

歌津大橋の水利実験と耐力評価

(株)長大 正会員 ○虻川 高宏
 八戸工業大学大学院 正会員 長谷川 明

1. 目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の津波により、宮城県南三陸町の歌津大橋は上部構造が流失した。歌津大橋はポステンT桁橋とプレテンT桁橋で構成されており、それぞれで流出状況が異なっている。本研究では歌津大橋において、水路実験を行い、それぞれの流失メカニズムについて検証した。



図-1 歌津大橋の被災状況

2. 実験方法

実験模型は縮尺 $N=1/50$ で作成し(図-2)、開水路実験装置により模型に作用する力を分力計(水平方向および鉛直方向の2成分)で測定した。津波流速 V_R は、既往研究成果¹⁾を参考に、 4.7 m/sec と仮定し、実験流速 V_M はフルード数 Fr を一定とし、 $V_M = V_R \sqrt{1/N} = 4.7 \sqrt{1/50} \div 0.7 \text{ m/sec}$ とした。

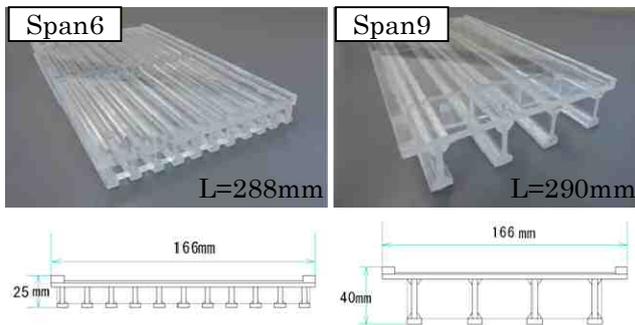


図-2 実験模型 ($N=1/50$)

表-1 歌津大橋の概要

橋名	歌津大橋	竣工年	昭和47年
対象①	Span6	P5-P6	
形式	プレテンションT桁橋		
桁長	14.385m	幅員	8.30m
桁高	0.88m	桁本数	11本
対象②	Span9	P8-P9	
形式	ポステンT桁橋		
桁長	29.880m	幅員	8.30m
桁高	1.75m	桁本数	4本

3. 模型に作用する力

図-3 に分力波形を示す。津波が模型に衝突してから1秒間を衝撃時、2~5秒間を定常時と定義する。実験により得られた分力平均値(3回計測)及び実橋梁に換算した津波分力 F_R を表-2 に示す。換算方は、橋梁模型に作用する分力 F_M を縮尺 $N=1/50$ より、 $F_R = F_M / N^3 = F_M \times 50^3$ とした。 F_x は水平方向の力、 F_z は正が鉛直下向き、負が鉛直上向き方向の力を示す。

表-2 歌津大橋に作用する分力

		衝撃時			定常時	
		$F_x(i)$	$F_z(i)-$	$F_z(i)+$	$F_x(s)$	$F_z(s)$
■ 実験値 F_M						
Span6	N	12.23	-13.8	5.04	1.51	-0.98
Span9	N	17.44	-24	10.75	4.63	1.36
■ 実橋換算値 F_R						
Span6	kN	1529	-1722	631	188	-122
Span9	kN	2181	-2996	1344	579	170

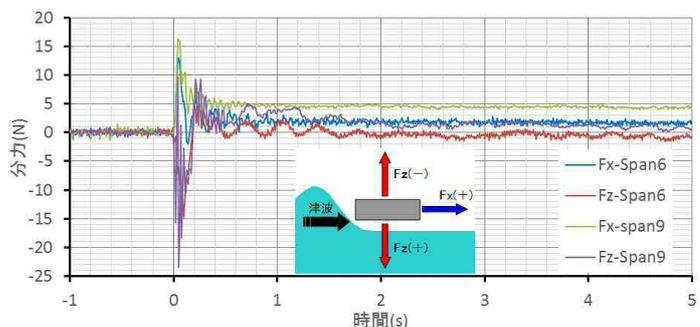


図-3 模型に作用する分力計の応答波形

キーワード 東日本大震災, 津波, 橋梁, 水利実験, 安定照査, 歌津大橋

連絡先 〒984-0051 宮城県仙台市若林区新寺一丁目2番26号 (株)長大 仙台技術部 TEL022-781-8628

4. 実橋の安定照査

津波力は等分布荷重として主桁側面に作用し、支点反力は各支承に均等に作用するとし、鉛直力については水平力 F_x による偶力を考慮した鉛直反力を考慮した。算出結果を表-3、図-4に示す。

表-3 支点・支承反力

Span6		G11	G10	G9	G8	G7	G6	G5	G4	G3	G2	G1
		-3.8	-3.0	-2.3	-1.5	-0.8	0.0	0.8	1.5	2.3	3.0	3.8
衝撃時	RH	kN	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5	69.5
	RV	kN	-39.3	-34.1	-29.0	-23.8	-18.6	-13.5	-8.3	-3.1	2.0	7.2
定常時	RH	kN	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
	RV	kN	56.0	56.7	57.3	58.0	58.6	59.2	59.9	60.5	61.1	61.8
Span9		G4	G3	G2	G1							
		-3.075	-1.025	1.025	3.075							
衝撃時	RH	kN	561.7	561.7	561.7	561.7						
	RV	kN	-663.4	-444.2	-225.0	-5.8						
定常時	RH	kN	149.2	149.2	149.2	149.2						
	RV	kN	393.7	452.0	510.2	568.4						

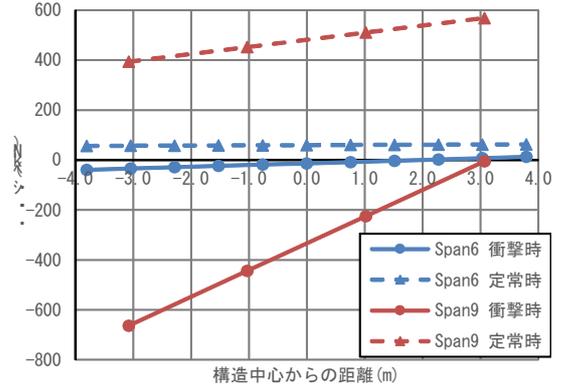


図-4 鉛直反力の分布

支承部の耐力と実験で計測された分力を比較することにより、橋梁の安定性および流失したメカニズムを推測する。Span-6 はパット支承であるため、支承の抵抗力は考慮しない。Span-9 は支承板支承であることから、サイドブロック・アンカーボルトを抵抗力として想定する。また、RC 突起による落橋防止構造が設置されていることから、水平抵抗力として考慮する。支承部耐力と作用力の比較結果を表-4 に示す。

表-4 支承部耐力比較

Span6		G11	G1	耐力(1支承あたり)
衝撃時	水平力	kN	69.5	17 RC突起
		%	409%	
定常時	水平力	kN	8.6	17 RC突起
		%	51%	
衝撃時	鉛直力	kN	-39.3	0 パット支承
		%	OUT	
定常時	鉛直力	kN	56.0	0 パット支承
		%	62.4	
Span9		G4	G1	耐力(1支承あたり)
衝撃時	水平力	kN	561.7	173 BP支承
		%	325%	
定常時	水平力	kN	149.2	173 BP支承
		%	86%	
衝撃時	鉛直力	kN	-663.4	-56 BP支承
		%	1185%	
定常時	鉛直力	kN	393.7	-56 BP支承
		%	568.4	

表-5 支承部被災状況



5. 結論

1) Span-6 は、RC 突起の水平耐力が小さいため、衝撃時において水平力が RC 突起の耐力を上回り、上揚力により全体的に浮き上がる傾向を示す。定常時においては、水平力は小さく RC 突起の耐力以下となっているが、比例関係より流速 6.6m/s 程度以上となると破壊される。

2) Span-9 は、桁高が高いため回転モーメントによる偶力が大きく発生しており、衝撃時において海側の G4 桁で上揚力が強く、サイドブロックの耐力を上回っている。水平力についても支承部のサイドブロックの耐力を上回っており、海側 G4 桁が浮き上がるように転倒しながら流出したと考えられる。ただし、定常時においては、上揚力が発生しておらず転倒する傾向は示していない。水平力により支承が破断する流速は、5.1m/s 程度以上と推測される。

3) 被災画像等から、歌津大橋付近の津波は比較的定常流状態であったことが報告されていることから、実験結果より津波流速は 7m/s 程度以上と推定される。また、Span9 については定常時において上揚力が発生しておらず転倒しない実験結果であり、実際の流失状態と異なっている。今後は定常状態での上揚力のメカニズム解明が課題である。

参考文献

1)Lifu, Kenji Kosa and Tatsuo Sasaki : Tsunami damage evaluation of Utatsu Bridge by video and 2-D simulation analyses, Journal of Structural Engineering, Vol.59A, pp.428-438, 2013.