

[共通セッション] 新設および大規模改修時における橋梁計画

新設および大規模改修時における橋梁計画 (4)

2021年9月10日(金) 14:40 ~ 16:00 CS-5 (Room46)

[CS3-29] 気仙沼湾横断橋の設計段階における危機耐性向上の取組み Efforts to "anti-catastrophe" performance at the design stage of the Kesenuma Bay Bridge

○吉岡 勉¹、松浦 雅史¹、竹田 竜一¹、渡辺 歩¹ (1.大日本コンサルタント株式会社)

○Tsutomu Yoshioka¹, Masafumi Matsuura¹, Ryuichi Takeda¹, Ayumi Watanabe¹ (1.Nippon Engineering Consultants Co., Ltd.)

キーワード：斜張橋、危機耐性、耐震設計、漸増動的解析、ダメージコントロール、リダンダンシー

Cable-stayed bridge, Anti-catastrophe, Seismic design, Increasing dynamic analysis, Damage control, Redundancy

オンライン会場 (Zoom) はこちら

東日本大震災を契機に、設計で考慮する事象を超えた事象への対応として「危機耐性」という概念が共有されつつある。

気仙沼湾横断橋は、想定外の事象に対しても損傷が制御された橋をコンセプトの一つとして設計された。

本稿では、気仙沼湾横断橋の設計段階における危機耐性向上の取組みについて紹介し、費用対効果について考察する。

オンライン会場 (Zoom) はこちら

With the Great East Japan Earthquake as an opportunity, the concept of "anti-catastrophe" is being shared as a response to events that go beyond the events considered in design.

The Kesenuma Bay Bridge was designed with the concept of a bridge whose damage was controlled even in the event of an unexpected event.

This paper introduces efforts to "anti-catastrophe" performance at the design stage of the Kesenuma Bay Bridge and considers cost effectiveness.

①漸増動的解析 (IDA) による鋼製主塔の損傷制御

加速度波形倍率 (Scale Factor, SF) を変化させた漸増動的解析 (IDA) を実施し, L2 地震動を超える想定外地震時において, 脆性的な破壊に至らしめる弱部の把握, 余剰耐力及び対策後の効果の検証を行った。

橋軸直角方向加振時の IDA 解析結果 (図-3) より, SF = 1.29~1.32 にて主桁が主塔の柱に衝突することにより, 主塔下部の柱が終局に至ることがわかった。主塔柱が圧壊すると脆性的な崩壊に至るリスクが高まるため, 横梁上の主桁側に緩衝装置を設置し, 衝突力は支承台座を介して横梁が受ける対策とした (図-4)。対策後は, 横梁が損傷した後に下柱の圧壊に至る破壊順番となったことで, L2 地震動の 2 倍程度まで余剰耐力を有しており, 損傷制御の効果が確認された。

②Push Over 解析による海中橋脚の損傷制御

P12 橋脚の海中部は点検補修が容易でないことから, Push Over 解析により L2 地震時のひび割れ状況を確認した (図-5)。中空断面部は有害な斜めせん断ひび割れが広範囲に発生するが, 充実断面に変更することで海中部に斜めせん断ひび割れはほぼ発生しないことを確認した。主塔基礎の鋼管矢板基礎は鉛直支持力に余裕があったことから, 海中部までを充実断面とした。

⑥動的リダンダンシー解析によるケーブル破断時照査

火災や車両衝突によりケーブル 1 本が破断する事象を想定し, 動的リダンダンシー解析により周辺部材や橋全体系の安全性を照査した (図-6)。活荷重満載状態でケーブル 1 本が破断した場合は主桁下フランジに $1.37 \epsilon_y$ のひずみが発生するものの, 実事象として起こり得る活荷重半載状態でのケーブル 1 本破断では, 周辺の主桁も降伏しないことを確認した。

4. 危機耐性向上によるコスト影響

以上のような危機耐性の取組みによる各部材のコスト影響を表-2 に示す。3%程度のコスト増となる取組み②⑦がある一方, 橋全体のじん性向上に寄与した①鋼製主塔の損傷制御策は 0.4%増であり, 費用対効果が高い。また, 工事費全体で見てもコスト増は 0.7%であり, 狭義の耐震設計に留めず, 脆性的な破壊を回避するための危機耐性に取組む意義は大きいと考えられる。

参考文献

- 1) 高橋, 秋山, 片岡, 本田: 国内外の道路橋の設計指針に見られる「危機耐性」の分析, 土木学会論文集A1, Vol. 72, No. 4, pp. I_821-I_830, 2016.
- 2) 武田, 西村: 橋梁耐震への危機耐性導入に関する一考察, 土木学会論文集A1, Vol. 75, No. 4, pp. I_688-I_700, 2019.
- 3) 向田, 浦田, 竹田, 渡辺, 池田, 太田: (仮称) 気仙沼湾横断橋鋼斜張橋部の設計コンセプトと計画, 橋梁と基礎, Vol.54, pp.12-18, 2020.10.
- 4) 平山, 吉岡, 松浦, 石井, 末松, 平野: (仮称) 気仙沼湾横断橋海上部の耐震・耐風設計と架設計画, 橋梁と基礎, Vol.54, pp.20-26, 2020.10.

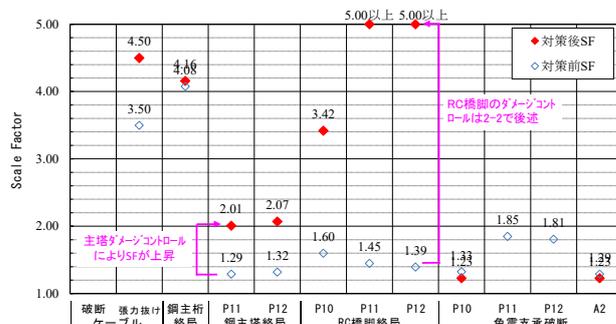


図-3 IDA 解析による各部材損傷時の SF 値

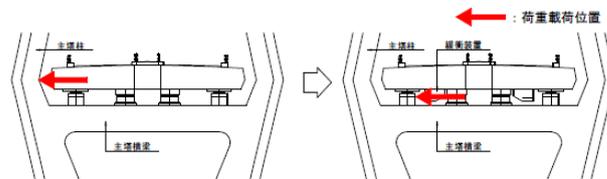


図-4 鋼製主塔の損傷制御策

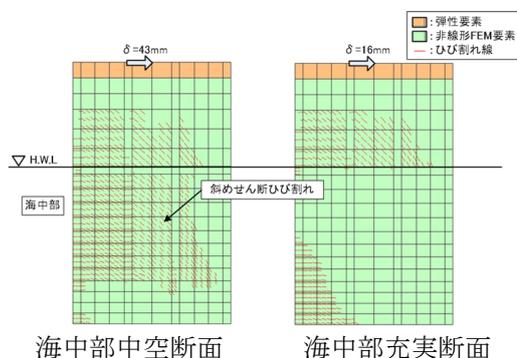


図-5 Push Over 解析による L2 地震時のひび割れ状況

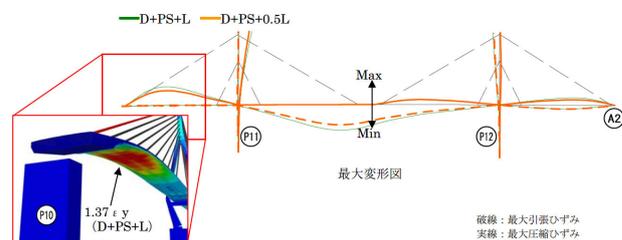


図-6 ケーブル破断時の挙動(動的リダンダンシー解析)

表-2 危機耐性確保によるコスト影響

事象	設計における取組み内容	コスト比 [※]	備考
想定外地震時 (M9~M10級)	①鋼製主塔の損傷制御	1.004	主塔工2基分
	②主塔RC中空橋脚の損傷制御	1.034	橋脚工1基分
L1・L2津波時	③主塔橋脚の船舶衝突時照査	1.000	橋脚工1基分
	④洗掘対策 (床付け位置設定)	1.005	基礎工1基分
火災やケーブルへの車両衝突時	⑤冗長性によるケーブル本数設定	1.000	ケーブル材料費
	⑥ケーブル 1 本破断時照査	1.000	ケーブル材料費
斜面変状時	⑦斜面変状を考慮した深礎基礎設計	1.026	橋台工1基分
斜張橋工事費に対する比率		1.007	上下部工事費

※コスト比は備考に記載の工種における対策工と標準工のコスト比のこと

謝辞: 仙台河川国道事務所には本稿の発表にあたりご支援いただいた。ここに記して謝意を表する。