

審査の結果の要旨

氏名 スプラウト スメット

本論文は、煉瓦造構造物に対し 3 つの連続体モデルを導出し、導出された連続体モデルが煉瓦造構造物に適用できることを検討した。煉瓦造構造物は、元来、粒子的特質を持っており、自然かつ広く用いられている数値解析方法は、DEM (Discrete Element Method), RBSM (Rigid Body Spring Model) といった粒子の数値解析手法である。粒子の数値解析手法ほど適用は容易ではないが、煉瓦構造物と等価な連続体モデルは、数値解析の点では有効である。この構想の下、本論文では、1) 煉瓦構造物の動的特性を解析的に評価し、2) FEM (Finite Element Method) のような数値解析手法の適用を可能とし、3) 煉瓦構造物の減衰特性の解明を試みた。

モルタルで接着された煉瓦の集合と等価な 3 つの連続体モデルは、堀らによって提案されている連続体化手法を適用して導出されている。3 つの連続体モデルはモデル I ~ III とされている。周波数領域での P 波、S 波の他、回転波があることを示し、RBSM との比較により、モデル I とモデル II が精度良く、この 3 つの波を予測することを示した。また、モデル III は、煉瓦のサイズの倍程度までは、有効に使えることもしました。

本論文では PDS-FEM (Particle-Discretization Scheme, FEM) にモデル II を実装した。工学的に意味のある範囲で、PDS-FEM が煉瓦構造物の動的特性を再現・予測できることを検証した。数値解析の点では、偏微分方程式の数値解放である PDS-FEM は、極めて多数の粒子とその接触を計算しなければならない粒子系数値解法より効率的である。また、煉瓦以外の材料の構造部材との接合も容易に計算できる。

本論文では、煉瓦構造物の減衰に関しても検討している。理論解析と数値解析の結果、キロヘルツで煉瓦は自励回転をする可能性が示された。この高周波数の自励回転は急激に減衰し、運動エネルギーも局所的に散逸する。この局所的自励回転が各所で生じることが減衰の基本的なメカニズムであることを提案し、減衰定数の計算を試みている。

本論文に対し、煉瓦構造物の挙動予測に対し、等価な連続体に置き換えて数値解析を行う理論・手法を考案したことは、新規性が高く、実用の可能性が高い研究であると評価された。博士論文自体、十分、高いレベルにあることも了解された。特に煉瓦構造物の減衰は、「煉瓦各々が、高い周波数で局所的自励回転を起こす」ことに起因するという仮説を提案した点は、現時点でも未知の点が多い減衰に関する先駆的研究となる可能性があることが指摘された。

審査の主な論点の一つは、減衰に関する厳密な数理的洞察がなされていることである。煉瓦の接触による力の伝達という単純な物理設定を設けるだけで、減衰が導かれる可能性がある点は、固体力学の観点からみて興味深いことが指摘された。更なる研究がなされる

ことが期待される。

もう一つの論点は、本論文では数理的洞察と数値解析のみを行っているため、減衰の仮設の実証・修正につながるような実験を行うことが、次の研究として必要であることが指摘された。実験の設定等のアイデアが紹介され、仮設を実証・修正できる可能性があることが了解された。

最後の論点は煉瓦構造物の破壊である。力を受け渡していた隣接する煉瓦が離れることが破壊の基本メカニズムであり、PDS-FEM はこのような破壊の解析に適した数値解法である。開発されたPDS-FEM を利用し、煉瓦構造物の破壊に関しても更なる検討が今後必要であることが了解された。

以上の審査により、学位にふさわしい論文であると判断された。