

I-518 敷砂を緩衝材とする実規模 PC 落石覆工の衝撃挙動

室蘭工業大学 学生員 高澤 昌憲
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 開発土木研究所 正 員 佐藤 昌志
 開発土木研究所 正 員 西 弘明

1. はじめに

現在 PC 製落石覆工の設計は RC 製覆工同様、落石対策便覧に基づいて行われている。落石対策便覧では、落石による衝撃荷重をラーメ定数を $\lambda = 100 \text{ tf/m}^2$ とする振動便覧式を用いて算定することとしている。しかしながら、剛基礎上に敷厚 $h = 90 \text{ cm}$ の敷砂を設置した場合の緩衝性能に関する実験によれば、重錘衝撃力はラーメ定数を $\lambda = 200 \text{ tf/m}^2$ 程度とする場合に近似していることや、伝達衝撃力は重錘衝撃力の 1.5 倍程度になることが明らかになっている。また、現在 PC 桁の設計は荷重分担率を 1 として衝撃荷重を静的に作用させることによって行っている。現実には各桁が頂版で横締めされていることより、載荷桁は隣接桁の荷重分担を考慮して設計できるものと考えられる。このような観点より、本研究では実規模 PC 落石覆工上に敷砂緩衝材を設置して重錘落下衝撃実験を行い、PC 覆工の弾性衝撃挙動特性について検討を行った。ここでは特にラーメン構造としての曲げモーメント、軸力の応答特性に着目して検討を行った。

2. 実験の概要

本研究に用いられた実規模 PC 覆工は、主構造を逆 L 型ラーメン構造 (1 剛結 2 ヒンジ構造) とし、主桁は単純 T 型断面で、頂版幅が約 1.5 m の PC 桁 5 体より構成されている。実験は、PC 覆工頂版上に敷厚 $h = 90 \text{ cm}$ の敷砂緩衝材を設置し、3 tf の重錘をトラッククレーンにより 10 m の高さより 3 桁中央部に自由落下させ、重錘加速度、伝達衝撃応力、覆工内歪を測定する形で行った。図-1 に実験の概略図を示す。

3. 実規模 PC 多主桁の設計、製作

本実験では次に示す条件の下に設計した PC 桁を用いている。すなわち、1) 落石重量 1 tf、落下高 30 m で自由落下させる。2) ラーメ定数を $\lambda = 100 \text{ tf/m}^2$ とし、振動便覧式¹⁾によって算定された 119.2 tf の衝撃荷重が桁中央部に作用するものとする。3) 落石対策便覧にしたがって荷重が敷砂厚の 2 倍の領域に分散することとする。4) コンクリートの設計基準強度を 600 kgf/cm^2 、許容引張応力度を 28 kgf/cm^2 、弾性係数 $3.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とする。以上により設計した PC 桁は、主桁スパン中央断面に 23 本の PC 鋼より線を用いてプレテンション方式でプレストレスを導入した。また桁には横締めを施している。主桁と柱部の接合は、柱断面の中心より外側に配置した 4 本の PC 鋼棒を用い、45.85 tf/本のプレストレスを導入して行っている。

4. 実験結果及び考察

4.1 設計値と実験結果の比較

表-1 に最大衝撃力、桁中央部の最大総曲げモーメント等を一覧にして示している。最大衝撃力は桁頂版表面に埋設した衝撃応力測定用ロードセルを用いて算定した伝達衝撃力である。表より、最大衝撃力を設計条件 (1tf、30 m) における設計荷重と比較すると、実験結果が設計荷重の 1.51 倍程度になっていることがわかる。また桁中央部に発生する最大総曲げモーメントに関しても同様の比較をすると、実験結果が設計値の 1.85 倍となっている。伝達衝撃力と桁中央部総曲げモーメントの設計値に対する倍率を比較すると、総曲げモーメントの倍

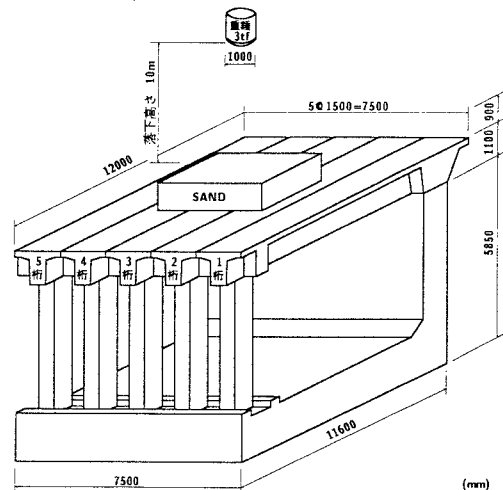


図-1 実験概略図

表－1 設計値と実験結果との比較

項目	設計値		実験結果
	設計条件	同一条件	
落下重量 (tf)	1	3	3
落下高さ (m)	30	10	10
最大衝撃力 (tf)	119.2	128.3	180.2
全主桁中央部 M_{max} (tfm)	215.2	231.6	398.1
載荷桁中央部 M_{max} (tfm)	215.2	231.6	156.9
載荷桁の分担率	1.0	1.0	0.373
動的応答倍率	-	-	1.22

率の方が大きい値となっている。この場合の動的応答倍率を求めると $1.85 / 1.51 = 1.22$ となる。また、実験時と同一条件 (3 tf、10 m) の設計値に対する伝達衝撃力、桁中央部総曲げモーメントを比較すると、実験値は設計値のそれぞれ 1.40、1.72 倍となっていることがわかる。実験結果による載荷桁の最大曲げモーメントは 156.9 tfm で、その時の荷重分担率を求めると 0.373 となる。以上より、①剛体基礎における同一条件 (3 tf、10 m) の下での敷砂緩衝材の緩衝性能に関する実験結果と同様、ラメ定数を $\lambda = 100 \text{ tf/m}^2$ として衝撃力を評価する方法は過小評価となること、②主桁の設計曲げモーメントは衝撃力を適切に評価し、動的応答倍率を 1.25 程度とした上で荷重分担率を 0.4 として算定可能であることが明らかになった。

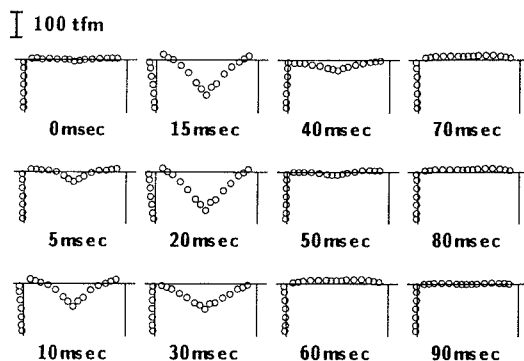
4.2 3 桁内の曲げモーメント分布の経時変化

図－2 に 3 桁内の曲げモーメント分布の経時変化を示している。桁の下端筋の最大歪が 265μ であり、弾性的に挙動しているものと考えられることより、曲げモーメントは断面内の歪分布を線形と仮定し、全断面有効状態における曲げ剛性を用いて算定している。図より曲げモーメント分布が時間の経過とともに載荷点から構造全体に伝播する状態を示していることがわかる。また 50 msec 経過後は除荷状態となり、60 ～ 80 msec 経過時には小さな応答値ではあるが負載荷状態となっていることがわかる。衝撃荷重載荷時の分布を見ると、梁 - 柱接合部では小さな負の曲げモーメントとなっている。また、主桁部の曲げモーメントは線形分布を示し、集中荷重載荷時の状態に近い分布となっていることがわかる。これより、衝撃荷重載荷時の弾性状態における PC 覆工の曲げモーメント分布は静荷重載荷時と大きく異なることが明らかになった。

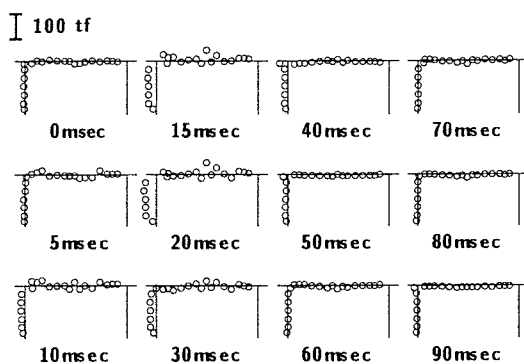
4.3 3 桁内の軸力分布の経時変化

図－3 に 3 桁内の軸力分布の経時変化を示している。分布図は桁の内側、外側をそれぞれ引張力、圧縮力として整理している。図より、柱の軸力分布は時間の経過とともに圧縮方向に増加し、荷重除荷とともに減少している。柱部の最大軸力は約 40 tf である。前項で求められた実験結果の最大衝撃力 (180.2 tf)、荷重分担率 (0.373)、動的応答倍率 (1.22) より作用軸力を算定すると 41.0 tf となり、ほぼ実験結果と対応していることがわかる。一方、桁断面内の軸力分布に関しては多少ばらつきがあるものの、静解析結果と同様圧縮側に増加する傾向を示していることがわかる。以上より、曲げモーメント分布は梁 - 柱の接合部において静解析結果と異なる結果を示しているが、軸力分布は静解析結果と類似の傾向を示すことなどが明らかになった。

参考文献 1) 日本道路協会：落石対策便覧、日本道路協会、1983。



図－2 3 桁内の曲げモーメント分布の経時変化



図－3 3 桁内の軸力の覆工断面方向分布の経時変化