

II - 26

非線形不規則波浪による大規模栈橋式構造物の波浪応答解析

新日本製鐵（株）		萩原 政弘
清水建設（株）	正会員	大山 巧
同 上	正会員	本島 禎二

1. はじめに

近年、海上空港などを対象とした栈橋式の大規模海洋構造物が提案されている。港湾施設としての栈橋式構造物では、通常、非線形規則波による耐波設計が行われている。しかし、大規模栈橋式構造物では、長さが1,000m 以上にもなるため、各杭に作用する波力の位相差が設計上重要となり、又、波浪応答解析の際には波の不規則性まで考慮した実際の波浪に近い入射波を用いる必要があると思われる。

本報告では、このような観点にたち、線形不規則波および非線形不規則波に対する大規模栈橋式構造物の動的応答解析の結果について考察する。

2. 解析手法

本ケーススタディーでは、図-1に示すように地中に打込まれた各杭が天端において鋼桁で連結されたラーメン構造物を対象に2次元波動場での時間領域の応答解析を行った。解析モデルは、全体構造の一部として、幅150m、杭列数10列（杭径1.4m）とした。入射波には、有義波周期 $T_{1/3}=9.5\text{sec}$ 、有義波高 $H_{1/3}=5.0\text{m}$ のブレットシュナイダー・光易型スペクトルに基づく150周波数成分を有する線形不規則波、およびこれらの成分波間の非線形干渉から得られる2次オーダーの拘束波を考慮した非線形不規則波を採用した。各杭に作用する波圧は、これら波動理論から得られる速度、加速度、水面変動量を用いて Morison 式により算定した。

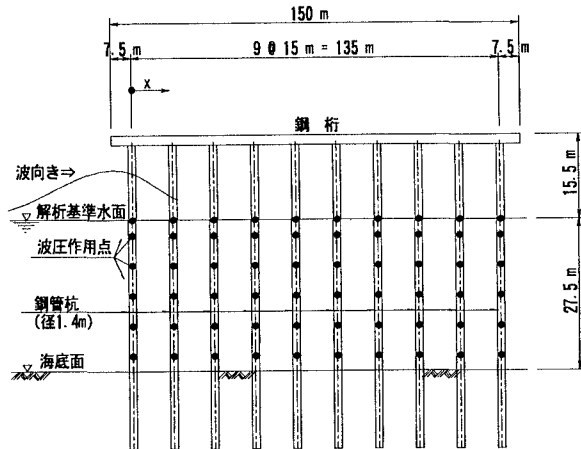


図-1 構造概要図

波の有限振幅性に対応した静水面から実際の水面位置までに作用する波圧については、その作用位置を時間的に変化させるのが望ましいが、ここでは構造解析モデルの制約上、静水面位置に集中荷重として作用させた。なお、非線形不規則波理論としては、現在までに4次オーダーまでの解¹⁾が導かれており、これを適用することは原理的に可能であるが、ここでは計算効率上の観点から、Sharma・Dean²⁾と同様に2次オーダーまでの非線形効果を考慮した。また、構造解析モデルとしては、点加振力を考慮できる2次元動的解析プログラム（SuperFLUSH）を用いた。

3. 解析結果

図-2は、 $x=0$ の位置の杭に作用する水平波力及び海底面回りのモーメントについて、時系列波形の一部を示したものである。波峰高が小さい部分では非線形波と線形波の場合でほとんど差がないのに対して、波峰高が大きくなると非線形波入力の結果の方が波峰の先鋭度が高くなり、波力・モーメントの解析値も大きくなっている。さらに、このような波の非線形効果は、水平波力よりもモーメントの波形に顕著に現れている。

キーワード：非線形不規則波、群杭構造物、波圧、波浪応答解析

〒105-07 港区芝浦 1-2-3 シバンス館 tel 03-5441-1111 fax 03-5441-0511

ることがわかる。これは、非線形解析の結果では、線形解よりも底面付近の波圧は小さくなる反面、水面付近では波圧が大きくなり、さらに有限振幅性の影響で静水面からより高い位置で波力が作用するためである。

図-3には、杭天端での変位および加速度の応答波形を示す。両者の波形とも構造物の固有周期（4.6sec）が卓越していることがわかる。図-2に示した波力波形とは異なり、これらの波形における非線形解析と線形解析の差は大きなピーク値付近だけではなく、応答の小さい部分を含めた波形全体に現れている。これは、各杭に作用する波力の位相差に起因すると考えられる。たとえば、ある杭に非線形性の強い波力が作用しても、他の杭にこれとは逆位相の波力が作用すれば、構造物全体の応答は小さいが非線形性の影響は顕著に現れる。また、各杭に非線形性の弱い波力が同じ位相で作用する場合には、構造物全体の応答は大きくなるが、非線形性の影響は小さい。

4. おわりに

非線形不規則波に対する大規模栈橋式構造物の応答解析を行い、波の非線形性の及ぼす影響について考察した。今後、これらの結果に対する統計処理を行い、詳細な検討を進めていく予定である。

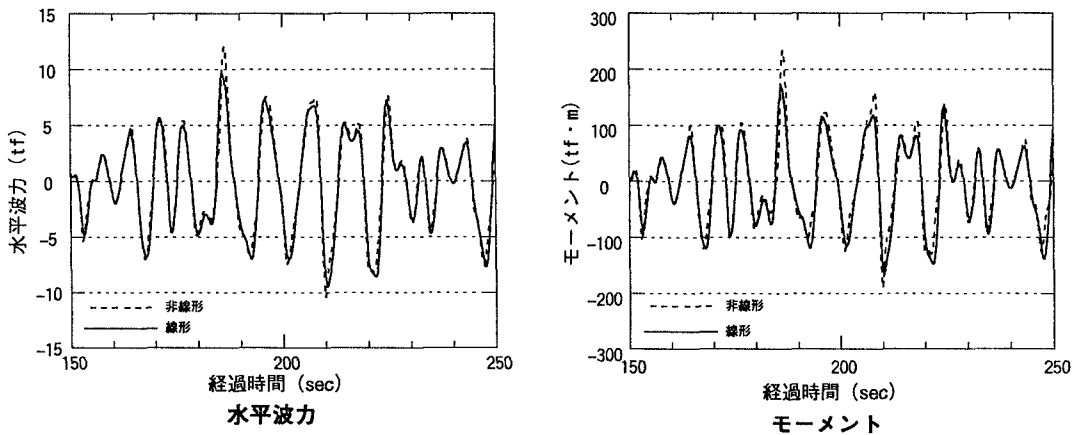


図-2 水平波力、海底面回りのモーメントの応答波形

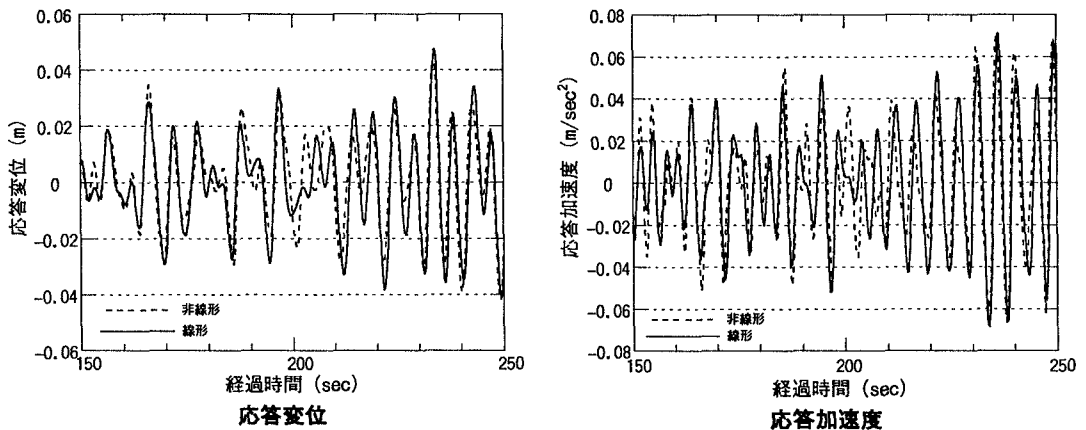


図-3 杭天端での変位、加速度の応答波形

参考文献：1) Ohyama, T. et al., : Fourth-order theory for multiple-wave interaction, Coastal Eng., No. 25, pp. 43-63, 1995. 2) Sharma, J. & Dean, R. G. : Second-order directional seas and associated wave forces, 11th OTC, No. 3645, 1979.