

第 I 部門

連続ポンツーン型浮体橋の合理的設計法に関する研究

京都大学大学院
京都大学工学部
京都大学大学院

正会員 ○宇都宮智昭
上田 英司
フェロー 渡邊 英一

1. はじめに

コンクリート製ポンツーンを連続させて、その甲板を道路として用いる形式の連続ポンツーン型浮体橋は、既に米国で多くの実績があり、また我が国でも検討実績があるが、波浪作用によって生ずる断面力の推定にあたっては、簡易的方法によっているのが実情である。現状、我が国の検討例では、ミューラーの式による事が多いと思われるが、厳密には浮体橋の弾性応答の影響を考慮することが必要である。

そこで、連続ポンツーン型浮体橋の波浪作用による断面力の合理的算出法の開発を目的として、ミューラーの式による解析法¹⁾、浮体動揺を剛体として考慮した二次元理論による解析法^{2), 3)}、ならびに浮体を FEM 弾性はりとしてモデル化し、流体力には断面二次元での値を用いるストリップ法を用いる方法の3つの解析法によって断面力をそれぞれ求め、それらの適用性について比較検討する。

2. 動揺解析

長さ 100m、幅 19.7m、喫水 6m、高さ 7.42m の矩形断面のポンツーンを対象とし、これが 20m の一定水深の海域に係留されている場合を考える。緩係留を想定し、解析は自由浮体に対しておこなう。ただし、長軸方向の動揺(Surge)は拘束されているものとする。浮体の長軸に対する入射角 $\alpha = 45^\circ$ のときの、浮体の Sway, Heave, Roll 方向の応答値を、□ FEM 解析値、○特異点分布法による三次元厳密計算、◆二次元理論計算により求めた値をそれぞれ図 1～図 3 に示す。(グラフの縦軸は応答値 z/λ 波振幅 λ 、ただし、Roll 応答はラジアン値、横軸は周波数 f (Hz)) 図 1 及び図 2 において、周波数が低くなると応答値は波振幅 λ に近づいている。また、図 3 において、周波数が低くなると応答値は 0 に近づいている。これらの応答値結果より、長周期の波が入射する際、浮体は波の動きと同調している。これは周波数領域における浮体動揺の基本的特徴を表している。

二次元計算は簡易的な方法にも関わらず、ほぼ厳密計算と似た傾向となっており、概略検討には十分に用いられる。また FEM 解析値は弾性影響により二次元計算と異なった値となっているが、ほぼ妥当と考えられる応答値となっている。

3. 断面力の比較

浮体の長軸に対する入射角 $\alpha = 45^\circ$ のときの、周波数が変化した場合と、周波数が $f = 0.1$ [Hz] において浮体の長軸長さが変化した場合について、◆FEM 解析値、■ミューラー式での計算値、▲二次元理論により縦曲げモーメントの最大値を求めた。

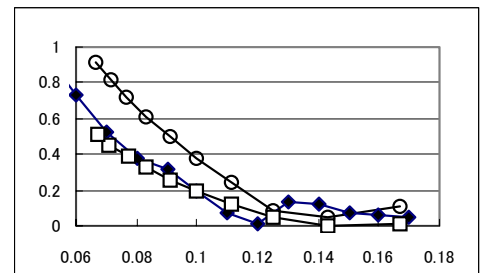


図 1 Sway 応答値

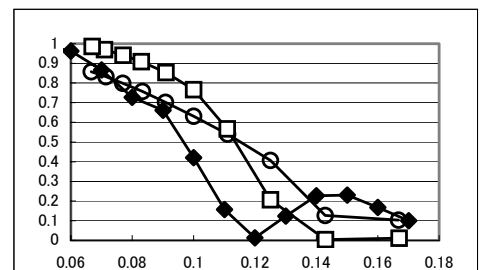


図 2 Heave 応答値

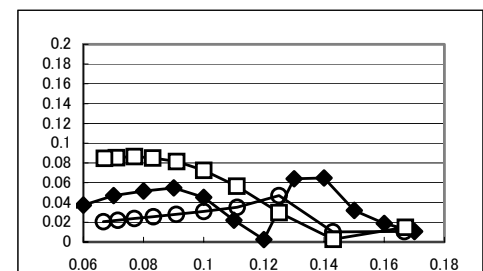


図 3 Roll 応答値

試験体の中央部を載荷した。支持条件は図－2に示す4辺単純支持と図－3に示す2辺単純支持とし、2辺単純支持の支点間隔は鋼床版のUリブの幅 320mmを参考とした。載荷は、所定の荷重の負荷と除荷を3回繰り返すことにより行った。

4. 実験結果

FRP格子筋による補強効果(分散効果+補剛効果)は、荷重と荷重載荷点直下の変位及びデッキプレートに生じるひずみを計測して、荷重－変位曲線及び荷重－ひずみ曲線の初期接線剛性等を評価・比較することにより行った。ここでは、前者の結果のみ報告する。

4辺単純支持の場合、舗装面を上にして実験した場合の荷重と変位の関係を図－4に示す。荷重－変位の関係は、2回目、3回目の結果がほぼ同じであったので2回目の結果を採用した。同図より荷重－変位曲線の傾き(初期接線剛性)を求め、FRP格子筋で補強した場合の荷重－変位曲線の傾きを無補強の場合と比較する(剛比を求める)と、舗装面を上にして載荷した場合、中間補強(M)、下面補強(B)の何れの場合でも、無補強(N)の場合よりも傾きが大きく(剛性が高く)、大きな補強効果を得ていることが確認された。

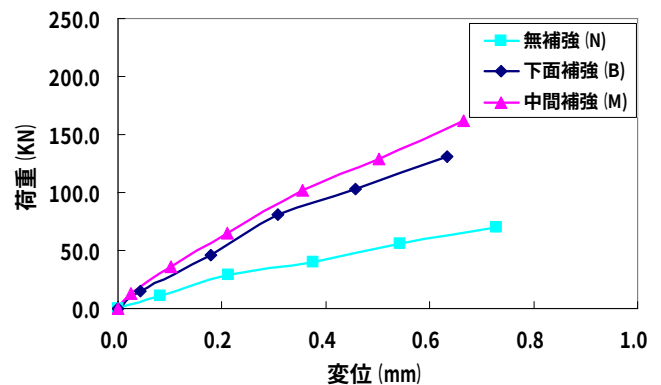
一方、舗装面を下にした場合の荷重と変位の関係を図－5に示す。M、Bの何れもNより若干傾きが大きく、補剛効果が認められるが、4辺単純支持の実験結果から、分散効果の方が大きいことが示された。尚、図－4、図－5より、この実験の範囲内では、Mの方がBよりも効果が若干大きいことが示された。

つぎに、2辺単純支持で舗装面を上にして試験した場合の荷重と変位の関係を図－6に示す。Mは、Nと比較して、変位約 0.25mm を境に傾きが大きくなっている。これは、支点周辺の舗装部が荷重の増加とともに変形が増大した影響を受けたものと考えられる。したがって、載荷点直下の変位からこの影響を差し引いた変位を用いて評価すべきであり、今後の課題と考える。なお、舗装面を下にした場合(図－7参照)、Mは、Nより傾きが大きくなっている。若干不明な点は残るものの、この場合でも4辺単純支持の場合と同様に大きな補強効果があるものと推察される。

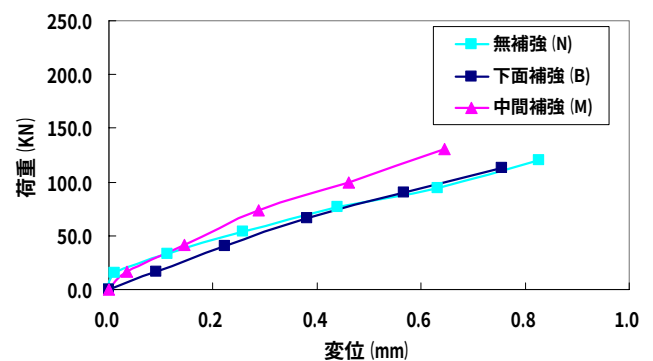
5. まとめ

FRP格子筋を用いた新しい舗装構造を提案し、鋼床版の舗装構造として採用した場合の補強効果をモデル試験体の曲げ載荷実験を通して確認し、大きな補強効果が得られることを明らかにした。

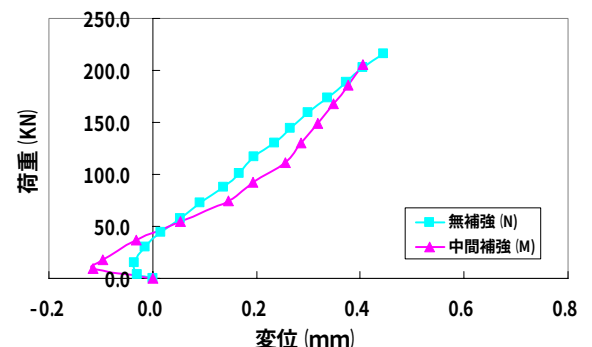
参考文献 1)吉川直志他：Uリブを用いた鋼床版の疲労損傷事例、土木学会第57回年講、2002



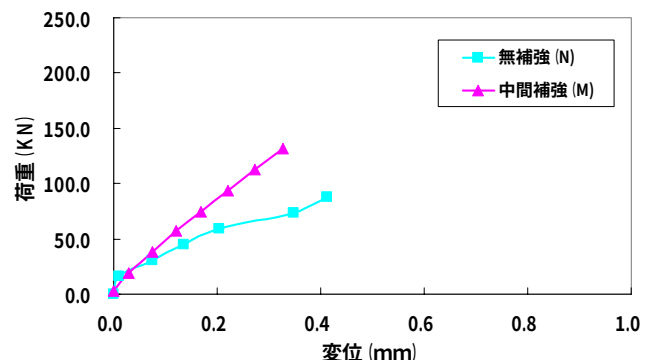
図－4 荷重－変位曲線(4辺単純支持+舗装面上)



図－5 荷重－変位曲線(4辺単純支持+舗装面下)



図－6 荷重－変位曲線(2辺単純支持+舗装面上)



図－7 荷重－変位曲線(2辺単純支持+舗装面下)