

II-304

水の付着強度試験法について

山口県庁	正員	仙石	克洋
北大工	正員	後藤	克人
北大工	正員	佐伯	浩

1. 緒 論

材料間の付着強度の試験方法については、材料の性質と材料の使用方法等によって異なっていて、それぞれの材料によって試験方法が異なっているのが実状である。コンクリートと鉄筋の付着強度試験においては、引抜き、押込み、それに両引きの試験法があり、それぞれの試験結果から得られる付着強度は異なっている。また、他の材料間においては、引張セン断試験、剥離付着強さ試験、引張強さ試験、曲げ付着強さ試験、衝撃強さ試験等が用いられていて、材料の特性に合った試験方法を採用している。水と諸材料間の付着強度についても現在標準試験方法は決められていないのが実状であるため、試験片の大きさ、形、試験方法等に決められた方法がない。本研究は著者等の水と諸材料間の付着(凍着)強度試験に関する過去の研究成果を試験方法に関してまとめたものである。

2. 水と諸材料間の付着強度試験法

水と諸材料間の付着強度試験法においては、体系的に研究されたものはないが、今までに行われた試験方法を図1に示す。接着の理論からみると、固体と液体の付着の程度は、付着のエネルギー(W)に強く依存することがわかっているが、この付着エネルギーは $W = \gamma \cdot (1 + \cos \theta)$ で表される。ここで、 γ は各液体固有の界面張力であり、 θ は濡れ角である。Muraseの研究によると、水の付着強度 τ とWの間には同一の試験条件下においては、直線的な関係であることが示されている。図1に示す水の付着強度の試験方法における水と材料の付着面を拡大してみると図2のようになると考えられる。図2のType Aのような試験方法に相当するのが、図1の(a)、(b)、(c)、(d)であり、図2のType Bに相当するのが図1の(e)と考えられる。つまり、理論的な付着理論に相当する試験はType Bのような原理に基づくもので、試験方法としては図1の(e)に相当することになる。図2の界面破壊の様式からみて、Type Aの場合には、海水と材料間の付着エネルギーと同時に海水のセン断強度と材料表面の粗さが付着強度に影響を与えるし、Type Bの場合には、付着エネルギーと表面粗さに関係する接触面積が強度に影響を与える。また、図1において、(a)、(b)の試験方法では水と材料間に曲げモーメントが作用するのに対して、(c)、(d)の試験方法においては曲げモーメントが作用しないこととなる。以上の結果から判断すると、純粋な付着強度試験は図1の(e)のTension Testということになり、次に(c)、(d)のTwist TestやShear Testが良いことになり、(a)、(b)は曲げモーメントも作用することにより付着強度試験方法としては厳密には適当とは言えないこととなる。次に水の付着強度が必要な場合を考えてみると、図3に示すように、海洋や河川の構造物に氷盤が凍着(付着)した状態で、水位変化が起こった場合の構造物に作用する鉛直方向の水力の算定の場合(a)や氷盤凍着時(付着時)に氷盤が動き出した時の水力の算定(Break Out時の水力、b)の場合、あるいは傾斜構造物に接触し、付着した氷盤が突然動き出す時の水の算定(c)あるいは屋根のすがもりの原因、かつ屋根雪滑落を阻止するRoof Iceの付着問題(d)さらには、De-icingの問題が考えられる。図3に示す、(a)、(c)の現象は曲げモーメントも作用するため、図1における(a)、(b)の試験方法に相当し、図3の(b)、(d)の現象は図1の(c)、(d)の試験方法に対応することになる。また、De-icingの問題は、その方法により異なるが、図1の(e)の方法も考えられる。以上、水と諸材料間の付着強度の試験方法には標準試験方法はなく、現象に適合した方法が採用されるべきと考えられる。

3. 試験方法の比較

本研究では、図1に示されている(a)~(d)までの4つの試験方法について比較した結果に

ついて報告する。まず、(a)、(b)、(c)の方法については、材料供試体は(a)、(b)については、供試体の断面形状は円でも矩形断面でも良いが、(c)のTwist Testは真円である必要がある。この3つの試験方法は、いずれも破壊様式がType Aであり、その試験結果もほとんど同一の値を示す。付着強度 τ_B は応力速度への依存性は極めて小さく、氷のせん断強度と応力速度の関係と極めて良く一致している。また、円断面の材料の無次元円周（試験材料の円周 $\pi\phi$ ÷グレインの平均直径Dgr）と τ_B の関係は図4に示すように3つの試験方法に関係なく、同一の τ_B を示すことが明かであり、また、 $\pi\phi/Dgr > 70$ では供試体の径に関係なく、一定の τ_B を示すことが明らかになっている。また、氷厚と τ_B の関係についても3つの試験方法は同一の値を示す。つまり、図1に示す(a)、(b)の方法は小さな曲げモーメントは作用しているが、それは、ほとんど τ_B には影響していないことを示している。次に図1における(b)と(d)の方法による結果の比較を試みた。図5に図1(d)のShear Testによる淡水氷とチタン間の付着強度と応力速度 τ_B の関係を示す。他の試験方法と同様に付着強度は応力速度に無関係にほぼ一定の強度を示している。次に直径5cmの円筒形のチタンのパイプを用いた図1に示す(b)のPush Out Testと図1(d)のShear Testの結果を比較したものを図6に示す。試験材料としてチタンを用いたのは、(b)の試験方法の供試体を作るには水中に3日4日浸す必要があるのに対し、(d)の供試体は数時間で製作可能であるため、水と接触する時間の長短により腐蝕の程度が異なることを考慮して、腐蝕しにくいチタンを用いた。図6に示すようにShear Testにおいても付着強度は付着面積に強く依存するが直径が25cm程度を越えると、ほぼ一定の強度となる。また、Push Out Testの付着面積を円に換算したもので比較しているが、その結果にはほとんど大きな差はない。以上の結果から、Push Out TestとShear Testより得られる付着強度には、ほとんど差がないことから、結論として、図1に示す(a)～(d)までのPull Out Test、Push Out Test、Twist TestそれにShear Testより得られる氷と諸材料間の付着強度には、有意な差がなく必要に応じて最もやり易い試験方法を採用すれば良いことを示している。

図1 付着強度試験方法

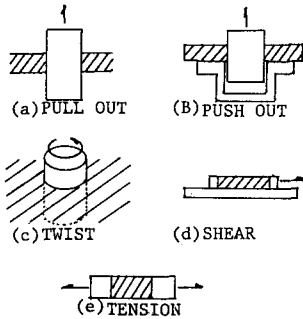


図2 破壊様式

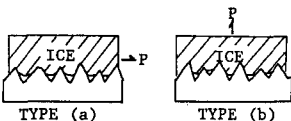


図3 付着力の作用形態

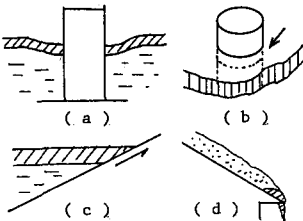


図4 τ_B と $\pi\phi/Dgr$ の関係

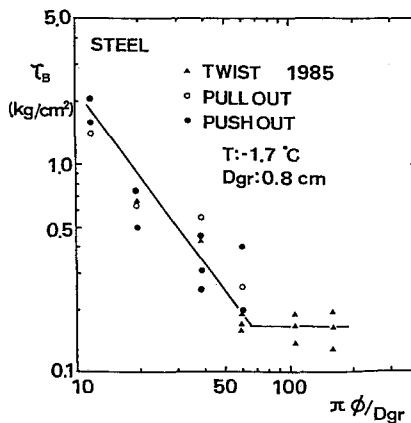


図6 τ_B と $\phi/2$ の関係

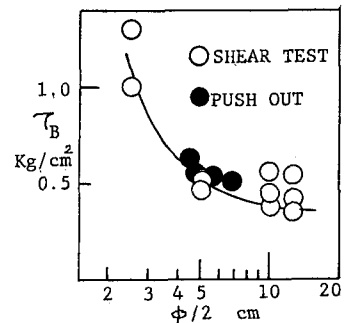


図5 τ_B と τ_B の関係

