

電気化学工業 正 永 測 強
 京都大学 正 岡 田 清
 岐阜大学 正 六 郷 忠 哲

1. まえがき

本研究では、コンクリートの破壊時のエネルギー吸収能力を示すパラメータとして単位消散エネルギーを提示し、このパラメータによって、鋼繊維の混入や特殊混和材の使用がコンクリートの破壊性状に及ぼす影響について検討した。さらに、この単位消散エネルギーを、ひびわれ発生に対する抵抗能力を示すパラメータである限界丁績分値¹⁾と比較するとともに、これらの靱性パラメータの定量化の方法についても検討した。ここで、単位消散エネルギーは、切欠を有する曲げ供試体の破断に必要な全消散エネルギーをみかけの破断面積で除した値と定義する。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

2.1 コンクリートの種類 高強度

コンクリート(A,Bシリーズ)ならびに鋼繊維補強コンクリート(E,Fシリーズ)を含む合計6種類のコンクリートについて報告する。Aシリーズのコンクリートには高強度用無機系混和材(テンカΣ-1000)をセメント重量の10%用い、蒸気養生

シリーズ名	水セメント比	細骨材率	単 位 量 (kg/m ³)				鋼繊維混入量	混和剤・材の種類	スランプトン(c)
			水	セメント	砂	粗骨材			
A	0.30	0.37	144	480	669	1140	0	Σ-1000, 減水剤	16.0
B	0.30	0.35	156	528	599	1140	0	減水剤	6.5
C	0.54	0.36	192	355	647	1140	0	—	11.5
D	0.54	0.56	171	314	1016	804	0	—	11.0
E	0.47	0.50	151	322	857	857	vol. 1%	減水剤, AE剤	12.0
F	0.50	0.50	174	346	803	803	vol. 2%	減水剤, AE剤	11.5

を行った。A,Bシリーズでは、ナフタリンスルホン酸系高性能減水剤を用いた。E,Fシリーズでは、アスベクト比60の鋼繊維(長さ25.4mm)をそれぞれ容積比で1%と2%混入し、減水剤とAE剤を併用した。コンクリートの配合を表-1に示す。粗骨材の最大寸法は、A~Cシリーズで20mm、D~Fシリーズで10mmである。

2.2 供試体 曲げ供試体の寸法は、A~Cシリーズでは100×100×400mm、D~Fシリーズでは76×152×381mm(高さH×幅B×長さL)である。供試体高さの1/2の切欠があるものと無いものをそれぞれ5~6個ずつ作成した。D~Fシリーズでは、先端が約30°の鋭角で厚さ3mmの鋼板をコンクリートに埋めこみ、これを脱型時に取除く方法で切欠を加工した。A~Cシリーズでは、同様の形状をしたアクリル板を埋めこんだままとした。

2.3 載荷試験 曲げ載荷試験では、供試体が破断に至るまでの載荷点の荷重方向変位(たわみ)を変位計で検出し、この変位と、ロードセルで検出した荷重をもとに、X-Yレコーダーで荷重変位曲線を記録した。D~Fシリーズでは曲げ載荷を3等分点載荷法で行ない、載荷スパンを343mmとした。A~Cシリーズでは、載荷スパンを350mmとし、このうちモーメント一定区間を100mmとした。曲げ載荷試験には、試験機の2本の横フレームをPC鋼棒で連結して剛性を高めた万能試験機を用いた。供試体は湿潤状態で試験した。

2.4 靱性パラメータ 単位消散エネルギーS、ならびに限界丁績分値 J_c ¹⁾は次式から求めた。

$$S = W_{tf} / Bb \quad \cdots \cdots (1),$$

$$J_c = 2(W_{tp} - W_u) / Bb \quad \cdots \cdots (2)$$

W_{tf} は曲げ供試体の破断に要する全消散エネルギーで、荷重変位曲線から定量化する。Bは供試体幅、bは非切欠深さでここでは供試体高さHの1/2、 W_{tp} は最大耐力点でのポテンシャルエネルギーである。 W_u は W_{tp} のうち切欠の存在に起因しない成分で、無切欠曲げ供試体の荷重変位曲線から求める。

3. 結果と考察

曲げ供試体の荷重変位曲線の計測例を図-1に示す。曲線Aの変位は、供試体に直接取付けた変位計測装置によ

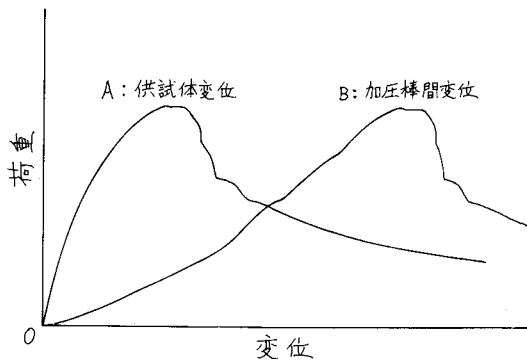


図-1 供試体変位と加圧棒間変位

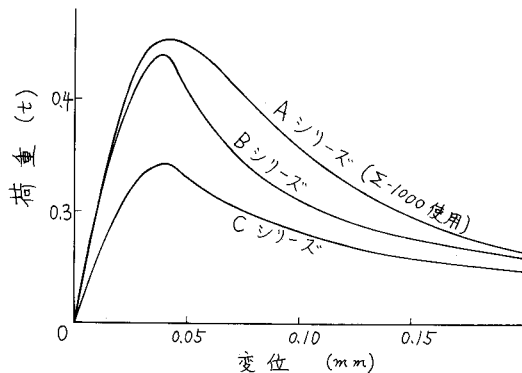


図-2 A～Cシリーズの代表荷重変位曲線

って計測した「供試体変位」である。曲線Bの変位は、載荷装置の加圧用鋼棒に変位計測装置を取付けて計測した「加圧棒間変位」である。最大耐力以前では、「加圧棒間変位」は加圧棒下でのコンクリートの変形の影響を受け曲線の立ち上がりが見えなかった。以下、「供試体変位」を用いる。

A～CシリーズならびにD～Fシリーズの代表荷重変位曲線を図-2と図-3に示す。代表荷重変位曲線は各シリーズの荷重変位曲線群を図上で平均して求めた。曲げ引張強度が同程度のAシリーズとBシリーズを比較した場合、最大耐力以前の曲線の勾配は、Σ-1000を使用したAシリーズの方がやや

かとなった。圧縮強度が800 kg/cm²程度の高強度コンクリートの場合でも、供試体高さの1/2程度の切欠を付けることにより、曲げ供試体の荷重変位曲線を容易に計測しえた。図-3からわかるように、鋼繊維混入量が増加するにつれて、最大耐力点でのポテンシャルエネルギー W_{ep} は著しく増大した。

各シリーズのコンクリート強度、弾性係数、 S 、 J_c の計測結果を平均値で表-2に示す。圧縮供試体(φ100×200mm)の荷重変位曲線から

求めた1/3割線弾性係数 E_c と、無切欠曲げ供試体の荷重変位曲線から求めた1/3割線弾性係数 E_b とがほぼ一致することから、曲げ載荷試験で用いた変位計測方法が十分な精度を有することがわかる。

表-2のD～Fシリーズの試験結果からわかるように、鋼繊維混入量が増加するにつれて、単位消散エネルギー S も限界J積分値 J_c もともに増加し、特に S の増加が著しい。このことから、鋼繊維混入によるコンクリートのエネルギー吸収能力やひびわれ抵抗能力の改善の度合いを評価するためのパラメータとして S ならびに J_c が有効なことがわかる。

A～Cシリーズの単位消散エネルギー S を比較することにより、 S はコンクリート強度の増減の影響を受けにくい。高強度用無機系混和材(テックΣ-1000)を使用した場合には増加することがわかる。この混和材を使用した場合、エトリンガイトの生成により、コンクリートが緻密化し、破壊に要するエネルギーが増加したと考えられる。

〈参考文献〉1) 六郷恵哲, 他: J積分によるコンクリートの破壊靱性の評価, 第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集, 1980年6月。

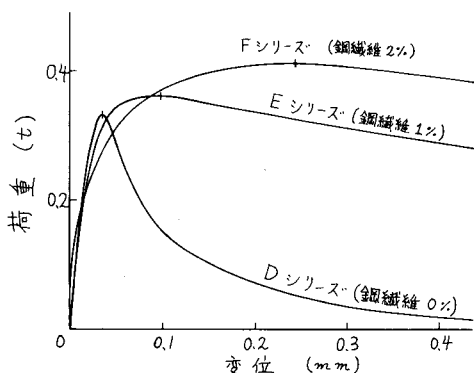


図-3 D～Fシリーズの代表荷重変位曲線

表-2 試験結果

シリーズ名	試験材令(日)	圧縮強度 σ_c (kg/cm ²)	曲げ引張強度		弾性係数		単位消散エネルギー S (kg/m)	限界J積分値 J_c (kg/m)
			無切欠 σ_{tc} (kg/cm ²)	切欠有 σ_{tm} (kg/cm ²)	圧縮 E_c ($\times 10^4$ kg/cm ²)	曲げ E_b		
A	4~7	789	100.	76.3	38	39	17.3	4.12
B	28~34	743	93.8	70.9	42	42	12.7	3.40
C	27~34	468	63.2	42.4	33	33	12.3	2.58
D	14~15	303	50.3	47.0	-	33	8.2	2.00
E	10~11	315	49.6	51.7	-	26	14.5	8.91
F	11~12	312	59.9	60.1	-	34	20.9	28.8