

I-B 121 三層緩衝構造を用いた実規模門型 PC 覆工の弾性衝撃実験

オリエンタル建設	正員	高澤昌憲
室蘭工業大学	正員	岸徳光
北海道開発局	正員	佐藤昌志
北海道開発局	正員	西弘明

1. はじめに

落石覆工の一つである PC 落石覆工は、主要部材を工場生産出来ることから施工の簡素化により部材施工が可能なることから、将来に向けて発展が望まれる構造形式であるものと考えられる。PC 落石覆工部材の工場生産およびその省力化施工をより一層推進するためには、緩衝性能や荷重分散性に優れた緩衝構造の開発や多次不静定を有する構造形式の採用によって、部材断面を小型化し、かつ大きな安全余裕度を有する構造形式にしなければならない。

このような観点より、本論文では実規模 PC 覆工模型を製作し、PC 覆工の構造形式を外的三次不静定構造である門型構造とし、緩衝材として高緩衝性能、荷重分散性を有する三層緩衝構造を採用した場合における重錘落下衝撃実験を行い、弾性範囲内における PC 覆工の耐衝撃挙動について検討を行った。

2. 実験の概要

本研究に用いられた実規模 PC 覆工は、図-1 に示すように、主構造を全剛型の門型構造とし、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 覆工頂版上に緩衝材として三層緩衝構造（表材；50 cm 厚の敷砂、芯材；20 cm 厚の RC 版、裏材；50 cm 厚の EPS 材）を設置し、3 tf の重錘をトラッククレーンにより 30 m の高さから 3 桁中央部に自由落下させ、重錘加速度、覆工内歪を測定する形で行った。

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) ラーメの定数を $\lambda = 100 \text{ tf/m}^2$ 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 、弾性係数を $3.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 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は 25 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が導入されている。また、桁には横締めを施している。主桁一柱の接合部には、8 本の PC 鋼棒（緊張力 43.8 tf/本）、また主桁一壁の接合部には、12 本の PC 鋼棒（緊張力 46.3 tf/本）が用いられている。

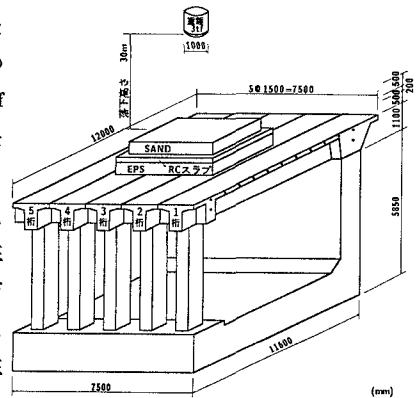


図-1 実験概略図

3. 実験結果および考察

3.1 3 桁内の曲げモーメント分布の経時変化

図-2 には 3 桁内の曲げモーメント分布の経時変化を左より柱、桁、壁部として示している。また、載荷桁壁部の曲げモーメントはその壁部を桁幅と等しい 1.5 m を有効幅とする一方向版に仮定して算定評価している。図より、桁部の曲げモーメントは放物線状に緩やかな分布をしており、ほぼ荷重載荷点で荷重載荷後、約 37 msec 経過後に最大値を示し、その後緩やかに零近傍の値に減少している。また、桁一壁の接合部では負の大きな曲げモーメントが生じていることより、門型構造形式を採用することによって荷重載荷点部の曲げモーメントを大きく低減することができるも

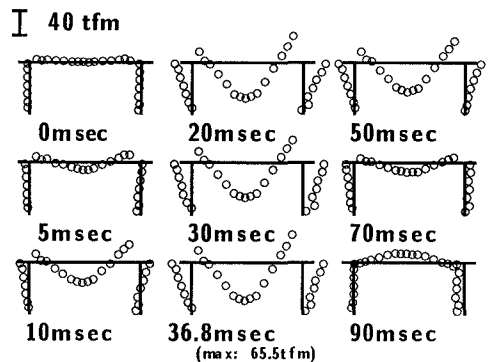


図-2 3 桁内の曲げモーメント分布の経時変化

のと考えられる。

表一1には実験結果の荷重載荷点部、桁一柱の接合部、桁一壁の接合部におけるそれぞれの最大曲げモーメント値を設計値と比較して示している。表より、本実験における重錘落下エネルギー（ $W = 3 \text{ tf}$ 、 $H = 30 \text{ m}$ ）が設計条件の3倍であるにもかかわらず、最大曲げモーメント値は荷重載荷点部で約 1/2.5、桁一柱の接合部で約 1/5.9、桁一壁の接合部で約 1/2.8 となっていることがわかる。これは本実験で用いた三層緩衝構造の緩衝性能および荷重分散性能が、敷砂緩衝材より優れていることを数値的に示しているものと考えられる。なお、本実験結果は荷重分担率が 0.3、荷重分布幅が約 4 m であるのに対し、設計計算結果は荷重分担率を 1.0、荷重分布幅を 1.8 m として算定された結果であることより、単純に両者の比較はできないものと考えられる。しかしながら、三層緩衝構造の緩衝効果の程度を検討するために、敢えて荷重載荷点部の曲げモーメント値のみに限定し、落下エネルギーと曲げモーメントが線形関係にあるものと仮定して両者の入力エネルギー比を求めると、

$$\frac{3 \times 30}{65.5} \div \frac{1 \times 30}{161.1} = 7.4$$

となる。これは本三層緩衝構造を用いることによって、設計時の条件に対して入力エネルギー的に 7.4 倍の安全余裕度を保持することができることを意味している。また、荷重載荷点部における最大曲げモーメント値に対する桁一柱の接合部におけるそれとの比を設計値と実験結果で比較すると、設計値では 1/1.5 程度であるのに対し、実験結果は 1/3.7 程度となり、設計値に比較して非常に小さいことがわかる。これは、桁一柱の接合部を PC 鋼棒を 8 本配置することによって剛結接合と仮定しているが、実際は桁部の曲げモーメントを設計仮定と同程度に柱部に伝達しない半剛結接合に近い接合となっているためと考えられる。

3.2 3 桁内の軸力分布の経時変化

表一2には桁、柱部における最大軸力値を設計値とともに示している。また、図一3には図一2に対応した軸力分布の経時変化を覆工の外側を圧縮、内側を引張領域として示している。壁部に

関する軸力は前項の曲げモーメント同様、有効幅を 1.5 m と仮定して算出している。図より主桁部における軸力分布は多少ばらついているが、設計計算結果（ -30.5 tf の一様な圧縮力分布）と同様、圧縮力分布の傾向を示していることがわかる。柱部の軸力分布は桁一柱の接合部および支点部近傍で小さな分布となっている以外は、ほぼ一様な圧縮力分布となっている。また、表より実験結果と設計計算結果を比較すると、上述のように実験条件は設計条件に対して 3 倍の落下エネルギーとなるにもかかわらず、実験値は桁部、柱部ともに約 1/1.6 程度の値を示していることより、軸力に関しても三層緩衝構造の高緩衝性、荷重分散性が発揮されていることが明らかになった。

4. まとめ

本実験の範囲内で得られたことをまとめると、PC 覆工の構造形式に門型形式を採用することにより、荷重載荷点部の曲げモーメントを大きく低減できることに加え、本三層緩衝構造の高緩衝性能が発揮され、PC 覆工の小型化や PC 覆工のじん性をより向上させることが可能になるものと考えられる。また、桁一壁の接合部の拘束が効果的に作用することにより、塑性ヒンジを期待することが可能となり、安全余裕度も向上するものと判断される。

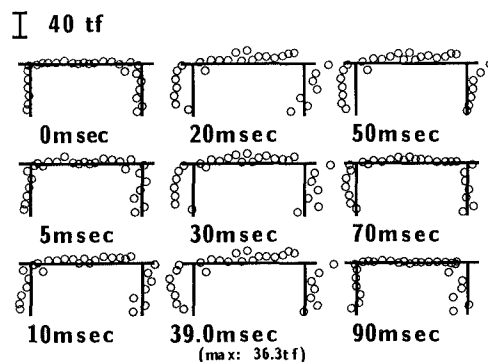
参考文献 1) 日本道路協会：落石対策便覧、日本道路協会、1983。

表一1 設計値と実験結果の最大曲げモーメント値の比較

実験 ケース	最大曲げモーメント (tfm)		
	荷重載荷点部	桁一柱接合部	桁一壁接合部
G3-30	65.5	-17.7	-43.9
設計値	161.1	-104.5	-121.7

表一2 設計値と実験結果の最大軸力値の比較

実験 ケース	最大軸力 (tf)	
	桁部	柱部
G3-30	-18.8	-36.3
設計値	-30.5	-57.9



図一3 3 桁内の軸力分布の経時変化