

九州大学 工学部 正員 山下 啓通
 “ 季員 高垣 泰雄
 “ “ 津崎 正俊

1. まえがき

コンクリートの圧縮強度試験方法は、JIS A 1108によれば、荷重を加える時には試験機の加圧板と供試体の端面は直接接合させ、その間にクッション材を入れてはならないとされている。また、コンクリートの静弾性係数測定方法は、ASTM C 463-65によれば、圧縮強度試験用供試体と同じ供試体に前記同様の載荷方法により応力-ひずみ曲線を求めることから静弾性係数を算定するように規定されている。しかしながら、一軸応力下のコンクリートの挙動は、たとえ円柱供試体の場合であっても H/D の大きさによって異なり、これは端面の摩擦力による横方向への伸びの拘束に起因すると考えられていて、その報告も多い。従って、一軸圧縮強度試験における端面拘束の状態が圧縮強度や変形状にどのように影響するかを調べる為の基礎的実験を行なってみた。ここにその概要を報告する。

2. 端面拘束がコンクリートの圧縮強度及び表面ひずみに及ぼす影響

コンクリートの圧縮試験における端面拘束がコンクリートの圧縮強度及び変形状にどのように影響するかを調べる為、端面の状態を次の2通りとして圧縮試験を行なった。① JIS A 1108の規定通りとした状態で、この場合端面の摩擦係数は0.5~0.6程度と、その拘束度は大きい(通常載荷)。② 供試体端面と試験機加圧板の間に、ゴムシート(厚さ0.2mm)とアルミ箔の間にシリコングリースを塗布したもの、を入れて端面拘束を減少させたもので、この場合端面の摩擦係数は0.01程度である(減摩載荷)。

表-1に示す4種の配合のコンクリートにより $\phi 10 \times 20$ cm 円柱供試体を作製し、材令9日に圧縮試験を行なった。ひずみ測定は、供試体側面に貼付したワイヤーストレインゲージ(ゲージ長60mm)より行なった。圧縮強度試験結果を表-2に示す。これより、コンクリートの配合の種類に拘わらず、いずれの場合も減摩載荷の場合の圧縮強度は、通常載荷の場合のそれと比較して小さく、90~95%となっている。変形状の試験結果の例を図-1に示す。コンクリートの応力比-ひずみ曲線が、その配合及び載荷面の状態によって異なることが分る。まずコンクリートの配合による応力-ひずみ曲線の差異としては、次のことが言えよう。貧配合コンクリートは富配合コンクリートに比較して、同一応力比におけるひずみ量が極端に小さい。しかし(貧配合コンクリートは、最大荷重付近(応力比90%以上)ではかなりの縮みを示したつち破壊するが、富配合コンクリートでは、最大荷重直後にはほとんどひずみの増大の徴候を見せず急激な破壊を起す為、両者の間での破壊時ひずみには、大きな差は認められなかった。また、体積ひずみの最大値は、富配合コンクリートの方が大きいものとなっているが、ポアソン比に関しては、配合による差異は認められない。載荷面状態の影響としては、縦ひずみ、横ひずみ共に減摩載荷の場合が、通常載荷に比較して同一応力比におけるひずみ量が小さく、ほぼ87%前後となったが、体積ひずみ及びポアソン比に関しては、大きな差異は認められない。一軸圧縮応力下のコンクリートの変形状を考察すると、先に報告したように、次のような特異点も認められる。①ポアソン比が急変化する点②、③体積ひずみが最大値となり、それより急激に減少する点④、⑤応力比-ひずみ曲線($\log \sigma - \log \epsilon$ で描いた時に数本の線で表現できるとして、その直線の折れる点⑥⑦⑧点(応力比の小さいものから順とする) 図-1,2にこれらの特異点の一例を示している。横道代らによると

表-1

配合	% (X)	% (Y)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)
I	89	45	196	220	829	1162
II	63	45	189	300	807	1132
III	50	45	190	320	776	1088
IV	41	45	189	460	748	1048

表-2

配合	通常載荷				減摩載荷				σ_{cl} σ_{co}
	1	2	3	平均	1	2	3	平均	
I	99	97	100	99	88	97	93	93	0.94
II	112	116	118	115	111	113	112	112	0.97
III	357	343	350	350	313	316	330	320	0.91
IV	448	443	405	432	355	410	363	376	0.87

その配合及び載荷面の状態によって異なることが分る。まずコンクリートの配合による応力-ひずみ曲線の差異としては、次のことが言えよう。貧配合コンクリートは富配合コンクリートに比較して、同一応力比におけるひずみ量が極端に小さい。しかし(貧配合コンクリートは、最大荷重付近(応力比90%以上)ではかなりの縮みを示したつち破壊するが、富配合コンクリートでは、最大荷重直後にはほとんどひずみの増大の徴候を見せず急激な破壊を起す為、両者の間での破壊時ひずみには、大きな差は認められなかった。また、体積ひずみの最大値は、富配合コンクリートの方が大きいものとなっているが、ポアソン比に関しては、配合による差異は認められない。載荷面状態の影響としては、縦ひずみ、横ひずみ共に減摩載荷の場合が、通常載荷に比較して同一応力比におけるひずみ量が小さく、ほぼ87%前後となったが、体積ひずみ及びポアソン比に関しては、大きな差異は認められない。一軸圧縮応力下のコンクリートの変形状を考察すると、先に報告したように、次のような特異点も認められる。①ポアソン比が急変化する点②、③体積ひずみが最大値となり、それより急激に減少する点④、⑤応力比-ひずみ曲線($\log \sigma - \log \epsilon$ で描いた時に数本の線で表現できるとして、その直線の折れる点⑥⑦⑧点(応力比の小さいものから順とする) 図-1,2にこれらの特異点の一例を示している。横道代らによると

、これらの特異点の応力比は、それぞれ、 $\sigma_r/\sigma_c=0.61$, $\sigma_r/\sigma_c=0.85$, $\sigma_r/\sigma_c=0.33$, $\sigma_r/\sigma_c=0.75$ と報告されている。なお各特異点のうち、④点はコンクリートの疲労強度に、⑤、⑥点はコンクリートの長期荷重強度に関係があると考えらる。各配合のコンクリートにおいて、荷重方法によりこれらの特異点の位置がどのように変化するかを求める為、その応力レベルと④点のポアソン比、④点の体積ひずみ、⑤、⑥点の縦ひずみの値を読みとり、表-3に示す。このうち、⑤点は、貧配合コンクリート(I, II)においては明確に示されたが、富配合コンクリート(III, IV)においては不明瞭な点があった。表-3より、各特異点における応力比は、

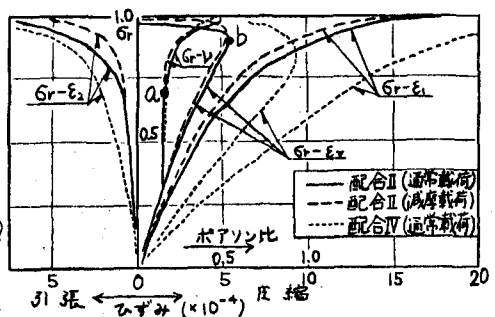


図-1

、コンクリートの配合にかかわらず、④点で通常荷重の場合が減荷荷重に比較して50%程度小さいのは、差異が認められ難い。また、④点のポアソン比はコンクリートの配合による差異は認められ難いが、⑤、⑥、④点のそれぞれのひずみ量は、荷重方法にかかわらず富配合コンクリートの場合が貧配合コンクリートの場合に比較して大なるものになっている。ここでは注目すべきことは、富配合コンクリート(III, IV)の④点のひずみ量が貧配合コンクリート(I, II)の④点のひずみ量とほぼ一致していることである。コンクリートの破壊状況が前記したように、前者では脆性的な破壊を示したのに対し、後者では若干延性的破壊に近づく傾向を示したことを考え合わせると、コンクリートの破壊メカニズムが配合の貧富によって異なってくるのが考えられよう。

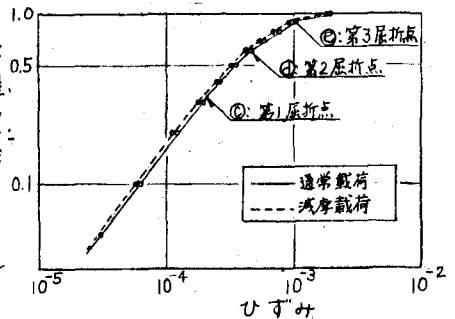


図-2

表-3

配合	I	II	III	IV
荷重方法	通常	減荷	通常	減荷
a. σ_r/σ_c	70	67	66	67
b. σ_r/σ_c	88.5	93.5	88.5	93.5
c. σ_r/σ_c	33	32	28	29
d. σ_r/σ_c	58	63	65	67
e. σ_r/σ_c	355	425	510	450
f. σ_r/σ_c	94	94	94	94
g. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
h. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
i. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
j. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
k. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
l. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
m. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
n. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
o. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
p. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
q. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
r. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
s. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
t. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
u. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
v. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
w. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
x. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
y. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050
z. σ_r/σ_c	1100	1150	1200	1050

3 端面拘束がコンクリートのひずみ分布に及ぼす影響

$\sigma_c=0.4$, $\sigma_r/\sigma_c=0.37$, $\sigma_r=370\text{kg/cm}^2$ のコンクリートで作製した20cm立方体試体内部に、カールソン型ひずみ計(東京測器研究所 KM-100)を三方向に埋め込み、試体側面にワイヤーストレインゲージと貼付した。この試体は、荷重面の状態を次の4通りとして荷重を加え、ひずみ分布に及ぼす端面拘束の影響を調べた。①荷重面と荷重板の間に何も入れない場合(通常荷重)②荷重面はシリコングリースを塗布し直接荷重板に接着レマを行う場合(シリコン荷重, $f=0.24$)③テフロンシート2枚の間にシリコングリースを塗布し、これと荷重面と荷重板の間にレマを行う場合(シリコンテフロン荷重, $f=0.02$)④シリコングリースをアルミ箔とゴム板(30mm厚)の間に塗布し、これと間にレマを行う場合(シリコンゴム荷重)。 $\sigma=100\text{kg/cm}^2$ におけるひずみ分布を図-3に示す。通常荷重の場合に最も応力分布が均一に加わり、下と上端面拘束より除いても、今反初層の厚さが厚ければ内部ひずみが表面ひずみより大きくなることと示され、2a場合の結果と一致しているようだ。本実験に際し、大土木実験室の管理に、また学生吉浦武彦君に多々限った、深く御礼申し上げます。

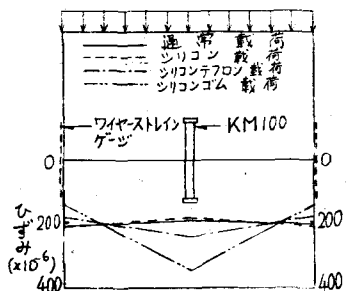


図-3