

2021年度（第19回） 建築・住宅技術アイデアコンペ

提案タイトル	中規模木造用高耐震・制震化システムの開発	
提案概要 (200字程度)	<p>木質ラーメン構造は、平面計画の自由度は高いが、柱梁接合部が剛節ではなく回転バネでモデル化される半剛節であり、水平剛性やエネルギー吸収能力、靱性能が低いという欠点があり、広く普及させるためには、このことに対して合理的な解決策が必要である。</p> <p>そこで、本アイデア（開発）の目的は、4～6m程度のスパンで、3層程度の木質ラーメン構造を想定し、高減衰ゴムを用いた制震ダンパーと摩擦機構を組み合わせた高耐震・制震化システムを開発し、地震応答の抑制効果を検証することである。</p>	
提案ポイント	①新規性	<p>ビル用などの大規模建築物や木造住宅といった小規模建築物向けの制震ダンパーは多く開発されているが、木質ラーメンのような中規模建築物向けのダンパーは存在しない。</p> <p>高減衰ゴムは剛性と一定の減衰性能を有し、繰り返しの荷重に対しても、性能が大きく低下しない。また、60年の耐久性を確保することも可能である。オイルダンパーのようにオイル漏れを心配する必要もなく、定期的なメンテナンスの必要もないため、低コストのダンパーとなる。</p> <p>高減衰ゴムダンパーのみでは、変位とともに荷重が増加し続け、接合部などが損傷するおそれがあるが、摩擦機構を組み合わせることで、荷重を頭打ちにし、靱性能を確保することができる。</p>
	②実用性	<p>本提案代表者らは、戸建住宅を対象とした独自の筒形の高減衰ゴムダンパーや、高減衰ゴムを用いた制震効果を有する筋かい金物の開発実績がある。筒形高減衰ゴムダンパーの基本的な製造方法は確立できており、木質ラーメン構造用に対しても、金型が準備できれば製作可能と考えている。</p> <p>木造の中高層建築物にはCLT（直交集成板）が利用されることが多いが、壁や床にCLTを用いた「CLTパネル工法」は壁式構造であるため、平面計画に制限があり、店舗やオフィスなどには利用しにくく、木質ラーメン構造に期待が集まっている。</p>
	③異業種関連度合	<p>本制震ダンパーを開発していくには、設計、材料（ゴム・接着）、施工（ハウスメーカー・ビルダー）、自治体、研究者（大学等）の連携が不可欠と考えており、本組織（CBRD）で開発を展開して行きたいと考えている。</p> <p>本組織（CBRD）には、独自の制震技術や耐震ノウハウを有した企業が参画しており、本開発との融合により、魅力を有した長寿命デザイン、巨大地震を経験しても継続的に使用できる超耐震・耐久中規模木造建築が提案できるものと考えており、SDGs達成実現の一つに大きく貢献できる。</p>
	④建築や社会に対するインパクト	<p>脱炭素社会の実現、地域経済の活性化のため、中高層建築物の木造化が国策として推進されており、大断面集成材を柱や梁に用いる木質ラーメン構造の普及に期待が寄せられている。</p> <p>木造建築物の建設時に排出する二酸化炭素の量は、鉄骨造や鉄筋コンクリート造の建築物の1/4～1/3程度である。また、木材中に固定されている炭素は、樹木が生長する過程で吸収した二酸化炭素であるため、建築物に木材が多く用いられ、長寿命化することができれば、地球温暖化防止に大きく貢献する。</p>

概要書① 自由書式

本開発(アイデア)の目的は、**図1**のような木質ラーメン構造への適用を目的とした**図2**のような筒形の高減衰ゴムダンパーと摩擦機構を組み合わせた、剛性と減衰、靱性を付加することのできるシステムを開発し、その効果を検証することである。

脱炭素社会の実現、地域経済の活性化のため、中高層建築物の木造化が国策として推進されており、大断面集成材を柱や梁に用いる木質ラーメン構造の普及に期待が寄せられている。木質ラーメン構造は、平面計画の自由度は高いが、柱梁接合部が**図3**に示すように剛節ではなく回転バネでモデル化される半剛節であり、水平剛性やエネルギー吸収能力が低く、また、接合部のパネルゾーンで脆性的な破壊が生じる欠点があり、広く普及させるためには、これらのことに対して合理的な解決策が必要である。

本開発(アイデア)の目的は、4~6m 程度のスパンで、3層程度の木質ラーメン構造を想定し、高減衰ゴムを用いた制震ダンパーと摩擦機構を組み合わせたシステムを開発し、その効果を検証することである。高減衰ゴムダンパーによって剛性と減衰が、さらに、摩擦機構によって靱性が付加され、高耐震で減衰性能の高い木質ラーメン構造が実現できる。

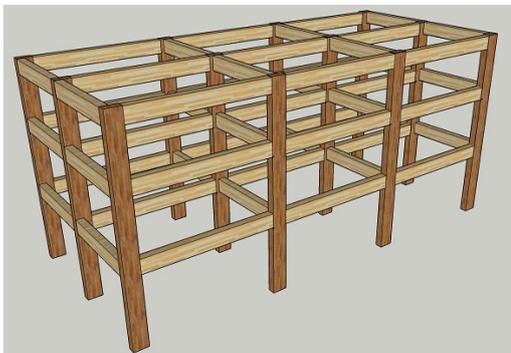


図1 木質ラーメン構造

ダンパーの減衰材料としてはオイルや低降伏鋼などがあるが、高減衰ゴムは免震支承として用いられているもののダンパーとしての実績はほとんどない。高減衰ゴムは剛性と一定の減衰性能を有し、繰り返しの荷重に対しても、性能が大きく低下しない。また、60年以上の耐久性を確保することが可能である。オイルダンパーのようにオイル漏れを心配する必要もなく、定期的なメンテナンスの必要もないため、低コストのダンパーとなる。

しかし、高減衰ゴムはせん断ひずみが大きくなっても降伏せず、ひずみに比例して荷重が増加し続けるため、大地震時に層間変形角が大きくなると(1/30rad程度以上)、接合部の先行破壊やゴムの破断が生じるおそれがある。そこで、**図4**のように、高減衰ゴムダンパーと架構との間に摩擦機構を組み込むことによって、建物全体として**図5**のようなバイリニアの荷重-層間変位関係を実現できると考えている。

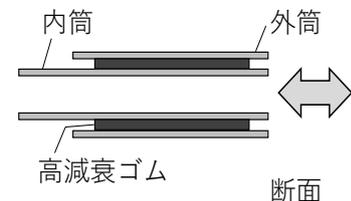
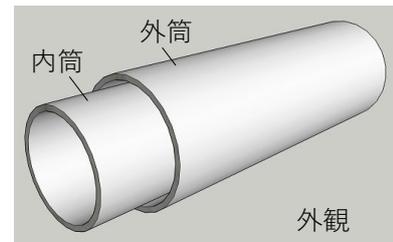


図2 高減衰ゴムダンパー

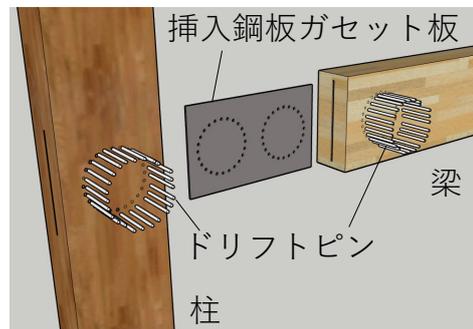


図3 木質ラーメン接合部例

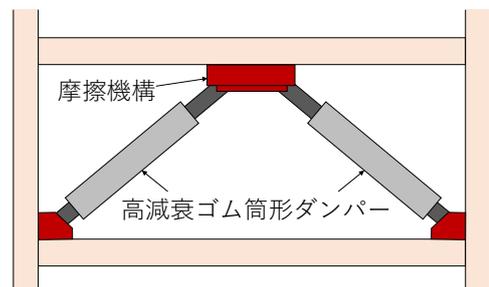


図4 開発するシステムのイメージ

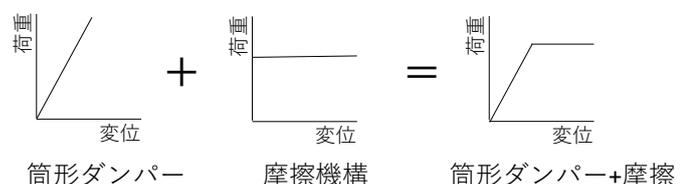


図5 荷重-変位関係の足し合わせ

近年、中高層の木造建築物が防耐火の規制をクリアできる見通しが立ち、戸建住宅のみならず、あらゆる用途の木造建築物が建設され始めている。しかし、採算を度外視した実験的な取り組みも多く、競争力のあるコストでの建設を可能にするためには課題も多い。平面計画の自由度が高い木質ラーメン構造は、長期間にわたる研究の蓄積が十分にあり、活用が望まれているが、剛性やエネルギー吸収能力、靱性能が低い問題が残されている。このような問題は、提案代表者らが開発してきた筒形の高減衰ゴムダンパーに摩擦機構を組み合わせることで解決することができ、木質ラーメン構造の普及に貢献できるものと考えた。

既往の木質ラーメンに関する研究では、様々な形式の柱梁接合部の開発やその耐力性状の把握、設計用の評価式の提案などが行われてきた。従って本研究では、架構自体の水平力-変形角関係は既往の研究によって把握できているものとして、不足する水平剛性や減衰、靱性能をここで開発する高減衰ゴムダンパーと摩擦機構を組み合わせたシステムで補うことを考えている。通常の構造設計において、オイルダンパーを用いても、建築物に水平剛性を付加することはできないが、高減衰ゴムダンパーを用いると、減衰のみならず水平剛性も付加することができる。一定の減衰(等価粘性減衰定数で20%程度)を有し、繰り返し载荷でも剛性が低下しない高減衰ゴムの特徴を活かすには提案代表者らの研究成果が役立つ。

木造建築物の建設時に排出する二酸化炭素の量は、鉄骨造や鉄筋コンクリート造の建築物の 1/4～1/3 程度である。また、木材中に固定されている炭素は、樹木が生長する過程で吸収した二酸化炭素であるため、建築物に木材が多く用いられ、長寿命化することができれば、地球温暖化防止に大きく貢献する。加えて、日本国内の手入れの行き届かない人工林の面積は年々増加し、その蓄積量も増大しているため、林産資源の有効活用、衰退した林業の活性化、ひいては、豪雨による山地災害の防止、生物多様性の保全も見据えて、オフィスビルなどの中高層木造建築物を建設するための工法や構造、防耐火の技術開発が進められている。

大断面の集成材を用い、4～6m 程度のスパンで、3 層程度の木質ラーメン構造(図 1)は、海外では 1960 年代から建設されるようになり、国内では 1980 年代から研究が行われている。しかしながら、当時の木造は防耐火規制をクリアすることが難しかったうえ、図 3 のようにつくられる柱梁接合部が剛節ではなく回転バネでモデル化される半剛節であるために、水平剛性やエネルギー吸収能力が低く、地震応答が大きくなりがちであり、多層の木質ラーメン構造は普及しなかった。

近年は、水平剛性を確保するため、高剛性・高耐力の耐力壁や、集成材のブレースが用いられるようになった。しかし、耐力壁を設置すると採光できず、利用し難い居室となってしまう、集成材のブレースでは靱性が確保し辛く、構造特性係数(Ds)が大きくなり、設計用地震荷重が過大になる問題がある。そのため、大断面の集成材を用い、比較的大きなスパンを実現できる、純粋な木質ラーメン構造は注目されなくなった。

ところが、近年多発した巨大地震を契機に、戸建住宅用の制振ダンパーが多数開発され、実用化されたことで、木質ラーメン構造に制振ダンパーを設置し、応答変位を抑制する開発研究も行われるようになった。制振ダンパーを設置することで、剛性が低く、スリップ成分を含む木質ラーメンの応答性状が改善されることが実証され、架構の柱梁接合部の設計手法に関する研究も進んだことで、木質ラーメン構造は再び注目されている。

木造の中高層建築物には CLT(直交集成板)が利用されることが多いが、壁や床に CLT を用いた「CLT パネル工法」は壁式構造であるため、平面計画に制限があり、店舗やオフィスなどには利用しにくく、木質ラーメン構造に期待が集まっている。