

資 料

規格外瓦粉砕物を骨材とした鉄筋コンクリート製
床版の試作および設置

江木 俊雄*・中島 剛*・高橋 青磁*・大塚 浩**・木村 克志**・掘江 広人**

1. 目 的

島根県の石見地方で製造されている石州瓦は1200℃近傍で焼成され、吸水率が4%台（2006～2010年の石州瓦製品の平均値¹⁾）と低いことから、他産地の瓦よりも凍害や塩害に対して高い耐久性を示す²⁾。しかしながら高温で焼成するために変形や切れが生じ易く、そのために規格外瓦が近年13,000～16,000t/年生じている。これら大量の規格外瓦を積極的に循環再利用するシステムを構築することは喫緊の課題となっている。そこで我々は平成21年度及び22年度に規格外瓦の粉砕物が漁礁コンクリートの骨材として利用が可能かを、各種骨材試験、供試体の圧縮強度試験等により検討した^{3),4)}。平成22年度の評価において、高炉セメントを使用し、碎石の全量を瓦粉砕物で置換した水セメント比が55%の封蔵養生（28days）した供試体の圧縮強度は35.3N/mm²に達し、漁礁用コンクリートへの瓦粉砕物の利用には問題がないことを明らかにした⁴⁾。この結果を基にして、平成23年度には浜田県土整備事務所と共同で、江津市波子海岸の浸食を防ぐために海岸から約100m沖に建設を進めている人工リーフに用いられている被覆ブロック（商品名：ベルメックス、NETIS登録番号：KT-090024-A）の試作により、規格外瓦粉砕物のコンクリート用骨材としての実用性と課題の調査、および被覆ブロックの品質について評価試験を行った。その結果、1) 瓦粉砕物をコンクリート用骨材として利用するためには、瓦粉砕物を表乾状態に保つ管理方法と吸水率を短時間で測定する技術の確立が必要となる。2) 瓦粉砕物はJIS規格製品ではないため、コンクリート用骨材として利用するためには、専用の貯蔵用サイロ、秤量ビン、攪拌設備が必要となる。3) 被覆ブロックに要求されるコンクリートの強度については碎石を用いた標準コンクリートと規格外瓦粉砕物を用いたコンクリートでは差異が無いことが判明した⁵⁾。

上記の被覆ブロックでは、工場で配合した生コンクリートをミキサー車で輸送し、工場とは別の場所にある型枠に生コンクリートを流し込む手法で試作を行った。これとは別に工場で配合した生コンクリートを工場内で型枠に流し込み、速乾養生を行って短期間で製品を製造する手法があり、その製品はコンクリート二次製品と呼ばれている。コ

*無機材料・資源科， **浜田県土整備事務所

ンクリート二次製品を製造する場合、生産規模に依存するが、非JIS材料専用の貯蔵用サイロ、秤量ビンを所有していなくても非JIS製品の無筋および鉄筋コンクリート製品の製造が可能である。

佐藤らは、瓦粉砕物を内部養生材として利用してコンクリート構造物の性能向上を実現している^{6),7)}。さらに電気泳動試験により各種コンクリートの塩化物イオンの侵入深さを調査し、瓦粉砕物を内部養生材として利用したコンクリートでは塩化物イオンの侵入量が極めて少なく、鉄筋コンクリートのライフサイクルコストを低減できる、と報告し⁸⁾、鉄筋コンクリート用骨材として瓦粉砕物を活用することを目指している。

また高田らは、瓦粉砕物を粗骨材として使用した空気量が4.5%のコンクリート供試体に対して、JIS A 1148の水中凍結融解試験（A法）を実施し、凍害が生じないことを確認している⁹⁾。

ところで、浜田県土整備事務所は平成24年度に江津市江津本町地区の本町川の改修工事を実施中で、川幅が3m弱の本町川に架かっている施工後約40年が経過している鉄筋コンクリート橋の架け替えを計画していた。当初は碎石を使用した通常の鉄筋コンクリート橋（以後、床版と表記する）を予定していたが、二次製品用コンクリートへの瓦粉砕物の適用の容易性、昨年度に試作した被覆ブロックの強度試験結果や佐藤ら^{6),7)}および高田ら⁹⁾の報告を鑑み、規格外の瓦粉砕物を骨材とした床版を試作し設置することに変更した。以下に、瓦粉砕物を鉄筋コンクリート用骨材として使用したコンクリート供試体と試作した床版の品質について報告する。

2. 方 法

2.1 床版の仕様

2.1.1 床版の寸法

試作する床版の外寸は、有効幅（B）が3.00m、厚さ（T）が0.150m、有効長（L）が1.00m、支点長（ ℓ ）が2.85mで、6tの荷重に耐える仕様となっている。図1に床版の寸法図を示す。

2.1.2 型枠および鉄筋量

型枠のフランジ幅（be）は1.000m、フランジ高（t）は0.150m、有効高（d）は0.115m、鉄筋被り（d0）は0.035m、

鉄筋量 (As) は0.001986m³となる。なお鉄筋はSD295材を使用した。図2に鉄筋の配置図を示す。

2.1.3 応力度の算出とコンクリートと鉄筋に要求される仕様

床版への活荷重が6t (以下T-6と表記する。), 衝撃係数を0.3とした床版について, コンクリート製品JIS協議会の団体規格JPCS-RC72E3:2010 (落ちふた式U形側溝) に準拠して, コンクリートの曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm²), コンクリートのせん断応力度 τ (N/mm²) および鉄筋の引張応力度 σ_s (N/mm²) を求めた。これらの値をコンクリートの設計基準強度などにより決定される許容応力度と比較することによりコンクリートおよび鉄筋に要求される仕様を満足しているかを照査した。

1) 荷重計算

a) 単位長さ当たりの輪荷重

図3の床版に載荷される輪荷重QはJPCS-RC72E3:2010に準拠し, 以下の式で表される。ただし, $a_1=0.20$ (m), $b_1=0.50$ (m) とし, $a_2 \geq l > a_1$ のとき $a_2 = l$, $a_1 \geq l$ のとき $a_2 = a_1$, また $b_2 \geq L$ のとき $b_2 = L$ とする。また, i は衝撃係数 (=0.3) を示す。

$$Q = \frac{q(1+i)}{a_2} \times \frac{L}{b_2} \quad (\text{kN/m})$$

ここで, T-6の後輪一輪の荷重qは次式から算出される。ただし, 後輪一輪への荷重は前後輪の荷重比を1:4とすることから全荷重の40%となる。

$$q \text{ (後輪一輪の荷重)} = 6 \times 9.81 \times 0.4 = 23.5 \text{ (kN)}$$

これから今回の床版における輪荷重Qは, $Q = 87.42$

(kN/m)となる。

b) 単位長さ当たりの蓋荷重

床版の自重による単位長さ当たりの蓋荷重は, 次式で表される。ここで γ_c は, コンクリートの単位体積重量を示す。

$$W = \gamma_c \times T \times L \quad (\text{kN/m})$$

2) 断面力計算

図4より, 蓋荷重Wの床版に輪荷重Qが載荷された時の曲げモーメントMとせん断応力SはJPCS-RC72E3:2010に準拠し, 下記の式で表される。ただし, $a_2 \geq l$ のとき $a_2 = l$ とする。

a) 曲げモーメント

$$M = \frac{Q \times a_2}{4} \left(l - \frac{a_2}{2} \right) + \frac{W \times l \times l}{8} \quad (\text{kN/m})$$

b) せん断力

$$S = \frac{Q \times a_2 + W \times l}{2} \quad (\text{kN})$$

3) 応力度の算出

a) コンクリートの曲げ圧縮応力度

コンクリートの曲げ圧縮応力度 σ_c は次式で表わされる。

$$\sigma_c = \frac{2 \times M}{k \times j \times b_e \times d^2} \quad (\text{N/mm}^2)$$

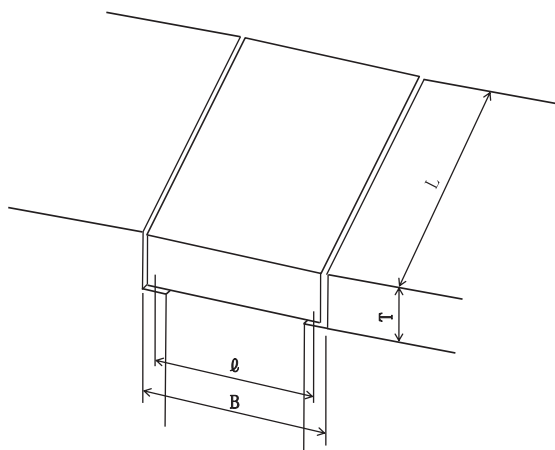


図1 床版の寸法図

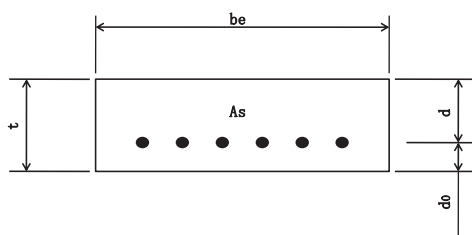


図2 鉄筋の配置図

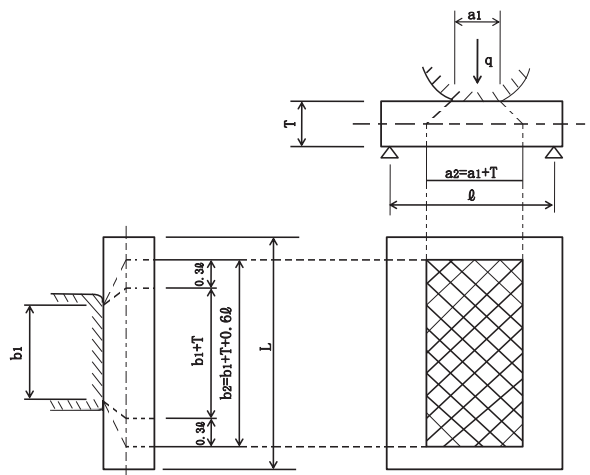


図3 輪荷重方法

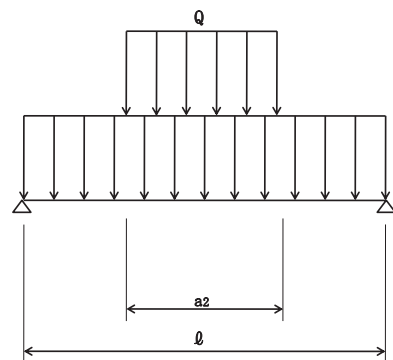


図4 輪荷重の分布図

ここで、

$$k = \sqrt{(np)^2 + 2np} - np = 0.506$$

$$p = \frac{As}{be \times d} = 1.727 \times 10^{-2}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 0.831$$

となり、nはコンクリートと鉄筋のヤング係数比=15.0を示す。T-6の後輪一輪が載荷された時のQ値より算出したMを用いると、コンクリートの曲げ圧縮応力度 σ_c (N/mm²)が得られる。

b) コンクリートのせん断応力度

コンクリートのせん断応力度 τ は下記の式より算出される。

$$\tau = \frac{S}{be \times d} \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここでT-6の後輪一輪が載荷された時のQ用いて算出したSを用いると、コンクリートのせん断応力度 τ (N/mm²)が得られる。

c) 鉄筋の引張応力度

鉄筋の引張応力度 σ_s は下記の式より算出される。

$$\sigma_s = \frac{M}{As \times j \times d} \quad (\text{N/mm}^2)$$

ここでT-6の後輪一輪が載荷された時のQ用いて算出したMを用いると、鉄筋の引張応力度 σ_s (N/mm²)が得られる。上記a)～c)の式を用いて、標準および規格外瓦粉砕物を骨材とした床版の各応力度を算出し、各許容応力度と比較して要求される仕様値を満たすかを確認した。

2.2 使用原材料および試験項目

2.2.1 規格外瓦粉砕物

使用する規格外瓦粉砕物は、表乾状態でコンクリート二次製品工場に提供する必要があり、その対応が可能な島根県浜田市にある株式会社石州川上窯業の5～20mmの粒度に調整した規格外瓦粉砕物（以下、瓦粉砕物（2005）と表記する。）を使用した。瓦に使用される粘土および焼成条件に大きな変更がなく、規格外瓦粉砕物の骨材としての物性値はほぼ一定と考えられることから、今回は瓦粉砕物（2005）に対して、JIS A 1102による骨材のふるい分け試験およびJIS A 1103による微粒分量試験とJIS A 1110による粗骨材の密度及び吸水率試験のみを実施し、前報^{3),4)}

で行った粗骨材のすり減り試験やアルカリシリカ反応性試験などは省略した。

2.2.2 標準および床版試作用生コンクリートの配合

表1に碎石を利用した床版用の標準生コンクリートの示方配合を示す。設計基準強度は σ_{14} （養生期間：14days）で30N/mm²以上で、セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材には混合砂を、粗骨材には大きさが5～20mmの碎石を用いた。単位水量は175kg/m³とし水セメント比は44.0%とした。標準生コンクリートのスランプが6.0±2cmで空気量が2%であることから、混和剤は使用していない。

表2に規格外瓦粉砕物を利用した床版用の生コンクリート（以後、(瓦2005)と表記する）の示方配合を示す。阿部ら⁴⁾は粗骨材を碎石、碎石の50および100%を瓦粉砕物に置換した供試体を作製し、蒸気養生を施した供試体の圧縮強度（ σ_{14} ）を比較すると、瓦粉砕物100%の供試体は碎石の供試体よりも約8.3%圧縮強度が低いと報告している。そこで、今回の規格外瓦粉砕物を使用するコンクリートの設計基準強度は、 σ_{14} で標準配合よりも16%強高い35N/mm²とした。セメントには普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材には混合砂を、粗骨材には大きさが20～5mmの規格外瓦粉砕物を用いた。単位水量は174kg/m³とし、水セメント比は40.0%、生コンクリートのスランプは8.0±2.5cmとした。また、一般に蒸気養生を加えない生コンクリートでは、凍害に対する耐性を高めるためにAE混和剤を用いてコンクリート内部にエントレインドエアを導入する。導入量は用途により異なるが4.5%以上が大半となっている。他方、エントレインドエアによりコンクリート強度は低下することから、今回の床版試作にあたっては強度低下を避け、かつ凍害耐性を担保するために空気量の仕様を4.0%±1.0と定め、AE混和剤を使用した。

2.2.3 規格外瓦粉砕物の表乾状態の調整

規格外瓦粉砕物は普通骨材である碎石と比較して吸水率が高いことから、練り混ぜ時に瓦粉砕物が練混ぜ水を吸水し、流動性が著しく低下（スランプロス）するとともに、水セメント比を変化させることが推察された。そのため予め水に浸漬し十分に吸水をさせた後に、セメントと練混ぜる必要がある。そこで必要量の規格外瓦粉砕物を透水性のある袋に詰め、水に24時間浸漬した後に取り出し8時間の

表1 粗骨材に碎石を使用した標準コンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	砂	碎石	AE混和剤
20	6.0±2.0	2.0	44	44	175	398	762	1015	-

表2 粗骨材に規格外瓦粉砕物を使用したコンクリートの示方配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	砂	瓦骨材	AE混和剤
20	8.0±2.5	4.0±1.0	40	44	174	435	727	814	0.026

水切りを行い、これを表乾状態として使用した。乾燥を防ぐためにブルーシートで梱包した状態で保管し、保管期間は4日以内とした。

2.2.4 供試体および試作床版の作製方法と試験項目

生コンクリートの練り混ぜは、容量が1.0m³の2軸強制練ミキサーを用い、1バッチ当たりの練り混ぜ量は0.55m³とした。先ず細骨材、セメント、練混ぜ水を自動で秤量しミキサー内に投入し、次に必要量を計量した規格外瓦粉砕物とAE剤を手動でミキサー内へ投入した。なお、表1に示した碎石を使用した標準コンクリートの場合は自動で秤量および投入を行った。材料の投入後、本練りを60秒間行った。練り混ぜ終了後、鉄鋼製トレイに生コンクリートを流し込み、フォークリフトを利用して所定の位置に運搬した。

運搬した生コンクリートは直ちに切り返しを行い、JIS A 1101のスランプ試験と空気量の測定を実施した。所要の状態を確認した後に円柱状の型枠に生コンクリートを流し込み、圧縮強度試験用の円柱供試体(φ10×20cm)を作製した。並行して生コンクリートを鋼鉄製トレイから鉄筋が組み込まれている型枠にバイプレーターを使用しながら流し込み、表面を整えた後にコテ掛けを行った。供試体および床版は2時間以上静置した後にブルーシートで全体を覆い、水蒸気をシート内に供給しながら温度勾配が20℃/h以下で65℃まで昇温して蒸気養生を行い、その後常温まで放冷した。蒸気養生後の供試体および床版は気中で養生を行い、養生期間14日と28日の供試体についてJIS A 1108の圧縮強度試験を行った。

3. 結 果

3.1 応力度の算出

表1に示した標準の生コンクリート用の示方配合から、設計基準強度30kN/m²の生コンクリートの単位体積重量 γ_c は23.03kN/m³となった。この値と図1、2の寸法を用いて2.1.3 1) -b) 蓋荷重を算出し、2.1.3 1) -a) の輪荷重と使用した鉄筋量を用いて、コンクリートの曲げ圧縮応力度、せん断応力度、鉄筋の引張応力度を算出した。次に表2に示した瓦粉砕物を利用した床版用の(瓦2005)生コンクリートの示方配合量から、設計基準強度35kN/m²の生コンクリ-

トの単位体積重量 γ_c は21.07kN/m³となった。上記と同様に、蓋荷重を算出し、輪荷重と使用した鉄筋量を用いて、コンクリートの曲げ圧縮応力度、せん断応力度、鉄筋の引張応力度を算出した。

標準および(瓦2005)の床版の各応力度および2.1.3に示したT-6の後輪一輪が載荷された時の各許容応力度の値を表3に示す。なお、これら各許容応力度の値は生コンクリートの設計基準強度および鉄筋材質等から定まる値で、道路橋示方書・同解説¹⁰⁾に示されている。この表から、標準および(瓦2005)の床版の全ての応力度は、許容応力度を下回っており、仕様値を満足することが分かった。ただし、(瓦2005)の床版に用いる規格外瓦粉砕物を粗骨材としたコンクリートを、碎石を用いるコンクリートの基準で評価して良いかとの課題が生じたが、算出した各応力度の値は許容応力度に対して十分に低い値であることから、表2に示した配合のコンクリートで製作する床版は強度的に問題ないと判断した。

3.2 規格外瓦粉砕物の物性

床版の試作に使用した瓦粉砕物(2005)についてJIS A 1102の骨材のふるい分け試験、JIS A 1103の微粒分量試験とJIS A 1110の粗骨材の密度および吸水率試験を行った結果を表4に示す。瓦粉砕物(2005)の粒度曲線は、土木学会の標準粒度範囲内に収まった。表4に示す粗粒率、表乾密度、絶乾密度、吸水率の値は、前年度に行った被覆ブロックの試作に使用した瓦粉砕物(2005)と同等⁵⁾であった。

コンクリートの耐久性に影響を与える規格外瓦粉砕物のアルカリシリカ反応性については、株式会社石州川上窯業の別ロットの瓦粉砕物(2005)についてJIS A 1146のモルタルバー法による測定を行い、6ヶ月後の膨張率は0.029となり「無害」と判定された。瓦の原料および焼成条件には変化がなく、表4の物性値にも変わりがないことから、今回使用した瓦粉砕物も「無害」と考えられる。

3.3 標準および試作床版用生コンクリートの試験結果

図5に標準および規格外瓦粉砕物を使用した(瓦2005)生コンクリートのスランプ量を示す。スランプの規格値は、標準では6.0±2.0、(瓦2005)では8.0±2.5cmであり、数値

表3 標準および試作床版用コンクリートの応力度照査に使用したパラメーター値と算出した応力度および許容応力度

	標準コンクリート	試作コンクリート	許容応力度
	(碎石)	(瓦2005)	
蓋自重 (kN/m)	3.46	3.16	
曲げモーメント (kN・m)	23.98	23.67	
せん断力 (kN)	20.24	19.81	
コンクリートの曲げ圧縮応力度 (N/mm ²)	8.62	8.51	10.00
鉄筋の引張応力度 (N/mm ²)	126.27	124.66	140.00
コンクリートのせん断応力度 (N/mm ²)	0.18	0.17	0.45

表4 本報で使用した規格外瓦粉砕物の物性値

試験名	規格	項目	規格値	瓦粉砕物 (2005)
ふるい分け試験	JIS A 1102	粗粒率		6.63
微粒分量試験	JIS A 1103	微粒分量 (%)	3.0以下	3.0
密度及び吸水率試験	JIS A 1110	表乾密度 (g/cm ³)	2.45以上	2.25
		絶乾密度 (g/cm ³)	2.50以上	2.12
		吸水率 (%)	3.0以下	6.26

が大きいと生コンクリートの流動性が高く、小さいと流動性が低いことを示している。この図から、標準および(瓦2005)の生コンクリートの全てが基準値を満たしていることが分かる。しかしながら、(瓦2005)②のスランプ量は他より大きい値を示した。

図6に(瓦2005)②から(瓦2005)⑦で使用した規格外瓦粉砕物の吸水率を示す((瓦2005)①のデータは未採取)。表3の吸水率の6.26%と約3%の差異が全ての規格外瓦粉砕物において生じている。これは、表4の微粒分測定で計測された瓦粉砕物の表面に付着した3%の微粒分による水分の吸収によると推測される。図5の(瓦2005)②のスランプ量は他より大きい。図6に示す吸水率は他の吸水率と同程度となっている。このことから、瓦粉砕物による水分の持ち込みによりスランプ量が大きくなったとは考え難い。しかし、袋詰め規格外瓦粉砕物に付着した微粒分量が袋の上部と下部とで違った可能性があり、微粒分の付着防止あるいは微粒分による水分吸収量の測定が必要と思われる。

図7に図5の生コンクリートの空気量を示す。標準と(瓦2005)の生コンクリートの空気量の規格値は、それぞれ2.0%、4.0±1.0%であり、数値が大きいと生コンクリートの中に含まれる空气の割合が多く、小さいと生コンクリート中の空气の割合が少ないことを示す。通常、コンクリート二次製品用以外の生コンクリートの空気量は4.5±1.5と定められているが、空気量が増えることによるコンクリー

ト強度の低下を避けるために0.5%低い値とした。この図から、標準および(瓦2005)のコンクリートは全て規格値を満足し、空気量を高めるために添加したAE剤の添加量は適量であることが確認された。

3.4 標準および試作床版作製時の供試体の試験結果

図8に床版試作時のσ₁₄での供試体の圧縮強度試験結果を示す。標準および(瓦2005)の圧縮強度は、それぞれの設計基準強度の30kN/mm²と35kN/mm²の値を満足しているこ

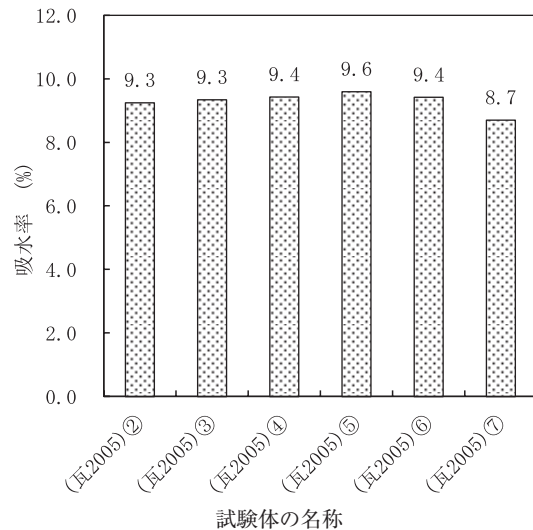


図6 試作床版に使用した規格外瓦粉砕物の吸水率

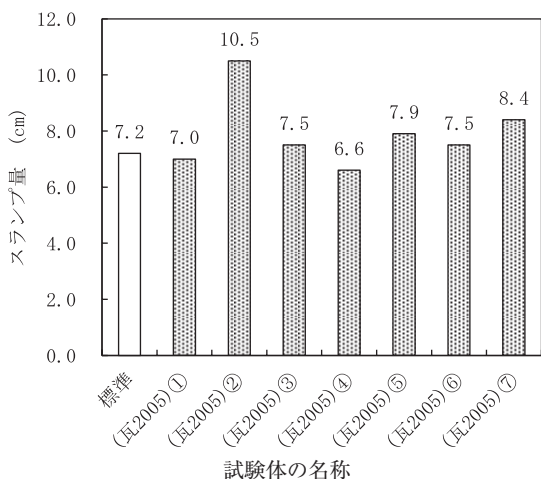


図5 試作床版用生コンクリートのスランプ量

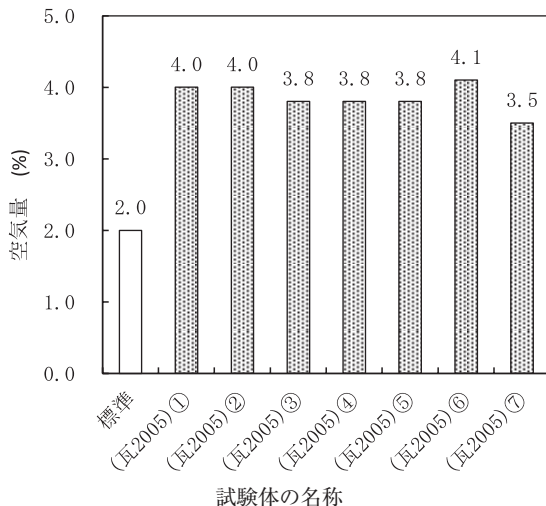


図7 試作床版用生コンクリートの空気量

とが分かる。標準と(瓦2005)の圧縮強度を比較すると、スランブ量が大きい(瓦2005)②を除いた供試体では、標準の供試体の圧縮強度よりも20%以上高い値を示した。前報⁵⁾の試験結果から、規格外瓦粉砕物を使用するコンクリートの設計基準強度を16%高めたが、それ以上の向上が認められた。本実験では規格外瓦粉砕物の利用による圧縮強度の低下は認められず、添加により圧縮強度がむしろ向上することが確認された。前報⁵⁾と異なる結果が生じた要因として、水セメント比の違いが考えられ、今後明らかにする予定である。

図9に $\sigma 28$ での圧縮強度試験結果を示す。標準および(瓦2005)の圧縮強度は、図8の $\sigma 14$ の圧縮強度よりも最大で20.6%、最小で2.6%の増加が認められ、スランブ量が大きい(瓦2005)②を除いた供試体では、 $\sigma 14$ の結果と同様に、標準の供試体の圧縮強度よりも20%以上高い値を示した。圧縮強度の推移と図5に示した(瓦2005)のスランブ量の推移を比較すると、スランブ量が小さいほど供試体の圧縮強度が高い傾向があり、圧縮強度はスランブ量、すなわち練混ぜ水量に依存していると考えられる。このことから、細骨材と同様に、規格外瓦粉砕物の含水量、特に微粒分による含水性に注意を払う必要性が高いと考えられる。

3.5 床版の設置

製作後1か月が経過した時点で(瓦2005)①～(瓦2005)⑥の6枚の床版を、本町川の所定の位置に設置した。図10に試作した床版6本の設置完了後の写真を示す。瓦粉砕物を利用したコンクリートであるが、表面にレイトンス処理(骨材の洗出し処理)を行わなかったために、外見は標準コンクリートの床版と違いが無かった。江津本川地区は「石州赤瓦と歴史的なまち並みを大切にすまじづくり」を目指していることから、今後同様の工事が行われる場合は、レイトンス処理を行い、瓦粉砕物が表面に露出した意匠性のある床版が望ましいと思われる。

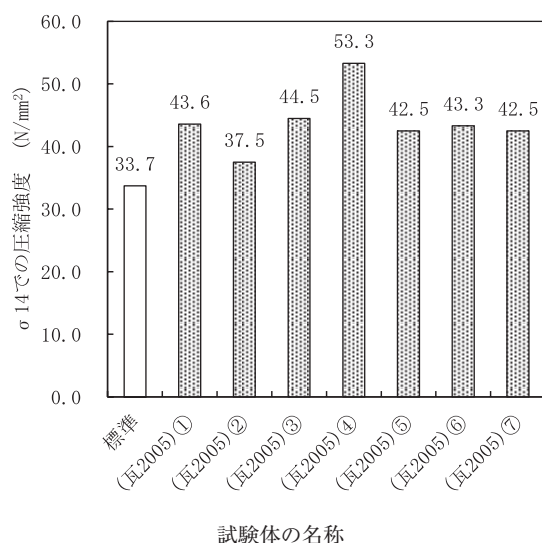


図8 試作床版作製時の供試体の $\sigma 14$ での圧縮強度

3.6 まとめ

規格外の石州瓦粉砕物を粗骨材として使用した鉄筋コンクリート製床版の試作を通じて、規格外瓦粉砕物と標準骨材を用いた生コンクリートのスランブ量と空気量、および供試体の圧縮強度を比較した。以下に、本試験で得られた知見および課題を示す。

- 1) 規格外瓦粉砕物を用いた生コンクリートのスランブ量と空気量は、表乾状態の規格外瓦粉砕物の保管期間の短期化とAE剤の使用により、設定した基準値を満足した。
- 2) 規格外瓦粉砕物を用いたコンクリートの供試体の圧縮強度は、予想された強度低下は発現せず、標準骨材を用いたコンクリートの供試体よりも向上した。水セメント比や蒸気養生条件の違いに起因すると思われ、今後の課題である。
- 3) 試作に使用した微粒分を含む規格外瓦粉砕物の吸水率は、規格外瓦粉砕物のJIS A 1110の試験方法による吸水率よりも約3%吸水率が高かった。微粒分に起因すると思われるこの吸水率の増加は、水セメント比や圧縮強度に影響

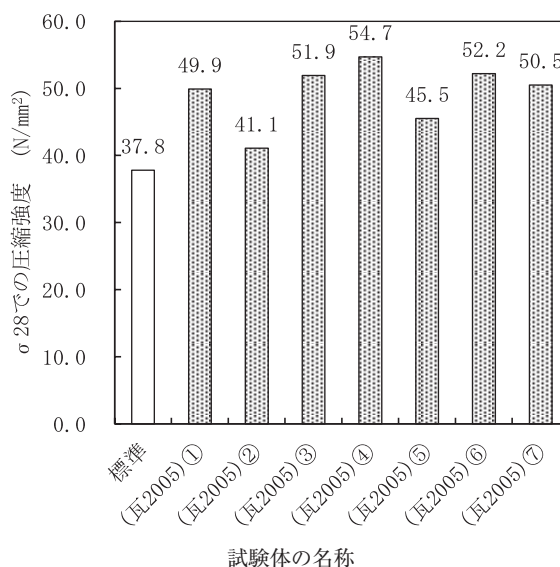


図9 試作床版作製時の供試体の $\sigma 28$ での圧縮強度



図10 試作した床版の設置後の写真

響を及ぼす可能性があるため、セメントの配合時に考慮する必要がある。

4) 規格外瓦粉砕物を利用したコンクリートは、表面処理により標準コンクリートと異なる意匠性を示す。使用する周辺環境に応じて、コンクリート表面の仕様を定めることが望ましい。

謝 辞

本報告は、平成24年度資源循環技術基礎研究実施事業による研究成果の一部である。本研究での床版の試作において、永井建設株式会社、江津コンクリート工業株式会社、和光産業株式会社、株式会社石州川上窯業の各社に多大な協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 1) 中島剛, 原田達也, 江木俊雄. 石州瓦坏土および瓦製品の品質調査 (2006年~2010年). 島根県産業技術センター研究報告. 2012, no. 48, p. 39-42.
- 2) 江木俊雄, 原田達也, 中島剛. 粘土瓦の耐凍害性と耐塩害性. 島根県産業技術センター研究報告. 2012, no. 48, p. 28-33.
- 3) 阿部公平, 安藤邦広, 江角典弘, 原田達也, 江木俊雄. 瓦粉砕物を骨材としたコンクリートの製造並びに評価試験. 島根県産業技術センター研究報告. 2011, no. 47, p. 11-15.
- 4) 阿部公平, 安藤邦広, 江角典弘, 原田達也, 江木俊雄. 瓦粉砕物を骨材とした高炉セメントコンクリートの製造並びに評価試験. 島根県産業技術センター研究報告. 2012, no. 48, p. 34-38.
- 5) 江木俊雄, 中島剛, 高橋青磁, 宇名手環, 堀江広人. 瓦粉砕物を骨材とした被覆ブロックの試作. 島根県産業技術センター研究報告. 2013, no. 49, p. 33-41.
- 6) 重松明, 温品達也, 木村守, 佐藤良一. 廃瓦粗骨材の内部養生による高炉B種コンクリートの性能向上について. コンクリート工学年次論文集. 2009, vol. 31, no. 1, p. 205-210.
- 7) Masahiro Suzuki; Mohammed SeddikMeddah; Ryoichi Sato. Use of porous Ceramic waste aggregates for internal curing high-performance concrete. Cement and Concrete Research. 2009, vol. 39, no. 5, p. 373-381.
- 8) 小川由布子, 大西裕士, Macharia M.M., 河合研至, 佐藤良一. 急速塩分浸透性試験を用いた廃瓦骨材混入コンクリートの塩分浸透性の検討. 第67回土木学会年次学術講演会講演概要集. 2012, vol. 67, no. 5, p. 1109-1110.
- 9) 高田龍一. 「廃瓦リサイクル骨材を活用したコンクリート製品」の開発について. 月刊コンクリートテクノ. 2007, vol. 26, no. 1, p. 17-21.
- 10) 道路橋示方書・同解説 I 共通編Ⅲコンクリート編. 社団法人日本道路協会. 2012, p. 126, 131, 155.