

# 型枠状コンクリートブロックを用いた コンクリートブロック組積体の強度特性に関する研究 Strength Properties of Concrete Block Masonry Walls Using Fill-up Concrete Blocks

山崎 尚志 三田 紀行 (職業能力開発総合大学校)  
Hisashi Yamasaki, Noriyuki Mita

本研究は、コンクリートブロック組積体の強度特性を明らかにすることを目的とした実験的研究である。実験では、コンクリートブロック組積体の構成材料である、コンクリートブロック、充填モルタルおよび目地モルタルを主な実験要因とし、各材料の強度を変化させたプリズム試験体を作製し、圧縮試験によりその強度特性を評価した。実験結果をもとに、コンクリートブロック組積体中に占める構成材料の容積とその強度によるコンクリートブロック組積体の圧縮強度推定や、重回帰分析による圧縮強度推定を試みた。その結果、コンクリートブロック組積体の圧縮強度には、充填モルタルの強度が影響し、線形重回帰式によりコンクリートブロック組積体の圧縮強度をある程度推定できることが確認された。  
キーワード：コンクリートブロック、充填、プリズム、組積係数、圧縮強度

## 1. はじめに

コンクリートブロック造は、工場で品質管理され造られたコンクリートブロック（以下ブロックと記す）を、現場において目地モルタルで組積し、ブロックの空洞部を充填モルタル・コンクリートにより充填一体化した構造体である。コンクリートブロック造は、以上の3つの異なる材料からなる複合的な構造体であるが、これらの構成材料は同じセメント系材料であるにもかかわらず、その強度特性は大きく異なる<sup>1)</sup>。したがって、これらの構成材料の強度特性が大きく異なると、コンクリートブロック組積体の強度特性は複雑になると考えられる<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、コンクリートブロック組積体の強度特性を実験的に明らかにするため、各構成材料を実験要因とした実験をおこなった。実験は大きく2つの実験からなり、ひとつはコンクリートブロックおよび充填モルタルによって構成されブロックを組積していない試験体（以下コンクリート複合体と記す）に関する実験である。他方は、ブロックを普通目地または薄目地により3段組積し、モルタルで充填したプリズム試験体（以下プリズムと記す）に関するものである。これらの試験体に関して圧縮試験をおこない、構成材料がコンクリート複合体およびプリズムの強度特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料およびセメントモルタルの調合

実験に使用した材料は表1に示すとおりである。ブ

ックは目標圧縮強度が20, 40, 60N/mm<sup>2</sup>で製造され、空洞部の容積率が56%の型枠状コンクリートブロック3種類を用いた。表中の実測圧縮強度はクーポン試験体(30×30×60mm)により確認した値である。

細骨材は、最大粒径を調整し種類Ⅰを普通目地用および充填モルタル用とし、種類Ⅱを薄目地用とした。混和剤には、充填モルタルの充填性を確保するため高性能減

表1 使用材料

コンクリートブロック(B)	B20	目標圧縮強度 20N/mm <sup>2</sup> 実測圧縮強度 19.4N/mm <sup>2</sup> (プリズム試験時) 25.0N/mm <sup>2</sup> (コンクリート複合体試験時)
	B40	目標圧縮強度 40N/mm <sup>2</sup> 実測圧縮強度 38.9N/mm <sup>2</sup> (プリズム試験時) 41.0N/mm <sup>2</sup> (コンクリート複合体試験時)
	B60	目標圧縮強度 60N/mm <sup>2</sup> 実測圧縮強度 62.2N/mm <sup>2</sup> (プリズム試験時) 57.2N/mm <sup>2</sup> (コンクリート複合体試験時)
セメント(C)	普通ポルトランドセメント 強度:62.3N/mm <sup>2</sup> , 密度:3.16g/cm <sup>3</sup>	
細骨材(S)	種類Ⅰ	最大粒径:2.5mm, 吸水率:1.79%, 表乾密度:2.64g/cm <sup>3</sup>
	種類Ⅱ	最大粒径:1.2mm, 吸水率:1.32%, 表乾密度:2.63g/cm <sup>3</sup>
混和剤	高性能減水剤(SP):ポリカルボン酸系 増粘剤(MC):メチルセルロース	

表2 モルタルの調合表

モルタルの種類	目標圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	呼名	W/C (%)	S/C	SP/C (%)	MC/C (%)	単位水量(kg/m <sup>3</sup> )	質量(kg/m <sup>3</sup> )			
								C	S	SP	MC
目地(J)	20	J20普	80	4.75	-	0.1	263	329	1564	-	0.3
		J20薄	80	3.75	-	0.1	302	378	1416	-	0.4
	40	J20普	53	3.00	-	0.1	257	484	1452	-	0.5
		J20薄	53	2.50	-	0.1	283	534	1336	-	0.5
	60	J20普	40	1.75	-	0.1	278	696	1218	-	0.7
		J20薄	40	1.00	-	0.1	350	875	875	-	0.9
充填(G)	20	G20	80	4.75	0.4	0.1	263	329	1562	1.3	0.3
	40	G40	53	3.00	0.2	0.1	256	484	1451	1.0	0.5
	60	G60	40	1.75	0.1	0.1	278	696	1217	0.7	0.7

W:水, C:セメント, S:細骨材, SP:高性能減水剤, MC:メチルセルロース

水剤を用い、作業性の改善および分離低減の目的で増粘剤を使用した。

2.2 実験要因と水準

本実験では、コンクリート複合体についてはブロックと充填モルタルを実験要因とし、ブロックは表1に示すB20,B40およびB60の3水準を設け、充填モルタルはこれらのブロックの強度と同程度となるよう目標圧縮強度を20,40および60N/mm<sup>2</sup>とし調査した3水準を設け、計9パターンの試験体を作製し、それぞれ3体の試験体を設けた。充填モルタルの調査および諸物性は表2および表3に示すとおりである。

続いてプリズムについては、ブロック、充填モルタル、目地モルタルを実験要因とした。ブロックおよび充填モルタルの水準は、上述のコンクリート複合体と同様にそれぞれ3水準を設けた。目地モルタルについても、ブロックの強度と同程度となるよう目標圧縮強度を20,40および60N/mm<sup>2</sup>とし調査した3水準、さらに目地厚さが10mm程度となるよう作製された普通目地と、3mm程度となるよう作製された薄目地の2種類を設けた計6水準とした。これらの実験要因を組み合わせた計54パターンの条件を設け、それぞれ3体の試験体を作製した。目地モルタルの調査および諸物性は表2および表3に示すとおりである。なお、目地モルタルの調査はブロック施工技能者の作業性を考慮し検討している。

2.3 コンクリート複合体の概要

コンクリート複合体の概要は図1に示すとおりである。圧縮試験時の試験体の変形を測定するため、歪みゲージをブロック両面のフェイスシェル中央部の縦横方向と、ブロックのウェブの上部に取り付けた。充填モルタルの変形は、歪みゲージをφ6mmの異形鉄筋に貼り付け、それをブロック中央空洞部に鉛直方向と水平方向の長手および短手方向に取り付けた。

試験体の養生は、現場気中養生としたが、材齢に伴う各構成材料の強度変化を考慮し、充填モルタルおよび目地モルタルが、プリズムの圧縮試験時に目標圧縮強度となるよう必要に応じて現場水中養生も行った。

圧縮試験は、試験体の上下面を石膏でキャッピングしたのち、3000kN圧縮試験機で行った。加力速度は2.0kN/secを目安とした。

2.4 プリズムの概要

プリズムの概要を図2に示す。コンクリート複合体と同様に、圧縮試験時のブロックの歪みを測定するため、2段目ブロック両面中央部の縦横方向と、同じく2段目ブロックのウェブの上部に歪みゲージを取り付けた。また充填モルタルの歪みの測定は、2段目ブロックの中央の空洞部に、コンクリート複合体と同様によりおこなった。養生はコンクリート複合体と同様とした。

表3 モルタルの諸物性

モルタルの呼名	目標圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	モルタルの種類	フレッシュ試験				養生条件	強度(N/mm <sup>2</sup> )	材齢(週)						
			テーブルフロー値(mm)	空気量(%)	モルタルスランプ値(mm)	スランプフロー値(mm)			1 4 6 8 10 13						
									標準	圧縮	曲げ	1	4	6	8
J20普	20	普通目地	160	12.0	50	103	標準	9.8	15.5	17.8	-	-	-	-	18.3
			160	12.0	50	103	現場	3.0	4.0	4.3	-	-	-	-	4.6
		薄目地	206	13.5	63	111	標準	11.7	18.1	20.2	-	-	-	-	22.6
			206	13.5	63	111	現場	3.3	4.4	4.7	-	-	-	-	4.9
J20薄	20	普通目地	179	13.0	32	110	標準	25.7	32.5	38.5	-	-	-	-	43.3
			179	13.0	32	110	現場	5.3	6.1	6.2	-	-	-	-	6.9
		薄目地	193	13.0	43	105	標準	23.7	32.9	35.4	-	-	-	-	35.4
			193	13.0	43	105	現場	5.0	6.1	6.1	-	-	-	-	6.5
J40普	40	普通目地	186	8.7	43	110	標準	43.9	50.2	61.8	-	-	-	-	66.0
			186	8.7	43	110	現場	7.6	8.9	9.2	-	-	-	-	9.7
		薄目地	215	8.9	102	163	標準	38.3	48.9	55.8	-	-	-	-	58.3
			215	8.9	102	163	現場	7.3	8.5	8.7	-	-	-	-	8.6
J40薄	40	普通目地	184	16.5	50	112	標準	12.0	16.9	19.1	-	-	-	-	19.6
			184	16.5	50	112	現場	3.3	4.3	4.4	-	-	-	-	4.9
		薄目地	185	14.5	36	110	標準	18.2	21.3	24.1	23.6	23.8	-	-	23.0
			185	14.5	36	110	現場	27.1	35.0	40.0	-	-	-	-	39.0
J60普	60	普通目地	191	9.5	43	110	標準	5.5	6.4	6.7	-	-	-	-	6.7
			191	9.5	43	110	現場	25.0	39.7	41.9	41.6	30.8	-	-	63.7
		薄目地	191	9.5	43	110	標準	47.6	55.8	61.4	-	-	-	-	63.7
			191	9.5	43	110	現場	7.3	8.1	8.7	-	-	-	-	9.7
J60薄	60	普通目地	191	9.5	43	110	標準	49.4	55.2	61.1	65.7	52.8	-	-	52.8
			191	9.5	43	110	現場	49.4	55.2	61.1	65.7	52.8	-	-	52.8
		薄目地	191	9.5	43	110	標準	49.4	55.2	61.1	65.7	52.8	-	-	52.8
			191	9.5	43	110	現場	49.4	55.2	61.1	65.7	52.8	-	-	52.8

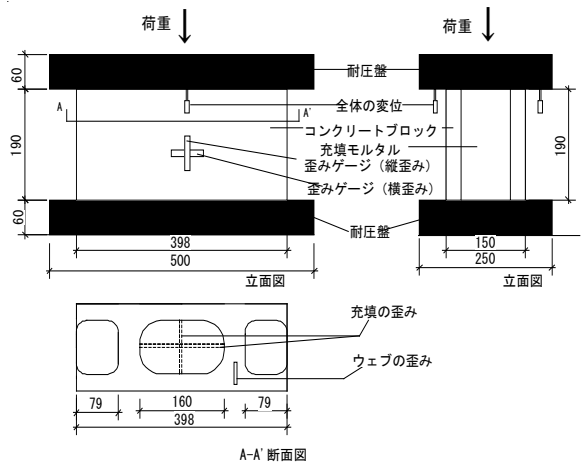


図1 コンクリート複合体の概要および加力方法

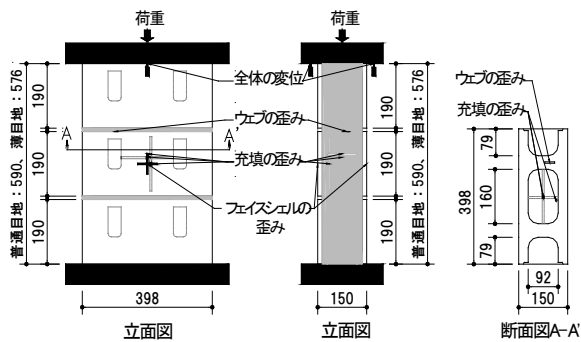


図2 プリズムの概要

3. コンクリート複合体に関する実験結果

3.1 コンクリート複合体の圧縮強度に関する考察

複合体の圧縮試験結果を図3に示す。併せて、複合体の圧縮強度に関して分散分析した結果を表4に示す。まずブロックが複合体の圧縮強度に及ぼす影響について述べる。図3より、充填モルタルの種類に関わらず、ブロックの圧縮強度が高くなるにつれ複合体の圧縮強度も高くなる傾向がある。続いて、充填モルタルが複合体の圧

縮強度に及ぼす影響については、図3よりブロックの種類に関係なく充填モルタルの圧縮強度が増加すると、複合体の圧縮強度も増加することがわかる。充填モルタルが複合体の圧縮強度に及ぼす影響は、ブロックが複合体の圧縮強度に及ぼす影響よりも顕著である。図4の分散分析表からも、充填モルタルのほうがブロックよりも複合体の圧縮強度に及ぼす影響が大きいことが認められる。これは複合体の構成材料の中で充填モルタルが占める容積が、ブロックの占める容積に比べ大きいとためと考えられる。

3.2 応力ひずみ曲線に関する考察

応力-ひずみ曲線を図4に示す。多く見られた傾向として、ブロックと充填モルタルの強度が同程度の、例えば「B20-G20」の場合は、ブロックの縦歪みと充填モルタルの縦歪みは一樣に増加していく傾向が認められたが、ブロックの強度に比べて充填モルタルの強度が極端に低い、例えば「B60-G20」では、途中で充填モルタルのひずみが進展しにくくなる傾向が認められた。これは、充填モルタルの強度が低く複合体内部で充填モルタルが先行して破壊し、破壊によってひずみ測定部の変形が緩和されひずみが進展しなくなったためと考えられる。したがって、内部の充填モルタルの強度が極端に弱い場合は、コンクリート複合体は一体となって破壊しないことが推察される。

3.3 構成材料の材料強度と容積から求まる推定圧縮強度に関する考察

3.1ではコンクリート複合体の圧縮強度には、充填モルタルの影響が高く、コンクリート複合体中に占める容積がコンクリート複合体の強度に影響していることを述べた。よってここでは、コンクリート複合体を構成するブロックと充填モルタルそれぞれの材料強度と、それらの材料がコンクリート複合体中に占める容積を変数とした式1)により推定した複合体の圧縮強度と、実験により測定した圧縮強度を比較する。

$$F_m = (1 - \beta) f_{cu} + \beta f_{cg} \quad \dots 1)$$

- ここに、
- $F_m$ : コンクリート複合体の推定圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)
- $\beta$ : 容積空洞率
- $f_{cu}$ : コンクリートブロックの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)
- $f_{cg}$ : 充填モルタルの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

図5は式1)により推定した圧縮強度と、実験により測定した圧縮強度の関係を示したものである。これより、推定値を実測値が上回る傾向を示しているが両者には一定の関係が認められ、複合体の圧縮強度は構成材料が占める容積とその材料強度によりある程度説明できること

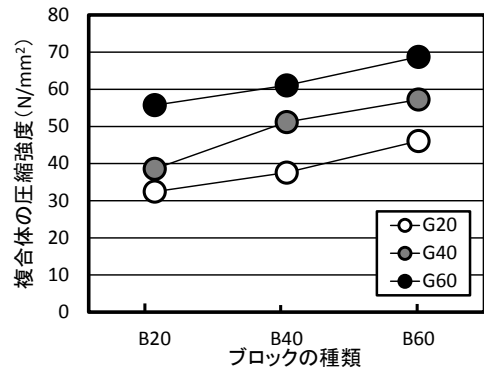


図3 コンクリート複合体の圧縮強度

表4 複合体の圧縮強度に関する分散分析表

要因	圧縮強度		F値 5%	F値 1%
	自由度	分散比		
A(ブロック)	2	52.8 **	3.55	6.08
B(充填モルタル)	2	124.5 **	3.55	6.08
A×B	4	1.5	2.93	4.58
誤差e	18	—	—	—
計	26	—	—	—

\*\*：危険率1%で有意

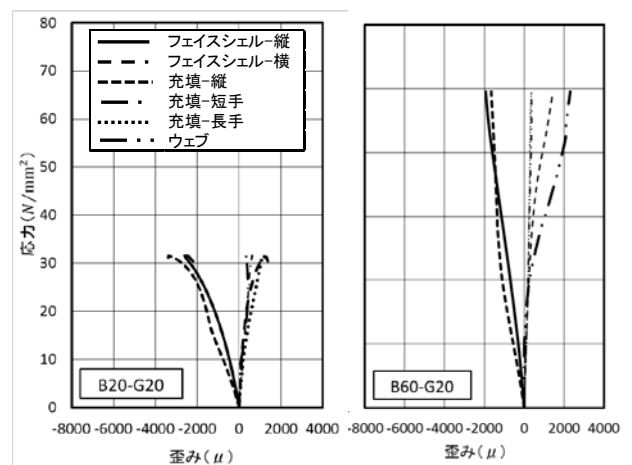


図4 応力ひずみ曲線

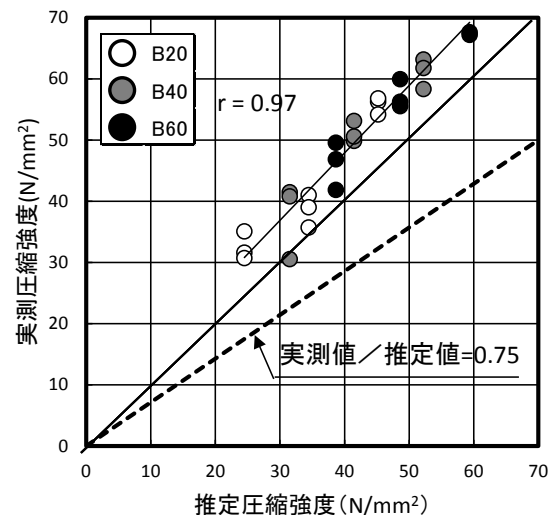


図5 実測圧縮強度と推定圧縮強度の関係

がわかる。

3.4 重回帰分析による推定圧縮強度に関する考察

本節では、ブロック強度と充填モルタル強度を変数とした重回帰分析によるコンクリート複合体の圧縮強度の推定に関して述べる。分析では、独立変数は前述のとおりブロック強度と充填モルタル強度とし、式2)の線形重回帰式を得る。

$$F_m = \beta_0 + \beta_1 f_{cu1} + \beta_2 f_{cg2} \quad \dots 2)$$

ここに、

$F_m$ : コンクリート複合体の推定圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$\beta_0$ : 定数項

$\beta_1, \beta_2$ : 偏回帰係数

$f_{cu1}$ : ブロックの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$f_{cg2}$ : 充填モルタルの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

ブロックの圧縮強度の値は表1中の数値を用い、充填モルタルについては、表2中の材齢8週の値を用いた。

重回帰分析の結果を表5に示す。これより、ブロックの寄与率は39%で、充填モルタルの寄与率は61%であり、コンクリート複合体の圧縮強度には充填モルタルが大きく寄与していることが分かる。図6には、式2)の線形重回帰式により推定された圧縮強度と、圧縮試験により測定された圧縮強度の関係を示す。図6より、本重回帰式には、高い精度で圧縮強度を推定していることがわかる。

4. プリズムに関する実験結果

4.1 充填モルタルの影響

プリズムの圧縮強度に及ぼすブロックの影響は、図7に示すとおりである。併せて、プリズムの圧縮強度に関して分散分析した結果を表6に示す。図7より、総じてみるとブロック、目地モルタルの種類および目地厚さに関係なく充填モルタルの圧縮強度の増加に伴い、プリズムの圧縮強度も増加する傾向が確認された。表5からも充填モルタルの影響が著しいことが確認できる。これは、3.1で述べたようにコンクリート複合体と同様で、プリズムの構成材料の中で充填モルタルが占める容積が大きいためと考えられる。

4.2 コンクリートブロックの影響

図8より、総じてみると目地モルタルの種類および目地厚さに関わらずブロックの圧縮強度が高いほどプリズムの圧縮強度が高くなる傾向が見られたが、4.1で述べた充填モルタルほどの顕著な傾向は認められない。

4.3 組積係数に関する考察

ここでは、3.3での考察と同様に、プリズムを構成する

表5 重回帰分析の結果

説明変数 (独立変数)	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	t値	寄与率	単相関 係数	決定 係数	重相関 係数
ブロック強度	0.47	0.53	10.16 **	39%	0.53	0.94	0.97
充填モルタル強度	0.63	0.81	15.60 **	61%	0.81		
定数項	4.07	-	1.56				

\*\* 危険率1%で有意

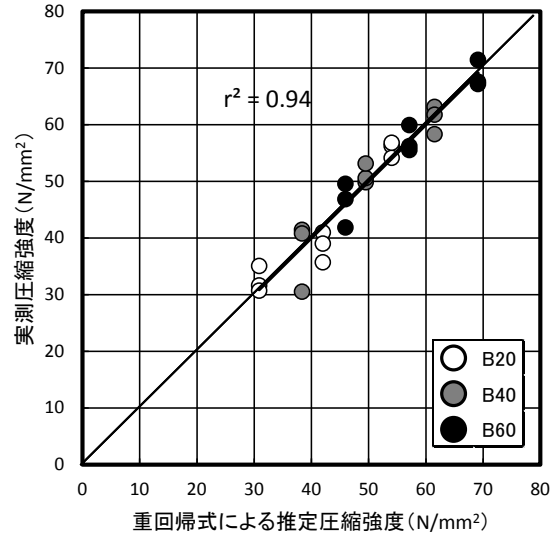


図6 推定圧縮強度と実測圧縮強度

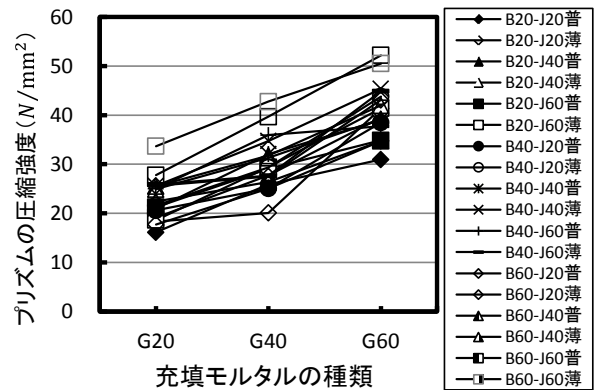


図7 充填モルタルの種類がプリズムの圧縮強度に及ぼす影響

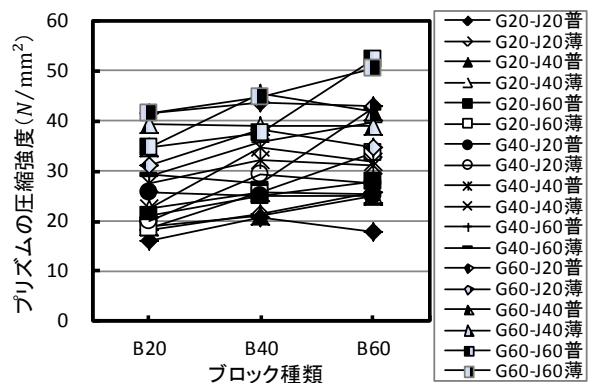


図8 ブロックの種類がプリズムの圧縮強度に及ぼす影響

材料の強度と、それらの材料がプリズム中に占める容積を変数とした式 3)により推定したプリズム圧縮強度と、実験により測定した圧縮強度を比較する。なお、ここでは、式 3)に示す組積係数に関しても考察する。

$$F_m = es \{ (1 - \beta) f_{cu} + \beta f_{cg} \} \quad \dots 3)$$

ここに、

$F_m$ : 実測したプリズム試験体の圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$es$ : 組積係数

$\beta$ : 容積空洞率

$f_{cu}$ : コンクリートブロックの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$f_{cg}$ : 充填モルタルの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

式 3)の組積係数(es)は、ブロックおよび充填モルタルがプリズムに占める容積と、それらの材料強度によって求まる推定圧縮強度と、圧縮試験により実測したプリズムの圧縮強度の比であり、目地モルタルによる組積がプリズムの強度に及ぼす影響を示したものである。

図 9 より、強度が高いブロックを用いたプリズムは、組積係数が小さくなる傾向が確認できる。日本建築学会では組積係数を 0.75 と仮定した設計基準強度の算出を示しているが<sup>3)</sup>、B60 を用いたプリズムの場合その値を大幅に下回るものも多く、高強度のブロックを用いる場合は設計上注意が必要であること示唆している。

図 10 に式 3)により推定したプリズムの圧縮強度と実測した圧縮強度の関係を示す。これより、両者には一定の関係が認められるものの、図 9 でも示したとおり、使用するブロックの強度が高くなるほど、推定される圧縮強度にくらべ実測した圧縮強度が小さくなる傾向が確認できる。したがって、強度が高いブロックを用いるほど、そのブロックの材料強度とプリズム中に占める容積に合った強度を期待できないことがわかる。

4.4 重回帰分析による推定圧縮強度に関する考察

本節では、プリズムを構成する材料の強度を変数とした重回帰分析によるプリズムの圧縮強度の推定に関して述べる。分析では独立変数は、ブロック強度、充填モルタル強度および目地モルタル強度とし目地厚さを無視した式 4)の線形重回帰式を得る。

$$F_m = \beta_0 + \beta_1 f_{cu1} + \beta_2 f_{cg2} + \beta_3 f_{cg3} \quad \dots 4)$$

ここに、

$F_m$ : プリズムの推定圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$\beta_0$ : 定数項

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ : 偏重回帰係数

$f_{cu1}$ : ブロックの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$f_{cg2}$ : 充填モルタルの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$f_{cg3}$ : 目地モルタルの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

表 6 プリズムの圧縮強度に関する分散分析表

要因	圧縮強度		F値 5%	F値 1%
	自由度	分散比		
A(ブロック)	2	22.2 **	3.08	4.81
B(充填モルタル)	2	164.5 **	3.08	4.81
C(目地モルタル)	2	19.9 **	3.08	4.81
D(目地厚さ)	1	8.0 **	3.93	6.88
A×B	4	0.0	2.46	3.50
A×C	4	5.5 **	2.46	3.50
A×D	2	0.8	3.08	4.81
B×C	4	1.0	2.46	3.50
B×D	2	2.9	3.08	4.81
C×D	2	1.1	3.08	4.81
A×B×C	8	0.4	2.03	2.68
A×B×D	4	0.5	2.46	3.50
A×C×D	4	0.7	2.46	3.50
B×C×D	4	0.6	2.46	3.50
A×B×C×D	8	1.5	2.03	2.68
誤差e	108	—	—	—
計	161	—	—	—

\*\*：危険率1%で有意

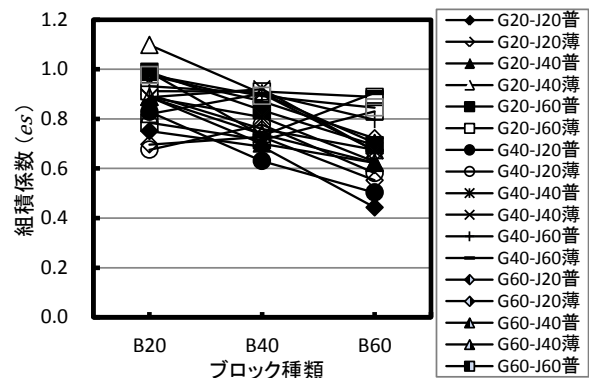


図 9 ブロックの種類が組積係数に及ぼす影響

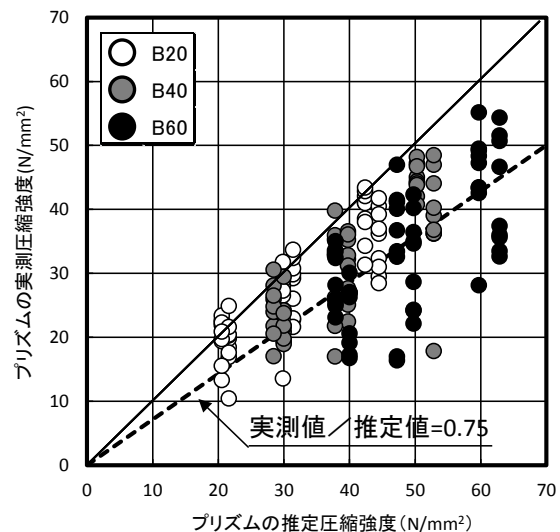


図 10 推定圧縮強度と実測圧縮強度の関係

ブロックの圧縮強度の値は表 1 中の数値を用い、充填モルタルについては表 2 中の材齢 8 週、目地モルタルについては表 2 中の材齢 10 週の値を用いた。

重回帰分析の結果を表 7 に示す。これより、充填モルタルの寄与率が 59% と高く、プリズムの圧縮強度には充填モルタルが大きく影響していることが分かる。図 11 には、式 4) の線形重回帰式により推定された圧縮強度と、圧縮試験により測定された圧縮強度の関係を示す。図 11 より、総じてみると線形重回帰式ではある程度精度良く圧縮強度を推定できていることがわかる。しかしながら、図中に示すブロック強度ごとの決定係数からもわかるとおり、B40 および B60 のようにブロック強度が高くなる場合は推定精度が低くなる傾向が認められる。

### 5. まとめ

本研究では、コンクリートブロック組積体の強度特性を明らかにするため、コンクリート複合体およびプリズム試験体を作製し、圧縮試験の結果をもとに考察した。その結果得られた知見を以下にまとめる。

- 1) コンクリート複合体およびプリズムのいずれとも、その構成材料であるブロックおよび充填モルタルの強度が高いほどコンクリート複合体およびプリズムの圧縮強度も高くなり、充填モルタルの影響が特に顕著である。
- 2) コンクリート複合体の圧縮強度は、ブロック強度および充填モルタル強度を用いた線形重回帰式により高い精度で推定できる。
- 3) プリズムは、ブロックの強度が高いほど組積係数が小さくなり、ブロックの材料強度とプリズム中に占めるブロックの容積に見合った強度を期待できない。
- 4) プリズムの圧縮強度は、ブロック強度、充填モルタル強度および目地モルタル強度を用いた線形重回帰式によりある程度推定できるが、ブロック強度が高くなると推定精度は低くなる。

### 参考文献

1. 熊崎雅文, 三田紀行, 滝口尚一, 山崎尚志: コンクリートブロック造組積体の強度に関する研究 その 1 組積体の構成材料とその物性, 日本建築学会学術講演梗概集(北陸), pp.515-516, 2010.9
2. 三田紀行, 滝口尚一, 山崎尚志: コンクリートブロック造組積体の強度に関する研究 その 3 グラウトプリズム試験体の強度特性, 日本建築学会学術講演梗概集(北陸), pp.519-520, 2010.9
3. 日本建築学会: 壁式構造配筋指針, p.164, 2013.2

表 7 重回帰分析の結果

説明変数 (独立変数)	偏回帰 係数	標準 偏回帰係数	t値	寄与率	単相関 係数	決定 係数	重相関 係数
ブロック強度	0.15	0.26	6.04 **	21%	0.26	0.70	0.83
充填モルタル強度	0.43	0.75	17.05 **	59%	0.75		
目地モルタル強度	0.16	0.26	5.84 **	20%	0.26		
定数項	0.19	—	0.10				

\*\* 危険率1%で有意

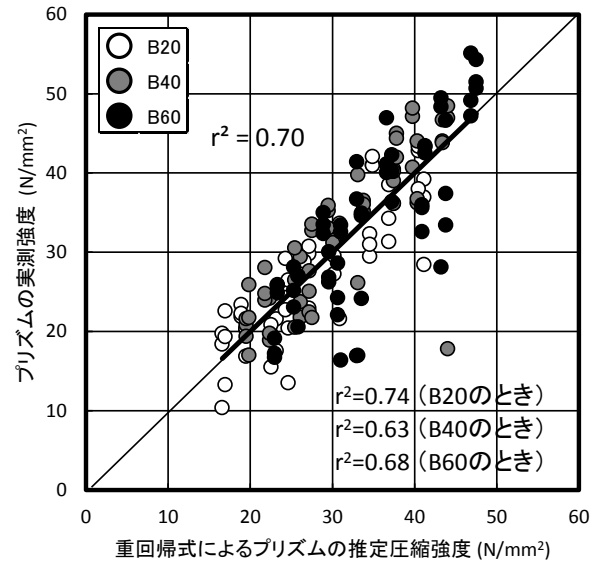


図 11 実測圧縮強度と推定圧縮強度の関係

\*山崎尚志, 博士 (工学)

職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町  
2-32-1 email:h.yamasa@uitech.ac.jp  
Hisashi Yamasaki, Polytechnic University, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi,  
Kodaira, Tokyo 187-0035

\*三田紀行, 博士 (工学)

職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町  
2-32-1 email:mitanori@uitech.ac.jp  
Noriyuki Mita, Polytechnic University, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi,  
Kodaira, Tokyo 187-0035