

V-15 コンクリートの繰り返し衝撃とその疲労度について

立命館大学 大学院 学生員 桂木 正雄
立命館大学理工学部 正会員 ○竹内 正喜
立命館大学理工学部 正会員 工博 明石外世樹

① はなえがき

一般にコンクリートは 軸方向繰り返し衝撃を受けると疲労し、その静的強度より小さい強度で破壊する。本研究はコンクリートくい打込み時の繰り返し衝撃を想定したもので、“コンクリートの疲労”という観点からコンクリートに繰り返し衝撃を加え、任意時点における供試体の疲労度を示す因子を超音波法によって追求したものである。すなわち、伝播速度と波形の変化がコンクリートの疲労度の因子になりうるかどうかを実験的に求めたものである。

② 供試体および実験装置

供試体は直径7.5cm、高さ15cmで、上下部に幅2cmの鋼製補強バンドを配し、さらに、5mmの面とりをしたものである。供試体上面は打込み5時間後コンクリート地肌のまま仕上げ、頭部破壊を防いだ。配合は4週圧縮強度が450 kg/cm^2 になることを目標に表-1のように決定した。使用セメントは小野田社製の普通ポルトランドセメント、骨材は細・粗骨材とも徳島県那賀川産である。養生は次に示す3種類(A, B, C)である。A: 打込み後28日間水中養生、以後空中保存、B: 養生(A)の供試体中試験前3日間水中養生、C: 打込み後試験直前まで水中養生。なお、養生(C)の供試体は衝撃試験時も供試体の乾燥しないよう留意した。試験時の材令は600日以上経過したものである。衝撃試験機はページの衝撃試験機の機構に似ていて、図-1に示すようにエンドレスチェーンで重錘(40kg)を200cm以下の任意の高さまで引き上げ、図-2に示す装置に自然落下させ、供試体に一定の衝撃を繰り返し与える装置である。クッション材料として、繰り返し衝撃を受けても弾性的性質の変らないホスターレン(弾性係数6000 kg/cm^2)を使用した。超音波試験装置は発振子、受振子とも100KCのナタン酸バリウム磁器を使用した。

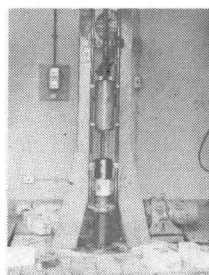


図-1 衝撃試験機

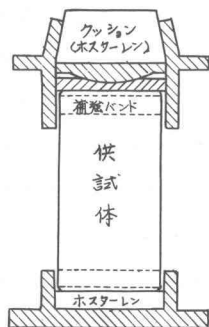


図-2 供試体の設置

③ 衝撃応力の決定

衝撃試験は同時作製の供試体の静的圧縮強度を求め、これの70%、80%の衝撃応力が加わる落高をあらかじめ求めた落高応力曲線より表-2のように決定した。

表-1 コンクリートの配合

M.S.	S_d	C	W	W/C	S_a	S			G
mm	cm	kg	kg	%	%	0~0.6	0.6~1.2	1.2~5	kg
10	5±1	450	178	39.6	53	284	283	377	839

表-2 衝撃応力と落高

養生	静的圧縮	70% 応力		80% 応力	
	強度 kg/cm^2	応力 kg/cm^2	落高 cm	応力 kg/cm^2	落高 cm
A	550	385	36	440	45
B	500	350	32	400	39
C	610	427	42	488	62

④ 超音波の受振波形から見た疲労度

供試体中にクラックなどが生じると、超音波の伝播速度は遅くなり、また、波長の短いものは透過しにくくなるので

波形はくずれてくる(図-3, 図-4参照)。従って、超音波の伝播速度や波形の変化を追えば、その供試体のクラックの発生を知ることが出来る。ただし、供試体の条件(養生、強度 etc.)により伝播速度も波形(周波数)も異ってくる。ここでは供試体の疲労度を普遍的に表わせるように、衝撃試験前の伝播速度(v_0)、周波数(f_0)と任意のそれ(v , f)との比をもって表わすことにする。なお、周波数は図-5の($\frac{T}{2}$)から算出した。図-6、図-7はこのようにして求めた関係図の一例である。図-6を見ても、図-7を見てもコンクリートは初期の衝撃で急激に疲労し、一旦一定の疲労度を保った後、再び急激な疲労現象と共に破壊に至ることが認められる。先に述べたように、超音波の受振波形は供試体の内部組織の変化を表わすものであるから、図-6または図-7において $\frac{v}{v_0}$ 値、 $\frac{f}{f_0}$ 値が著しく変化しているところは、供試体の内部組織に何らかの変化をきたしたことを示すものと考えられる。この考えから、供試体に目に見えるクラックが発生する前に $\frac{v}{v_0}$ 値や $\frac{f}{f_0}$ 値の変化点付近で供試体を切断し、次の要領で内部組織の変化を調べた。まず切断片を研磨機と砥石でみがきあげ、60℃で乾燥した後、コンクリート探傷剤を塗布した。

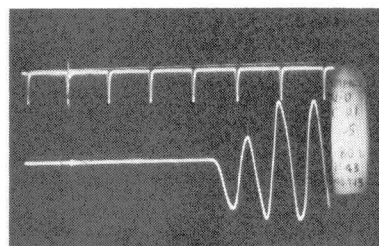


図-3 衝撃試験前の波形例

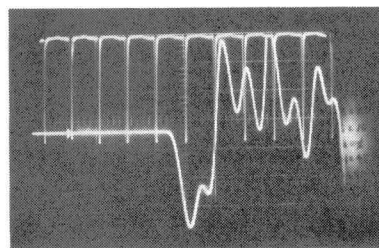


図-4 クラック発生後の波形例

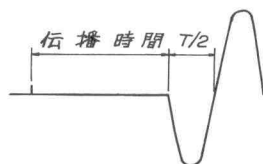


図-5 受振波の読み

探傷剤を塗った切断片を紫外線探傷灯と精密投影機で観察した結果、切断片のモルタル部分には、明らかに微細な網状クラック、骨材周辺にはボンドクラックが認められた。なお、無載荷の切断片についても同様の観察を行ったが、この切断片では衝撃試験後の切断片におけるボンドクラックと類似のものが検出された。ただし、これは沈降収縮、乾燥収縮などに起因するものとも考えられる。これらマイクロクラックを定量的に表わすことは、大会当日発表する。

⑤養生条件と衝撃耐力

3種の養生条件のうち、養生Cに特異な傾向が見られた。すなわち、養生Cの供試体は衝撃応力階70%ではA・Bと変化ないが、80%で著しくその衝撃耐力が低下した。しかも、これらの供試体はクラックの発生後、数回の衝撃で破壊した。

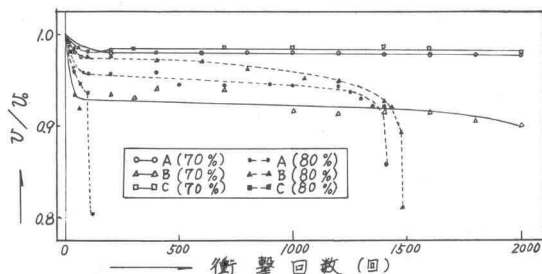


図-6 v/v_0 値と衝撃回数(回)の関係

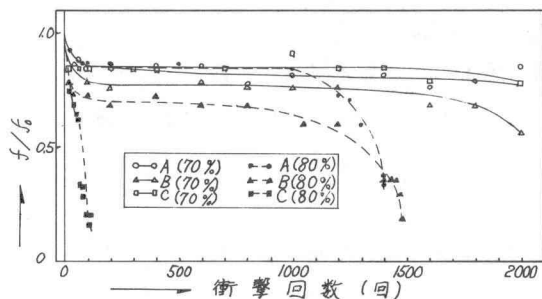


図-7 f/f_0 値と衝撃回数(回)の関係