

立命館大学理工学部
立命館大学理工学部

正員 尼崎 省二
正員 明石 外世樹

1. まえがき

静的荷重下におけるコンクリートの破壊および破壊過程に関する研究は数多くなされており、かなりの部分が解明されていると思われる。しかしながら、動的荷重下でのコンクリートの破壊あるいは破壊過程については、実験の困難もあり、十分に解明されていないのが現状である。本研究は1回の衝撃荷重によるコンクリートの破壊現象を明らかにするために、普通コンクリートおよび鋼繊維補強コンクリート（以下、それぞれP・M・CおよびS・F・R・Cと略す）について重錘落下方式による衝撃破壊実験を行なったものである。

2 実験概要

実験に用いたコンクリートは Table-1 の示す配合のうち材令28日の目標強度を200, 400, 600および800 kg/cm²としたA~Dによるものが主であり、これらのコンクリートによる実験結果を確認するために配合Eを加えた全配合について材令28および91日で確認実験を行なった。使用材料は、セメントが普通ポルトランドセメント、細骨材が野洲川産川砂（比重2.57, 吸水率2.02%, FM=2.80）、粗骨材が高規度の硬質砂岩碎石（比重2.69, 吸水率0.83%）である。鋼繊維は $\sigma_y=19 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_b=32 \text{ kg/mm}^2$ の冷延鋼板を0.5×0.5×30mmおよび0.3×0.3×30mmに切断した市販の二種類とした。S・F・R・Cの配合は

Table-1 : Specific Mix

	W/C	S/a	C	W	S	G	Note
	(%)	(%)				(kg/m ³)	
A	67.5	57.2	284	192	1019	798	
B	51.5	54.2	363	187	937	829	
C	34.7	51.7	628	218	741	725	
D	25.5	45.2	600	153	734	932	°
E	72.5	58.1	276	200	1026	774	°°

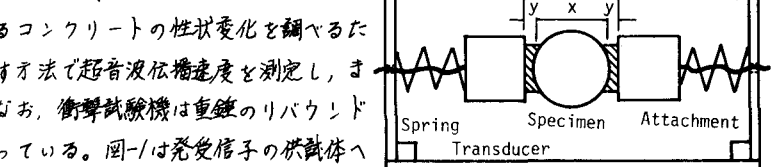
M.S.=13 mm, SL=7.5 ± 1 cm

air = 2.5 %

° WRA(MT-150)= 14.4 kg/m³

°° CERT. Experiment

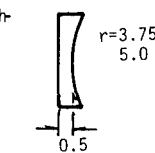
Table-1の配合A~CおよびEに0.5×0.5×30mmの鋼繊維を容積比で1.25%混入し、Bについては0.3×0.3×30mmも使用した。鋼繊維によるスランパの低下は高性能減水剤MT-150で調整した。供試体は衝撃試験用にφ75×15cmの円柱供試体とし、静的圧縮強度および割裂試験も行なった。養生は、3および7日材令供試体については、脱型後1日の20±3°C, 95±5%RHの湿空養生後試験時までは60±5%の室内養生とし、28および91日材令については材令2日までの水中養生(20±3°C)後3および7日材令供試体と同一養生とした。衝撃試験はエンドレスチューブで200cm以下の任意の高さまで重錘(W=40 kg)を引き上げて自然落下させる方法で行なった。実験は一材令につき10個（確認実験は20個）の供試体を用い、重錘の落高と衝撃能力の関係および静的圧縮強度を参考にして、衝撃により破壊すると思われる落高を中心に5あるいは10cm間隔で衝撃を加えた。衝撃力によるコンクリートの性状変化を調べるために、衝撃載荷前後に図-1に示す方法で超音波伝播速度を測定し、また衝撃後の残存強度も測定した。なお、衝撃試験機は重錘のリバウンドによる再衝撃を防止する構造になっている。図-1は発受信子の供試体への圧着が一定になるようにしたもので、この場合の供試体のみかけの超音波速度 v は次式で与えられる。



Measurement of Pulse Velocity of Specimen

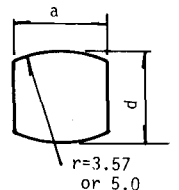
図-1

$$v = (d + 1 - 2y) / (t_x - t_a)$$
ただし、 d は供試体直径、 t_x は図-1の状態での伝播時間、 t_a はAttachmentのみかけの伝播時間、 y は伝播時間を要する伝播距離の1/2である。 t_a および y は図-2(b)の校正用鋼ブロックおよびAttachmentと同一材料供試体の伝播速度から求められる。なお、超音波伝播速度は受信波形を観察しないデジタル式測定器を使用し、供試体中央部で直角二方向に測定し、その平均値を採用した。



Attachment (a)

図-2



(b) Steel Block for Calibration

3 実験結果 および考察

図-3は衝撃荷重による超音波伝播速度および圧縮強度の変化を示す一例である。P.M.C.およびS.F.R.C.との傾向はわずかに異なるが、超音波伝播速度および圧縮強度はいずれもある落高まで比較的变化が少なく、ある落高になると大きく変化していることがわかる。静的載荷試験での超音波伝播速度の変化は供試体の体積ひずみの増加とともに急激になることを考慮して、本実験における供試体破壊時の落高(以下破壊高さと略す)は超音波伝播速度が大きく変化し始める落高とした。P.M.C.の超音波伝播速度の変化は破壊高さまでは強度変化よりも小さいが、落高が破壊高さ以上になると強度変化よりも大きくなる傾向にある。一方、S.F.R.C.の場合は伝播速度変化と強度変化とはほぼ同じ傾向にある。

V/V_0 および σ/σ_0 の値を比較すると、P.M.C.では V/V_0 の方が σ/σ_0 よりも大きくなり、S.F.R.C.では V/V_0 は σ/σ_0 よりも小さいがほぼ同じ値になる傾向がある。これは、P.M.C.では落高が低い場合でも衝撃面近傍に剥離が生じるために、供試体中央部の超音波伝播速度には大きな影響が及ぶのに残存強度に影響したためと思われる。一方、S.F.R.C.ではP.M.C.のような剥離は生じないし、圧縮強度がP.M.C.とほぼ同じであっても破壊高さはP.M.C.よりも大きく、また静的載荷での限界応力の強度に対する比がS.F.R.C.の方がP.M.C.よりも小さいことが原因していると思われる。衝撃荷重による供試体の破壊形態は、写真-1のように、P.M.C.およびS.F.R.C.とも衝撃面に円錐を形成するが、P.M.C.では縦割れする場合もある。しかし、S.F.R.C.の場合は鋼繊維の影響で完全な円錐とはならないし、縦割れしないかわりにかなりの横方向への膨張がみられる。

上述の破壊高さと静的圧縮強度および引張強度との関係は図-4および5に示す通りである。破壊高さと圧縮強度との関係は引張強度との関係よりもばらつきが大きく、またP.M.C.とS.F.R.C.とは全く異った傾向にある。圧縮強度が同じであれば、S.F.R.C.の方が破壊高さはかなり大きくなっている。一方、破壊高さと引張強度との関係は比較的ばらつきも少なく、P.M.C.とS.F.R.C.とはほぼ同じ傾向にあることがわかる。

以上から、衝撃破壊の定義にもよるが、本研究の定義によればP.M.C.とS.F.R.C.との破壊形式はほぼ似たものであり、衝撃破壊高さはコンクリートの圧縮強度よりもむしろ引張強度に大きく影響されるものと考えられる。

文献
(1) 尾崎, 明石他
「コンクリートの衝撃疲労強度に関する研究」土木学会論文集No.217, 1973年9月

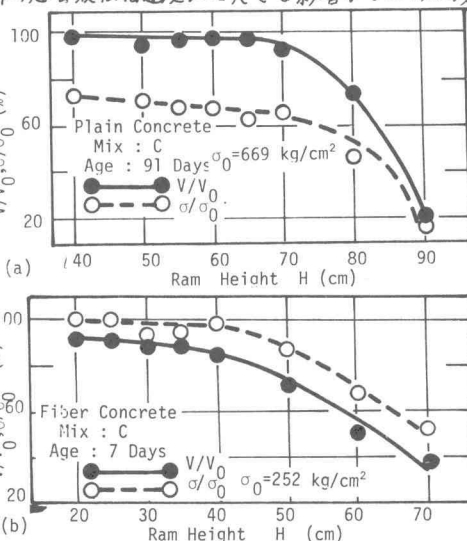


図-3



写真-1

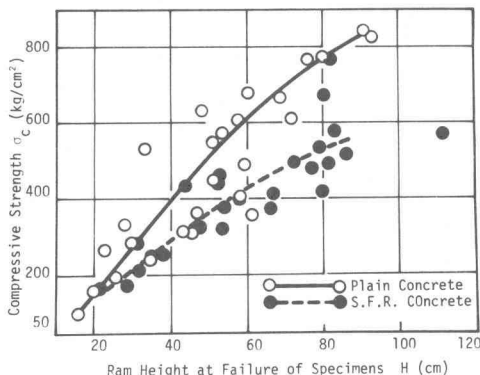


図-4

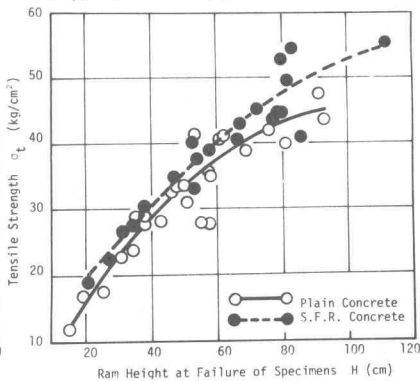


図-5