

無補強組積造壁を有する鉄筋コンクリート造架構の耐震性能評価
- その2 破壊経過及び荷重-変形関係 -

正会員 山内 成人* 同 崔 琥** 同 中埜 良昭***
同 真田 靖士**** 同 朴 珍和*****

無補強組積造壁 コンクリートブロック 韓国の学校建物
ひび割れ幅 袖壁 腰壁

1. はじめに

同題その2では、各試験体の破壊経過及び荷重-変形関係に基づいたブロック造壁を有する鉄筋コンクリート造架構の耐震性能について検討した結果を報告する。

2. 破壊経過

図1に $+10 \times 10^{-3}$ radの第1サイクルのひび割れ状況を示す。なお、袖壁型試験体については加力最終段階でブロック造壁の面外脱落の危険性が生じたため、挙動に影響を与えないように配慮しながら脱落防止を行ったが、その他の3試験体は脱落の危険性は生じなかった。

(1) 1階壁試験体

本試験体は部材角 $+1 \times 10^{-3}$ radの第1サイクルから圧縮側柱には曲げひび割れが、ブロック目地には階段状にひび割れが発生し始めた。 2×10^{-3} radのサイクルでは以前に発生した柱の曲げひび割れ及びブロック目地のひび割れが進展した。 $+4 \times 10^{-3}$ radの第1サイクルで圧縮側柱に明らかなせん断ひび割れが観察され、ブロック造壁には新たなひび割れが若干発生したもののほとんど以前に発生したブロック目地ひび割れの幅及び水平すべり量が増加するのみであった。 6.7×10^{-3} radのサイクルからは柱の曲げ及びせん断ひび割れが進展し、ブロック造壁では階段状ひび割れが壁中央及び隅各部の2,3箇所に分散して生じた。その後 -20×10^{-3} radの第1サイクル途中で、 -15×10^{-3} radで圧縮側柱脚部のせん断ひび割れが急激に開き始めたため、 15×10^{-3} radまでの繰り返し載荷を1.5回行い、実験を終了した。

(2) 4階壁試験体

本試験体の破壊経過は、柱の曲げとせん断ひび割れの発生時期及び進展状況、またブロック造壁のピーク時及び除荷時のひび割れ幅、階段状ひび割れの発生時期や進展状況がほとんど1階壁試験体と同様であった。ただし、1階壁試験体よりブロックを貫通する斜めひび割れは少なかった。また、1階壁試験体は 15×10^{-3} radでせん断破壊したが、本試験体は $+20 \times 10^{-3}$ radで耐力の低下が見られたものの、最大せん断ひび割れ幅の急激な増加は見られなかった。本試験体では $+40 \times 10^{-3}$ radの第1サイクル途中で、 $+33.3 \times 10^{-3}$ radで圧縮側

柱脚部のせん断ひび割れが急激に開き始めたため実験を終了した。

(3) 袖壁型試験体

本試験体は開口部があるため、正加力時には開口側のブロック側面が拘束されにくく、ブロック目地のひび割れは階段状に進展せず、また壁全体が左側柱からスライドして徐々に離れていく現象が発生した。また、1階壁及び4階壁試験体では、ブロック造壁は圧縮ストラットとして作用し、圧縮側柱脚部と引張側柱頭部でせん断ひび割れが発生したが、本試験体では袖壁が早い段階でその役割を失ったため、両柱の頭・脚部にせん断ひび割れが発生した。 -20×10^{-3} radの第1サイクルの時、最大せん断ひび割れ幅が8mmまで進展したが、その後せん断ひび割れ幅の進展はなく、繰り返し載荷により耐力のみ低下する結果となったため、 20×10^{-3} radまでの繰り返し載荷を2.5回行い、実験を終了した。

(4) 腰壁型試験体

本試験体は、 2×10^{-3} radのサイクルでブロック目地のひび割れが腰壁を水平に横断し、壁が上下3つに分離して滑り始めた。また、 $+4 \times 10^{-3}$ radの第1サイクルで圧縮側柱にせん断ひび割れが観測された。 6.7×10^{-3} radのサイクルからは柱の曲げ及びせん断ひび割れが進展し、ブロック造壁は全ての横目地にひび割れが発生し、各段の間でスリップが生じる傾向となった。 -20×10^{-3} radの第1サイクルの途中で、約 -16×10^{-3}

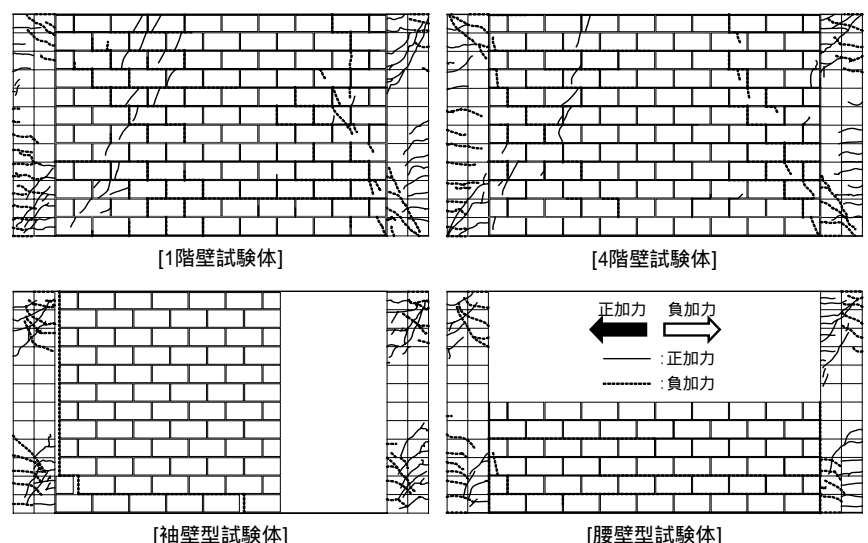


図1 $+10 \times 10^{-3}$ radの第1サイクル終了後のひび割れ状況

3×10^{-3} rad で圧縮側柱脚部がせん断破壊すると同時に、引張側柱頭部もせん断破壊して終局に至ったため実験を終了した。

3. 荷重 - 変形関係

図2に各試験体の荷重 - 変形関係を示す。

(1) 1階壁試験体

本試験体は、 $+6.7 \times 10^{-3}$ rad の第1サイクルにおいて最大耐力960kNを記録したが、 13.3×10^{-3} rad (32mm) まで耐力の著しい低下はなく、耐力を維持する結果となった。その後 -15×10^{-3} rad の時圧縮側柱脚部のせん断ひび割れが急激に開き始め、耐力が約80%に低下した。本試験体では、圧縮側柱の曲げ降伏が先行したが、ブロック造壁内に水平力に抵抗する圧縮ストラットが形成され、柱脚部に大きな押し抜きせん断力が作用した結果、最終的にせん断破壊して終局に至った。柱のみに着目すると、せん断余裕度の計算値は0.78(荒川 mean 式に基づくせん断耐力/曲げ終局強度の略算式¹⁾)に基づく柱の曲げ終局時に作用するせん断力)とせん断降伏先行型であるが、実験結果は最終的にせん断破壊するもののせん断余裕度から予想されるよりも靱性能を有する結果となった。また、実験より得られた架構全体のせん断耐力は両側柱のみの曲げ降伏時のせん断力の計算値に対しておよそ1.4倍で、ブロック造壁が架構の耐力に大きく寄与していることがわかる。ブロック造壁の負担する最大せん断力を、架構全体の最大せん断力から柱の曲げ降伏時のせん断力を差し引くことにより算定すると、空洞を含むブロック全断面積に対する平均せん断応力度としておよそ0.4MPaである。

(2) 4階壁試験体

本試験体は、 $+10 \times 10^{-3}$ rad の第1サイクルにおいて最大耐力630kNを記録し、その後耐力の低下が見られたものの、最終サイクルである 33.3×10^{-3} rad に至るまで著しい耐力低下は起こらなかった。本試験体も、柱の曲げ降伏が先行したが1階壁試験体と同様のメカニズムにより、最終的にせん断破壊

して終局に至った。本試験体は軸力レベルが低い場合1階壁試験体より靱性能を有する結果となった。なお、本試験体は両側柱のみのせん断力の計算値に対しておよそ2.2倍の耐力を記録し、またブロック造壁の平均せん断応力度はおよそ0.5MPaである。

(3) 袖壁型試験体

本試験体は、 -16×10^{-3} rad 付近で734kNを記録し、同じ軸力レベルである1階壁試験体を遥かに下回った。柱のみのせん断余裕度の計算値は0.77とせん断降伏先行型であるが、壁全体が左側柱から徐々にスライドして離れていくため、ブロック造壁内に圧縮ストラットがほとんど形成されず、大変形域まで安定した性能を維持する結果となった。なお、本試験体は両側柱のみのせん断力に対しておよそ1.1倍の耐力を記録し、両者はほぼ一致した。この時ブロック造壁の平均せん断応力度はほぼ0MPaであり、開口形状によってブロック造壁のせん断応力度が大きく変化することがわかった。

(4) 腰壁型試験体

本試験体は、 -16×10^{-3} rad 付近で744kNを記録し、この時点で圧縮側柱脚部と引張側柱頭部が同時にせん断破壊して終局に至った。本試験体は他の試験体に比べ引張側柱の可撓長さが短くなるため、より小さな変形で終局に至ることが確認された。圧縮側柱の可撓長さは全高さ(2.4m)を、引張側柱の可撓長さはブロック造壁部分を除いた高さ(1.2m)を用いて両側柱のみの荒川 mean 式によるせん断力の計算値に対して、架構全体のせん断耐力はおよそ1.1倍を記録し、ほぼ一致する結果となった。

4. まとめ

本研究の結果を以下に示す。

(1) 1階壁及び4階壁試験体の破壊経過はほとんど同様に、柱の曲げ降伏が先行したが、ブロック造壁に圧縮ストラットが形成され、柱に大きなせん断力が作用した結果、最終的にせん断破壊した。袖壁型試験体は、袖壁が左側柱からスライドして徐々に離れたため、早い段階でその役割を失う結果となった。腰壁型試験体は、腰壁の影響で圧縮側柱脚部と引張側柱頭部が同時にせん断破壊して終局に至った。

(2) ブロック造壁が面外に脱落しなければ、両側柱のみの曲げ降伏時のせん断力の計算値に対して1階壁試験体は1.4倍、4階壁試験体は2.2倍であり、ブロック造壁が架構の耐力に大きく寄与した。しかしながら、袖壁型試験体は圧縮ストラットがほとんど形成されることなく、計算値とほぼ一致した。また、腰壁型試験体は荒川 mean 式によるせん断耐力の計算値とほぼ一致した。

参考文献 [1] 日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」, pp.167-192, 1988

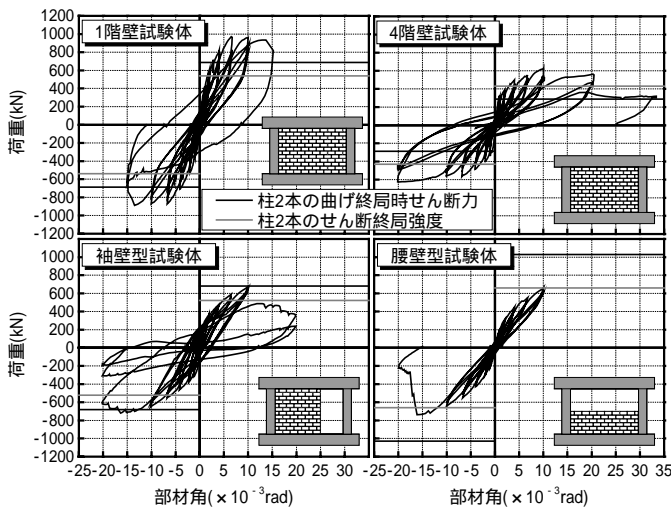


図2 荷重 - 変形関係

* 東京大学生産技術研究所 技術官
 ** 東京大学生産技術研究所 大学院生
 *** 東京大学生産技術研究所 助教授・工博
 **** 東京大学地震研究所 助手・博士(工学)
 ***** 東京大学生産技術研究所 研究生

* Technical Associate, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo
 ** Graduate Student, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo
 *** Associate Prof., Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
 **** Research Associate, Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.
 ***** Research Student, Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo