

エスコ(KK) 室橋伸一
都立大学 山本 稔
明星大学 安井将文

まえがき：岩盤やコンクリートの一次応力を計測する方法として孔底ひずみ法、ひずみゲージ埋設法がある。これらはオーバーコアリングすることによりコアを基岩から完全に分離する。しかし、一次応力によるひずみの弾性成分はすべて解放されるから、応力解放の手法には問題がない。これに対し表面にスリットをうがって応力を解放する手法では表面部分のみの応力を解放するにすぎず、計測法として成立しても実用には問題があり、試用の域を脱しないのが現状である。スリットによる応力解放法の実用化における問題は次の2点である。(i) スリットの間隔 l と深さ d の関係が縁応力の応力解放にどのような相関関係を有するが、(ii) スリット底部の応力集中が解放されるべき縁応力にどのように影響するが。

問題点の解明のため行われた光弾性実験によれば (ア) $d/l = 0.3 \sim 0.4$ の深さまでスリットを設け計測すれば縁応力は完全に解放される、(イ) 底部の応力集中による影響は存在するが、スリットの深さ d の増分と、縁応力の解放による解放ひずみの増分から解放されるひずみの弾性成分を注出することにより一次応力を推定することが可能であることが判明した。

筆者らはスリットを用いる応力解放法による一次応力の推定法に対する提案の妥当性を確認するため実物モデルとして図-2に示すコンクリートモデルについて実験を行なった。

[I]：実験の方法：柱状コンクリートモデルに軸力が作用する場合を対象とし、その載荷試験装置を図-2に示す。ロードセル、油圧ジャッキ、コンクリート供試体の順にセットし、 $P=20^T$ まで2回載荷を繰り返して、材料の応力ひずみ曲線をあらかじめ得る。次に 20^T 載荷状態で応力解放実験を行なう。切削深さは5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 mm である。切削面は図-2のA, C面の2面(5-1, 5-2 供試体はA面のみ)である。切削と計測の手順は 20^T 載荷状態でまずA面(上面の位置)5 mm 切削、計測、回転、B面(上面)5 mm 切削、計測、回転(A面上)、計測、A面10 mm 切削、……の繰返してB面50 mm 切削後除荷し残留歪を計測し終了する。

供試体は10本で各2本毎組に分け、1～3組は切削時注水(ウェット)、4組はドライ、また5組はA面のみ切削かつ柱の軸と45°傾斜したひずみゲージによる応力解放の状態を調査する場合である(ウェット)。

写真-1, -2は柱状コンクリートモデルと油圧ジャッキ、ロードセルを回転試験装置にセットし、ダイヤモンドディスクカッターでスリットを切入れる状態と、実験終了後のスリットの状態である。

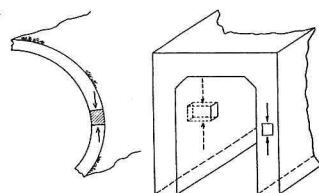


図-1: 計測対象

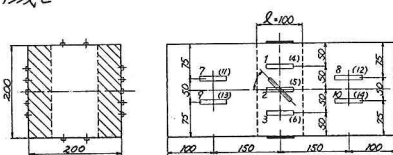


図-2: コンクリート
供試体とゲージ
の位置

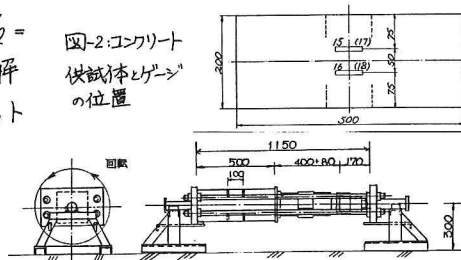


図 - 3 載荷試験装置図

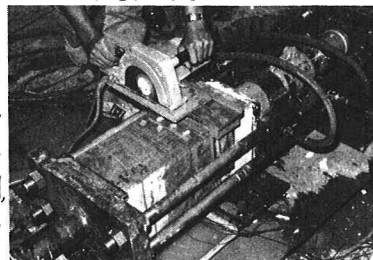


写真-1: 実験装置とスリットの切入

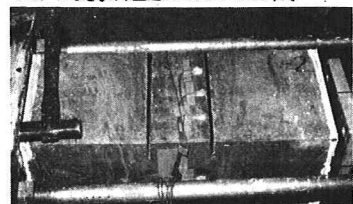


写真-2: 実験終了後のスリットと供試体

表-1: 切削による解放ひずみ(ゲージ1~6, 単位μ)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90
①	A面	176	170	167	154	158	136	94	39	4			
	面	172	173	168	136	96	69	45	26	14	174		
	面	175	187	227	167	167	139					188	
	面	198	195	260	175	157	33	33	-10	-25			
②	A面	204	209	217	159	111	34	14	-11	-34			
	面	201	201	177	124	134	57	17	-21	-30			
	面	166	171	161	133	111	77	70	40	19			
	面	170	179	173	143	113	71	39	36	8	170		
③	A面	174	181	170	146	119	84	57	33	12			
	面	220	242	223	192	153	117	78	42	23			
	面	215	241	221	186	138	86	33	26	0	221		
	面	229	247	223	187	131	81	44	13	-8			
④	A面	203	208	192	162	143	122	108	73	60			
	面	201	212	207	187	170	145	127	92	69	218		
	面	250	255	239	206	179	145	118	78	45			
	面	121	130	129	127	122	112	104	77	26			
⑤	A面	153	159	158	155	152	145	138	104	-53			
	面	153	158	156	153	155	144	135	104	54			
	面	79	80	74	57	46	32	22	7	-8			
	面												

表-2: 解放ひずみとその推定値(μ)

供試体	解放歪量(μ)		実験値 ひずみ(μ)	推定歪精度	
	A面	C面		A面	C面
1-1	170	183	188	90	97
1-2	196	207	162	121	128
2-1	192	207	195	98	106
2-2	201	194	197	102	98
3-1	165	214	195	85	110
3-2	173	197	195	89	101
4-1	166	182	186	89	98
4-2	176	166	193	91	86
5-1	170	—	180	94	—
5-2	130	—	184	71	—

表-3: 45°方向ゲージによる解放ひずみの推定

供試体	① 45°方向ゲージによる解放歪量(μ)	② 45°方向ゲージによる解放歪量(μ)	③ 45°方向ゲージによる解放歪量(μ)	④ 45°方向ゲージによる解放歪量(μ)	⑤ 45°方向ゲージによる解放歪量(μ)	⑥ 45°方向ゲージによる解放歪量(μ)
5-1	180	76.5	79	75	176	98%
5-2	184	78.2	82	75	176	96%

Ⅱ: 実験結果: 表-1は1~5組の実験値の一部で、各スリット深さ5, 10, 15...50mmの場合におけるA面(ゲージ1, 2, 3), C面(ゲージ4, 5, 6)の計測ひずみである。表中12欄は各面のゲージの平均値, 13欄は各供試体の平均値(偏心を除去した軸力によるひずみ)である。

表-2は実験結果から図-4, -5, -6に示すグラフを用いて推定される各供試体の解放ひずみ量と一次応力に相当する繰りひずみ(表-1の13欄)との対比である。1組から4組までについては(ゲージと軸力が平行)

1-2 供試体を除いて80~110%程度の範囲で推定可能なことを確認できた。また5組の結果では軸力と45°傾斜したゲージの解放ひずみから

も同様に推定可能なことを示している。表-3は図-6の45°方向の推定解放ひずみから軸方向推定ひずみを求めるための参考のため掲げたもので、この場合、 α , β 軸(α 軸, コンクリートの軸方向)と45°ゲージ方向のひずみの関係から ($\varepsilon_{45} = \varepsilon_x \cos 45^\circ + \varepsilon_y \sin 45^\circ = \frac{1}{2}(\varepsilon_x + (-\nu \varepsilon_x)) = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_x(1-\nu)$, $\varepsilon_x = \frac{2\varepsilon_{45}}{1-\nu}$) α 軸方向の解放ひずみを求めた($\nu=0.15$)。

図-4, -5はそれぞれ2-1, 3-1の実験結果からゲージ1, 2, 3のひずみを縦軸に, d/l を横軸にプロットし, $d/l=0.1\sim0.3$ の間の各曲線の最急勾配に近い直線を求め、これと平行に $d/l=0.25$ から描いた直線と縦軸の交点から一次応力の解放にかかる解放ひずみを求める方法を示している。

Ⅲ: 結論: 表-2の結果からスリットによる応力解放法により覆工に作用する一次応力の計測が可能になったことが判った。スリット間隔 l とスリット深さ d の比 d/l は応力集中の影響を少なくするため0.3~0.4以上にしないこと、深さの増分と解放されるひずみの増分を考へることにより弾性成分のみを抽出できることが明らかにされた。

さらに $d/l=0.1\sim0.3$ において解放ひずみと d/l は比例関係にあり、その比例定数に0.25を乗じて一次応力の弾性成分にかかるひずみを求めることができること、したがって、このひずみ成分に材料の弾性係数を乗じて一次応力を求めることが可能なことを実証した。

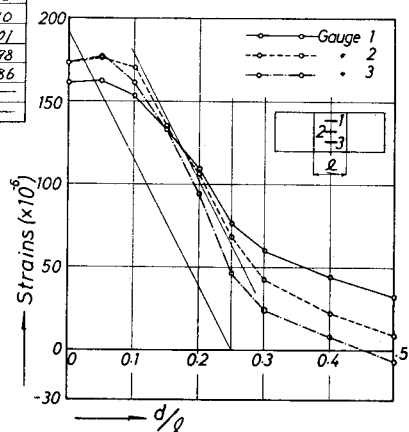


図-4: 2-1供試体の1,2,3ゲージのひずみ

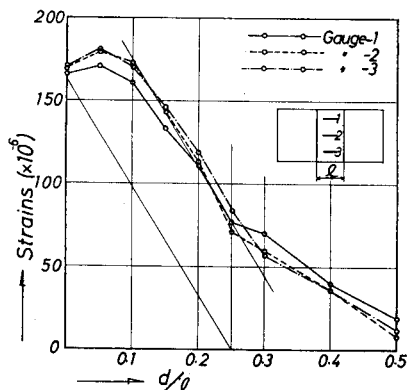


図-5: 3-1供試体の1,2,3ゲージのひずみ

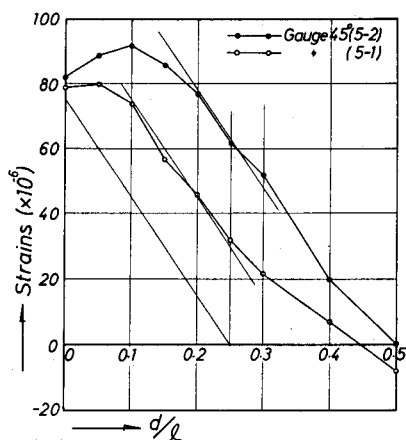


図-6: 5-1, 5-2供試体の45°方向ゲージのひずみ