## 平成30年度土木学会全国大会 研究討論会

### 2016年熊本地震が突き付けた課題

話題提供

### 東北大学 松﨑 裕

性能に基づく橋梁等構造物の耐震設計法に関する研究小委員会 幹事長 同小委員会 熊本地震による橋梁の被害分析WG 委 員

### 検討概要

性能に基づく橋梁等構造物の耐震設計法に関する研究小委員会 熊本地震による橋梁の被害分析WGの活動

### ~検討方針~

被害が発生した橋梁を対象に、唯一の被害メカニズムを特定しようとするのではなく、できうる限り<mark>複数のアプローチによる被害分析</mark>を行い、被害状況の説明を試みた。

推定した被災メカニズムに応じて解析方針を決定し、数値解析 を行って、被災メカニズムを検討した。

平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

### 検討対象とした被災橋梁

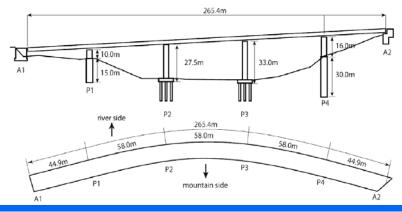


平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

# 大切畑大橋の被害分析

### 橋梁諸元

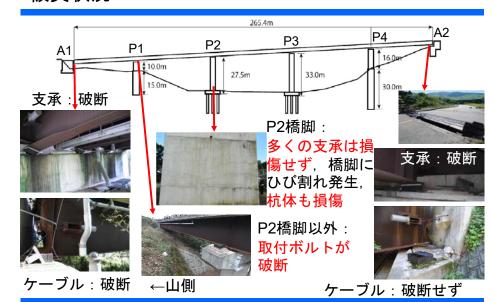
- □ 橋長265.4mの曲線橋であり、A2橋台側で斜角を有する 5径間連続非合成鈑桁橋
- □ H8道路橋示方書で修正設計され,2001年に竣工
- □ P2~P4橋脚は、中空断面橋脚



平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

#### 5

### 被災状況



平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年態本地震が突き付けた課題

6

### 測量結果に基づく被害分析

表層地盤が火山砕屑物で覆われている斜面上に橋台・橋脚が設けられ、地震作用によって生じる地盤の残留変形の違い、周囲の斜面崩壊・地滑りも含めて、間接的に地盤変状の影響を受けている可能性があり、国土交通省による測量結果に基づいて分析した。

- A1橋台ーA2橋台間はG1桁位置で395mm累積で縮んでいるが、 両橋台は傾斜していない. 従って、前傾ではなく、地盤変状に より、橋台の相対位置が変化した可能性が指摘される.
- □P1橋脚は、基部が290mm沈下する一方、P4橋脚は鉛直上向きに165mmの高さ変化が生じている。相対的な高さ方向の位置変化の差異による引張力作用下でP1橋脚の取付ボルトが破断した可能性がある。また、各橋脚が水平面内でも移動している。
- □ P2橋脚の橋脚躯体の変形に伴う残留変位としては、橋軸方向は 0.45%ドリフト相当、橋軸直角方向は0.17%ドリフト相当に過 ぎず、基礎の損傷に伴う回転による残留水平変位が支配的

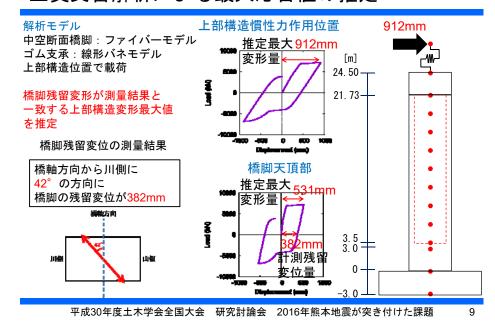
### 正負交番解析による検討の目的

- 1) 熊本地震で被災した大切畑大橋の橋脚の損傷メカニズムを推 定するため、現地調査により中空断面RC橋脚の典型的なひび 割れを詳細に観察した。
- 2) 次に、橋脚の被害を検討するため、基礎固定のRC橋脚モデルの上に設置したゴム支承モデルの頂部に、国土交通省による地震後の測量結果から算出した合成ベクトル方向(下図)に、残留変形が測量結果相当になるよう変位制御による正負交番解析を行った。
- 3)解析におけるひび割れ範囲と実際の被害との整合性を評価しようとするものである.



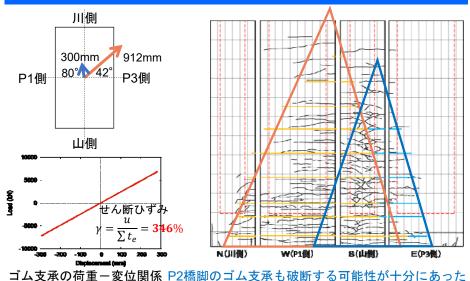
平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

### 正負交番解析による最大応答値の推定



# 俵山大橋の被害分析

### 現地調査によるひび割れを再現できる変形



平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

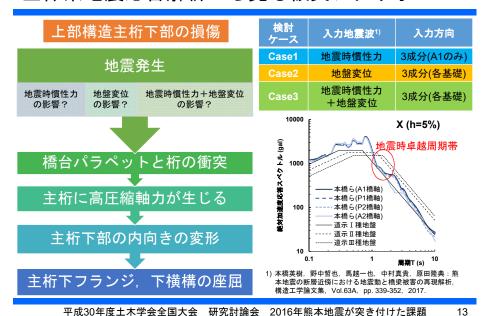
10

### 橋梁全体の被災状況

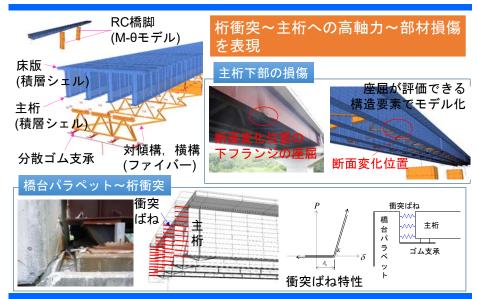


平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

### 全体系地震応答解析から見る被災シナリオ



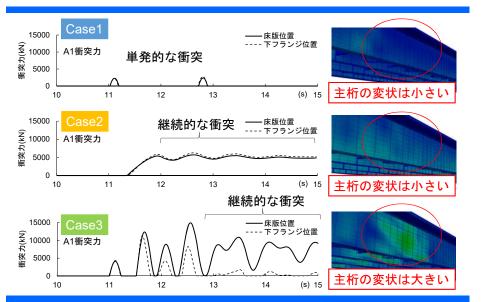
### 橋梁全体系解析モデルの構築



平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

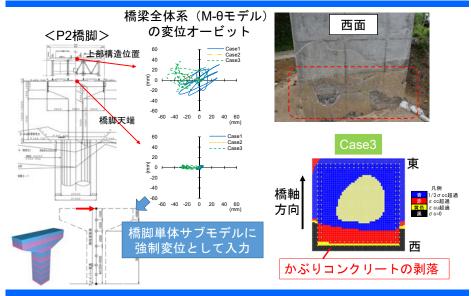
#### 14

### 橋梁全体系の地震応答解析



平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

### RC橋脚に着目した詳細検討



平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

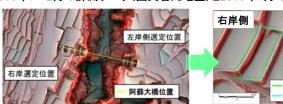
# 阿蘇大橋の被害分析

平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

17

### 航空レーザ測量データを用いた 阿蘇大橋右岸・左岸の相対変位の算出

2013年1~2月の計測データ(国交省九地整)と2016年4月の計測データ(林野庁)を比較



①赤色立体地図作成

# 右岸側 地震被

②重心座標の差を変位量

#### 変位量

Δ X(m) 2.1 -0.24	Δ Y(m) -0.19 -0.37	変位量(m) 2.11 0.44	方位(度) 95 213	ΔZ(m) -0.28 -0.37
-0.24	-0.37	0.44	213	-0.37
IR BO TO				
140/5	同のベクトル	Ĉ	51(名南きが正	1
	Je,	の変位ベクトルイ 場。 標軸方向のベクトル	機能方向のベクトルで	Ja.

相対変位

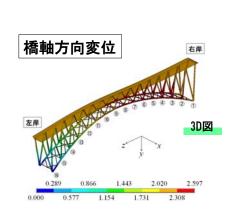
	成分と大きさ		ベクトルCとの関係		橋軸 方向成分	橋軸直交 方向成分	
	∆ X(m)	Δ Y(m)	大きさ(m)	内積(m²)	θ(度)	a1,b1(m)	a2,b2(m)
ベクトルA	2.1	-0.19	2.11	481.4	7.47	2.09	0.27
ベクトルB	-0.24	-0.37	0.44	-35.3	110.33	-0.15	0.41
ベクトルC	224.67	-50.39	230.25	-	-	-	-
					合成值	2.24	0.68

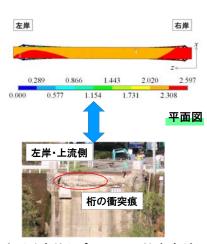
アバットの滑動量としてFEMに入力

平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

18

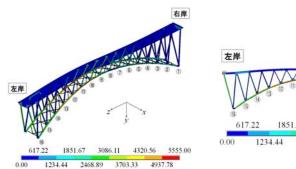
### 地盤変動による阿蘇大橋崩落の可能性:変形・変位

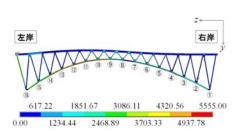




解析における変位とパラペットの衝突痕が一致

### 地盤変動による阿蘇大橋崩落の可能性:相当応力





#### 弾性解析ではあるが

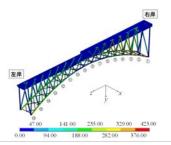
アーチリブ全体に降伏点を超える極めて高い相当応力が分布

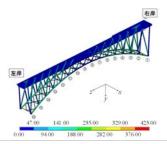
地震発生直後に崩落が生じた可能性を強く示唆

格点⑪周辺で破断に至った可能性が高い

### 崩土による阿蘇大橋崩落の可能性:相当応力

#### 崩土は最大で設計荷重の約1.78倍





厚さ2m・到達位置:アーチ支間1/2

厚さ1m・到達位置:アーチ支間1/4

崩土による推定損傷と崩落の可能性

	アー	チ支間1/2	アーチ支間1/4			
	崩土厚1m(h1モデル)	崩土厚2m(h2モデル)	崩土厚1m(q1モデル)	崩土厚2m(q2モデル)		
損傷の程度	右岸側支承部付近 トラスの一部	右岸側アーチリブの広範囲 左岸側支承付近 右岸側の全トラス部材	損傷無し	限定的な損傷		
崩落の可能性	低い	可能性がある	無し	無し		

平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

#### 平成30年度土木学会全国大会 研究討論会 2016年熊本地震が突き付けた課題

23

### 謝辞

本話題提供の資料は、性能に基づく橋梁等構造物の耐震設計法 に関する研究小委員会(委員長:(株)長大 矢部正明 副技師 長. 活動期間: 2014年4月~2018年3月)に設置された熊本地震 による橋梁の被害分析WG(WG主査:高橋良和 京都大学教 授)の活動において作成された資料に基づいたものです。また、 同WGにおける検討の過程において、国土交通省、熊本県には 被災橋梁に関する各種資料を提供して頂いた他、防災科学技術 研究所による強震記録を使用しました。ここに記して、関係各

- 被災橋梁の被災状況整理、被害分析から得られた課題
- □断層変位・地盤変状の影響:対策の在り方、発生位置・作用 の不確定性下での要対策の線引き
- □デバイス取付部の破壊:デバイスを確実に機能させるための デバイス本体・取付部間の耐力階層化、3次元挙動の想像
- □複雑な地震時挙動:曲線橋・不等径間を有する橋など
- □全体系の挙動と逐次破壊:連鎖的破壊の防止. 壊し方問題
- □実挙動と設計で考えている挙動の相違:損傷部材・部位. 耐力算定断面の相違

位に謝意を表します.