高宏	○虻川	正会員	大	(株)長	
悠人	中村	学生会員	学院	業大学大学	「戸工
明	長谷川	正会員	学院	業大学大学	「戸工

1. 目的

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震で は、東北地方を中心に甚大な被害をもたらし多くの人命 と財産が失われた. なかでも気仙大橋は津波により橋梁 上部工が流出するなど被害が甚大であった.本研究では 気仙大橋において,水路実験を行い,流失メカニズムに ついて検証した.

表-1 気仙大橋の概要

路	線	名	一般国道	≦45 ⁻	号				
橋		長	181.5m	支	間	割	3@35.97+2@35.97		
有	所効幅員 12.5m(2.0m+4.25m+4.25m+2.0m)								
竣		T	工 1982年 地盤種別 Ⅲ種地盤						
上	部	T	3+2径間	連続	范綱 銀	汳桁	「橋		
下	部	T	逆T式橋	台、	壁	弌橋	脚		

2. 実験方法

実験模型は縮尺 N=1/50 で作成し(図-1),開水路実験装置(図-2)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 Vgは、陸前高田市への津波到来時の浮遊物の映像記録 から, 平均 7.0 m/sec と推定¹⁾されている. そこで実験で,発生させる流速 V_Mはフルード数 Fr を一定とし, 300 300 流速計

 $V_M = V_R \sqrt{N} = 7.0 \sqrt{1/50} = 1.0 \text{ m/sec} \ge \text{Lt.}$





図-1 模型断面図 (N=1/50, mm)

図-2 実験水路側面図 (mm)

波高計

波高計

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た1秒間を衝撃時,安定している2~5秒間を定常時と定義す る.実験により得られた分力値(3回計測)を表-2に示す.Fxは水平方向の力,Fzは正が鉛直下向き、負が 鉛直上向き方向の力を示す.また、実橋梁に換算した津波分力 FRを表-3 に示す.換算方法は、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. 表-2 橋梁模型に作用する分力 F_M



キーワード 東日本大震災,津波,橋梁,水理実験,安定照査,気仙大橋

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 TEL 022-781-8628

4. 実橋の安定照査

4.1 支点反力の算出

内田 P1 P2 P3L P3R P4 P4 支点 衝撃時 水平方向 Fx kN 3267 6534 3267 3267 6534 32 支点 衝撃時 放平方向 Fz kN -1316 -2631 -1316	表-4 支点・支承反力(津波側の外桁 G4)												
支点 衝撃時 水平方向 Fx kN 3267 6534 3267 3267 6534 32 反力 鈴直方向 Fz kN -1316 -2631 -1316 <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>A1</td> <td>P1</td> <td>P2</td> <td>P3L</td> <td>P3R</td> <td>P4</td> <td>A2</td>						A1	P1	P2	P3L	P3R	P4	A2	
支点 画本の 鉛直方向 Fz kN -1316 -2631 -1316		衝毂哇	水平方向	Fx	kN	3267	6534	6534	3267	3267	6534	3267	
反力 水平方向 Fx kN 1131 2263 2263 1131 1131 2263 1 始直方向 Fz kN 1318 2635 2635 1318 1318 2635 1518 2635 1318 2635 1518 2635 1518 2635 1518 2635 1518 2635 1518 2635 1518 2635 1518 2635 1518 2635 1518 2635	支点	国事时	鉛直方向	Fz	kN	-1316	-2631	-2631	-1316	-1316	-2631	-1316	
^{足串吋} 鉛直方向 Fz kN 1318 2635 2635 1318 1318 2635 1	反力	定常時	水平方向	Fx	kN	1131	2263	2263	1131	1131	2263	1131	
			鉛直方向	Fz	kN	1318	2635	2635	1318	1318	2635	1318	
死荷重反力 鉛直方向 Rd kN 1680 4653 4653 1680 1527 5418 1	死荷	重反力	鉛直方向	Rd	kN	1680	4653	4653	1680	1527	5418	1527	
衝撃時 水平方向 H4 kN 817 1634 1634 817 817 1634 8		衝擊時	水平方向	H4	kN	817	1634	1634	817	817	1634	817	
支承 G4 鉛直方向 V4 kN -245 -167 -167 -245 -283 25 -2	支承	G4	鉛直方向	V4	kN	-245	-167	-167	-245	-283	25	-283	
反力 定常時 水平方向 H4 kN 283 566 566 283 283 566 2	反力	定常時	水平方向	H4	kN	283	566	566	283	283	566	283	
G4 鉛直方向 V4 kN 633 1589 1589 633 595 1780 5		G4	鉛直方向	V4	kN	633	1589	1589	633	595	1780	595	





4.2 支承部耐力との比較

支承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.支承の耐力は、ゴム本体・取付けボルト・アンカーボルトのせん断力および引張力を想定する。ゴム本 体の破断せん断ひずみは 350%ひずみ,引張破断応力は 5N/mm²,取付けボルト 8.8 とアンカーボルト SS400 の引張強さは 830N/mm²、400N/mm²、せん断強さは引張強さの 1/ √3とする。支承破断耐力と作用力の比較結

果を表-5 に示す. 衝撃時において端支点のゴム破断, 中間支点の取付けボルトの破断が最初に発生することがわかる. 定常時はすべての部材において破断に至らないことが分かる.

この比較から、①P4 橋脚の取付けボルトの破断, ②P3 橋脚のゴム支承・取付けボルトの破断,③P1, P2 橋脚の取付けボルトの破断,④全体的な桁の流 失という順序で推移したと推測される.実際の支 承部損傷状況を表・6 に示す.取付けボルトが破断 するか,アンカーボルトが破断するかの違いは見 られるが,概ね破壊状況は一致する.

表-6 実際の支承部損傷											
	支承										
	G1	G4									
A1	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断							
P1	ゴム破断	取付ボルト破断	取付ボルト破断	取付ボレト破断							
P2	取付ボルト破断	ゴム破断	取付ボレト破断	アンカーボルト破断							
P3L	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断							
P3R	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断							
P4	アンカーホッルト破断	アンカーボルト破断	アンカーボルト破断	取付ボレト破断							
A2	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断	ゴム破断							
G4が海側(津波作用側)を示す。											

		衣-:) 又	所取四	日間フノ・	と作用	\mathcal{I}	-七軒又		
				A1	P1	P2	P3L	P3R	P4	A2
	津波	水平	kN	817	1634	1634	817	817	1634	817
	作用力	鉛直	kN	-245	-167	-167	-245	-283	25	-283
		교사고군	kN	448	1059	1059	448	448	1260	448
町撃時 シーイ シートシー・	ゴム破断	水平	%	182%	154%	154%	182%	182%	130%	182%
	耐力	리며	kN	-800	-666	-666	0	0	-942	-800
		51版	%	30.6%	25.0%	25.0%	—	—	_	35.4%
æ:		과	kN	677	880	880	677	677	677	677
町	取付けボルト	水平	%	121%	186%	186%	121%	121%	241%	121%
¥ 止	破断耐力	기기로	kN	-1172	-1524	-1524	-1172	-1172	-1172	-1172
14.		51 坂	%	21%	11%	11%	21%	24%	_	24%
		과	kN	569	940	940	569	569	940	569
	アンカーホ・ルト	水平	%	144%	174%	174%	144%	144%	174%	144%
	破断耐力	引張	kN	-985	-1629	-1629	-985	-985	-1629	-985
			%	25%	10%	10%	25%	29%	_	29%
	変位制限	水平	kN	643	_	_	_	-	-	584
	耐力		%	127%	_	_	-	-	-	140%
	津波 作用力	水平	kN	283	566	566	283	283	566	283
		鉛直	kN	633	1589	1589	633	595	1780	595
	ゴム破断		kN	448	1059	1059	448	448	1260	448
		小平	%	63%	53%	53%	63%	63%	45%	63%
	耐力	日正	kN	-800	-1219	-1219	-447	-447	-1503	-800
÷		51.01%	%	—	_	_	_	_	_	_
		水亚	kN	677	880	880	677	677	677	677
して	取付けボルト	111	%	42%	64%	64%	42%	42%	84%	42%
持	破断耐力	引張	kN	-1172	-1524	-1524	-1172	-1172	-1172	-1172
		71.72	%	—	-	—	—	—	—	—
		水平	kN	569	940	940	569	569	940	569
	アンカーホルト	×1+1	%	50%	60%	60%	50%	50%	60%	50%
	破断耐力	力 引張	kN	-985	-1629	-1629	-985	-985	-1629	-985
		51500	%	—	_	-	-	_	-	-
	炎位制限	水平	kN	643	-	-	-	—	-	584
11.		- HC 221 -	%	44%	-	ー 0/ナュ±刀 ふ	- 7.41 △		-	48%
nk.	1 TLH //////9	TAPIT HIDE /			<u> </u>	-/ A C Y ILIT /		41071/011		

5. 結論

気仙大橋の支承部の耐力と津波作用力の比較を行った結果,衝撃時の水平力により支承が破断し流失したと 推測される.今後は、津波到達時の写真や動画より定常的な流れで流失しているとも判断できることからから、 定常時での破壊流速の推定、Fzの回転モーメントや支承条件による影響を考慮した支承反力の算出を行い、 その違いによる影響について検証していきたいと考えている.

参考文献 1)Yulong Zheng · Kenji Kosa · Li FU : Evaluation for outflow of girder due to Tsunami, 土木学 会第 67 回年次学術講演会, I-029, 2012