

安全なブロック塀の製作

愛媛県立松山南高等学校

ブロック塀班

石原涼平

八尋龍大

山岡竜平

山田和波

指導教諭

松下吉之

1. はじめに

近年、地震の発生によるブロック塀での事故が報告されており、新しく作り直すなどの対策がなされている。そこで、私たちは安価で、強度の高いブロックを製作し、そのブロックを用いて倒れにくい、防災を目的としたブロック塀を開発しようと考えた。

私たちは倒れにくいブロック塀を製作するにあたって2つの観点で研究を行う必要があると考えた。1つ目はブロック塀を構成するコンクリートブロックの構造、2つ目は材料である。これら2つの観点に注目し研究を始めた。

2. コンクリートブロックの形が強度に及ぼす影響

2-1 実験方法

コンクリートブロックの構造の違いによる強度を調べるために、紙粘土を用いて実験を行った。実験するブロックの構造の種類は、丸型(図1)三角型(図2)四角型(図3)とし、形をくりぬいた。それぞれ図4のような方向から油圧型プレス機(図5)で圧力をかけた。そして、紙粘土が割れたときに、かけた力を計測した。実験の結果より強度のあるブロックの構造を考察した。ただし紙粘土は1つが $8.7 \times 3.9 \times 2.0 \text{ cm}^3$ の型(図6)に入れて製作した。



図1 丸型



図2 三角型



図3 四角型



図4 圧力をかける方向



図5 油圧型プレス機



図6 製作した紙粘土

2-2 結果

(1) 丸型 (図7)

割れたときにかけた力の平均が 145kgf (図7の実線) だった。他の種類の型に比べて一番強度が高かった。その要因として丸という形が外からの力をうまく分散できていると考えられる。

(2) 四角型 (図8)

割れたときにかけた力の平均が 105kgf (図8の実線) であった。丸型よりも強度は劣るが、三角型よりは強度が高いということがわかる。しかし、丸型のようにうまく力を分散できていないことがわかる。

(3) 三角型 (図9)

割れたときにかけた力の平均 90kgf (図9の実線) と一番強度が低いことがわった。三角の形の頂点から亀裂が入り、割れている試料が多いため三角形という構造が力を分散できていないことがわかる。

2-3 考察

三角形の頂点や四角形の角から亀裂が入っていたことから、角のある三角型や四角型のブロックと比べて、角のない丸型のブロックのほうがプレス機による力を分散することができるため、より強度の高い構造になったと考えられる。

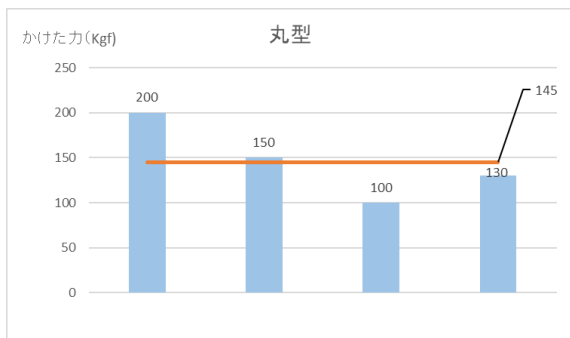


図7 丸型の強度

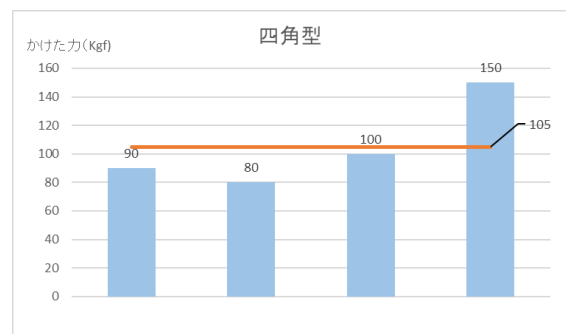


図8 四角型の強度

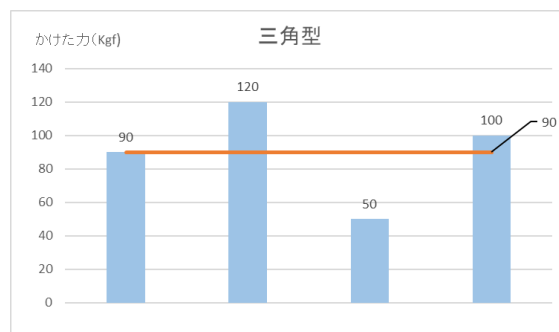


図9 三角型の強度

3. コンクリートブロックの材料の配合比が強度に及ぼす影響

3-1 実験方法

コンクリートブロックの材料の配合比の違いによる強度を調べるために、モルタル・砂利・水を用

いて実験を行った。最適な配合比は、モルタル：砂利=1：1～1：3 という村田二郎、長瀧重義、菊川浩治らの先行研究より、モルタルと砂利の配合比を1：1～1：3の間で設定し、強度を測定した。

モルタルと砂利を1：1で配合したものを【比率①】(図10)、1：2で配合したものを【比率②】(図11)、1：3で配合したものを【比率③】(図12)とした。配合比はすべて体積比とする

まず、【比率①～③】のコンクリートを2×2×22 cmの型に流し込み、コンクリートブロック(図13)を製作する。次に、製作したコンクリートブロックを岩石カッター(図14)で2×2×2 cmの立方体にカットする。カットした立方体のコンクリートブロックを油圧型プレス機(図5)でプレスし、ヒビ割れ・亀裂が入ったときにかけている単位面積当りの重さ(圧力)を測定する。

次に、モルタル・砂利の単位体積当たりの価格を調べ、単位体積あたりの製作コストをそれぞれの比率で算出する。

コストパフォーマンスの高い比率を探るために、 $\frac{\text{割れたときにかけた圧力 (kg/cm}^2\text{)}}{\text{ブロックの製作コスト (円)}}$ (=評価値) として計算する。この評価値を用いて最も安価で強度の高い比率を考察する。



図10 モルタル：砂利＝1：1



図11 モルタル：砂利＝1：2

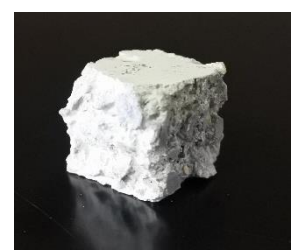


図12 モルタル：砂利＝1：3



図13 製作したコンクリートブロック



図14 岩石カッター

3-2 結果と考察

比率③から①になるにつれて強度の平均値が高くなっていくことが分かった(図15,16)。そのことから粗骨材(砂利)どうしを結合するセメントの割合が高くなればなるほど強度が高くなることがわかった。そのため、強度のみを追求するのであればセメント100%が最も強度の高い配合比であると予想する。

また、比率③から①になるにつれて標準誤差が大きくなっていることから(表1)、比率①の平均値は比率③に比べて母集団の真の平均値を示しているとは言い難いことが分かった。

評価値においても同様に、比率③から①になるにつれて評価値の平均が高くなっていくことが分かった(図17,18)。しかし、標準誤差においては、あまり差がみられなかったため(表2)、平均値での比較は正確であると言える。

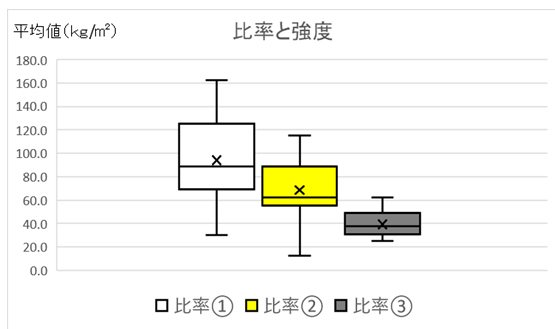


図 15 材料の比率と強度の関係 (平均値)

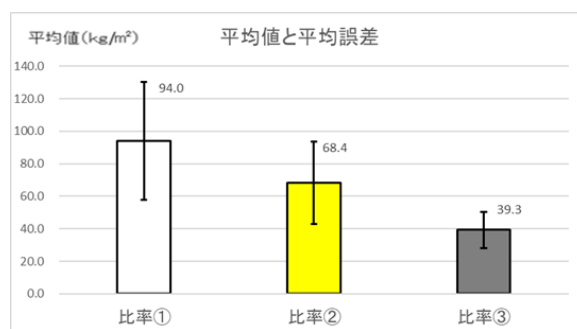


図 16 強度の平均値と平均誤差

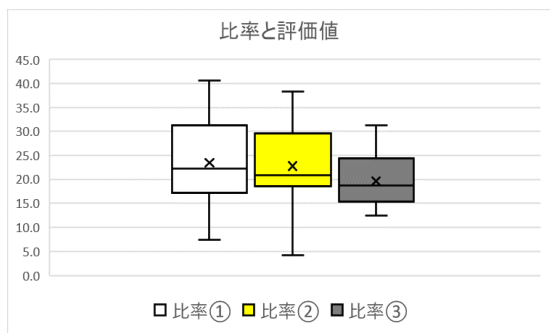


図 17 材料の比率と強度の関係 (評価値)

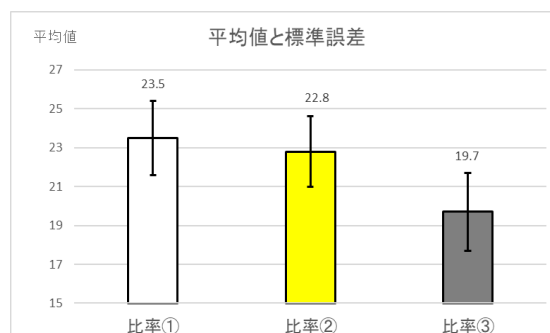


図 18 評価値の平均と標準誤差

表 1 強度の平均値の標準偏差と標準誤差 (n は試行回数)

比率	平均値(kg/cm ²)	不変標準偏差	標準誤差
比率①	94.0	94±36.3	94.0±7.6(n=23)
比率②	68.4	68.4±25.3	68.4±5.5(n=22)
比率③	39.3	39.3±11.2	39.3±4.0(n=8)

表 2 評価値の平均値の標準偏差と標準誤差 (n は試行回数)

比率	平均値	不変標準偏差	標準誤差
比率①	23.5	23.5±9.1	26.2±1.9(n=23)
比率②	22.8	22.8±8.4	22.3±1.8(n=22)
比率③	19.7	19.7±5.6	21.8±2.0(n=8)

4. まとめと今後の展望

今回の実験では比率①が最も安価で強度の高い配合比であることが分かった。しかし、配合比 モルタル:砂利=1:1 まででの実験で終わってしまった。モルタルの単価は砂利に比べて高い。そのためモルタルの比率を上げるほど費用が高くなり、評価値は低くなる。今後はセメントの割合を高くし、同様の実験を行い、評価値の最大値を取る時の比率を研究していきたい。また、今回はコンクリートブロックの材料配合比・構造というブロック単体の性能向上の研究で終わってしまった。私たちの最終目標は倒れにくい防災を目的としたブロック塀の製作であるため、今回の実験で得られたデータをもとに次のステップであるコンクリートブロックの積み上げ方や、ブロック塀の製作方法等についての研究も進めていきたい。

5. 参考文献

- ・ 3.7.4 コンクリートの強度 (令第74) https://www.icba.or.jp/kenchikuhorei/2018tsuiho/179_181-2_3.7.4.pdf
- ・ 実験データを正しく扱うための実験・分析データの統計解析入門 (甲南大理工山本雅博)
- ・ 土木材料 コンクリート 第2版 (村田二郎、長瀧重義、菊川浩治)