

津波対策型橋梁の CEL 法および SPH 法による強度検討

JFE テクノリサーチ(株) 正会員 ○長谷川 潤
 同 小野 芳美
 同 北濱 正法

1. 目的

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震で発生した巨大津波により、沿岸部の建築物やインフラは甚大な被害を受けた。橋梁でも流出や損壊が相次ぎ、射流を伴う津波荷重の形態や大きさが想定を遥かに超えており、津波対策設計の必要性を強く示唆する結果となった。今回、津波作用力を低減する対策型橋梁を対象として流体-構造連成解法である CEL (Coupled Eulerian-Lagrangian) 法および粒子法である SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 法を用いた数値解析を実施し、従来型に対する強度性能を定量的に評価した。

2. 解析方法

解析方法の主要な事項を以下に述べる。

(1) 解析対象

解析対象は全高が 15m、全幅が 10m、1 径間が 50m、および主桁高さが 5m の鉄筋コンクリート製橋梁で、津波の高さを 25m、先端の初期傾斜角を 30° と設定し、対策型は海岸側の主桁側面に半径 2.5m の半円筒状の突起 (フェアリング) を有するものとした。(図 1 参照)

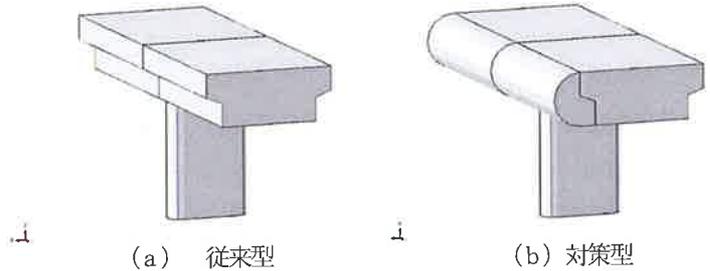


図1 橋梁モデル (橋脚中心±15m 表示)

(2) 流体-構造連成解析

津波荷重解析による橋梁の強度解析での流体-構造連成モデルを設定するため、ここでは汎用解析コード Abaqus ver. 6.11 を用い、図 2 に示す CEL 法と SPH 法を適用した。

なお、材料定数の具体的な数値は省略するが橋梁側が通常のコンクリート材料、津波側が一般的な海水として与えた。

また、Abaqus の陽解法ベースで初期条件、境界条件および離散化条件を適宜設定した。

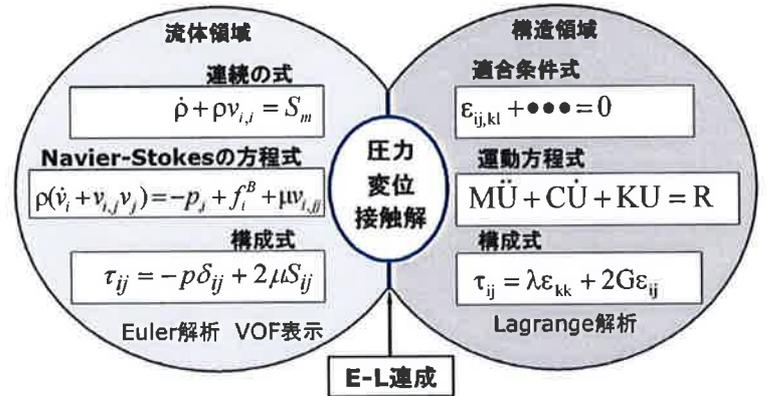


図2 流体-構造連成解析手法の概念 (CEL 法)

(3) 解析モデル

解析モデルは津波対策効果をより正確に評価するため、三次元モデルによる次の 4 ケースとした。(図 3 参照)

- ①従来型橋梁モデルの CEL 解析
- ②従来型橋梁モデルの SPH 解析
- ③対策型橋梁モデルの CEL 解析
- ④対策型橋梁モデルの SPH 解析

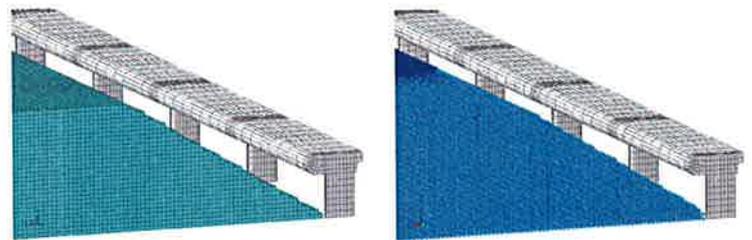


図3 津波対策型橋梁モデル (周期対称での4径間表示)

キーワード 津波荷重, FEM, CEL, SPH, 陽解法, 橋梁, 流体-構造連成解析

連絡先 〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町 1-1 JFE テクノリサーチ(株) CAE センター TEL 044-322-6382

3. 解析結果

流体域速度と構造域応力の分布および橋梁橋脚部の最大主応力の応答波形をそれぞれ図4および図5に示し、それらを参照した結果を以下に述べる。

(1) 流体領域の挙動

初期状態の津波高さ分布形状が重力によって下流方向に流出開始 3.1 秒後の応答を示す図4の(a)と(b)の比較により、従来型モデルの主桁側面部の水粒子の速度ベクトルの分布より海水が主桁側面に衝突してから上方に跳ね上げる傾向や橋脚部を通過する流況がCEL法およびSPH法とも同様である。また、同図(c)と(d)の対策型モデルではフェアリングによる流体抗力の低減を示唆する水粒子速度の分布傾向となっており、CEL法およびSPH法とも類似した結果を示した。

(2) 構造領域の挙動

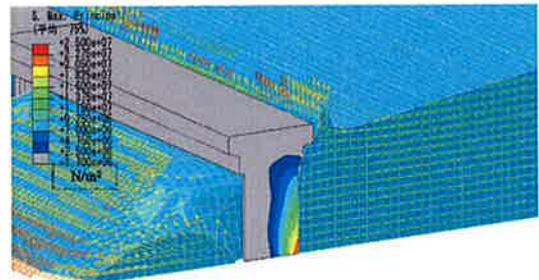
上記図4では橋梁の橋脚中心面上の最大主応力が 2.5N/mm^2 ($2.5 \times 10^6\text{N/m}^2$) 以下の領域をグレー表示にしているが、(a)~(d)のいずれにおいても津波による橋脚下部の曲げによる最大主応力(引張)がコンクリートの強度レベルに到達することが確認された。図5はこの点の応力の時間応答であるが、いずれの流体-構造連成解析による結果も相応の対策効果があることを示した。

4. まとめ

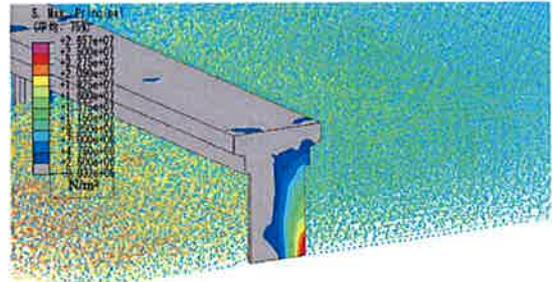
巨大津波の射流や砕波を含む橋梁との相互作用荷重を考慮した実物大モデルに対するCEL法およびSPH法による流体-構造連成解析を実施し、両者の有効性を確認するとともに、半円筒状のフェアリングには津波荷重に対する橋梁の発生応力を低減させる効果があることを検証した。

参考文献

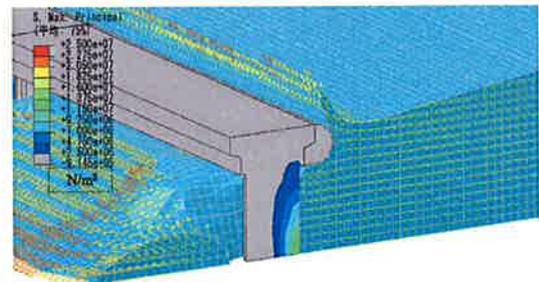
- (1)日本建築学会編：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報，2011-7
- (2)村上ほか：橋梁に作用する津波の流体力と流況に関するSPH法解析，土木学会論文集A1, Vol. 65, No. 1, pp.914-920, 2009
- (3)張ほか：津波による橋梁上部構造への作用力の軽減対策に関する実験的研究，土木学会論文集A1, Vol. 65, No. 1, pp.914-920, 2009
- (4)Abaqus Users Manual ver. 6.11, 2011



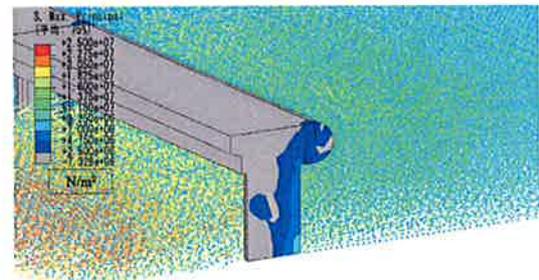
(a) 従来型, CEL 解析



(b) 従来型, SPH 解析



(c) 対策型, CEL 解析



(d) 対策型, SPH 解析

図4 橋脚中心面内応力と周辺津波流況 (到達3.1s後)

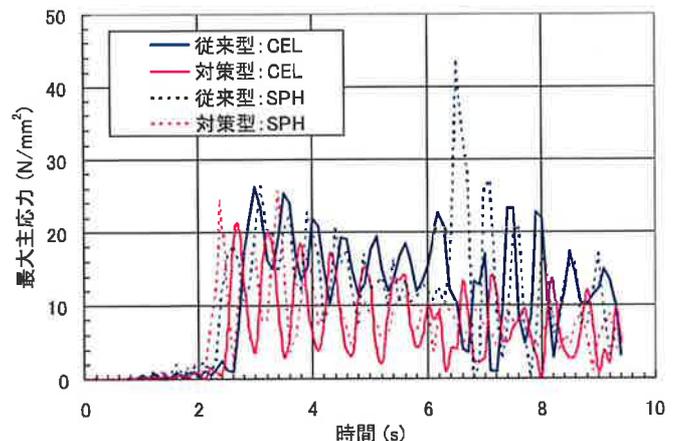


図5 橋梁橋脚部の最大主応力応答