

1. まえがき

コンクリートのひびわれは引張応力によって生ずる場合が多いにもかかわらず、コンクリートの引張特性に関する研究報告は少ない。コンクリートの割裂引張強度(割裂強度)が、動弾性係数と圧縮強度の比を用いることにより、精度良く推定できることについては既に報告¹⁾した。しかし、コンクリートのひびわれは引張強度だけでなく、引張応力下の変形性能(応力ひずみ特性、クリープ特性等)にも大きく影響される。

本報告は、引張軸の偏心が小さく、最大応力に至るまでのひずみ測定が容易な、新たに考案した一軸引張試験装置を用い、引張応力下の変形性能のうち比較的速い(割裂試験に準じた)载荷条件下の応力ひずみ特性について検討を加えたものである。

2. 実験概要

一軸引張試験装置を図1に示す。本試験装置は、引張载荷前に3本のPC鋼棒(図中④)のひずみが等しくなるよう緊張した後、コンクリート供試体(図中⑧)とPC鋼棒を同時に引張るものである。PC鋼棒のひずみは鉄筋計(図中⑥)により、コンクリート供試体中央部のひずみは変位計(図中⑤)により動ひずみ計を通して10ペンレコーダに記録した。引張载荷は電動ポンプに直結したセンターホールジャッキ(図中①)で行ない、引張荷重はロードセル(図中③)により検出した。なお、载荷速度は毎分500kgとした。コンクリート供試体は $\phi 10 \times 40$ cmで、上下両端に埋込み長さ10cmのさし筋²⁾(図中⑦)を3本ずつ埋込んだものであり、一軸引張応力を受けるコンクリート供試体の有効長さが圧縮試験用供試体と同じ $\phi 10 \times 20$ cmとなるようにしたものである。試験結果は供試体5本の平均値とし、さし筋区間(供試体の上下両端10cm以内)で破断した供試体によるデータおよびコンクリートの変位測定区間(供試体の中央部10cm以内)をはずれて破断した変位計によるデータは棄却した。

圧縮強度試験は $\phi 10 \times 20$ cmの供試体を用いJIS A 1108に準じて行ない、割裂強度試験は $\phi 15 \times 15$ cmの供試体を用いJIS A 1113に準じて行なった。

コンクリートの配合および使用材料を表1に示す。なお、養生条件は、20℃ 100%R.H.の湿空養生と脱型後室内放置した気乾養生の2通りとした。

表-1 コンクリートの配合表

配合 番号	W/C %	s/a %	スラブ cm	エア- %	示 方 配 合 (kg/m ³)				
					W	C ^{*1}	S ^{*2}	G ^{*3}	G ^{*4}
T-1	50	43	9.0	0.8	196	392	749	610	404
T-2	50	43	5.5	1.5	189	378	754	612	407
T-3	50	43	18.0	0.8	215	430	712	580	385
T-4	40	43	10.0	0.8	199	498	707	575	383
T-5	60	45	9.5	0.7	193	322	813	610	407
T-6	50	33	9.5	0.8	192	384	580	723	480
T-7	50	53	11.0	1.8	203	406	891	485	322

*1: 普通ポルトランドセメント

*2: 鬼怒川産砂(比重: 2.59, 吸水率: 2.06%, 粗粒率: 2.66%)

*3: 岩瀬産砕石(比重: 2.65, 吸水率: 0.83%, 粗粒率: 6.99%)

*4: 岩瀬産砕石(比重: 2.64, 吸水率: 1.06%, 粗粒率: 6.32%)

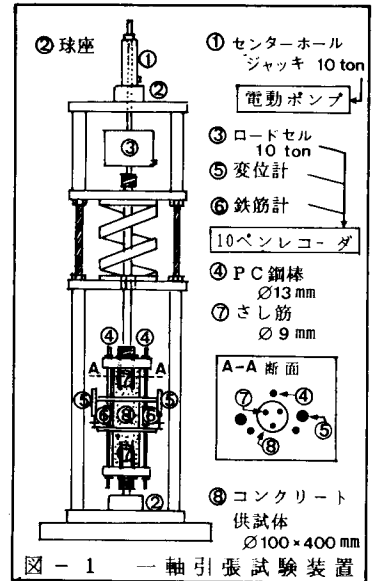


図-1 一軸引張試験装置

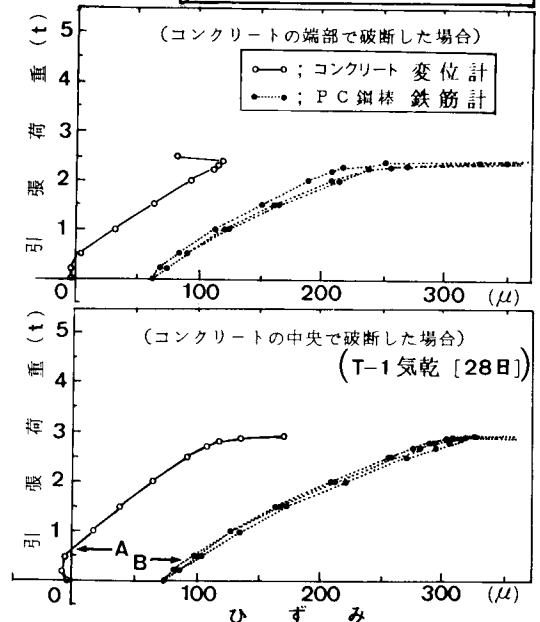


図-2 引張荷重とひずみの関係

3. 実験結果および考察

図2は荷重ひずみ曲線の測定結果の一例を示したものである。3本のPC鋼棒のひずみがほぼ一致していることにより、本試験装置の引張軸の偏心は小さいものと思われる。また、鉄筋計による荷重ひずみ曲線の傾きは、荷重の増加に伴ない、変位計による荷重ひずみ曲線の傾きに比べ幾分小さくなる傾向を示した。これは、荷重の増加に伴ないコンクリートの剛性が低下し、PC鋼棒の分担する荷重割合が大きくなったこと、および、コンクリートの変位測定区間が10cmと長かったため、コンクリートの中央で破断した場合でも、変位計によるひずみがPC鋼棒のひずみと同様に平均ひずみに近い値を示したことによるものと思われる。

表2に試験結果を示した。図3は割裂強度と一軸引張強度の関係を示したものである。割裂強度の増加に伴ない一軸引張強度は増加するが、その増加割合は割裂強度に比べ幾分小さいようであった。また、図中に吉本等²⁾および奥島等³⁾の結果より求めた回帰式を示したが、本実験結果は両者の中間的な値を示すようであった。

図4は圧縮静弾性係数と引張静弾性係数の関係を示したものである。圧縮静弾性係数の増加に伴ない引張静弾性係数は増加するが、奥島等の結果に比べその増加割合は幾分小さくなる傾向を示した。

最大応力時のひずみは強度に対する動弾性係数の比と良い相関を示すこと¹⁾より、ここでも、一軸引張強度に対する動弾性係数の比（動弾性係数一軸引張強度比）と最大応力時の引張ひずみの関係を求め、図5に示した。鉄筋計により求めた最大応力時の引張ひずみは、供試体全長の平均ひずみを測定したにもかかわらず、変位計により求めた値より幾分大きくなる傾向を示した。これは、図2に示す荷重ひずみの関係において、引張載荷前のPC鋼棒緊張に伴ないコンクリートの圧縮力が引張載荷によりゼロに戻る鉄筋計のひずみ算出原点（B点）と、コンクリートの実測ひずみが引張に変わる変位計のひずみ算出原点（A点）の間に幾分差が生じたこと、および、前記した荷重ひずみ曲線が鉄筋計と変位計で幾分異なったひずみを示したこと等によるものと思われる。しかし、鉄筋計と変位計の違いによらず、最大応力時の引張ひずみは動弾性係数一軸引張強度比の増加に伴ない減少する傾向を示しており、その違いによる最大応力時の引張ひずみの差は小さいようであった。

4. 参考文献

- 1) 渡辺、長瀬、横山；コンクリートの引張強度の推定に関する研究；セメント技術年報36，pp.214～217,昭和57年
- 2) 吉本、長谷川、川上；コンクリートおよびモルタルの純引張、圧裂および曲げ強度の比較；セメントコンクリートNo.435, pp.42～48, 昭和58年
- 3) 奥島、鈴木、大野；コンクリートの引張性状に関する研究；セメント技術年報24，pp.288～289,昭和45年

表 - 2 試験結果

配合 番号	材令 (日)	養生	Ed [$\times 10^3$] kg/cm ²	圧縮強度試験				割製試験		一軸引張強度試験										
				σ_c kg/cm ²	Es[$\times 10^3$] kg/cm ²	E _c max [μ]	σ_t kg/cm ²	σ_{t1} kg/cm ²	Es[$\times 10^3$] kg/cm ²	E _t max 鉄筋計 変位計 [μ]										
T-1	14	湿空	381	3	410	3	296	3	2490	3	30.9	3	27.2	4	277	4	174	4	155	1
		気乾	318	3	321	3	245	3	2520	3	24.5	3	22.9	5	240	5	179	5	178	2
	28	湿空	390	3	494	3	295	3	2580	3	34.4	3	30.0	3	268	3	186	3	190	2
		気乾	279	3	277	3	177	3	2320	3	22.7	3	22.5	3	192	3	178	3	168	1
T-2	14	湿空	384	3	448	3	311	1	2500	1	31.8	3	26.7	5	301	5	167	5	138	2
		気乾	307	3	305	3	244	3	2330	3	23.0	3	22.8	4	246	4	158	4	130	3
T-3	14	湿空	349	3	387	3	273	3	2420	3	30.5	3	30.2	4	276	4	211	4	—	0
		気乾	298	3	346	3	226	3	2600	3	22.8	3	22.4	4	214	4	159	4	155	1
T-4	28	湿空	402	3	585	3	335	3	2630	3	37.6	3	32.2	4	274	4	222	4	—	0
T-5	28	湿空	368	3	354	3	290	3	2080	3	31.2	3	26.6	4	239	4	164	4	168	3
		気乾	265	3	247	3	178	3	2480	3	17.9	3	16.5	3	170	3	148	3	106	1
T-6	28	湿空	409	3	502	3	335	3	2500	3	37.4	3	32.1	3	303	3	220	3	166	1
T-7	28	湿空	374	3	513	3	308	3	2710	3	34.6	3	29.2	4	276	4	188	4	160	1

□ 内の数字は、試験結果の算出に用いた供試体数を示す。

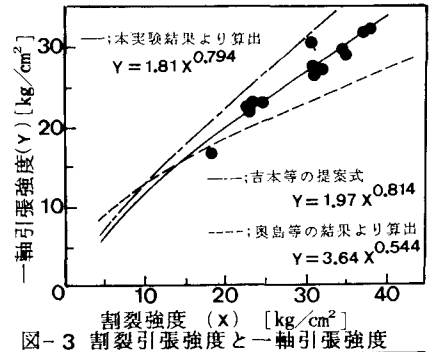


図-3 割裂強度と一軸引張強度

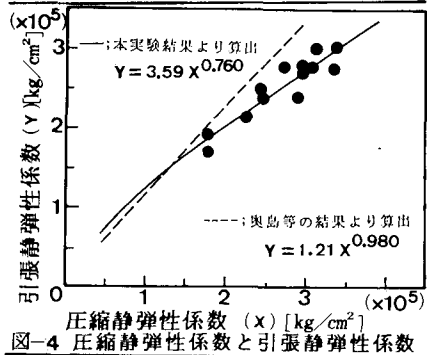


図-4 圧縮静弾性係数と引張静弾性係数

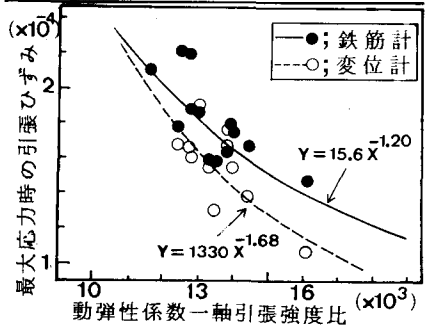


図-5 動弾性引張強度比と最大応力ひずみ