

平成 22 年 6 月 28 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2008 ～ 2009

課題番号：20860078

研究課題名（和文）

津波を想定した落橋防止ケーブルの設計に関する研究

研究課題名（英文）

Design of unseating prevention cable supposing tsunami

研究代表者

中尾 尚史（NAKAO HISASHI）

立命館大学・総合理工学研究機構・研究員

研究者番号：50514171

研究成果の概要（和文）：

これまでに沿岸域の国は津波によって幾度も被害を受けており、津波によって桁が流失する可能性が大いにある。しかし、橋梁構造物においては津波外力が橋梁に作用した場合の具体的な応答や流体力の特性は解明されていない。よって、本研究は、津波が橋梁に与える影響を検討する。そして橋梁に作用する津波外力の評価および落橋防止ケーブルの合理的な設計法を提案することを目的とする。実験では大学で作成した装置を用いて水理実験を行った。その結果、津波の高さと津波外力には一定の関係があることがわかった。また津波の速度から津波外力を算定することが可能であることもわかった。

研究成果の概要（英文）：

Bridges have not yet designed in consideration of tsunami force. This paper shows a relation between tsunami wave heights and tsunami forces by experiment. Tsunami wave heights was increased 100% compare in case of that there wasn't a bridge. Tsunami wave heights and tsunami forces showed linear relation. The force coefficients were almost constant during tsunami wave height.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,320,000	396,000	1,716,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,020,000	606,000	2,626,000

研究分野：耐震工学

科研費の分科・細目：構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：構造工学・耐震工学・流体力学・津波・橋梁・落橋防止ケーブル

## 1. 研究開始当初の背景

これまでに沿岸域の国は津波によって幾度も被害を受けてきた。その中で 2004 年 12 月に発生したスマトラ沖地震津波はインド洋沿岸 12 カ国で甚大な被害を受けた。また

橋梁構造物においても被害を受けた。日本も昔から津波の被害を受けてきたが、現在でも沿岸地域に多くの橋梁構造物が存在しており、津波によって桁が流失する可能性が大いにある。もし道路や橋梁が破壊されると被災

地への移動が困難となり、救助やその後の復旧に大きな影響を及ぼす。

これまでに堤防やビルに対しては研究がされており、それぞれの形状に応じた津波外力や、その設計基準が規格書やガイドラインにまとめられている。しかし橋梁構造物においては、津波外力が橋梁に作用した場合の具体的な応答や挙動は解明されていない。また津波が橋梁に与える研究についての事例は非常に少なく、これから研究を行っていく必要がある分野である。

申請者はこれまでに落橋防止ケーブルの研究を行ってきた。落橋防止ケーブルは桁と桁、または桁と橋脚とをケーブルで連結させているため、地震で桁が移動しても、橋脚上で静止させたり、もしも桁が橋脚から外れても地上への落下を防ぐことが出来る。そのために津波による波力で支承が破損しても、落橋防止ケーブルで桁の流失を防ぐことが可能である。また緩衝効果を落橋防止ケーブルに与えることで津波の衝撃力も緩和できるため、この性能を規定することが重要であると考えた。

## 2. 研究の目的

2年間にわたる研究期間で、津波が橋梁に作用する時の挙動を明らかにする。そして橋梁構造物の落橋を防止する落橋防止ケーブルにより津波への安全性を保障するために、ケーブル耐力や衝撃緩衝性能を実験及び数値解析により落橋防止ケーブルの要求性能を明らかにする。さらに橋梁に作用する津波外力の評価および落橋防止ケーブルの合理的な設計法を提案することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究は水理実験および解析により検討を行う。実験では写真-1 および写真-2 に示す

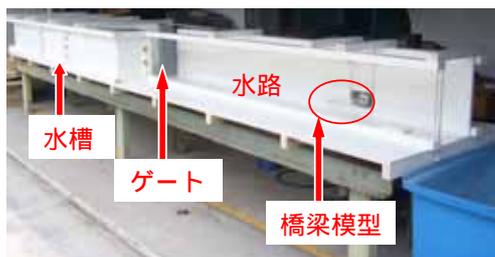


写真-1 実験装置（長さ 4m）

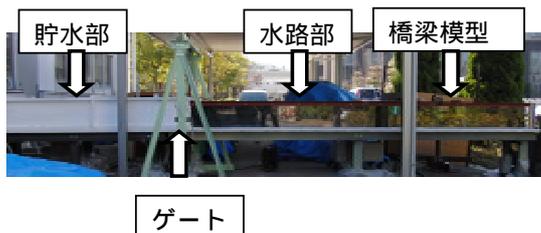


写真-2 実験装置（長さ 6m）

長さ 4m（H20 年度作成）および 6m（H21 年度作成）の実験装置を作成し、津波を発生させ、それにより橋梁模型に作用する津波外力や波高・流速を計測する。同時にハイスピードカメラによって橋梁周辺の流況を撮影する。橋梁模型は、基礎的研究として幅と高さの比が 1, 2, 4 の長方形断面およびみぞ形断面を作成、さらに箱形断面、2 主桁断面を模擬して作成した。解析では粒子法を用いて、実験の再現計算を行う。また実験では行えない条件についても検討を行う。

## 4. 研究成果

津波実験の結果により、水平方向の津波外力は貯水高が小さい場合はピークの山が1つであるのに対して、貯水高が大きくなると、津波が模型に作用した直後に急激な力が作用し、ピーク値も短時間になることがわかった。

また鉛直方向の津波外力は図-1に示すように、長方形断面では津波が模型に作用した直後に急激な下向きの力（縦軸負側）が作用し、みぞ形断面では急激な下向きの力が作用しないことがわかった。2主桁断面および箱形断面では図-2に示すように、津波作用時に上向きの力（縦軸正側）が急激に作用することがわかった。

2 主桁断面と箱形断面の津波高と津波外力の関係を考えて、図-3 から図-5 になる（横軸：津波高、縦軸：津波外力）。水平方向の津波外力は、津波高が増加す

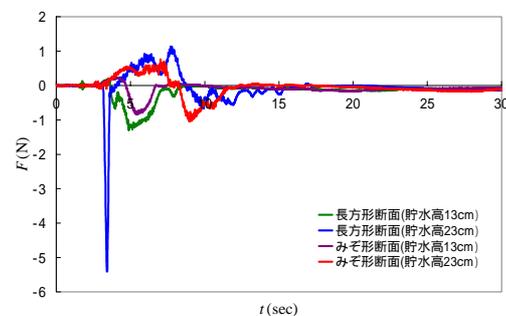


図-1 鉛直方向の津波外力の計測波形（長方形断面およびみぞ形断面）

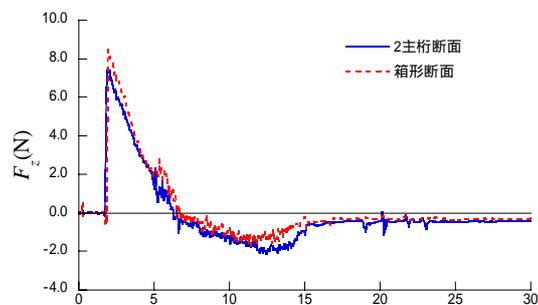


図-2 鉛直方向の津波外力の計測波形（2 主桁断面および箱形断面）

ると、線形的に増加することがわかった。  
 また上向きの津波外力(図-4 正方向)および時計回りも流力モーメント(図-5 正方向)も津波高が増加すると線形的に増加し、逆に下向きの津波外力(図-4 負方向)および反時計回りの流力モーメント(図-5 負方向)は、津波高が増加してもほとんど変化しないことがわかった。

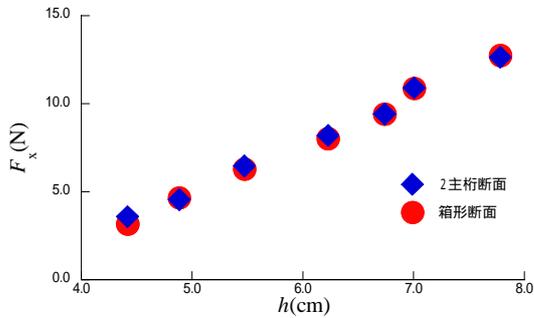


図-3 津波高と水平方向の津波外力との関係

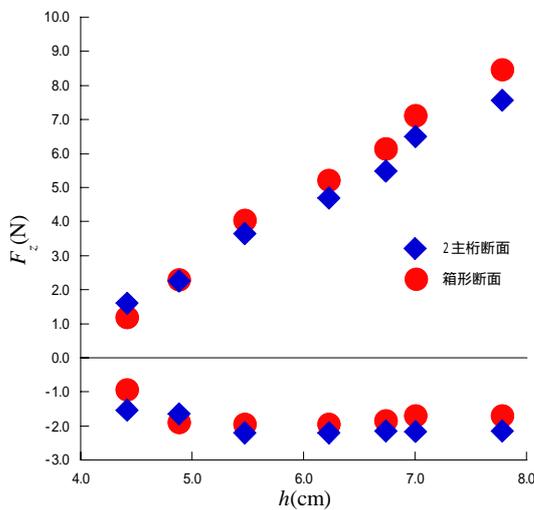


図-4 津波高と鉛直方向の津波外力との関係

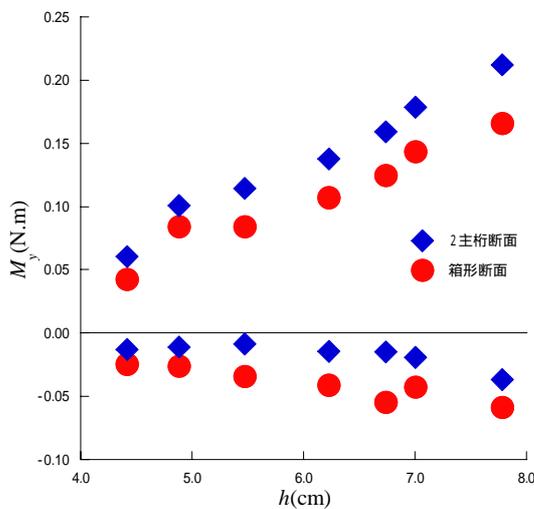


図-5 津波高と流力モーメントとの関係

さらに、分力係数を用いた場合、図-6 から図-8 に示すように(横軸:津波高を水路床から模型底部までの高さで無次元化したもの、縦軸:上から抗力係数,揚力係数,モーメント係数),津波の高さと分力係数には一定の関係があることがわかった。よって、分力係数を決めることができれば津波の流速から、

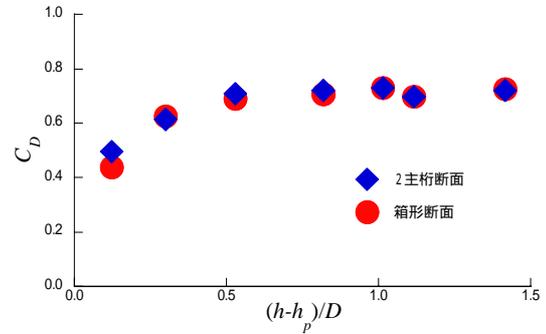


図-6 津波高と抗力係数の関係

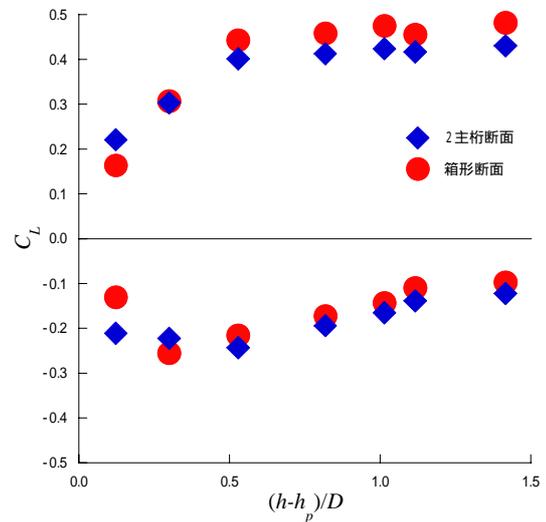


図-7 津波高と揚力係数の関係

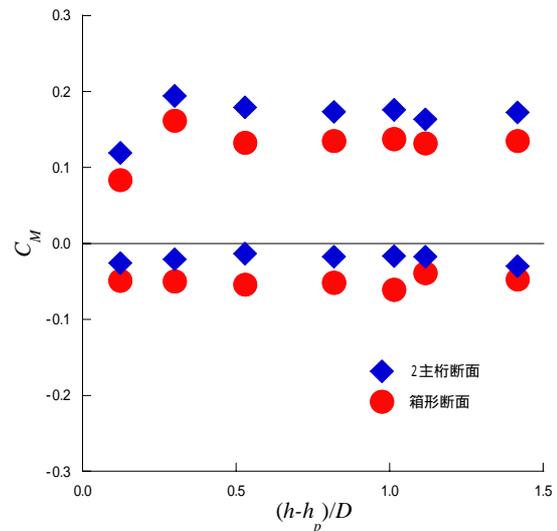


図-8 津波高とモーメント係数の関係

津波外力を算定することが可能であることがわかった。これにより津波高から津波外力を算定するのではなく、津波の速度から津波外力を算定する方法を提案することができる。

津波の数値解析では、津波が橋梁に衝突した状態をシミュレーションし、実験結果と比較検討した。解析では粒子法（MPS法）を用い、解析モデルは実験装置をモデル化し、その他の条件も実験と同じにして行った。その結果、図-9に示したように長方形断面における数値解析で、粒子の粗さはあるが、津波作用時における橋梁周辺の流況は定性的に表現できた。

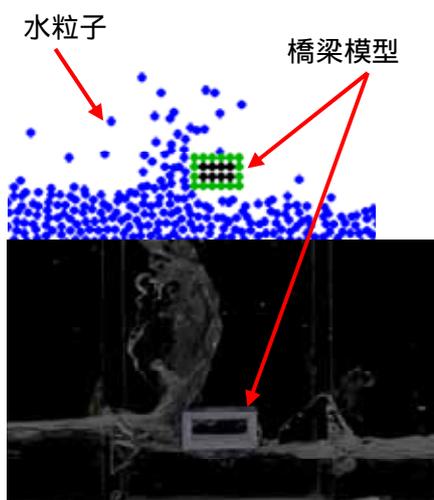


図-9 橋梁周辺の流況  
(上：解析結果，右：実験結果)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

中尾尚史，伊津野和行，小林紘士：断面形状の異なる橋桁に作用する津波の流体力に関する実験的研究，土木学会地震工学論文集，査読有，Vol. 30，2009，pp. 892-898 (CD-ROM)。

村上晋平，BUI Hong Ha，中尾尚史，伊津野和行：橋梁に作用する津波の流体力と流況に関する SPH 法解析，土木学会地震工学論文集，査読有，Vol. 30，2009，pp. 914-920 (CD-ROM)。

中尾尚史，伊津野和行，小林紘士：津波作用時における橋梁周辺の流れと流体力に関する基礎的研究，構造工学論文集，査読有，Vol.55A，2009，pp.789-798。

[学会発表](計7件)

中尾尚史：少数主桁橋に作用する津波作用時における流体力の特性に関する実験的研究，第13回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム，土木学会，2010年2月，土木会館（東京都）。

中尾尚史：津波による流体力に対する橋梁端部における遊間の影響，21年度土木学会第64回年次学術講演会，第部，土木学会，2009年9月，福岡大学（福岡県）。

村上晋平：津波作用時における橋梁周辺部の流況シミュレーションに関する研究，平成21年度土木学会関西支部年次学術講演会，土木学会，2009年5月，神戸工業専門学校（兵庫県）。

村上晋平：橋梁に作用する津波の流体力と流況に関する SPH 法解析，第30回地震工学研究会発表会，土木学会，2009年5月，東京大学（東京都）。

中尾尚史：断面形状の異なる橋桁に作用する津波の流体力に関する実験的研究，第30回地震工学研究会発表会，土木学会，2009年5月，東京大学（東京都）。

中尾尚史：断面形状の異なる橋梁に対する津波作用時の流体力に関する基礎的研究，第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム，土木学会，2009年1月，土木会館（東京都）。

中尾尚史：剛性変化する非線形緩衝材を用いた落橋防止ケーブルの設計に関する研究，20年度土木学会第63回年次学術講演会，第部，土木学会，2008年9月，東北大学（宮城県）。

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

中尾 尚史 (NAKAO HISASHI)

立命館大学・総合理工学研究機構・研究員  
研究者番号：50514171