
Vertical settlement

Pounding between

ゴム支承の逸脱

Piers did not suffer significant damage

落橋部の橋脚の被害状況



いずれかの橋脚基部には、フーチングから8.9m高さに幅0.8mm程度の残留クラックが、また、基部から2mの範囲には多数の水平ひび割れが生じていると言われている

落橋の原因

- 考えられる原因は、以下の通り。
 - ✓橋脚の応答変位が桁架かり長を超えた
 - ✓橋脚基部の塑性化に伴う残留変位
 - ✓基礎の何らかの損傷もしくは湖底の滑り等に伴う基礎の回転、移動
- 精密な測量と橋脚、基礎の損傷の調査が必要

Miaoziping Bridge



けたの橋軸直角方向への相対移動



大規模斜面崩壊が影響している



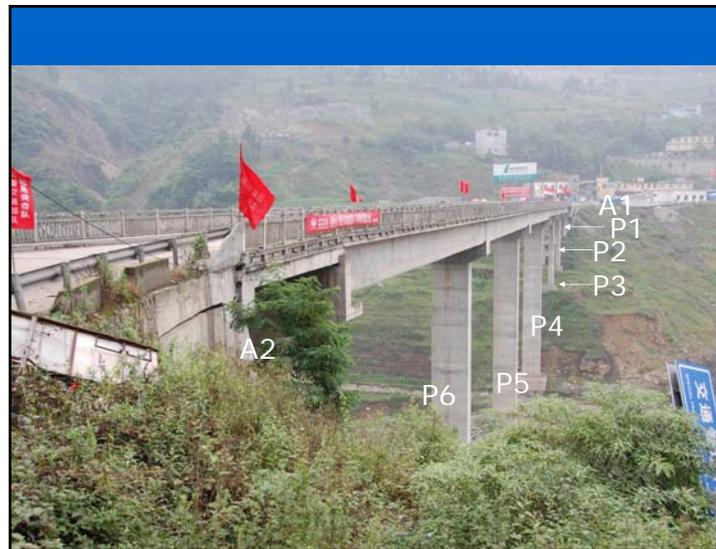
斜面崩壊による橋脚の傾斜



Shoujian Bridge
国道213号線沿



落下した桁の応急復旧



不等橋脚で支持された橋梁





アーチクラウン部のクラック



アーチの基礎には顕著な地盤変動は見られないが、...



綿竹市の橋梁

- PC曲線橋(ランプ)、支間30m程度
- 橋脚部の支承条件は剛結、支承(鋼製支承)を交互に配置
- 剛結橋脚はすべて損傷し、中間支承部も移動
- 橋脚は概ね帯鉄筋D16c、tc250、軸鉄筋D29+鉛直PC(なぜか?)
- 端支点部約20cm浮き上がり
- 落防装置は設けられていない。



張建東(江蘇省交通科学研究院)による

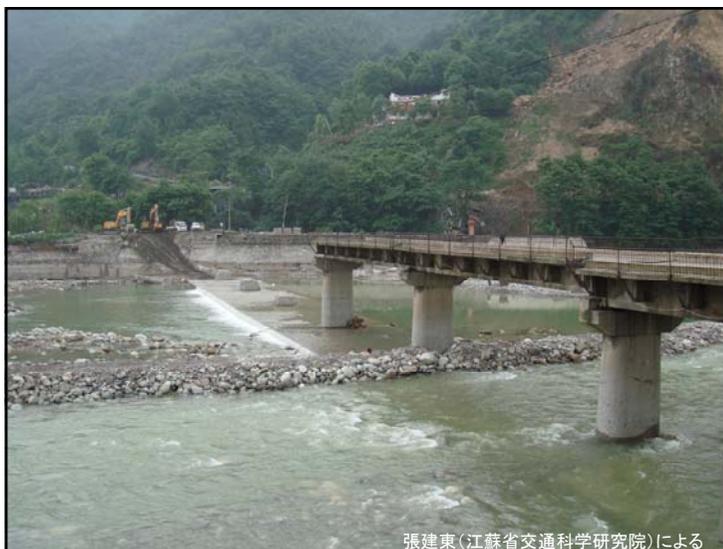


Skewed bridges are likely to rotate on the plane

Effect of pounding between the deck and the abutment,....

Difference of two pier stiffness can result in rotation of the deck

$$M = I_A \cdot e_A + I_B \cdot e_B$$

まとめ

短時間の調査であり、また、限られた被害しか見ていないが、現状での印象は以下の通りである。

- 被害形態としては、地震動による他、斜面崩壊・地すべり等によるものがある。
- 設計震度が小さいと推定されるため、耐震的対応があまり取られていない状態で、強烈な地震動を受けたと考えられる。
- 橋脚のじん性や曲げ耐力、部材間の固定が十分ではないと考えられる橋梁がある。

謝辞

本資料は6学会派遣四川大震災復旧技術支援連絡会第2次技術支援チーム(濱田政則団長)の一員として、2008年6月20日(金)~24日(火)に西南交通大学の支援に基づく、現地視察ならびに震災復旧技術シンポジウムから得た情報を中心として、本間淳史氏(NEXCO)、アイダン・オメール東海大学教授、江蘇省交通科学研究院の張建東氏等による情報等を総合して作成したものである。貴重な情報を提供して頂いた方々に謝意を表します。ただし、短時間の限られた現地調査から得られた知見であり、内容や理解に間違いがある可能性がある。これらについては、今後、適宜、訂正、修正したいと考えている。