

コンクリートは、凍結融解作用をうけると劣化が生じるが、本文はその劣化の程度を示すのに適当と思われる指標をいくつかあげ、その特徴について述べたものである。

実験の方法および結果 実験はASTM-C290に準じて1サイクル4時間の水中における急速凍結融解試験を行なった。セメントは早強ポルトランドセメント、細骨材は比重2.62、吸水量0.96%、粗粒率2.80の常呂産浜砂、粗骨材は比重2.62、吸水量1.75%、粗粒率7.43、最大寸法25mmの常呂川産砕石、また緩和剤としてAE剤およびAE効果のある減水剤を使用した。供試体は10×10×40cmの角柱供試体を使用した。凍結融解によるコンクリートの劣化の程度を測定する指標として共振方法及び超音波法による動弾性係数、ダイヤル下-ジ-計と押し当て式ひずみ計による長さ変化、さらに重量変化の5種類を用いた。実験は配合、試験開始時材令を度えて6種類へコンクリートについて行なった。表-1、表-2に実験結果の一部を示してある。

劣化指標の比較 凍結融解による劣化の程度をあらわす指標としては、一般には共振法による動弾性係数 E_{of} が広く用いられている。 E_{of} は材料配合などを限定した場合に強度との相関性が高いとされている。強度だけで凍結融解による劣化の程度をみることは、おびただしい供試体が必要だけでなく供試体間の品揃のバラツキおよび凍結融解による供試体端面の積層ひび割れ、試験結果に影響するニセが考えられ実用的でない。その臭 E_{of} は継続的に劣化の程度を調べるのに極めて有効な手段と思われる。一方超音波法による動弾性係数 E_{ou} は E_{of} に比して一般に精度がよくないとされているが、測定の対象が供試体のような規則的の形をしていないとよいので応用範囲が広い。図-1は凍結融解作用をうけた同一の供試体の E_{of} と E_{ou} の相関性を調べたものである。 E_{ou} は E_{of} に比して凍結融解回数が少ない段階でも変化が激しいニセがわかる。ニセは凍結融解をうけたコンクリートの E_{ou} が、コンクリートの局部的欠陥を鋭敏に反映している可能性と、凍結融解による供試体表面のスケーリングが、超音波の伝播速度に大きく影響しているためと考えられる。従って E_{of} ほど強度との相関性は考えられるとして、凍結融解による劣化に鋭敏な比較指標とあるものとして有効な方法であると思われる。さらに E_{ou} は E_{of} の値を求める際に生ずるダブルハンパ現象に相当するものもなく、また受信形の減衰から直視

表-1 (試験開始時材令 10日)

区分	サイクル	0	5	10	20	40	60	80	100	120	150
共振法による動弾性係数(%)		100	101	100	98	96	95	89	82	75	60
超音波法	"	100	109	113	102	83	85	78	75	68	61
ダイヤル下-ジ-計による長さ変化($\times 10^{-6}$)		0	-6	-28	14	28	42	56	83	106	122
重量変化率(%)		0	0	0	-0.1	0	0.1	0.5	1.2	1.3	2.3

配合: 単位セメント量 320 kg/m³ W/C=50% S/A=50% $\bar{r}_s > 7.3$ cm

表-2 (試験開始時材令 14日)

区分	サイクル	0	5	10	20	30	50	100	150	200	300	400	500	600	700
超音波法による動弾性係数(%)	non AEコンクリート	100	101	101	100	99	99	101	95	94	89	81	73		
	AEコンクリート	100	103	104	104	105	104	104	102	101	101	100	100	95	93
ダイヤル下-ジ-計による長さ変化($\times 10^{-6}$)	non AEコンクリート	0	0	0	0	0	-6	6	22	28	42	61	89	189	289
	AEコンクリート	0	0	0	-1	-3	-8	-6	11	11	11	25	28	56	56
押し当て式ひずみ計による長さ変化($\times 10^{-6}$)	non AEコンクリート	0	10	20	40	60	70	110							
	AEコンクリート	0	5	10	20	35	45	80	155						
重量変化率(%)	non AEコンクリート	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.8	1.7	3.3	4.8	6.4	8.2	10.9
	AEコンクリート	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0	0.4	0.8	1.4	2.1	3.0

配合: non AEコンクリート 単位セメント量 320 kg/m³ W/C=50% S/A=45% 空気量 1.6% $\bar{r}_s > 7.7$ cm
 AEコンクリート 単位セメント量 320 kg/m³ W/C=45% S/A=43% 空気量 4.7% $\bar{r}_s > 7.10$ cm

的に劣化状態がわかるという実験上の利点がある。しかし反面、凍結融解により表面のスターリングがひびくほど、受振子・振動子の接触圧の違いによって既取誤差が生じやいこほ、同一の供試体でも測定位置によってかなり違った値が得られるので数回所を測定して値を検討しなければならないほどの欠点がある。また上記2つの方法による動弾性係数を劣化指標に用いるにあたり、その共通の欠点は、おまに報告されているように、堅硬な骨材を用いた良質のコンクリート、あるいはAE割をいれて耐凍害性をましたコンクリート、さらには試験開始時の材令が若いコンクリートの場合などに、表-1、表-2でも明らかのようにサイクル開始時よりも値が増加する傾向にあることであり、とくにAEコンクリートにおいてはその傾向が著しい。これは耐凍害性の大きいコンクリートほどは、凍結融解試験開始後もマドセメントの水和作用が進み強度が増加し得ることなどが原因と考えられているが、供試体表面が明らかに劣化していることを考えれば、凍結融解の劣化指標としては劣化の程度を必ずしも完全に反映してはいないという欠点をもっている。

凍結融解作用によるコンクリートの破壊は、主としてコンクリート表面から侵入した水が凍結して膨張し、その氷圧により微細なひびわれが発生飛進して生ずるといわれるが、凍結融解による劣化の程度をあらわす指標としてこの微細なひびわれの発達による供試体の長さ変化を測定する方法がある。図-2は凍結融解作用をうけたコンクリートの E_{du} と、ダイヤルゲージ方法による長さ変化率 L_d の関係を示したもののだが、実験条件の違いなどによりバラツキはあるが相関性が認められる。また表-1、表-2でも明らかのように、 L_d はコンクリートの劣化をかなり鋭敏に反映していると思われる。

さらに実験進行上の点からいえば、測定値のバラツキが極めて少いので、実験は非常にやりやすいことと利点としてあげられる。ただ動弾性係数と同様にサイクル数の少ないときに測定値が収縮を示しており、凍結融解作用による劣化の程度を測定値がそのままあらわしてはいない欠点がある。一方押し当て式ひびみ針を用いた長さ変化率(L_c)を測定する方法があるが、この方法は凍結融解による劣化には、ついに供試体表面の変位をえらえことと可能であるために、 L_d と異なりAEコンクリートのサイクル数の少ないときには明らかに膨張を示しており他の指標に比べると劣化に対して極めて鋭敏に反応している。しかしながら水中における凍結融解試験では、表面のスターリングがはげしいために、供試体表面の標尺がはげれてしまい比較的スターリングの少ないコンクリートでも100サイクル前後までしか測定できない欠点を有する。従って凍結融解回数も少ない時期に、耐凍害性の大きいコンクリートの劣化の程度を相対的に調べるのに L_c は有効な方法と思われる。

また劣化程度を示す指標として重量変化が用いられる場合があるが、表-1、表-2にも示すようにサイクル進行とともに重量は一見鋭敏に劣化程度を示しているようにみえる。しかし、この値は重量減少率であり供試体の全重量にくらべると、表面のスターリングによる重量損失量は極めて小さく、指標の鋭敏性が算術的方法で得られたことを考えれば、劣化指標として適当かどうか疑問しい。

以上述べたように、いろいろの劣化指標が一長一短があり、特にどの指標が最も適しているとはいえないが、 E_{du} と L_d は相関性があり鋭敏性が高いようである。ただ凍結融解抵抗性の大きいコンクリートの場合、凍結融解の繰り返しが少ない時期に、測定値が必ずしも劣化の程度をあらわしてはいない欠点は、 L_c を併用して検討すれば解決できるとと思われる。

