

使用済み瓦コンクリートの養生条件が強度特性に与える影響とはりへの適用

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○湯川 圭悟
名古屋工業大学大学院 正会員 上原 匠
一般社団法人 瓦チップ研究会 非会員 亀井 則幸

1. はじめに

屋根の葺き替えや耐震リフォームの際などに使用済みとなる瓦（以下、使用済み瓦と表記）が毎年大量に廃棄されている。2000年に循環型社会形成推進基本法や建設リサイクル法が制定され、廃棄物の再資源化を目指す取り組みが始まったが、使用済み瓦に関しては十分な再利用方法が確立出来ていない。既往の研究¹⁾では瓦を骨材に用いたコンクリートの性状に関して研究が進められているものの、その研究対象となっているのは瓦の製造時に発生する規格外品である。使用済み瓦は規格外品の瓦と同様に、環境省が定める土壤汚染の安全基準を満たす材料であり、高い吸水性を有することからその特性を生かした再資源化が必要であると言える。

そこで本研究では、使用済み瓦に吸水された水分による養生効果に着目し、使用済み瓦を粗骨材に用いたコンクリートを気中と水中のそれぞれで養生を行うことで、その養生条件が強度特性に与える影響を検討した。さらに、RCはり部材での載荷試験を行い、構造部材への利用の可能性を検討した。

2. 実験概要

表-1に使用材料を、表-2に配合表を示す。W/Cは60%とし、目標スランプはBaseでは $10\pm 2.5\text{cm}$ 、目標空気量は $4.5\pm 1.5\%$ に設定した。瓦骨材は絶乾状態で用意し、練り混ぜの際に吸水率に相当する水を加えて使用した。供試体はRCはり部材1体、円柱供試体を気中・水中養生用それぞれ6本ずつ作製した。図-1にRCはり部材の形状寸法を示す。幅200mm、高さ300mm、部材長2000mmの鋼製型枠に、主鉄筋としてD19(SD345)の異形棒鋼を3本配置した。ただし、中心に位置する鉄筋は途中から折り曲げ鉄筋として使用する。また載荷試験中のせん断破壊を防止するために、D10(SD295)の異形棒鋼をスターラップとして100mm間隔で配置した。コンクリートの打設は2層に分けて詰め込み、棒状バイブレーターで入念に締固めを行った。はり部材は実構造物を想定して $20\pm 2.5^\circ\text{C}$ 、 $60\pm 20\%$ の環境下で91日間気中養生し、円柱供試体は同環境下で91日間気中と水中で養生した。曲げ破壊試験は1000kN構造試験機を使用し、2点載荷による曲げ引張破壊($a/d=3.2$)を想定して実施した。支点は一方を固定ヒンジ支承、他方を可動ヒンジ支承とし、載荷点の上に丸棒、荷重分配桁及びロードセルを載せ、たわみをはり中央下面で測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 圧縮強度試験

図-2に圧縮強度試験の結果を示す。養生条件に着目すると、Baseでは水中に比べ気中の方が強度が小さいのに対し、使用済み瓦を用いた供試体では水中より気中の方が強度が大きいことがわかる。加えて「瓦気中」は「Base気中」と比べると材齢28日ではほぼ同等であるが、材齢91日ではより強度が

表-1 使用材料

材料	名称・規格	記号	物性値・諸元
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度: 3.16 g/cm^3
細骨材	砕砂	S	表乾密度: 2.67 g/cm^3 , 絶乾密度: 2.64 g/cm^3 , 吸水率: 1.24%, 粗粒率: 2.77
粗骨材	使用済み瓦	B	表乾密度: 2.26 g/cm^3 , 絶乾密度: 2.02 g/cm^3 , 実積率: 60.0%, 吸水率: 9.4%, 破砕値: 25.82%
	砕石	G	表乾密度: 2.65 g/cm^3 , 絶乾密度: 2.63 g/cm^3 , 実積率: 59.9%, 吸水率: 0.66%, 破砕値: 7.31%
混和剤	高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸系, 非空気連行タイプ
	AE剤	AE	高級脂肪酸および非イオン系界面活性剤

表-2 配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m^3)				化学混和剤	
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	SP (%)	AE (%)
Base	60	36	175	292	642	1127	0.70	0.030
瓦		50			918	698	0.50	0.0030

増進していることがわかる。

「Base 気中」が 1.10 倍強度増進するのに対して、「瓦気中」は 1.21 倍増進している。これは瓦骨材に含まれていた水分により水和反応が促進されたためと考えられる。次に

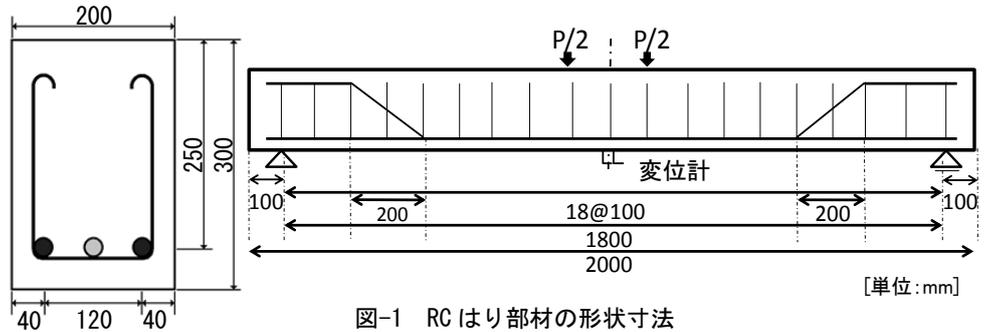


図-1 RC はり部材の形状寸法

「瓦水中」と「Base 水中」と

を比べてみると、「瓦水中」の方が小さな値をとっていることがわかる。これはセメント硬化体の内部が湿潤状態だと圧縮強度が低下するとの報告²⁾から、使用済み瓦を用いた供試体の方がより多く水分を含むため圧縮強度が低下したと考えられる。以上から、水分が常に供給されない条件下では、使用済み瓦を用いたコンクリートは骨材中の水分による長期的な強度増進が見込めると考えられる。

(2) 静弾性係数試験

図-3 に静弾性係数試験の結果を示す。コンクリート標準示方書における設計用値³⁾も合わせて示した。静弾性係数は設計用値で Base と瓦とに二分され、使用済み瓦を用いたコンクリートの値は Base より小さいことがわかる。これは使用済み瓦自体の静弾性係数が小さいことに起因すると考えられる。

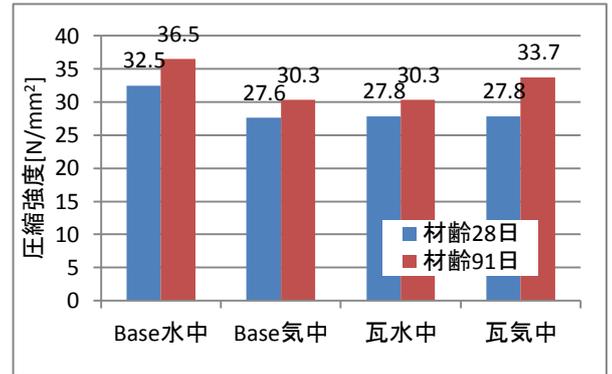


図-2 圧縮強度試験結果

(3) 曲げ破壊試験

図-4 に曲げ破壊に至るまでの荷重-たわみ曲線を示す。Base の RC はり部材の最大荷重 208kN に比べ、使用済み瓦を用いた RC はり部材の最大荷重は 214kN と若干大きくなった。また、弾性域の傾きも若干大きくなり、Base とほぼ同等の曲げ剛性であることがわかる。破壊の全体挙動としては、普通コンクリートの RC はり部材と同様の挙動を示し、ひび割れが発生した後、主鉄筋が降伏して、最終的にコンクリート圧縮域の破壊に至った。

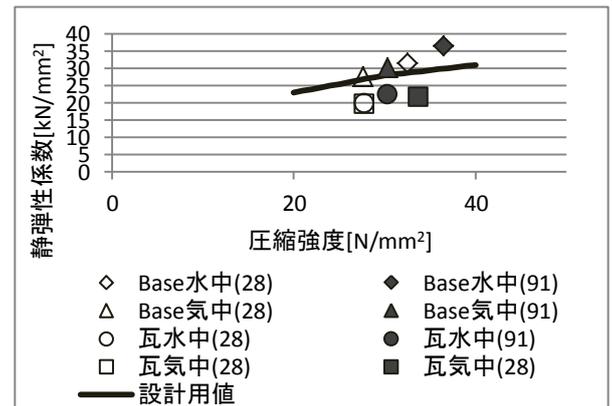


図-3 静弾性係数試験結果

4. まとめ

本稿では、使用済み瓦を粗骨材に用いたコンクリートに関して養生条件の観点から強度特性の検討を行った。その結果、気中養生では骨材中の水分に起因すると考えられる強度増進が確認された。また、RC はり部材の曲げ破壊挙動も Base と同等であることから、構造部材への適用も可能であると言える。

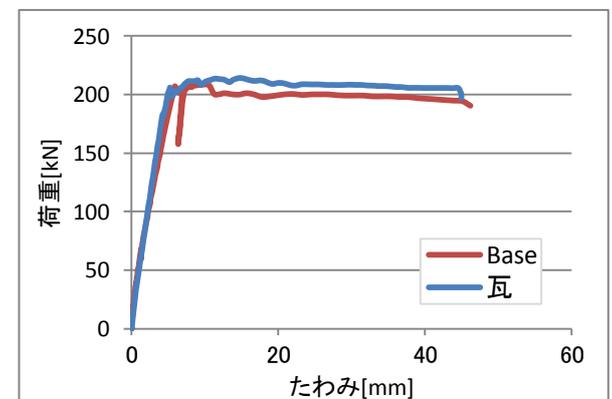


図-4 荷重-たわみ曲

参考文献

- 1) 天野ら：三州瓦廃材のコンクリートへの有効利用，コンクリート工学論文集，Vol.21,No.2,2010
- 2) 尾上ら：セメント硬化体の圧縮強度に及ぼす内部液体の表面張力の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.27,No.1,2005
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書，設計編，2012年制定