

14.4 規格外骨材の耐久性評価手法に関する研究

研究予算：運営費交付金
 研究期間：平 18～平 21
 担当チーム：技術推進本部（構造物マネジメント技術）
 研究担当者：渡辺博志、片平博

【要旨】

平成 13～17 年の成果として、再生骨材の耐凍害性を評価するための簡易試験法を提案した¹⁾²⁾。この簡易試験法の規格外天然骨材への適用性について検討を行っている。19 年度は全国から収集した比較的品質の劣る骨材を対象に簡易試験法を実施するとともに、それらの骨材を用いたコンクリートの凍結融解試験を実施し、双方の結果を比較した。一方、骨材の低品質化に伴い、コンクリートの長さ変化（乾燥収縮）が増加する傾向があり、コンクリートの長さ変化を迅速かつ簡易に推定する評価試験法の確立が望まれている。19 年度は骨材の密度、吸水率やコンクリートの動弾性係数とコンクリートの長さ変化量との関連について調査試験を行い、動弾性係数と長さ変化との間に相関関係を認めた。

キーワード：コンクリート、規格外骨材、凍結融解試験法、冷凍庫、乾燥収縮、動弾性係数

1. はじめに

近年、良好な採石場が減少しており、骨材品質が低下する傾向にある。また、これに合わせて採石場での掘削量の増大、廃棄岩の処分場の増大、骨材輸送距離の増大等による環境負荷が大きくなっている。これらのことから、現在の品質規格を満足しない骨材であってもコンクリートの性能を損なわない範囲の骨材であれば、有効利用を図ることで骨材の供給量を確保し、環境負荷を低減する必要がある。

骨材品質がコンクリートに与える影響としてはフレッシュ性状、強度、耐久性などがあるが、特に耐凍害性や長さ変化（乾燥収縮）の照査には、コンクリートを製造しての長期間に及ぶ試験が必要である。このため、簡易な評価試験法の確立が望まれている。

2. 耐凍害性の検討

2.1 目的

コンクリートの耐凍害性を評価する試験法として JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」がある。一方、骨材の耐凍害性を評価する試験法として「JIS A 1122 硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験方法」がある。しかしながら、この安定性試験結果と JIS A 1148 の試験結果とは必ずしも良い対応を示すとは限らず、骨材の耐凍害性をよりの確かかつ簡易に評価することが可能な試験法の確立が望まれている。

構造物マネジメント技術チームでは平成13～17年「再生骨材・未利用骨材の有効利用技術の開発」の成果として、再生骨材の耐凍害性を簡易に評価する試験法を提案した¹⁾²⁾。この簡易試験法の規格外天然骨材への適用性に

ついて検討を行うことを目的とする。

19年度は、全国から収集した13種類の比較的品質の悪い骨材を対象に、この簡易試験法を実施するとともに、それらの骨材を用いたコンクリートの凍結融解試験を実施し、双方の結果を比較した。

2.2 簡易凍結融解試験法の概要

再生骨材を対象に提案した簡易凍結融解試験法の概要（図-1 参照）を以下に記す。

2.2.1 使用機器

- ・水槽：水温が 20℃程度のもの
- ・冷凍庫：槽内温度が -18℃以下となるもの
- ・容器：容量 1,000cc 程度のプラスチック容器、蓋をかぶせることで中の再生骨材や水が流出しない構造のもの

2.2.2 試験手順

- 1) 再生骨材試料を 20-15mm、15-10mm、10-5mm 等の単粒径の各群にふるい分け、容器に詰める分の質量を測定する。
- 2) この試料を容器に入れ、容器中に水を満たし、蓋をする。
- 3) 容器を冷凍庫に入れ、中の水が完全に凍結するまで冷凍する（凍結時間を 16 時間とした）。
- 4) 容器を冷凍庫から取り出し、水槽（+20℃）に沈め、中の氷が完全に融解するまで水中におく（融解時間を 8 時間とした）。
- 5) 1 日 1 サイクルで 3) と 4) を交互に繰り返す。
- 6) 10 サイクルを終了した後に容器から再生骨材試料を取り出し、凍結融解作用により細粒化されフルイ目から抜け落ちる量（質量損失質率）を求める。

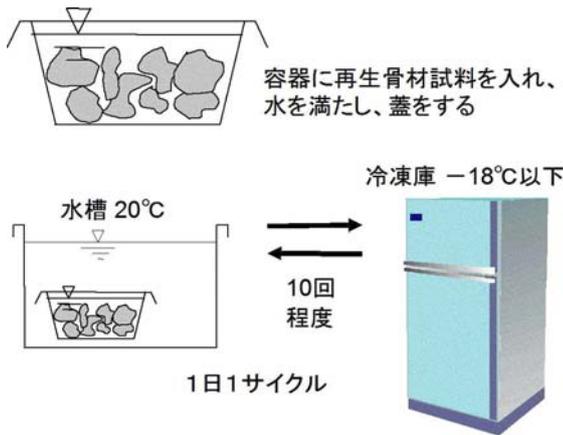


図-1 簡易凍結融解試験の概要

2.3. 低品質骨材に対する試験方法

表-1 に示す比較的品質の悪い 13 種類の粗骨材 (Gmax25mm) を対象に、硫酸ナトリウムによる安定性試験、および 2.2 で述べた簡易凍結融解試験を実施した。

また、表-1 に示す骨材を粗骨材に用いて表-2 に示す条件でコンクリートを練混ぜ、「JIS A 1148 コンクリートの凍結融解試験」の A 法 (水中凍結融解法) に準拠して凍結融解試験を実施し、コンクリートの耐久性指数を求めた。なお、細骨材には規格を満足する良好な細骨材を使用した。

表-1 収集した低品質骨材の品質

記号	岩種	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	安定性 (%)
g1	川砂利	2.40	3.98	24.8
g2	川砂利	2.41	3.78	13.8
g3	碎石	2.29	6.53	56.5
g4	碎石	2.48	4.38	45.3
g5	碎石	2.28	7.17	70.2
g6	碎石	2.65	2.46	28.8
g7	川砂利	2.39	3.72	29.1
g8	碎石	2.63	1.66	3.8
g9	碎石	2.29	5.58	52.7
g10	川砂利	2.53	2.66	14.2
g11	川砂利	2.47	3.22	16.5
g12	碎石	2.25	6.43	27.5
g13	碎石	2.37	4.96	89.7

表-2 コンクリート配合

Gmax (mm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)	
				W	C
25	55	4.5	46	165	300

2.4 試験結果と考察

安定性と耐久性指数の関係を図-2 に、簡易凍結融解試験結果のうち 20-25mm 粒径の 20 サイクルの結果と耐久性指数の関係を図-3 に示す。これらの図から、砂利と碎石とでは骨材の損失率と耐久性指数との関係が大きく異なる結果となった。また、安定性試験結果よりも簡易凍結融解試験結果のほうが、ややコンクリートの耐久性指数と良い対応を示した。

しかしながら、図-3 に示した簡易凍結融解試験の結果は 20 サイクルのものである。すなわち、試験に 20 日を要しており、試験の簡素化に向けて、更なる検討が必要である。

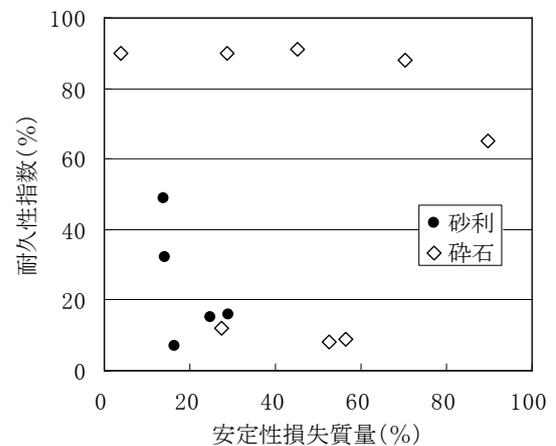


図-2 安定性損失質量と耐久性指数の関係

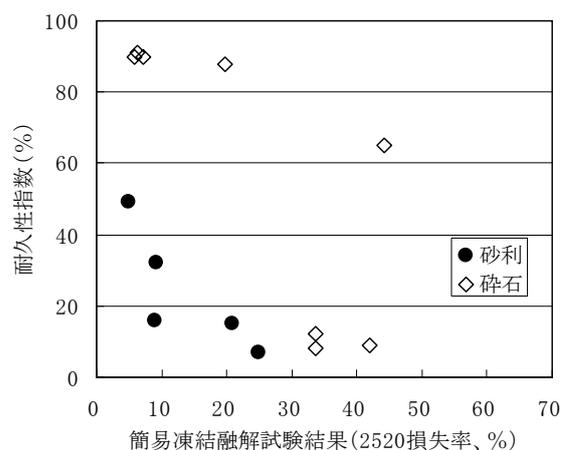


図-3 簡易凍結融解試験結果と耐久性指数の関係

3. 長さ変化（乾燥収縮）の検討

3.1 目的

コンクリートの乾燥収縮は、とりわけコンクリート容積中の約7割を占める骨材の影響を強く受ける。近年では、良質な骨材資源の減少に伴い、比較的大きなコンクリートの乾燥収縮量も報告³⁾されている。このため、コンクリート標準示方書[設計編](2007年版)では、コンクリートの収縮量の設計値を、試験値や実績をもとに定めることを原則とし、これらのデータが無い場合には、従来の収縮量推定式の解を1.5倍することにより求めることとなった。

一般に、コンクリートの収縮量はコンクリートの長さ変化試験(JIS A 1129)によって求められるが、この試験は試験体を製造してから半年間に及ぶ計測を行うもので、その検証は容易ではない。そこで長さ変化量の推定が可能な、簡易な評価指標についての検討を行った。

3.2 長さ変化試験の方法

比較的品质の劣る骨材を全国から収集し、これらの骨材を用いたコンクリート供試体を製造し、長さ変化試験を行った。

試験に用いた骨材の品質は表-1に示すとおりであり、粗骨材の最大寸法は25mmである。記号はsは細骨材、gは粗骨材、アルファベットまたは数字は骨材の産地を示す。sAとgAは良質な標準骨材である。

コンクリート製造時の細骨材と粗骨材の組合せは、A～Yの骨材については同産地の組合せ以外に、sZ～sYとgA、gZ～gYとsAの組合せを設定した。g1～g14についてはsAとの組合せとした。コンクリートの配合条件としては、普通ポルトランドセメントを使用し、W/C=55%、s/a=46%、Air=4.5%、W=165kg/m³とした。

10×10×40cm角柱供試体を1本ずつ作製し、28日間の水中養生の後、室温20℃の実験室内に静置し、JIS A1129-2の方法に準拠して長さ変化を測定した。湿度については正確な制御は行わなかったが、概ね60%程度と考えられる。

3.3 評価指標の設定

コンクリートの長さ変化は主にペーストの収縮に起因するものであり、骨材はその収縮量を低減する働きを示すと考えられるので、収縮量の大きなコンクリートの骨材は変形に対する抵抗性の小さな骨材であると考えられる。

そこで、そのような骨材の物性を評価する指標として、まず(1)密度(2)吸水率および(3)安定性損失質量を考えた。密度は骨材の緻密さを表す指標であること、吸水率は骨材の空隙量を表す指標であること、安定性損失質量は一般に

表-3 骨材の品質配合

	記号	岩種	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	安定性 (%)
細骨材	sA	川砂	2.56	1.58	3.5
	sZ	砕砂	2.42	4.41	28.3
	sT	砕砂	2.37	4.33	30.4
	sD	砕砂	2.57	1.37	5.9
	sW	川砂	2.44	5.38	12.5
	sM	川砂	2.47	3.18	8.5
	sY	川砂	2.42	6.03	12.4
粗骨材	gA	碎石	2.65	0.50	3.3
	gZ	碎石	2.45	3.33	56.4
	gT	碎石	2.47	2.74	72.9
	gD	碎石	2.53	1.47	22.3
	gW	川砂利	2.45	4.21	21.0
	gM	川砂利	2.45	3.37	14.9
	gY	玉砕	2.48	4.39	18.8
	g1	川砂利	2.40	3.98	24.8
	g2	川砂利	2.41	3.78	13.8
	g3	碎石	2.65	2.67	14.8
	g4	碎石	2.29	6.53	56.5
	g5	碎石	2.48	4.38	45.3
	g6	碎石	2.28	7.17	70.2
	g7	碎石	2.65	2.46	28.8
g8	川砂利	2.39	3.72	29.1	
g9	碎石	2.63	1.66	3.8	
g10	碎石	2.29	5.58	52.7	
g11	川砂利	2.53	2.66	14.2	
g12	川砂利	2.47	3.22	16.5	
g13	碎石	2.25	6.43	27.5	
g14	碎石	2.37	4.96	89.7	

は骨材の耐凍害性を評価する指標であるが、薬液の乾燥膨張に対する抵抗性を試験するものであることから、骨材中の空隙性状と強度に関連する指標と考えたためである。

さらに変形に対する抵抗性の小さな骨材が含まれるコンクリートは弾性係数が低いことが予想されることから、(4)コンクリートの動弾性係数を指標とした。

3.4 実験結果と考察

細骨材と粗骨材の平均密度、平均吸水率、平均安定性損失質量を求め、それと3ヶ月経過時点の長さ変化量との関係を図-4、5、6に示す。長さ変化試験開始時のたわみ振動法による動弾性係数と長さ変化量との関係を図-7に示す。これらの図から、長さ変化量は動弾性係数と比較的良好な相関関係を示した。図中の凡例は細骨材のみが低品質なものを-s、粗骨材のみが低品質なものを-g、細・粗骨材ともに低品質なものを-sgと示したが、動弾性係数と長さ変化量との関係は骨材の組合せ条件によらずほぼ一定であった。

今回の実験では、動弾性係数は長さ変化測定用の10×10×40cmの角柱供試体を対象にしたたわみ振動による測定

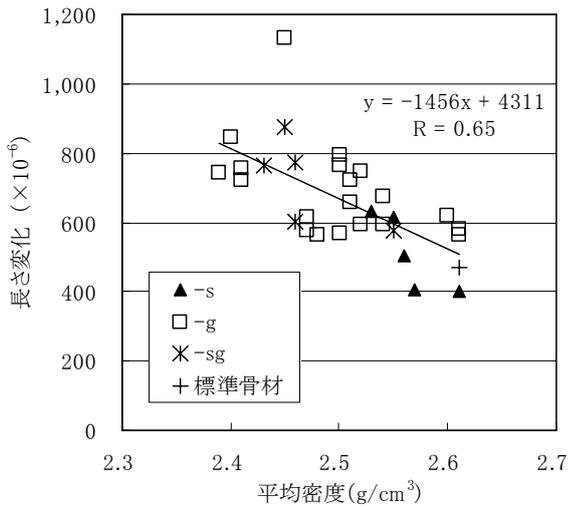


図-4 骨材密度と長さ変化(3ヶ月)の関係

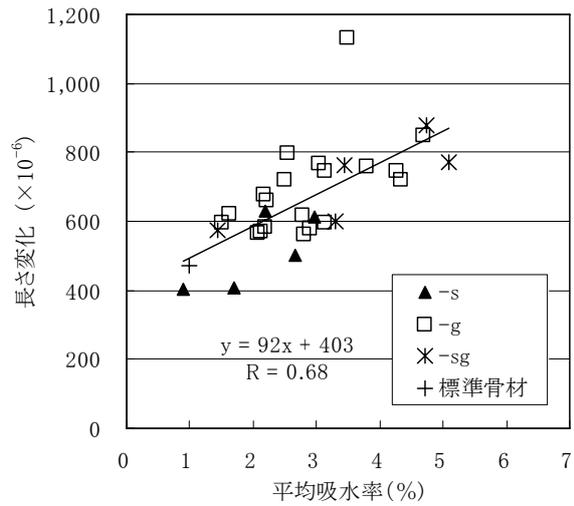


図-5 吸水率と長さ変化量(3ヶ月)の関係

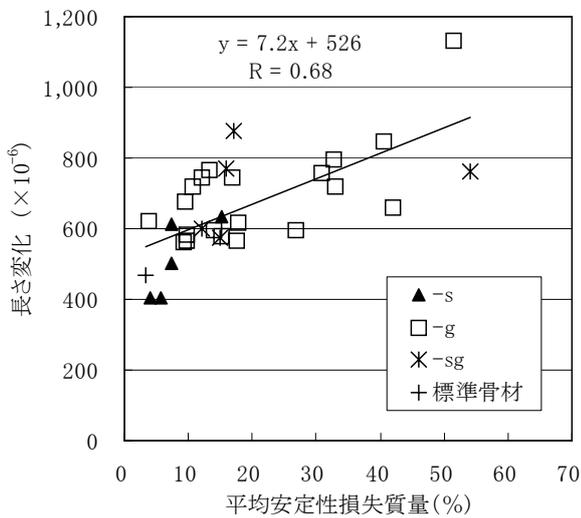


図-6 安定性損失質量と長さ変化量(3ヶ月)の関係

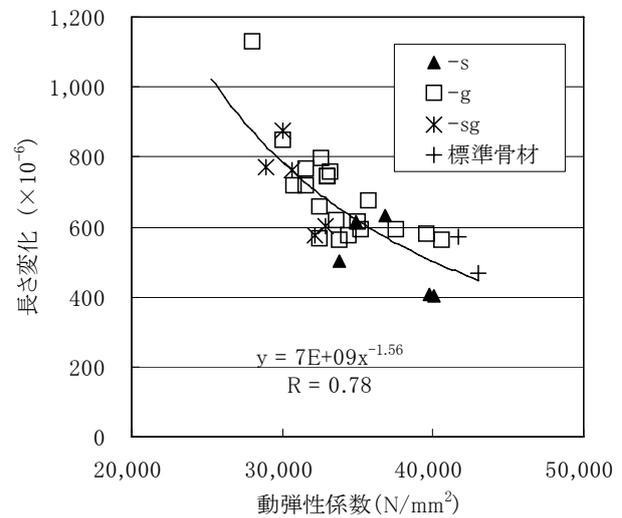


図-7 動弾性係数と長さ変化量(3ヶ月)の関係

を行ったが、例えば超音波法による測定であれば圧縮強度試験用の管理供試体の動弾性係数を測定することも可能であり、それによって長さ変化の推定が可能であれば、管理供試体の強度試験と同時に長さ変化の評価も可能となると考えられる。

4. 今後の課題

耐凍害性の照査法に関しては、現状の方法では試験期間が長くなり、期間短縮のための工夫が必要である。

長さ変化の推定法に関しては、動弾性係数と対応があることが分かったが、限られた試験データであり、また、現場への応用を想定すると、たわみ振動による測定よりも縦振動による測定のほうが適している可能性があり、さらなる試験法の検討とデータの蓄積が必要である。

参考文献

- 1) 片平博、渡辺博志：再生骨材の簡易凍結融解試験法の提案、コンクリート工学年次論文集、Vol.27、pp.1351-1356、2005
- 2) 片平博、渡辺博志：再生骨材の簡易凍結融解試験法の合理的判定方法に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.28、pp.1433-1338、2006
- 3) 百瀬晴基他：全国のレディーミクストコンクリート工場を対象としたコンクリートの乾燥収縮に関する調査研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) pp.291-292、2007.8

A STUDY ON DURABILITY TEST METHOD OF LOW QUALITY AGGREGATE FOR DAM CONCRETE

Abstract :

The purpose of this research is development of effective utilization of low quality aggregates for dam concrete.

We proposed a simplified test method to assess recycled aggregate performance against freezing-thawing action in 2005.

We conducted research on applicability of the simplified test method also for low quality gravels in 2007.

The test result showed possibility to assess concrete durability against freezing and thawing effect with the result of the simplified test for low quality gravels.

We also conducted research on a simple evaluation method for drying shrinkage of concrete with using dynamic elastic modulus as the prediction index.

The test result showed drying shrinkage has strong correlation with the dynamic elastic modulus evaluated from the resonant frequency of small deflection vibration.

Key words :

concrete, low quality aggregate , freezing and thawing test , freezer , drying shrinkage, elastic modulus