

V-309

表面疲労摩耗試験装置を用いたセメント系材料の摩耗性状について

北海道工業大学工学部 正会員 堀口 敬

1. まえがき

一般に摩耗試験装置は、その特性から大きく2種類に分類することができる。一つは、実際の様々な摩耗現象を実験室（室内・屋外）で再現することを目的とした摩耗試験装置であり、シミュレーション法に基づく試験機であるから摩耗シュミレータと呼ばれている。他の一つは、基礎的なトライボロジ特性を把握することを目的とした摩耗試験装置であり、摩耗機構の特性を考慮したトライボシステムの手法が用いられるためトライボメータと呼ばれる。既往のセメント系材料の摩耗試験は、前者のシミュレーション法に基づく摩耗試験装置が用いられる場合が非常に多い。これは、摩耗試験が実際の様々な摩耗現象を実験室の摩耗試験装置でシミュレートすることに主点が置かれているためであり、一見シミュレーション法はこの目的を容易に満足する方法のように見える。そのため試験装置のシステム自体も比較的安易に考えられがちである。ところが、実際の摩耗現象は非常に複雑であり、膨大な因子が影響を及ぼすという点、および適切なシミュレーション判定基準が必要であることなどの理由により、最もむずかしい分野であるとされている。このような観点からみると、コンクリート構造物の様々な摩耗現象を説明するための一つの方法として、トライボメータによる基礎的な摩耗試験は有意義なものであると思われる。

本研究は、脆性材料に発生する表面疲労摩耗機構のトライボメータとして優れた特性を有する試験装置（以下これを表面疲労摩耗試験装置と呼ぶ）をセメント系材料の摩耗試験装置としてとりあげ、その特性を把握することを目的としている。

2. 試験概要

本研究で使用した表面疲労摩耗試験装置の外観を示したものが図-1である。この装置は可動容器を含む試験機本体と上下運動の振動速度を設定するための制御部とから構成されている。本体可動部には水中に固定された供試体と自由に上下運動する数個の鋼球とが容器の中に設置され、容器内の鋼球は上下動により鉛直方向の繰り返し衝撃力として供試体表面に作用する構造である。この鋼球の衝撃力は鋼球の形状あるいは上下運動する可動容器の振動速度などに依存するが、本研究では鋼球の個数およびその球径、さらに振動周波数を変化させた摩耗試験を行なった。まず、鋼球の大きさが摩耗性状に与える影響を検討するために、使用する鋼球の径を6/16インチから12/16インチまで2/16きざみで4水準に変化させた。この試験では8個の鋼球を用い試験周波数を8Hzと一定にした。次に鋼球の個数が摩耗性状に及ぼす影響を把握するため摩耗試験に用いる鋼球の個数を1, 2, 4, 6, 8個の5水準に変化させた。鋼球の大きさは、6/16インチ、9/16インチと12/16インチのものを使用した。この試験では、試験周波数をすべて8Hzに統一した。最後に、試験機の振動周波数を2Hzから18Hzまで8水準に変化させて鋼球の衝撃力の変化がどの程度供試体の摩耗損失量に影響を及ぼすかを把握するために摩耗試験を行なった。鋼球の径は6/16インチ、9/16インチと12/16インチの3種類であり、その個数はすべて8個とした。1回の試験で容器内の鋼球が供試体表面を打撃する回数を同一にするため各試験周波数において試験時間を変化させた。すべての試験に用いた供試体は、材料の品質をできるだけ均一にする必要からセメントペースト（水セメント比が35%）とし、普通ポルトランドセメントを使用した。

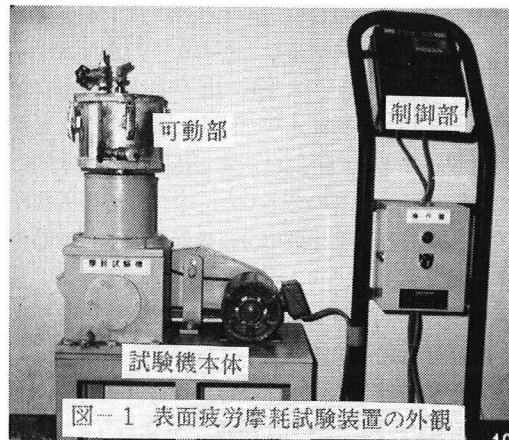


図-1 表面疲労摩耗試験装置の外観

3. 試験結果および考察

図-2は平均摩耗深さと鋼球の径との関係を示したものである。図から、鋼球の径が大きくなるとともに平均摩耗深さが直線的に増加することがわかる。回帰分析の結果、この直線の相関係数は $r=0.997$ となり両者の関係が明確な直線関係を示すことが判明した。

図-3は3種類の径の鋼球を用いたときの平均摩耗深さと鋼球の個数との関係を示したものである。図からそれぞれの鋼球において平均摩耗深さは鋼球の個数の増加とともに直線的に増加することがわかる。さらに、その度合は使用する鋼球の径が大きくなるにつれ回帰直線の勾配が急となり、球径の大なる鋼球を用いた場合には、鋼球数の増加とともに急激に摩耗損失量が増加することを示している。

図-4は3種類の鋼球による平均摩耗深さと試験周波数との関係を示したものである。試験周波数が4 Hzまでは、すべての供試体とも摩耗損失は認められない結果を示した。これは、供試体に与える鋼球の衝撃力がある値以上に達しないとコーンひび割れが発生せず摩耗が生じないためであると推定される。その後、試験周波数の増加とともに摩耗損失量は直線的に増加することがわかる。この直線関係は、すべての鋼球による試験結果において見受けられるが、その勾配は鋼球の径により大きく異なる。

4. まとめ

以上の結果から、平均摩耗深さ (hw) を目的変数とし、鋼球の個数 (N) と鋼球の径 (D mm) とを説明変数として重回帰分析を行なうと平均摩耗深さに関する回帰式は、

$$hw = 0.252 \cdot N + 0.199 \cdot D - 2.727 \dots (1)$$

で示され、その重相関係数は 0.884 となった。したがって、鋼球の径あるいは鋼球の個数とその平均摩耗深さは互いに線形関係にあり、かつその相関も非常に高いことがわかる。つまり表面疲労摩耗試験機を用いて実施した摩耗試験の結果は、鋼球の個数あるいは鋼球の径などの試験条件が異なった場合においても比較的高い精度でそれぞれの試験結果を比較検討することが可能であることがわかる。

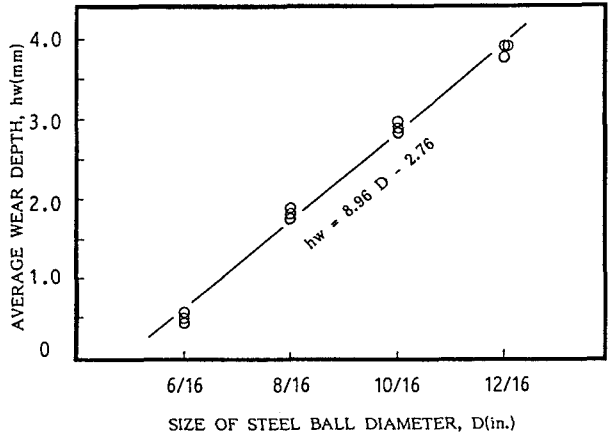


図-2 平均摩耗深さと鋼球の径との関係

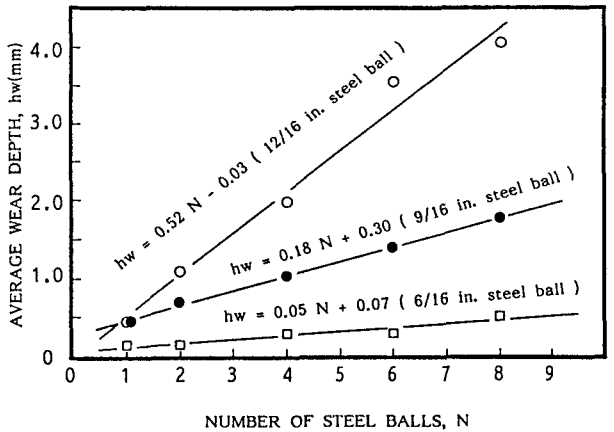


図-3 平均摩耗深さと鋼球数との関係

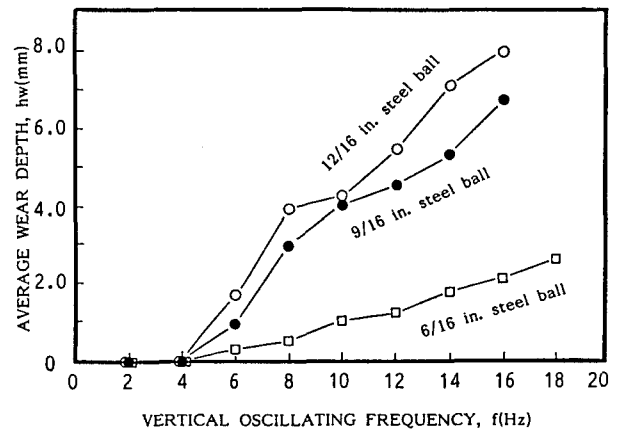


図-4 平均摩耗深さと振動周波数との関係