

門前橋耐震補強対策について

国土交通省山口工事事務所 特別会員 山根 賢造

国土交通省山口工事事務所 特別会員 ○濱本賢太郎

1. はじめに

一般国道 188 号の岩国市を流れる門前川（二級河川）との交差部に門前橋が供用されている。本補強計画は、その門前橋を耐震設計上起こりうる地震動に耐えることの出来る構造に改善するものである。しかし、現況を考慮すると大規模な補強対策、あるいは橋梁架け替えは困難である。そこで、「道路橋示方書」で明示されている以下の耐震性能目標¹⁾を確保できる耐震補強を検討する。

- ① 震度法Ⅱの地震動において、機能が健全で補修をしないで使用可能な状態を保持する。
- ② プレート境界型及び内陸直下型の巨大地震の地震動において、構造物全体系が破壊しない。

2. 門前橋概要

表 2-1 に、門前橋の概要をまとめる。上部構造が単純合成鈹桁 11 連で構成されているのが特徴であり、また、耐震設計上においてはウィークポイントとなる要素でもある。

表 2-1 門前橋諸元

構造規格	道路種別：第 3 種第 2 級 設計速度：60km/h 車道幅員：0.75+3.25+3.0+3.25+0.75
橋 長	191m
上部工形式	単純合成鈹桁 11 連（支間長 14.8 ～ 20.2m）8 主桁
下部工形式	重力式橋台、張出し橋脚
基礎形式	ケーソン基礎
完成年	昭和 27 年（昭和 36 年拡張）

3. 現況の問題点と耐震補強対策方針

門前橋の現況調査の結果を表 3-1 にまとめる。これによると、桁掛長不足やケーソンの支持力不足等構造上の問題点に加え、老朽化による材質的な機能の欠損の問題点も確認された。現況交通に支障は出ていないものの、地震時には危険な状態であるといえる。

ここで、地震動による落橋を防ぐということに注目し次の二つの方針を挙げる。一つ目はケーソン基礎の安定を図ることである。そして、二つ目が落橋しづらい上部構造への改善である。これらは、門前橋の構造が単純桁 11 連から構成されているため、そのうちの 1 連または 1 基に損傷が発生しても落橋する可能性が高いことにある。そこで、以下にその対策について述べる。

表 3-1 現況橋に見られる問題点

上部構造	- 鋼部材には、特に目立つ変形及びクラック等は生じていないが、塗装の劣化が著しく部材端部を中心に錆が生じている。 - 伸縮装置からの漏水及び路面への滞水等より、RC 床版下面に遊離石灰及びかぶり不足による剥離・鉄筋露出の発生が著しい。 - 鋼製支承は腐食が見られ、沓座部分においては欠損が確認された。 - 伸縮装置は、現状ではその機能を果たしておらず、漏水が著しい。
下部構造	- 桁掛長が不足している。 - 橋台及び橋脚の拡張部にひび割れが見られ、特に梁先端付近では密に発生している。 - ケーソン周辺地盤の洗掘、偏心及び底面地盤の支持力不足が確認された。

まず、ケーソン周辺地盤の安定を図るために、ケーソン周辺に根固め工を施す。これにより、地震時の液状化を抑えるとともに、常時の流水による局所洗掘つまり根入れ不足を防止することができる。次に、上部構造の改善を図るために、上部構造の一体化及びゴム支承への取り替えを行い、落橋しづらい構造へ改善する。

4. 上部構造耐震補強対策

上部構造の耐震補強対策について三つの具体案を提案し、その検討及び評価比較を行う。

a) PCケーブルで連結する案（A 案）

この案は、図 4-1(a)に示すように支承をタイプ B のゴム支承に交換した上で、一般的な落橋防止構造を設置する案である。この場合、上部構造の地震時の挙動は単純桁とほぼ同様となる。また、施工の際には、橋台パレットの補強及び各下部構造の沓座拡張が必要である。

b) 腹板のみを添接板と HTB で連結する案（B 案）

この案は、橋脚上の隣接する主桁腹板を HTB で剛結する方法である（図 4-1(b)）。橋脚上では曲げモーメントを伝達しない構造であるため、床版は連続化しない。よって、現在機能していない伸縮装置を埋設型ジョイントに交換する。この案によって、上部構造は全径間一体化となる。なお、橋台部のみ沓座拡張が必要である。

c) 腹板及び上フランジを HTB で連結して連続化する案 (C 案)

この案は、橋脚上の隣接する主桁腹板及び上フランジを連結する案 (図 4-1(c)) である。また、既設固定支承は、スッパ-部を切断し可動支承に改造する。さらに、水平力のみ負担するタイプ B のゴム支承を新たに設ける。支承反力は、主桁間を渡した H 鋼及び控えトラスで受ける。床版は、一部打替えて連続構造とする。地震時の挙動は全径間連続桁として挙動する。

ここで、上述した 3 つの案を比較検討し最適案を決定する。

まず、全ての案において桁掛長不足は解消される。A 案及び B 案では、耐震設計上望ましいといわれる多径間連続構造は満足できない。また、施工中の現道交通への影響では、A 案はほとんど影響が無く、反対に C 案が施工 1 箇所当りの交通規制が最も大きく (約 7.0 日) なる。工事費については、更新支承が最も少ない C 案が安価であり、反対に A 案がコスト高となる。

以上のこと、さらには構造形式の改善による付加的な効果及びコストを考慮して C 案が門前橋上部構造の補修においては適切であると判断した。

5. 耐震補強による効果

C 案を採用するに当たり、その効果について検討する。まず、単純桁 11 連続構造を多径間連続桁と改善することにより、地震時の上下部構造間の大きな相対変位によって中間橋脚上で落橋する可能性をなくした点が最大の効果である。橋台部においても、査座を拡幅して十分な桁掛長を確保したため、この部分での落橋の可能性は大幅に減少した。また、C 案については、橋脚直上部に負のモーメントが発生し結果的に最大応力度は 20% 減少することが確認されている。つまり、付加的な効果として、上部構造の安定効果とともに上部構造部材の負担軽減効果が得られたこととなる。ただし、負のモーメントを主桁上フランジの連結鋼板および RC 床版内に新規で設置する橋軸方向鉄筋等で受ける必要がある。

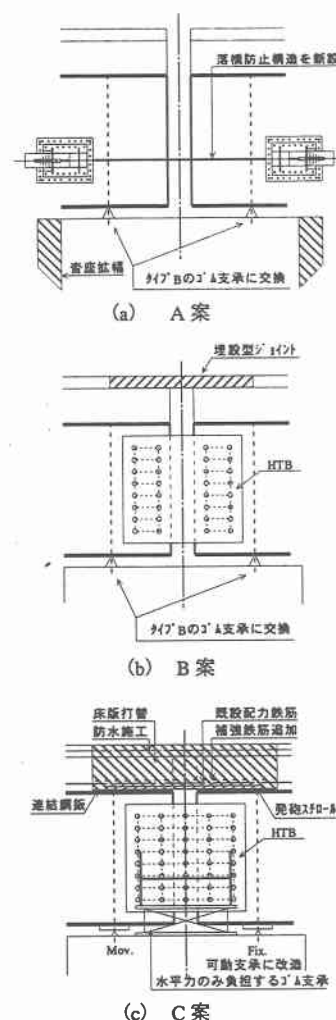


図 4-1 上部構造一体化案

次に、多径間連続桁構造の場合、下部構造への負担が下部構造 1 基に集中しないよう支承による水平力の分散が重要になる。そこで、震度法の設計水平震度 ($k_h=0.21$) における各下部構造が負担する上部構造水平力を表 5-1 に示す 2 ケースのゴム支承パターンで荷重分散効果を検討した。つまり、橋台と橋脚で支承パターンを変えるケースと、上部工死荷重反力の大きさに合わせて支承パターンを変えるケースである。

表 5-1 算出条件

Case-1	ゴム支承 2 種類 ゴム支承・橋脚・基礎 のパネを考慮	両橋台部: $K_s=3 \times 272.4=817.2 \text{ tf/m}$ 中間橋脚: $K_s=3 \times 320.4=961.2 \text{ tf/m}$
Case-2	ゴム支承 4 種類 ゴム支承・橋脚・基礎 のパネを考慮	両橋台部: $K_s=3 \times 220.1=660.3 \text{ tf/m}$ P1 ~ P3: $K_s=3 \times 320.4=961.2 \text{ tf/m}$ P4 : $K_s=3 \times 286.6=859.8 \text{ tf/m}$ P5 ~ P10: $K_s=3 \times 240.3=720.9 \text{ tf/m}$

算出結果によると、下部構造が負担する上部構造水平力は両方のケースにわずかな差しかなかった。また、2 ケースともに橋脚 1 基を除く全ての箇所において分担水平力の減少が確認でき、耐震性の改善効果が期待できる。よって、本計画では、支承の種類が少ないために製作及び施工性で優れる Case-1 の条件で支承の更新を行った。なお、ケーソン周辺の地盤面を計画河床高さに根固めすることによって、ケーソン底面の鉛直地盤反力度は全ての箇所において許容値以下となることが確認されている。

6. おわりに

門前橋は、完全とはいえないが本報告で述べた手法及び根固め工等で、耐震性の大幅な改善が可能であることが確認できた。現在は、既設床版配筋と想定した配筋に多少の違いがあったが上部工の補強工事を無事完了している。また、今年度の渇水期には引き続き下部工の補強を行う予定である。

参考文献 1) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 平成 8 年 12 月, 社団法人日本道路協会