

落下物防止柵の実物大実験

	日本道路公団	庄司 宏臣
○八千代エンジニアリング株式会社	構造部 正会員	青柳 聖
八千代エンジニアリング株式会社	構造部 正会員	松田 義則
八千代エンジニアリング株式会社	構造部 正会員	吉川 修一

1. はじめに

落下物防止柵は、高速道路走行車両の積荷が道路下に落下しないように、主要道路や鉄道の交差部に設置している。既往設計資料によると、この設計法はエネルギー法によっている場合が多い。すなわち、設計は落下物が飛び越えないような高さを確保し、その許容変位以内で落下物の運動エネルギーを吸収できるように部材を決定するものである。今回、この設計法を用いて高さ3m及び3.8mのタイプの落下物防止柵において標準的な構造の試設計を行った。しかし、金網の吸収エネルギーと許容変位量が明確でないため、実物大実験を行い、標準的な構造の妥当性を検証した。

2. 設計条件

落下物の条件は、3kNの積荷が速度60km/hで路面より3mの高さに、落下物防止柵と15度の角度で水平に衝突するものとした。この衝突エネルギーは、道路軸直角方向において2.9kJとなる。落下物防止柵の主要部材は、支柱、金網、ワイヤーロープ、胴縁である。設計は、金網衝突時（支柱間の中央に衝突する場合）と支柱衝突時（支柱に直接衝突する場合）を考えた。金網衝突時の条件は、支柱、ワイヤーロープ、胴縁が降伏しないものとし、支柱衝突時の条件はワイヤーロープが降伏しないものとした。

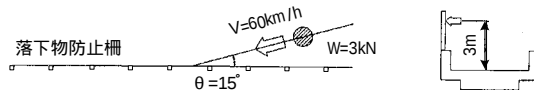


図-1 衝突条件図

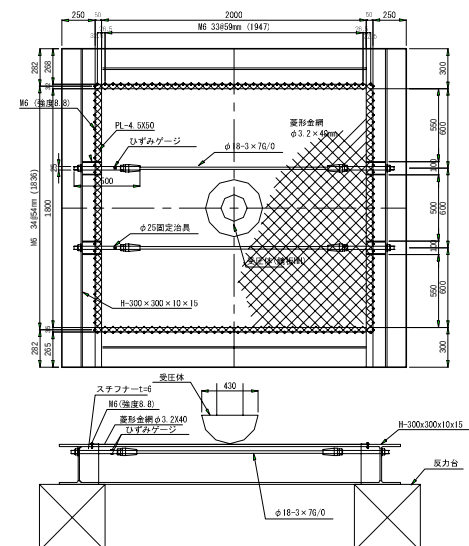


図-2 実験概要図

3. 金網の静的載荷実験

3.1 実験目的

本実験は、金網の荷重-変位曲線から吸収エネルギーを求めるとともに、衝突エネルギーを金網が全て吸収するとしたときの荷重と変位を求めるために行った。この関係を用いて衝突荷重を求め、他の部材の応力照査を行うことができる。なお、金網は一般的に用いられているφ3.2mm×40mmを使用した。

3.2 実験方法

供試体は、落下物防止柵の1要素を抽出し1支間分(2000mm)、かつワイヤーロープ3間隔分(600×3=1800mm)とした。金網への荷重載荷方法は、変位制御にて静的に載荷した。

3.3 実験結果

金網の荷重-変位の関係を図-3に示す。衝突エネルギーを、金網全体で吸収した場合の荷重と変位は、荷重P: 28kN、変位δ: 0.4m、吸収エネルギーEt: 2.9kJ(kN・m)であった。また、衝突速度100km/hに相当する衝突エネルギーでも、十分吸収することを確認した。さらに、終局時には、金網と胴縁を接合するナックル部で破壊し、金網本体は破断しないことがわかった。

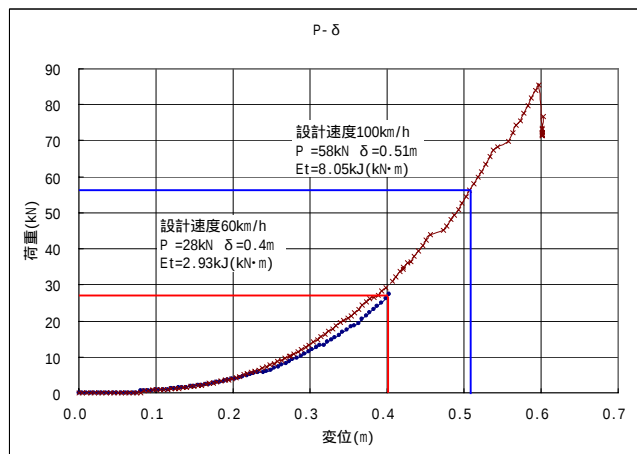


図-3 実験結果

キーワード	落下物防止柵	実物大実験	静的載荷実験	動的載荷実験	支柱限界変形量	数値解析
連絡先	日本道路公団		東京都千代田区霞ヶ関3-3-2	電話 03-3506-0404	fax03-3506-8870	
連絡先	八千代エンジニアリング(株)		東京都新宿区西落合2-18-12	電話 03-5906-0700	fax03-5906-0820	

4. 支柱の動的載荷実験

4.1 実験目的

本実験は、支柱の限界変形量(限界変形角)を求めるとともに、設計の妥当性を検証するために行った。限界変形量(限界変形角)とは、落下物が支柱を乗り越えるときの支柱の変位(変形角)である。

4.2 実験方法

供試体は、落下物防止柵(E1,F1 型)の供試体を作成し、3kN の鉄球を所定の高さから滑り台式に転がし、中央の支柱に路面からの高さ 3.0m となる位置に直角に衝突させた。E1 型の供試体を図-4 に示す。

実験ケースは、鉄球の衝突速度を変化させ、設計条件の設計速度 60km/h に対応するケースと設計速度 100km/h に対応するケースを実施した。鉄球の速度・挙動、支柱の変形量は高速ビデオカメラにて計測した。

4.3 実験結果

いずれの実験ケースにおいても、鉄球は落下物防止柵を乗り越えることはなかった。各ケースにおける支柱の最大変位は、設計速度 60km/h で、変位 $\delta=94\text{mm}$ 、変形角 $\theta=1.7$ 度、設計速度 100km/h で、変位 $\delta=200\text{mm}$ 、変形角 $\theta=3.8$ 度となった。実験結果を表-1 に示す。設計では支柱 1 本で衝突エネルギーの 95%を吸収する結果となり、支柱変形量は $\delta=225\text{mm}$ (変形角 $\theta=4.3$ 度)であった。しかし、実験では $\delta=94\text{mm}$ ($\theta=1.7$ 度)であり、設計値より小さくなった。これは、防止柵全体（隣接支柱、胴縁、ワイヤーロープ等）で吸収したことによるものと考えられる。

4.4 数値解析

実験において鉄球が防止柵を乗り越えることはなかったため、衝撃応答解析法を用いて限界変形量（変形角）を求めた。この結果、限界変形角は 24 度前後であった。許容変形角は、この限界変形角に安全率を考慮する必要がある。落下物は様々な物が想定され、形状も異なることから安全率をたとえば 1.5 とすると、許容変形角は 15 度程度になる。

5. まとめ

落下物防止柵の設計において、明確ではなかった金網の吸収エネルギーを実験により求め、設計に反映させることができた。また、提案した標準的な構造は、現行の衝突条件に対して十分な安全性を有していることがわかった。さらに衝突速度を 60 km/h から 100km/h にしても実物大実験により安全であることが確認された。許容変形角に関しては、実験により落下物が乗り越えることはなかったが、数値解析により 15 度程度にできる可能性が示された。

今後の課題としては、金網衝突時においても隣接する支柱の降伏まで許容する設計法を検討することで、より部材のスリム化によるコスト縮減の可能性が考えられる。

最後に、実験に関してご協力と貴重なご意見・ご指導をいただいた（社）日本建設機械化協会施工技術総合研究所及び(旧)日本フェンス会の方々に紙面をもって感謝いたします。

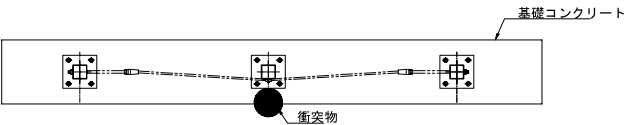
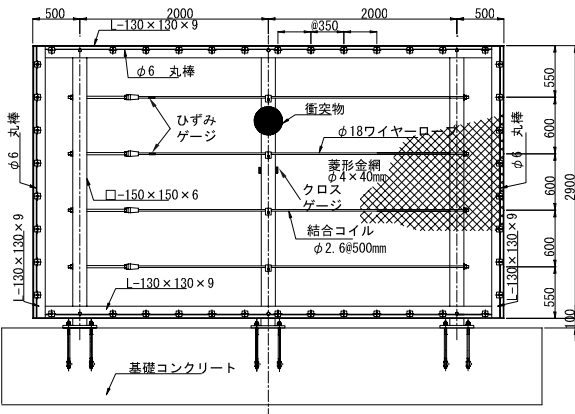


図-4 E1 型供試体

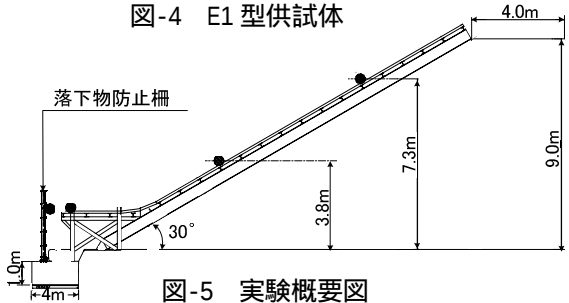


図-5 実験概要図

表-1 実験結果

実験ケース	設計速度 (km/h)	道路軸直角 方向設計速度 (m/s)	設計衝突 エネルギー (kJ)	計測速度 (m/s)	計測衝突 エネルギー (kJ)	支柱先端変位 (mm)
支柱衝突 60km/h	60	4.31	2.85	4.97	3.65	94
支柱衝突 100km/h	100	7.19	7.91	7.48	8.28	200

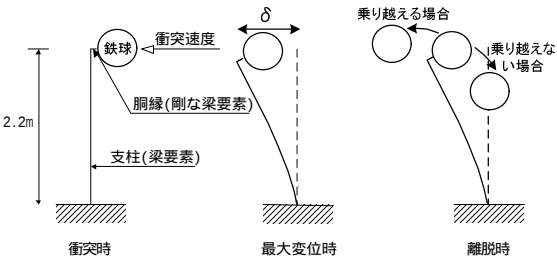


図-6 解析モデル

参考文献
（社）日本道路協会：落石対策便覧，平成 12 年 6 月