

(28) 合成PC落石覆工屋根の衝撃特性と設計法に関する研究

日本サミコン(株) 吉田 博
 日本サミコン(株) 藤井 智弘
 日本サミコン(株) ○音田 奨

1. まえがき

我が国は狭険な国土に1億人以上の人口を有する上に、その大半が急峻な山岳地帯で占められている。従って、わが国の道路は必然的に山岳地帯を通過することとなり、道路交通の自然災害からの安全確保が重要な課題となっている。中でも直接生命に危険を及ぼす可能性の高い落石への対策として、ロックシェッドが設置されるケースが多くなってきている。しかし、最近ではロックシェッドの建設に際し、大規模な落石を設計の対象とする場合が多くなってきている。これに対応が可能でかつ、経済性や現場施工性に優れている構造形式の一つとして、工場製作のプレストレストコンクリート製シェッドと現場打ちコンクリート床版との合成構造が考えられる。

そこで、実物大の合成床版PCロックシェッドの屋根部(床版部)に対して、静的および動的載荷試験を行ない、実験で得られた値と理論計算による結果とを照合し、と安全性について検討してみた。

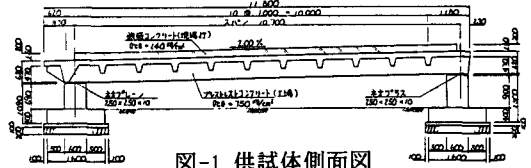


図-1 供試体側面図

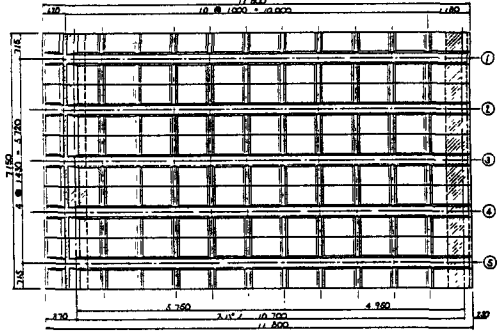


図-2 供試体平面図

2. 実験概要

供試体の製作は、図-1および図-2のように逆T形基礎の上に、図-3のT形断面主桁と主桁に一体化された図-4の横桁断面を有する長さ11.80m、桁幅1.43m、桁高0.62m、 $\sigma_{ck}=750\text{kgf/cm}^2$ で工場製作されたプレストレストコンクリートT桁を5本並列に単純支持させ、1mピッチにある横桁位置においてPC鋼棒SBPR80/95- $\phi 17$ で緊張力10tfにて横締緊張する。つぎに、プレキャスト桁のフランジを型枠代わりとして $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ の現場打ちコンクリートを桁上に打設し、あらかじめプレキャスト桁に施されていたジベル筋により合成断面とした。

動的載荷試験は、供試体の床版上にコンクリート擁壁の土槽を設置し、その中に厚さ90cmのサンドクッション材を敷き、図-5に示す3.0tの重錘を25tf油圧式クレーンに離脱装置を取り付けて吊り上げ、種々の高さから自由落下させることによって行った。測定項目は落下前後のサンドクッションの支持力(コーン値)、重錘の貫入量の測定および、衝撃加速度、衝撃力を推定する上で最も重要な土圧、ひずみ、たわみである。衝撃加速度、土圧、ひずみおよびたわみは、重錘がサンドク

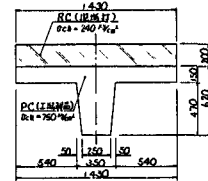


図-3 主桁断面図

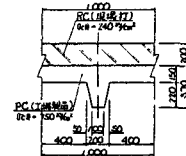


図-4 横桁断面図

ッションに衝突する直前から2秒間、サンプリング周波数 500HzでA/D変換を行ない、数値データをフロッピーディスクに記録した。

静的載荷試験は、図-6に示すように低面幅1.5m×1.5m、高さ0.57m、重量3 tのコンクリートブロック6個を使用し、支圧面積1.0m×1.0mのゴム板と鉄板を重ねた上に1個ずつ載荷および除荷することによって行った。測定項目はひずみおよびたわみであり、現場打ちコンクリート部にはモールドゲージ、プレキャスト桁部にはストレインゲージを主桁方向および横桁方向に取り付けた。たわみについては、載荷位置ラインおよび支点付近に電気的変位計をセットし、測定は、静的ひずみ測定器(東京測器製TDS-301)およびスイッチボックスにて行った。

3. 実験結果および考察

図-7は重錘を高さ6mから落下させた動的載荷試験結果の一例で、衝撃力と全土圧をサンプリング間隔 2msecごとにプロットしたものである。衝撃力は、重錘に固定した加速度計から得られる加速度に重錘質量を乗じた値であり、全土圧は重錘落下位置直下の土槽最下部の床版上に、30cm間隔で設置してある土圧計の値を鉛直軸に関して式(1)のように積分した値である。

$$P_o(t) = 2\pi \int_0^r P(t, r) dr \dots (1)$$

ここで、

$P_o(t)$: 全土圧

$P(t, r)$: 重錘落下地点から半径 r の点における時刻 t での土圧

この図より、重錘の衝撃力と構造物に作用する全土圧の波形がほぼ一致すること、衝撃力が重錘からサンドクッション材を通してある時間を経て土圧計へと伝播する様子が読み取れる。

図-8は動的載荷試験において、中央桁(3番桁)の-span中央に高さ 6mから重錘を自由落下させた時の1番桁から3番桁までのたわみの時刻歴である。中央桁から端桁(1番桁)へと順次立ち上がりの時刻が遅れてたわみが確認された。しかし、立ち上がり1/2周期以降は3本の桁の波形が殆ど同じ形状を示している。このことから、合成された5本の桁は一体となって挙動していることがわかる。図中の理論値は格子構造動的応答解析によって求めた3番桁の-span中央の計算値である。減衰を考慮していないため、後半の1/2周期の振幅がかなり大きく現れているがそれ以外は実験値とよく一致している。波形の周期は170msecであるが、全体を1本のはりと考えた式(2)の固有周期の理論値(重錘の重量無

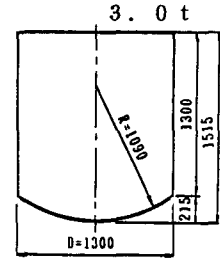


図-5 重錘形状

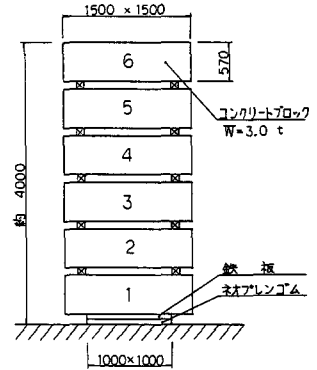


図-6 静的載荷試験載荷方法

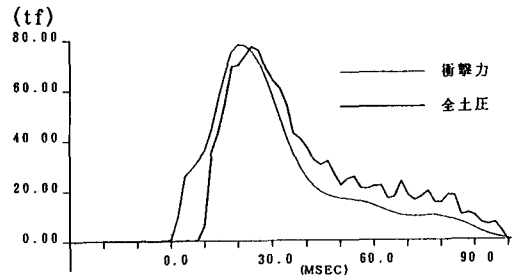


図-7 衝撃力と全土圧

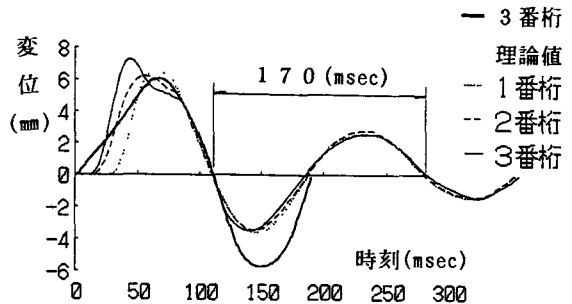


図-8 動的載荷試験のたわみの時刻歴(中央桁載荷)

視)の計算結果とほぼ一致した。

$$T = 2\pi(1/\pi)^2 \cdot (W/E \cdot I \cdot g)^{1/2} \dots (2)$$

$$= 0.151 \text{ (sec)}$$

図-9は動的載荷試験において、端桁(1番桁)のスパン中央部に高さ6mから重錘を自由落させた時の各桁のたわみの時刻歴である。図-8と同様に、1番桁から順次5番桁へとたわみの波形が遅れて立ち上がる様子が確認できた。しかし、図-8の場合と異なって、最初の3周期くらいまで5本の桁は異なる挙動を示しており、その後一体となって挙動していた。波形の周期はおよそ170msecであり、3番桁に載荷した場合と同じであった。計算値の波形は、立ち上がりの1/2周期が1番桁の実験値と振幅および周期がほぼ一致していた。しかし、減衰を考慮していないため後半は大きい差異が見られる。図-10、11は中央桁および端桁への動的載荷に対する、(以後、たわみ分担率という)を表している。いずれの場合でも、実際の設計で最も重要となる載荷桁の分担率が実験値と格子構造動的応答解析による計算値とほぼ一致した。これにより、後打ちコンクリートにより一体化された5本の桁は合成構造として挙動しているものと思われる。図-12は静的載荷試験において、中央桁のスパン中央部に図-5に示すように $W=3t$ のコンクリートブロックを3tから18tまで順次載荷した後、再び3tまで順次除荷した際の中央桁のたわみ分担率を示している。図中の分担率0.23に位置する破線は、変位法による格子構造理論により算出した計算値である。

図-13は静的載荷試験において、端桁のスパン中央部に図-12の場合と同様に3tから18tまで載荷を行った後3tまで順次除荷を行った際のたわみ分担率である。図中の分担率0.50に位置する破線は図-12の場合と同様に算出した計算値である。図-12および図-13からにおいて計算値と実験値はよく一致していることから、動的載荷試験と同様に後打ちコンクリートにより一体化された5本の桁は合成構造として挙動していることが確認された。

図-14は静的載荷試験において、中央桁のスパン中央に3t~18tまで順次載荷を行った際の各桁のたわみを示している。図中の理論値は変位法による格子構造理論により算出した計算値である。いずれの場合も実験値より計算値の方が、どの桁についても2・3割大きい。これは、実際は分布荷重(作用幅 $1m \times 1m$)であるにもかかわらず理論計算では線荷重として算出したこと、桁と後打ちコンクリート床版の剛性評価、コンクリートブロックの重量の誤差などに起因するものと思われる。同様な傾向が端桁に載荷した場合にも見られた。

図-15は変位法による格子構造理論により計算された静的

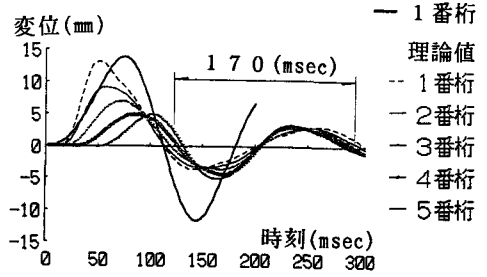


図-9 動的載荷試験のたわみの時刻歴 (端桁載荷)

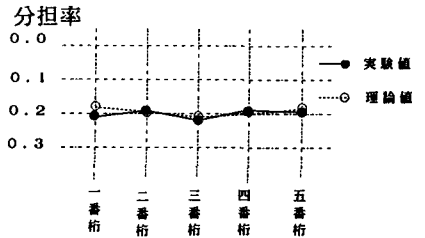


図-10 動的載荷試験のたわみ分担率 (中央桁載荷)

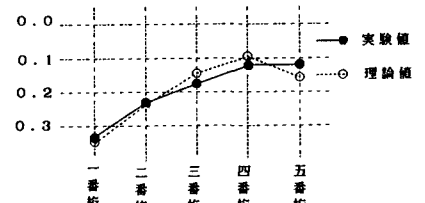


図-11 動的載荷試験のたわみ分担率 (端桁載荷)

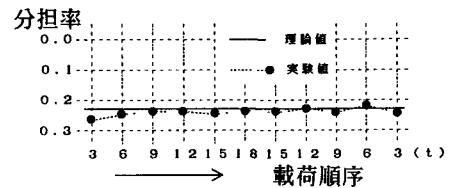


図-12 静的載荷試験のたわみ分担率 (中央桁載荷)

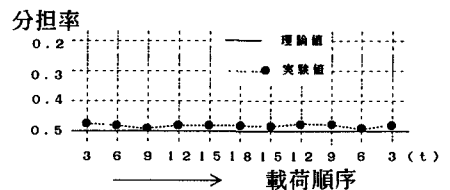


図-13 静的載荷試験のたわみ分担率 (端桁載荷)

な荷重-たわみ関係とその同荷重でのたわみを1.4倍した静的な荷重-たわみ関係 および中央桁に載荷した動的載荷試験で得られた衝撃力-たわみ関係を示している。この図から、静的な理論値のたわみの1.4倍が動的載荷の実験値のたわみとよく一致していることがわかる(以後この1.4に相当する値を動倍率という)。また、端桁に載荷した場合も同様な傾向を示していた。

図-16は格子構造固有値解析による求めた各桁のスパン中央部における1次から4次までのモード図である。図-17は同じく中央桁の1次、3次、4次のモード図である。固有振動数、固有周期は表-1の通りである。

4. 検討結果の設計への適用

本実験結果の検討より、実際の設計に関し、以下のことが言える。

- (1) 静的荷重および衝撃荷重に対し、本工法による合成PCロックシェッドは完全に一体化しており、合成桁理論の適用が可能である
- (2) スパン、対象とする設計落石荷重などにより、多少異なると考えられるが、中央桁載荷に対する荷重分担率を0.25、端桁載荷に対するものを0.50と考えた桁単位での設計が可能である。
- (3) 衝撃荷重による応答に対する静荷重による応答の比、すなわち、動倍率を用いることにより設計落石荷重を静的に作用させた断面力での設計が可能となる。スパン、対象とする設計落石荷重などにより多少異なると考えられるが、本工法によるPCロックシェッドでは設計に際し、動倍率に1.4を用いるのが適当である。
- (4) 本工法によるPCロックシェッドの1次固有周期は約160msecであり、落石荷重の作用衝撃力時間の約2倍を有しており、特に問題はないと考えられる。

5. あとがき

本研究では合成床版PCロックシェッドを対象に、静的載荷試験および動的載荷試験を行い、その挙動を実験的に明らかにするとともに、数値計算による比較計算を行い、実設計に対する提案を行った。しかし、さらに本工法の一般性のある結論を得るにはさらに研究が必要である。また、破壊時の挙動についても理論的、実験的研究が必要である。

参考文献

- 1). 吉田, 樹谷, 他! 実物ロックシェッド屋根上への落石実験について, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集PP. 88~89, 1989年3月

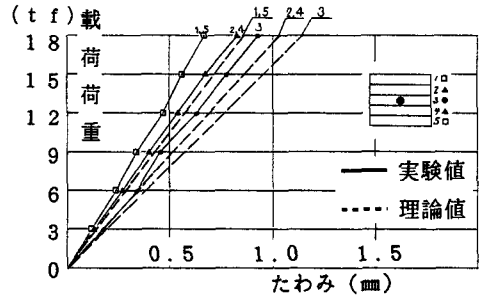


図-14 静的載荷試験の荷重-たわみ図

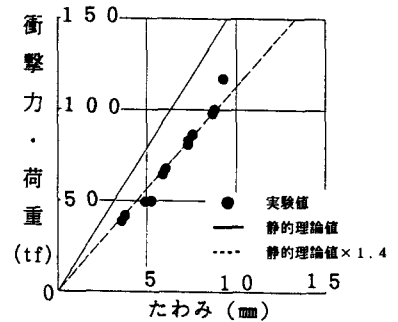


図-15 衝撃力とたわみの関係(中央桁載荷)

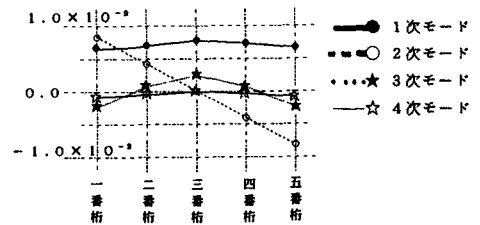


図-16 各桁のスパン中央部におけるモード図

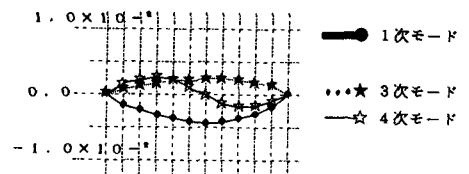


図-17 中央桁のモード図

表-1 固有振動数と固有周期

	固有振動数	固有周期
	Hz	Sec
1次モード	6.18	0.162
2次モード	7.99	0.125
3次モード	22.2	0.045
4次モード	24.1	0.042