

大成建設(株) 正会員 伊藤喜栄
 北海道大学工学部 ○正会員 原 文宏
 北海道大学工学部 正会員 佐伯 浩

1. はじめに

氷盤の移動が活発な海域や結氷する河川に建設される構造物は、水力が作用する時の氷盤と構造物表面間の摩擦力によって、その表面が摩耗する。摩耗が進行すると、鉄筋コンクリート構造物であれば、かぶりが減少し鉄筋が露出するため、構造物そのものの耐力の減少と鉄筋の腐食が発生し、構造物の安全性を損なう原因となる。このような氷盤移動による構造物表面の摩耗機構を解明することを目的に、著者らを含め現在世界で7種類の摩耗試験装置が開発されている。

本研究は、それらの摩耗試験装置の特徴を整理し、それぞれの長所や短所を評価した上で、氷盤移動による摩耗現象の再現性、試験の難易度及び摩耗機構の相似性等からみて最も合理的な摩耗試験装置について論ずるものである。

2. 試験装置の摩耗メカニズムと特徴

(1) 相対摩耗試験

試験は二本の円筒形コンクリート供試体を同時に試験し、基準になる試験材料と他の材料を同時に試験して摩耗に対する相対的強さを調べるものである。試験装置は、回転するコンクリートの円筒を二つの直方体の氷塊で押しつけることによって材料の摩耗を調べるものである。

この試験方法の欠点は、一方向に一定速度で回転するために動摩擦力しか作用しない。相対速度が、実際の氷盤の移動速度に較べて速すぎるため摩擦熱が氷を融解させコンクリート表面に氷のフィルムを形成している。接触圧力を一定に保つことができない等がある。

(2) 回転盤試験

ABAMのプロジェクトで用いられた装置①及びフィンランド VTTの Huovinen等の研究②、ASTMC-779 の規定③の3つの方法がある。ABAMと VTTの方式は基本的には同じであり、回転する円盤に中空円筒のコンクリート供試体を固定して回転させる方法である。

この試験方法の欠点は中空円筒供試体の肉圧が厚く、内側と外側では相対速度が異なる。コンクリートおよび氷の削りくずが、接触面にたまる危険がある。摩擦熱が氷盤内にこもる。一方向のみの連続回転なので、動摩擦力しか作用しない等がある。

ASTMC-779 は、コンクリート板の摩耗耐久性を調べるための装置を利用したものであるが、あくまでも耐摩耗性の相対評価の指標となるもので、氷盤移動による摩耗と直接的な関係はない。

(3) タンブラー摩耗試験 (ABAM)

本試験は、樽形の容器の中に淡水水を入れて容器全体を回転させる方法である。この試験では接触圧力等が不明確な上、コンクリー

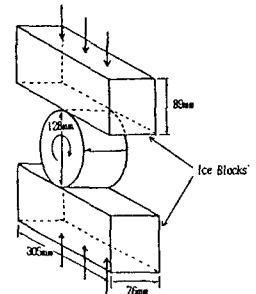


図-1 相対摩耗試験機概念図

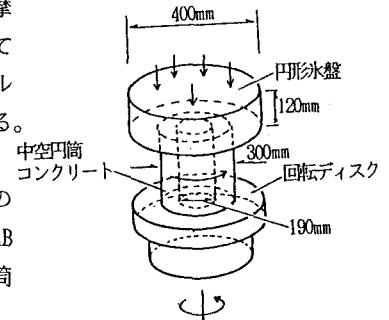


図-2 回転盤試験機概念図

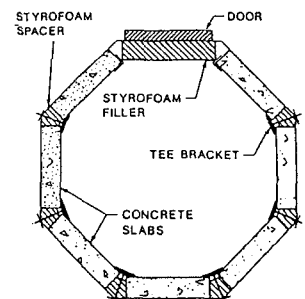
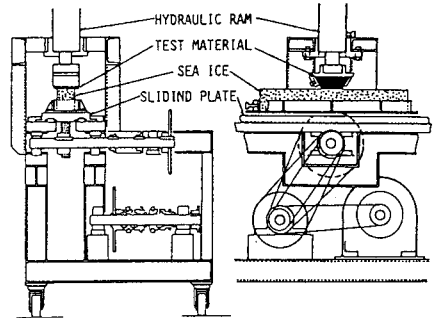


図-3 タンブラー摩耗試験図

ト板には摩擦力と衝突力が同時に作用する。また、粗骨材や酸化アルミを入れることになっているが目的が不明確であり、実際の構造物の水盤移動による摩耗量の推定等には不向きである。

(4)滑動摩耗試験機

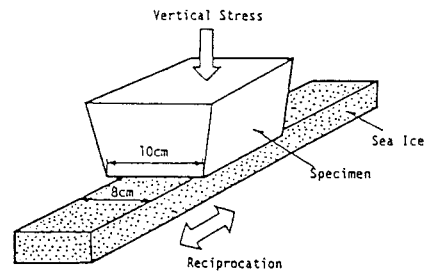
本試験方法はABAMのプロジェクト①と著者らによって開発された方式②がある。前者は円筒形のコンクリート供試体に鉛直応力をかけた状態で円弧状に20°の角度で往復運動させる機構となっている。著者らは、8～12cm厚さの水柱が水平往復運動し、それに台形のコンクリート供試体を押しつけて摩耗試験を行なう。前者の欠点としては、接触圧力を大きく接触面での摩擦力だけではなく、氷を削り取る bulldozing force も作用する。また、供試体は内弧運動をするため、回転の中心に近いところと外側では相対速度に差がでる。著者らの方法は欠点が少ないが、高接触圧（1.5 MPa 以上）になると、氷に疲労破壊が起こるため、氷を頻繁に取り替える必要があることである。



3. 摩耗試験装置の評価と結論

各摩耗試験ごとに各試験機の性能比較を行なった。比較項目は下記に示す a～i である。

- a. 水温変化に対応している。
- b. 接触圧力の変化が可能でその範囲が適切であり、また、一定に保つことが可能。
- c. 相対速度の変化が可能で、適切な範囲であること。
- d. 試験中、静止、動摩擦力が交互に作用すること。
- e. 測定の精度が良く、簡単であること。
- f. 摩擦熱対策、氷の融解防止対策が考えられている。
- g. コンクリート及び氷の削りくず対策ができている。
- h. 実際の摩耗量等の予測に役立つこと。
- i. 材料の相対的耐摩耗性を示す指標となりえること。



図－4 著者らの開発した滑動摩耗試験装置と摩耗原理

表－1 の評価の○印は、氷盤による材料の摩耗試験装置としてすぐれているもの、△は相対的な耐摩耗性を示す指標としては有効なもの、×印は氷に対する耐摩耗性試験装置としては適当でないものである。表からあきらかなように、氷による摩耗試験方法としては滑動方式の摩耗試験装置が最も良く実現象を反映できることが明らかとなった。

表－1 摩耗試験装置の性能比較一覧表

評価項目		a	b	c	d	e	f	g	h	i	評価
相対摩耗試験		○	×	○	×	△	×	○	△	○	△
回転盤試験	①	○	△	△	×	△	×	×	△	○	△
	②	○	?	?	×	○	×	△	△	○	△
	③	○	×	×	×	△	×	×	×	△	×
タンブラー試験		○	×	×	△	×	×	×	×	○	×
滑動摩耗試験	①	○	△	△	○	○	○	△	○	○	○
	②	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○