

## ワイブル分布解析を用いたコンクリート骨材の簡易的品質評価

国立大学法人熊本大学 学生会員 首藤 親哉  
 国立大学法人熊本大学 学生会員 飯笹 真也  
 国立大学法人熊本大学 学生会員 月岡 美佳  
 国立大学法人熊本大学 正会員 重石 光弘

## 1. はじめに

近年、自然環境保護の観点や、資源の枯渇などによって良質なコンクリート用骨材の確保が困難となりつつある。一方、廃コンクリート量は増え続けており、今後高度経済成長期に建設された多くの都市施設が耐用年数を迎える。このような背景からコンクリート塊からの骨材の高度再生処理技術の開発が進められてきた。本学においては、パルス電力によるコンクリート塊からの骨材分離・回収技術を開発中であるが<sup>1)</sup>、これによる再生骨材がコンクリート骨材として十分な品質を確保しているか評価する必要がある。しかし、JISの密度試験や吸水率試験の様な品質評価方法では多くの時間を費やす。そこで本研究では、再生過程における骨材品質の概値を把握するため、再生骨材への載荷試験による簡易的品質評価方法を提案する。ただし、ここでは、提案手法の妥当性を確かめるために、実際の再生骨材ではなく、砕石と人工軽量骨材の二種類を使用し、両者の混合割合に応じて変化する全体の平均密度などの品質と、載荷試験より得られた破砕値から導かれるワイブル分布パラメータとの整合性を調べた。

## 2. 載荷試験に用いる骨材試料

本研究では砕石骨材(山鹿斑レイ岩)と人工軽量骨材(太平洋アサノライト<sup>2)</sup>)を使用して、表-1に示す5種類の品質の異なる試料を作成した。すなわち、人

表-1 各試料の混合率および一般的品質

試料	骨材混合率 (%)		絶乾密度 (g/cm)	吸水率 (%)
	砕石骨材	人工軽量骨材		
AL-100	0	100	1.22	12.68
AL-75	25	75	1.42	8.37
AL-50	50	50	1.68	7.31
AL-25	75	25	2.35	3.34
AL-0	100	0	3.04	0.49

工軽量骨材の混合率が高いほど低品質な骨材となる。

## 3. 載荷試験

破砕値<sup>3)</sup>は、鋼鉄製のプランジャーの中に骨材(質量  $m$ )を入れ載荷を行い、その後骨材を取り出し、ふるい目 2.5mm 以下に破砕されたものの質量 ( $m_0$ ) を計測すると次のように求められる。

$$\text{破砕値 (Cg)} = \frac{m_0}{m} \times 100$$

$m_0$  : 2.5mm ふるいを通じた質量(g)

$m$  : 骨材試料の質量(g)

本試験では、試料毎に最大載荷荷重 80kN, 160kN, 240kN, 320kN および、400kN とする静的載荷を行って、表-2に示すような破砕値が得られた。これらから、いずれの試料においても載荷荷重の増加に伴い、破砕値が増加していることがわかる。また、最大載荷荷重が同じであるならば、破砕値は試料中の人工軽量骨材の割合が大きくなるに従って大きくなっていることがわかる。破砕値が小さい試料は力学的強度が高いと言え、これは力学的に脆弱な部分が少ない事による。また、表-1に示した絶乾密度と吸水率からも、人工軽量骨材の混合率が高くなるにつれ品質は低くなることから、破砕値の結果はこれとよく符合する。以上より破砕値は骨材品質評価のための有効なパラメータと言えるが、しかし、各試料間の破砕値の比は最大載荷荷重によって大きく異なっていることから、品質の良否を定量的に決定付ける一意的な品質評価はできない。

表-2 各混合割合における 80kN 毎の破砕値 (%)

試料	80kN	160kN	240kN	320kN	400kN
AL-100	5.8	15.8	24.3	30.7	35.6
AL-75	4.5	13.9	19.7	25.6	31.1
AL-50	2.7	8.5	14.2	21.0	23.5
AL-25	1.6	3.7	10.4	13.5	15.7
AL-0	0.5	1.9	4.1	6.9	10.1

4. ワイブル解析

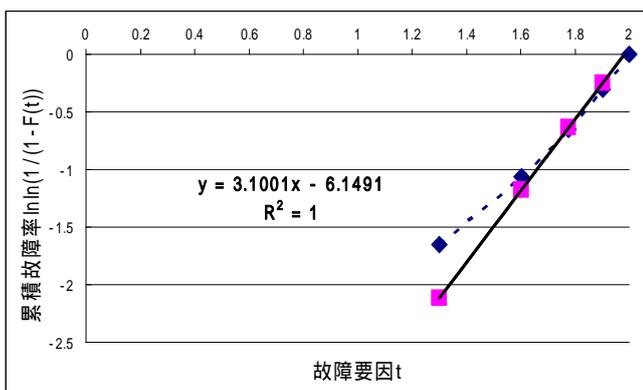
そこで、本研究では、この破砕値を載荷試験時の骨材への載荷によって発生した故障の程度と考え、80kN 毎の破砕値の増加傾向を信頼性解析手法であるワイブル解析<sup>4)</sup>してワイブル分布パラメータ  $m$  値を算出し、それぞれの試料の品質との相関性を調べた。

ワイブル分布は、物質の故障、破壊を記述する場合に用いられる確率密度関数である。物体の破壊現象は、材料の平均的な性格とは関係なく弱点の有無、およびその数や規模で決まる。

本研究での骨材試料においては、骨材に載荷をした場合、破壊現象はより脆弱な人工軽量骨材の部位から発生する。したがって、人工軽量骨材、すなわち脆弱な部位の存在が、試料の破壊に対する信頼性を左右するため、ワイブル分布は骨材への載荷時にも適用できると考えられる。

5. 80kN 毎の破砕値におけるワイブル分布解析

今回得られた破砕値のワイブル分布解析を行うに際し、故障要因  $t$  のパラメータを 400kN を 100%とする荷重レベルとし、各荷重における破砕値を 400kN 時の破砕値を 1 として正規化したものを累積故障率  $F(t)$  とした。両対数軸を持つ平面に表-2 に示した実測値をプロットすれば図-1 に示す破線のような故障(破砕)の発生確率分布が得られる(試料 AL-0 の場合)。さらに非線形最小二乗法を用いて、ワイブル分布に当てはめた結果が図-1 に示す実線として得られている。これからもわかるように、このグラフ平面上においてはワイブル分布は直線となり、この直線の傾きを  $m$  値と呼んでいる。



—◆— 累積故障率  $F(t)$   
—■— 近似累積故障率  $F(t)$

図-1 砕石骨材 100% の場合のワイブル確率紙

時間経過に伴う累積故障率は、 $m$  値によって変化する。 $m > 1$  のときには単調増加で磨耗故障型となるが、今回  $m > 1$  の場合のみなので、 $m$  値が増加するほど信頼性が増すということになる。

次に、砕石骨材率とワイブル分布  $m$  値との間に相関性が見られるかどうかの検証を行った。その結果を図-2 に示す。砕石骨材の割合が増えるということは、試料として用いる骨材の品質が向上するということであり、解析結果の砕石骨材率が増す毎に  $m$  値も上昇しているため、相関性があることが確認された。

5. まとめ

骨材への載荷試験による簡易的品質評価方法を提案した。すなわち、品質の異なる骨材試料に対し、最大載荷荷重 80kN、160kN、240kN、320kN および、400kN とする載荷試験によって得られた破砕値を用いてワイブル解析を行い、 $m$  値と骨材試料の絶対乾密度および吸水率による品質に強い相関性があることがわかった。

参考文献

- 1) 重石光弘, 浪平隆男ほか: パルスパワーによるコンクリートからの粗骨材の分離, 回収, コンクリート工学年次論文集, vol.8, No.1, pp.1475-1480, 2006.7
- 2) 太平洋アサノライト, 建設 MIL データベース, <http://dataseet.k-mil.net/pdf/42623D.pdf>
- 3) 日本工業標準調査会: TS A 0006, 「再生骨材を用いたコンクリート」, 2004.4
- 4) 青木繁伸: ワイブル分布, 2005

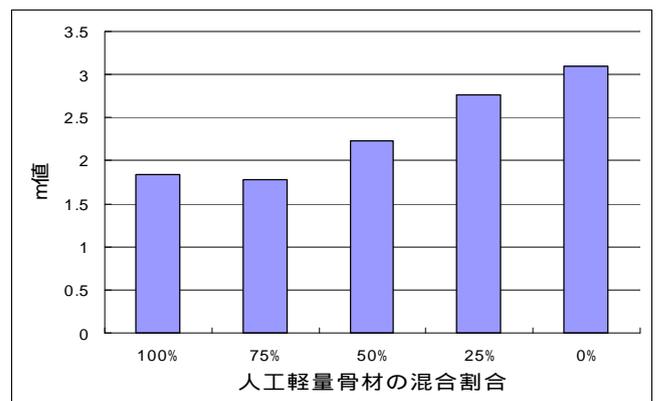


図-2 人工軽量骨材率と  $m$  値との相関グラフ