

防衛大学校土木工学教室 正会員 加藤 清 志
同 上 正会員 南 和 孝

1 まえがき

コンクリートの材料常数の一つとして評価されている破壊じん性を破壊力学的観点から Kaplan¹⁾ は求めたが、これを嚆矢とし、さらに、Brownら²⁾ は K 較正曲線法を提案し、Nausら³⁾ は K 法により先在ひびわれを考慮した有効破壊じん性を求め、また、鉄筋コンクリートばりへも適用した。その後、各国においても種々研究されたが、Barrら⁴⁾ は「従来の方法の大きな欠点は供試体を成型しなければならないので現場コンクリートの試験に適さない。」として、コンクリート構造物からコアを採取して応力拡大係数 K_C を求めるのに、品質管理に最適である CNRBB (Circumferentially notched round bar under bending: 円周に切欠きをつけた円柱曲げ) 試験法を提案した。理論的根拠は Harris⁵⁾ および Bowie⁶⁾ によるものである。実用的メリットとして; 載荷板の平面平行の問題がない。任意点をひびわれ開始に選べる。試験面積が小さくてよい。ひびわれ面を固定できるので 公称面積を一定にできる。データの変動が小さい。 K_C は切欠きの深さ、幅に無関係であり、普通の載荷速度以下では一定の値を示す。繊維補強コンクリートのじん性評価に最適である。……等があげられている^{4), 7)}。

本報告では CNRBB 法と従来の長方形断面ばりに対する K 較正曲線法との比較および AE による急速ひびわれ伝播点の確認、さらに、ひびわれ幅が K_C に依存しない根拠を確認したので報告するものである。

2. 実験方法

2.1 実験装置 ①三等分点載荷法 供試体寸法 $10 \times 10 \times 42 \text{ cm}$ の角柱を用い、図-1に示すシステムにより、荷重-開口変位量 (X-Yレコーダ No.1), 荷重-ひびわれ進展量 (同レコーダ No.2), 内部ひびわれエネルギー (RMS), ひびわれ頻度 (Counter), ひびわれ波形等を観測した。②CNRBB法 供試体寸法は $10\phi \times 20 \text{ cm}$ の円柱を使用し、図-1の供試体を図-2に示す供試体に置き換え、X-Yレコーダ No.2を除いたシステムによった。③主要測定器 AEシステムとしては AET Corp. (USA) 製のプロセッサ Model 201, センサー Model AC175L; NFブロック社製デジタルストレージオシロ Model DS-332 共和電業製動ひずみ測定器 DPM-6E, 同社製クラックゲージ KV-5B, KV-25B; 東京測器製開口変位計

表-1 示方配合 (単位: 量)

RA-5	Slump	W/C (%)	s/a (%)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)
等を使用	3cm	42	34	170	404	607	1213
した。	15cm	49	34	193	393	590	1179

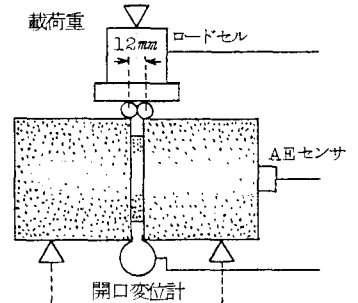


図-2 CNRBB法の計測システム

2.2 供試体の作製

セメントは比重 3.14 の早強ポルトランドセメント、細・粗骨材の比重はそれぞれ 2.60, 2.65 で、表-1に示す示方配合にしたがい作製した。材令7日で、ダイヤモンドカッター (幅

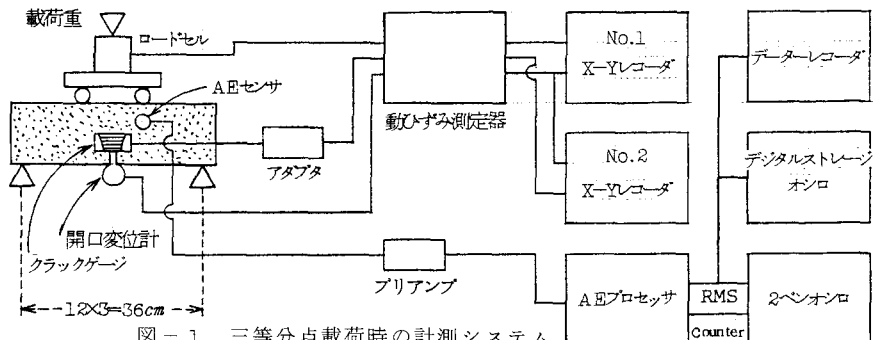


図-1 三等分点載荷時の計測システム

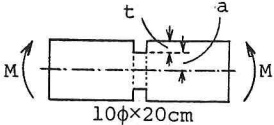
4 mm) を使用し、円柱に対しては 深さ 5, 10, 15, 21 mm を、角柱に対しては 11, 22, 30 mm の切欠きをつけ、人工き裂とした。以上の曲げ供試体のほかに、弾性係数とポアソン比を求めるため圧縮用供試体も作製した。供試体数はおののの切欠き深さに対し 3本ずつとした。

3. 応力拡大係数算定式

3.1 K 較正曲線法²⁾ 限界応力拡大係数 $K_C = Y \cdot 6Mc^{0.5} / (Bd^2)$
 $Y = 1.99 - 2.47(c/d) + 12.97(c/d)^2 - 23.17(c/d)^3 + 24.80(c/d)^4$

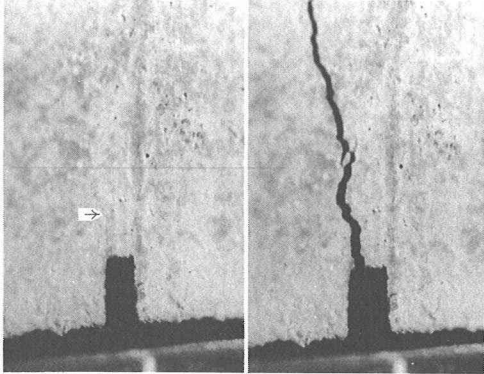
M: 曲げモーメント, c: 切欠き深さ, B: 供試体幅, d: 供試体高さ

3.2 CNRBB法⁴⁾ $K_C = 3M\{\pi a^5(4 + 0.448a/t)\}^{-0.5}$



4. 遅いひびわれ成長の存在の確認

従来、曲げ破壊時の破断はきわめてぜい性的に発生するため、遅いひびわれ成長の確認は困難であったが、クラックゲージ出力とカメラの連写 (2p/s) とにより不安定急速ひびわれ伝播に先立つ 遅いひびわれの存在を写真-1に示す。角柱の切欠き深さ比 $c/a=11, 22, 30\%$ はそれぞれ21, 29, 32% に成長した。



5. ひびわれ成長を考慮した角柱の K_C と公称 K_C

表-2は遅いひびわれ成長量を考慮に入れた K_C (K_{CS}) と公称切欠き深さで算出された K_C を示す。 c/a が小さいと K_{CS}/K_C がかなり大きくなる。また、この遅いひびわれの発生が 人工切欠きの幅や形状に K_C が依存しない理由と考えられる。

6. CNRBB法とK較正曲線法の K_C の比較

両試験法による公称 K_C 値の比較を 表-3に示す。両者の間には ほとんど差がなく、実用上 同一の値を示すものと考えてよいことがわかった。

7. AE法による不安定破壊を考慮した K_C 値

一般に AE カウント数 N と K 値との間には $N \propto K^n$ ($n=2\sim 10$) の

(a) 遅いひびわれ (b) 不安定破壊
写真-1 不安定破壊に先立つ遅いひびわれ
表-2 遅いひびわれ成長を考慮した K_C ($\text{kgf}/\text{cm}^{-1.5}$)

スランブ	c/d	K_{CS}	K_C	K_{CS}/K_C
15cm	11%	74.1	52.8	1.40
	22%	77.2	64.1	1.20
	30%	59.8	56.8	1.05
3cm	11%	82.0	58.4	1.40
	22%	87.9	73.2	1.20
	30%	67.9	64.6	1.05

関係が認められているが、 N 急増点が不安定破壊開始点の指標とすると、このときの荷重に対する K_C 値(** じるし) を 表-3に併記した。最大荷重で求めた K_C 値(* じるし) の 約 98% の値を示す。

表-3 K_C 値の比較 ($\text{kgf}/\text{cm}^{-1.5}$)

スランブ	t/a	CNRBB 法		c/d	K 較正法	
15cm	0.12	51.1*	50.5**	0.11	52.8*	52.3**
	0.27	55.7	55.0	0.22	64.1	62.8
	0.47	53.9	52.3	0.30	56.8	55.6
	0.76	58.0	57.1			
		54.7(1.00)	53.7(0.982)		57.9(1.06)	56.9(0.983)
3cm	0.12	55.5	55.0	0.11	58.4	58.0
	0.27	67.2	66.5	0.22	73.2	71.5
	0.47	75.0	74.4	0.30	64.6	63.9
	0.76	67.1	65.2			
		66.1(1.00)	65.3(0.988)		65.4(0.99)	64.9(0.986)

<参考文献> 1) Kaplan, M.F.:Proc. ACI, V.58, No.5, Nov. 1961, pp.591-610. 2) Brown, W.F.; Srawley, J.E.:ASTM STP No.410, ASTM, 1966, pp.13-14. 3) Naus, D.;Rejali, H.M.;Lott, J.L. Kesler, C.E.:EES Bull. 504, Univ. Ill., Feb. 1970, 40p. 4) Barr, B;Bear, T.:Concrete, V.10, No.4, Apr. 1976, pp.25-27. 5) Harris, D.O.:J. Basic Eng., Mar. 1967, pp.49-54. 6) Bowie, O.L.:J. Appl. Mech., V.31, Ser.E, No.2, June 1964, pp.208-211. 7) Javan, L.;Dury, B.L.:Concrete, V.13, No.12, Dec. 1979, pp.31-33.