

高じん性鋳鋼を用いた支承部損傷制御装置 DC ストッパーの形状検討と性能確認実験

日本鋳造(株) 正会員	○朝倉 康信	阪神高速道路(株) 正会員	篠原 聖二
日本鋳造(株) 正会員	石山 昌幸	阪神高速道路(株) 正会員	八ツ元 仁
日本鋳造(株) 正会員	山崎 信宏	阪神高速道路(株) 正会員	福嶋 孝啓
日本鋳造(株) 非会員	染谷 優太	阪神高速道路(株) 正会員	安積 恭子

1. はじめに

筆者らは、既設支承の機能を補完する目的で設置される水平力分担装置の抱える課題を解決し、支承部のじん性を向上させるため、図-1 に示す支承部損傷制御装置（以下、DC ストッパー）を開発したり。本稿では、静的非線形解析を用いたストッパー本体の形状検討と性能確認実験について述べる。

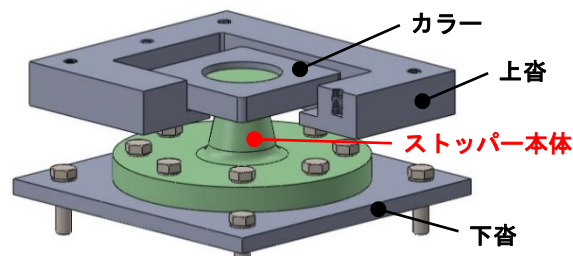


図-1 支承部損傷制御装置 (DC ストッパー)

2. ストッパー本体の形状検討と高じん性鋳鋼

ストッパー本体の形状（水平力 400kN タイプ）を図-2 に示す。ストッパー本体は、指向性を考慮して円筒形とした。その断面は、梁理論に基づき設定したいくつかの形状に対する予備解析（SOLIDWORKS 2017、静的線形解析）で応力分布の均等性を確認し、予備解析で優位性のみられた形状に対する静的非線形解析で力学的特性と変形状況を検証して決定した。ストッパー本体の断面設計では、レベル2地震動により生じる外力に対して高じん性鋳鋼の降伏応力以下とした。高じん性鋳鋼は、図-3 に示すように、一般的な溶接構造用鋳鋼（SCW480N）と比較して引張強度が低く、かつ伸び性能に優れた材料である。この材料をストッパー本体に用いることで、上沓や下沓などとの保有耐力の階層化をより明確に実現させている。

3. ストッパー本体の静的非線形解析

静的非線形解析は、水平力 400kN タイプのストッパー本体を対象として行った。解析モデルの要素分割図を図-4 に示す。解析モデルにはカラーを含めていない。ストッパー本体の材料特性は非線形性を考慮して、図-3 に示した高じん性鋳鋼の引張試験結果から求めた真応力-真ひずみ関係を与えた。上沓と下沓の材料特性は線形とした（弾性係数： $2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、ポアソン比：0.3）。ソリッド要素の寸法は主要部で 3~5mm とした。上沓または下沓とストッパー本体の接触にはペナルティ法を適用し、貫入は許容していない。それぞれの接触面の摩擦係数(μ)は 0.3 とした。これらの条件により上沓に強制変位を与えることで解析を行った。なお、上沓は加力方向の面内の変位し、面外方向への変形は生じないように境界条件を設定した。解析は汎用有限要素解析ソフト ABAQUS ver.6.14-5 で行い、ストッパー本体の下フランジ部を除いた高さに対して 50%程度の水平変位が生じたとき、あるいは荷重変動の生じない場合に終了とした。

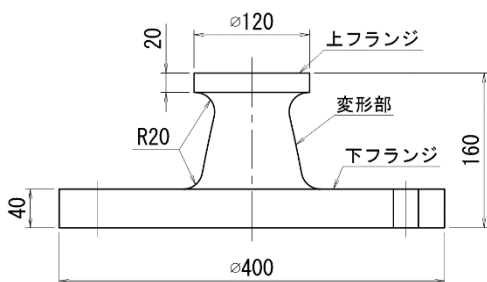
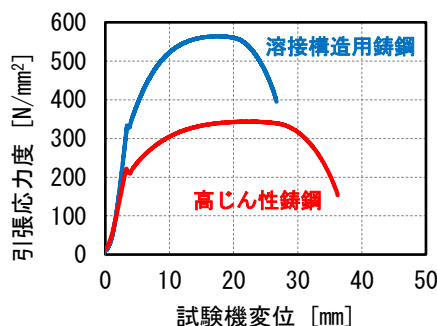
図-2 ストッパー本体の形状
(水平力 400kN タイプ)

図-3 材料引張試験結果

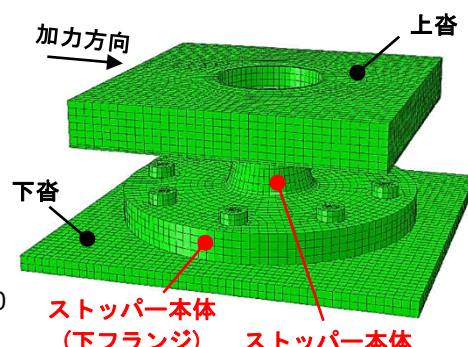


図-4 解析モデルの要素分割図

キーワード：DC ストッパー、高じん性鋳鋼、支承部損傷制御装置、形状検討、性能確認実験

連絡先：〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町2番1号 日本鋳造(株)鋼構造技術部 TEL：044-355-5033

図-5は静的非線形解析で得られたミーゼス応力のコンター図(水平変位 70mm, 解析終了時)を示している。加力方向正面と背面側の広範囲で応力の分布が確認できる。特に変形部と下フランジ接続部付近の応力が卓越している。き裂は、このような応力の卓越箇所から生じると考えられる。

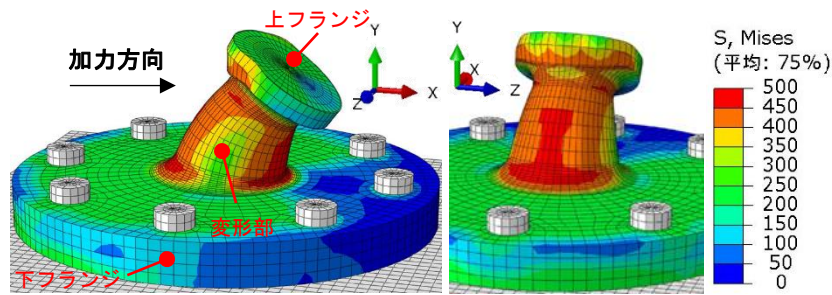


図-5 ミーゼス応力のコンター図 (水平変位 70mm, 解析終了時)

4. ストッパー本体の性能確認実験

性能確認実験は、水平力 400kN タイプのストッパー本体で行った。载荷ケースと試験体数は、漸増载荷(以下、漸増)で2体, 正負交番繰返し载荷(以下、正負)で4体とした。写真-1に示すように、実験は下側固定板にストッパー本体, 上側固定板に加力板を取付け, 試験機鉛直方向の制御を変位ゼロとして, ストッパー本体にき裂の生じるまで水平変位制御(加力速度 1mm/sec)で载荷した。変位測定位置を図-6に示す。ストッパー本体の水平変位は図中の d2 と d3 の測定結果から求めた。水平荷重は試験機内蔵のロードセルで測定した。

図-7 示す漸増2体の荷重-変位関係はほぼ一致した。水平力分担機能に加え, ストッパー本体の変形能による変位拘束機能を有するといえる。写真2は漸増終了時の状況である。ストッパー本体に生じたき裂の位置は, 図-5に示したコンター図の応力卓越箇所に一致する。図-8に示す正負の水平荷重は, 繰返し载荷に伴うひずみ硬化で大きくなるが, 表1に示した特性値は漸増におおむね等しい。図-7と図-8, そして表-1には, 静的非線形解析で得られた荷重-変位関係, あるいは特性値も示している。各実験で得られた降伏荷重と最大荷重は, 解析結果と多少の差異がみられるものの, 荷重-変位関係はおおむね近似する傾向といえる。

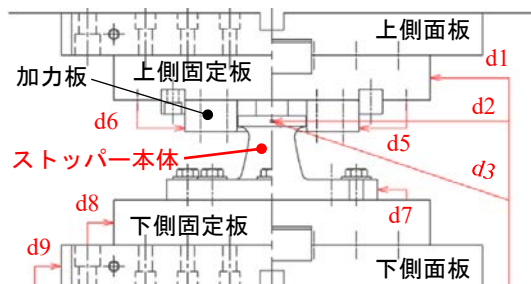


図-6 変位測定位置

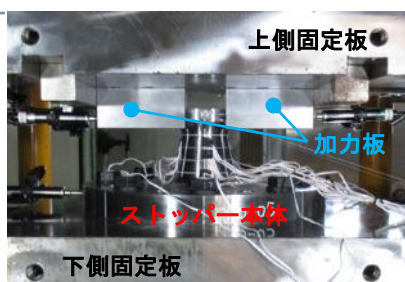


写真-1 実験状況



写真-2 漸増終了時の状況

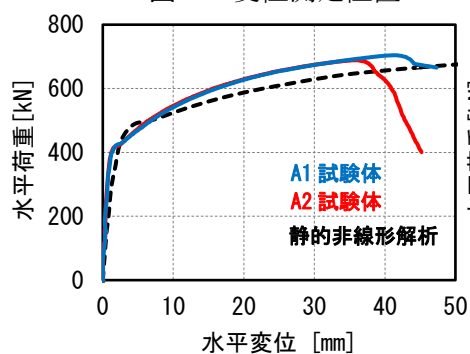


図-7 荷重-変位関係 (漸増)

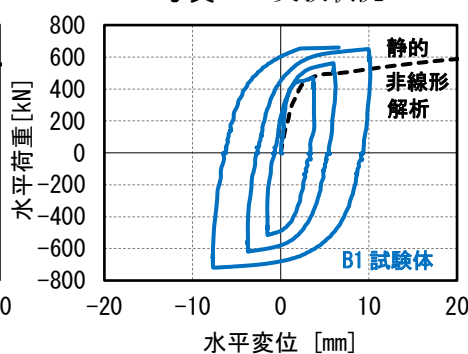


図-8 荷重-変位関係 (正負)

表-1 特性値の一覧

		降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	降伏比
漸増	A1	423.3	704.4	0.601
	A2	418.8	688.8	0.608
	Ave.	421.1	696.6	0.605
正負	B1	436.7	-719.4	0.607
	B2	430.0	-668.1	0.644
	B3	433.1	-695.8	0.622
	B4	432.4	-686.1	0.630
Ave.		433.1	-692.4	0.626
解析結果		471.3	656.6*	0.718*

※ストッパー本体変位 40mm での値

5. まとめ

考案した水平力 400kN タイプの実験結果は, 解析結果におおむね等しく特性値のばらつきも小さい。これらのことから, DC ストッパーは, 水平力分担機能に加え, レベル2地震動を超えた場合でもストッパー本体の変形能によって変位拘束機能を発揮するといえる。なお段差防止機能は, 追加部材で対応可能となる。

参考文献

- 1) 篠原 ほか: 高じん性鋳鋼を用いた支承部損傷制御装置 DC ストッパーの開発コンセプト, 土木学会第77回年次学術講演会, 2022.9(投稿中).