

ノックオフ構造の単調及び繰返し载荷時の衝撃応答解析

学生氏名 田崎 友紀子
小林 真理子
担当教員 皆川 勝

1. はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震では、落橋防止装置においても多くの破損が見られ、このため震災後に通知された「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様」(1995年2月)や「道路示方書・同解説V編」(1996年12月)では、落橋防止装置の規定が大きく改訂された。これにより、耐震性を高める構造としてノックオフと呼ばれる緩衝材が注目され始めた。しかし、我が国ではこの装置の設置例はなく実用的な装置と設計法の開発が待たれている。そこで、本研究ではノックオフ構造の強度及び変形特性を解析的に検討することを目的とする。

2. 解析概要

衝撃応答解析には、非線形動的解析用の汎用3次元有限要素解析プログラムPC/LS-DYNAを用いた。使用した要素は3次元破壊要素であり、破壊基準として相当塑性歪が最大塑性歪を超える場合と、相当応力が限界応力を上回る場合の2つを設定している。これらの条件に該当した要素は解析上削除される。解析対象は、いずれもSS400相当の型鋼を用いて製作された鋼製緩衝装置を想定したモデルである。文献1)を参考にした材料定数を表-1に示す。また、単軸応力-塑性ひずみ関係は図-1に示すトリリニアタイプを用い構成則には等方硬化則

を用いた。図-2に解析対象としたノックオフ装置の寸法諸元を示す。実際解析に使用したのは対象性を考慮した1/2モデルである。载荷方法としては500mm/secの強制変位を与える方法と、重量98KNの物体を表-2のような速度で繰返し衝突させる方法を用いた。以下、前者を単調载荷、後者を繰返し载荷と呼ぶ。

表-1 材料定数

質量密度(N/mm ³)	7.85×10^{-9}
弾性係数(N/mm ²)	2.06×10^5
ポアソン比	0.3
破壊ひずみ	0.7
降伏応力(N/mm ²)	321

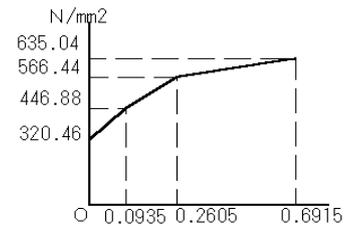


図-1 応力-塑性ひずみ関係

表-2 衝撃载荷方法

時間(s)	速度(mm/sec)
0.1	-800
0.2	800
0.3	-900
0.4	900
0.5	-1000

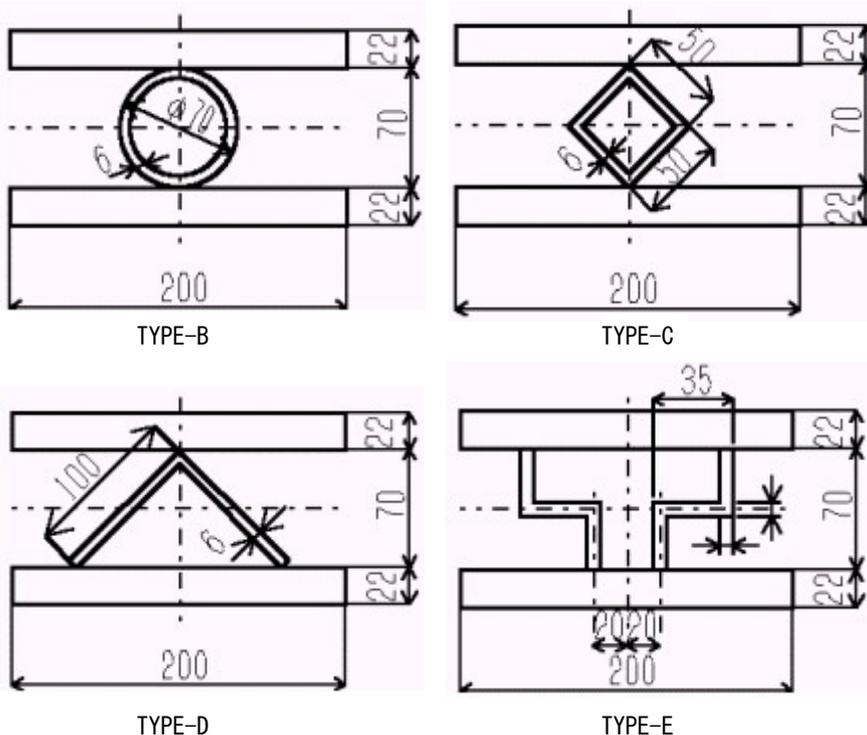


図-2 解析モデル図

3. 解析結果

3.1 単調载荷

図-3に各タイプの荷重-変位関係を示す。ここでの変位は緩衝装置上下の载荷板の相対変位量である。各々の吸収エネルギーを表-3に、TYPE-B, TYPE-Cの変形の様子を図-4示す。

①TYPE-B 円状のパイプが徐々に楕円形に潰れていき変位が25mmを越えたあたりから上下の溶接部の影響によりくびれが生じ、最終的には変位が50mmでそれらが互いに接触した。降伏荷重は180KN程であった。その後荷重値は緩やかに300KN

まで上昇し一旦下がるが、接触する最終変位 50mm のところで急激に増加した。②TYPE-C TYPE-B に比べ均等に変形しており、最終的な変位量は 40mm となった。降伏荷重は TYPE-B と同程度となったが、荷重値は 250KN 程度まで上昇した後、B 同様、接触した後荷重が急激に増加した。③TYPE-D 破壊するまで一様に外側に滑って移動し、溶接部境界から外側にかけて弓状になった。最終変位量は 50mm で降伏荷重は 40KN となり B, C の 20% 程度であった。④TYPE-E 荷重方向と垂直な板が大きな傾きを示し、最終的に N 型に変形し変位量は 35mm となった。降伏荷重は 130KN となり、B, C の 70% 程度であった。

表-3 最大吸収エネルギー

TYPE	B	C	D	E
最大吸収エネルギー (KN・m)	8.53	3.79	2.23	4.00

3.2 繰返し荷重

図-5 に各タイプの荷重変位曲線、表-4 に最大吸収エネルギーを示す。各タイプ共 3 回衝突体がぶつかっているが、3 回目の衝突後 TYPE-C, E については破壊した。よってこれらについては破壊前の吸収エネルギーの値を取ってある。TYPE-D は下部に溶接が施していないので一回目の衝突から振動をはじめしまった。また TYPE-B については破壊することなくロックオフ構造としては最も好ましい性状を示した。

表-4 最大吸収エネルギー

TYPE	B	C	D	E
最大吸収エネルギー (KN・m)	7.56	13.5	2.23	14.7

4. 考察

単調荷重については荷重変位や吸収エネルギーから TYPE-B が有効であると考えられる。また本研究が参考としてきた文献⁶⁾と比較したところ同様の結果が得られ、解析の妥当性は示すことができたと考えている。繰返し荷重については荷重変位関係を見る限り TYPE-B は耐衝撃性に優れている。しかし TYPE-C, E の荷重値が 1 回目と 2, 3 回目を比較すると急激に増加していること等から繰返し荷重については荷重方法を含め改善すべき点が多い。

<参考文献> 1) 鋼橋技術研究会・免震研究会：落橋防止装置・ロックオフ構造WG 中間報告書, 1998 年 10 月。2) 鋼橋技術研究会・免震研究会：落橋防止装置・ロックオフ構造WG 第 24 回会合資料活動報告, 1999 年 1 月。3) 株式会社日本総合研究所: LS-DYNA 使用の手引き, 1997 年。4) 株式会社日本総合研究所: LS-DYNA user's manual, 1997 年。5) 島田泰至: 落橋防止構造部材の動的破壊挙動解析, 東京都立大学大学院土木工学科平成 10 年度修士論文。6) 長島文雄・皆川勝・島田泰至・寺尾圭史・佐藤豪: 鋼製緩衝材の荷重変形特性に関する解析的検討, 社会法人 日本鋼構造協会 鋼構造年次論文報告集, 第 7 巻, 1999 年 11 月。

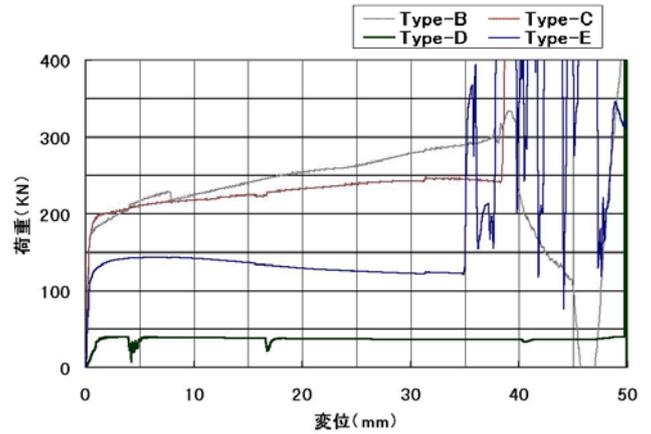


図-3 荷重変位曲線(単調荷重)

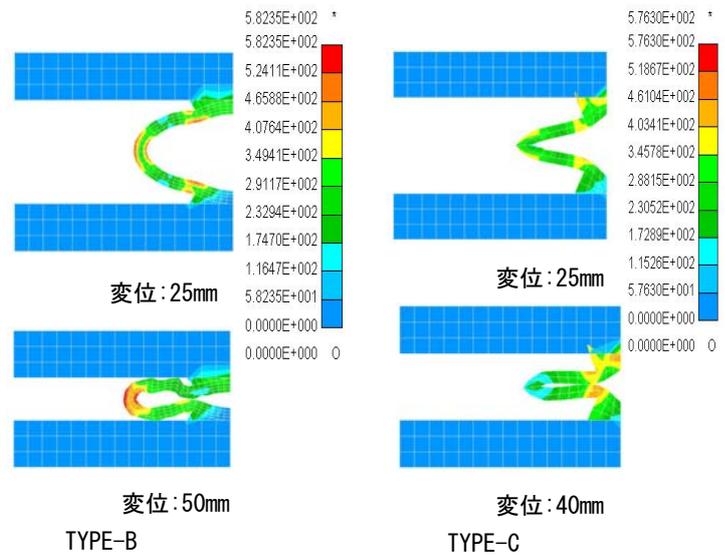


図-4 変形の様子

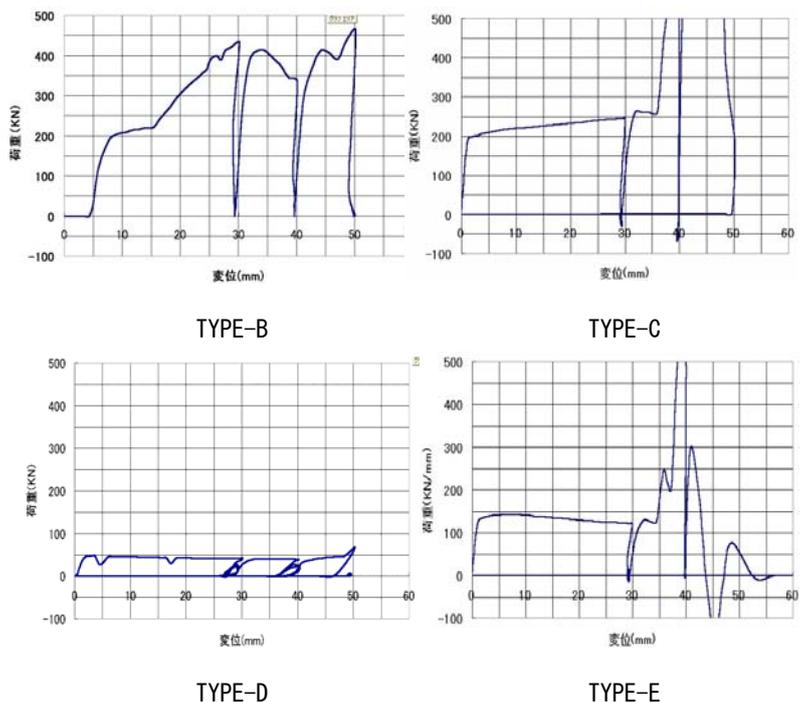


図-5 荷重変位曲線(繰返し荷重)