

壁板と柱の分離施工を容易とする新しい耐震壁システムの開発研究

著者	小坂 英之
学位名	博士（工学）
学位の種類	論文博士
報告番号	乙第79号
学位授与年月日	2014-09-25
URL	http://doi.org/10.15118/00005118

氏名	こさか ひでゆき 小坂 英之
学位論文題目	壁板と柱の分離施工を容易とする新しい耐震壁システムの開発研究
論文審査委員	主査 教授 溝口 光 男 教授 土屋 勉 准教授 菅田 紀之

論文内容の要旨

本論文は、鉄筋コンクリート造耐震壁における壁板と側柱の接合工法を簡便にするために、壁横筋の柱への定着を省略し、設計・施工の両場面で壁板と柱を分離して扱う、新しい耐震壁システムについて論じたものである。本システムの終局強度は、壁板強度と柱の負担せん断力を累加して得られるものと考えられるが、本システムの壁板には柱主筋等の曲げ補強筋がないため、壁板強度の算定に既往のせん断強度設計式は適用できない。そこで本論文では、壁板内の横筋の応力度分布と縦筋の効果が考慮された、新たなトラス・アーチ理論に基づく壁板強度の算定法を提案した。本算定法は、コンクリート、横筋および縦筋の応力の釣り合いから、壁板でとり得る強度（曲げ強度あるいはせん断強度）を求めるものであり、曲げ破壊からせん断破壊までの統一された強度算定法となっている。トラス機構では、壁横筋の応力度が両端部で 0 となり、中央部で最大応力度を示すという曲げ補強筋のない壁板に特有のせん断応力度分布を考慮している。すなわち、横筋に応力度変化のある部分では、横筋の引張力が付着抵抗によってコンクリートに伝達され、コンクリートの斜め圧縮束と縦筋の引張力に釣り合う応力抵抗機構を構成している。アーチ機構では、壁板を細分割し、軸力と縦筋を考慮して各要素ごとにアーチを形成し、壁脚部に設定したせん断破壊判定領域における ϕ 方向（ ϕ ：トラス機構の圧縮束の角度）の圧縮応力度がコンクリートの有効強度に達するまで積算して強度を算定している。単層壁板を対象にこのような強度算定法を導出した後、複数の層から水平力を受ける連層壁板の算定法に拡張している。本算定法の適合性は、単層壁板および2層壁板の水平加力実験を実施して検証しており、壁板強度の計算値は、曲げ破壊およびせん断破壊の両破壊形式ともに同等の精度で実験値とよく適合することを確認した。

壁板の強度算定法を明らかにした後、壁板と柱で耐震壁システムを構成し、2種類の破壊形式を想定して水平加力実験を実施した。一つは、柱-壁板間の鉛直接合部の滑り破壊を防止し、壁板のせん断強度を發揮させる強度抵抗型のシステムであり、もう一つは鉛直接合部の滑りを先行させて曲げ変形を卓越させる靱性抵抗型のシステムである。実験の結果、鉛直接合部の滑りを許容するプレキャスト連層耐震壁システムは、優れた変形性能を示すことが明らかになった。本システムは、柱と壁板の間に生じるせん断力（鉛直拘束力）を考慮することで設計上、両者を分離して扱うことができ、その終局強度は全体系の破壊形式にかかわらず、壁板強度と柱負担せん断力の累加によって得られることを示した。

ABSTRACT

This paper presents a new earthquake resisting wall system which designs and constructs wall panels and boundary columns separately. In order to joint the wall panel and the column easily, anchors to the column of horizontal reinforcements of the wall panel are omitted in the system. An ultimate strength of the system is provided by adding each shear force of the wall panel and columns. However, the strength of the wall panel is not able to obtain by the general strength calculation formulas since wall panels of the system do not have any flexural reinforcements such as main reinforcements of columns. Therefore, a strength calculation method based on a new truss-arch theory was developed in this paper. The calculation method evaluates the ultimate strength stood on stress balance; hence, the strength shows flexural strength or shear strength. A truss mechanism of the calculation method involves particular stress of horizontal reinforcements of the system that become large on diagonal lines of the wall panels, and that is 0 at both the ends. In the portion with the stress change of horizontal reinforcements, tensile force of the horizontal reinforcements is transmitted to concrete strut by bond resistance. The tensile force, the compressive force of the concrete struts and the tensile force of vertical reinforcements satisfies equilibrium conditions. Axial forces, reverse bending moments, and constraint forces provided by the vertical reinforcements have an effect on an arch mechanism of the calculation method. After the calculation method for 1-storey wall panels has been proposed, it is extended to

a method for multi-storey wall panels which external force acts on at plural height. Loading tests of single and two-story wall panels were conducted to investigate compatibility of the calculation method. As a result, the calculated values of flexural failures and shear failures were in good agreement with the experiments.

After clarifying the strength calculation method of the wall panels, loading tests of the wall systems of two types constituted of the wall panel and columns were conducted. One is resistance strength systems which prevent the sliding failure of a vertical joint between wall panels and columns, and the other is resistance ductility systems which permit of sliding at the vertical joints. It was clear that precast multi-story wall systems which permit of sliding at the vertical joints show high deformation performance as a result of the experiments. The study revealed the ultimate strength of the system is able to evaluate by adding the strength of wall panel and the shear force of column.

論文審査結果の要旨

本論文は、鉄筋コンクリート造耐震壁における壁板と側柱の接合工法を簡便にするために、壁横筋の柱への定着を省略し、設計・施工の両場面で壁板と柱を分離して扱う、新しい耐震壁システムを提案し、これを設計するための壁板強度の算定法とシステム全体の終局強度の評価方法を論じたものである。

はじめに、本システムのように曲げ補強筋のない壁板のせん断強度を算定する方法は見あたらないため、1層1スパンの単層壁板を対象として、新たなトラス・アーチ理論に基づく強度算定法を提案している。トラス機構は、壁横筋の応力度が両端部で0となり、中央部で最大応力度を示すという曲げ補強筋のない壁板に特有のせん断応力度分布を考慮し、応力度変化のある部分では、横筋の引張力が付着抵抗によってコンクリートに伝達され、コンクリートの斜め圧縮束と縦筋の引張力に釣り合う応力抵抗機構としている。アーチ機構は、壁板を細分割し、軸力と縦筋を考慮して各要素にアーチを形成し、壁脚部に設定したせん断破壊判定領域における圧縮応力度がコンクリートの有効強度に達するまで積算して強度を算定する。この積算を全要素（壁長さ）で行えば、壁縦筋が全て降伏するときの曲げ強度に等しくなるように設定しており、本算定法は曲げ強度からせん断強度までの統一された強度

算定法となっている。本算定法による強度計算値（曲げ強度あるいはせん断強度）を、単層壁板の実験結果と比較し、よい対応を示すことを確認している。

次に、単層壁板の算定法を連層壁板の強度算定法に拡張している。拡張した算定法の検証のため2層壁板の実験を行い、計算値が曲げ破壊およびせん断破壊の両破壊形式ともに同等の精度で実験値によく適合することを示している。

次に、壁板の強度算定法を明らかにした後、柱-壁板間の鉛直接合部の滑り破壊を防止し、壁板のせん断強度を發揮させる強度抵抗型システムと鉛直接合部の滑りを先行させて曲げ変形を卓越させる靱性抵抗型システムの2種類の破壊形式を想定した水平加力実験を実施している。実験の結果、本システムは、柱と壁板の間に生じるせん断力（鉛直拘束力）を考慮することで設計上、両者を分離して扱うことができ、その終局強度は全体系の破壊形式にかかわらず、壁板強度と柱負担せん断力の累加によって得られることを示している。

最後に、既往の設計指針や設計規準も参照して、このような新たな耐震壁システムを設計する際の指針を試案として提示している。

以上、本論文は鉄筋コンクリート造における新しい耐震壁システムの提案とそのシステム全体の終局強度の評価方法を論じたものであり工学的価値が高い。よって、著者は博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。