

浮体橋(夢洲～舞洲連絡橋)の疲労設計

大阪市道路公社 正員 丸山忠明 大阪市建設局 正員 川村幸男
日立造船(株) 正員 武田純男 川崎重工業(株) 正員 土屋昌義

1. はじめに

夢洲～舞洲連絡橋(仮称)は、大阪市臨海部に建設中の我国で最初の本格的浮体橋である。図-1に本橋の全体一般図を示す。浮体橋は、通常の固定橋と異なり、風・波により生じる動揺現象が設計上の重要課題の一つであり、動揺による構造物の疲労についても慎重な検討が要求された。しかしながら、動揺現象を対象とした疲労照査については明確な基準がなく、独自に疲労検討を行った。ここでは、本橋の構造物の中でも動揺による影響が最も大きい係留部の反力壁を例に疲労設計について述べる。

2. 疲労設計手順

反力壁は、風・波により動揺する浮体橋を係留用ゴムフェンダーを介して水平支持する構造物であり、設計を支配する荷重はフェンダー反力となっている。反力壁の疲労設計フローを図-2に示す。

疲労検討では、まず風及び波の発生頻度を求めて風条件と波条件の組み合わせ毎に実施した30分間の動揺シミュレーションからフェンダー反力の時刻歴応答を求めた。

次にフェンダー反力と照査箇所の応力との関係から時刻歴応答を用いて応力頻度分布を求め、各組み合わせ条件毎の発生頻度と耐用年数(50年)における応力頻度分布を基に疲労安全性の照査を行った。

3. 応力頻度分布の算出

(1) 風波発生頻度の設定

風及び波の発生頻度分布は各々日本気象協会による架橋近辺の35年間観測データをワイブル分布で近似して設定した。この時、本橋の耐用年数(50年)に対して設定された100年

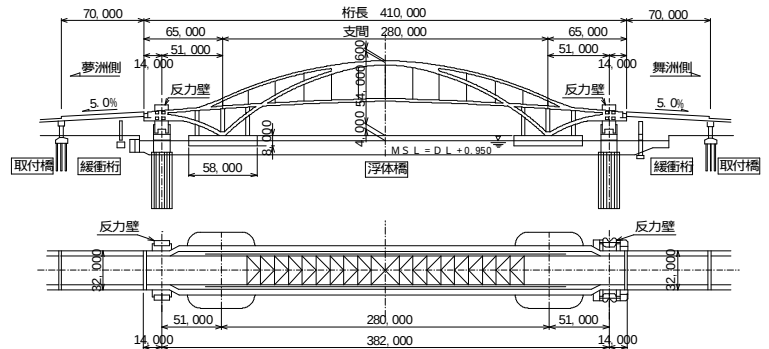


図-1 夢洲～舞洲連絡橋(仮称)一般図

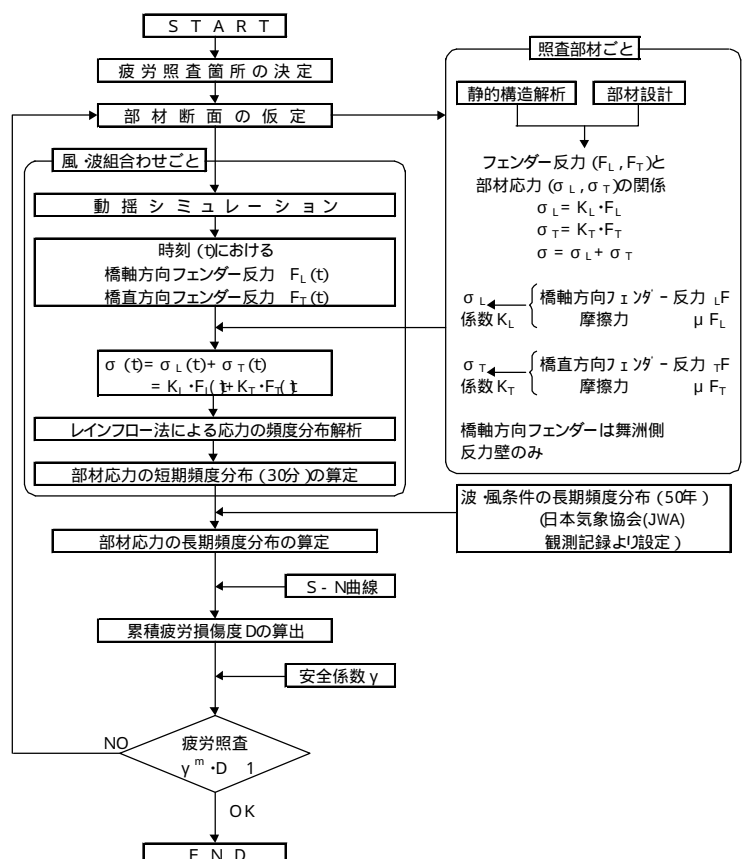


図-2 反力壁の疲労設計フロー

キーワード：浮体橋、浮体構造物、動揺、疲労

連絡先：〒674-0155 兵庫県加古郡播磨町新島8番地 TEL 0794-35-8413 FAX 0794-35-0249

再現期待値に相当する設計風速 ($V_{10} = 42\text{m/s}$) や設計波高 ($h_{1/3} = 1.4\text{m}$: 現地波高) との整合性を考慮し、100 年間 (876000 時間) に 1 時間の割合でこれらの風速や波高が発生するものとしてワイブルパラメータを設定した。

(2) 風と波の組み合わせ条件の設定

動揺現象は風条件(風向・風速)と波条件(波向・波高・波周期)の組み合わせから推定することが可能である。まず風向と波向の各々を橋軸方向と橋軸直角方向の 4 方向域に分類し、各風向毎に 5m/s 又は 10m/s 毎の風速範囲に区分して(1)のワイブル分布から各風条件毎の発生頻度を算出した。次に各風条件(風向・風速)に対して発生頻度が同じ波高範囲(波向 = 風向)を求めて風と波の組み合わせ条件を設定した。

(3) 応力頻度分布の設定

(2)の風と波の組み合わせ条件毎に 30 分の動揺シミュレーションを実施して、フェンダー反力の 30 分時刻歴応答を求めた。次にこれを反力壁設計で求められたフェンダー反力と照査部材発生応力の関係から、応力の 30 分時刻歴応答に変換した。更にこれからレインフロー法を用いて 30 分間の応力頻度分布を求め、各組み合わせ条件毎の発生頻度と耐用年数(50 年)から設計寿命 50 年の長期応力頻度分布を設定した。

4 . 疲労照査

疲労照査に当たっては、「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」(日本鋼構造協会)に準拠して累積疲労損傷度により評価した。照査結果の例として照査箇所を図-3 に、それに対応する反力壁溶接部における判定を表-1 に示す。これにより、反力壁に関して波浪及および風による疲労に対する安全性に問題ないことを確認した。

なお、浮体橋本体の主部材においては動揺と走行車両の 2 つの要因による疲労照査を別途実施したが、動揺による発生応力が反力壁に比べて小さいこと、疲労が問題となる活荷重と風・波浪により断面決定されている部材が各々異なり、疲労の重ね合わせによる問題はほぼ存在しないことから、疲労上問題ないことを確認した。

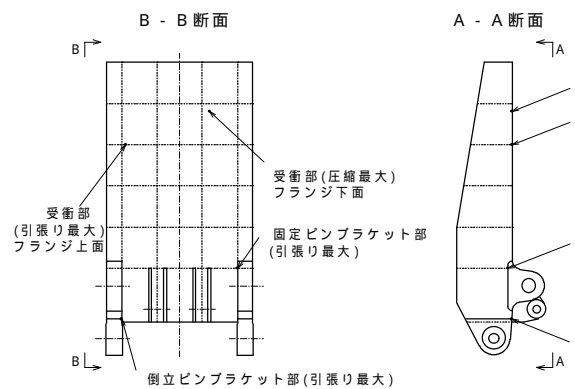


図 - 3 反力壁(夢洲側)の疲労照査箇所

表 - 1 反力壁の疲労照査結果

疲 労 照 査 箇 所		疲労 曲線 m	200万回 応力範囲 σ (MPa)	応力 係数 C_R	板厚 係数 C_T	許 容 応力範囲 σ_R (MPa)	部分安全係数 $\gamma = \gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i$	累 積 損傷度 D	$D \cdot \gamma^m$ 1	判 定
夢 洲 側	受 衝 部 (圧縮最大)	3	80 (E等級)	1.0	1.0	80	1.25	0.095	0.186	OK
	受 衝 部 (引張り最大)	3	80 (E等級)	1.0	1.0	80	1.25	0.104	0.203	OK
	倒立ピンブラケット部 (引張り最大)	3	100 (D等級)	1.0	0.8	80	1.25	0.119	0.232	OK
	固定ピンブラケット部 (引張り最大)	3	100 (D等級)	1.0	0.8	80	1.25	0.136	0.265	OK
舞 洲 側	受 衝 部 (圧縮最大)	3	80 (E等級)	1.0	1.0	80	1.25	0.048	0.093	OK
	受 衝 部 (引張り最大)	3	80 (E等級)	1.0	1.0	80	1.25	0.053	0.103	OK
	倒立ピンブラケット部 (引張り最大)	3	100 (D等級)	1.0	0.8	80	1.25	0.090	0.176	OK
	固定ピンブラケット部 (引張り最大)	3	100 (D等級)	1.0	0.8	80	1.25	0.108	0.210	OK

5 . おわりに

本稿では、夢洲～舞洲連絡橋(仮称)の疲労設計について係留部反力壁を例にとり検討手順と照査結果を述べたが、浮体橋を初めとした浮体構造物の風・波に起因する動揺現象を対象とした疲労設計手法としても一つの提言が出来たと考える。しかしながら本検討に当たっては、膨大な量の動揺シミュレーションの実施が必要であり、浮体構造物のより一層の普及を促すには、より簡便な疲労照査手法の確立が求められると考える。本検討がその一助となれば幸いである。

参考文献 1)丸山忠明・川村幸男・他,夢洲～舞洲連絡橋(仮称)の計画と設計(上),橋梁と基礎,1998.2,PP.15-24
2)丸山忠明・川村幸男・他,夢洲～舞洲連絡橋(仮称)の計画と設計(下),橋梁と基礎,1998.3,PP.27-36