

論文要旨

コンクリート用粗骨材の吸水特性とコンクリートの乾燥収縮特性との関係

社会基盤工学コース 1045030 木村 卓嗣

本研究の背景と目的

多くの構造物において、コンクリートに生じるひび割れは、構造物に対して美的外観を損なうだけでなく、その構造物内深くに浸水を許すことで、鉄筋の腐食による断面欠損を招き、構造物の耐久性を失う要因のひとつである。そしてこれらひび割れのひとつである乾燥収縮ひび割れは、コンクリートのワーカビリティを向上させるために、生コン打設時に設計配合よりも余分に加水することで起こり、水分が多量に含まれたコンクリートがその水分の逸散と伴に大きく収縮することで引き起こされる。

コンクリートの乾燥収縮は、コンクリートの水和反応の進行と共に、微細空隙の体積変化や空隙内部に存在する水和セメントペーストからの吸着水(ゲル水)の消失に主に原因がある。そして収縮を拘束する要因として、粗骨材の体積率や静弾性係数が知られている。しかしながら、粗骨材の吸水によるコンクリートの乾燥収縮への影響は、依然として明らかにされていない。したがって本研究においては、表1に示すように、3種類の異なる吸水率を持つコンクリート用粗骨材を用意し、それらの粗骨材を用いたコンクリートに対して、粗骨材が保持している水分がどのようにコンクリートの乾燥収縮に影響を与えているかということを考察する。

表1：各粗骨材の密度および吸水率

	実験室試験値		成績表	
	比重*	吸水率(%)	比重*	吸水率(%)
人工軽量骨材	1.63	35.6	1.39	9.8
再生骨材	2.45	5.27	**	**
石灰石碎石	2.69	0.18	2.69	0.44

*比重は、表乾比重である。

**再生骨材は、骨材製造時の廃材の種類や構成比によって異なるため成績表が得られなかった。

本研究の特徴

既往の研究及び文献においては、コンクリートの水和反応および内部に存在する微細空隙内の水分移動のメカニズムとコンクリートの乾燥収縮の関係に関する研究が多い。しかしながら、本研究においては、異なる吸水率をもつ粗骨

材を用いたコンクリートを作製し，その重量変化と収縮量を測定するものである。これは，粗骨材が保有する水分が，コンクリートの水分移動による重量変化と乾燥収縮に対してどのようなメカニズムで影響しているのかを考察するものである。

研究方法

本研究ではコンクリート用粗骨材として，人工軽量骨材・再生骨材・石灰石碎石の 3 種類の異なる吸水率を持つ粗骨材を用いたコンクリートを作製し，その収縮量と重量変化を計測した。

コンクリート供試体の静弾性係数

図 1 に，異なる吸水率を持つ粗骨材(再生骨材,人工軽量骨材,石灰石碎石)を用いたコンクリート供試体の応力 ひずみ曲線を示す。この結果から，コンクリート供試体の静弾性係数を算出すると，表 2 のように吸水率の低い石灰石碎石を用いたコンクリートは弾性係数が最も大きく，吸水率の高い人工軽量骨材を用いたコンクリートは最も小さくなっている。

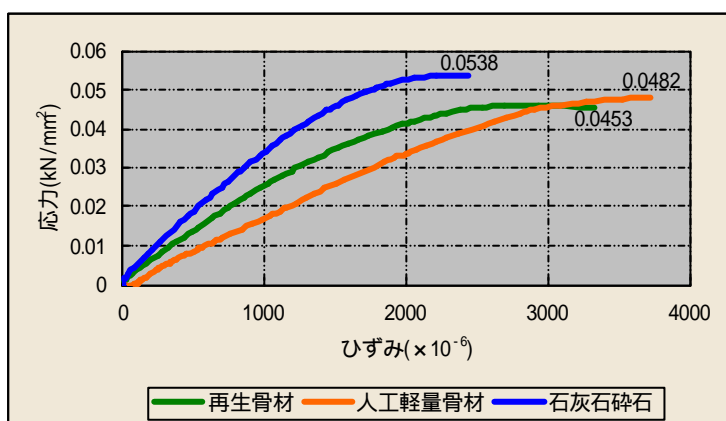


図 1:コンクリート供試体の応力 ひずみ曲線

表 2:材齢 28 日におけるコンクリートの静弾性係数

	人工軽量骨材	再生骨材	石灰石碎石
kN/mm ²	18.7	23.3	35.5
変動係数 (%)	1.72	3.71	1.97

コンクリート供試体の重量変化

図 2 にコンクリート供試体の重量変化を示す。表 1 から，石灰石碎石は，骨

材中に水分をほとんど含んでいない。したがって、コンクリートの水分移動による重量変化が、ほぼ単位水量の移動のみによって引き起こされていると考えられると、図 2 のような同材齢における重量変化の差は、各粗骨材の吸水量が主に影響していると認められる。

また、図 3 の乾燥 7 日間の重量変化率から、材齢 1 日で脱型した石灰石碎石と再生骨材を用いたコンクリート供試体の重量変化率は、2 日目で最も高くなり、その後乾燥 7 日目にかけて変化率の推移が緩やかになっている。しかし、人工軽量骨材を用いたコンクリート供試体の重量変化は、乾燥 2 日目～4 日目の期間に最も高い変化率を維持し、その後の変化率の挙動も他の 2 種とは異なっており、約 2.5～7 倍多く変化している。このことから、高い吸水率を持つ粗骨材を用いたコンクリートは、コンクリート内部と設置環境との湿度差が平衡状態になるまでに、高い水分の蒸発量と期間を要すると思われる。

そして、表 4 に各粗骨材を用いたコンクリートの重量変化率を示すが、この表から、コンクリートの水和反応が進行していない材齢初期の重量変化率は、人工軽量骨材を用いたコンクリートが他の 2 種に比べて 3.5 倍程度大きくなっているが、材齢が経過すると、変化率の格差はほとんど認められなくなっている。ここでコンクリートの吸水と逸散挙動の相違は考慮に入れなければならないが、その重量変化の粗骨材の吸水特性による格差が見られなくなる最も大きな要因は、水和反応が進行することでコンクリート内部がより緻密になり、水分移動に対する抵抗性が増したためだと考えられる。したがって材齢が長期に渡ると粗骨材の吸水率の違いが、材齢初期のようなコンクリート供試体重量の変化にはあまり大きな影響は与えないと思われる。

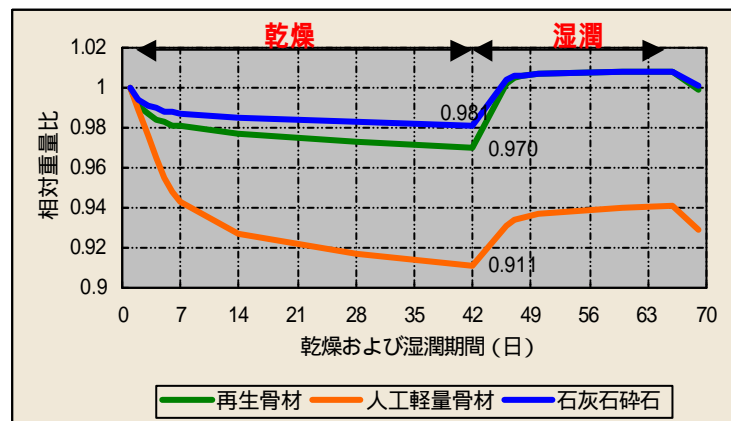


図 2:コンクリート供試体の重量変化

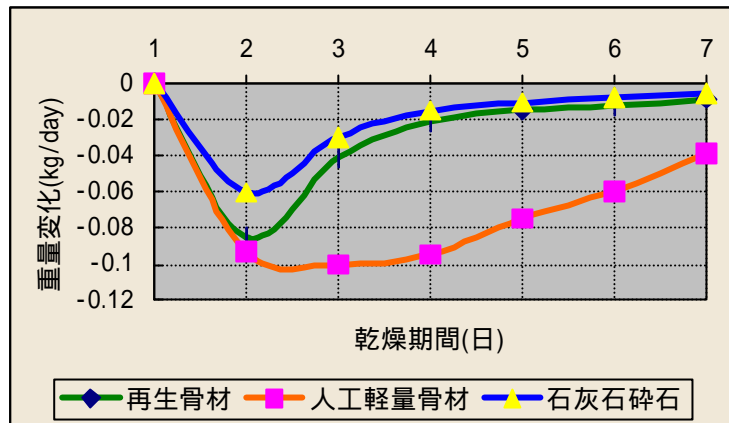


図 3: 乾燥 7 日間の重量変化率

表 3: 各粗骨材を用いたコンクリート供試体内の水分

	単位水量			粗骨材
	結合水	ゲル水	自由水	吸水量
再生骨材	0.32	0.13	0.26	0.21
人工軽量骨材	0.32	0.13	0.26	0.92
石灰石碎石	0.32	0.13	0.26	0.0024

単位水量は水和 100%時における内訳(kg/4%)

表 4: 各粗骨材を用いたコンクリートの重量変化率

計測開始材齢	再生骨材	人工軽量骨材	石灰石碎石
1 ~ 7 日(kg/day)	-0.031	-0.077	-0.022
相対比	1.41	3.56	1.0
42 ~ 48 日(kg/day)	0.054	0.032	0.041
相対比	1.33	0.77	1.0

コンクリート供試体の乾燥収縮および湿潤膨張

図 4 にコンクリート供試体の乾燥収縮と湿潤膨張を示す。高い吸水率を持つ人工軽量骨材を用いたコンクリートは、石灰石碎石や再生骨材を用いたコンクリートと比較して、乾燥材齢 7 日までの収縮量が最も小さくなっている。これは、コンクリート内部と設置環境との湿度差が平衡状態になるまでの期間が長く、その水分移動の挙動も他の 2 種類の粗骨材とは異なったものであることから、粗骨材からコンクリートへと十分に水分が供給されているためであると思われる。したがって、乾燥収縮の原因となる微細空隙内のゲル水や毛細管水の逸散開始を遅延させる働きをすると予測され、材齢初期における収縮量は、人

工軽量骨材を用いたコンクリートが最も小さくなったものと認められる。

しかしながら，長期の材齢で見ると，吸水率の大きい粗骨材を用いたコンクリートは，最終的には最も収縮量が大きくなると思われる。それは，材齢初期に粗骨材からコンクリートへと供給していた水分が消失し，微細空隙に圧縮応力がかかり始めたときに，他の粗骨材に比べて収縮に対する拘束力が弱いからである。そしてひるがえって，密実で比重の大きな粗骨材を用いたコンクリートは，弾性係数が高く，その収縮量も他の2種に比べて抑制されている。

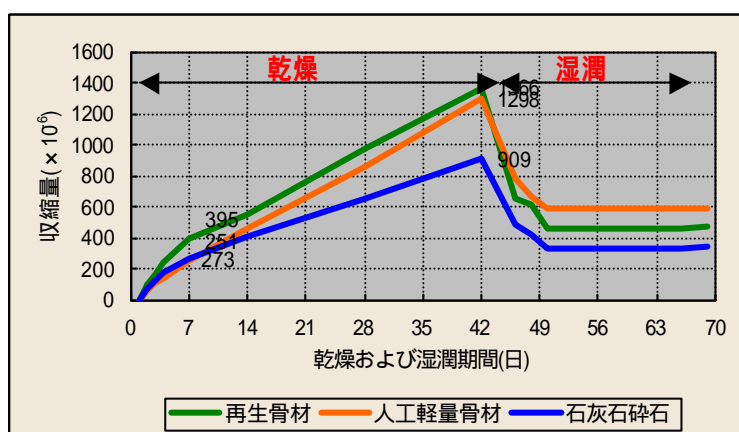


図 4:コンクリート供試体の乾燥収縮と湿潤膨張

結論

[1] 再生骨材と石灰石砕石を用いたコンクリートは，水分逸散に伴う重量の変化が乾燥 2 日目以降に急激に低下し，乾燥 7 日目頃にかけて変化が緩やかになったが，人工軽量骨材を用いたコンクリートは，他の 2 種の粗骨材を用いたコンクリートに比べて長期間高い変化を維持し約 2.5~7 倍の変化量を示している。

[2] 水和反応が進行するとコンクリート内部が緻密になるために，水分移動に対する抵抗性が増し，粗骨材の吸水率によるコンクリートの重量変化は見られなくなる。

[3] 吸水率の大きい粗骨材は，粗骨材から水分を供給することでコンクリートの材齢初期の収縮量を遅延させるが，材齢が長期になるとその空隙率の大きさにより，乾燥収縮に対する拘束力が弱くなり最も収縮量が大きくなると思われる。

Relationship Between Drying Shrinkage of Concrete and
Water Absorption of Coarse Aggregate

~ abstract ~

1045030 Takuji KIMURA

The shrinkage of concrete is essential factors to evaluate the crack of concrete. It is expected for the characteristic of shrinkage of concrete to different by moisture content in every kind of aggregate. However, the relationship between the water content of aggregates and the characteristic of shrinkage of concrete is still not clearly. Therefore, the main topic is the relationship between water absorption of aggregate and characteristic of shrinkage of concrete. Coarse aggregate which water absorption is different each other, artificial lightweight aggregate, limestone and recycled aggregate were used in this experiment. Three specimens were produced every aggregate, after that it was practiced this drying shrinkage test which the environmental condition was that temperature was 20 ± 2 and humidity was $60 \pm 5\%$.

As results of this experiment, it is developed the relationship between water absorption of aggregate and characteristic of shrinkage of concrete.

Key Words

water absorption, drying shrinkage, coarse aggregate, elastic modulus, coefficient of water permeability, moisture transfer