

# V-118 プレキャストコンクリート部材を利用したコンクリート合成柱に関する基礎研究

東京大学

国分正胤

○ 田辺定顕

プレキャストコンクリート部材の適切な使用は、各種土木コンクリート構造物を、一層迅速容易に、かつ経済的に建設する事を可能ならしめる場合がある。その一例としてプレキャストコンクリート部材に新コンクリートを打設した合成部材があげられる。曲げ部材は、プレキャスト合成部材を使用した例は、これ迄にも相当数報告されているが、プレキャスト部材を使用したコンクリート合成柱は余り例がない。しかしこの種の合成柱の利用が有利となる構造物材も相当にあると思われるので、これらについての基礎研究を行った。コンクリート合成柱に於ける主たる問題は軸方向力に対する一体性であるので、プレキャストコンクリート柱の周囲に場所打ちコンクリートを打設して作製した合成柱に中心軸方向荷重と作用させて試験し、場所打ちコンクリートの付着の良否及び品質の相違その他が合成柱の力学的性状、特に耐力に及ぼす影響を検討したのである。

1 試験方法 円管断面のプレキャストコンクリート柱の周囲に場所打ちコンクリートを打設して、八角形断面で長さ2mの合成柱を作製した。供試体の数は全部で6本である。(表-1参照) プレキャストコンクリートには、径20cm厚さ5cmの遠心力締固め、蒸気養生による円管断面の無筋コンクリート柱、並びに約90kg/cm<sup>2</sup>のプレストレスが導入してある径30cm厚さ6cmのプレテンション方式遠心カプレストレストびい(PCびい)を使用した。これらのプレキャストコンクリート柱の周囲に打設した場所打ちコンクリートの厚さはいずれも5cmである。したがって合成柱供試体は直径30cmの八角形断面で長さ2mのもの5本と、直径40cmの八角形断面で長さ2mのもの1本である。

上記の様には作製した供試体には東大大型構造物試験室の2000TON万能試験機により、中心軸方向力と作用させ圧縮破壊させた。荷重は推定破壊荷重の1/2の荷重点、段階的に作用させ段階的に零に戻した。次に段階的に荷重をあげ破壊に到らせた。ワイヤーストレインゲージをプレキャスト柱の高さの1/2の表面の6個所、及び同じ高さの場所打ちコンクリートの表面の4個所(図-1参照)に貼付して、荷重にともなう合成柱各部の歪を測定した。スダイヤルゲージを柱の高さの1/2の位置に4個所配置し、荷重にともなう、合成柱の中央断面の横方向の変形を測定し又合成柱の上部下部の4個所に配置し、縦方向の変形を測定した。

表-1 供試体寸法

|       | 断面形状 |                |                | 場所打ちコンクリートの品質                     |                                   | 新旧コンクリートの付着有無 | ラベン鉄筋量 |
|-------|------|----------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------|--------|
|       | D    | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> | σ <sub>s</sub> kg/cm <sup>2</sup> | σ <sub>w</sub> kg/cm <sup>2</sup> |               |        |
| PCL-1 | 20   | 4              | 5              | 485                               | 206                               | 無             | 0      |
| PCL-2 | 20   | 4              | 5              | 453                               | 197                               | 有             | 0.68   |
| PCL-3 | 20   | 4              | 5              | 476                               | 312                               | 無             | 0      |
| PCL-4 | 20   | 4              | 5              | 455                               | 294                               | 有             | 0.68   |
| PCL-5 | 20   | 4              | 5              | 247                               | 247                               | 無             | 0      |
| PCL-6 | 30   | 6              | 5              | 491                               | 319                               | 有             | 0.15   |

注 σ<sub>s</sub>: 強部コンクリート強度  
σ<sub>w</sub>: 弱部コンクリート強度  
PCL-6のプレキャストコンクリート柱には90 kg/cm<sup>2</sup>のプレストレスが導入



## 2 場所打ちコンクリートの付着の良否が合成柱の弾性的性質に及ぼす影響

この種の合成柱として最も簡便で実用的なものは、ラセン鉄筋で十分補強したPCぐいの中空部に、中詰めコンクリートを打設し中実な断面とした合成柱である。この種の合成柱に於ては、まず場所打ちコンクリートの付着の良否が合成柱の弾性的性質に及ぼす影響を検討する必要がある。この検討のための試験を行う場合、パイロ内室の適当な位置に歪測用ゲージと埋込むのは容易でなく、中詰めコンクリートの破壊機構を観察する事も困難となる。それでパイロの外側に場所打ちコンクリートを打設して供試体と作製したのであるが、この種の合成柱に於ける新旧コンクリートの付着の良否の影響は、外側に打設した方が単純化され、解析も容易であると考えたからである。

PCぐいの外側に場所打ちコンクリートを打設しその相互の付着が十分にある場合には、この種の合成柱が破壊荷重の極く近く迄一体として仕舞う事は当然であるが、試験結果もこれと全く一致した。即ち表-2に於てPCL-3の場合  $A_{cpc} + A_{sp}$  で計算される計算値と実測値との比は、1.03となつたのである。場所打ちコンクリートと中詰めした合成柱に於て合成柱上面に荷重が一律に載荷される場合の終局耐力も上記と大差無いと思われる。

しかしPCぐいに場所打ちコンクリートを打設する際には高いところから狭い場所にコンクリートを打込む事になるので止むを得ずスラニアの大きなコンクリートを使用する場合が多いと思われる。その場合にはコンクリートのブリージングが著しくなりPCぐい壁面と場所打ちコンクリートとの間には十分な付着を期待する事は出来ない。又PCぐいの外面は非常に平滑でもある。それで新旧コンクリートの付着が全く無い場合の合成柱を作製し試験した。付着を無くするには、アレキヤストコンクリートの表面に、細粘土を塗布する事によって行った。その結果、場所打ちコンクリートの品質が軸方向に沿って一定の時には、たとえ新旧コンクリートの付着が無くても合成柱は一体のものと同様な変形、荷重分担を行う事が明らかとなった。即ち破壊荷重の直前迄、場所打ちコンクリートとアレキヤストコンクリートの歪み歪が一致していたのである。

場所打ちコンクリートにスラニアの大きなコンクリートを用いると材料の分離が著しくなり上部と下部とに於けるコンクリートの品質に差を生じる場合があり、パイロの高さが高い場合には、中途に、場所打ちコンクリートの打継ぎを設ける事も必要となり、打継ぎ部でコンクリートの品質が低下する事も考えられる。この様なコンクリートの品質の差が合成柱の一体性に及ぼす影響と確かめるため、特に場所打ちコンクリートの品質を軸方向に二種類に変化させ実験した。その結果、場所打ちコンクリートの品質が軸方向に沿って変化する時には、PCぐいと場所打ちコンクリートの付着が合成柱の静的性状に可成り大きな影響を及ぼす事が判明した。例えは図-2に付着が無く現場打ちコンクリートの圧縮強度が上部、下部で  $400 \text{ kg/cm}^2$ 、中間部で  $200 \text{ kg/cm}^2$  の供試体PCL-2の歪と荷重の関係が示されたが、同一断面に於けるアレキヤストコンクリートの歪と現場打ちコンクリートの歪とが異なっているのである。即ちこの種合成柱に

図-1 各種ゲージ位置

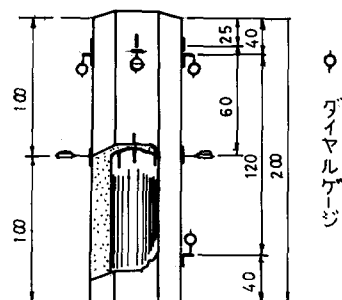
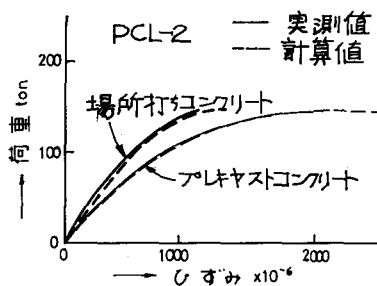
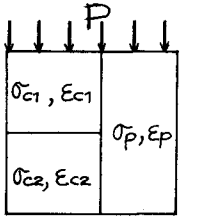


図-2 同一断面に於けるアレキヤストコンクリートと場所打ちコンクリートの歪



於ては、ある荷重に於る合成柱内部と合成柱外部が相異なる変形を生じているのである。ゴニクリート合成柱のこの種の性状は次の様に考えれば定量的に解析する事が可能と認められた。この例は場所打ちゴニクリートの品質が2種類に変化する場合であるが、多種類に変化する場合でも同様に考える事が出来る。



場所打ち  
ゴニクリート

打ちゴニクリートの品質が2種類に変化する場合であるが、多種類に変化する場合でも同様に考える事が出来る。

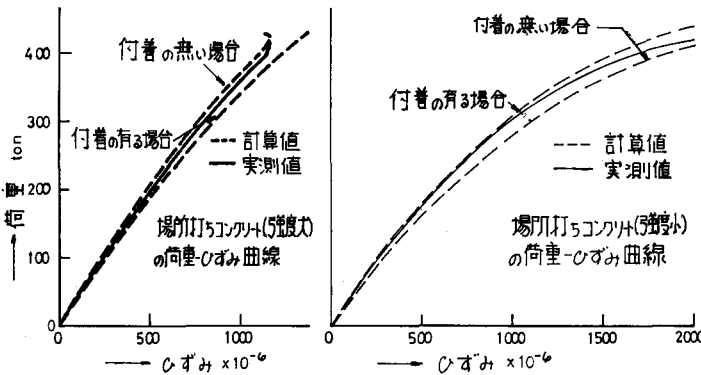
$$P = A_{c1} \sigma_{c1} + A_p \sigma_p$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{c2}, \quad \sigma_{c1} = f(\epsilon_{c1}), \quad \sigma_{c2} = f(\epsilon_{c2})$$

$$\sigma_p = f(\epsilon_p), \quad \epsilon_{c1} \cdot l_1 + \epsilon_{c2} \cdot l_2 = \epsilon_p (l_1 + l_2)$$

ここで  $P$  は合成柱に作用する荷重であり、 $A$  は面積、 $\sigma$  はゴニクリートの圧縮強度である。サフィスの  $C1, C2$  は、場所打ちゴニクリートとプレキャストゴニクリートを表わしている。ゴニクリートの歪と応力との関係式が求められている場合にはこれらの式を連立させて各荷重指に於る  $\sigma_{c1}, \sigma_{c2}, \sigma_p$  を求める事が出来る。図-2, 図-3 に示した計算値はゴニクリートの応力、歪の関係は Hognestad の応力-歪関係を使用し計算したものである。図-3

図-3 PCL-G に於る荷重と各部歪との関係



に於て荷重360TON付近迄は合成柱各部の歪は付着のある場合の計算値と一致しているが、荷重が更に大きくなると徐々に付着の無い計算曲線に近づいて行くのであつて付着が切れた事が示されている。図にも示されている様に、現場打ちゴニクリートの強度の弱いところに歪が集中するので付着の無い場合の特徴的な

性質である。以上要するに合成柱が一体となつて働く為の必要条件が破壊の直前迄各部が十分に付着している事である事が明示されたのである。

### 3. 場所打ちゴニクリートの品質の変化が合成柱の強さに及ぼす影響

2. の解析の結果から合成各部の相互の付着強さが十分大きい時、又付着が無くても場所打ちゴニクリートの品質に差が無い時は、この種合成柱の終局耐力はアレストレス合だけ載せた式

$$P = A_c \sigma_c + A_p (\sigma_p - \sigma_{\text{prestress}})$$

$A_c$ : 場所打ちゴニクリートの断面積.

$\sigma_c$ : 同ゴニクリートの圧縮強度

$A_p$ : プレキャストPCLの断面積.

$\sigma_p$ : 同ゴニクリートの圧縮強度

$\sigma_{\text{prestress}}$ : プレストレス応力

で表わされる事が明らかとなつたが場所打ちゴニクリートの強さが軸方向に沿つて異なる場合には付着が無ければ終局耐力も低下する事が判明した。プレキャストPCLと場所打ちゴニクリートの断面積比が7の時: PCLの圧縮強度に較べて場所打ちゴニクリートの圧縮強度が弱1程、又場所打ちゴニクリートの軸方向の

強度の変化が著しい程、合成柱の終局耐力の低下の程度は著しくなる。2. による解析の結果、概く、極端な場合にはこれらの変形影響が重なり、10%~15%の終局耐力の低下も生じうると考えられる。例えば場所打ちコンクリートの圧縮強度が軸方向に沿って400 kg/cm<sup>2</sup>から200 kg/cm<sup>2</sup>に変化する場合には合成柱の終局強度の低下の程度と $L_1/L_2$  ( $L_1$ : 400 kg/cm<sup>2</sup>の圧縮強度のコンクリートが占める部分の軸方向長さ  $L_2$ : 200 kg/cm<sup>2</sup>の圧縮強度のコンクリートが占める部分の軸方向長さ)との関係に於て示したのが図-4であるが $L_1/L_2$ が大きいか、強度低下が大きい事が示されている。

場所打ちコンクリートの品質が合成柱の上下で異なる場合には、軸方向荷重によって、品質に大差を生じている部分でせん断応力が発生し打継目の付着強度が小さい場合には、付着が破壊されて、始め一体となっていた合成柱が、付着の無い合成柱に変化する事もある。そしてこのせん断応力の発生する範囲は品質の変化する位置からパイルの軸方向に2つの距離(も: 場所打ちコンクリートの厚さ)の範囲のようである。例えばPCL-6の供試体に於ては荷重が360 Ton程度の時PCL-6と場所打ちコンクリートとの付着が切れたと考えられるのであるが、この供試体に於る場所打ちコンクリートの荷重分担は上部から中間部にいたるところで、27 Ton 減り、この力がPCL-6へ移行しなければならぬ。この力がせん断応力を発生させるのである。一方この打継目のせん断強度は30 kg/cm<sup>2</sup>程度と考えられるので、この値からせん断応力の発生する範囲を推定すると図-5に示した様に約2mの範囲にせん断応力が発生していたと考えられるのである。一般にこの値から中に軸方向力によって打継目に生じるせん断応力を推定出来るので合成柱が偏り荷重を受ける場合には、曲げ作用によって生じるせん断応力と重ね合わせれば、この部分に生じるせん断応力程度を推定出来ると思われる。

この研究の最終目標は、大型コンクリート構造物の中に大径PCパイルの様な適当なプレキャスト部材を配置し補強材として力かせ安全度を高める方式の開発であって、今後はその方向の研究を継続したいと考えている。

表-2 各種供試体の軸方向耐力

|       | 圧縮供試体の<br>成績 kg/cm <sup>2</sup> |     | 破壊荷重<br>実測値 ton | (3)による<br>計算値 ton    | $A_c G_c + A_p G_p$<br>ton |
|-------|---------------------------------|-----|-----------------|----------------------|----------------------------|
| PCL-1 | 206                             | 271 | 158.0           | 141.6                | 150.2                      |
| PCL-2 | 197                             | 292 | 165.0           | 146.4                | 156.8                      |
| PCL-3 | 312                             | 270 | 210.0           | 196.8                | 204.3                      |
| PCL-4 | 294                             | 281 | 245.0           | 204.0                | 207.9                      |
| PCL-5 | 247                             | 316 | 164.0           | 177.6                | 178.8                      |
| PCL-6 | 319                             | 547 | 437.0           | 452.9 *1<br>431.9 *2 | 450.0                      |

$A_c$ : 現場打ち部分の断面積

$A_p$ : プレキャスト部分の断面積

$G_c$ : 同コンクリートの圧縮強度

$G_p$ : 同コンクリートの圧縮強度

\*1: 付着有の場合の計算値 \*2: 付着無しの場合の計算値

図-4  $L_1/L_2$  と終局耐力低下の程度

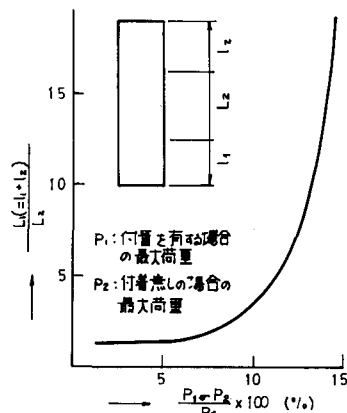


図-5

