

V-106 衝撃荷重を受ける低温PC部材の構造特性

大阪ガス 正会員 浅井 邦茂
 ○大阪ガス 正会員 北村 八朗
 大林組 正会員 大内 一
 大林組 正会員 納多 勝

1. まえがき

PC構造を低温構造物に展開していくには、低温下の強度特性、靱性について評価しておくことは重要である。そこで、PC部材の衝撃荷重に対する強度、変形などの低温特性を確認することを目的として、本報告では、温度と载荷速度をパラメータとする曲げ破壊試験を行い、破壊にいたる挙動を比較検討した。

2. 試験体

試験体は20cm×24cm×210cmのPCはり部材で、残留プレストレス量は tendon 降伏耐力の5割程度($\sigma_o = 20\text{kg/cm}^2$)になるように設定した。ただし、内1体は同一鉄筋のみを配筋したRC部材である。

図-1に配筋及び形状寸法を、表-1に材料試験結果を、表-2に試験体種別を試験結果とともに示す。

表-1 材料試験結果

試験温度	コンクリート			鉄筋(SD30, D10)			PC鋼より線(SWPR78, 15.2mm)		
	圧縮強度 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 $\times 10^4$ (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	降伏強度 (kg/cm^2)	弾性係数 $\times 10^4$ (kg/cm^2)	引張強度 (kg/mm^2)	降伏強度 (kg/mm^2)	弾性係数 $\times 10^4$ (kg/mm^2)
常 温	409	28.8	2.72	5,799	4,027	1.92	200.2	178.2	2.18
-60℃	536	38.5	2.98	6,421	4,536	1.91	208.0	195.1	2.24
-120℃	748	45.7	3.70	7,192	5,553	2.00	213.3	204.0	2.28
-164℃	612	38.4	4.22	7,631	6,912	2.02	213.8	206.9	2.34

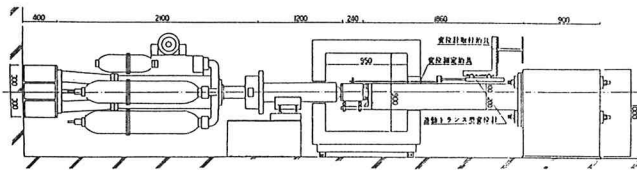


図-2 衝撃载荷装置

3. 試験方法

試験体の冷却は液化窒素(-196℃)を冷却槽内で噴射することはする方法で行い、試験体内部に大きな温度差が生じないように徐々に所定温度まで下げ、载荷中も一定温度を保つように制御した。载荷は単純ばり形式による中央集中载荷とした。静的载荷の場合は一方向漸増载荷により最大荷重を確認した後、ストランドの破断まで载荷した。衝撃载荷の場合は、地震による最大速度を目標に、一定変位速度100cm/sec 入力のもとに部材を破壊にいたらしめた。なお、入力最大変位は、部材が十分耐力を喪失することを考慮し150mmとした。

図-2に衝撃载荷装置の概略を、写真-1に試験状況を示す。

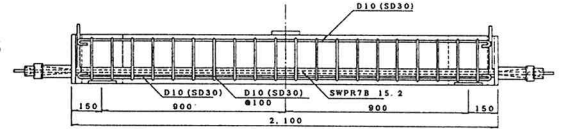


図-1 配筋及び形状寸法

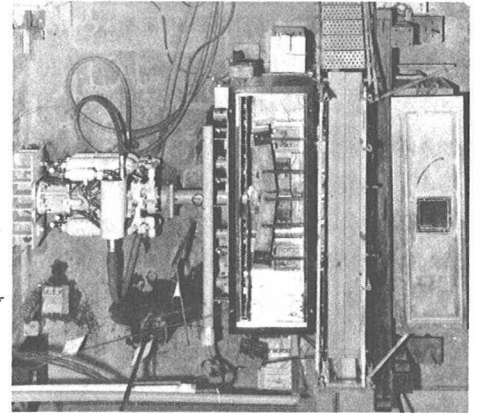
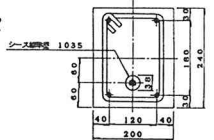


写真-1 試験状況

表-2 試験結果一覧

試験体名	種 別	変位速度	最大荷重 P_u (t)	最大変位 δ_u (mm)	吸収エネルギー $U = \sum P \Delta \delta$ (J)	計算最大荷重 P_{ca} (t)	σ_s / σ_{ts}	破 壊 状 況
PC-N-0	常 温	静的	14.1	90.4	1196 (1.26)	11.4	1.24	ストランド及び主筋破断
PC-N-100		衝撃	14.8	72.2	947 (1.0)		1.30	同 上
PC-60-0	-60℃	静的	17.2	65.0	1033 (1.09)	12.7	1.35	同 上
PC-60-100		衝撃	17.2	74.4	1134 (1.20)		1.35	同 上
PC-120-0	-120℃	静的	17.9	62.1	1017 (1.07)	14.0	1.28	同 上
PC-120-100		衝撃	18.4	49.0	788 (0.83)		1.31	ストランド露出し、主筋破断
RC-120-100	-164℃	静的	6.6	32.7	204 (0.22)	3.7	1.97	主筋破断
PC-164-100		衝撃	19.7	43.9	660 (0.70)		1.29	ストランド及び主筋破断

4. 試験結果と考察

写真-2に破壊状況の一例を示す。静的試験体はいずれも曲げ破壊であり、スパン中央部よりひびわれが発生し、順次端部に向かって曲げひびわれ、曲げせん断ひびわれがひろがり、スパン中央圧壊後ストランドおよび鉄筋が破断し耐力を喪失するパターンとなっている。また、鋼材の破断状況は、破面および紋り観察から十分延性的であった。ひびわれ性状は低温になるに従いひびわれ間隔は大きく、ひびわれ本数は少なくなる傾向にある。衝撃試験体もすべて曲げ破壊しており、破壊性状も静的試験体と同様な傾向を示した。

図-3, 4にそれぞれ静的および衝撃試験の荷重-変位曲線を示す。最大耐力は静的試験体の場合には低温になるに従い増加し、その割合は各素材の降伏強度の増加に依存していると考えられる。一方、衝撃試験体も同様な傾向を示し、その耐力は静的試験体と同等であった。表-2に示すように、最大耐力を計算値と比較すると、試験値は計算値を2~3割上回るが、これは、計算では鉄筋およびストランドのひずみ硬化を考慮していないこと、試験では載荷用鋼板の拘束により必ずしもスパン中央部でコンクリートが圧壊しないことなど、に起因すると考えられる。

最大変位をみると、静的試験体の場合には常温と比較して低温試験体は減少するが、 -60°C と -120°C では差がない。一方、衝撃試験体では -60°C までは常温と同等であるが、それ以下では減少する。静的と衝撃試験体を比較すると、 -60°C では衝撃試験体の方が大きいものの、他の場合は静的試験体の方がやや大きい傾向にある。

図-5に示す荷重-変位曲線より、最大変位時までのループ面積として求めた吸収エネルギーを、常温試験体のそれで除した値（吸収エネルギー比）と温度の関係を示す。静的試験体は、低温になるにつれやや低下するものの大差はない。一方、衝撃試験体は -60°C で増加を示したが、温度低下とともに減少する。しかし、 -164°C においても試験体はねばりを有し、常温の70%の吸収エネルギーが確保された。

5. あとがき

衝撃試験における変位速度（100cm/sec）の影響は、静的試験と比較して強度、変形、吸収エネルギーについて特に現われず、温度条件が結果に影響する事がわかった。しかしながら、低温下において

も吸収エネルギーは確保されること、破壊性状が同じであること、鋼材は全て延性的に破断していること、強度は低温材料物性により増加することなどから、PC部材が十分な低温靱性を有していることが確認できた。なお、本試験は大阪ガスと大林組の共同研究として、大林組技術研究所にて実施した。

参考文献 1) 小谷 俊介：鉄筋コンクリートにおける載荷速度の影響 コンクリート工学 1983.11

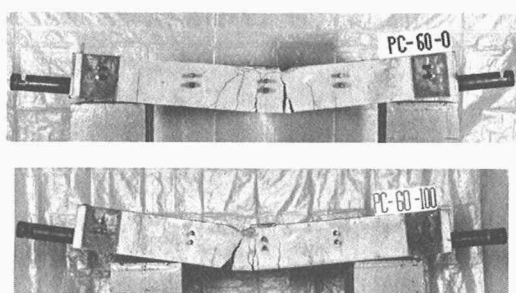


写真-2 破壊状況の一例

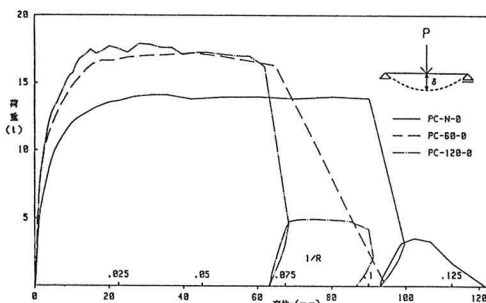


図-3 荷重～変位曲線（静的）

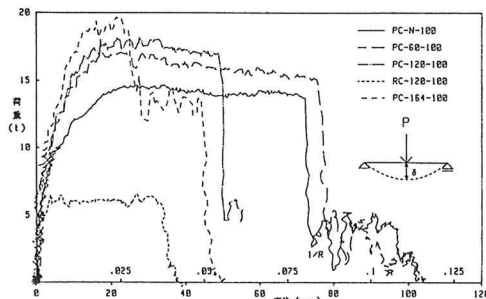


図-4 荷重～変位曲線（衝撃）

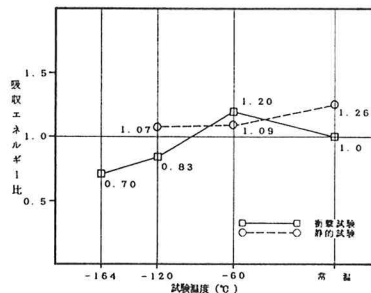


図-5 吸収エネルギーと温度