

国道51号 神宮橋
橋脚の損傷に関する調査検討委員会

とりまとめ

平成26年 3月

国道51号神宮橋 橋脚の損傷に関する調査検討委員会

はじめに

国道５１号（現道）の神宮橋は、北浦（鰐川）に架かる橋長９５０ｍの単純ＰＣプレテンＴ桁橋（７６連）からなる道路橋で、昭和３５年に供用されたものである。

神宮橋は、東北地方太平洋沖地震後の緊急点検（平成２３年４月、７月）において、損傷が確認されたが、通行制限などの緊急対応を必要とするものではないと判断された。しかし、平成２５年１月の定期点検において、一部の橋脚に緊急点検（平成２３年７月）の時点では確認されなかった新たなひびわれが確認されたことに加えて緊急点検（平成２３年７月）で確認した損傷の一部に進展が確認された。

神宮橋は、１日１万５千台の交通が通過し、鹿行地域の交通を支える重要な橋梁であるため、供用安全性の確保をはじめその適切な管理は、道路管理者としての重要な責務である。

これらの背景を踏まえ、「国道５１号 神宮橋 橋脚の損傷に関する調査検討委員会」（以下、委員会という）は、東北地方太平洋沖地震により被災した神宮橋の安全性、並びに補修・補強及び更新等の今後の方策等に関する調査検討について、国土交通省 関東地方整備局 常陸河川国道事務所が、道路橋の専門家等から技術的指導・助言を受けることを目的に設立したものである。

平成２５年８月７日の設立以来、これまでに３回の委員会を開催し、神宮橋の損傷状況の把握とその原因や耐力推定等について調査検討を実施し、これにより、供用安全性の評価、並びに補修・補強及び更新等の方向性について一定の整理がされたことから、委員会の検討結果をとりまとめたものである。

目 次

はじめに	0
1. 委員会検討経緯	1
2. 神宮橋の概要	2
(1) 神宮橋について	2
(2) 位置図	3
(3) 一般図	4
(4) 設計	5
(5) 工事・補修等の履歴	5
(6) 橋梁点検等の履歴	6
3. 調査検討とりまとめ	7
3.1 橋脚の損傷調査結果について	7
3.2 損傷要因及び損傷要因の推定について	8
(1) 損傷要因として考えられる事象	8
(2) 損傷要因の推定について	8
3.3 供用安全性の評価について	10
3.4 補修・補強及び更新等今後の方向性について	11

1. 委員会検討経緯

神宮橋において確認された損傷を踏まえて、当委員会は以下の検討を行った。

- ・ 神宮橋の供用安全性の評価
- ・ 補修・補強及び更新等の方向性を検討
- ・ その他、委員会の目的を達成するために必要な事項の検討
 - ・ 損傷状況の把握とその原因の推定

第1回検討委員会：平成25年8月7日

議題

1. 神宮橋に関するこれまでの経緯
2. 現地における損傷状況の把握
3. 当面の供用安全性確保案について
4. 今後の調査・検討について

第2回検討委員会：平成25年12月9日

議題

1. 神宮橋のひびわれ損傷の状況
2. 損傷要因と耐力の推定
3. その他

第3回検討委員会：平成26年3月13日

議題

1. 復旧方策（補修・補強及び更新等）について
2. 供用安全性の確保策について
3. その他

2. 神宮橋の概要

(1) 神宮橋について

北浦（鰯川）を渡河する一般国道51号の神宮橋（竣工時は「神宮大橋」の呼称）は、茨城県により建設され昭和35年（1960）に竣工したもので、供用開始から既に50年以上が経過している。

国道51号の渡河断面では、2車線の神宮橋と、隣接して暫定2車線供用されている鹿嶋バイパスとを合わせて4車線断面が構成されており、日断面交通量約2万7千台のうち神宮橋は約1万5千台の交通を分担している。

上部工は、単純PCプレテンT桁橋76連（支間11.9m、桁長12.46m）、下部工は、2柱式ラーメン橋脚75基、基礎工はケーソン基礎から構成されており、上部構造が全て短支間の単純構造で連数が多いことにより全体の橋長が950mに及ぶ長大橋梁である（写真2.1参照）。



写真 2.1 神宮橋の全景（潮来市側→鹿嶋市側望む）

橋脚は、図1.1に示すように、竣工当時は車道2車線で供用していたが、昭和62年（1987）に下り線側（山側）に歩道橋が増設されている。歩道橋は、既設橋脚より張出したプレキャストのコンクリートブラケットにより支持された構造であり、コンクリートブラケットはPC鋼材により既設橋脚の隅角部に定着されている。

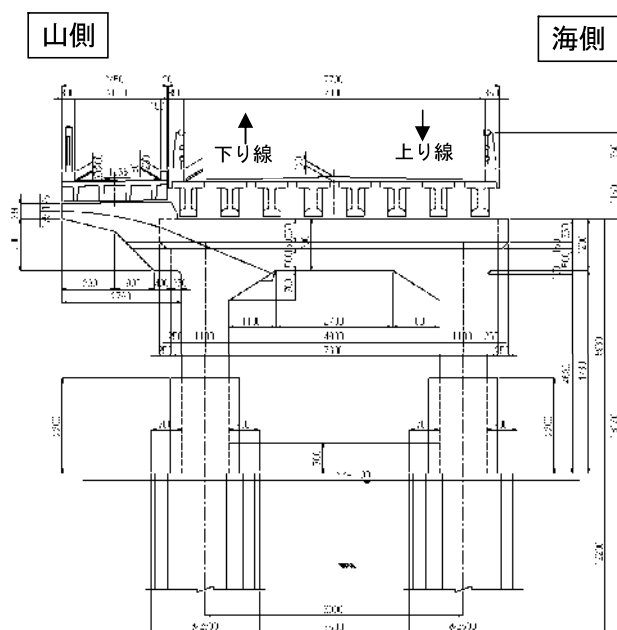


図 2.1 P34正面図（潮来市側→鹿嶋市側）



写真 2.2 側面（P51-P52：山側）



写真 2.3 P52正面図
（潮来市側→鹿嶋市側）

(2) 位置図

所在地：茨城県潮来市～鹿嶋市



図 2.2 神宮橋位置図



写真 2.4 神宮橋平面写真

(3) 一般図

神宮橋 現況一般図

※本とりまとめでは、A2側を「鹿嶋側」A1側を「潮来側」と称す
また、歩道のある側（上流側）を「山側」歩道のない側（下流側）を「海側」と称す

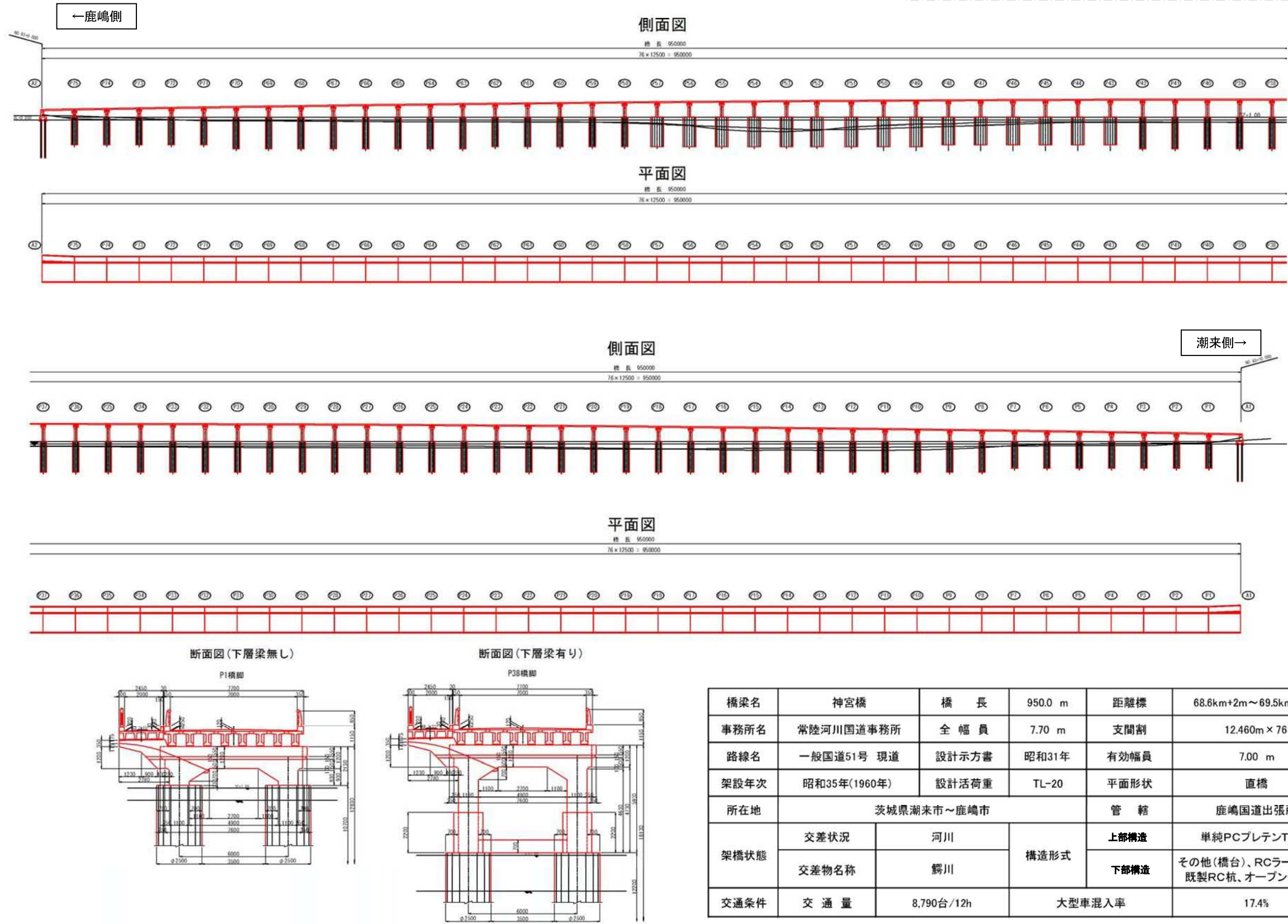


図 2.3 神宮橋一般図

(4) 設計

神宮橋の当初の設計計算書は残存していないが、文献「道路橋大鑑 昭和 36 年 10 月 30 日発行」から、当初設計に用いた基準を推定すると以下となる。

項 目	推定適用基準
橋の等級、活荷重	1956（昭和 31）鋼道路橋設計示方書
コンクリート上部構造	1956（昭和 31）土木学会コンクリート標準示方書
下部構造	－（基準なし）
耐震設計	1956（昭和 31）鋼道路橋設計示方書

(5) 工事・補修等の履歴

供用以降の工事・補修等の履歴について表 1.1 に示す。

- ・神宮橋は、供用開始後約 54 年が経過している。
- ・神宮橋は、供用期間中に作用荷重が大きく変更となる歩道橋の設置が行われた他、落橋防止装置の設置や支承交換などの補修等の工事が行われている。

表 1.1 供用以降の工事・補修等の履歴

施工年（月）	工事・補修・補強内容	
昭和 35 年 (1960 年 12 月)	竣工	橋長 950m、上部工：単純 PC プレテンT桁橋 76 連 下部工：2 柱式 RC ラーメン橋脚、ケツ基礎 75 基
昭和 60～62 年 (1985 年～1987 年)	歩道設置工事	既設橋脚にプレキャストのコンクリートブラケットを PC 鋼材でラーメン隅角部に定着
	橋脚補強工事	P15～P61 の RC 巻き立て補強
昭和 60～62 年 (1985 年～1987 年)	高欄取替え工事	橋梁全線の高欄取替え
平成 12 年 (2000 年)	伸縮装置取替え工事	埋設型から鋼製荷重支持型へ取替え
平成 12・13 年 (2000・2001 年)	落橋防止装置設置工事	縁端拡幅、変位制限（橋軸・橋軸直角）、落橋防止装置(PC ケーブル)
	支承本体の取替え工事	金属支承からゴム支承への更新
平成 15 年 (2003 年)	高欄取替え・塗装補修工事	高欄の部分取替え 高欄塗装塗り替え
平成 23 年 (2011 年 4 月)	東北地方太平洋沖地震後の緊急工事	A1 及び A2 橋台部の段差擦付け

(6) 橋梁点検等の履歴

道路管理者の記録から確認できる橋梁点検の経緯を表 1.2 に示す。

表 1.2 橋梁点検等の履歴

年月 (日)	点検種別	橋脚の 点検方法	点検方法の概要・補足 ⇒：点検によるひびわれの確認状況
平成 16 年 2 月 1 日	定期点検 (初回)	実施は不明	点検車にて上部工点検記録はあるが、 橋脚の点検実施は不明
平成 19 年 11 月 8 日 12 月 7 日	定期点検 (2 回目)	近接目視	定期点検要領に準じた点検 ⇒橋脚の PC 定着部などの一部に損傷を確認 ⇒柱部・下層梁の「ひびわれ」、「変形・欠損」は確認されていない。
平成 23 年 3 月 11 日	東北地方太平洋沖地震(神宮橋：震度 5 強、気象庁鉢形：震度 6 弱)		
	異常時巡回	実施していない	地震後の道路巡回：車上から橋上の目視点検と損傷箇所の徒歩による目視点検 ⇒交通に支障をきたす路面異常なし (A 1・A 2 橋台部に数 cm の段差確認)
平成 23 年 4 月	緊急点検	遠望目視	下部工について交通への支障の有無の観点から護岸より変状を確認 ⇒交通に支障をきたす下部工の変状なし
平成 23 年 7 月	緊急点検	遠望目視 近接目視	船上からひびわれなどの損傷の有無について確認、柱下部や下層梁は近接目視 ⇒ 柱部、下層梁に「ひびわれ」を確認
平成 25 年 1 月 21 日	定期点検 (3 回目)	近接目視	定期点検要領による点検 ⇒下層梁、支承本体、伸縮装置、床版に「変形・欠損」を確認 ⇒ 柱部、下層梁に「ひびわれ」を確認 箇所が増加したことから経過観察とする
平成 25 年 7 月 22 日 ～23 日	臨時点検	近接目視 遠望目視	第 3 回定期点検において、損傷が著しい橋脚の柱部・下層梁を中心に「ひびわれ」の性状の変化を点検、柱上部や柱外側面など近接できない箇所は遠望目視 ⇒ 15 橋脚中、7 橋脚において「ひびわれ」が前回より開いている状況を確認
平成 25 年 7 月 30 日	国土技術政策総合研究所及び(独)土木研究所による現地確認		
8 月 7 日 8 月 26 日	調査検討委員会委員の現地確認		
平成 25 年 9 月 11 日 10 月 7 日	詳細調査	近接目視 遠望目視	ひびわれ測定位置をマーキングして計測、柱上部や柱外側面など近接できない箇所は遠望目視 ⇒下層梁ではひびわれの進展が見られたが、 柱部では柱部のひびわれの進展傾向は見られない

※点検方法：近接目視：ひびわれの有無、性状を触れられる程度まで近接して目視（計測）確認、
遠望目視：ひびわれの有無、性状を触れられない程度で遠から目視確認（遠方は双眼鏡目視）

3. 調査検討とりまとめ

3.1 橋脚の損傷調査結果について

主に橋脚柱部のひびわれと橋脚（橋）の変形に着目して、損傷の状況把握とその原因究明のため、道路管理者により調査・検討が実施されている。また、これらとは別に委員会としての現地調査が行われている。

これらの調査の結果、神宮橋に生じた主な損傷及び変状については以下のことが確認または推定された。

- ① 橋脚には過去の地震が原因と疑われるひびわれが多数生じており、それらの一部は少なくとも東北地方太平洋沖地震以降にも進展している。
- ② 一部のケーソン基礎で不同沈下（沈下と山側へ傾斜）が生じている。
- ③ 路面には、基礎の不同沈下や橋脚のひび割れに起因すると考えられる線形や縦横断の不整がみられるものの、これらは通行に支障をきたすまでには至っていない。また、伸縮装置に遊間異常が生じている。
- ④ 橋脚は、柱部で7 5 基中6 7 基、下層梁部で5 5 基中5 5 基にひびわれが生じている。
- ⑤ ケーソン基礎の不同沈下が主たる要因と推定される橋脚の沈下は、中央付近の径間が両端に比べて沈下・傾斜が大きく、山側の車道地覆天端で平成13年時点と比べ最大約15cm沈下し、路面の橋軸直角方向の傾斜は車道地覆天端の差で最大約8cm生じている。
- ⑥ 橋脚のひびわれが多く発生している部位は、柱上部であり、柱中間部や下部は上部と比較して少ない。また、山側と海側とで比較した場合は、海側柱で発生が顕著である。
- ⑦ 橋脚柱部のひびわれ幅は概ね3mm以下であり、下層梁部のひびわれ幅は柱部より大きく最大8mm程度であり、一部でかぶりコンクリートの剥落がある。
- ⑧ 橋脚柱部のひびわれはその性状から、曲げモーメントにより発生する曲げのひびわれであり、せん断破壊により発生する斜めひびわれは見られないことから、常時において橋脚の軸力保持機構に問題が生じている可能性は低いと考えられる。
- ⑨ 損傷のある橋脚は、ひびわれ損傷の程度により「損傷の大きい橋脚」（16基）と「損傷の軽微な橋脚」（55基）の2つに大別できる。
 - ・ 損傷の大きい橋脚は、柱上部、下層梁両端部及び海側柱の海側面全域にひびわれが生じ、相対的にひびわれ範囲が広いまたは最大ひびわれ幅が中位（0.2～0.3mm）以上であり、中でもP50橋脚付近の橋脚は他に比べひびわれ損傷が著しい。
 - ・ 損傷の軽微な橋脚は、柱上部または下層梁両端部にひびわれが生じ、相対的にひびわれ数が少なくかつ最大ひびわれ幅が小さい（0.2mm未満）。
- ⑩ 橋脚の損傷が生じたのは、平成19年の定期点検から平成23年7月の緊急点検の間であること、及びこの間に神宮橋で震度5弱以上が観測されたのは東北地方太平洋沖地震の本震及び最大余震のみであることから、東北地方太平洋沖地震の本震または最大余震により発生した可能性が高いと考えられる。
- ⑪ また、平成25年1月～7月の定期点検と臨時点検により一部の橋脚でひびわれの進展※を確認したが、平成25年8月以降の常時観測や詳細調査では、ひびわれと不同沈下に進展は見られない。なお、この間に震度5弱以上が観測されるような大きな地震は生じていない。（※ひびわれの「進展」の性状には、幅の開口、長さの延伸、箇所が増加がある。）

3.2 損傷要因及び損傷要因の推定について

(1) 損傷要因として考えられる事象

コンクリート部材にひびわれの発生及び進展が生じる要因としては、主に材料、施工、使用環境・環境条件、構造・外力が考えられ、本橋の橋脚では最も大きな影響を与えるものとして外力が挙げられる。

外力は、地震力、基礎の不同沈下によるもの、温度変化、活荷重、死荷重が挙げられる。

基礎の不同沈下（沈下・傾斜）の発生要因として、液状化に伴う支持力低下による沈下と圧密沈下が挙げられ、傾斜は、歩道橋の増設による偏心荷重、大規模地震の影響、液状化に伴う地盤の流動化、地盤の不均等性が挙げられる。

(2) 損傷要因の推定について

1) ひびわれ損傷が生じた要因の推定

これまでの調査・検討結果を踏まえて、確認された事項に基づき、ひび割れの要因を推定した。

- ① **材料、施工**については、橋脚躯体の出来形が、竣工図と概ね一致しており、品質は所定のコンクリート強度が確認されたことから、使用材料、建設当時の施工がひびわれの要因である可能性は低い。しかし、丸鋼を用いた構造物は異形鉄筋を用いた構造物に比べひびわれの発生が局所化する傾向があることから、鉄筋に丸鋼を使用していることがひびわれ発生後に作用する外力に対して異形鉄筋が用いられた場合と比べると、よりひびわれを延伸・開口させた可能性は考えられる。
- ② **使用環境・環境条件**については、常時監視によりひびわれ幅の微少な変動が確認されたものもあることから、活荷重や温度などの常時の使用環境や温度変化などの環境条件は既に開口しているひびわれに開閉が生じる程度の影響を与えうる条件であると考えられる。
- ③ **外力**（死荷重、活荷重、不同沈下、地震力）については、解析等により求めた各荷重の載荷による断面力と調査により確認されたひびわれを対比することで、それらとひび割れの関係性について推定した。その結果、地震力と不同沈下は、それだけでも確認されているひび割れを発生させる程度の影響があることが確認された。一方で、死荷重、活荷重がひび割れ発生の主因である可能性は低いと考えられる。しかし、活荷重は部位によっては既に発生しているひびわれ幅を開閉させる可能性があり、死荷重の偏心は山側と海側の柱に作用する軸力に差異を生じさせ不同沈下の要因にもなることから柱部のひびわれ発生に差異を生じさせた可能性がある。
- ④ **地震力の影響**について、解析の結果、東北地方太平洋沖地震によりひびわれが発生する可能性がある箇所と実際に生じている箇所が概ね一致していることから、橋脚の柱上部、下層梁端部、海側柱の巻立て直上に生じたひびわれは、この地震力が主たる要因である可能性が高い。また、橋脚は丸鋼鉄筋が使われており、ひびわれが生じた箇所が弱点となり、その後の地震がひびわれを進展させた可能性が高い。
- ⑤ **不同沈下の影響**について、解析の結果、橋脚の海側及び山側柱の海側面のほぼ全面に生じたひびわれは不同沈下の状況によっては概ね実際に生じている箇所に発生しうることが確認された。そのため、これが主たる要因である可能性が高い。また、柱上部及び巻立て直上部においては、地震力によるひびわれ発生箇所と重複しているため、いずれの要因によるのかを推定することは困難であったが、それぞれの要因によって生じたか、いずれかの要因で生じたものが他方の要因によって進展した可能性が高いと考えられる。

2) 不同沈下が生じた要因の推定

これまでの調査及び検討結果を踏まえて、確認された事項に基づき、不同沈下の要因を以下に推定した。

- ① **不同沈下が生じた要因**は、神宮橋のケーソン基礎側方地盤の一部や支持地盤が砂質地盤で、中程度の強度の地震動（道路橋示方書のレベル1地震動、以下「レベル1地震動」という）でも液状化が生じる可能性があることから、液状化により神宮橋の支持地盤やケーソン基礎の側方地盤剛性が著しく低下したことが影響した可能性が高い。また、地盤の液状化により低下した地盤剛性が回復する前にさらに地震動が作用すると不同沈下を進展させる可能性がある。
- ② **神宮橋の支持地盤下位の圧密層**は過圧密状態であることから、圧密沈下により不同沈下が生じた可能性は低い。
- ③ **歩道橋の増設**は、液状化により神宮橋の支持地盤の地盤剛性が低下した場合やその状態で地震動が作用した場合、死荷重が偏心して載荷されているため橋脚を山側に傾斜させる要因となり得ると考えられる。
- ④ **大規模地震の影響**は、大きな地震力によりケーソン基礎底面の地盤反力が増加し、液状化により許容地盤反力が大幅に低下すると、基礎底面の地盤反力が許容地盤反力を大きく超過することが不同沈下の要因となった可能性が高い。
- ⑤ **液状化に伴う地盤の流動化**については、周辺地形が平坦であり、流動化が生じた形跡も確認されないことから、その発生の可能性は少なく、橋脚を傾斜させた要因ではないと考えられる。
- ⑥ **橋軸直角方向の地盤の不均等性**は、最も顕著な不同沈下や橋脚のひびわれが見られる橋脚の一つであるP51橋脚において、地形・地層の傾斜や地盤特性に大きな差は見られないことから、この場所では橋脚を傾斜させた要因となる可能性は低い。他の箇所については未確認でありその傾向は不明である。

3) ひびわれ性状が橋脚により違うこと等の要因の推定

同形式・同支間の単純構造が類似形式の下部構造により支持されているにも関わらず、神宮橋ではひびわれ性状が橋脚により異なっている点もみられる。また、解析によって推定したひびわれの発生と実橋で確認したひびわれの発生の状況には一致しない点もある。これまでの調査・検討結果を踏まえて、確認された事項に基づき、その要因を以下のように推定した。

- ① **P50橋脚付近のひびわれ損傷が他の橋脚と比較して著しいこと**についての要因としては、当該箇所付近には耐震設計上の基盤の不整形部があると考えられ、その影響によって他の箇所に比べて大きな地震動が作用した可能性があることや、相対的に大きな不同沈下が生じたことが考えられる。
- ② **橋軸方向のひびわれが確認されないこと**について、今回の解析では、東北地方太平洋沖地震により橋脚が終局※を超えてかぶりコンクリートの剥落や鉄筋のはらみだしなどの著しい損傷状態となる可能性があったが、柱基部の巻立て直上部に正負交番の曲げモーメントにより生じたと考えられるひびわれは殆ど確認されなかった。考えられる要因としては、支承がパッド型ゴム支承であり、また上部構造も変位制限装置に衝突した痕跡も認められていないことから、実際には本解析で評価されるレベルの上部構造の慣性力が作用しなかった可能性や、橋軸直角方向の柱上部のひびわれ損傷が先行し、その損傷箇所が弱点となり柱基部まで損傷が至らなかった可能性が考えられるが、今回の検討では明確にすることができなかった。（※終局の定義は、最外縁鉄筋位置のコンクリートの圧縮ひずみが最大応力時のひずみに達した時）

- ③ 橋軸直角方向のせん断ひびわれが生じていないことについて、今回の解析では、東北地方太平洋沖地震により曲げ破壊に先行してせん断破壊に至る可能性があったが、柱上部にせん断力により生じたと考えられるひびわれは確認されなかった。柱部材のせん断挙動はばらつきがあり、地震による作用も設計における耐力評価式の条件とは必ずしも一致しないことから、結果的に本橋が受けた地震力の影響ではせん断耐力に達することがなかった可能性が考えられる。

3.3 供用安全性の評価について

神宮橋は、橋脚の不同沈下やひび割れの発生、これらに伴う路面縦横断の不整、伸縮装置部での遊間異常が確認されているものの、小規模な地震や温度などによる変状の進展は見られていない。そのため現時点ではある程度の供用安全性は確保されているものと考えられる。一方で、大規模地震の発生の可能性は否定できないなど、今後の供用については、想定される外力等の条件に対して期待される性能を推定し、復旧方策等、今後の方向性を検討することが重要と考えられる。そのため、これらの検討の参考とできるために、損傷を考慮した橋脚の耐力を推定し、現在の損傷状態でさらに地震動が作用した場合にどのような損傷状態となるかを解析等により推定した。

出来形・品質、配筋、ひびわれ及び不同沈下等、神宮橋の部材と生じた損傷を踏まえて解析により損傷を考慮した橋脚の耐力を推定した。なお、損傷を考慮した耐力の推定において、不同沈下で生じたラーメン構造の橋軸直角方向面内のせん断変形による残留応力が耐力に大きく影響していると考えられるが、このせん断変形の状態を定量的に推定することができなかったため、残留応力は安全側に配慮して設定している。また、下層梁については、コンクリートの剥離を伴う大きな損傷が見られるため、柱との結合部については曲げモーメントを伝達しないものとした。

解析の結果、不同沈下による残留応力により、損傷の著しい橋脚では、東北地方太平洋沖地震前と比較し耐力が大きく低下（終局に至るまでの吸収エネルギーが橋軸方向、橋軸直角方向ともに5割程度に低下）している可能性がある。

次に、神宮橋が、現状の損傷状態でさらに東北地方太平洋沖地震と同程度の地震動や中程度の強度の地震動（レベル1地震動）、さらには東北地方太平洋沖地震を超える大きな地震動を受けた場合の損傷状態を推定した。

- ① 再度、東北地方太平洋沖地震において神宮橋に作用した地震動と同程度の地震動を受けた場合に、橋軸方向では、今回の損傷状況から推定し、上部構造の慣性力を考慮しない場合には曲げ破壊による終局には至らない可能性がある。一方、上部構造の慣性力を考慮した場合には曲げ破壊による終局に至る可能性がある。
- ② 橋軸直角方向では、今回の損傷状況から推定し、せん断破壊が生じないと仮定した場合には曲げ破壊による終局には至らない可能性がある。一方、倒壊につながる可能性があるせん断破壊を生じる可能性があるため、これらを防止するためには、安全性に配慮して脆性的なせん断破壊型からじん性の期待できる曲げ破壊型に移行するようなせん断補強を行うことが必要である。
- ③ ケーソン基礎の損傷状態については、損傷が蓄積するよう東北地方太平洋沖地震の地震動と不同沈下を2回作用させてもケーソン基礎そのものに大きな損傷が生じないことを確認した。
- ④ また、中程度の強度の地震動（レベル1地震動）までの影響では、ひび割れ等が進展する可能性はあるものの、橋全体が致命的な状態になるような大きな変状が生じる可能性は低い。

- ⑤ また、東北地方太平洋沖地震において神宮橋に作用した地震動を超える大きな地震動の影響をうけるなどにより、基礎の支持地盤や周辺地盤が液状化した場合、橋軸方向に上部構造と橋脚に大きな変状を生じる可能性がある。またケーソン基礎の支持地盤が液状化した場合にケーソン基礎がどのような影響を受けるのかについては推定が困難であり、不確定要因として残る。

3.4 補修・補強及び更新等今後の方向性について

今回の調査・検討により確認された事項と、現在の神宮橋の利用状況及び神宮橋が架橋後50年以上経過した老朽橋であることを踏まえ、神宮橋は以下のような状態であると考えられる。

- ① 常時に対しては、橋脚の軸力保持機構は保たれており、地震等の影響を受けない限り突然供用安全性が損なわれるような状態となる可能性は低い。
- ② 地震時においては中程度の強度の地震動に対しては致命的な状態となる可能性は低い、東北地方太平洋沖地震において神宮橋に作用した地震動と同程度以上の地震動に対しては、更なる損傷の進展や拡大、あらたな変状の発生によって致命的な状態に至る可能性がある。
- ③ しかしながら、要因推定や解析検討において明確にできなかった点も多く、実際にどの程度の強度の地震動で損傷が進展し、どのような変状が今後生じるのかは現時点の推測には大きな不確実性が含まれる。
- ④ 本橋を補修補強することにより、健全性の回復、機能向上を図るにあたっては、水中部の基礎の耐震補強が技術的に困難であることや、使用されている材料や配筋構造、施工品質などにも不明な点が残ること、供用後既に50年以上経過しており劣化の進行も見込まれることなどについても考慮することが必要である。

このようなことから、神宮橋の補修・補強及び更新等の方向性について、以下の通り提言する。

- I. 神宮橋の復旧方策としては、現橋を補修・補強する以外に、架替えによる更新についても選択肢として検討することが適当である。
- II. 架替えによる更新を計画する際に、架替えまでのあいだ神宮橋の供用を継続する場合は、道路利用者の安全が確保されるよう補修・補強等の対策を行うことが適当である。
- III. 今回の調査検討結果を踏まえ、ひびわれ及び不同沈下については調査を継続し、地震とそれに起因した液状化による変状を把握することが適当である。

また、現橋の供用継続が、新設橋を整備するまでの限定的なものであることを前提に、道路利用者の安全を確保するための補修・補強等の具体的な検討にあたって、以下の通り提言する。

- イ) 限定的な供用下における耐震性能の目標を定め、必要な補修・補強対策を検討・実施するのがよい。
- ロ) 異常時の被災に備えて管理体制の強化を図るとともに、道路利用者の被災リスクの低減を図る対策を実施するのがよい。
- ハ) 神宮橋付近に設置された地震計の観測記録は、今回の要因推定にあたって非常に有益なデータとなった。今後もこの地震計による観測を継続し記録を有効活用するのがよい。

これらの提言の具現化にあたっては、例えば、以下のような対策が考えられる。

提言のイ) に対応する対策

- a) 東北地方太平洋沖地震において神宮橋に作用した地震動と同程度の地震動が再度作用しても今回と同程度の被災に留められる**補修・補強**
- b) 大きな地震動に対する被災状態を想定し、大きな変状が生じても落橋に至らないような**落橋・倒壊対策の強化**

提言のロ) に対応する対策

- c) カメラ映像及び各種計測機器を用いた監視等による**管理体制の更なる強化**
- d) 神宮橋の現交通を鹿嶋バイパス（新神宮橋）へ誘導・転換させる**交通流動対策**