-109

津波流体力による橋桁流出メカニズムに関する基礎的検討

九州大学大学院 正会員 〇梶田 幸秀 九州大学大学院 学生会員 田村 康行 九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲

1. 目的

2011 年東北地方太平洋沖地震による津波により,橋梁構造物の被害が多数発生した.津波流体力による橋 桁流出過程を詳細に把握するためには,津波の作用特性及び橋梁の抵抗特性の双方の検討が必要であるが, 橋梁構造物の抵抗特性に関する研究例は少ない.本研究では橋桁流出が見られた気仙大橋を対象に,有限要 素解析を用いて,津波流体力に対する橋桁流出メカニズムに関する知見を得ることを目的とした.

2.1 有限要素解析のモデル化

気仙大橋は5径間鋼鈑桁橋であるが,本研究では3径間部 分を対象にモデル化を行った(図-1).図-2にA1橋台の側 面図,表-1にモデル化を行った各部材の力学特性を示す. また,気仙大橋は制震ダンパーが付いているが,本研究では 落橋防止ケーブルに置き換えている.橋桁,アンカープレー ト,ブラケットは鋼の物性値,橋台および橋脚にはコンクリ ートの物性値を定義した.ただし,解析における橋桁の密度 は実際の橋桁重量14000(kN)と一致するように与えた.

アンカーボルトは SNR490B, ブラケットボルトは F10T と して, 被災写真から呼び径を推定した. 両ボルトとも降伏後 の剛性は初期剛性の 1/100 倍となるバイリニア型モデルであ り, 最大耐力時に破断すると仮定した (**表 - 2**).

被災調査¹⁾を参考にケーブルのモデル化を行った.ダンパ -1 基当たりの抵抗力をケーブル1基当たりの抵抗力とし,バイリニア 型としてモデル化を行い,最大耐力時にケーブルが破断すると仮定した

(表 - 3). また, ブラケットやアンカープレートとの境界部は剛結とした. ケーブルは橋台には橋軸方向に4基, 橋脚には橋軸方向と橋軸直角 方向の八の字方向に2基ずつ設置している.

被災調査¹⁾を参考に支承のモデル化を行った.仮定したゴム支承寸法より,L2 地震時の最大ひずみを 250%の時の水平反力を求めた.鉛直圧

縮剛性についても,仮定したゴム支承寸法より求めた.鉛直引張 剛性は,圧縮剛性の15%とし,水平方向のモデルは最大変位時に 破断,鉛直引張方向は支承高の7%で破断すると仮定した²⁾(表 -4).なお,橋軸方向と橋軸直角方向と鉛直方向のいずれかで破断 が生じても,別々の要素でモデル化を行っているため, 連動はしていない.

2.2 FEA モデルに作用する津波流体力の算定

津波水平力は既往の研究¹⁾より式(1)を参考にした.津 波水平力 F_xは海水の密度 ρ_w,橋桁断面形状から求まる

キーワード 津波水平力 津波鉛直力 橋桁流出 落橋防止ケーブル 連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 092-802-3377



図-2 橋台部分拡大側面図

部材名	要素	材料定義
橋桁	shell	剛体
橋台·橋脚	solid	弾性体
アンカープレート	shell	剛体
アンカーボルト	beam	弾塑性体
ブラケット	solid	剛体
ブラケットボルト	beam	弾塑性体
ケーブル	spring	弾性体
支承	spring	弾性体

表-1 各部材の力学特性

表-2 ボルトの物性値

(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm ²)
295	490	2144
900	1000	561
-	(N/mm ²) 295 900	(N/mm²) (N/mm²) 295 490 900 1000

表-3 ケーブルの物性値

<u></u>	降伏耐力	最大耐力	一次剛性	二次剛性
悟坦右	(kN)	(kN)	(N/mm)	(N/mm)
ケーブル(A1)	222	261	4.62E+04	4.62E+02
ケーブル(P1/P2)	1092	1281	1.79E+05	1.79E+03
ケーブル(P3)	422	495	7.00E+04	7.00E+02

-217-

支承1

支承3

-ブル3

2

ヶ ーブル1

0 1

支承1

支承3

図 - 4

表-4 支承の物性値

<u> </u>	せん断耐力	せん断変位	引張耐力	引張変位	せん断剛性	引張剛性	圧縮剛性
「神迎右」	(kN)	(mm)	(kN)	(mm)	(N/mm)	(N/mm)	(N/mm)
支承(A1/P3)	221.5	77.5	405	3.92	2.86E+03	1.03E+05	6.89E+05
支承(P1/P2)	900	77.5	2469.2	2.17	1.16E+04	1.14E+06	7.59E+06
					水	平力	浮力

抗力係数 C_d, 流速 v, 被圧面積 A から求まる.

$$F_{x} = \frac{1}{2} \rho_{w} \cdot C_{d} \cdot v^{2} \cdot A \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad (1)$$

津波鉛直力は水平力の 0.5 倍~1.5 倍になると仮定し,本研究では水平 力の 0.5 倍, 0.8 倍, 1.0 倍, 1.2 倍, 1.5 倍の 5 パターンを想定した.

流速 v=7.0(m/s)時の荷重スケールファクターを図-3 に示す. 水平力 は橋軸直角方向から4点で荷重を与え,鉛直力は桁幅14mを3.5m間隔

に5点(橋軸直角方向)×4点(橋軸 方向)に時間差で荷重を与える.また, 橋桁が完全に水没するまでの時間を 4.0(sec)と仮定して,浮力を与えた. 解 析時間は 8.0(sec)で, 始めの 2.0(sec)は 橋桁が自重でつり合いの位置になるま での時間を考慮した.

本研究では model1 は気仙大橋を再 現したモデル, model2 はケーブルなし のモデル, model3 は道路橋示方書に基 づいた落橋防止ケーブルを取り付けた モデルであり, model1 に比べ3 倍程耐 力が大きくなっている.

2.3 モデル橋梁の応答結果

図-4と図-5に流速 6.3(m/s), Fz/Fx=0.8 のケースのFEA 結果を示す.

支承1とは橋台および各橋脚の支承のうち,水平力が作用する側の支 承である.橋脚部の支承1が鉛直引張方向に破断,続けて支承2,3 ともに鉛直引張方向で破断することによって橋桁が流出した. その影 響を受け、橋台部の支承が次々と破断し、ケーブルも鉛直力の増加に 伴って破断した.橋桁流出は支承が破断することによって構造物

の力のつり合いが崩れるためであるといえる.図-6に各モデル







の結果を示す.破線は各モデルの水平力のみで橋桁流出が起きた荷重を表している.図-6からケーブルの 耐力を大きくすると水平力に対する橋梁の抵抗性能が向上したことがわかる.

3. 結論

橋桁流出は支承の破壊により構造物の力のつり合いが不安定になるためである。また、ケーブルの有無や 耐力の違いは鉛直力に対してはあまり影響を与えないが、水平力に対する抵抗性を向上させるといえる. 参考文献

1)幸左賢二ら:鋼道路橋の津波による被害調査,第14回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文 集, 土木学会, pp.87-94, 2011

2) 植田健介ら:鉛プラグ入り積層ゴムの引張方向の特性に関する実験,第65回土木学会年次学術講演会,I-0033,2010

-109