

耐震性に優れた ブロック塀の研究

3-3 35番 本間大一優

ブロック塀の耐震性に優れた建築方法

動機

近年、地震に関する関心が高まっている

2011年3月11日に発生した東日本大震災。このときの主な被害の要因は津波によるものだった。

(グラフ1 :<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h23/bousai2011/html/zu/zu004.htm>)

また、2016年4月14日に発生した熊本地震では土砂災害での被害も多かった。

最も記憶にあたるのは、2018年9月6日の北海道胆振東部地震だろう。この地震では土砂崩れが起き、多くの家屋が倒壊し、北海道全域が一時停電するなどの被害があった。

そして、2018年6月18日に発生した大阪府北部地震。この地震の被害(グラフ2)で僕が最も衝撃を受けたのは、9歳の通学中の女兒がブロック塀の下敷きになり亡くなったことである。

なぜならば、しっかりと市の職員や学校がブロック塀の安全管理を徹底すれば防げたものだからだ。もう二度とブロック塀によって尊い命が奪われることのないようにしたい、という思いからこの研究を始めた。

背景

現在既に使用されている耐震構造。

1.コンクリートに控え壁を作る。(図1)

→部分的にはつり、鉄筋を掛けて配筋し型枠を組んでコンクリートを打つ方法。

2.コンクリートに構成支柱を立てる。(図2)

→あらかじめ鉄工所などで製造した鋼製支柱を設置する方法。

メリット : ・後付可能

デメリット : ・大掛かりな工事になる

・スペースが狭くなり利便性が失われる

・以上の理由からそもそも工事ができない場合がある

・高コスト

3.コンクリートブロック塀耐震補強金具「FITパワー」(図3)

→ブロック塀にボルトの穴を開け、そこに金具 (FITパワー)を取り付け、モルタルを流し込み固定する方法。

メリット : ・スペースをとらない

・簡単に施工できるデメリット : ・コストは高い

現在のブロック塀の制限・推薦

1.ブロック塀の高さを制限する

→ブロック塀の最大の高さ = 表1 (<http://www.sasakiblock.com/kitei.html>より)

2.ブロックの厚さ

・高さ2m以下のブロック塀→厚さ120mm以上のブロック

・高さ2mを超えるブロック塀→厚さ150mm以上のブロック

を推薦している

3.控壁の配置

- ・ 塀高さが1.2mを超えるときは、長さ3.4m以内ごとに基礎と塀と一緒に作ること

4補助金

一部の自治体ではブロック塀の点検・修理の際に補助金が出る。

→大阪府北部地震を受けて様々な自治体が対策に乗り出している。

しかし、金銭的な問題から安易に修理をできずに、放置されているのがあるのも現状である。

研究目的

- ①ブロック塀の耐震性に優れた建築方法を検証することで、前述した事故を防ぐこと
- ②低コストの耐震設計を発見することで、現在行われているブロック塀の点検・修理をスムーズに。そして、金銭的に難しい市区町村でも点検・修理を行えるようにする。
- ③ブロック塀の危険性を”見える化”すること。

問題

- ①控壁を作ることによって倒れるまでの時間を伸ばすことができるのか？
- ②ブロック塀の高さが高いと、より倒れやすくなるのか？
- ③ブロック塀の積み方によって倒れにくくなるのではないのか？

以上3つのことについて検証していく。

仮説①

控壁を作ることによって、倒れるまでの時間を伸ばすことができると考える。

理由：背景でも書いてあるように、現在の日本のブロック塀の多くは控壁を作っているため。

また、控壁を作ることにより、一方の揺れに対してブロック塀を抑えることができるため崩れるまでの時間を引き伸ばせることができると考える。

実験方法①

3D物理演算を行うことができるフリーソフト「unity」を使用する。

以下がunityにて設定したものである。

- ・ブロック塀のモデルとなる 重さ10.3kg,長さ390mm×高さ190mm×厚さ100mmのモデルを作成。
- ・ブロックに物理演算のComponentである”rigidbody”を適応
- ・また地面となるモデルを作り、スクリプト(Add Force)によって揺らす
- ・(参考)以下、実行スクリプト

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

public class test : MonoBehaviour
{
    bool m_xPlus = true;

    // Use this for initialization
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        if (m_xPlus)
        {
            GetComponent<Rigidbody>().AddForce(new
Vector3(5000, 0, 0), ForceMode.Force);
            if (transform.position.x >= 0.07)
                m_xPlus = false;
        }
        else
        {
            GetComponent<Rigidbody>().AddForce(new
Vector3(-5000, 0, 0), ForceMode.Force);
            if (transform.position.x <= -0.07)
                m_xPlus = true;
        }

        // 力を加える
    }

    private IEnumerator Sample()
    {
        yield return new WaitForSeconds(4.0f);
    }
}
```

- ・ブロックをある程度の数、積んだものを”ブロック塀”とする。また、控壁無し有りの場合を作成しシミュレーションを行い、完全にブロック塀が崩れるまでの時間を比較する。

結果①

後のページの図4~図6参照。

控壁有り→図4

控壁無し→図5

被害の状況を考慮するために、上方向から見た様子も観察する(図6)

そして、控壁が広範囲に散らばっていることがわかる。

倒れるまでの時間：控壁無しの場合=3.5秒

控壁有りの場合=4.0秒

仮説②

ブロック塀の高さがより高いと、より倒れやすくなるを考える。

理由：大阪府北部地震の際、倒れたブロック塀は制限をはるかに超えて3m以上だったため。またブロック塀の高さが高いほど下のブロックに対する負荷もかかり、さらには、重心も揺れによって大きくぶれてしまい早めに倒れてしまうのではないかと考えたため。

実験方法②

実験方法①とスクリプトは全く同じである。

ただし、オブジェクトが少し異なり、控壁を取り除きいたものとブロックの数を二倍にし、高さも二倍にしたものを作成する。

シミュレーションを行い、どちらが早く倒れるのか観察する。

結果②

倒れるまでの時間：高さ1=3.5秒

高さ2=3.6秒→倒れるまでの時間はほぼ変わらないことがわかる

崩れ方の違いについては図7を参照。

ブロック塀が2倍の高さのほうがより広範囲に散らばっていることがわかる。

また、重なっているブロックも多いことも同時に見て取れる。

仮説③

ブロック塀の積み方によって倒れる時間も変わると考える。また、被害を少なくできるのではないかな。

理由：一列を少しずらした形で積んでいくと、うまく力が分散されて長く経っていられるのではないかな？また、縦ではなく横で倒れるため、ブロック塀が飛び散る範囲を狭めることができるのではないかと考えたためである。

実験方法③

実験方法①とスクリプトは全く同じである。

控壁をなくし、一列ずつ少しずらして組み方を変え(図8)、どのような崩れ方をするのか、またどのくらいの時間で崩れるのかをシミュレーションする

また比較対象は実験②と同じく控壁無し、高さが等しいものとする。

結果③

崩れるまでの時間：標準の組み方：3.6秒

ずらした組み方：3.6秒

ほぼ同じであった。

時間はほぼ同じでも、崩れ方に少しの違いがあることがわかる。→図9参照。

考察

まず、結果①からは仮説どおりに控壁があったほうが、崩れるまでの時間を伸ばすことができるということがわかった。しかし、上から見た図を見てみると、控壁がかなり広がって倒れてしまっているのがわかる。広がって倒れるとより広域に被害が及んでしまう。そのため、この控壁は地震の際に凶器となる可能性があり、他の耐震方法がよい。

前述したFITパワーが適応ではないかと考える。なぜならば、地面とFITパワーはモルタルで固定されておりブロック塀と共に倒れる可能性は低いからである。

次に、結果②からは仮説とは反対に、ブロック塀の高さが高くなっても倒れるまでの時間は差がほとんどないということがわかる。しかし、写真から見て分かる通りかなりのブロック塀が散乱して、重なっている。もし、逃げ遅れた場合に上に重なるブロックが多いほど体の負担も大きい。すなわち、ブロック塀を高く積みすぎるとするのは被害をより甚大にさせる可能性があり、適していないと言える。

最後に、結果③からは仮説のとは反対に、列の組み方を変えても崩れるまでの時間を伸ばすことは出来ないということがわかった。しかし、標準のブロック塀の組み方では縦の列ごと倒れ、広範囲にブロックがあるが、ずらした組み方の場合は横の列で倒れ、少し被害の範囲が狭まっていることがわかる。

日本は自然災害が多いのに加え、近年異常気象などの問題が発生している。ブロック塀に限らず今での”モノ”の建築方法では、対応しきれないことが多々ある。今、災害が起きても被害を少なくするためにそれらの見直しを図ることが求められていると思う

今後の課題として、シミュレーションの値が不完全であること(セメントの接着力を考慮していない、地震の揺れを再現しきれていない)や、FITパワーについて、十分検証出来ていないことが挙げられる。また、自分でもコストと耐震性どちらにも優れた建築方法を探ることが課題だ。

結論

最も最適なブロック塀の耐震方法、積み方は、

「高さを2m以下、FITパワーを設置し、列で少しずらして積む」である。

ただし、FITパワーの設置や、一回全部壊して少しずらして積み直すというのはとても費用がかかり、その費用的に厳しい場合がある。その場合は学校での安全管理。例えば「危険なブロック塀を事前に確認しておく」などの対策を取ることが重要である。

参考文献

- ・大阪市 一塀の安全について
<http://www.city.osaka.lg.jp/toshikeikaku/page/0000439074.html>
- ・株式会社宝機材 コンクリートブロック塀の倒壊防止対策～撤去できないCB壁～
<https://www.takara-kizai.com/fitpower/>
- ・大林株式会社 FITパワー
<http://dairin-fit.jp/%E8%A3%BD%E5%93%81%E7%B4%B9%E4%BB%8B/fit-power/>
- ・内閣府 大阪府北部を震源とする地震に係る被害状況等について
http://www.bousai.go.jp/updates/h30jishin_osaka/index.html
- ・日本経済新聞 東日本大震災の死者、ほぼ津波が原因
https://www.nikkei.com/article/DGXNASDG1902Z_Z10C11A4CC1000/
- ・内閣府 東日本大震災における死因
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h23/bousai2011/html/zu/zu004.htm>
- ・有限会社佐々木ブロック ブロックのサイズ
<http://www.sasakiblock.com/block.html>

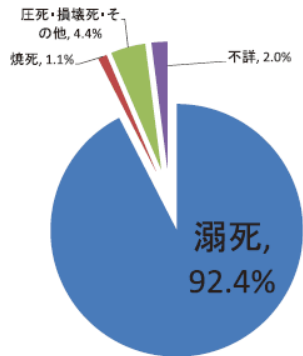
謝辞

物理演算ソフトでの検証について相談に乗っていただいた友人や先生方に感謝します。

グラフ1 東日本大震災における死因

東日本大震災における死因 (岩手県・宮城県・福島県)

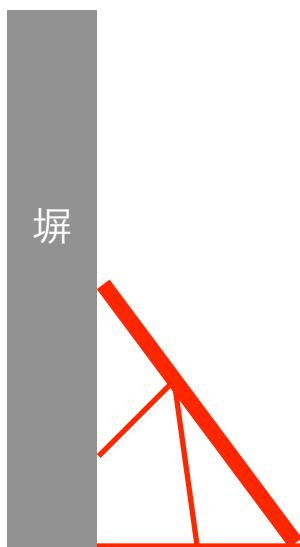
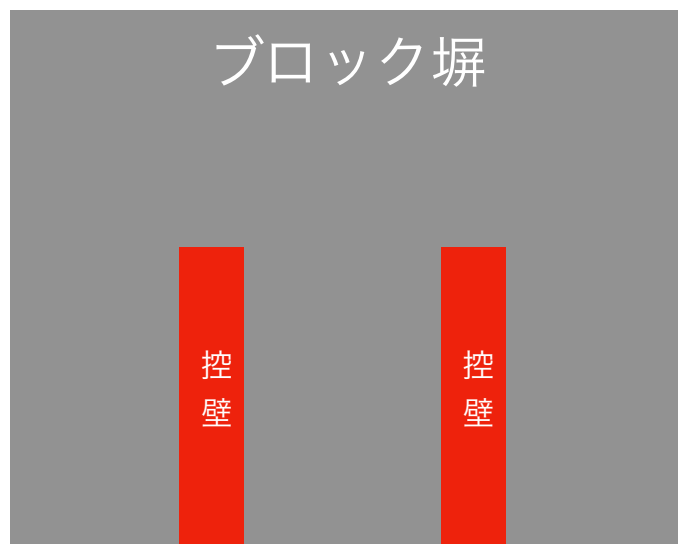
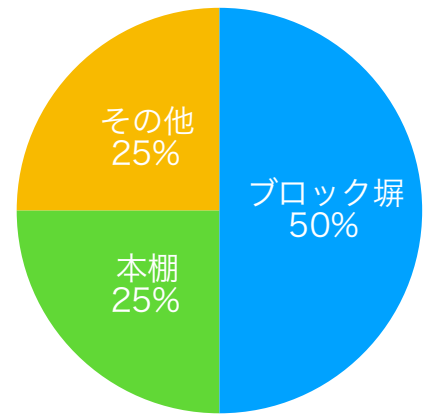
(平成23年4月11日現在)



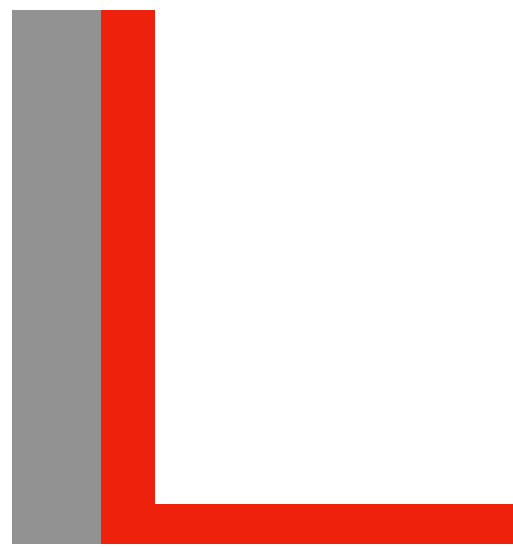
(図1)

(警察庁資料より内閣府作成)

グラフ2 大阪府北部地震における死因(大阪府)



(図2) 構成鉄柱



(図3)

基礎形状および 土質 ブロック塀の形式	I形		逆T形・L形	
	普通土	改良土	普通土	改良土
控壁・控柱なし塀	1.2m	1.6m	1.6m	1.6m
控壁・控柱付き塀	1.4m	1.8m	1.8m	2.2m

表1 (<http://www.sasakiblock.com/kitei.html>より)

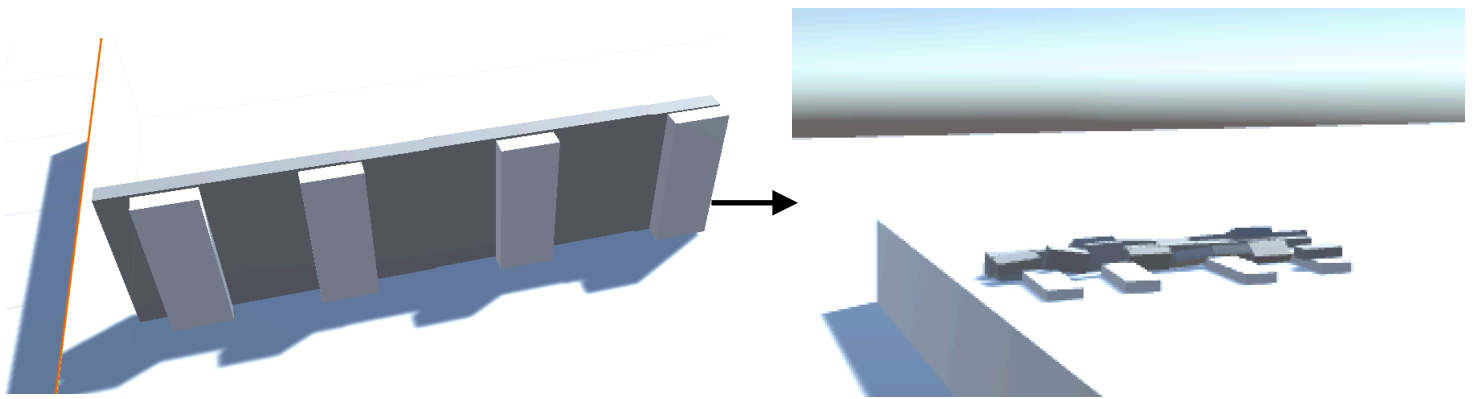


図4 (控壁有り)揺れを与える前・後

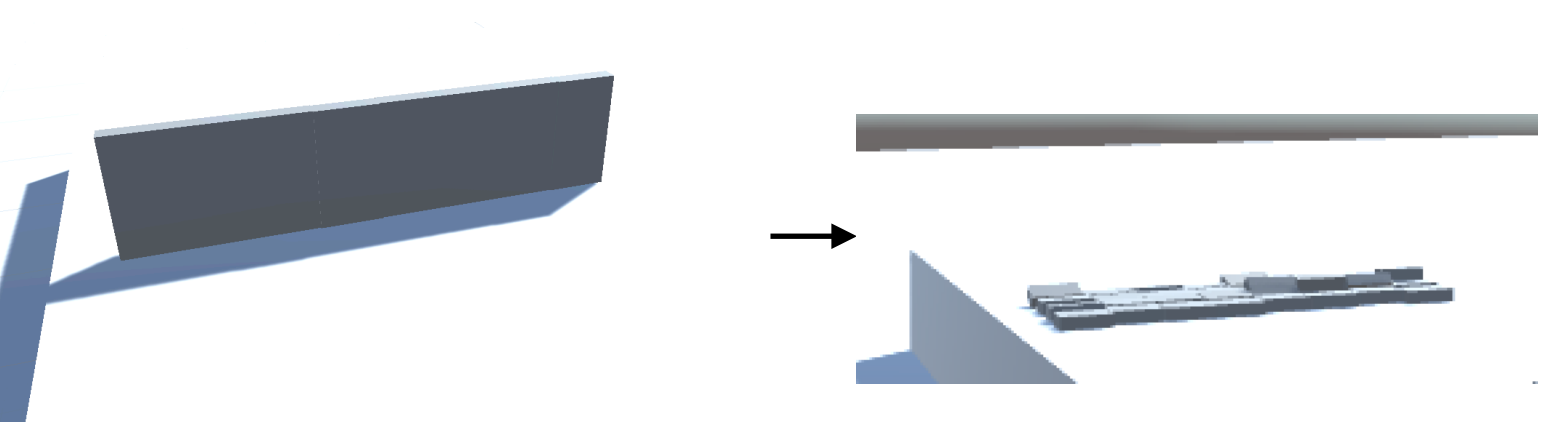


図5 (控壁無し)揺れを与える前・後

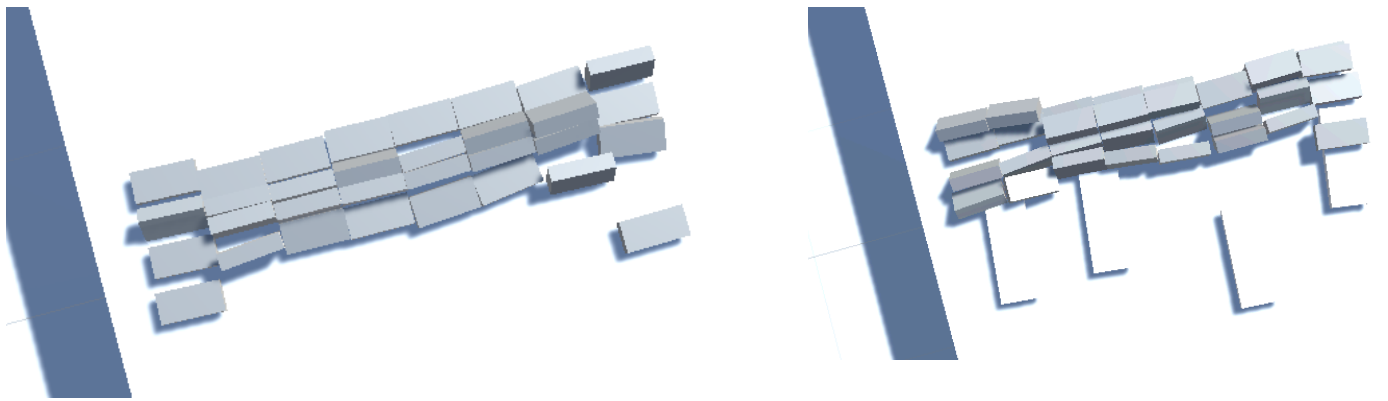


図6 上から見た図(左：控壁無し 右：控壁有り)

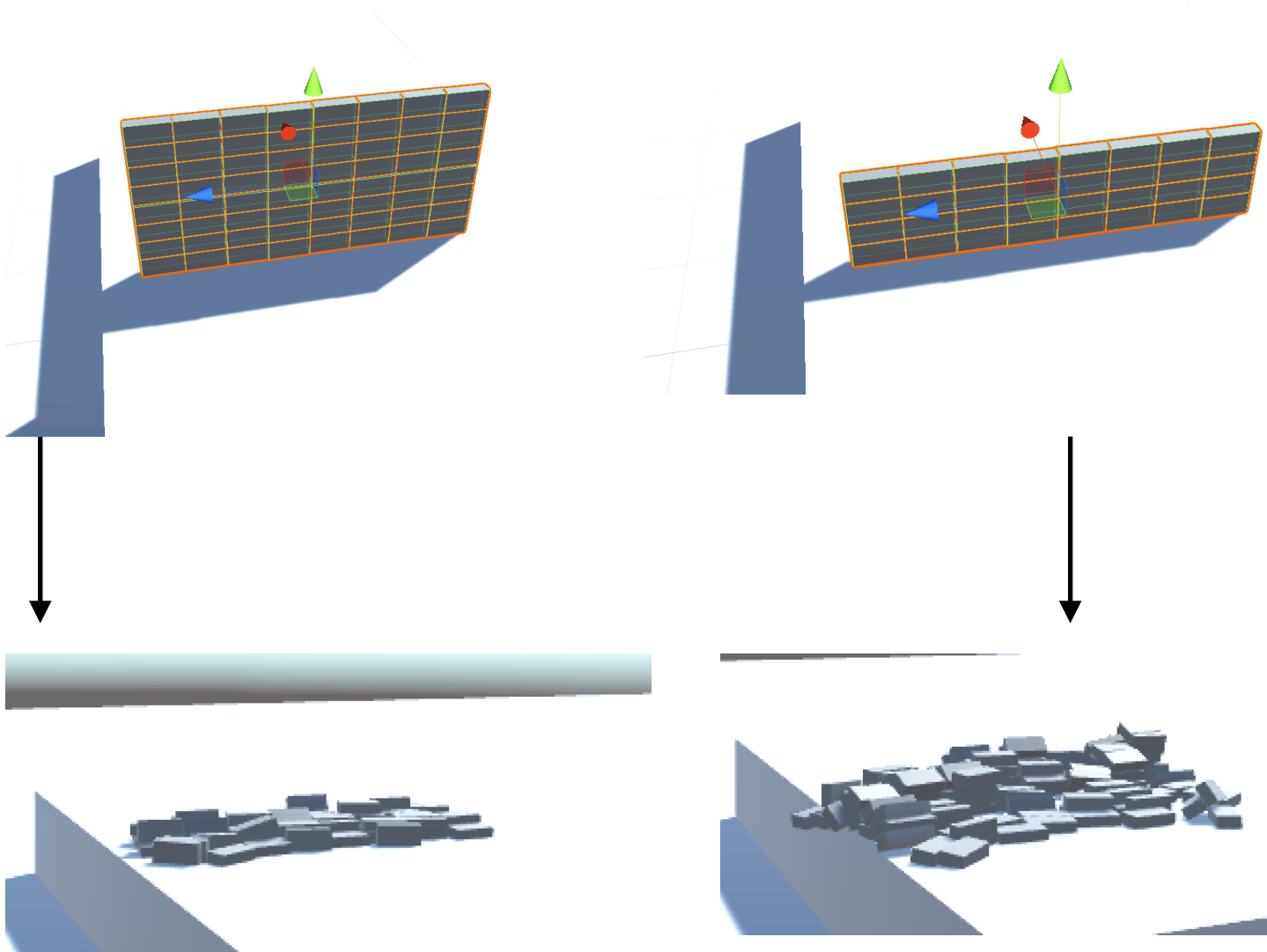


図7 左：高さを2倍にしたブロック塀。 右：実験①と同じ高さのブロック塀

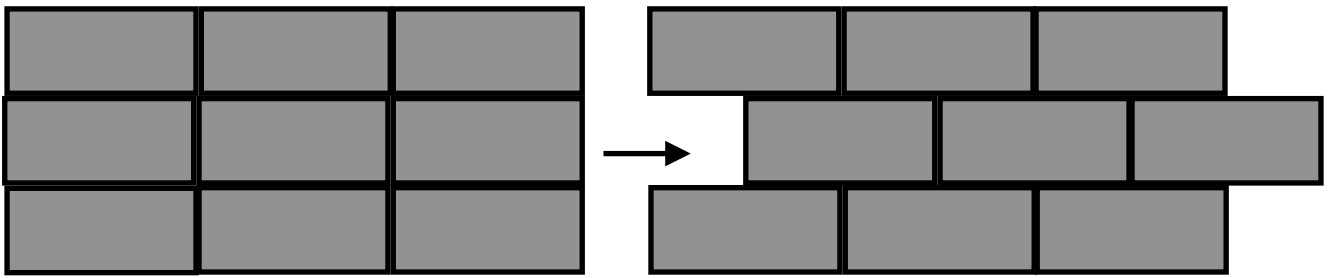


図8 組み方のイメージ図

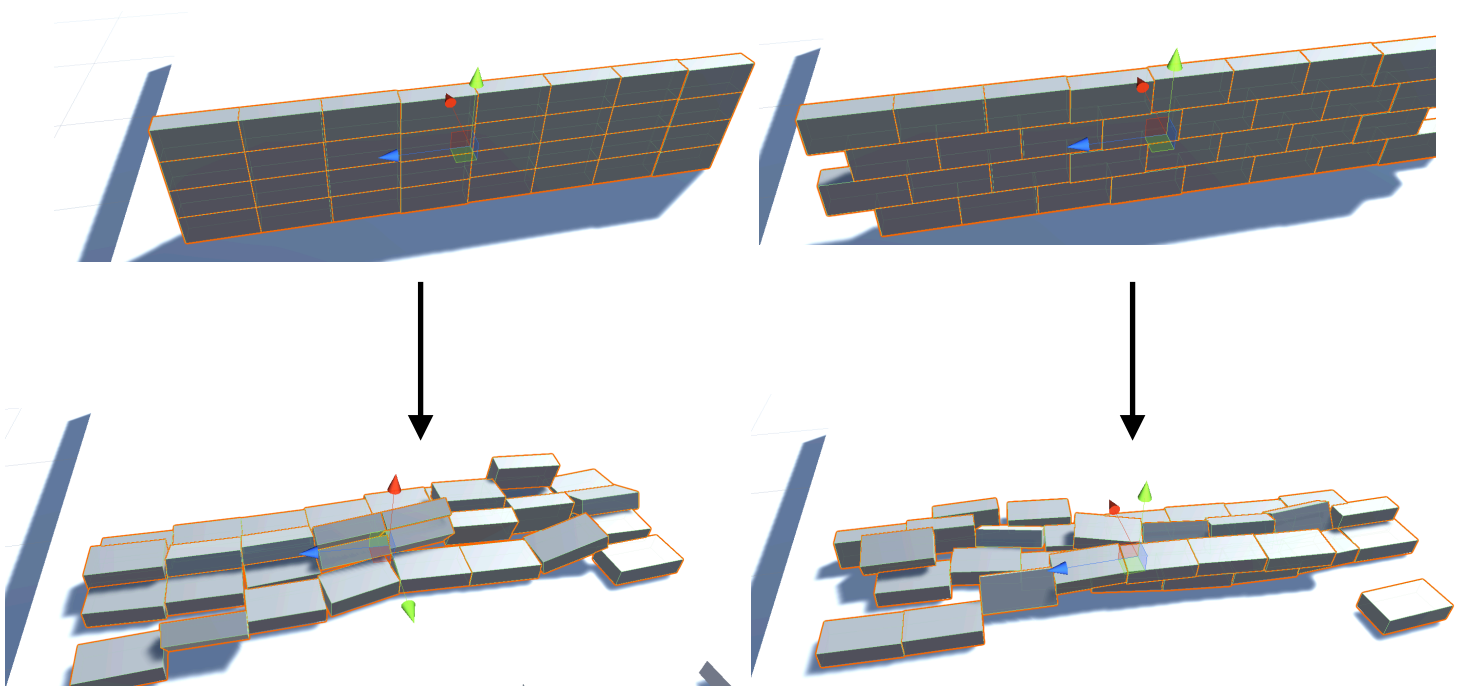


図9 左：標準の組み方 右：ずらした組み方