

(82) プレストレス導入に伴う建物のPC梁の構造的挙動

清水建設(株) 技術研究所 正会員 ○藤井 忠義

1. はじめに

PC(プレストレストコンクリート)構造は設計通りのプレストレスが導入されて成り立つ構造形式である。設計通りのプレストレスが導入されているかどうかを確認するため通常は緊張端部のジャッキによる導入プレストレスを確認しているが、実際に梁またはスラブに導入された応力を確認する事は極めてまれである。このことから典型的なフルプレストレスの現場打ちPC梁を持つ8階建の事務所ビルの工事に際し、2階PC梁のプレストレス導入時に、設計上要求するプレストレスが梁に導入されているかどうかをPC梁のコンクリート中に埋設したゲージで測定した。併せて、3階部分のコンクリート打設と3階PC梁の緊張、4階部分のコンクリート打設が2階PC梁及び1~3階のパイプサポートにどのような影響を与えるかを計測し有意義なデータを得たのでここで発表する。

2. 建物の概要及びPC鋼材と緊張工法

2.1 建物の概要

場所打ちPC造 8階建 階高30.815m

スパン X方向 25.55m (18+2.4+5.15m) Y方向 18m (5×3.6m)

PC梁 2~R階 但し各階②~⑤通り(スパン18m) 断面 50×100cm スラブ厚14cm

2.2 PC鋼材と緊張工法

PC鋼材 SWPR7B 7本よりφ12.7mmストランド

PCケーブル 6本×φ12.7mm $P_y=95.4t$ $P_u=112.2t$

端部緊張力 $P_1=83.4t=0.85P_y \times 1.03$ 本数 4ケーブル/梁

緊張工法 VSL工法(クサビ定着)

3. 計測

3.1 計測項目

計測を行った項目は以下
のようである。

- ・2階PC梁のコンクリートの内部ひずみ(応力): 20点
- ・2階PC梁中央の鉛直変位: 2点
- ・1, 2, 3階パイプサポートの作用荷重: 各階サポート1点
- ・コンクリートの強度、弾性係数: テストピース3本

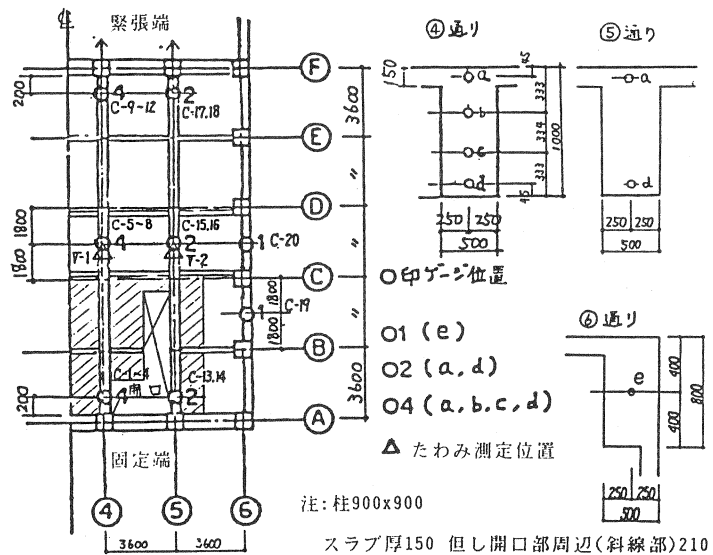


図-1 計測位置(平面図)

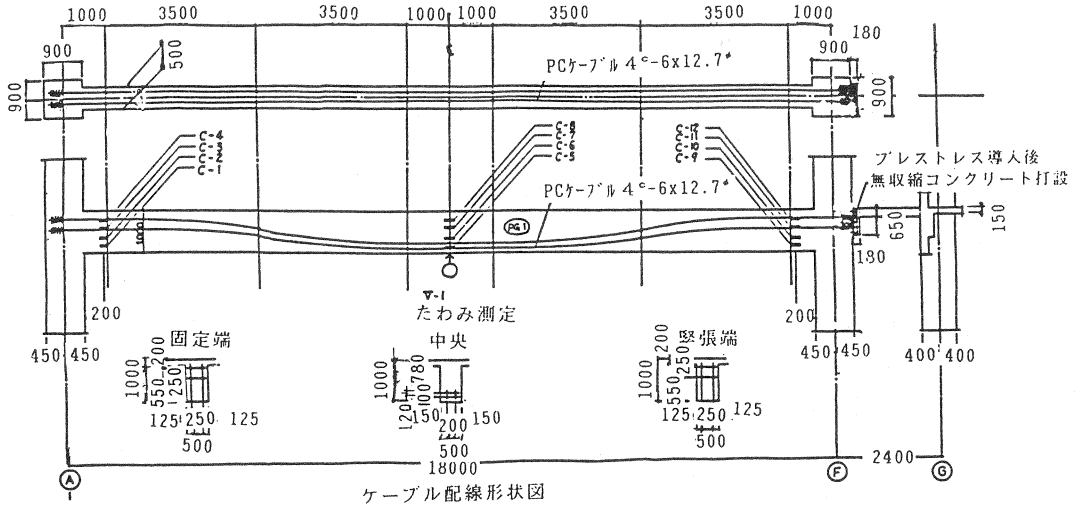


図-2 ゲージ位置とPCケーブル配置

3.2 計測方法

コンクリートの内部ひずみはコンクリート内部に埋めこんだモールドゲージで測定しそのひずみ値に弾性係数を乗じて応力を求めた。

梁の鉛直変位は電気式ダイヤルゲージで測定した。

パイプサポートの作用荷重はサポートに貼付したワイヤーストレインゲージで測定したひずみ値から求めた。但しサポートの荷重は3階PC梁の緊張時点から測定した。

コンクリートのテストピースは2階梁、スラブの打設時に採取したものでその弾性係数はワイヤーストレインゲージを貼付して求めた。

3.3 計測位置

モールドゲージは図-1、2に示すように2階④、⑤通りのPC梁(スパン18m)の両端部(緊張端と固定端)と中央部、及び⑥通りのRC梁の中央部に埋設した。④通りの梁では各部4点(梁の上端側と下端側及び中央位置2か所)の計12点、⑤通りの梁では各部2点(梁の上端側と下端側)の計6点、また⑥通りではRC梁であることから梁の中央位置2点の計20点のモールドゲージで測定した。

変位は④、⑤通りのPC梁のスパンの中央位置で測定した。

パイプサポートの荷重は図-3に示すように4階梁のコンクリート打設時にそれを支持する1~3階のサポートで測定し、その位置は④通りPC梁を中央で支持するサポートである。

4. 計測結果

4.1 緊張による導入ひずみと変位

緊張により2階④通りPC梁のスパン中央部と緊張端に導入されたコンクリートのひずみの例を図-4、及び5に示す。またプレストレス導入による梁の中央部のむくりを図-6に示す。

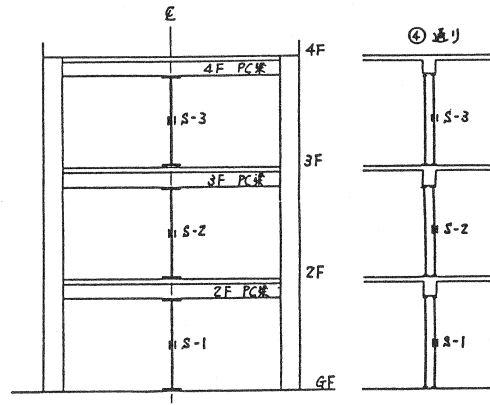


図-3 計測したサポート位置

2階PC梁のプレストレス導入以後、3階PC梁のコンクリート打設と緊張、及び4階PC梁のコンクリート打設までの約1か月間の期間を通してのコンクリートのひずみと梁の変位の経時変動を図-7~9に示す。

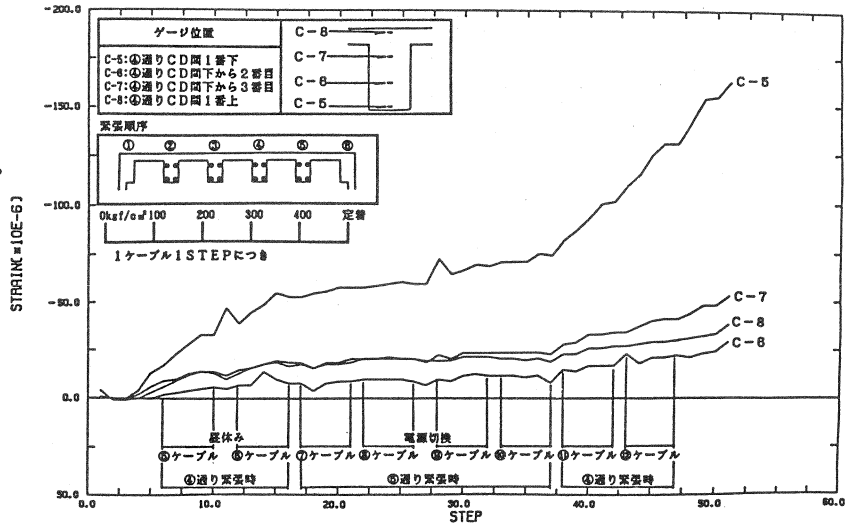


図-5 緊張時のコンクリートの導入ひずみ：④通り中央部

4.2 パイプサポートの荷重変動他

3階PC梁緊張時から4階梁スラブのコンクリート打設時までのサポートの荷重変動を図-10に示す。

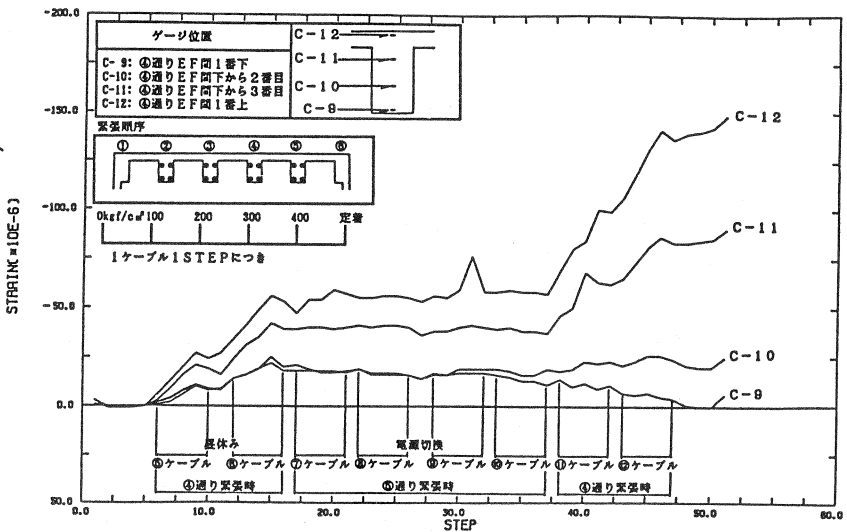


図-4 緊張時のコンクリートの導入ひずみ：④通り緊張端

またコンクリートの強度、弾性係数を表-1に示す。

5. 考察

5.1 2階PC梁の緊張による導入ひずみ(応力)

緊張により梁の緊張端及び中央部に圧縮ひずみが導入され、緊張力が21.2 t、42.4 t、63.6 t、83.4 tと増大すると共に導入ひずみも比例的に増大するが、クサビ定着後のひずみは最大緊張力時の値と変わらない。また隣の通りの梁の緊張によっても圧縮ひずみが多少増大しておりプレストレスはスラブを介して伝達していることが解る。

梁の導入ひずみは梁の全断面で均一でなく端部では梁の上側が、中央部では梁の下側が大きく、PCケーブルの位置に近いコンクリートほど大きな圧縮ひずみを示す。但し梁の上端側にはスラブがあつてみかけ全断面積が大きいいため導入ひずみは他の位置より小さい。

全ケーブル緊張後のひずみの最大値は⑤通り固定端の梁の上端側で189 μ (圧縮応力は68.0 kg/cm²)であるがこの位置はスラブに開口があり梁の断面積が小さいためである。

次に大きいひずみは④通り中央部のT形梁の下端側で 163μ ($59.5\text{kg}/\text{cm}^2$)である。

緊張による導入ひずみを基に計算した導入応力を表-2に示す。但しコンクリートの弾性係数は試験から得た $3.65 \times 10^6 \text{kg}/\text{cm}^2$ とした。

この梁断面の各部の実測応力値から梁全体の平均応力を求め、導入プレストレスを梁断面積で割った計算値と比較したところ⑤通り固定端を除き実測値/計算値は $0.83 \sim 0.93$ と良い一致を示し、ほぼ計算通りのプレストレスが導入されていると考えられる。

5.2 2階PC梁の緊張以後の挙動

緊張以後クリープによる圧縮ひずみの増大が見られるようであるが上階の施工用資材の荷重による曲げの影響もあり明確なことは解らない。2階のPC梁は3階のコンクリート打設による荷重で曲げを受ける。しかし2階PC梁中央下端の3階のコンクリート打設による引張ひずみは 50μ と、緊張により導入された圧縮ひずみ 163μ より小さくPC梁のコンクリートは圧縮応力状態にある。3階PC梁の緊張を行うとサポートを介して2階PC梁に作用していた3階梁の荷重が多少減少する様子、すなわち 19μ の圧縮ひずみの増大が見られる。4階のコンクリート打設が2階PC梁に及ぼす影響は3階のコンクリート打設の影響と同じで2階PC梁は曲げを受けるが、わずかに 15μ の引張ひずみの増大とその影響は極めて小さい。

2階PC梁は最終的には全断面が圧縮応力状態にあり導入プレストレスが有

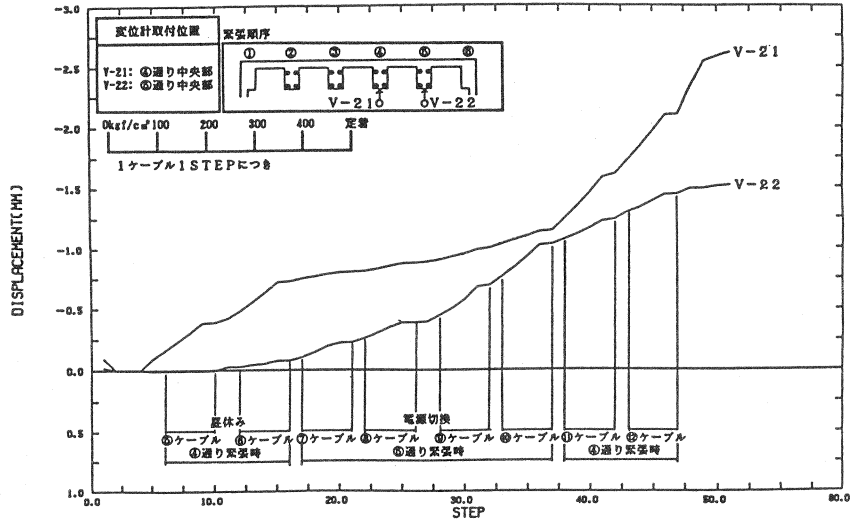


図-6 緊張時の梁中央のむくり：④通り

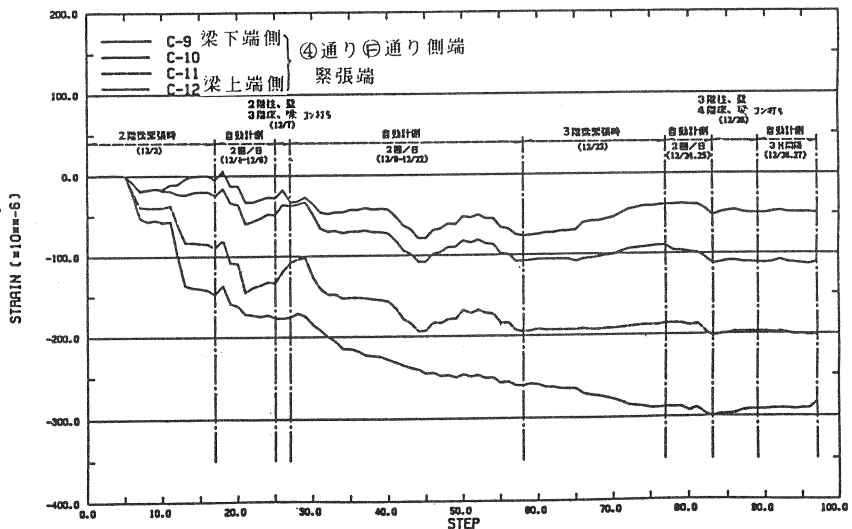


図-7 計測の全期間を通したコンクリートひずみの変動：④通り緊張端

効に働いている。

5.3 PC梁のむくり

緊張によりPC梁はむくりを生じ緊張力の増大に伴いむくりも増大するが定着後は最大緊張力時のむくりとほぼ同じである。

また隣の通りのPC梁の緊張によってもむくりが多少生じる。

全ケーブル緊張後のPC梁の中央むくりは④通り2.618mm, ⑤通りで1.516mmでスパン18mに対し約1/7000以下と極めて小さい。

⑤通りの梁のむくりは④通りの梁のむくりの約半分と小さいが、これは隣の⑥通り梁にRC

造の壁がついているためと考えられる。

3階のコンクリート打設により④通り梁1.047mm, ⑤通り梁0.565mmのたわみを生じるが、緊張によるむくりに比べて小さくまだむくりが残留している。

3階PC梁の緊張により3階梁の荷重が減少するため2階PC梁はむくりを生じる。しかし4階のコンクリート打設は3階のコンクリート打設と同様に2階のPC梁に対し各々0.521mm, 0.102mmのたわみを生じる。

しかし最初の緊張で生じたむくりが大きく計測の最終段階でもまだむくりが残留している。

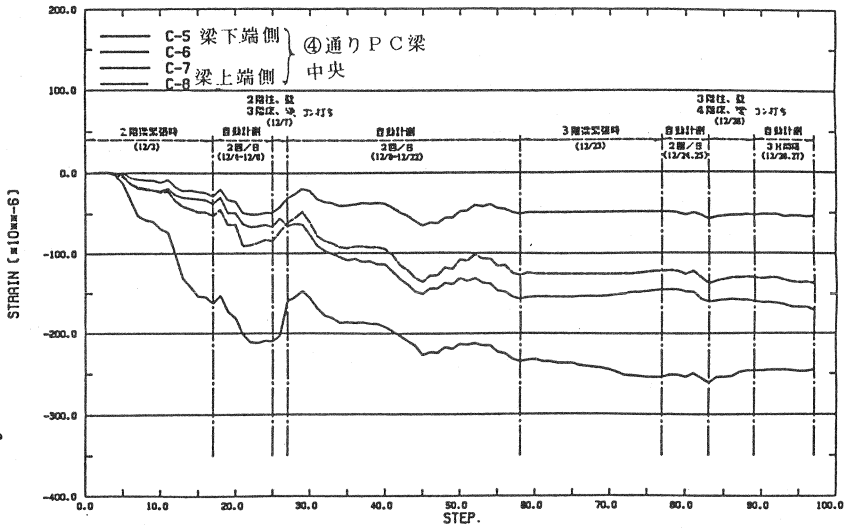


図-8 計測の全期間を通したコンクリートひずみの変動: ④通り中央部

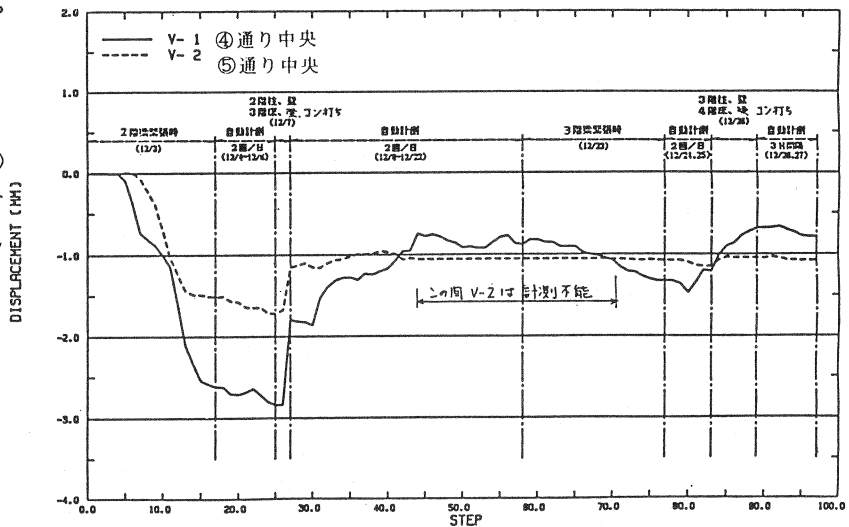


図-9 計測の全期間を通した梁中央の変位の挙動: ④通り

表-1 コンクリートの強度、弾性係数

試験体 No.	最大荷重時			1/3 荷重時			σ_{27} 平均 E_{Vs} (kg/cm^2)	ひび割れ比 β ($\frac{300\mu}{770\mu}$)
	荷重 (kg)	ひび割れ (mm)	ひび割れ (mm)	荷重 (kg)	ひび割れ (mm)	ひび割れ (mm)		
No.1	39,950 (322)	-1899	432	13,735	-483	94	3.62×10^5	0.195
No.2	40,950 (322)	-1980	354	14,275	-504	100	3.59×10^5	0.198
No.3	37,630 (272)	-1786	537	12,105	-412	88	3.74×10^5	0.214
床面平均	523						3.65×10^5	0.202

5.4 パイプサポートの荷重変動

サポートの作用荷重は表-3に示すように梁の緊張により減少し、コンクリートの打設時に大きい。4階のコンクリート打設による作用荷重は3, 2, 1階のサポートで各々1.020, 0.813, 0.250 tである。当然下階のサポートほどその作用荷重は小さく1階サポートの作用荷重は3階サポートの約1/4である。

5.5 コンクリートの強度、弾性係数

コンクリートの試験は材令17日でφ10×20cm供試体3本で行ったもので圧縮強度は503kg/cm²弾性係数は3.65×10⁶kg/cm²と共に大きくコンクリートの設計基準強度350kg/cm²より大きい。

これは2階梁が最初に打設するPCであり安全のため高強度の調合を採用したためである。

6. まとめ

今回の計測で以下の事が解った。

(1). 梁の緊張により導入される圧縮応力は梁の断面に均一でなくPCケーブルに近い位置ほど大きい。しかし導入応力の平均値は計算値の83~93%とほぼ計算値に近い。

(2). 3, 4階のコンクリート打設による荷重はサポートを介して2階PC梁にまで伝達しPC梁は曲げを生じる。

しかし発生する引張応力は導入圧縮応力よりかなり小さい。

(3). 2階PC梁に導入された圧縮応力は計測の最終段階でも残留しており、PC梁はフルプレストレスの良好な状態にある。

(4). 緊張により④通り梁中央で2.618mm, ⑤通り梁中央で1.516mmのむくりを生じている。以後4階のコンクリート打設後まで梁はむくりを生じた状態のままである。

(5). 4階の梁、スラブのコンクリート打設による荷重は1階のサポートにまで伝達しているが2, 3階のサポートに比べその作用荷重は小さい。

以上のように梁にはほぼ計算通りの応力が導入され、導入された圧縮応力とむくりが最後まで残留し、導入プレストレスがその上階の工事の際に有効に働くことが解った。

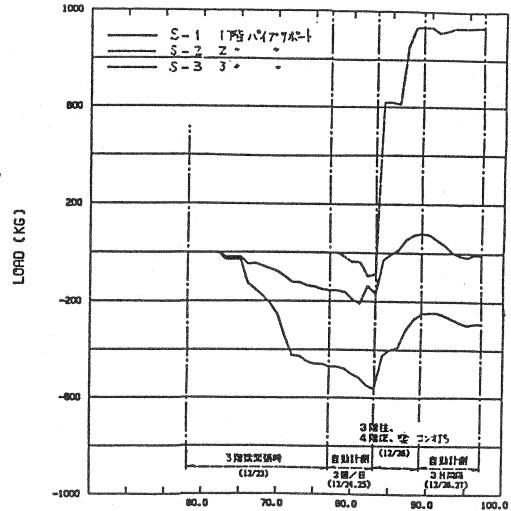


図-10 サポートの作用荷重の変動状況

表-2 緊張による梁各部の導入応力

④通り梁

固定端	応力 kg/cm ²	中央	緊張端
C-4	40.0	C-8	13.7
3	31.5	7	17.1
2	23.4	6	10.4
1	11.9	5	58.7
平均	31.7		25.5
計算	35.1		30.9
平均/計算	0.90		0.83

⑤通り梁

固定端	応力 kg/cm ²	中央	緊張端
C-14	68.0	C-16	10.1
C-13	18.0	C-15	47.2
		C-17	5.8
平均	43.0		23.7
計算	33.0		30.7
平均/計算	1.30		0.73

表-3 サポートの変動荷重

記号	階	単位 t		
		ゲージ貼付時の作用荷重	3階梁緊張による減少荷重	4階コンクリート打設による増大荷重
S-1	1	0.670	0.155	0.250
2	2	0.847	0.471	0.813
3	3	0.370	---	1.020