

乾式工法で組積したコンクリートブロック塀の面外振動実験

柏木 雄太郎

1. 序

筆者らは、資源循環に寄与する建築構造体として、乾式工法で組積するコンクリートブロック塀の開発研究を行っている。この工法で作製したブロック壁は、面外方向への高い復元性能と、面内方向への高いエネルギー吸収能力を持つことが確認されている。^{1),2)}

本研究では、乾式工法で組積したコンクリートブロック塀の面外加振実験を行い、動的挙動の確認を行った。また、実験により得られた結果を、湿式工法で組積したコンクリートブロック塀の面外振動実験³⁾で得られた結果と比較した。

2. 試験体の構成

本研究の試験体 (T1680, I960) の構成要素のうち、使用したコンクリートブロックを図1に、水平補強鋼板をそれぞれ図2, 図3に示す。コンクリートブロックはこの乾式工法に適した形状にプレス成形し製造されたものである。建築用コンクリートブロックの規格 JIS-A-5406 に準じて製造されたもので、同規格中の圧縮強さ試験の方法に従って行った圧縮載荷実験で得られた全断面圧縮強さは平均 42.0N/mm²であった。

試験体(T1680, I960)の構成をそれぞれ図4, 図5に示す。ブロックを組積する際に、すべてのボルトに 7.0kN/本のプレストレスを与えた。

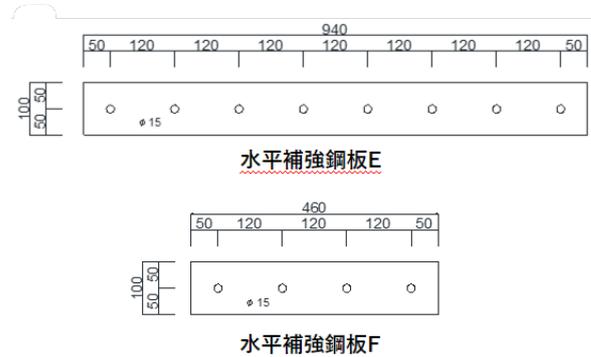


図3 試験体 I960 の水平補強鋼板の形状(単位:mm)

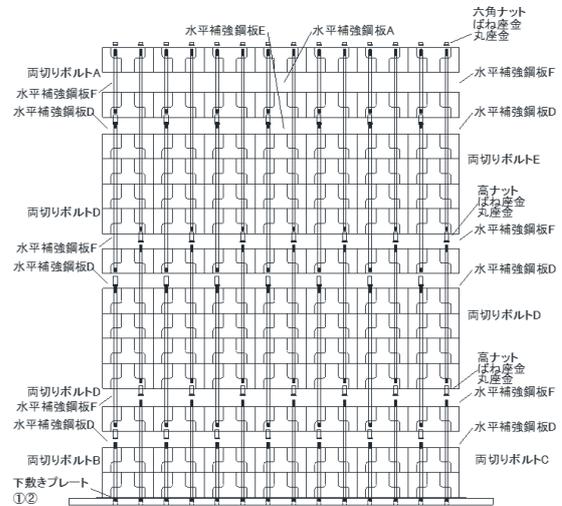


図4 試験体 T1680 の構成

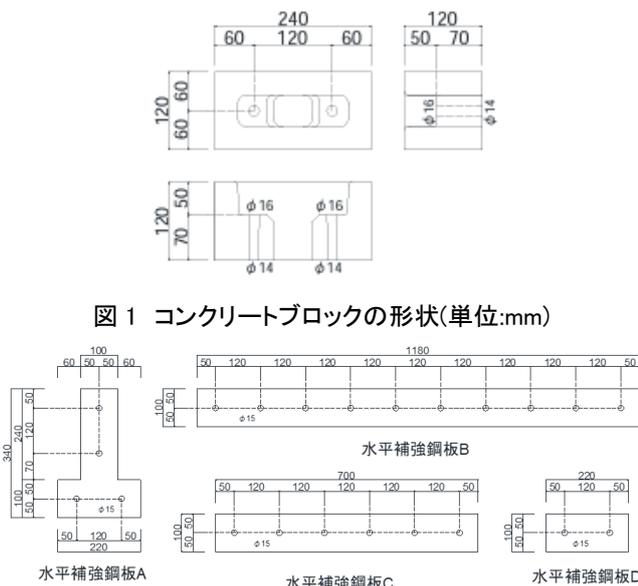


図1 コンクリートブロックの形状(単位:mm)

図2 試験体 T1680 の水平補強鋼板の形状(単位:mm)

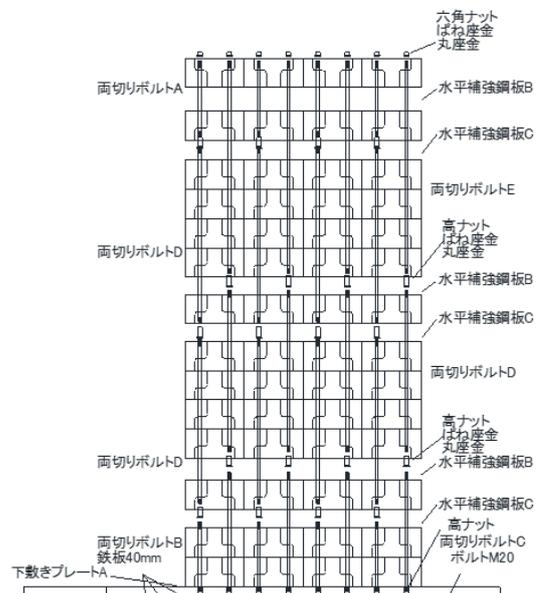


図5 試験体 I960 の構成

鉛直要素には普通鋼製の M12 の両切りボルト、高さ 40mm の高ナット、丸座金及びばね座金を用い、両切りボルトは水平補強鋼板の位置で継ぐのに適した長さのものを使用した。

3. 実験概要

本研究では図 4, 図 5 に示した 2 種類の試験体 T1680, I960 について、塀の面外方向への振動台加振実験を行った。本実験では (1) 矩形波 (振動数 0.05Hz, 片振幅 0.5 ~ 1.0mm, 100sec), (2) スイープ波 (振動数 1 ~ 20Hz: 対数掃引, 片振幅 0.5 ~ 1.0mm, 100sec), (3) 日本建築センター (以下, BCJ と記す) Level 1 波, (4) BCJ Level 2 波, (5) JMA 神戸 NS 波による加振を行った。(3) ~ (5) は倍率 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.75 倍としたものを加速度の小さなものから順次入力した。試験体各部の変位, 加速度, ボルトのひずみの測定位置を図 6, 図 7 に示す。入力波 (1), (2) は, (3) ~ (5) の入力前後に入力し, 加振前後における試験体の応答を比較した。

4. 実験結果及び考察

矩形波の入力によって各試験体の塀頂部に生じた

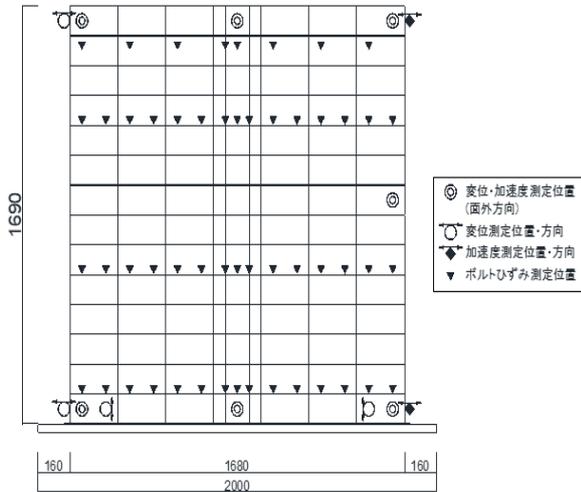


図 6 試験体 T1680 の変位, 加速度, ひずみ測定位置

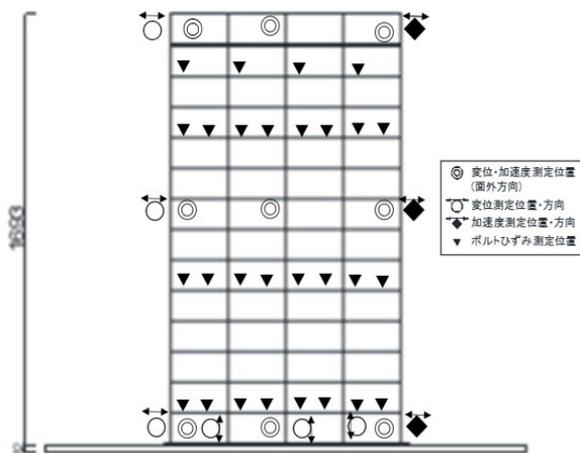


図 7 試験体 I960 の変位, 加速度, ひずみ測定位置

加速度のフーリエスペクトルを, 振動台の加速度のフーリエスペクトルで除して得られる伝達関数 (フーリエスペクトル比) を図 8, 図 9 に示す。各図中の数字はピークの振動数を示しており, これらは試験体 T1680, I960 の固有振動数とみられる。図 10, 図 11 にスイープ波の入力で得られた塀頂部の加速度時刻歴を示す。図中の数字はゼロ・クロッシング法により算出した固有周期から算定した固有振動数である。

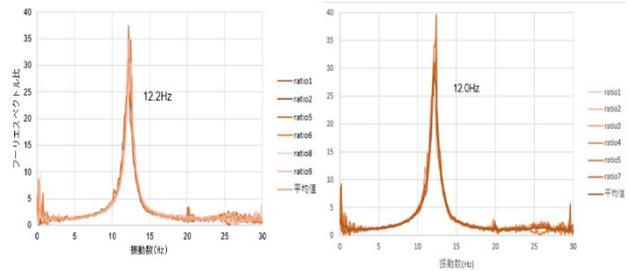


図 8 矩形波より得られる加速度の伝達関数 (T1680, 両方向変位, 左:地震波入力前, 右:入力後)

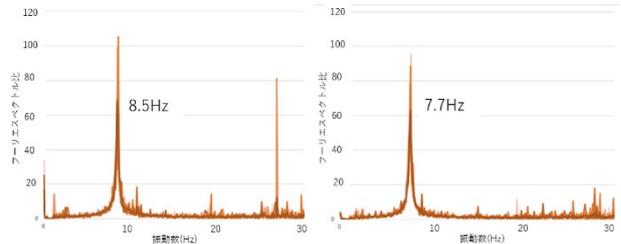


図 9 矩形波より得られる加速度の伝達関数 (I960, 両方向変位, 左:地震波入力前, 右:入力後)

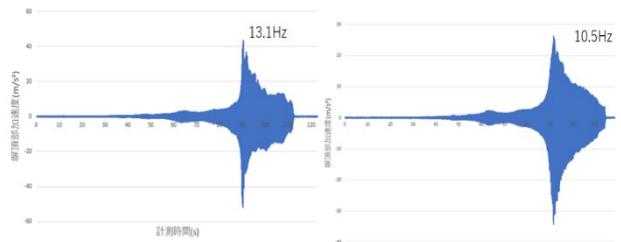


図 10 スイープ波による塀頂部の加速度時刻歴 (T1680, 左:地震波入力前, 右:入力後)

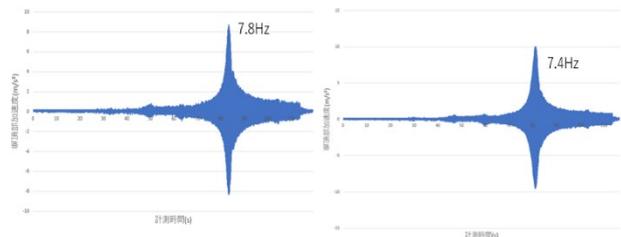


図 11 スイープ波による塀頂部の加速度時刻歴 (I960, 左:地震波入力前, 右:入力後)

矩形波の入力とスイープ波の入力で得られる固有振動数には差異がみられるが, ともに地震波の入力後には固有振動数が小さくなっていることが確認できる。

次に固有周期 T と減衰定数 h を算出した。固有周期 T はフーリエスペクトル比およびゼロ・クロッシング法から算出した固有振動数を用いて算出した。減衰定数は半値幅法により算出した。算出した固有周期 T と減衰定数 h を表 1 に示す。表 1 には既往の湿式工法で組積されたコンクリートブロック塀の振動実験で測定された固有周期及び減衰定数³⁾を併せて示した。

表 1 地震波入力前後の固有周期と減衰定数
固有周期 T (sec)

| 試験体名 | 地震波入力前 | | 地震波入力後 | |
|-------|--------|-------|--------|-------|
| | 矩形波 | スイープ波 | 矩形波 | スイープ波 |
| T1680 | 0.082 | 0.076 | 0.083 | 0.094 |
| I960 | 0.118 | 0.128 | 0.13 | 0.135 |
| T600 | 0.04 | | 0.05 | |
| I600 | 0.32 | 0.43 | 0.57 | 0.68 |
| | (正) | (負) | | |

| 試験体名 | 地震波入力前 | | 地震波入力後 | |
|-------|--------|-------|--------|-------|
| | 矩形波 | スイープ波 | 矩形波 | スイープ波 |
| T1680 | 0.031 | 0.015 | 0.032 | 0.018 |
| I960 | 0.035 | 0.001 | 0.028 | 0.015 |
| T600 | 0.029 | | 0.054 | |
| I600 | 0.037 | 0.016 | 0.064 | 0.028 |
| | (正) | (負) | | |

表 1 より、試験体 T1680 及び試験体 I960 はともに地震波入力後の固有周期が大きくなる事が確認できた。また、試験体 T1680 は試験体 T600 より、固有周期が大きくなる事が確認され、一方、試験体 I960 は試験体 I600 より固有周期及び正方向加振時の減衰定数が小さい事が確認された。試験体 T1680 が試験体 T600 より固有周期が大きいのは、T1680 が乾式組積され、構成要素同士が接着されていないためと考えられる。また、地震波入力後の試験体 I960 の固有周期や正方向加振時の減衰定数が I600 のそれより小さいのは、I600 は加振によって塀脚部と基礎部の間に水平ひび割れが生じ、縦筋が降伏したためと考えられる。地震波入力後の試験体 I960 の減衰定数が地震波入力前より小さくなっているのは、地震波加振によって試験体 I960 を構成しているボルトの張力が少し小さくなったことで、構成要素間に小さなずれが生じるときの摩擦によるエネルギー吸収量が小さくなったためと推察される。

表 2 に固有周期の概算値と実験値を示す。試験体 T1680 に関して、固有周期の概算値は実験値の約 0.8 倍となり、試験体 I960 は固有周期の概算値が実験値の約 1.1 倍になった。

図 12~図 17 に試験体 T1680, I960 の地震応答を示

表 2 固有周期の概算値と実験値の比較

| 試験体名 | | 概算値 | 実験値 | 概算値 |
|-------|--------|-------|-------|------|
| | | (sec) | (sec) | 実験値 |
| T1680 | 組積体のみ | 0.064 | 0.082 | 0.78 |
| | 塀側圧縮 | 0.085 | | 1.04 |
| | 控え壁側圧縮 | 0.063 | | 0.76 |
| I960 | | 0.125 | 0.118 | 1.06 |

す。塀頂部の最大変位から試験体 T1680 と試験体 T600 及び、試験体 I960 と試験体 I600 は似た挙動を示したといえる。また、試験体 T1680 及び試験体 I960 はともに破損が目視で確認できず、鉄筋も降伏していなかった。さらに、図 14 及び図 17 より、試験体 T1680 及び I960 の基礎の変位増加に対するボルトのひずみ増加量は、試験体 T600 及び I600 のそれより小さいことが

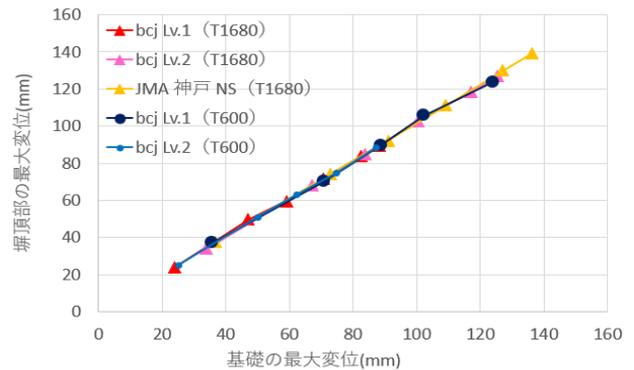


図 12 試験体 T1680 の変位応答

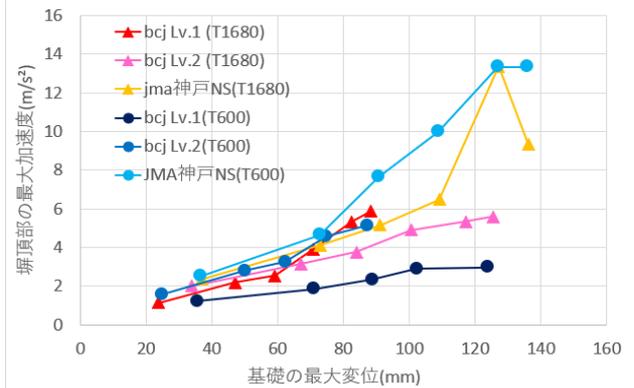


図 13 試験体 T1680 の加速度応答

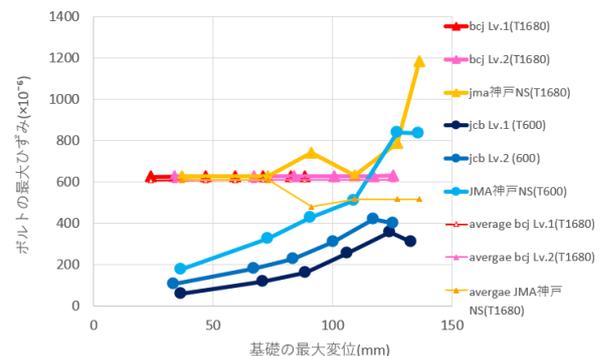


図 14 試験体 T1680 の地震波入力に対する最大ひずみ

確認できる。これは、試験体作製時にボルトに張力を導入したことで生じた圧縮力が、引張力を負担したことで、ボルトが負担する引張力が小さくなったことが主な原因として考えられる。

図 18 に JMA 神戸 NS 波で生じる塀頂部の最大水平変位のモードを示す。試験体 T1680 は中心軸に対して左右対称であり、変形がほぼ左右対称に生じていることが確認できる。同様に、JMA 神戸 NS 波で生じる塀頂部の最大加速度のモードを図 19 に示す。同図より、試験体 T1680 は塀の中心部と両端で最大加速度に大きな差異がないことが確認できる。このことから、水平補強鋼板等により塀端部の変位及び加速度を、控え壁近傍と同程度に抑えることができたといえる。

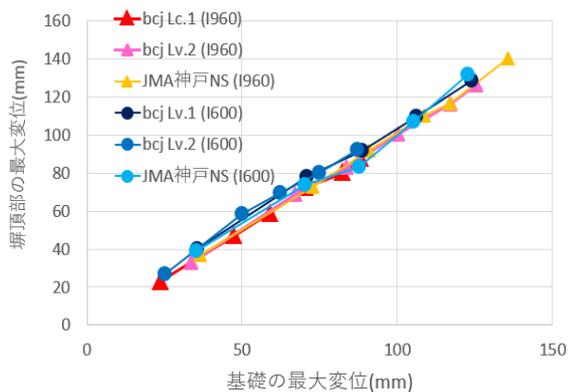


図 15 試験体 I960 の変位応答

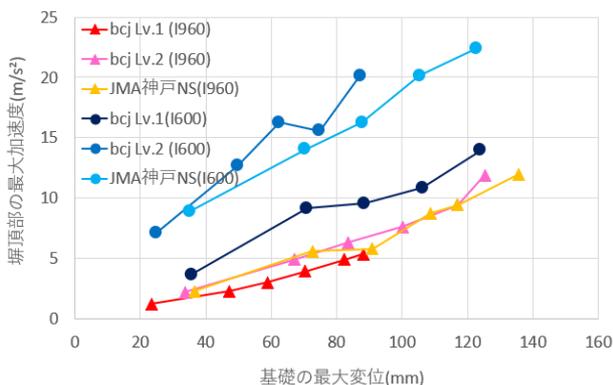


図 16 試験体 I960 の加速度応答

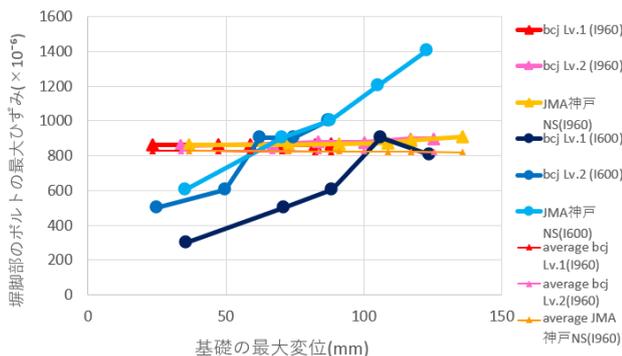


図 17 試験体 I960 の地震波入力に対する最大ひずみ

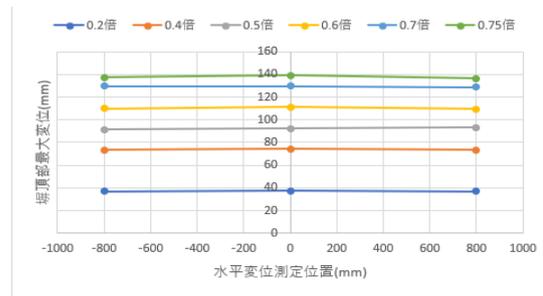


図 18 JMA 神戸 NS 波で生じた塀頂部最大水平変位

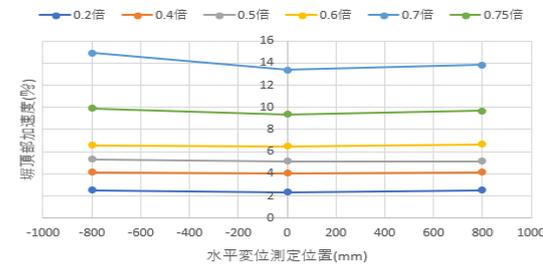


図 19 JMA 神戸 NS 波で生じた塀頂部最大加速度

5. まとめ

本研究では、乾式工法で組積したコンクリートブロック塀の面外振動実験を行い、以下の知見を得た。

- (1) 地震波入力前後の乾式ブロック塀の固有振動数や減衰定数を調べた結果、地震波入力後は固有振動数が小さく、減衰定数が大きくなることが確認できた。
- (2) 試験体 T1680 及び試験体 I960 はともに地震波入力後も破損が目視で確認できず、振動台の変位に対する塀頂部の相対変位は小さかった。また、塀脚部のボルトは降伏していないことが確認された。
- (3) 試験体 T1680 は湿式組積した試験体 T600 より固有振動数が小さく、減衰定数大きいこと、試験体 I960 は湿式組積した試験体 I600 より固有振動数が大きく、減衰定数が小さいことが確認された。
- (4) 試験体 T1680 の固有周期の概算値は実験値の約 0.8 倍となり、試験体 I960 の固有周期の概算値は実験値の約 1.1 倍になることが確認された。

謝辞

本研究において、振動実験は文部科学省科学研究費補助金（基盤研究（C）、課題番号：19K04712、研究代表者：山口謙太郎）を利用して行った。

参考文献

- 1) 窪川祐輔：乾式工法で組積したコンクリートブロック梁の面外及び面内曲げに対する力学特性，九州大学修士論文，2020.2
- 2) 箆島遼也：曲げ変形が卓越する乾式組積コンクリートブロック壁の面内繰り返し水平載荷実験，九州大学卒業論文，2022.2
- 3) 朱之明：湿式工法で組積したコンクリートブロック塀の面外振動実験，九州大学修士論文，2022.2