

[119] コンクリート充填円形鋼管柱の鋼管と充填コンクリートとの間、付着性状に関する研究

正会員 森下陽一(九州大学) 同 富中政英(九州大学) 同 吉村浩(大阪大学)

§1. 序

コンクリート充填鋼管柱は、鋼管と充填コンクリートの単純累加とはほぼ同じ中心圧縮耐力および大きな靱性を有することが現在までの実験的研究によりわかった。しかしながら、これらの実験は柱の両材端にのみはじめから鋼管部分と充填コンクリート部分を同時に圧縮するという載荷条件で行なわれており、実際の構造物における柱の載荷条件とは異なる。

実際の構造物におけるコンクリート充填鋼管柱にかかる軸力は、はり端のせん断力が柱はり接合部を介して伝達されたものである。通常の接合形式では、はり端のせん断力は柱の鋼管部分にのみ伝達され、充填コンクリートには直接伝わらない。従って、充填コンクリートへ軸力を伝達させるためには、付着応力(あるいは機械的なズレ止め)によるなくてはならないことになる。そこで、鋼管から充填コンクリートへの付着による応力の伝達機構を解明することは重要となる。

付着強度を実験的に求める場合には、その載荷条件によつて付着強度がかなり異なることが知られている。鋼管と充填コンクリートの付着強度を実験的に求める場合も同じような問題があり、実用的な付着強度を求めるためには、できるだけ現実に近い載荷条件で実験を行なう必要がある。以上の判断から、本研究においては長期荷重時の中柱に近い載荷条件として、柱の上端で鋼管部分のみを載荷し、下端で全面を支持するという実験を行ない、その付着性状を検討した。

また、コンクリート充填鋼管柱の付着強度は従来鉄骨鉄筋コンクリート柱などの鉄骨や鉄筋に比べて低くなることが予想される。これは鉄筋などはコンクリートに挿入する場合にコンクリートの硬化乾燥収縮で鉄筋を周囲から締めつけるために、付着のうちの摩擦力が大きくなるが、コンクリートを鋼管に充填する場合にコンクリートの硬化収縮(乾燥収縮はそれほどはさうな)によつて鋼管からコンクリートがはなれようとするため、締めつけが小さくなる。そこで付着強度が大きくなることが期待できるためである。そのため、場合によつては鋼管と充填コンクリートとを一体化し応力の伝達が確実に行なわれるようにすることは必

要となるが、その方法として次の二つを考へて実験のパラメーターとした。

- (1) コンクリートと鋼管の間に圧縮力を作用させて摩擦力をふやするために、膨張コンクリートを充填する方法。
- (2) 機械的に付着力をとるために、鋼管内面にしり面を向け製した鋼管(以下、しり鋼管と略す)を使用する方法。

本報では、円形断面の柱について述べる。

§2. 実験概要

2.1. 試験体

実験に使用した鋼管は、普通鋼管が板厚3.2mmの一般構造用鋼材(材質はSS41)、しり鋼管が板厚3.2mmのSS41相当のしり鋼板で、左延方向を管軸として円形に成形した後、管軸方向に溶接したものである。試験体長さは全長735mm、鋼管の外径は150mmである。なお、全長の鋼管は残留応力除去のため焼鈍および試験体両端部の機械仕上げを行なっている。

表-1に試験体一覧を示す。試験体記号で、最初の大文字P, Cは、それぞれ普通鋼管、しり鋼管を示し、二番目の大文字M, Lは、それぞれ充填したコンクリートの圧縮強度が中程度のもので、低いものを示し、三番目の大文字E, Nは、それぞれ膨張コンクリート、普通コンクリートを充填したことを意味する。

表-2に鋼管の力学的性質を示す。また、表-3にコンクリートの調合、表-4に10^φ20cmのコンクリートシリンダーの力学的性質を示す。表-4によると、同一調合

表-1. 試験体一覧

試験体	鋼管の種類	膨張材添加の有無	充填コンクリートの圧縮強度	試験体数		
				付着実験	面端全面挿	
P・ME	普通鋼管	有	275 (kg/cm ²)	3	1	
P・MN		無		3	1	
C・ME	しり鋼管	有		3	1	
C・MN		無		3	1	
P・LE	普通鋼管	有	203 (kg/cm ²)	3	1	
C・LE		しり鋼管		有	3	1
C・LN				無	3	1

αもα_z膨張コンクリートα_z圧縮強度が低くなる。一方、付着実験終了後、鋼管をはずして取り出した充填コンクリートの圧縮試験の結果は、膨張コンクリートと普通コンクリートがほぼ等しいため、表-1には充填コンクリートの圧縮強度として普通コンクリートの10φ×20cmのシリンダーによる結果を示した。

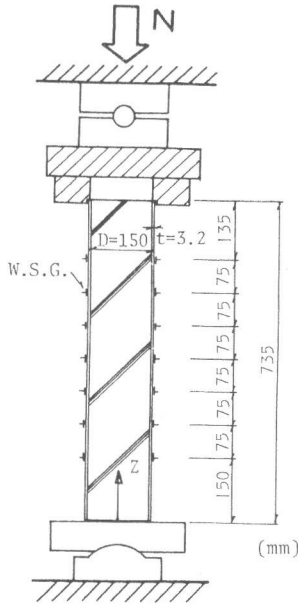


図-1. 載荷方法とW.S.G.の貼付位置。

2.2. 載荷方法および測定方法。

図-1に載荷方法およびZ軸弾性ゲージ(以下W.S.G.と略称)の貼付位置を示す。荷重は50t油圧試験機によって加え、試験体の上端では治具を使い、鋼管部分のみに載荷し、下端では鋼管とコンクリートの全面を支持した。測定したひずみ度が、断面の平面保持条件が成立した時のひずみ度に達したかどうかを見比べるため、別に用意した同一条件の試験体で上下端を全面圧縮とする実験を行った。

材長方向のひずみ度分布は、図-1に示す鋼管表面の対角方向7断面に貼付したW.S.G.によって測定した。

3.3. 実験結果および考察。

3.1. 軸方向圧縮ひずみ度s_{Ez}の材長方向分布。

図-2に、鋼管の軸方向圧縮ひずみ度s_{Ez}の材長方向に沿った分布の数列を示す。縦軸αは試験体下端から

表-2. 鋼管の力学的性質。

鋼管の種類	σ _y (kg/cm ²)	E (x10 ⁴) (kg/cm ²)	E _y (%)	E _{st} (%)	E _{st} /E _y	σ _u (kg/cm ²)	E _f (%)
普通鋼管	2570	2.16	0.13	2.36	18.2	3470	34.0
シ管	2550	2.18	0.13	2.50	19.2	3560	32.9

表-3. コンクリートの調合

試験体	W/C (%)	水 (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)		砂 (kg/m ³)	砂利 (kg/m ³)	スラブ ^o (cm)
			セメント	CSA*			
ME	59	182	262	46	866	995	6
MN	59	182	308	—	866	995	7
LE	74	189	217	38	905	996	7
LN	74	189	255	—	905	996	5

* CSAは使用した膨張材の商品名である。

表-4. 10φ×20cmのコンクリートシリンダーの力学的性質

試験体	圧縮強度 (kg/cm ²)	平均値 (kg/cm ²)	試験体	圧縮強度 (kg/cm ²)	平均値 (kg/cm ²)
ME	240, 232, 215	229	LE	184, 170, 156	170
MN	282, 275, 268	275	LN	215, 213, 182	203

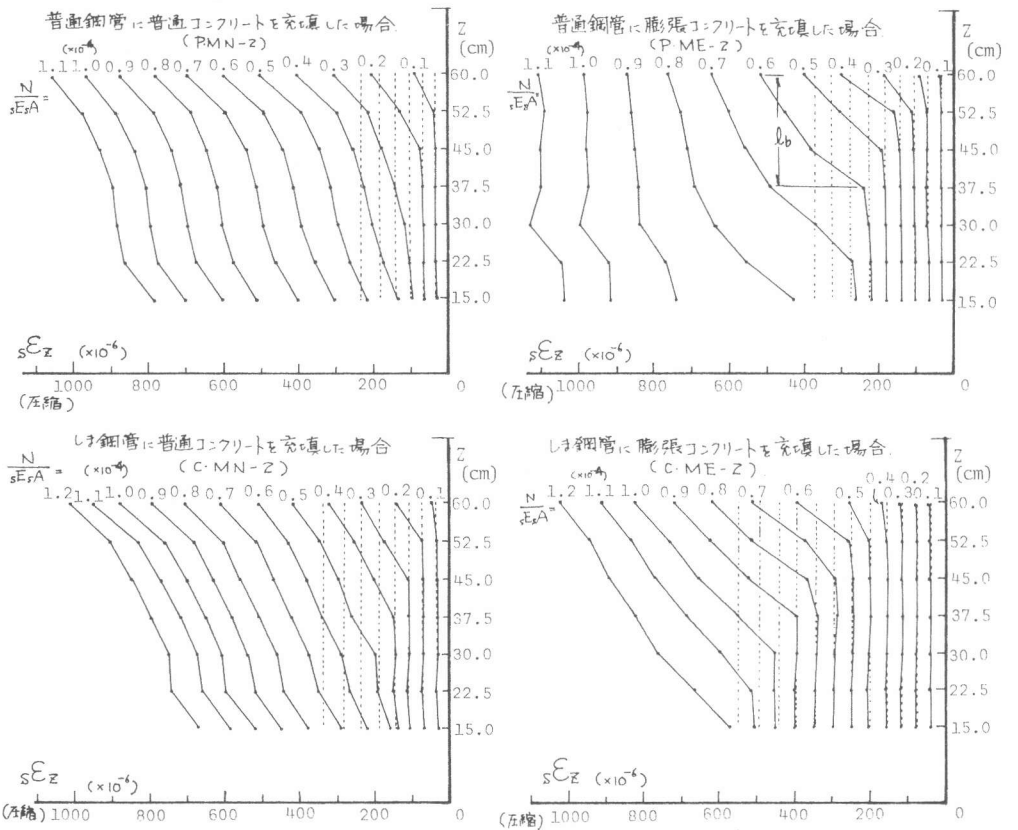


図-2. 軸方向ひずみ度s_{Ez}の材長方向分布。

ひずみ度測定断面(W.S.G.貼付位置)までの長さを示す。また柱の両端で鋼管と充填コンクリートと同時に圧縮した実験結果で破線を示している。ひずみ度の変化してゐる部分(図中のlb部分)が付着力αを生じている部分で、付着によって鋼管の軸力が徐々に充填コンクリートにありつつある。加之られる軸力が大きくなるとlb部分が長くなり、軸力の伝達に要する

柱長が長くなることと
示している。ひずみ度が
一定の部分、鋼管と充
填コンクリートの平面保
持が成立している部分で
あり、この部分のひずみ
度は柱の両端で鋼管と充
填コンクリートを同時に
圧縮した実験のひずみ度
と等しい。

3.2. フープ方向引張 ひずみ度 $s\epsilon_{\theta}$ の材長 方向分布

図-3に、鋼管のフープ
方向引張ひずみ度 $s\epsilon_{\theta}$ の
材長方向分布の一例を示
す。

3.4. 付着強度の検討

柱の上端から平面保持がな
りた断面までの柱長を l_b
(図-2参照)とし、この間
では付着が一様に分布する
とした時の平均付着強度 F_{a0}
とすると次(1)式が成立す。

$$N - sA \cdot s\bar{\sigma}_z = F_{a0} \cdot \psi \cdot l_b \quad (1)$$

- N : 載荷または軸力。
- sA : 鋼管の断面積。
- $s\bar{\sigma}_z$: 平面保持がなりた断面での鋼管の軸方向応力。
- ψ : 鋼管の内表面の周長。

(1)式を整理するために、 $D \gg t$ (D : 鋼管の外径、 t :
鋼管の管厚)より、 $sA \approx \pi(D-t)t \approx \psi \cdot t$ とすると次
(2)式が得られる。

$$F_{a0} = \left(\frac{N}{sA} - s\bar{\sigma}_z \right) \cdot \frac{t}{l_b} \quad (2)$$

ここで、 $N/sA = s\bar{\sigma}_{z0} = sE s\epsilon_{z0}$ とする ($s\bar{\sigma}_{z0}$: 柱の上端
の鋼管の軸方向応力、 $s\epsilon_{z0}$: 柱の上端での鋼管の軸方向
ひずみ度)。

図-4に、(2)式より求めた F_{a0} と $s\epsilon_{z0}$ ($s\bar{\sigma}_{z0}$) の関係を示
す。図の実線と結んだ部分は平面保持がなりた部分が生
じている荷重階での F_{a0} を求めたものであり、破線部分は
この実験の柱長での平面保持がなりた部分が生じな
くなった荷重階での F_{a0} である。

普通鋼管に普通コンクリートを充填した場合は、 $F_c =$
270 kg/cm² 程度の $F_{a0} = 2 \sim 3$ kg/cm² 程度である。このシリ-

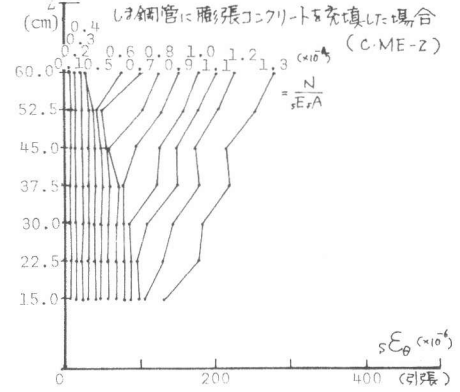
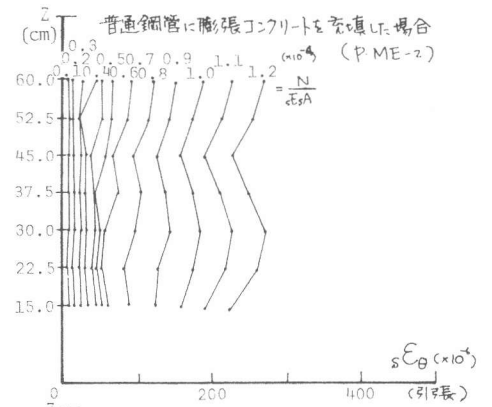
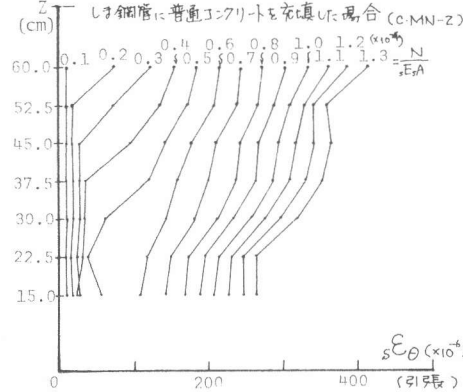
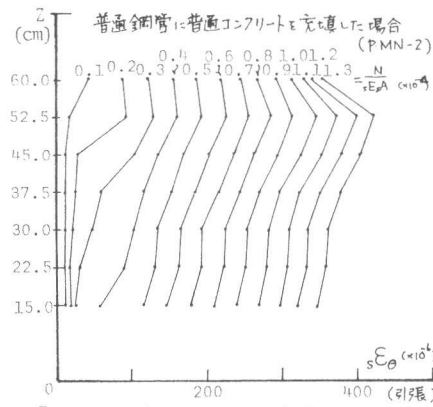


図-3. フープ方向ひずみ度 $s\epsilon_{\theta}$ の材長方向分布。

ズは F_c の種類に依るが、レキ鋼管
に普通コンクリートを充填した場
合では F_c が高くなる、 F_c が
高くなる、 F_{a0} が大きくなるこ
とはならない。逆に、膨張コン
クリートを充填した場合は、 F_c
が高くなる、 F_{a0} が大きくなる。
これは F_c が高くなるが膨張材
の混入量が多く、初期膨張量も
大きいと思われる。付着強度に
は、この初期膨張量が影響する
ためと思われる。しかし、加え
らる軸力が大きくなると、鋼管
のたわみが大きくなり初期膨張
の効果による摩擦力が期待でき
なくなるため、最終的には普通
コンクリートを充填した場合と
ほぼ同じになる。

以上に述べた平均付着応力 F_{a0} は l_b (図-2参照)
の部分で付着が一様に分布する
として求めたが、図-2によれば
 l_b の部分は直線ではなく、従
ってこの断面での付着強度 F_a
を求めるためには、その値は異
なる。そこで図-5に示すよう
に、ある程度充填コンクリート
にも軸力が伝わっている部分
の断面(この時の鋼管とコン
クリートのひずみ差 $s\epsilon_r$ 、
 $s\epsilon_c$ の差 $\Delta\epsilon_r = s\epsilon_r - s\epsilon_c$ とす
る)から平面保持がなりた断
面までの部分での付着強度 F_a
を求めた。

図-6に F_a と $\Delta\epsilon_r$ の関係を示す。図の各
実線は平面保持がなりた部分
でのひずみ差 $\bar{\epsilon}_r$ の違いによ
って F_a の値がどのように変
わるかを見るために、特定の $\bar{\epsilon}_r$ に

する $F_a - \Delta E_z$ 関係
 を示したものである。
 前述の F_{a0}
 α 値は特定 \bar{E}_z
 に対して、最も
 大きな ΔE_z の値
 に対応する。

図-6 によれば、
 ΔE_z の値が大き
 ければ、 F_a の値は
 いくぶん小さく
 なる傾向がある。
 これは、鋼管と
 充填コンクリート
 との α の差 ΔE_z が
 大きければ、その
 差 ΔE_z の関係
 により鋼管の

より抗がろうとする：と
 思われる。

5.5. 結び.

長期荷重時の中程に近い
 載荷条件として、柱の上
 端に鋼管に α の載荷し、
 下端を全面を支持する
 という実験を行なう。
 鋼管とコンクリート
 との間 α の付着性状を
 検討した。その結果、
 次のようになる。

- 1) 普通鋼管に普通コン
 クリートに充填した場
 合は、通常鉄骨鉄筋
 コンクリート柱などに
 比べた付着強度は小
 さい値となる。
- 2) 膨張コンクリート
 を充填する方法とし
 て鋼管を使用する方
 法

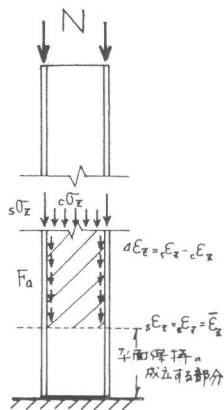


図-5. 付着強度の検討.

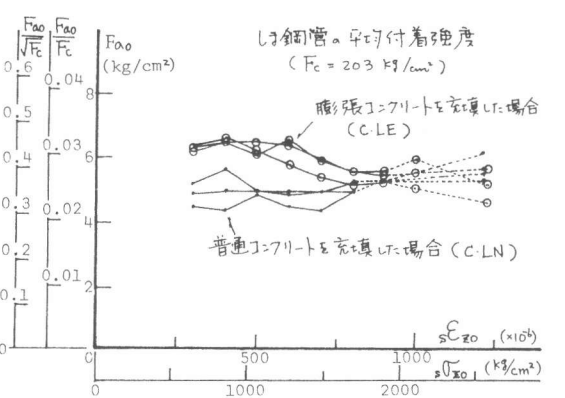
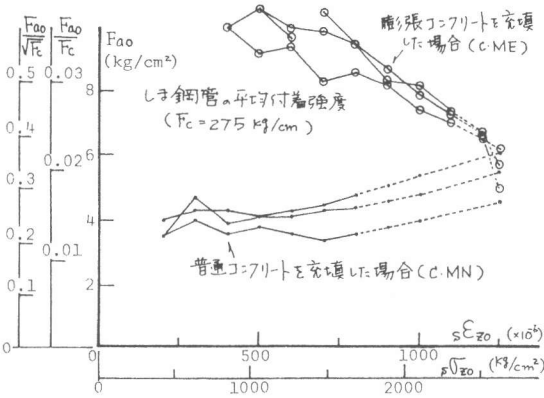
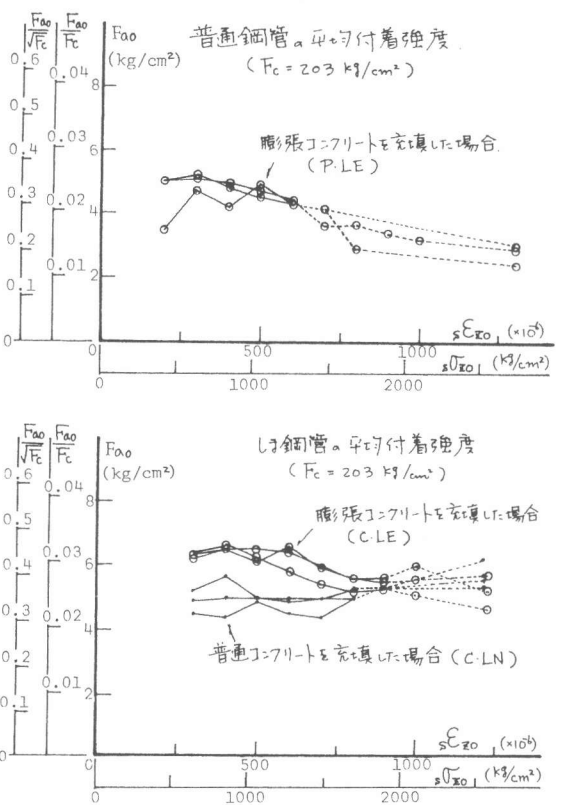
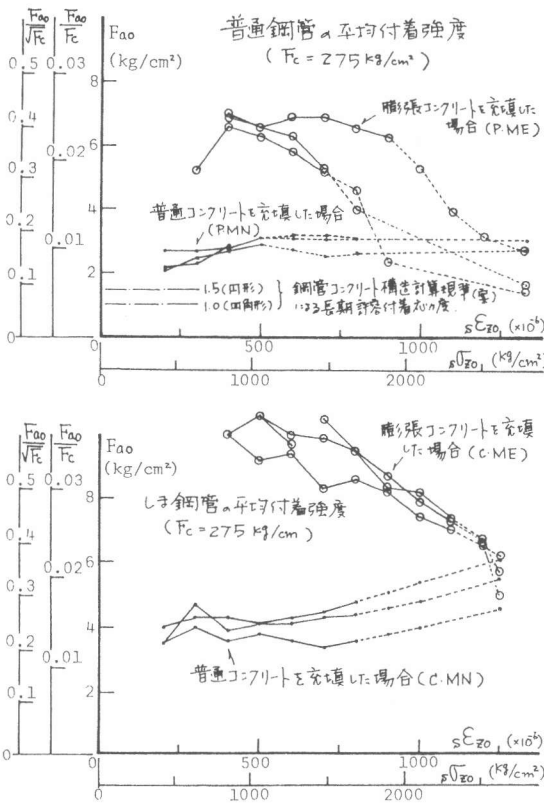


図-4. $F_{a0} - sE_{z0}$ 関係.

は、付着強度を改善する α に有効である。

謝辞:

本研究は文部省科学研究補助金 α の援助を受け
 行なった。また、日本鋼管 $k.k.$ より資料 α の援助を
 受けた。実験にあたり、九州大学大学院生渋谷
 修氏、および4年生川野浩一氏 α の援助を受けた。
 これに深く感謝する。

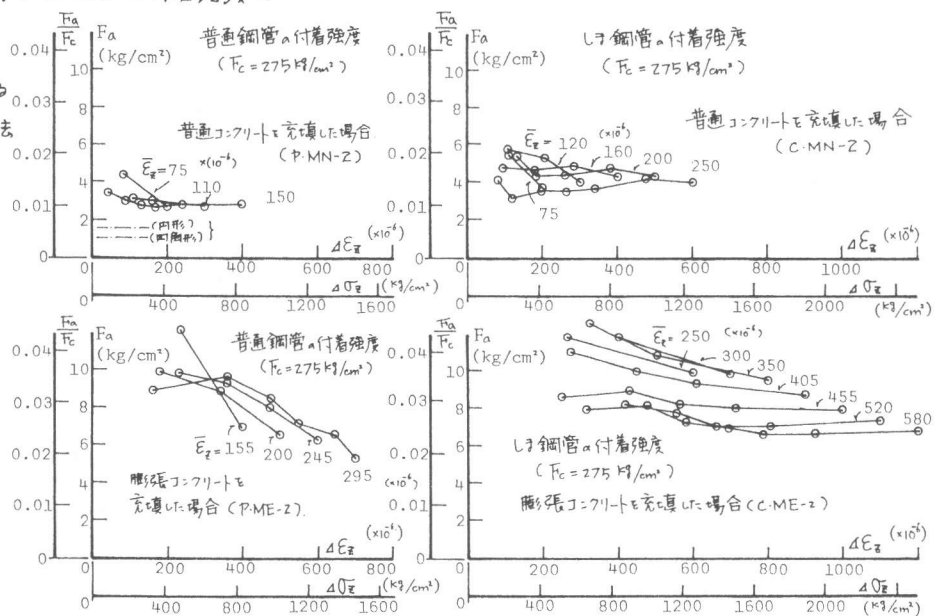


図-6. $F_a - \Delta E_z$ 関係.