

新しい構造材料「CLTパネル」を使った建築物の耐震性

性能部 保存グループ 植松武是

林産試験場をはじめ、全国の試験研究機関が連携して多くの実験データを集積し、新しい木質材料「CLT (Cross Laminated Timber, 直交集成板)」が、私たちの生活を支える建築物の一般構造用材料として平成28年度から活用できるようになりました。この新材料「CLT」を使うことによって、どのような耐震性の建築物を建てることができるのでしょうか？

■建築物の構造形式と構造特性

建築物の構造形式は、使用する建築材料の形状と、それをどのように組み立てて建築空間を形成するかによって分類できます(表1)。

「ラーメン」とはドイツ語で「枠」、すなわち「フレーム」を意味します。「トラス」は三角構造で、「シェル」はもちろん「貝殻」を意味しています。これらの構造形式の中で一般構法として広く活用されているのは「ラーメン構造」と「壁式構造」です。

「ラーメン構造」とは、柱と梁を一体化させたフレームで自重や地震力・風圧力などに抵抗する構造形式です。大きな地震力が作用した時にはフレームに変形が生じますが、変形することでエネルギーを吸収する、いわゆる「じん性(粘り)」の高い構造特性を示します。

「壁式構造」とは、十分な硬さの厚い壁を配置して自重や地震力・風圧力などに抵抗させる構造形式です。地震力が作用した時の変形は非常に小さく、いわゆる「強度」の高い構造特性を示します(図1)。

■構造形式と耐震性

一般に、大地震に対してはある程度の被害を許容しても崩壊は防ぐという考え方にに基づき、「強度」だけでなく「じん性(粘り)」にも頼った耐震設計が行われます。この考え方は次式のように表わすことができます。

$$\text{耐震性} = \text{強度} \times \text{じん性}$$

すなわち、同じ耐震性の建築物でも、大地震動時の被害程度は構造形式(構造特性:「強度」や「じん性」)によって大きく異なると言えます。例えば、壁式構造は強度が高くてじん性が小さいので、大地震時の変形が小さく、修復が必要となるような被害

を防ぐことができそうです。「がっちりタイプ」です。一方、ラーメン構造は壁式構造と比べて大地震時の変形が大きくなり、内外装の被害や家具の転倒なども多くなることが懸念されますが、事前の対策を施すことで、じん性の高さを生かした経済的な高層建築物の耐震設計も可能となります。こちらは「しなやかタイプ」です。

■木質材料と構造形式

木造建築物の主な構造材は柱材や梁材です。これは、木は縦長であり、いかに大木であっても幅のある厚い壁材を切り出すことは無理なので当然のことと言えます。必然的にラーメン構造を模した構造形式から発展を遂げて来ましたが、柱と梁を完全に一体化させることはできませんので、地震時のフレーム(柱と梁から成る「軸組」)の変形は大きくなっ

表1 構造形式の主な分類

軸材(柱)と横架材(梁)で空間を形成	⇒ ラーメン構造
厚板で空間を形成	⇒ 壁式構造
軸材だけで空間を形成	⇒ トラス構造
湾曲材で空間を形成	⇒ アーチ構造
薄い曲面板で空間を形成	⇒ シェル構造
薄膜材と空気圧で空間を形成	⇒ 空気膜構造
吊り材で各材を支持して空間を形成	⇒ 吊り構造

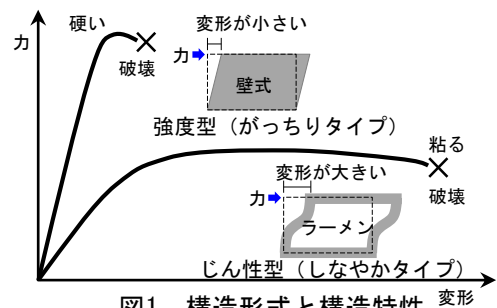


図1 構造形式と構造特性



写真1 道産カラマツCLT

てしまいます。この変形を小さくし、かつ、強度も高めるために、軸組の中に筋かいを設けたり（筋かい壁）、軸組の外側に構造用合板を打ち付けたりして（面材壁）、「フレーム（軸組）」を「壁」に近づける工夫が施されます。

これに対し、新しい構造材料であるCLTは、厚さ30mm程度の板材を幅方向に並べた層を直交させながら積層接着した木質パネルで、今現在の国内最大生産寸法は、厚さ300×幅3,000×長さ12,000mm程度にもなります。まさに木のかたまり（ドイツ語で「マッシュホルツ」）で、「軸組」を「壁」に近づけたものではなく、「壁」そのものと言えます（写真1）。

■CLT工法の構造形式と耐震性

このがっちりとしたCLTパネルを構造材として使うCLT建築物は、まさに壁式構造、すなわち「がっちりタイプ」と言えそうですが、CLT壁パネルの形状や接合部位によって、「小幅パネル架構」、「大版パネル架構①」、「大版パネル架構②」の3つに分類され、構造特性も少し異なります（図2）。

「小幅パネル架構」では、開口部の無い壁パネル（小幅パネル）、腰壁パネル、垂れ壁パネルを組み合わせ合わせて構造耐力を確保します。これらの壁パネルを完全に一体化することはできませんので、大地震時には相応の変形が生じますが、柱と梁で構成される軸組の変形よりもかなり小さくなります。

「大版パネル架構①」と「大版パネル架構②」は、開口部のある壁パネルを耐震壁として用います。大地震の際には、「大版パネル架構②」はがっちりとした壁式構造の特性を示しますが、「大版パネル架構①」では開口部の上下（腰壁部、垂れ壁部）の両袖が割れるように（写真2）接合部を配置しているため、「小幅パネル架構」のような、少ししなやかな構造特性を示します。

CLTパネルの組み立て方を工夫することで、がっちりとした低層CLT建築物や、少し粘りを持たせた中高層のCLT建築物の耐震設計が可能となっています。

■CLTパネルの有用性

CLT壁パネルには、そのまま耐震壁として活用できる十分な硬さ・厚さがあります。最も信頼性の高い耐震構造は耐震壁を有効に活用した壁式構造であることは、過去の地震被害で繰り返し証明されています。地震時に耐震壁がバラバラに動かないように

一体化しておく必要がありますが、CLT壁パネルと同様に硬くて厚いCLT床パネルを使うことで容易に耐力壁の一体化が図れ、強固な箱型の建築空間をつくることができます（写真3）。

既存建築物の耐震補強においても耐力壁の新設・増設は大変有効で、様々な構造形式の建築物の耐震補強にも、CLTパネルを活用することができそうです。

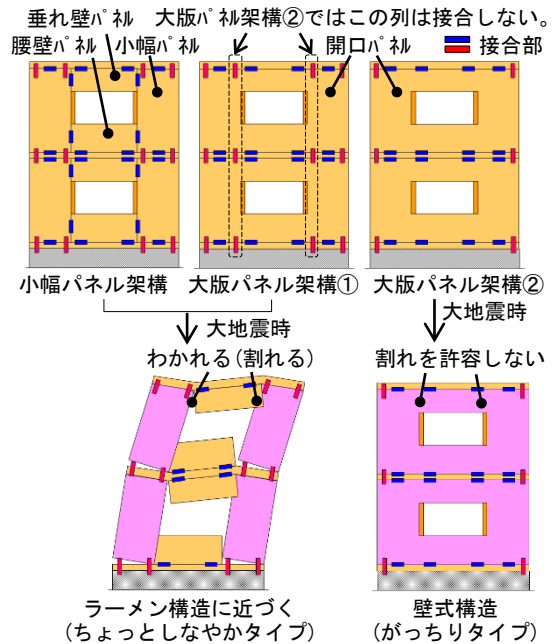


図2 3種類のCLT工法と構造特性

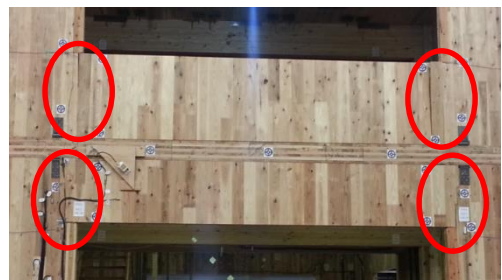


写真2 大地震時に「大版パネル架構①」で許容する開口部上下（腰壁部、垂れ壁）とその両袖の割れ（E-Defence加震実験より）



写真3 CLT実験棟（つくば建築研究所，H28）