

規模の異なる斜張橋の耐震補強設計の比較

本州四国連絡高速道路	正会員	○山口 和範
本州四国連絡高速道路	正会員	金田 崇男
本州四国連絡高速道路	正会員	平山 靖之

1. 背景・目的

兵庫県南部地震（1995.1.17）以降，最新の知見により内陸直下型の地震の影響を見直したことや，近い将来，東南海・南海地震の発生が予測されることから，本州四国連絡橋の海峡部橋梁の耐震補強を計画的に進めている。

海峡部長大橋の耐震補強は，神戸淡路鳴門自動車道が2016年5月に完了し，瀬戸中央自動車道が2020年度末に完了する予定である。西瀬戸自動車道は今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率が26%以上の地域にある新尾道大橋，生口橋，多々羅大橋，大三島橋，大島大橋を2021年度までに終わらせる予定であり，全ての橋梁で耐震補強設計が完了している。この内，新尾道大橋，生口橋，多々羅大橋の3橋が斜張橋である（図-1）。

斜張橋は橋軸方向に揺れやすい構造であり，現橋の耐震性能の照査を行ったところ3橋とも橋軸方向の支承の移動量の照査を満足していなかった。耐震補強設計のポイントはこの移動量をどのような方法で抑制するかであり，斜張橋の規模や構造特性により対策が異なる。このため，本文は規模の異なる3つの斜張橋の耐震補強設計について比較し，考察する。

2. 橋梁概要・耐震性能照査結果

3橋の橋梁一般図と耐震性能照査結果の概要を図-2に示す。

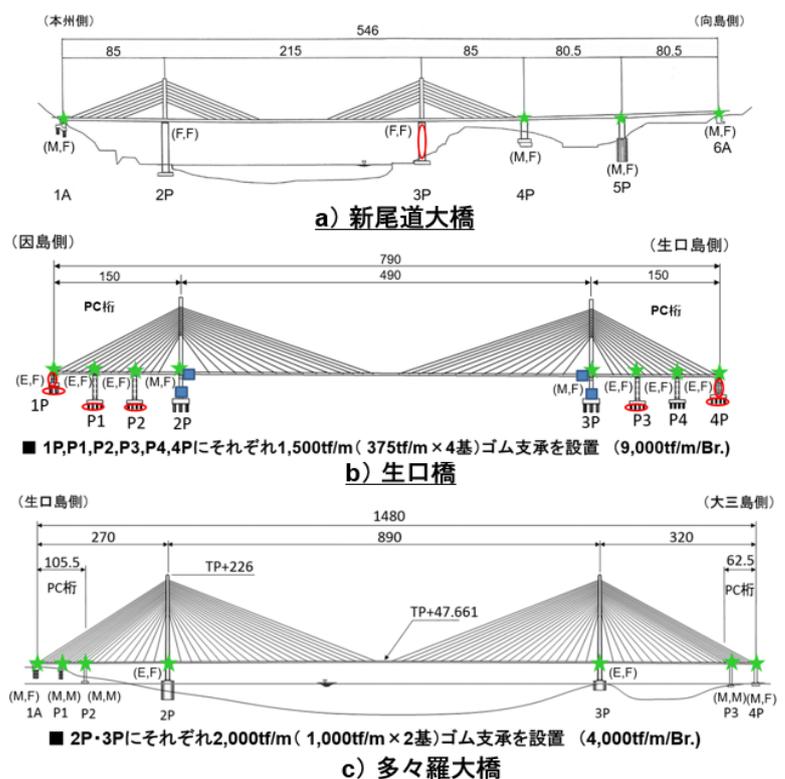
1) 新尾道大橋

5径間の新尾道大橋は，3径間が斜張橋で2径間がボックス桁で，これらの2つの構造を剛結し連続化している。また，主塔部の橋脚は中空のコンクリート製で高橋脚

のためフレキシブルな構造となっている。なお，主桁の両端はアバットとなっている。耐震性能の照査



図-1 橋梁位置図



※ 支承条件：(○, ○)内は橋軸方向，橋軸直角方向の順で記述。F：固定，M：可動，E：弾性固定。

凡例：★：支承の耐力もしくは変位の超過（多々羅大橋1A, 4Pは大型伸縮装置の損傷を含む）
○：橋脚もしくは基礎杭の耐力超過 ■：鋼部材の降伏

図-2 橋梁一般図・耐震性能照査結果の概要

キーワード 耐震照査，耐震補強，斜張橋，本州四国連絡道路

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本州四国連絡高速道路（株） TEL 078-291-1070

表-1 3 橋の耐震補強設計の概要

	新尾道大橋	生口橋	多々羅大橋
橋梁形式	5径間連続鋼箱桁斜張橋	3径間連続複合箱桁斜張橋	3径間連続複合箱桁斜張橋
共用年月	1999年5月	1991年12月	1999年5月
架橋位置	尾道市：本州側～向島	尾道市：因島～生口島	生口島(尾道市)～大三島(今治市)
橋長	(m) 546	790	1480
支間割り(太字：中央支間長)	(m) 85+ 215 +85+80.5+80.5	150+ 490 +150	270+ 890 +320
上部工重量(主桁+主塔+ケーブル)	(ton) 10,731	36,051	66,676
桁重量	(ton) 10,242	30,953	49,876
橋軸1次固有周期(遊動円木)	(sec) 1.527	3.787	7.549
桁最大移動量	(m) 0.571	0.858	1.514
衝突力	(kN) 58,598	75,995	183,241
ダンパー最大速度	(m/s) -	1.25	1.59
耐震補強の概要	1A、6A： 主桁の両端に衝突ゴムを設置	1P：ダンパー設置：2000kN×2(700mm) P1：ダンパー設置：2000kN×3(600mm) P4：ダンパー設置：2000kN×3(600mm) 4P：ダンパー設置：2000kN×2(700mm) 1P：アラミド繊維巻立て	2P：ダンパー設置：2000kN×4(950mm) 3P：ダンパー設置：2000kN×4(950mm) P1,P2,P3,4P:ストッパー(せん断パネル)設置 4P隣接高架橋側に変位制限装置を設置
備考	・高架橋部を連続化(剛結) ・主桁の両端はアバット	・隣接高架橋有り(両側)	・離接高架橋有り(大三島側) ・大型伸縮装置(移動量：±950mm)を使用

の結果、支承の耐力や移動量の許容値を満足していなかった他、3Pの橋脚のせん断耐力が満足していなかった。

2) 生口橋

3径間連続複合斜張橋であり、側径間がPC構造となっており、支承条件は橋脚(1P, P1, P2, P3, P4, P5)で弾性固定をしている。照査の結果、支承の耐力や移動量の許容値を満足していなかった他、1P, P1, P2, P3, P5の橋脚や杭基礎で耐力の許容値を満足していなかった。また、主桁の塔付き部や主塔の基部の一部で鋼部材が降伏していた。

3) 多々羅大橋

3径間連続複合斜張橋であり、側径間の一部がPC構造となっており、支承条件は主塔部(2P, 3P)で弾性固定をしている。また、伸縮量が大きいためから1A, 4Pで大型の伸縮装置(ローリングリーフ、伸縮量:±950mm)を使用している。照査の結果、本体構造に損傷はなかったが、支承・大型伸縮装置の耐力や移動量の許容値を満足していなかった。

3. 耐震補強設計

3橋の耐震補強設計の概要を表-1に示す。

1) 新尾道大橋

新尾道大橋は主桁の両端にアバットが控えており、緩衝ゴムを設置し、主桁の橋軸方向の移動を抑制することにより、耐震性の全ての照査項目を満足した。

2) 生口橋

耐震補強設計としては、1P, P1, P4, 4Pに2000kN

の粘性ダンパーを合計10基設置し橋軸方向の移動量を抑制し、更に1Pをアラミド補強することとした。なお、この補強でも主桁や主塔にごく微小な領域で降伏域が残るが、橋梁全体としては線形挙動をすることから許容することとした。

3) 多々羅大橋

多々羅大橋では大型の伸縮装置を使用しており、伸縮装置が壊れると復旧が困難なことや、この部分の衝突力が約180,000kNもあり、隣接高架橋を押し出す可能性があることから、地震時の橋軸方向の移動量を抑制することとした。粘性ダンパーのみでは移動量を抑制し切れなかったため、ストッパーも併用した。粘性ダンパーの最適な設置規模を複数ケースで試算した結果、2000kNの粘性ダンパーを2P, 3Pにそれぞれ4基ずつ計8基設置することにした。ストッパーへの衝突力の合計は約60,000kNであり全体の衝突力の約1/3を負担している。

4. 3橋の耐震補強設計の比較

橋梁規模が大きくなるに従い重量が増え、橋軸1次震動(遊動円木振動)の固有周期が長くなり、橋軸方向の移動量や衝突力が大きくなり、耐震補強の規模も大きくなる傾向にある(表-1)。新尾道大橋についてはアバットへの衝突効果を見込むことにより補強規模を小さくでき、多々羅大橋については粘性ダンパーとストッパーを併用することにより現実的な補強規模とすることができた。