



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Seismic response control of coupled structures using passive negative stiffness connection [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Longjam, Sonia
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15188号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/87241">https://hdl.handle.net/2115/87241</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	doctoral thesis
File Information	Sonia_Longjam_review.pdf, 審査の要旨



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Sonia Longjam

審査担当者 主査 准教授 白井 和貴  
副査 教授 岡崎 太一郎  
副査 教授 蟹江 俊仁

### 学位論文題名

Seismic response control of coupled structures using passive negative stiffness connection

(パッシブ負剛性接続を使用した連結構造物の地震応答制御)

連結振動制御 (CVC) 構造は、隣接する複数棟を接続要素で連結し、地震などの動的外乱下での応答を低減する構造システムである。CVC 構造は、棟相互の慣性質量により制振効果が期待できる反面、主棟と副棟の剛性・質量の条件によっては接続部に正またはゼロ剛性を用いても最適な制御効果が得られない場合があるという課題があった。これを解決する方法として、接続部に負剛性を発揮する要素を配置することが考えられる。しかし、CVC 構造への負剛性の適用に関する研究は限られており、CVC システムの接続要素としてパッシブ型の負剛性装置を配置する場合の有効性については既往研究が乏しく不明な点が多いのが現状であった。

本研究の目的は、パッシブ負剛性装置 (PNSD) を接続部に有する CVC 構造システムを対象として、その振動特性と地震時の応答制御効果を明らかにすることである。この達成のために、(1) 主棟および副棟がともに 1 自由度 (SDOF) からなる基本的 CVC 振動モデルを用いて PNSD 接続による振動制御効果を伝達関数に基づき理論的に分析する、(2) 基本的 CVC システムの PNSD 接続による地震応答制御効果を数値解析的に評価する、(3) 多自由度 (MDOF)CVC システムモデルの PNSD 接続による制御性能を数値解析的に調査する、(4)PNSD 接続された CVC システム試験体の振動台実験により応答性状を実証的に把握する、を具体的目的として検討を実施した。

本論文は次のように全 6 章で構成されている。

第 1 章では、PNSD を使用した CVC システムの振動制御に関する研究背景を説明し、本研究の位置付けや目的を述べている。

第 2 章では、PNSD で接続した連結構造物の基本特性を把握するため、基本的 CVC 振動モデルである線形 2 自由度 (2DOF) 系モデルを用いて分析を実施した。モデルの相対変位および絶対加速度の伝達関数 (TF) のピーク振幅に基づいて CVC システムの制御特性

を調査した。主棟に対する副棟の剛性比  $\alpha$  および質量比  $\mu$  の様々な値に対して、主棟の変位 TF を最小化する PNSD の最適な剛性比および粘性減衰係数を計算した。分析の結果、接続要素に負剛性を採用することで、正またはゼロの接続剛性では最適化できない条件下でも、主棟の TF を最適化できる可能性があることが示された。

第 3 章では、負剛性接続された連結構造物の地震応答性状とその制御効果を評価するために、PNSD を有する線形および非線形 2DOF-CVC システム振動モデルを対象に地震応答解析を実施した。線形特性を有する 4 グループの数値モデル、すなわち、SDOF-主棟モデル、SDOF-副棟モデル、接続要素として PNSD とダッシュポットを備えた CVC-SD モデル、および接続要素としてダッシュポットを備えた CVC-D モデルを使用した。各グループが 18 ケースのモデルで構成されるように主棟固有周期、 $\alpha$ 、および  $\mu$  の組み合わせを設定した。接続要素の最適化を、主棟の変位 TF を制御対象として行った。地震応答解析の結果、主棟の最大応答について CVC-SD モデルで制御効果が示された。さらに、CVC-SD、CVC-D、および SDOF-主棟モデルに対して非線形地震応答解析を実施した。得られた最大応答の平均変位比から、CVC-SD モデルの SDOF-主棟モデルに対する制御効果が示された。

第 4 章では、負剛性接続された多層連結構造の地震応答制御効果について数値検討を実施した。6 層の主棟および副棟からなる線形 MDOF-CVC モデルを用いて解析を行った。その結果、PNSD 接続を用いることで、他の接続要素や非制御の場合と比べて、各層の地震時最大応答を効果的に低減できることが示された。

第 5 章では、PNSD を有する CVC システム試験体を用いた振動台実験を実施した。CVC 試験体には、主棟および副棟がそれぞれ SDOF 系である振動模型が用いられた。PNSD には、湾曲させた板ばねを配置したパッシブ型の負剛性装置を用いた。実験パラメータは、PNSD 接続の有無、地震波の種類、および入力倍率とした。実験結果から、主棟のみの場合と比べて、負剛性を発揮する PNSD を接続することで主棟の最大応答変位および加速度を低減できることが示された。

第 6 章では、本研究の結論を述べるとともに、今後の検討課題について説明している。

これを要するに、本論文は、PNSD を接続部に有する CVC 構造システムを対象として、その振動特性と地震応答制御効果を理論的・解析的・実験的に明らかにし、その有効性を示している。これらの知見は、パッシブ型負剛性デバイスの活用による連結構造物の耐震性能向上とその適用範囲拡大、および構造工学と耐震工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。