

ドービー建設工業（株） 正 員 竹 本 伸 一
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳 光
 三井建設（株） 正 員 三 上 浩
 室蘭工業大学 正 員 松 岡 健 一

1. はじめに

本研究では、従来の設計の考え方に準拠して耐衝撃性に優れた PC 製落石覆工の設計方法を確立することを目的として、静的な終局荷重や終局吸収エネルギーの大きい PC 桁が耐衝撃性に優れているという仮定に基づいて、実規模の PC 桁を取り上げ PC 鋼材による導入緊張力の引張耐力に対する割合（緊張率）やひびわれ制御のための補強筋量を変化させた場合の耐衝撃性について検討を行った。

2. PC 桁の基本断面設計

数値解析検討のための、PC 桁の基本断面設計は、スパン 10 m の単純支持 PC 桁上に重量 $w = 1$ tf、落下高 $H = 30$ m の落石荷重が載荷した場合を想定して行った。落石によって生じる最大衝撃力 P_0 は、緩衝材として敷厚 $h_s = 90$ cm（単位体積重量 $\gamma_s = 1.8$ tf/m³）の敷砂単層を設定し、落石対策便覧式に則してラーメ定数 $\lambda = 100$ tf/m² とする振動便覧式より算出すると $P_0 = 119.2$ (tf) となる。なお、コンクリートの設計基準強度、単位体積重量はそれぞれ $f_{ck} = 600$ kgf/cm²、 $\gamma_c = 2.5$ tf/m³ と仮定している。これらの条件より、自重および衝撃力による最大曲げモーメント M_d , M_l , および破壊曲げモーメント M_r を求めると、それぞれ、

$$M_d = 56.90 \text{ tfm}, \quad M_l = 271.22 \text{ tfm}, \quad M_r = 1.1M_d + 1.2M_l = 388.05 \text{ tfm}$$

となる。従って、設計は破壊曲げモーメント $M_r = 388.05$ tfm に対して行うこととし、頂版幅 1.5 m、頂版厚 20 cm、ウェブ幅 50 cm、桁高 1.1 m の T 型断面を基本断面形状とした。数値検討は基本断面形状に対して上縁および下縁曲げ応力度がそれぞれ同程度になるように PC 鋼材量と緊張力を変化させた 3 種類の PC 桁について行った。表-1 に各ケースの PC 鋼材本数、緊張力や各荷重成分に対する上下縁曲げ応力度を一覧に示している。なお、PC 鋼材は SWPR 7B T15.2 を用いることとし、頂版部の鉄筋として D13 を 12 本、ひびわれ制御のための下端の補強筋としては、D22 あるいは、D25 を用いることとした。ケース 1、2 は、PC 鋼材本数を 25 本として緊張率を変えた場合、ケース 3 は鋼材本数を 32 本としてケース 2 と同程度の緊張率とした場合である。表より上縁の合成応力度は 3 ケ

表-1 各基本ケースの設計応力状態一覧

ケース	ケース 1	ケース 2	ケース 3
PC 鋼材本数	25	25	32
有効緊張力 (tf/本)	13.14	10.44	10.00
全緊張力 (tf)	328.5	261.0	320.0
緊張率 (%)	49.38	39.26	37.57
①死荷重による曲げ 応力度	27.5 -43.6	27.5 -43.6	27.5 -43.6
②衝撃荷重による 曲げ応力度	131.2 -207.8	131.2 -207.8	131.2 -207.8
③ = ① + ② (kgf/cm ²)	158.7 -251.4	158.7 -251.4	158.7 -251.4
④プレストレス応力 (kgf/cm ²)	-16.2 131.2	-12.8 104.3	-12.0 121.8
③ + ④ (kgf/cm ²)	142.5 -120.2	145.9 -147.1	146.7 -129.6

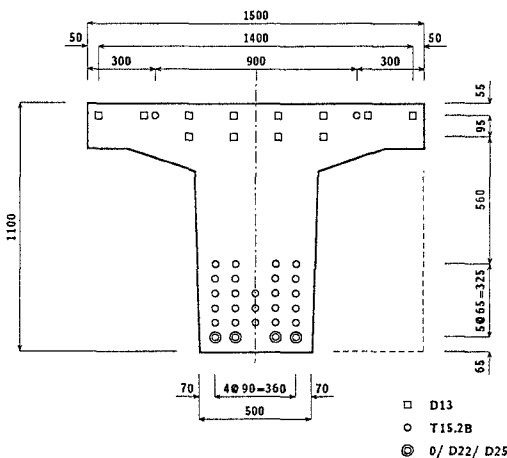


図-1 ケース 1,2 の配筋概念図

上段：上縁応力度、下段：下縁応力度
 +: 圧縮応力、 -: 引張応力

ースともほぼ同一であり、下縁応力度はケース2がケース1、3より20～30 kgf/cm²程度大きな値となっている。図-1にケース1、2の配筋図の概念図を示している。数値解析では各基本ケースに対して、さらに下端補強筋量による静的終局荷重や変形量、吸収エネルギーへの影響を検討するため、補強筋無しの場合（タイプ-0）、D22を4本（タイプ-22）、あるいはD25を4本（タイプ-25）用いる場合の各3タイプについて検討することとした。

3. 数値解析結果

3.1 荷重－変形特性

各解析ケースの耐荷性状を検討するために、桁中央部に1点集中荷重が載荷した場合の荷重－変形関係を断面分割法を用いて算出した。数値解析は、コンクリート標準示方書の仮定に基づいてコンクリート、鉄筋、PC鋼より線の応力－歪関係式を決定し、桁の圧縮縁コンクリート歪が3500 μ に達した状態を桁の終局状態であると定義して行った。なお、断面の分割数は80である。

図-2には下端補強筋のない場合（タイプ-0）についての結果を比較して示している。タイプ1-0、2-0の結果より、緊張率が小さい場合（タイプ2-0）は緊張率が大きい場合（タイプ1-0）に比べて、荷重変形曲線が低く押さえられるものの、終局荷重が同程度で、かつ変形量が大きくなるため、結果的に終局吸収エネルギー量も大きくなることがわかる。一方PC鋼材本数を32本と増加させて緊張率をケース2、総緊張力をケース1と同程度にしたケース3の場合は、弾性域がケース1と同程度であるが、終局変形量および終局荷重が増加するため、3ケースの中で最も大きな吸収エネルギー量を示している。

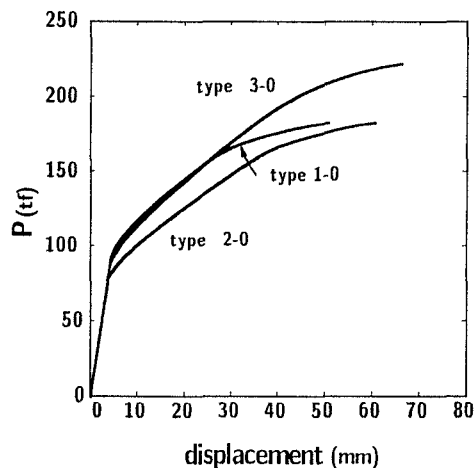


図-2 各タイプの荷重－変形関係の比較図

3.2 終局状態における各物理量の比較

図-3には、終局荷重、変形量、吸収エネルギーについて、ケース1-0の値を用いて無次元化して整理している。図より、終局荷重は下端補強筋を配筋することにより、10%程度大きくなるが、終局変形量、吸収エネルギーに関しては、補強筋量よりもPC鋼材の緊張率が大きく影響を与えていることがわかる。特に、吸収エネルギー量に関してはケース3-0がケース1-0に対して50%以上の増加となっている。この値はPC鋼材量の増加率（ $(32 - 25) / 25$ ）28%よりも大きな値である。これは、終局荷重が大きく終局吸収エネルギーの大きなものほど耐衝撃性に優れていると仮定するならば、PC鋼材の緊張率を低下させPC鋼材本数を増やすことにより、耐衝撃性の向上率がPC鋼材量の増加率よりも大きくすることができることを意味している。

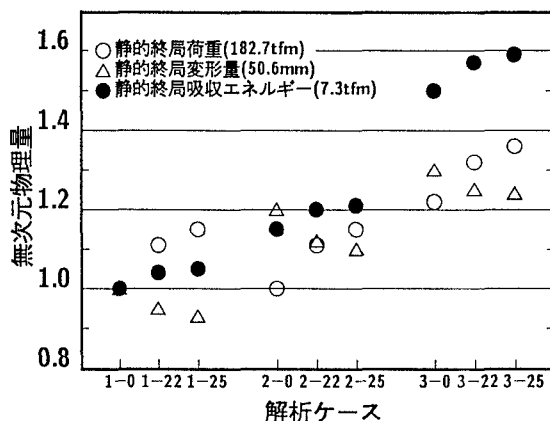


図-3 ケース1-0の結果を用いた各物理量の無次元化

4. まとめ

本研究では、PC鋼材の緊張率やひびわれ制御のための下端補強筋量を実施工可能範囲で変化させ、断面分割法に基づいて数値解析を行い、静的終局荷重、変形量、吸収エネルギー量を算定し検討を行った。本数値解析結果を基に、PC桁の耐衝撃性を評価するならば、下端補強筋の効果は数%程度であるが、PC鋼材の緊張率を低下させてPC鋼材本数を増加させた場合の効果は鋼材量の増加割合よりも大きな耐衝撃性の向上が期待できるものと考えられる。