

低降伏点鋼を使用した落橋防止装置の衝撃力に関する検討

株式会社 I H I インフラ建設 正会員 岩崎 初美
株式会社 I H I 正会員 西土 隆幸

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、橋梁にはレベル2地震動に抵抗できる落橋防止装置が取り付けられている。

しかし、エネルギーを吸収する機能を有した落橋防止装置はまだ少なく、その吸収エネルギーに着目した研究実績も少ない。図1に示すように、エネルギーを吸収する機能を有した落橋防止装置は、従来の落橋防止装置にエネルギー吸収材を付加することで、容易に製作することができ、比較的経済的であり利用価値があると考えた。

エネルギー吸収材は、板厚・形状を調整することで、レベル2地震動より大きい地震時に降伏しエネルギー吸収するものと、レベル2地震動より小さい地震動で降伏しエネルギー吸収を開始する2タイプが考えられたが、今回は前者を想定した。

本研究では、落橋防止装置に付加するエネルギー吸収材についてエネルギー吸収性能を検証することを目的に、衝撃応答解析を実施し比較検討を行った。

2. 解析概要

表1に、解析に使用した解析ケースを示す。解析前に試設計をおこない、落橋防止装置として使用するPCケーブルをSWPR7BN 12.7mm 7本、引張荷重PU=1281kNと想定し、吸収材の直径を300mmと算出した。

吸収材は、円柱部の材質を低降伏点鋼KLY100とし、上下の支圧部はSM400とした。解析ケースは、円柱高が200mm、300mm、720mmの3タイプとし、設計時に想定した破壊形態は、TYPE1・TYPE2は圧縮降伏、TYPE3は局部座屈である。

静解析は材料非線形・幾何学非線形を考慮した非線形FEM解析とし、3次元衝撃応答解析用汎用コードLS-DYNAを使用した。衝撃解析も同解析コードを使用し、時刻歴応答FEM解析をおこなった。

鋼材の材料構成則は、塑性硬化係数を弾性係数の1/100とするバイリニア型とし、等方硬化則を適用した。鋼板の弾性係数は 2.0×10^5 N/mm²、ポアソン比

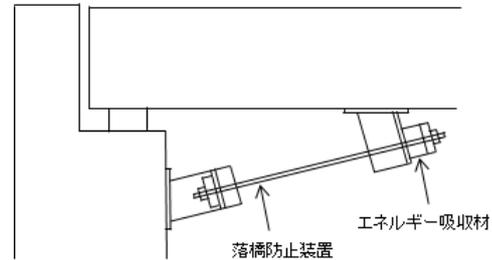


図1 落橋防止装置エネルギー吸収材

表1 解析ケース

タイプ	吸収材直径 (mm)	吸収材円柱高 (mm)	吸収材円柱厚 (mm)	設計時想定した破壊形態
TYPE 1	300	200	12	圧縮降伏
TYPE 2	300	300	12	圧縮降伏
TYPE 3	300	720	12	局部座屈

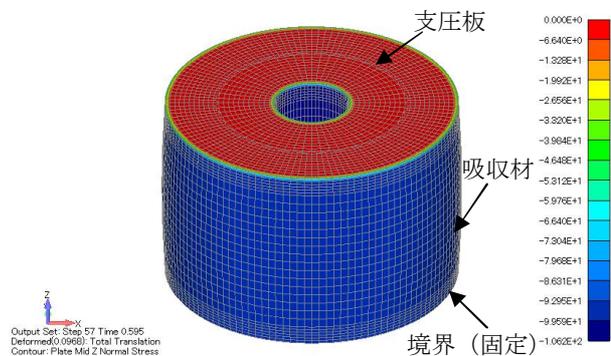


図2 静解析コンター図 TYPE 1
降伏荷重時 (1143 kN)

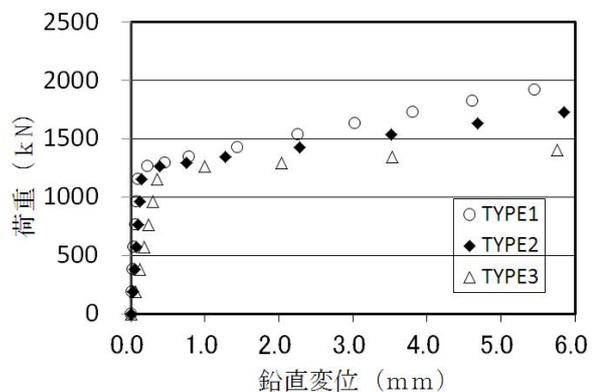


図3 静解析 荷重-変位曲線

キーワード 落橋防止装置, エネルギー吸収材, 衝撃, 非線形 FEM 解析

は0.3とした。

円柱部は初期不正を考慮し、初期不正形状はSin半形状とし、その高さは道路橋示方書より部材長/1000と仮定した。静解析では、荷重は上面支圧板に等分布荷重で載荷した。衝撃解析では、動荷重を重錘に初期速度を持たせることで与えた。重錘の質量は、静解析の結果より吸収材が圧縮降伏した荷重1150 kN、PCケーブルの引張荷重1281 kNの2種類とし、重力加速度で除して算出した。解析モデルの境界条件は円柱の下面の節点を固定にした。なお、載荷速度を1.2m/sと仮定し、載荷時間は0~0.25秒間とした。

3. 静解析結果

図2にTYPE1の圧縮降伏時のコンター図を示す。載荷荷重1143 kNで、円柱部に均等に100N/mm²の直応力が発生した。図3に荷重-鉛直変位曲線を示す。3タイプとも1150 kN付近で降伏し、鉛直変位が増大している。

4. 衝撃解析

図4にTYPE1の衝撃解析の直応力コンター図を示す。重錘の重量は1281 kNとし、支圧板に重錘が接した位置で載荷速度1.2m/sで載荷した。本コンター図は0.057 S後時に最大鉛直変位が発生したものである。吸収材の直応力度は、支圧板付近及び境界付近で260 kN/mm²と高く、降伏応力の2.6倍であり応力集中が発生している。また、吸収材は円柱面外になめらかな曲線で水平断面に均等に变形しており、重錘を吸収材で受け止められることが確認できた。なお、どのタイプも圧縮降伏して終局状態が発生した。

図5に重錘重量1281 kN時の載荷時間-変位曲線を示す。最大変位はTYPE3が一番大きい。また、一旦、最大変位になった後、吸収材は重錘を跳ね返し最終残留変位は最大値より小さくなった。

図6に重錘重量1281 kN時の吸収材上端の速度を示す。速度の減少量はTYPE1が比較的大きいことがわかる。図7、図8に重錘重量1150 kN、1281 kNの吸収材の内部エネルギーを示す。重錘重量1150 kN、1281 kNでは吸収エネルギーはほぼ等しい値であった。

5. まとめ

- (1) 全タイプとも、重錘の運動エネルギーを吸収材の吸収エネルギーとして吸収できたと推察できる。
- (2) どのタイプも吸収エネルギーはほぼ等しい。変位が小さく製作費の安価なTYPE1が比較的優れている。

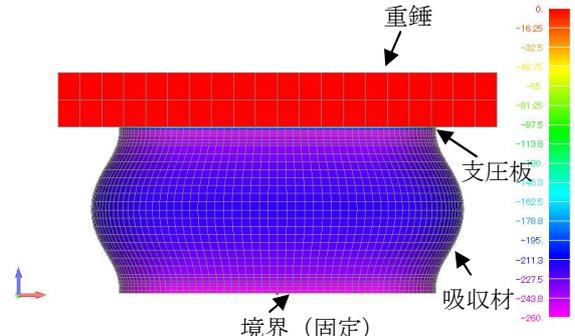


図4 衝撃解析コンター図 TYPE 1

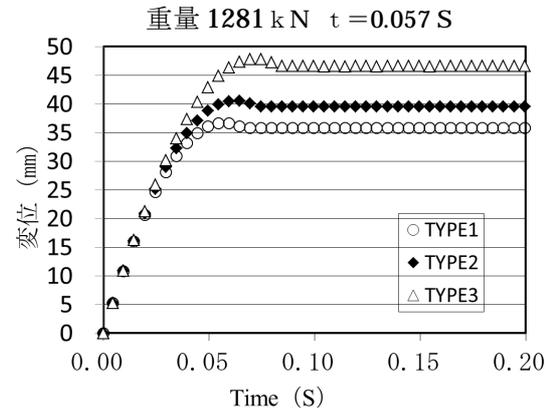


図5 吸収材上端の変位 重量1281 kN

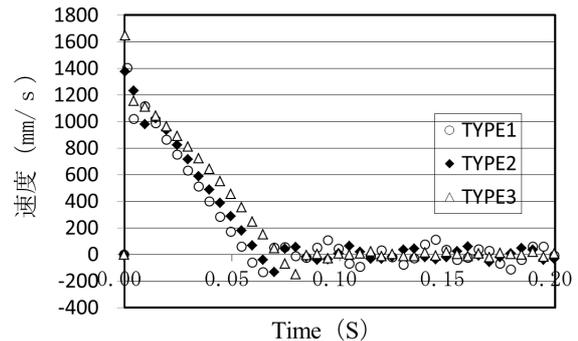


図6 吸収材上端の速度 重量1281 kN

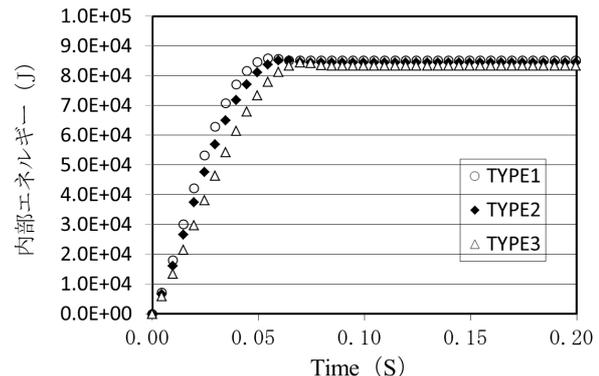


図7 吸収材の内部エネルギー 重量1150 kN

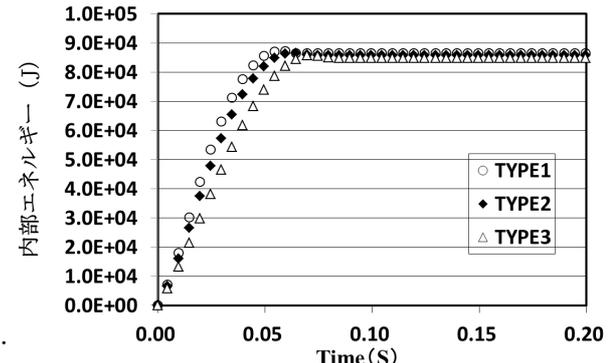


図8 吸収材の内部エネルギー 重量1281 kN