

I - B203 重錘落下による実規模門型 PC 覆工の衝撃破壊実験

室蘭工業大学

室蘭工業大学

北海道 PC 防災技術協会

小樽開発建設部

学生員 池田 泰博

正員 岸 徳光

高木 隆一

正員 西 弘明

1. 研究目的

我国の山岳部や海岸線等、急峻な地形にある道路等には、交通の安全を確保するために多くの落石覆工が設けられている。その一種である PC 覆工は、主に規模の比較的小さい落石等が予測される箇所に設置されている。しかしながら、将来の労働力不足を考慮する場合、部材の工場生産、工期短縮が可能な PC 覆工の需要が、今後益々増大するものと考えられる。本研究では、重錘落下衝撃による破壊実験を行うことによって覆工の衝撃破壊耐力に関する検討を行った。実験は門型形式とした場合の骨組の衝撃耐力を検討するために横締め開放状態として繰り返し載荷、単一載荷状態で行っている。

2. 実験概要

図-1 に実験の概略図を示す。本研究に用いられた実規模 PC 覆工は、2 ヒンジ 1 剛結の実規模逆 L 型 PC 覆工のヒンジ部を剛結構造にしたもので、5 体の主桁から構成される門型構造である。主桁は全長が 12 m、頂版幅約 1.5 m、桁高 1.1 m の単純 T 型断面であり、柱部は高さが 4.7 m、曲げ方向の桁高が 1.1 m、幅 50 cm の矩形断面である。また壁部の厚さは 1.2 m である。主桁中央断面のプレストレスは 25 本の PC 鋼より線を用い、有効緊張力を 12.7 tf/本としてプレテンション方式によって導入されている。また、主桁と柱部の接合には 8 本の PC 鋼棒（43.8 tf/本）を用い、主桁と壁部の接合には 12 本の PC 鋼棒（46.3 tf/本）を用いている。実験では、PC 覆工頂版上に敷厚 90 cm の敷砂緩衝材を設置し、主桁の横締めを開放した状態で、3 桁には 3 tf の重錘を 5, 10, 20, 30 m 及び 5 tf の重錘を 20, 30 m から、また 1 桁には 5 tf の重錘を 30 m から中央部に自由落下させている。

3. 実験結果および考察

3.1. 3 桁中央載荷時の断面力の経時変化

図-2 には、弾性状態と考えられる 3 tf-5 m 落下時と最大重錘落下エネルギー状態である 5 tf-30 m 落下時の骨組全体の曲げモーメント分布の経時変化を示している。図では左側が柱部であり右側が壁部である。図より、3 tf-5 m 落下の場合には、桁と壁部及び桁と柱部の接合部では負の曲げモーメントが発生しているものの値は小さい。桁の曲げモーメント分布は静的な等分布荷重載荷時と同様滑らかな放物線形となっている。この程度の落下エネルギーでは柱部、壁部の基部では未だ曲げモーメントが発生していないようである。

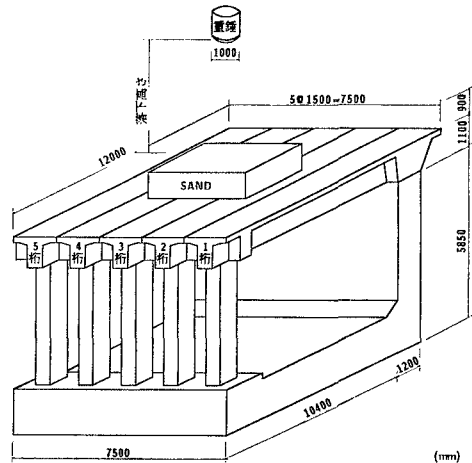


図-1 実験概略図

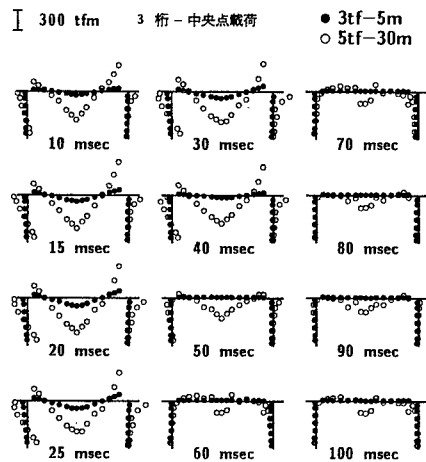


図-2 曲げモーメント分布の経時変化

キーワード：衝撃破壊、重錘落下、破壊安全率

連絡先：〒050 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 TEL 0143-47-3168 FAX 0143-47-3169

曲げモーメントの滑らかな分布は、緩衝材として敷砂を用いていること、重錘重量が小さくかつ落下高さも低いことより、主桁上に直接作用する伝達衝撃力の分布も緩やかになっているためと推測される。

表－1 3桁に関する設計値と実験結果の比較

項目	設計値		実験値					
	逆L型	門型						
落石/重錘重量 (tf)	1		3			5		
落下高さ (m)	30		5	10	20	30	20	30
最大衝撃力 (tf)	119.2		84.6	128.3	194.4	248.0	273.3	348.6
重錘衝撃力 (tf) (実験値)	－		74.4	126.7	217.8	227.4	318.0	479.0
桁中央部曲げモーメント (tfm)	215.6	161.1	133.7	239.4	370.4	387.2	433.3	531.2

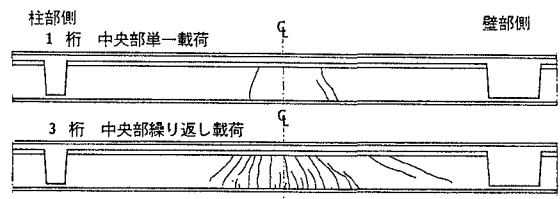
一方、5 tf-30 m の場合、桁及び柱部の曲げモーメントの分布は集中荷重載荷時と同様な直線的なものとなっている。壁部は桁との接合部近傍で比較的大きな値を示している。60 msec 経過時より接合部近傍が正の曲げモーメントに移行していることより、荷重が除荷されリバウンド状態（負載荷状態）になっているものと考えられる。また、約 20 msec 経過後に桁中央部で最大曲げモーメントが発生しており、その値は約 530 tfm となっている。この値は断面分割法より求められる静的限界曲げモーメント値 520 tfm と同程度である。しかしながら、桁の残留変形量は 3.6 mm と小さく、未だ終局状態までには至っていないものと判断される。

3.2. 曲げモーメントに関する設計値と実験結果の比較

ここでは 3 桁上の繰り返し載荷時の曲げモーメントに着目し、逆 L 型構造及び門型構造に対する設計値と実験結果を比較検討するものとする。表－1 に結果を一覧にして示している。なお設計計算値は落石重量 1 tf、落下高さ 30 m の衝撃力に対するものである。まず、ラメの定数を $\lambda = 100 \text{ tf/m}^2$ として振動便覧式から求められる衝撃力（通常、設計計算値に用いられている）と実験結果の重錘衝撃力を比較すると、重錘落下エネルギーが 90 tfm（3 tf-30 m 落下）までは両者類似の値を示しているが、100 tfm 以上に対しては実験結果が大きい値を示している。設計計算値と同一の落下エネルギー（3 tf-10 m 落下）に対する桁中央部の曲げモーメント値を比較すると、実験結果は逆 L 型構造、門型構造を仮定する設計計算値のそれぞれ 1.1 倍、1.5 倍の大きさとなっている。これは、主桁上に直接作用する伝達衝撃力が設計衝撃力や実験結果の重錘衝撃力よりも大きいこと及び桁の動的効果によるものと判断される。また門型構造及び逆 L 型構造主桁の設計曲げモーメントの衝撃破壊安全率はそれぞれ 3.2、2.4 倍以上あることがわかる。

3.3. ひび割れ状況

図－3 に最終実験終了後のひび割れ状況を示している。図より、いずれの桁に関しても、載荷点部周辺にひび割れが集中して発生しており、損傷が載荷点部近傍に集中していることがわかる。繰り返し載荷している 3 桁には、載荷点近傍に多数の曲げせん断ひび割れが発生している。ただし主桁上縁歪が -800μ 程度で、残留変形量は小さいことがわかる。一方、3 桁の最終載荷条件である 5 tf-30 m を単一載荷した 1 桁の場合には、3本のひび割れが発生しているのみである。これより、単一載荷と繰り返し載荷では損傷の程度に明確な差が表れており、単一載荷を想定する実覆工では 5 tf-30 m 落下（重錘落下エネルギーが 150 tfm）以上の落下エネルギーに対しても十分安全であることがわかる。



図－3 ひび割れ状況図

4. まとめ

本研究で得られた結果を要約すると、

- 1) 本 PC 桁の設計断面力に対する衝撃破壊安全率は、設計曲げモーメントに対しては 3.2 倍、入力エネルギー的には 5 倍以上であることが確認された。
- 2) 繰り返し衝撃荷重載荷の場合には、重錘落下エネルギーによる損傷が累積されるため、単一衝撃荷重載荷時より損傷の程度が大きいことが確認された。これより、単一落下を想定する実覆工の場合には、さらに高い安全率を有しているものと考えられる。