

II-427 水中トンネルの係留方法と張力特性

西松建設(株) 正会員 ○水野 晋 五洋建設(株) 正会員 国栖広志
 北海道開発局 開発土木研究所 正会員 水野雄三
 北海道大学 正会員 山下俊彦 北海道大学 正会員 佐伯 浩

1. はじめに： 著者らは、噴火湾をケーススタディーとした水中トンネルの水理模型実験を実施し、高波浪下におけるトンネルの動揺特性、作用波力および係留索張力の特性等について検討を加えてきた。その結果、適当なトンネル比重や係留 γ °を選択することによって、高波浪下においてもトンネルの安定性の確保が十分可能であることを確認した¹⁾。しかし、係留 γ °やトンネル比重の条件によってはトンネルの変位が著しく生じること、係留索に「たるみ」が生じその結果としてスナップ荷重が発生すること等の問題点も明らかにされた²⁾。本報では、新しい係留 γ °（C'' γ °およびD γ °）を追加提案し、規則波実験よりトンネルの水平加速度および係留索張力の基本特性について考察するとともに、スナップ荷重の発生に対する抑制効果の有無を明らかにする。

2. 実験概要： 水理模型実験は、北海道開発局開発土木研究所の大型造波水槽（85m^L×1.6m^B×3.0m^H）を用いて実施した。噴火湾の自然条件、水中トンネルの構造諸元、各種水理量の計測方法並びに実験データの解析方法については前報³⁾と全く同一であり割愛する。

今回新たに追加した水中トンネルの係留 γ °は、図-1に示すような2種類である。すなわち、C''-30 γ °は係留索角度がC'-30 γ °と同じ30°係留であるが、係留索の固定点が水平から斜め60°下方に位置する点および外側係留索の延長線がトンネル中心となるように設定されている点が異なっている。一方、D γ °は、C'-30 γ °の内側係留索の海底床側の固定点を外側係留索の固定点と一致させたために係留索角度が48.3°となり、水平方向に対してC'-30 γ °よりも大きな拘束力を有する係留 γ °であるといえる。

3. 実験結果および考察：

(1) 固有周期および減衰定数： 自由振動実験の結果より、両 γ °の固有周期は1.2秒、平均の減衰定数は0.025であることが確認された。

(2) 変位、加速度および係留索張力の時系列波形： ここで用いられたトンネル口径および比重はそれぞれ23.0m および0.70である。また、波浪条件としては周期を一定（T=14.9 s）とし、波高をパラメータとして変化させている。

図-2は、C''-30 γ °に関する水平加速度の時系列波形を示したものである。波高の増加に伴い高周波成分の波形が現れやすくなることが確認される。図-3はC''-30 γ °の係留索張力の時系列波形である。波高が小さい場合（H=5.5m）、正弦波に近い内側係留索の時系列波形も、波高の増大とともに非線形な張力波形となっていく傾向が読み取れる。特に、外側係留索と内側係留索とでは、変動張力の大きさが異なっている点がC''-30 γ °の大きな特徴である。

図-4は、D γ °に関する水平加速度の時系列波形を示している。波高の増加に伴い水平加速度波形にも高周波成

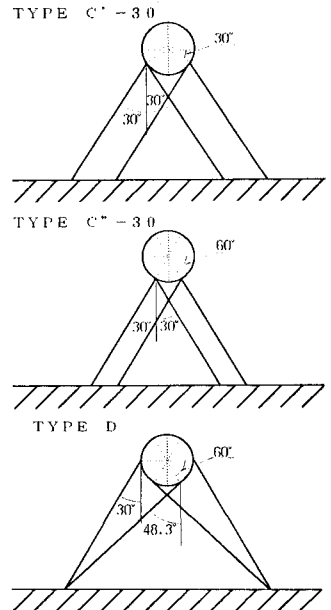


図-1 新しい係留 γ °

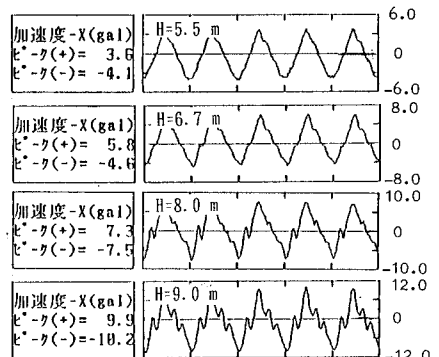


図-2 水平加速度波形（C''-30 γ °）

分の波形が出現している。一方、波高 $H=5.9\text{m}$ の係留索張力波形は正弦波に近い形状を呈している。さらに、波高値レベルが設計波高 $H_{max}=18.6\text{m}$ 以上になっても、Dタイプ7の係留索張力波形には多少の短周期波成分が見られるものの、スラック状態の発生が認められないことが明らかとなった(図-5参照)。なお、両係留タイプの水平方向の変位は、Aタイプと比較すれば十分に小さい。

4. おわりに: 以上より、得られた結果を整理すると次のようになる。

- (1) 外側係留索と内側係留索の変動張力の大きさが異なるC"-30タイプでは、高波浪時にはスラック状態となる。
 - (2) Dタイプでは最小張力が減少してゼロに近い値となっても、係留索がスラック状態になりにくいことが分かった。
- すなわち、Dタイプはスナッフ荷重の発生に対する軽減効果を有した係留形式であると断言できる。しかし、2本の係留索を海底地盤の1地点で固定しているために、地盤反力の側面からは大きな技術的障害になることが予想される。

なお、本研究は(社)水中トンネル研究調査会の事務局および流体力研究小委員会参加各社のご指導のもとに行われたことを付記し、お礼申し上げます。

〈参考文献〉

- 1) 国栖広志、藤井利侑、水野雄三、佐伯 浩: 波浪作用下の水中トンネルの挙動に関する実験的研究、海洋開発論文集、Vol. 8、1992、pp. 487~492。
- 2) 国栖広志、水野 晋、水野雄三、山下俊彦、佐伯 浩: 高波浪下における水中トンネルの動揺および流体力特性、海岸工学論文集、第40巻、1993、pp. 881~885。
- 3) 水野 晋、国栖広志、水野雄三、山下俊彦、佐伯 浩: 水中トンネルに作用する波力特性、土木学会第48回年次学術講演会講演集、第2部、1993、pp. 878~879。

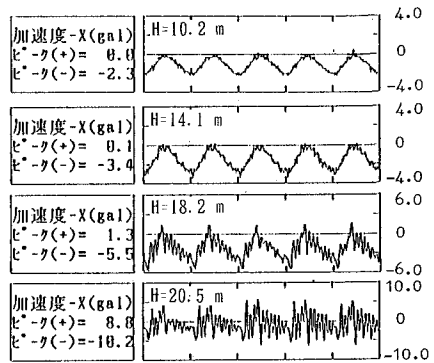


図-4 水平加速度波形(Dタイプ)

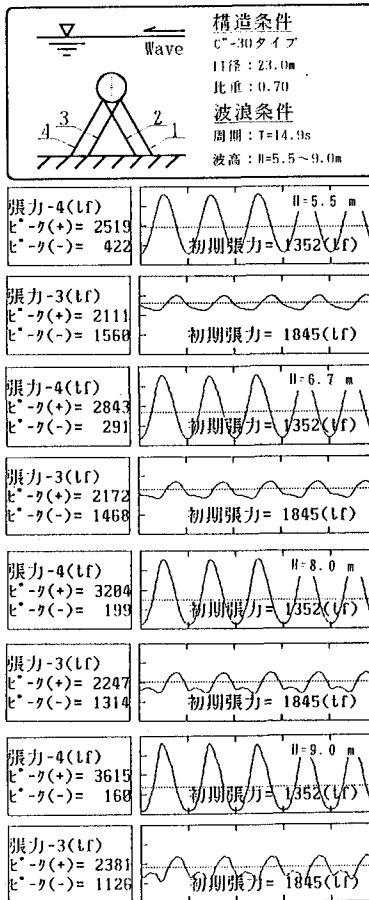


図-3 係留索張力波形(C"-30タイプ)

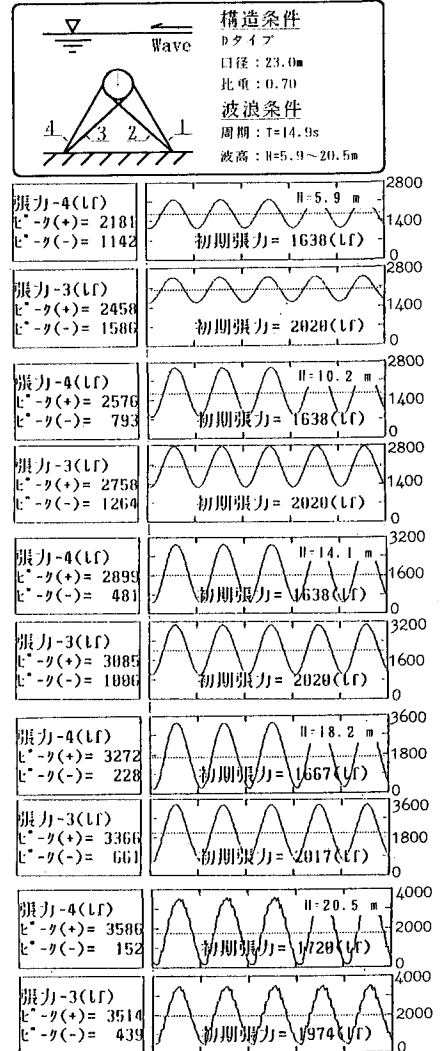


図-5 係留索張力波形(Dタイプ)