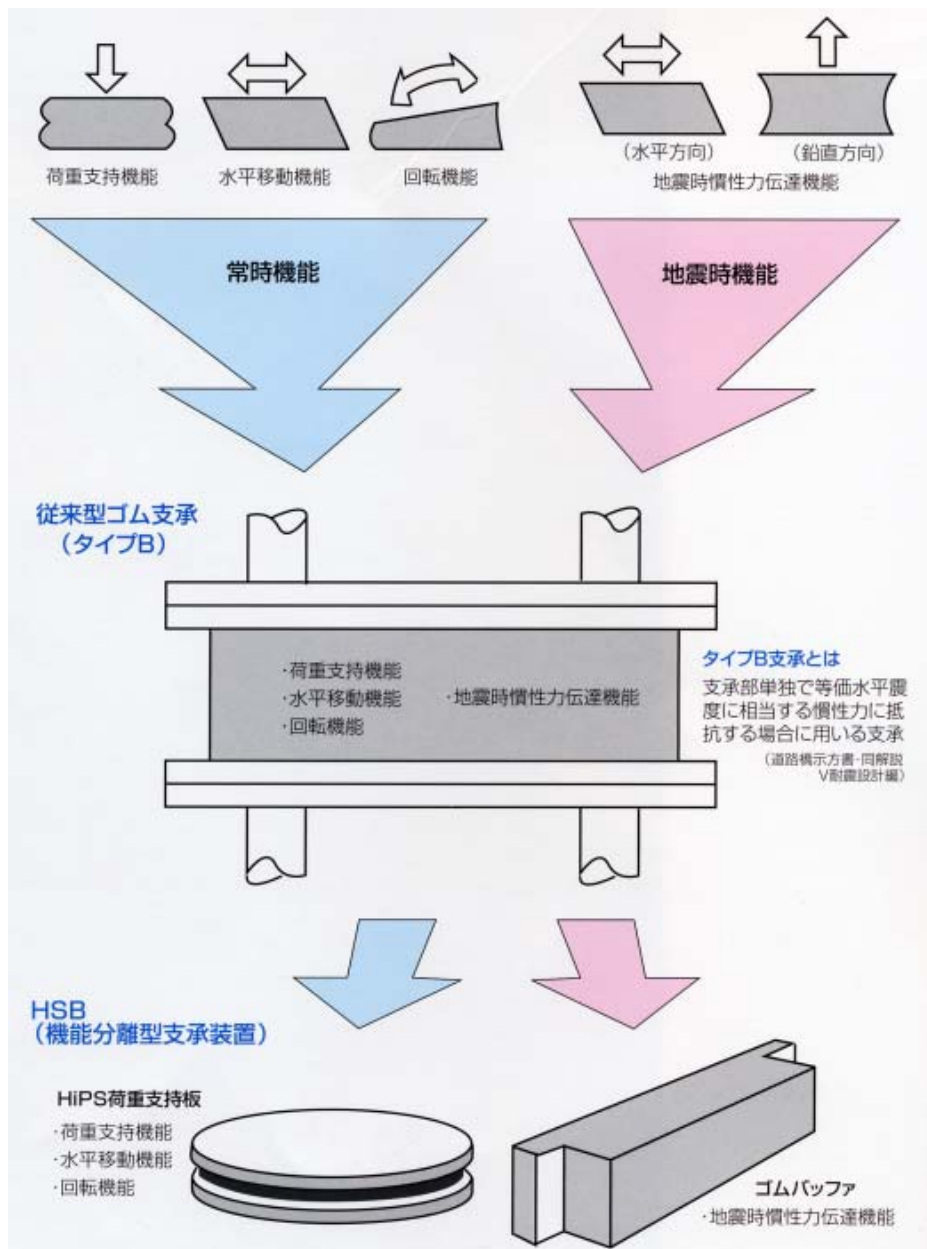




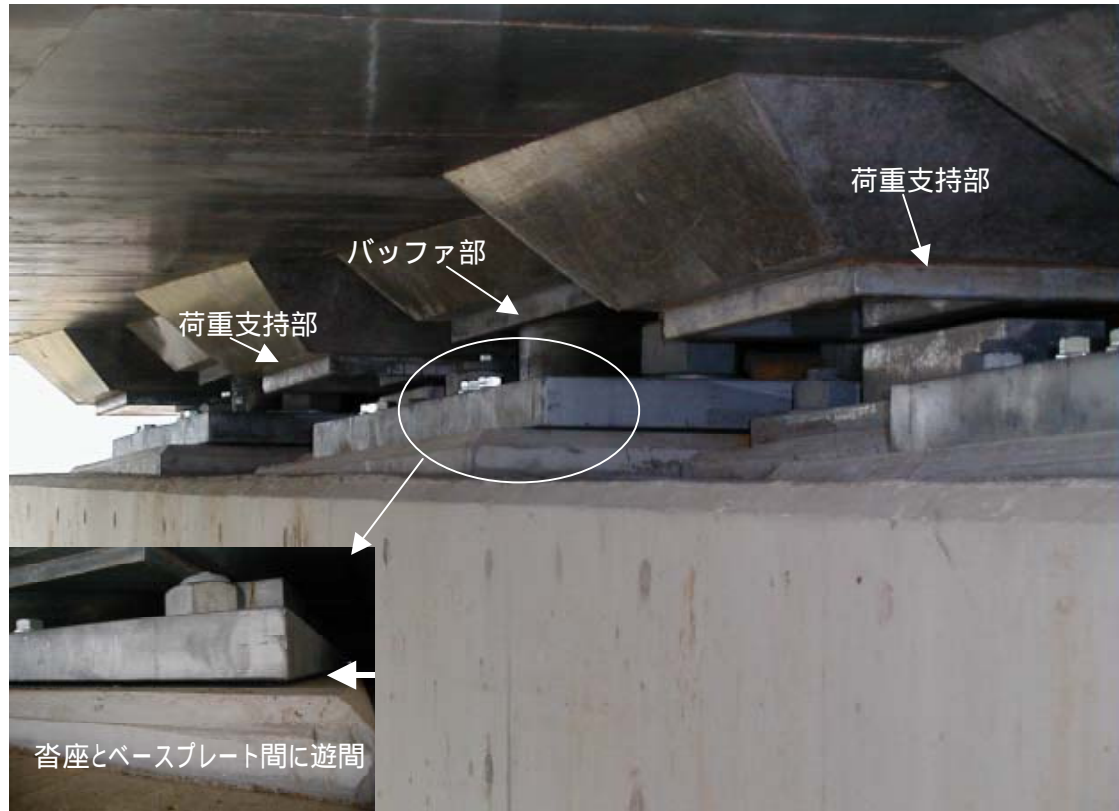
ビービーエムの HSB（機能分離型支承装置）

阪神・淡路大震災による被害を念頭に置いた道路橋示方書（平成 8 年 12 月）の改定を受け、道路橋全体および支承本体の耐震性向上の観点から、ゴム支承の採用が望ましいとされるようになりました。しかし、地震時保有水平耐力法への対応に伴い、ゴム支承は肥大化する傾向にあり、設計・施工およびコスト面で問題が起こっています。

ビービーエムでは、タイプ B 支承に求められる機能を満たし、なおかつゴム支承を肥大化させない HSB（機能分離型支承装置）（High-Performance Stopper and Bearing）を完成させました。HSB は、常時と地震時各々に求められる機能を分離することにより、従来のゴム支承では収まらなかった狭い桁下遊間にも収まります。HSB は、橋梁の耐震性向上と公共事業のコスト縮減という時代のニーズにお応えできる画期的な支承装置です。



HSB (機能分散型支承装置)の施工例



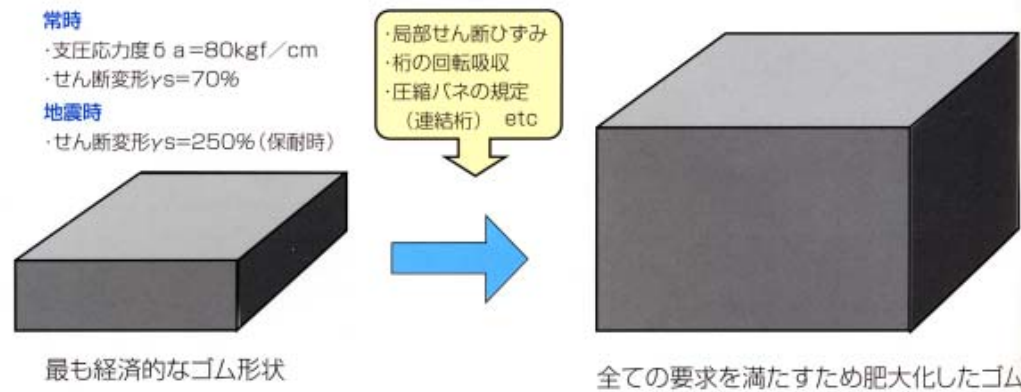
兵庫国道工事事務所 春日和田山道路横田高架橋(6径間連続PCホロ-桁橋)

現状は.....

HSB (機能分離型支承装置) にすると.....

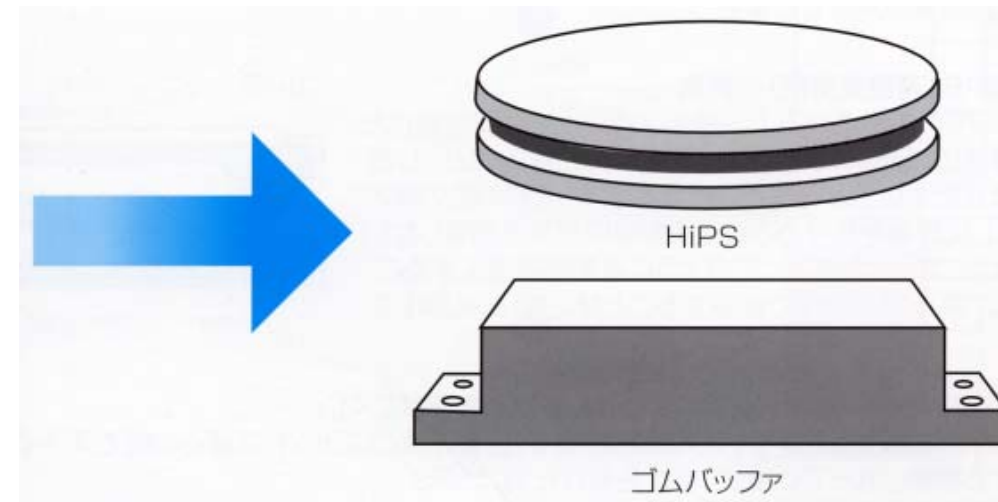
支承の肥大化

従来のタイプ B ゴム支承は一点あたり一つのゴム沓で荷重支持機能、桁の回転と伸縮機能、地震力の下部構造への伝達機能等々オールマイティーの働きをします。すべての機能を満足させるために沓は設計の過程で肥大化します。



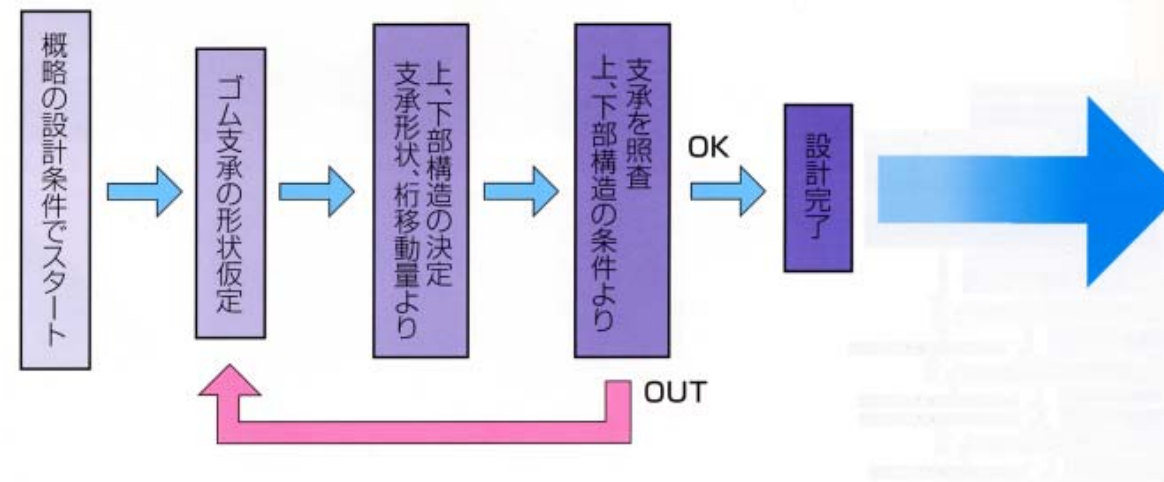
コンパクトで機能を満たす

常時にも求められる機能を HiPS (荷重支持板) とスライド機構に、地震時に求められる機能をゴムパツファに分離することにより、ゴムは必要最小限のボリュームで要求される機能を満足させることができます。



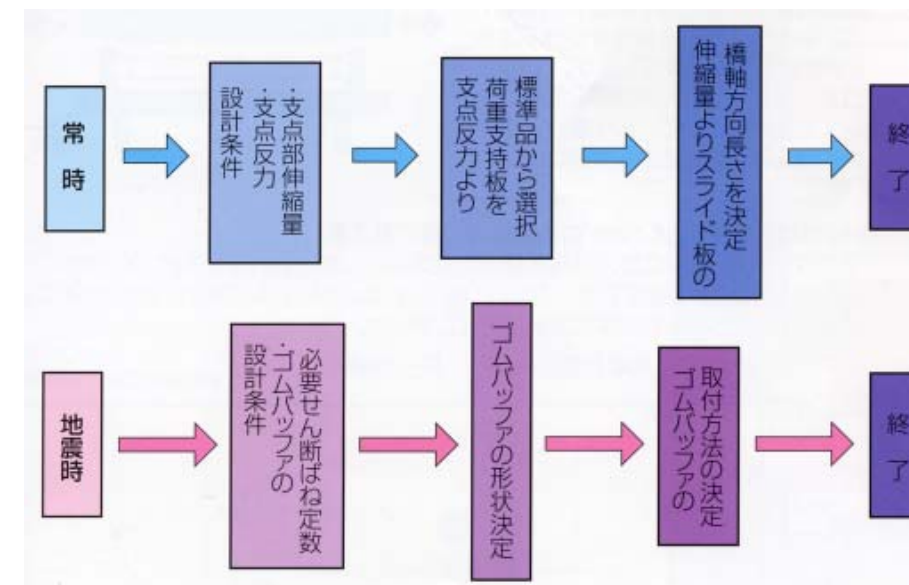
設計手間の増加

従来のタイプ B ゴム支承を設計するにあたり、支点反力がなくともゴム支承形状が決まらないのに、支点反力算出の元になる上下部構造はゴム支承が決まらないうちで決定できないという、何も決まらない状態からスタートします。経験を頼りに支承形状を仮定して上下部構造を設計し、支承を照査する方法のため、支承が不適当の場合振出しに戻ったこともあります。



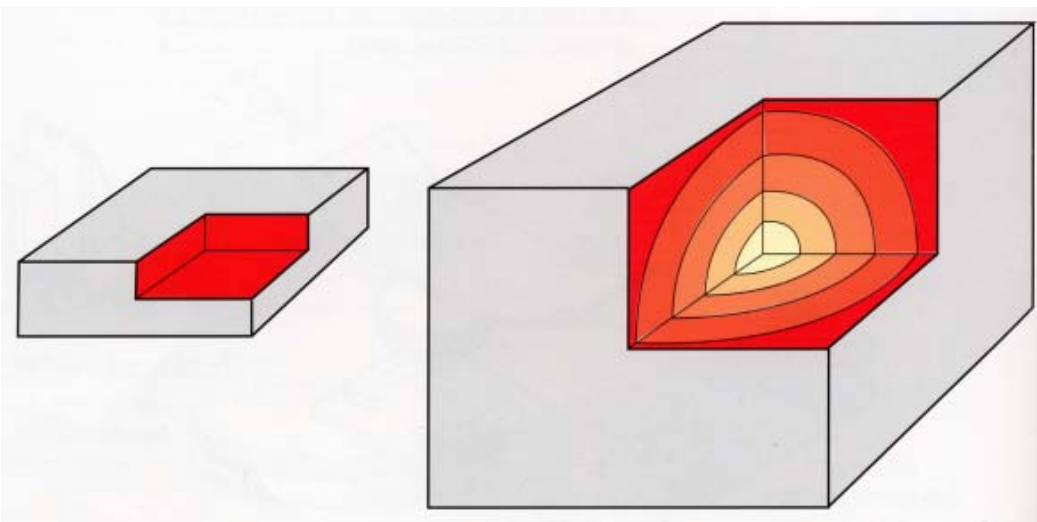
簡素な設計

支承の機能を常時と地震時に分離することで、常時の設計と地震時の設計が別になり、簡素で自由度が高く手戻りの少ない設計ができます。



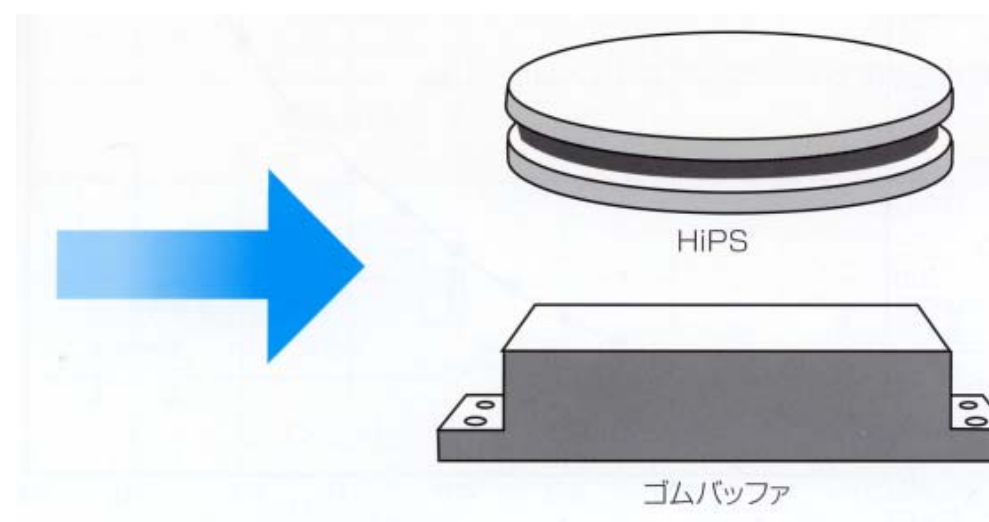
生産性の低下

加硫工程で製品は、金型内で約 140 の熱処理をされます。ゴムは有機物であるため高温過ぎると劣化し低湿過ぎると十分な強度が得られません。また熱伝導が悪くボリュームが大きくなるほど加硫工程が長くなり生産性が低下し表面と中の温度を均一に保つための高度な品質管理が必要になります。



標準化で生産性向上

HSB のゴム部材は、HiPS (荷重支持板) とゴムパツファで従来に比べてコンパクトになります。HiPS は円盤状で鉛直荷重別に標準化されています。ゴムパツファは鉛直荷重を受けないため縦横比の制約がなく生産性の良い自由な形状で設計することができます。

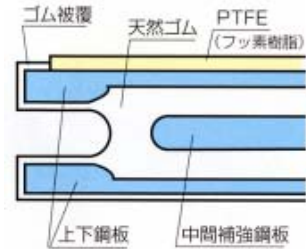


HiPS (荷重支持板)

HSB (機能分離型支承装置)の新技术要素としてHiPS (荷重支持板)があります。HiPS の最大許容圧縮応力度は 250 kgf/cm^2 です。そのため、コンパクトになりコスト低減効果が期待できます。

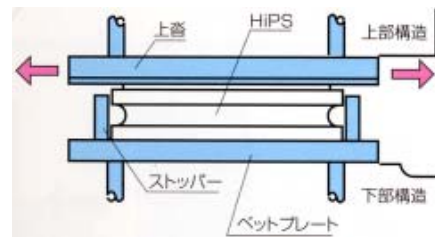
HiPS (荷重支持板)の構造

HiPS に内蔵される上下網板は縁辺に受圧壁を設けた構造になっています。つまり、2 枚の皿を内側どうし合わせた中にゴムを満たした状態です。2 枚の皿の縁どうしに間隔を設けることで回転吸収機能を阻害しないようになっています。このように半密閉構造にすることで高圧縮応力度で使用することが可能になりました。



HiPS は強制スライド機構によりせん断変形を受けにくい

HiPS の上面は PTFE (フッ素樹脂) 板で、上沓下面のステンレス板との間でスライドする機構になっています。変位を受けた時、HiPS はベットのプレートに設けたストッパーで回転機能を損なわない程度に拘束されているので、せん断変位を受けずスライド機構が変位を吸収します。鋼板とゴムの接着層にせん断変形によるストレスを受けないので、より高い圧縮応力に耐えることができるようになります。

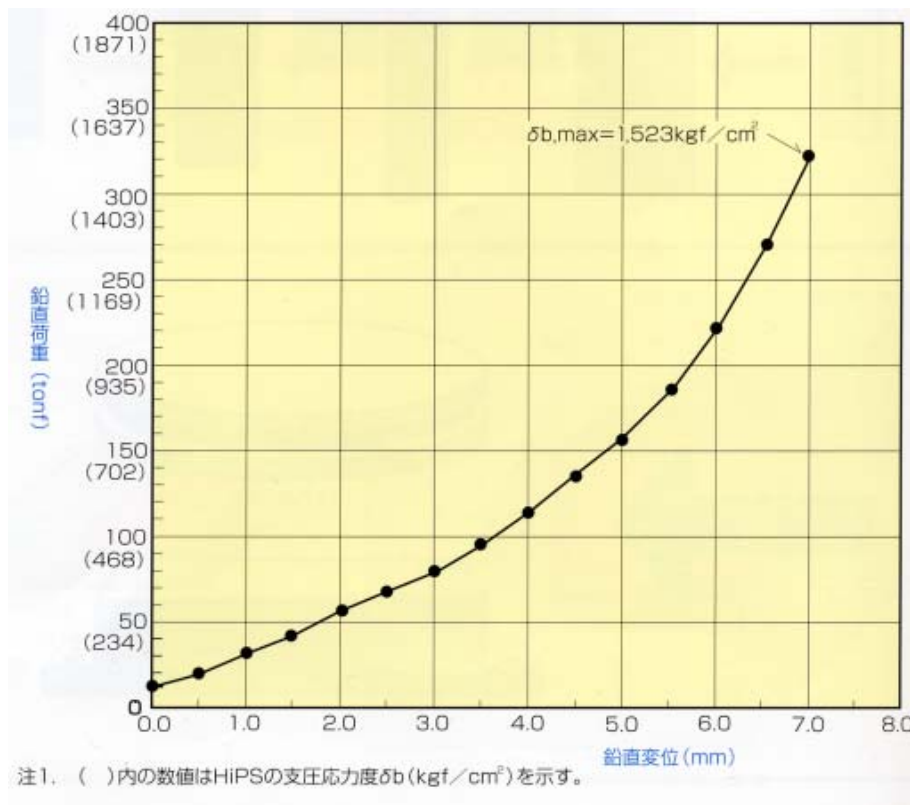


HiPS は $1,500 \text{ kgf/cm}^2$ の高圧縮応力度に耐える

下のグラフは HiPS に最大許容圧縮応力度の 6 倍にあたる $1,500 \text{ kgf/cm}^2$ の圧縮応力を加えた P- 曲線です。グラフでも見られるように $1,523 \text{ kgf/cm}^2$ までは弾性域内で、もちろん供試体は原形に復元しました。

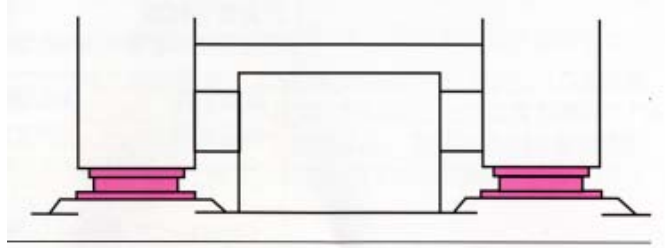
HiPS (荷重支持板) 高載荷重圧縮試験 P- 曲線

供試体は 50toni 標準品

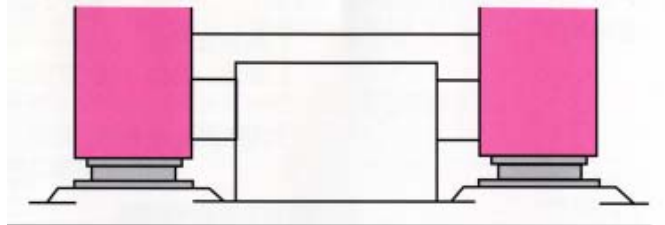


施工フロー(プレストレスコンクリートT桁の新設橋梁の例)

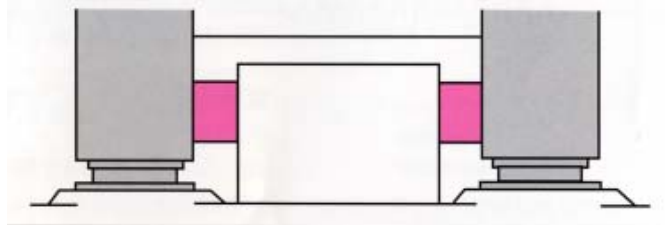
HiPS(荷重視支持板)の施工



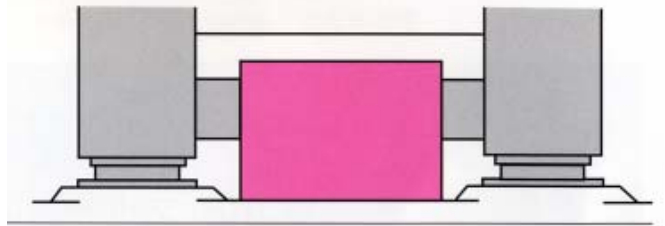
主桁の架設



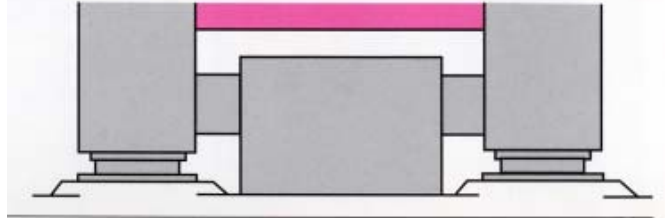
ゴムバッファの取付



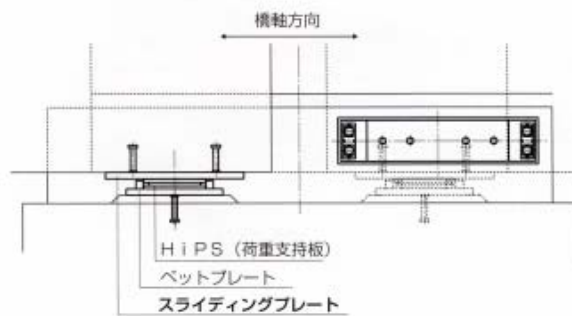
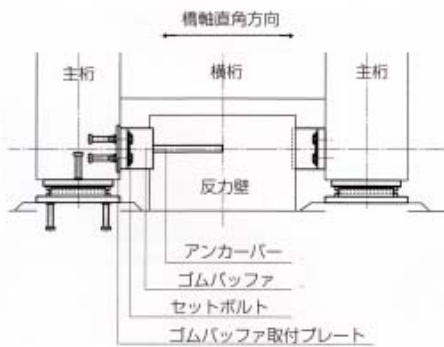
反力壁の施工



連結横桁の施工



プレストレスコンクリートT桁の設計事例



HiPS(荷重支持板)の特性

1.圧縮疲労試験

正弦波による連続圧縮試験で耐久性の確認を行った。

試験条件

荷重振幅:

$P_{min} = 35tf$ ($c = 125 \text{ kgf/cm}^2$)

$P_{max} = 70tf$ ($c = 250 \text{ kgf/cm}^2$)

載荷周波数: 2Hz

繰返し回数: 200 万回



検索結果: 圧縮ばね定数の変化は、試験前と比べて5%以内で外観上の異常は認められず荷重支持システムとして十分な性能を有していると判断される。

2.せん断疲労試験

湿度変化によるせん断変形を想定した 2 万回のせん断疲労試験で、耐久性を確認。

試験条件

供試体:

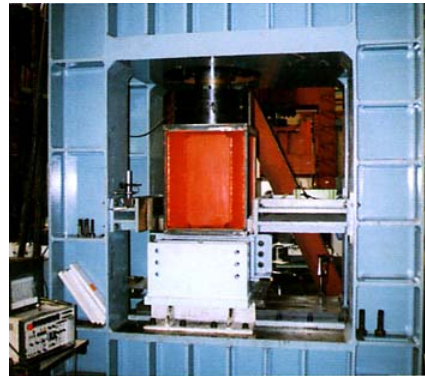
幅 254 × 長さ 304 × 厚さ 44 (mm)

鉛直荷重: 35tf

せん断変形量: ± 10mm

載荷周波数: 1Hz

繰返し回数: 2 万国

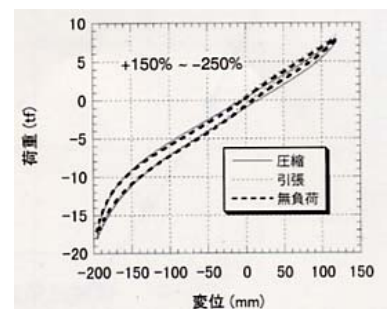
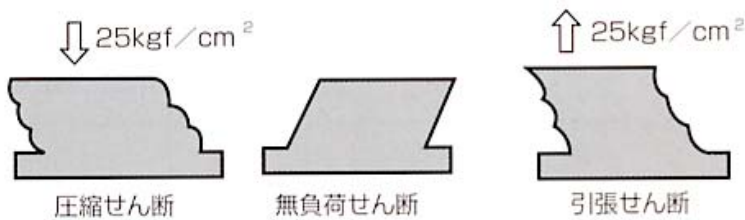


検索結果: 外観上の異常は認められなかった。疲労試験により、厚みで 0.1mm、重量で 2g (0.02%) 減少しているが実用上、問題ない。

ゴムバッファの特性

1.圧縮せん断・無負荷せん断・引張せん断試験

ゴムバッファに 25 kgf/cm^2 の圧縮力、無負荷、 25 kgf/cm^2 の引張力をかけた状態で、ゴムバッファの層厚合計の +150 ~ -250% のせん断試験を実施。各々のケースでのせん断バネの変化の確認。

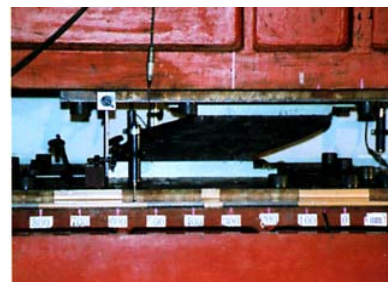


試験結果: いずれのケースも、ほぼ同じ荷重-変位曲線となった。天然ゴムによるバッファは、線形バネとしてモデル化しても良いと判断できる。

2.せん断破壊試験

タイプ B のゴム支承に求められる 250%せん断変形の確認。

試験結果: バッファのゴム層厚の 330%の変形を与えた時点で、ゴム層が破断した。安全率 1.5 を考えてせん断変形率 (せん断変形量 / ゴム層厚) は $200\text{mm} \div 78\text{mm} = 250\%$ まで許容することを確認。



HSB 装置全体の特性

1. 正弦波加振実験

本装置の面圧依存性と載荷速度依存性を調べるため正弦波加振実験を行った。

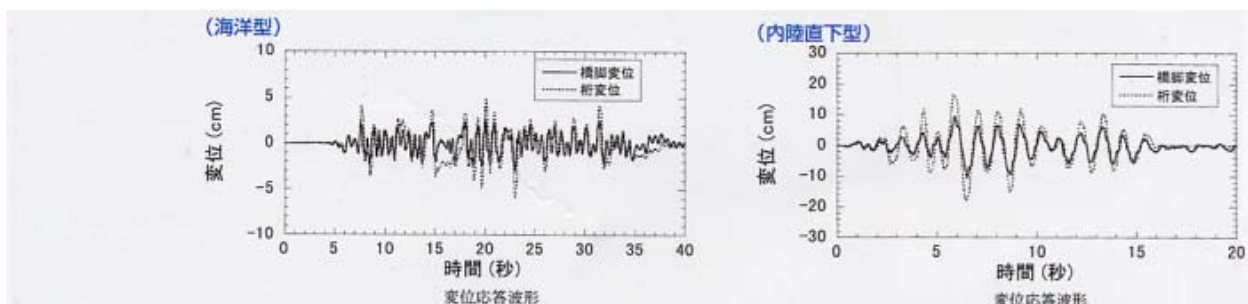
実験結果

: 温度変化による桁の移動のように載荷速度が遅い場合、10%程度の摩擦係数となり、地震時のように数kine以上の速度で載荷される場合、15~20%の動摩擦係数となる。面圧が低いと摩擦係数が大きく、面圧が高いと摩擦係数が小さくなる傾向も読み取れる。

2. ハイブリッド地震応答実験

標準地震入力例より、レベル2タイプ1(海洋型)地盤種別II種波形1と、レベル2タイプ2(内陸直下型)地盤種別II種波形1とを用い、2ケースの実験を行った。

実験結果: 設計では、バイリニア型でモデル化しても問題ない。



以上「機能分離型免震支承装置の開発に関する研究」(平成9年度報告書)より抜粋
阪神高速道路公団 大阪第一建設部・(発行当時)
立命館大学理工学部土木工学科 伊津野和行 助教授 監修



阪神高速道路公団 東大阪線

九州地方建設局 沖田橋



ビービーエムのNR(天然ゴム)

HiPS(荷重支持板)とゴムバッファの機能を発現する素材としてビービーエムのNR(天然ゴム)が使われています。ビービーエムのNR(天然ゴム)は、日本初(昭和48年)の水平反力分散沓に採用されて以来、数多くの橋梁用ゴム支承に採用されています。

ゴムの物理的性質(道路橋支承便覧準拠)

項目		単位	材質 NR(天然ゴム)					試験名称および適用試験
静的せん断 弾性係数 ¹⁾		kgf/cm ²	8.0±1.0	10.0±1.0	10.5±1.0	12.0±1.2	13.5±1.3	低変形引張試験 G25 JIS K6254 の5
硬さ(参考値)		タイプA	50±5	60±5		65±5		デュロメータ硬さ試験 JIS K6253 の5
切断時伸び		%	550以上					引張試験 JIS K6251 の6.2
引張り強さ		kgf/cm ²	150以上					引張試験 JIS K6251 の6.1
老化試験	25%伸 長応力 変化率	%	-10 ~ +30 (70 × 72h)					空気加熱老化試験 JIS K6257 の4
	切断時 伸び変 化率	%	-50以上 (70 × 72h)					
圧縮永久ひずみ		%	25以下 (70 × 24h)					圧縮永久ひずみ試験 JIS K6262 の5
耐オゾン性		-	肉眼観察で き裂のないこと ²⁾					静的オゾン劣化試験 JIS K6259 の4
耐水性		%	10以下 (50 × 72h)					吸収率試験 JIS K6911 の5
耐寒性		-	-30 以下であることを確認					低温衝撃ぜい化試験 JIS K6261 の4
はく離強さ		kgf/cm	7以上					金属片とゴムの90度 はく離試験 JIS K6256 の5

注 1) 静的せん断係数 13.5±1.3 12.0±1.2 10.5±1.0 は社内基準による。

2) 耐オゾン性 NR:50pphm 20%伸び 40 × 96h

PTFE(フッ素樹脂)の物理特性

項目	単位	ASTM 測定法	物性値
比重	-	D792	2.26
引張強さ	kgf/cm ²	D638	225
伸び	%	D638	305
硬度(ショア)	デュロメータ D	D2240	62
圧縮クリープ (24h.永久変形率)	%	D621 (23±2 .140kgf/cm ²)	4.5
静摩擦係数	-	P=35 kgf/cm ²	0.10 ~ 0.13

物性値は参考値であり、あらゆる条件に機能を保障するものではありません。

HiPS (荷重支持板) 標準仕様

HiPS 仕様				最低必要高さ (参考値)		
呼称反力 (tonf)	最大許容反力 (tonf)	製品径 (mm) (D)	製品厚 ²⁾ (mm) (t)	上沓厚 ³⁾ (mm) (t1)	下沓厚 ⁴⁾ (mm) (t2)	最低支承高 ¹⁾ + + (mm) (T)
40	41.2	200	37.0	24.0	22.0	83.0
50	53.4	225	37.5	24.0	22.0	83.5
75	78.5	265	41.0	24.0	22.0	87.0
100	103.8	300	51.0	24.0	22.0	97.0
125	127.6	325	60.0	27.0	25.0	112.0
150	153.9	350	62.0	34.0	28.0	124.0
175	176.7	375	62.0	38.0	32.0	132.0
200	207.3	395	62.0	42.0	36.0	140.0
250	254.4	430	63.0	47.0	40.0	150.0
300	306.3	480	73.0	52.0	45.0	170.0
400	415.4	570	75.0	52.0	45.0	172.0
500	510.7	630	100.0	62.0	50.0	212.0
650	683.4	730	102.0	62.0	55.0	219.0
750	779.3	770	103.0	72.0	65.0	240.0
1000	1,017.8	870	127.0	82.0	85.0	294.0

- 注 1) 最低支承高はコンクリート桁とコンクリート橋脚の場合の最低必要高さです。
銅製桁の場合は最低上沓厚さは全サイズ 24mm になります。鋼製橋脚の場合の下沓厚さは別途設計が必要です。
- 2) 製品厚にはスライド機構の PTFE 板を含みます。
- 3) 上沓厚はスライド機構のステンレス板 (2mm) を含む最低必要厚さです。上沓を桁に埋め込む場合は最低支承高から上沓厚を差し引いたものが支承高になります。
- 4) 下沓厚はコンクリート橋脚の場合の最低必要厚さです。

