

[31] 各種の減摩材を用いた場合の圧縮供試体端面の応力分布について

正会員 小阪義夫（名古屋大学）

同 谷川恭雄（名古屋大学）

同 ○太田福男（大同工業大学）

1.はじめに

コンクリートの圧縮試験の際、通常の方法で載荷すると載荷板と供試体間の摩擦のため、載荷板近傍のコンクリート供試体は横方向の変形を拘束され、載荷板近傍の圧縮応力度分布は不均等になる。このような、加圧面における摩擦による横方向の拘束を除く目的で、ブラシ型載荷板やボールベアリング使用の分割載荷板などの特殊な載荷板を用いる方法や、載荷板と供試体の間に摩擦を低減するための減摩パッドをはさんで加圧する方法などが提案・試行されている。これらの方法にはそれぞれ特失があるが、後者の減摩パッドを用いる方法は、適正なパッド材を用いれば、かなり理想的な均等圧縮応力分布状態が得られるという点で大きな魅力がある。

今までに各研究者によって用いられてきた減摩パッドとしては、軟質ゴムシートにシリコングリースを塗布したもの¹⁾、テフロンシートを用いたもの、テフロンシートにシリコングリースを塗布したもの²⁾など各種のものが用いられているが、それらの減摩パッドを用いた場合の加圧面近傍の応力分布状態が果して均等であるか否かについては、適当な検証の方法が無かったため未だに確認がなされていない。

本研究は、最近開発された圧力シートを用いて、加圧面における応力分布の状況を調べ、各種の減摩パッドの性能を判定しようとするものである。

2.実験方法の概要

実験に際し、表－１に示す９種類の減摩シート材からなる減摩パッドを用いた。なお、表－１には、実験に先立って行った各種減摩シート材の性能試験結果も示してある。なお、力学特性を調べるために用いた試験片は、ゴムシートの場合はJIS規格６号試験片、その他の材料の場合はJIS規格４号試験片を用いた。また、力学特性は、載荷速度によってかなり異なるのでこの実験の場合は、50mm/分、2.5mm/分、1.0mm/分の３種類の載荷速度で加力し、それぞれの結果の平均値を求めた。摩擦係数は減摩シート材１枚と鋼板との間で求めた値である。

減摩パッドとしては、表－１に示す各種の減摩シート材２枚を重ねそれぞれの内側にシリコングリースを塗布

表－１ 減摩シート材の物理特性試験結果

減摩材の種類		減摩材の厚さ (mm)	比例限界応力度 (kgf/cm ²)	最大引張応力度 (kgf/cm ²)	伸び率 (%)	ヤング係数 (×10 ³ kgf/cm ²)	摩擦係数	
							静摩擦	動摩擦
ポリプロピレン	X方向	0.65	0.037	0.088	123	18.4	0.37	0.27
	Y方向		0.223	0.223	30	35.9	0.34	0.27
フッ化エチレン		2.13	0.010	0.032	525	5.5	0.22	0.13
ビニール		1.95	0.004	0.024	319	0.3	1.00	0.72
テフロン	X方向	0.50	0.010	0.023	300	3.3	0.18	0.12
	Y方向		0.012	0.035	381	5.3		
圧力シート高圧用	感色紙	9.30	0.064	0.107	76	25.4	0.37	0.25
	液含紙	10.20	0.061	0.091	65	24.3	0.37	0.20
圧力シート中圧用	感色紙	10.00	0.064	0.090	75	23.8	0.34	0.22
	液含紙	10.70	0.063	0.092	75	24.9	0.39	0.29
圧力シート低圧用	感色紙	10.50	0.064	0.092	68	23.0	—	—
	液含紙	11.10	0.059	0.087	68	23.4		
ゴムシート 0.3厚		3.20	—	0.010	546	0.012*	1.00 以上	1.00 以上
ゴムシート 0.5厚		4.90	—	0.013	550	0.012*	1.00 以上	1.00 以上

* 参考値（最大引張応力度の $\frac{1}{3}$ 点のセカントモデュラス）

したものを用いた。実験内容は次の3項からなる。

2・1 減摩パッドの応力伝達特性試験 各種の減摩パッドの応力伝達特性を圧力シート法を用いて調べた。圧力シート法は、各種機器の接触面、載荷板と供試体間などの応力分布を測定する方法であり、圧力を色の濃淡に変換して、色濃度計を用いて測定する。圧力を色に変換するシステムは次の通りである。すなわち、マイクロカプセル化した発色剤を塗布した液含紙と顕色剤を塗布した感色紙を重ね合わせ、その上に圧力が加わると発色剤を含むカプセルが圧力により破壊し、顕色剤を含む感色紙を発色させる。感色紙の発色濃度は応力に比例するようになっている。応力伝達特性は図-1に示す方法で加圧した後、圧力シートを写真-1に示すようにシートの濃度に応じて段階的に着色するカラーデータ処理機を通した応力分布状況から判定した。

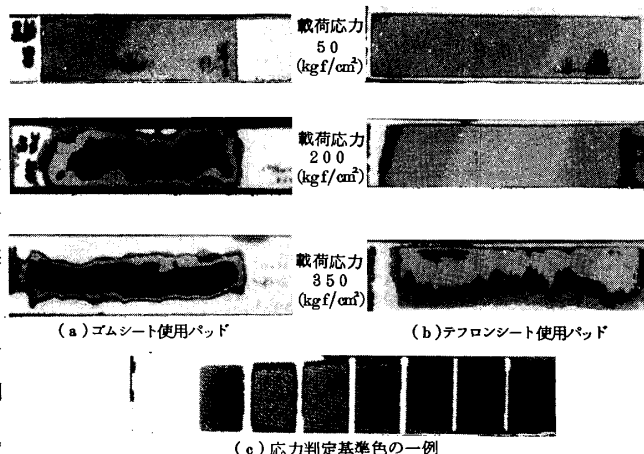


写真-1 減摩パッドの応力伝達特性

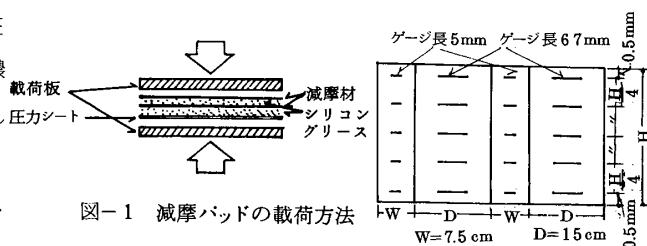


図-1 減摩パッドの載荷方法

図-2 ストレインゲージ貼付位置

2・2 減摩パッドの摩擦係数測定試験 コンクリート供試体端面と載荷板との間の減摩パッドの摩擦係数(μ)は図-5に示すように、供試体端面にもシリコングリースを塗付し載荷板を介して、軸力方向に載荷した後、横方向から加力し、供試体が滑動しはじめた時の荷重とこの時の圧縮荷重との比で表わされるものとした。

2・3 各種減摩パッドを用いたコンクリート供試体の圧縮試験 上記の各種減摩パッドを用いてコンクリート供試体の圧縮試験を行ない、強度、変形状況、破壊形態などを調べた。使用したコンクリート供試体は次のようである。

形状・寸法：供試体は厚さ7.5 cm幅(D)15 cmの一定とし、高さ(H)を15 cm、30 cm、45 cmの3種類の角柱体とした(図-2参照)。

使用材料および調合：セメントは普通ポルトランド($K_{25}=403 \text{ kgf/cm}^2$)、粗骨材は木曽川産川砂利(比重=2.60、最大寸法=20 mm)、細骨材は山砂(比重=2.53、 $F\cdot M=2.65$)を使用した。表-2に供試体の調合を示す。

養生および試験条件：供試体はすべて湿空養生(室温 $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度90~100%)をし、試験条件は28日である。

なおストレインゲージは載荷方向と直角に図-2に示す

表-2 調合表 (kg/m³)

供試体の種類	w/c (%)	セメント	水	細骨材	粗骨材
モルタル	55	637	350	1082	0
	45	467	210	560	1040
コンクリート	55	377	207	641	1040
	70	301	211	692	1040

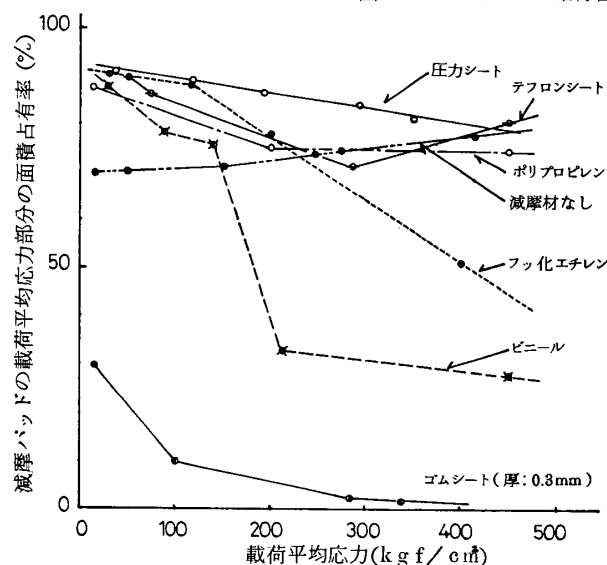


図-3 減摩パッドの載荷平均応力部分の面積占有率と減摩材の種類

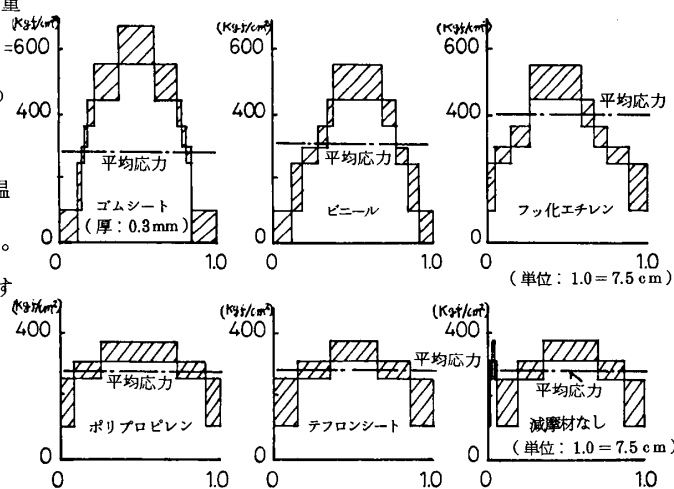


図-4 各種減摩材を用いた供試体端面応力分布状況

要領で供試体に貼付した。

3.実験結果とその考察

3.1 減摩シート材の物理特性 減摩シート材の物理特性は前述の表-1に示した通りである。圧力シートは高压、中圧、低压用の3種類があるが、いずれもその物理特性はほぼ一定であり、比例限界応力度、ヤング係数ともに大きく、伸び率が小さい。ポリプロピレンは異方性が顕著である。テフロンシートとフッ化エチレンとは物理特性が類似しているが、伸び率はフッ化エチレンの伸び率の方が大きく、前者は後者の60%程である。

3.2 減摩パッドの応力伝達特性 圧力シートを用いて減摩パッドの応力伝達特性を調べた結果の一例を写真-1に示す。写真はカラー写真であり印刷の都合で黒白になっているが、この濃淡差の小さい方が応力分布が均等なことを示す。写真によれば、ゴムシート使用パッドは高応力時になる程応力伝達特性は低下することがわかる。図-3はパッドの平均応力部分の面積占有率（平均応力部分面積/供試体端面面積）を写真上から求め、載荷平均応力との関係を示したものである。図-3によれば、載荷平均応力が 150 kgf/cm^2 以下であれば、ゴムシート以外の減摩パッドはパッドの種類にかかわらず載荷板だけを用いた場合よりすべて応力分布特性は良好である。しかし、載荷平均応力が 150 kgf/cm^2 以上になると、ビニールおよびフッ化エチレン等のようにヤング係数が小さく、伸び率の大きいシート材を用いたパッド程応力分布特性は劣下する。図-4はパッド中央断面位置の応力分布状況を示したものである。載荷平均応力範囲が $350 \sim 400 \text{ kgf/cm}^2$ にあると図-4からわかるように、供試体端面部分の応力分布状況は端面中央部分が高応力となり、周辺部になるにしたがって順次低応力となる。ゴムシート、ビニールシートおよびフッ化エチレン等を使用したパッドは応力度の高低差が特に顕著である。

3.3 減摩パッドの摩擦係数 図-5はコンクリート供試体と載荷板間における各種の減摩パッドの摩擦係数を示す。図-5によれば、摩擦係数は載荷荷重にはほとんど無関係であり、テフロンシート、ゴムシートおよびポリプロピレンは摩擦係数 μ が0.022以下、圧力シートとフッ化エチレンは μ が約0.03、ビニールシートでは0.06前後となっている。なお、載荷板と供試体との μ は0.48~0.50程度である。

3.4 コンクリートの圧縮強度と摩擦係数並びに供試体端面の応力分布率との関係

(1) コンクリートの圧縮強度(F_c)と摩擦係数(μ): 図-

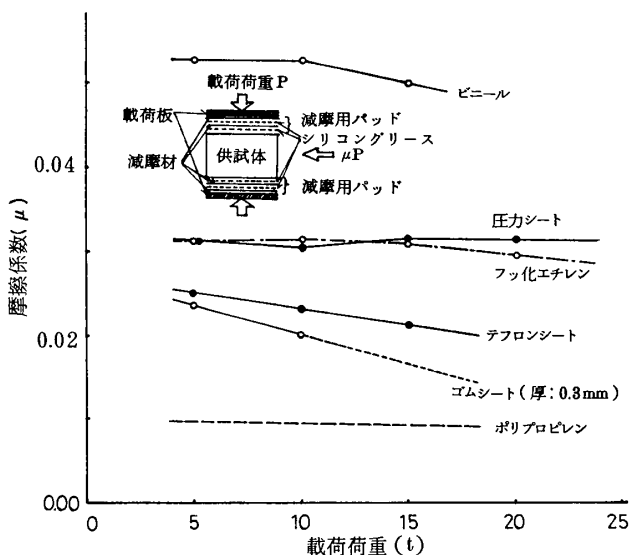


図-5 減摩パッドの摩擦係数

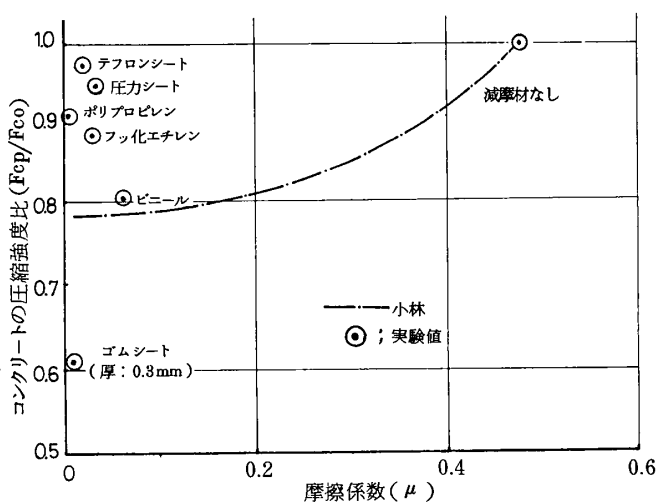


図-6 コンクリートの圧縮強度比(F_{cp}/F_{co})と摩擦係数(μ)との関係

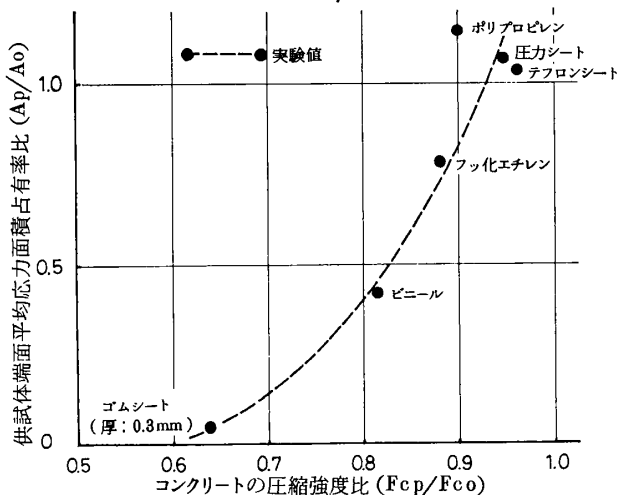


図-7 コンクリートの圧縮強度比(F_{cp}/F_{co})と A_p/A_o との関係

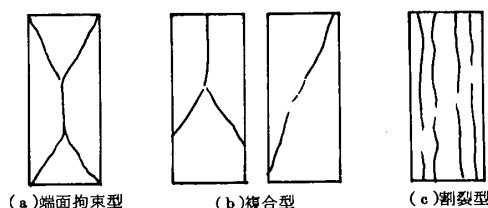


図-8 供試体の破壊形態

6は減摩パッドの摩擦係数(μ)とコンクリートの圧縮強度比(パッド使用コンクリート強度 F_{cp} /パッド未使用コンクリート強度 F_{co})との関係を示す。なお、図中には小林の実験値の平均も併示してある。図-6によれば、 F_{cp} はいずれも F_{co} より小さく、供試体端面摩擦による拘束力が低下することによってコンクリートの圧縮強度が小さくなっていることがわかる。しかし、減摩パッドの摩擦係数が同等でも、ゴムシートとテフロンシートあるいはフッ化エチレンと圧力シート等のようにシートの材質の相違によって、コンクリートの

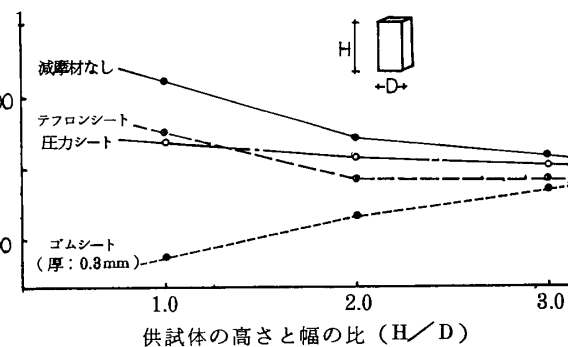


図-9 供試体の H/D と F_c との関係

の圧縮強度は大きく異なる。また供試体の破壊形態は、図-8に示すようにおよそ3種類に分類できる。供試体の端面拘束が小さい場合には割裂型の破壊を示し、コンクリートのようなぜい性材料の単純圧縮時の典型的な破壊の特性を示す。減摩パッドを使用しない場合の供試体は端面拘束型の破壊が多く、摩擦係数の小さい減摩パッドを使用した供試体の破壊形態はパッドの応力伝達特性の良否にかかわらず割裂型が多い。

(2) コンクリートの圧縮強度と供試体端面平均応力面積占有率：図-7に減摩パッドを用いた供試体端面平均応力面積占有率(パッド使用時の供試体端面平均応力面積占有率 A_p /パッド未使用供試体端面平均応力面積占有率 A_o)と F_{cp}/F_{co} との関係を示す。図-7によれば A_p/A_o と F_{cp}/F_{co} の間には一定の相関が認められる。すなわち、減摩パッドを用いることによる F_c の低下は供試体端面の応力分布の不均一性の影響を大きく受ける。テフロンシート、圧力シート、ポリプロピレン等は高応力領域でも A_p/A_o が大きいために、 F_{cp}/F_{co} の低下率はゴムシート等の場合程顕著でない。

(3) 供試体の高さとの比(H/D)とコンクリートの圧縮強度(F_c)との関係：通常の圧縮載荷試験の際は供試体の高さとの比が2.0以上になると供試体端面における摩擦による応力不均等領域の影響が小さくなり、コンクリートの圧縮強度低下率は小さくなることが知られている。図-9は角柱供試体の高さ(H)と幅(D)の比と F_c との関係を示したものである。図-9によれば減摩パッドにゴムシートを用いた場合は H/D が大きくなるにつれて F_c も増大している。これはゴムシートを使用した減摩パッドの高応力時の応力伝達特性が劣化するためと考えられる。一方、圧力シート使用パッドを用いた場合は F_c の値は H/D にかかわらずほぼ一定である。

3.5 コンクリート供試体の横方向ひずみ度 本実験では、図-10に示すように、ゴムシート、フッ化エチレン等を用いた減摩パッド使用の供試体では、供試体の破壊応力度近くの応力になると端面近傍の横ひずみは中央部位置での横ひずみを大きく上回るのに対し、圧力シート、テフロンシートの場合は端面近傍と中央部位置の横ひずみ度と大きな差は認められない。すなわち、圧力シートならびにテフロンシート等を使用した減摩パッドは供試体端面の拘束力を減少させていることがわかる。

4. 結論

以上の結果から、本実験で取扱った減摩パッドの特性を総合評価すると、変形能力の大きい減摩シート材を使用したパッドはたとえ低応力時の摩擦係数が小さくても、高応力時になるとパッド自身の大きな伸び変形のため、供試体端面の応力分布が不均一となり、減摩用パッドとして不相当である。本実験の範囲では圧力シート、ポリプロピレン、テフロンシート等が減摩パッドとして適当であることがわかる。

(参考文献)

- 1) 小阪義夫・谷川恭雄・太田福男, 日本建築学会論文報告集, 第228号, 昭和50年2月, pp.1-11
- 2) 小林昭一, 学位論文, 昭和47年
- 3) 藤井忠義, セメント技術年報, 第29巻, 昭和50年, pp.306-311
- 4) 小阪義夫・谷川恭雄, コンクリートジャーナル, Vol.18, No.6, 昭和45年6月

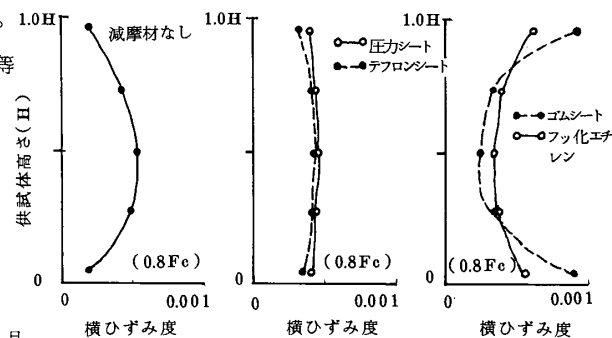


図-10 コンクリート供試体の横方向ひずみ度分布($H/D=1.0$)