

1. まえがき

コンクリートの耐久性、特に凍結融解に対する耐久性に影響を及ぼす要素は気象作用のほか、構造物のおける環境、コンクリートをつくるために用いた材料の性質、ならびに施工の良否に依存する。ここでコンクリートの容積の70%をしめる骨材のうち、その50%以上をしめる粗骨材が凍害に与える影響について検討する。従来のコンクリートの凍害に関する室内試験ではコンクリートの供試体とある一定の条件のもとで凍結融解を行ない、凍害の進行状態、弾性係数の変化、重量の変化、供試体の長さの変化などについて試験を行ない検討しているが、供試体の内部がどのようになっているかを直接に検討した報告は少ない。特に、凍害はコンクリートの粗骨材とモルタル部分の接界面より発生すると考えられているが、この原因としてフリージング等によって粗骨材下面に空隙ができて水で飽和されるため氷圧が大きくなるためと考えられている。また、凍害に関する野外調査の結果によると、凍害の著しい部分は陽角部のごく外気にかかる部分の多い箇所ならびに、同一条件では部材断面が比較的小さい場合に多いようである。以上の2点に留意し凍害の機構について、コンクリートの吸水量との関連について検討することとした。

2. 試験方法

試験体は40×10×10cmの大きさの供試体中1.5cmに切断し、コンクリートの薄片をつくり、水中に入れ凍結融解を行ない顕微鏡によって劣化の進行を検討するとともに、吸水量の変化、重量の変化の測定を行った。供試体を切断した目的は切断面よりコンクリート内の劣化機構を観察によって検討するためで前記の2点に留意したものである。また、コンクリート内の粗骨材の影響を検討するため、次の3種の配合のコンクリート、ならびにモルタルの供試体をつくり比較検討した。C 供試体はコンクリート、M₁ 供試体は粗骨材をモルタルに置換えたモルタル、M₂ 供試体はモルタル部分にM₁に換えた配合のモルタル、として凍結融解による劣化を弾性係数によって比較検討することとした。凍結融解サイクルは1回3サイクル(-15°, +5°)である。本試験では劣化の状態を早期に判定するため水中において凍結融解。字卓-1コンクリート内部劣化(海水中凍結融解)を行なうことに淡水と海水を用

表-1 コンクリートの配合

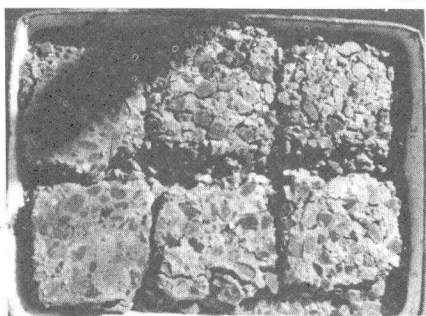
割合	粗骨材	砂	セメント	W/C	W/A	W	C	S	G
1	20	10	110	40	45	210	520	700	900
2	"	"	"	50	"	"	410	740	950
3	"	"	"	60	"	"	345	720	985
4	"	"	"	70	"	"	300	780	1010
5	"	"	"	80	"	"	260	800	1025

W/C=60 W/C=70 W/C=80

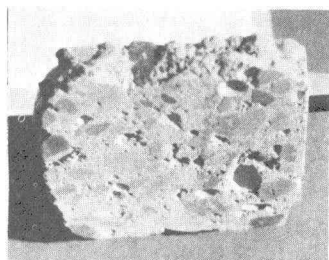
いは比較検討することにした。

3. 試験結果と考察

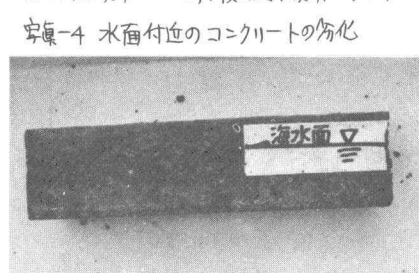
字卓-1はコンクリートの薄片を海水中で凍結融解を行なったもので、この結果を参照すると凍害は粗骨材とモルタルとの接界面より発生していることがわかる。特に水セメント比が大きく単位水量が多い場合にこの傾向があらわれる。この場合は15サイクル後の劣化の状態を示したものである。字卓-2は淡水中で凍結融解を行なった場合で、海水中よりは劣化は少ないが同じ結果となっている。海水に接するコンクリートの劣化は著しいがエアーを多くすることによって



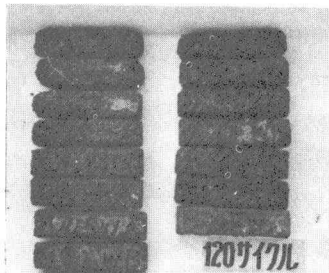
字卓-2 コンクリート内部の劣化(淡水中凍結融解)



字卓-3 モルタルの劣化(淡水中凍結融解)



字卓-4 水面付近のコンクリートの劣化



120717L

耐久的にすることができるといふ実験報告を参照すると海水中の塩類による化学的作用は凍結による圧力水の発生が大きいためと考えられるから海水の作用についてはさらに詳細に検討する必要があるが、本試験において粗骨材とモルタルの接触面が弱点になっていることが実証できた。また、凍害の進行状態を早期に判定する試験手法として有効な方法であると考えられる。さらに、海水を用いることで自体が凍害の機構を研究する手段として利用できると考えられる。写真-3はモルタルの供試体の劣化を示したものであり、コンクリートの場合と異なり、粗骨材がないため、供試体がバラバラになることではなく、隅角部、ならびに表面が徐々に劣化しているが、微視的には粗骨材の存在にペーストと骨材の接触面が弱点となっていると考えることができるが、コンクリートよりは劣化が少なり、モルタル供試体のうち、写真-4側の劣化の少ないのが供試体M₂である。また、水セメント比が大きい場合には劣化が著しいのはコンクリートと同様である。写真-4は水中におけるコンクリートの劣化の水面付近が特に大きいことを実験によって確認したものである。

図-1は動弾性係数の変化を示したものであり、劣化の進行はコンクリートのC供試体の劣化が大きく、次にM₁供試体、M₂供試体の順に行っている。このことから、水セメント比が大きい場合には凍害に与える粗骨材の影響が大きいことがわかる。図-2は各供試体について40サイクル後における吸水率の変化を示したものである。この結果を参照すると、劣化の進行にも吸水率が変化しているため吸水率の測定は凍害の機構の研究に有意義なことがわかる。各供試体の吸水率の大小はM₁、M₂、Cの順になっているが、モルタルの場合は吸水率が大きい場合に劣化の進行が大きいが、コンクリートの場合はモルタルにくらべて吸水率が小さいにもかかわらず写真-4、ならびに図-3を参照すると劣化の進行が特に大きいため、粗骨材の影響が大きいと考えることができる。

ここで、コンクリート内の吸水率について考えると凍害に関係する吸水率は骨材が良好ならば次のようになる。 $(\text{コンクリート内の吸水率}) = (\text{凍害に関係する吸水率}) + (\text{骨材の吸水率})$ 図-3は上記の式をまとめたものである。本試験の場合、水セメント比が60%以上の場合には劣化の進行が大きいためと考えること1%~2%前後の吸水率の増加が劣化の進行に大きく影響していることがわかる。すなわち、劣化はコンクリートとモルタルの接触面より進行することから考えると、この2%前後の吸水率の増加の大部分が粗骨材周辺の空気中の水分とされていることにも考えることができ、さらに検討を要するが、粗骨材周辺の水分はブリーディングによるものが大部分であると考えられることより図-3を参照すると、コンクリート内の吸水率から凍害を誘発しないコンクリート内の吸水率の限界を定めることができる。また、海水中においては淡水中よりも劣化の進行が著しいがこの点に留意して、さらに詳細に検討する必要がある。また、単位水量が多いと吸水率が大きくなるため、この点も検討が必要である。

4. 結論

(1)、本試験による次のことが利便がある。凍結融解に対する耐久性を判定するための試験は長期間を要するが、供試体を薄片状とすることにより、凍害の早期判定手法として利用できるとともにコンクリート内部の劣化機構を観察できる。また、海水中においては劣化の進行が著しいことと利用すれば促進試験としてさらに有利である。(2)、コンクリート内の粗骨材は水セメント比が小さい場合は硬化したコンクリートの性状が一般によいのであるが、水セメント比が大きい場合は凍害に対する耐久性を減少させる原因となる。したがって堅実なコンクリートにする必要があることと外部からの水分の侵入を防止することが大事である。(3)海水中に浸するコンクリートは、特に寒冷地において凍害が著しく、また、凍害の進行は急速であるため堅実なコンクリートにする必要があることと劣化機構に留意してさらに検討する必要がある。(4)、コンクリートの吸水率の測定は凍害の機構の研究に有効な手段となる。(5)、本試験手法によれば簡易な設備でかつ早期に凍害に対する耐久性を判断する方法として有効であるため、さらに検討する必要がある。

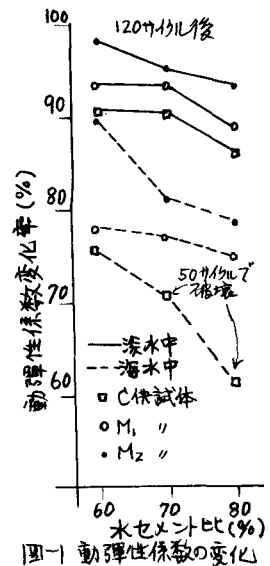


図-1 動弾性係数の変化

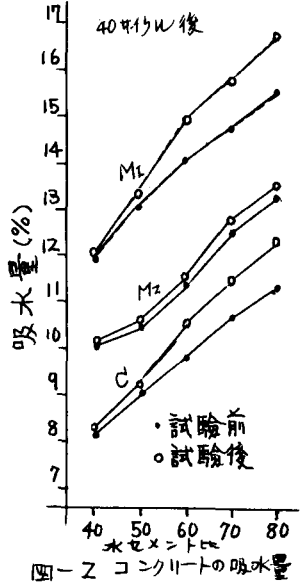


図-2 コンクリートの吸水率

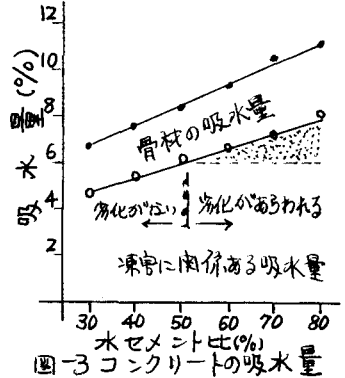


図-3 コンクリートの吸水率