

明石海峡大橋伸縮装置の補強

本州四国連絡橋公団 正 奥田 基
 本州四国連絡橋公団 正 弓山 茂樹
 本州四国連絡橋公団 正 池田 秀継

1. はじめに

明石海峡大橋のリンク式道路伸縮装置（以下「伸縮装置」と略す）のユニバーサルジョイント取付部（以下「取付部」と略す）の基部において、微細な塗膜割れの変状が多数発生した。その原因は、伸縮装置の繰り返し伸縮挙動に伴って取付部の基部に、設計上未考慮の繰り返し応力が発生していることが原因と想定された。このため、詳細な伸縮装置の挙動調査を実施し、その結果、取付部基部に繰り返し応力が発生し、その応力は長期的に疲労損傷を及ぼす可能性があることが判明したため、補強方法を策定し、補強工事を実施した。これらの原因調査、補強方法とその効果の検証評価を行ったので、その経緯・結果について報告する。

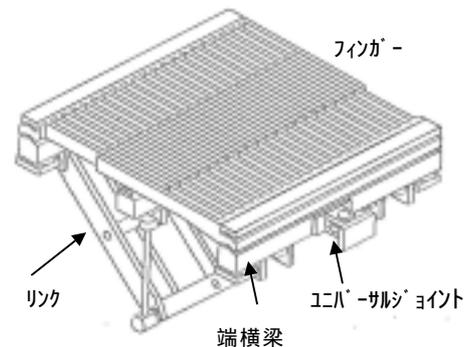


図 - 1 伸縮装置鳥瞰図

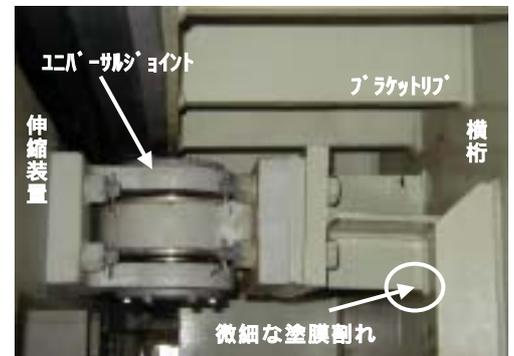


写真 - 1 変状発生位置

2. 伸縮装置構造と発生変状

伸縮装置(図-1)は、補剛桁の伸縮移動に対応する伸縮装置であり、その設計移動量は、最大1450mmという大きな設計伸縮量となっている。点検において、伸縮装置取付部のブラケットの付け根部等に、微細な塗膜割れ変状(写真-1)が発見された。

3. 伸縮装置挙動調査

1) 調査方法

伸縮装置の挙動や取付部ブラケットに発生する応力と風・活荷重等との因果関係を明確化するため、散水車(軸重合計200kN)による動的載荷試験及び1ヶ月にわたる長期応力頻度測定を実施した。

2) 調査結果

活荷重による影響

活荷重が伸縮装置のフィンガーの端支点上を通過時に、取付ブラケットに応力が発生する。その応力は衝撃的に発生し、その大きさは、活荷重の走行位置に依存する。端横梁が下方に変位することに伴い、ユニバーサルジョイントのヘッドも下方に変位するため、取付ブラケットには曲げ応力のみが生じる。取付ブラケット基部の疲労損傷度は交通量に起因し、強風の日を除けば鋼床版の損傷度との相関が見られる(図-2)。

短周期伸縮(強風時)による影響

強風時に、伸縮装置には10秒程度の短期伸縮挙動が生じることが判明した。この伸縮挙動は、
 キーワード：長大吊橋、リンク式伸縮装置、塗膜

連絡先：〒655-0852 兵庫県神戸市垂水区名谷町 549 TEL078-709-1296 FAX078-709-1427

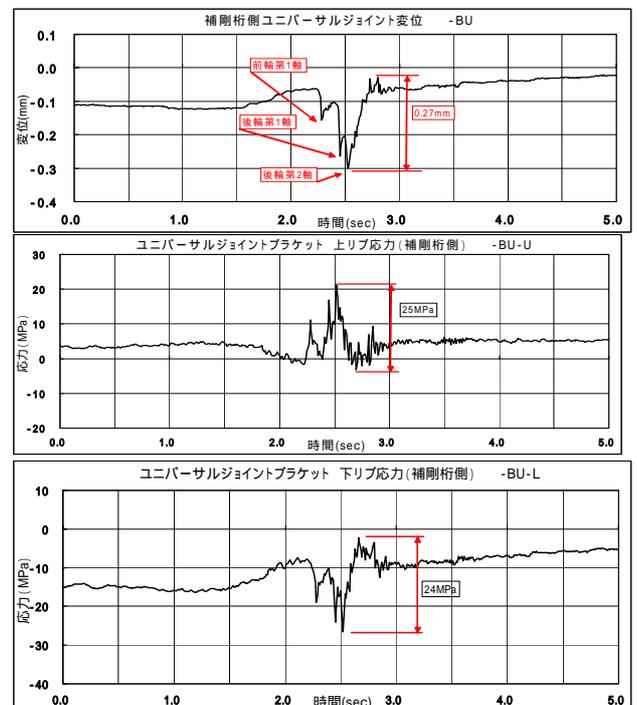


図 - 2 活荷重による応力測定結果

石海峡大橋主径間の低次の固有振動モードと考えられ、この挙動では、伸縮挙動に合わせて、ユニバーサルジョイントに回転挙動が生じ、取付ブラケットには曲げ応力のほか、軸力も生じる。この短期伸縮による応力の発生頻度は、強風の発生状況に起因するため、常時応力が発生するわけではないが、強風発生期間中は、短周期で取付ブラケットに応力が発生するため、疲労損傷度への影響は大きいものと考えられる。

疲労損傷の可能性

長期応力頻度測定より得られた1日あたりの平均疲労損傷度から、取付ブラケット溶接継手の疲労等級をF等級とした場合の疲労寿命を試算した。この結果、疲労寿命は、渡り桁側取付ブラケット下リが最も短く、約15年程度という結果になった。

4. 補強方法の検討

活荷重、強風等による伸縮装置の挙動によって、取付ブラケットは、今後10数年で疲労損傷を生じる危険性が高いことが確認されたが、その原因となる外力を制御して、発生応力を小さくすることは不可能である。このため、取付ブラケットの断面を補強し、ブラケットに発生する応力を低減させる補強方法を検討した。また、補強方法の選定は、補強効果、経済性の他に現場は非常に狭隘な箇所であるため、施工性を重要視し、取付ブラケットの補強構造は、箇所当たり4分割した部材を設置する方法を選定した。

表 - 2 応力発生要因一覧

ブラケット応力発生要因	発生原因	ブラケットに作用する外力	ブラケット下リ発生応力	ユニバーサルジョイント変位	発生頻度	疲労損傷度への影響
活荷重	活荷重の通過	曲げ	20~40N/mm ² (20tf車通過時)	0.2~0.4mm	大	大
長周期伸縮	"	軸力+曲げ	20~40N/mm ²	0.8~1.0mm	小	中
短周期伸縮	強風	軸力+曲げ	40N/mm ² (風速5m/s)	0.8~1.0mm	中(強風時)	大
日変化伸縮	温度変化	不明	不明	不明	1回/日	殆ど無し

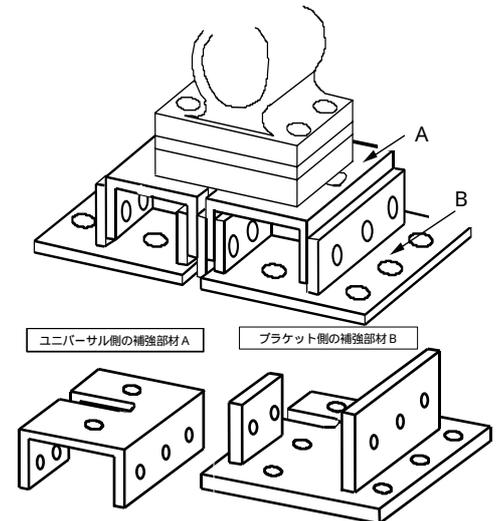


図 - 3 補強構造概略図

5. 補強工事

塗膜割れの発生箇所である主塔中央径間について、補強部材の取付工事を実施した。取付工事は、交通規制を行わずに、現地ブラケットに孔あけした後、高力ボルトを用いて補強部材を取り付けた。

6. 補強後の効果計測

1) 調査方法

補強部材取付により、挙動調査実施同一箇所での計測が出来ないため、再度補強前後の計測を実施した。このため、補強前は補強部材取付後でボルトを緩めた状態とし、補強後は、補強部材取付後で高力ボルトを本締めした後の状態とした。測定方法は挙動調査と同様に散水車を用い、活荷重通過時における取付ブラケット発生応力を動的測定を行うこととした。

2) 調査結果

取付ブラケットの補強前後の発生応力を比較した結果、取付ブラケットの上リに発生する応力を40~70%程度低減が確認され、その結果から、ブラケットの疲労寿命を試算した結果、疲労寿命は、補強前の10数年から90年以上という結果になった。

7. まとめ

伸縮装置取付部に塗膜割れ変状を発見され、その原因究明と対策工を実施した。その補強後の効果確認の結果、大幅な応力低減が確認され、取付部の疲労寿命は飛躍的に延びる結果を得た。その結果から、伸縮装置取付部の補強は、有効な補強対策であることが確認された。現在、変状発生箇所について順次補修工事を実施であり、構造の健全性は向上したが、応力発生原因の活荷重、風による挙動を制御が困難であり、疲労寿命の試算がある程度誤差を含むこと及び、変状発生時に利用交通に与える影響が大きいことから、今後も、同部位を最重要点検箇所と位置付け、部材等の細かな変化・変状にも注視していくことが重要である。

表 - 4 補強効果計測結果

	ブラケット上リ 応力 (N/mm ²)		ブラケット下リ 応力 (N/mm ²)
	渡り桁側	補剛桁側	渡り桁側
H13調査	18.8	24.6	23
補強前	20	26.6	8.8
補強後	11.6	7.4	4.6
/	0.58	0.28	0.52