

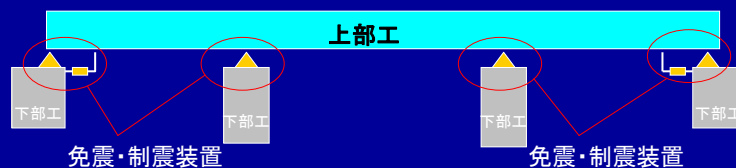
4. 免震・制震構造とデバイス(装置)

- (1) 免震・制震装置の機能分類
- (2) 免震・制震装置の種類
- (3) 免震・制震装置の特徴

ゴム支承協会、(社)日本支承協会

吉田雅彦

(1) 免震・制震装置の機能分類



免震・制震装置の
機能分類

荷重伝達機能

変位追従機能

減衰機能

アイソレート機能

振動抑制機能

鉛直力支持機能

水平力支持機能

水平移動機能

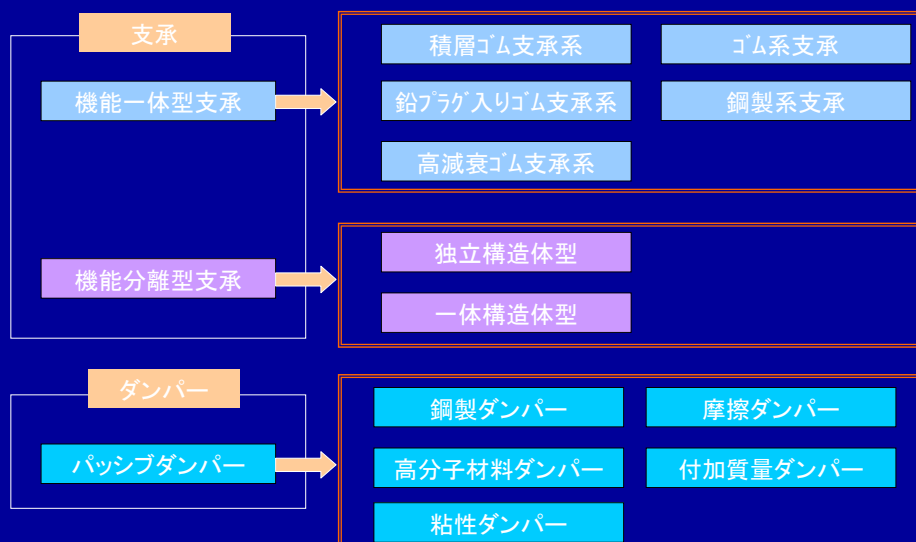
回転機能

免震・制震装置には、荷重支持機能や減衰機能を複合して**支承部**として用いられる場合と、減衰機能などを**ダンパー**として用いる場合がある。

免震と制震の違い

	免 震	制 震
応答加速度		
応答変位		
特徴	①長周期化による地震力の低減(主) ②減衰による変位の抑制(従)	①減衰による地震力、変位の低減(主)

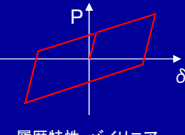
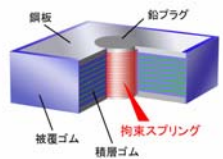
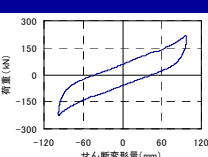
(2) 免震・制震装置の種類



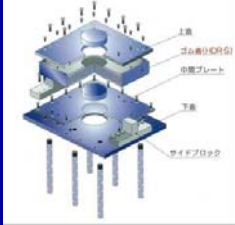
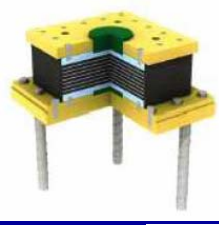
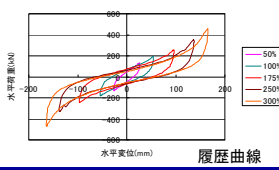
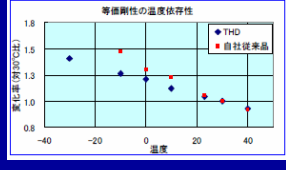
(3) 免震・制震装置の特徴 機能一体型支承

大分類	中分類	小分類
機能一体型支承	積層ゴム支承系	地震時水平力分散型ゴム支承
		固定型ゴム支承・可動型ゴム支承
	鉛プラグ入りゴム支承系	鉛プラグ入り積層ゴム支承
		スプリング拘束型鉛プラグ入り積層ゴム支承
	高減衰ゴム支承系	高減衰ゴム支承
		減衰性能を向上した高減衰ゴム支承
		減衰性能向上と温度性能安定型高減衰ゴム支承
	ゴム系支承	ゴム系荷重支持板と鋼材固定装置
		荷重支持部を嵌合型とした固定可動支承
	鋼製系支承	密閉ゴム支承板支承

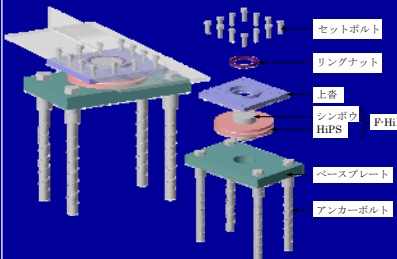
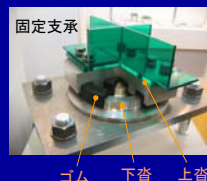
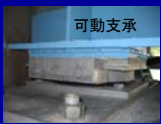
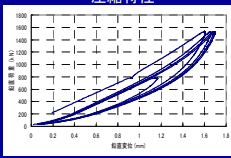
鉛プラグ入りゴム支承系

	鉛プラグ入り積層ゴム支承	スプリング拘束型鉛プラグ入り積層ゴム支承
概要	LRB  ゴムと鋼板と加硫接着した積層ゴム体に鉛プラグを埋め込み一体化した支承。鉛プラグの大きさを変えることで、構造物の大きさ、特性にあわせることが出来るので設計の自由度が高い。  履歴特性：バイリニア	 鉛プラグの周囲をゴム層で保護し、この中にスプリングを設け、鉛プラグを拘束することによりせん断変形時の鉛プラグの挙動を安定させる効果を持つ。  天然ゴム系ゴム支承に鉛プラグと呼ばれる円柱状の鉛を単数または複数挿入することにより、天然ゴム系ゴム支承としての復元力特性と鉛プラグのせん断変形時に生じる減衰特性を併せ持った免震支承である。
機能	①鉛直力支持性能 ②水平力支持 ③水平移動機能 ④回転機能 ⑤減衰機能	①荷重(鉛直・水平)伝達機能、②変位(水平・回転)追従機能、③減衰機能、④アイソレート機能

高減衰ゴム支承系

	減衰性能を向上した高減衰ゴム支承	減衰性能向上と温度性能安定型高減衰ゴム支承
概要	 天然ゴムをベースに摩擦減衰要素および粘性減衰要素を併せ持つゴム材料で作られた積層ゴム支承で、従来品の高減衰ゴム支承に比べ減衰性能が20%アップしている。	 ゴム支承本体と上下のプレート、アンカーボルト、せん断キー、取付けボルト類で構成。ゴム支承本体は補強鋼板及び上下鋼板と独自開発の特殊高減衰ゴムの積層構成
要	G8, G10, G12の3種類のゴム材料があり、用途に応じて使い分ける。  履歴曲線	-30℃/+30℃の剛性比が1.5以下と、水平剛性の温度依存性が少なく、地震応答が安定しています。  等価剛性の温度依存性
機能	①荷重(鉛直・水平)伝達機能、②変位(水平・回転)追従機能、③減衰機能、④アイソレート機能	①荷重(鉛直・水平)伝達機能、②変位(水平・回転)追従機能、③減衰機能、④アイソレート機能

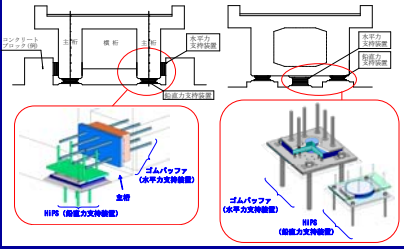
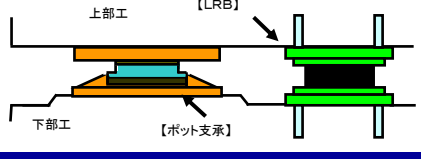
ゴム系支承系

	ゴム系荷重支持板と鋼材固定装置	荷重支持部を嵌合型とした固定可動支承
概要	 「FxB」は、鉛直力支持装置として高い支持力性能を有するHiPSを用い、水平力支持装置として、全方向の水平力に抵抗する鋼製の円柱「シンボウ」を支承中心の一箇所に配置することにより、従来の固定支承に比べ、平面寸法が小さく、支承高が低くなります。	鉛直荷重支持部が、ゴムを上下鋼板の凹凸嵌合構造により高面圧化し、さらにその構造が、水平力を支持し、変位の拘束をする支承装置。可動支承はPTFEとSUSのすべり型である。 機能内蔵型SNゴム支承 固定支承  ゴム 下板 上板 可動支承  圧縮特性  嵌合部にはゴムが全周に亘り加硫接着されており緩衝効果がある。
機能	①鉛直力支持機能、②水平力支持機能、③上揚力に抵抗する機能、④回転追従機能	①鉛直力支持性能 ②水平力支持 ③水平移動機能(可動型) ④回転機能⑤アイソレート機能(可動型)

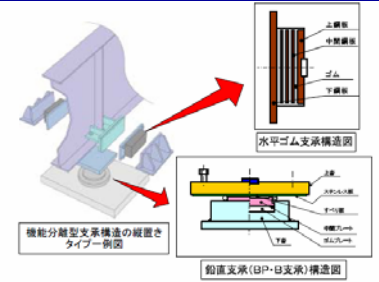
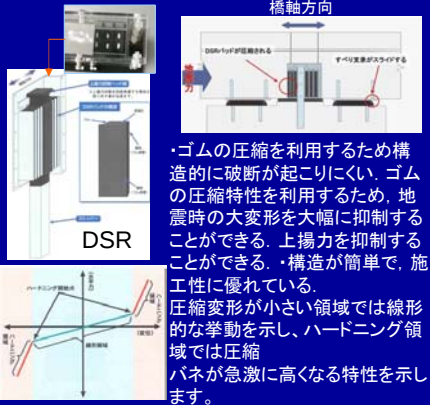
機能分離型支承

大分類	中分類	小分類
機能分離型支承	独立構造体型	ゴム系鉛直荷重支承とせん断型積層ゴム水平支承
		鉛直荷重鋼製支承とせん断型積層ゴム水平支承
		鉛直荷重積層ゴム支承と圧縮ゴム水平支承
	一体構造体型	鋼製支承と積層ゴムの複合型
		上積層ゴムと下積層ゴムの複合型

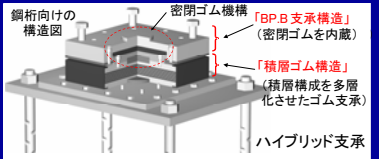
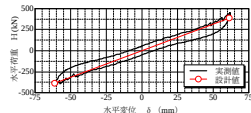
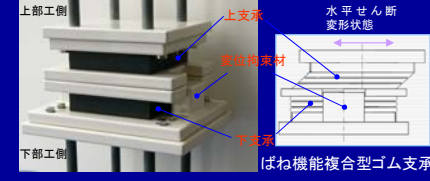
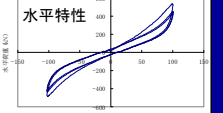
独立構造体型機能分離型支承

	ゴム系鉛直荷重支承と せん断型積層ゴム水平支承	鉛直荷重鋼製支承と せん断型免震積層ゴム水平支承
概要	 「HSB」は、鉛直力支持装置〔HiPS〕と水平力支持装置〔ゴムパツファ〕の2種類の装置で構成され、それぞれの装置が独立して機能する支承です。支承に必要な機能を分離することで、構造が単純になり、形状がコンパクトになります。 ※HSB: High-Performance Stopper and Bearing	 機能分離の水平力ダンパーとしてLRBを用いることにより、橋の減衰性能が安定、向上し、地震時の水平力や変位を大幅に低減することが出来ます。
機能	①鉛直力支持機能、②水平力支持機能、③回転追随機能、④減衰機能	・LRB: 水平力支持、水平力分散、変位追随、履歴減衰 ・ポット支承: 鉛直力支持、回転、変位追随

独立構造体型機能分離型支承

	鉛直荷重鋼製支承とせん断型積層ゴム水平支承	鉛直荷重積層ゴム支承と圧縮ゴム水平支承
概要	 機能分離型支承構造の縦置きタイプ例図 鉛直支承(鉛直・圧縮)構造図 ①水平ゴム支承は、鉛直荷重を負担しないので、水平バネ設計の自由度拡大 ②鉛直支承に鉛直剛性の高いBP・Bを用いることで桁の鉛直変位を低減し、振動問題を回避できる。	 橋軸方向 DSR ・ゴムの圧縮を利用するため構造的に破断が起こりにくい。ゴムの圧縮特性を利用するため、地震時の大変形を大幅に抑制することができる。上揚力を抑制することができる。・構造が簡単で、施工性に優れている。 圧縮変形が小さい領域では線形的な挙動を示し、ハードニング領域では圧縮バネが急激に高くなる特性を示します。
機能	鉛直支承：鉛直力支持、変位追従、回転 水平ゴム支承：水平力支持、及び分散	DSR装置：①水平力支持機能 ②水平移動機能 ③上揚力抑制機能、スライド脊：①鉛直力支持機能 ②水平移動機能 ③回転機能

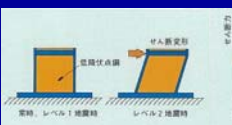
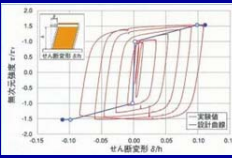
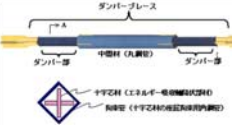
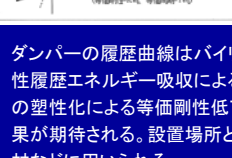
一体構造体型機能分離型支承

	鋼製支承と積層ゴムの複合型	上積層ゴムと下積層ゴムの複合型
概要	 鋼桁向けの構造図 密閉ゴム機構 「BP・B支承構造」(密閉ゴムを内蔵) 「積層ゴム構造」(積層構成を多層化させたゴム支承) ハイブリッド支承 ゴム支承の上部に回転変位追従機構を有するポットベアリングを設けることにより、ゴム支承から回転変位による制約をなくし、耐震設計の自由度を向上させた複合型支承をいう。 ゴム本体のスリム化が図れるためコスト低減となり、免震支承としての使用も可能となる。 	 上部工側 上支承 変位拘束材 下支承 下部工側 ばね機能複合型ゴム支承 ※一体型支承の中で鉛直・回転と水平機能を分離した地震時水平力分散型ゴム支承 ※構造は、上支承・下支承と変位拘束材で構成 地震時の変位抑制が可能となり伸縮装置、落橋防止装置などを含むトータルコストの縮減が可能 
機能	①荷重(鉛直、水平)伝達機能 ②変位(水平、回転)追従機能、③減衰性能(免震支承と組み合わせた場合)④アイソレート機能	①鉛直力支持機能 ②水平力支持機能 ③水平移動機能 ④回転機能 ⑤アイソレート機能

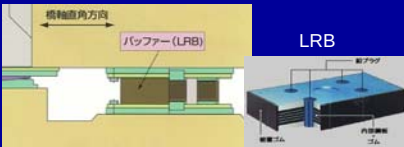
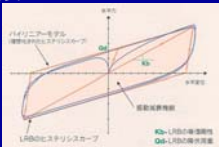
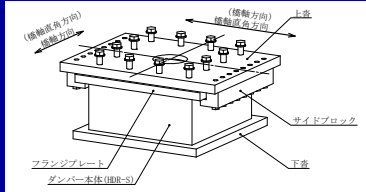
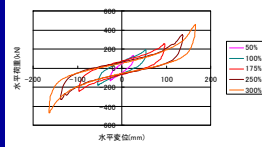
パッシブダンパー

大分類	中分類	小分類
パッシブダンパー	鋼製ダンパー	低降伏点鋼によるせん断パネル型ダンパー
		軸降伏型ダンパー
	高分子ダンパー (ゴムダンパー)	ゴムダンパー(鉛プラグ入り系)
		ゴムダンパー(高減衰系)
		熱可塑性エラストマーを用いたダンパー
	粘性ダンパー	特殊充填剤によるダンパー
		高粘性体によるダンパー
		オイルによるダンパー
	摩擦ダンパー	動摩擦抵抗力を利用したダンパー
	付加質量ダンパー	TMD

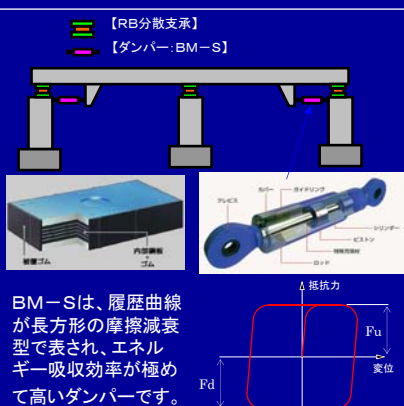
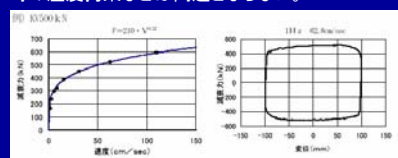
鋼製ダンパー

	低降伏点鋼によるせん断パネル型ダンパー	軸降伏型ダンパー
概要	 せん断パネル型ダンパーは、低降伏点鋼からなるパネルがせん断変形することによりエネルギー吸収を吸収し、構造物に作用する断面力を低減させる装置である。 エネルギー吸収性能が高く、地震時における水平変位は小さい。地震時応答水平変位が小さいため他の装置(伸縮装置ほか)がコンパクトとなる。 	 軸降伏型ダンパーはダンパー両端部のダンパー部の鋼材がが座屈しないで安定的に塑性化し地震エネルギーを吸収する装置である。  ダンパーの履歴曲線はバイリニア型である。弾塑性履歴エネルギー吸収による減衰効果および部材の塑性化による等価剛性低下に伴う長周期化の効果が期待される。設置場所としては、橋梁の横構部材などに用いられる。
機能	①水平荷重伝達機能、②地震時水平変位追従機能、③減衰性能	①減衰性能、②長周期化

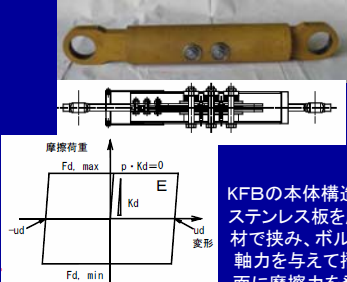
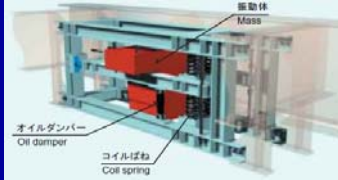
ゴムダンパー

	ゴムダンパー(鉛プラグ入り系)	ゴムダンパー(高減衰系)
概要	 ・水平弾性機能による長周期化 ・復元機能により、地震後に構造物を元の位置に戻します。 ・振動減衰機能により、地震エネルギーの吸収し、振動をすみやかに減衰。 ・トリガー機能により、交通振動や暴風などによる揺れを防ぎます。 	 ゴムダンパー本体は、積層構造を採用することにより安定した性能を確保できる。 水平剛性、減衰定数は、超高減衰ゴム支承(HDR-S)共通設計式に示される算定式に準拠する。 
機能	①水平力支持、②水平力分散、③変位追従、④履歴減衰	①水平荷重伝達機能、②変位(水平・回転)追従機能、③減衰機能、④アイソレート機能

粘性ダンパー

	特殊充填剤によるダンパー	高粘性ダンパー
概要	【RB分散支承】 【ダンパー:BM-S】  BM-Sは、履歴曲線が長方形の摩擦減衰型で表され、エネルギー吸収効率が極めて高いダンパーです。	 KVダンパーは、高粘性体(シリコンオイル)を用いたダンパーであり、減衰抵抗力は速度のべき乗に比例する。温度依存性など各種依存性は少なく、速度応答に大変優れる。 減衰力、速度、ストロークなどは設計要求によって対応可能である。緩速変位の抵抗力は小さく、常時の温度拘束などは問題とならない。 
機能	・RB支承:鉛直力、水平力、水平力分散、変位追従、回転・ダンパー(BM-S):水平力支持、変位追従、履歴減衰、水平力分散	①水平荷重伝達、②地震時水平変位追従、③減衰性能減衰力 150kN~2000kN、ストローク±350mm,最大速度150cm/sec

摩擦ダンパー・付加質量ダンパー

	摩擦ダンパー	TMD
概 要	 KFBの本体構造は、ステンレス板を摩擦材で挟み、ボルトに軸力を与えて摺動面に摩擦力を発生させて地震力、変位を減衰させる装置である。ボルト軸力を調整することにより、任意の摩擦減衰が設定できる。血パネの働きによって、安定した軸力を保持でき、基本的にメンテナンスフリーである。	 TMDは、おもり、ばね、ダンパーからなるパッシブダンパーである。TMDを構造物の揺れやすい周期に合わせておくと、おもりと構造物の間のダンパーによって、エネルギーが吸収される仕組みである。橋梁では、一般には風による振動、交通振動を抑制するために設けられている場合が多いようである。
機 能	①水平荷重伝達、②地震時水平変位追随、③減衰性能減衰力 200kN～1500kN、ストローク±350mm	①減衰機能、②振動抑制機能

5. テストフィールドにおけるコスト縮減対策

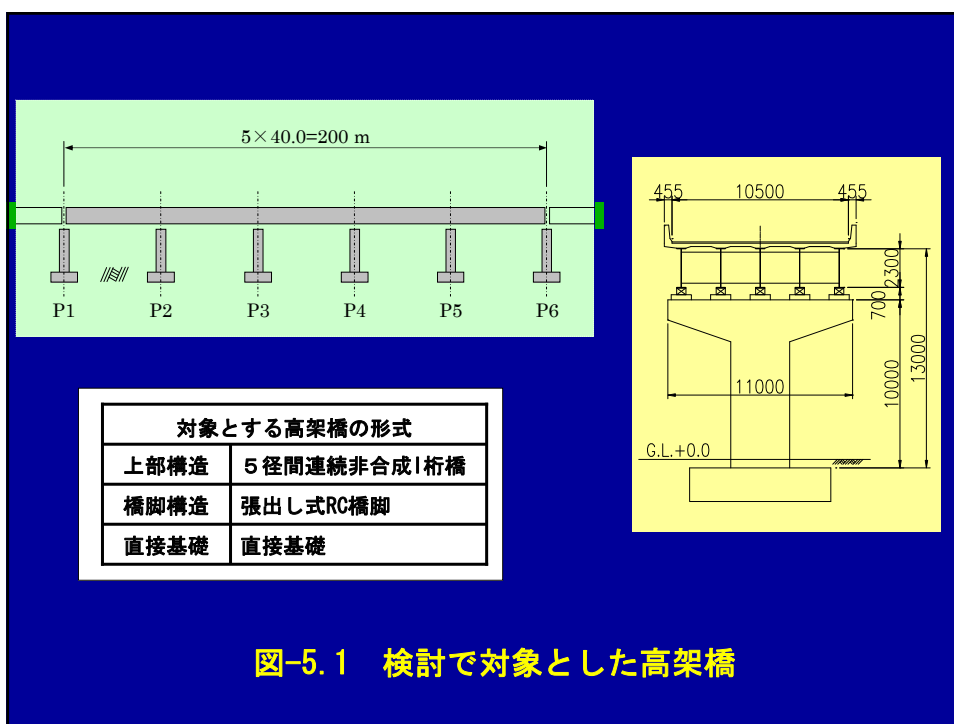
- (1) 免震・制震設計によるコスト縮減効果
(一般高架橋)
- (2) 高橋脚を有する高架橋の橋梁形式
(鋼橋，複合橋，PC橋)
- (3) 高橋脚を有する高架橋の耐震対策

(社)建設コンサルタンツ協会
野口 二郎

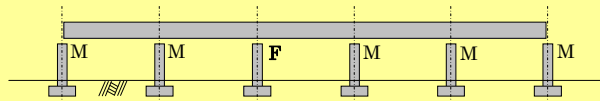
(1) 免震・制震設計によるコスト縮減効果 (一般高架橋)

最近，急速に進歩している免震・制震技術を応用して，橋梁に作用する地震力を積極的に低減し，耐震性能の向上およびコスト縮減を実現する．

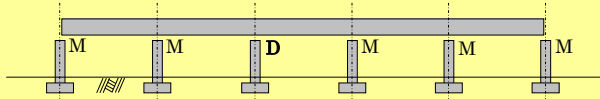
一般高架橋を対象に免震・制震設計によるコスト縮減効果について検討した．



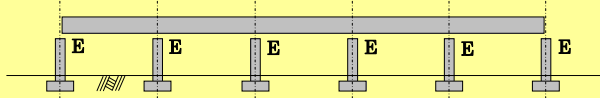
1点支持方式
(固定支承)



1点支持方式
(ダンパー)



多点支持方式
(積層ゴム支承)



多点支持方式
(免震支承)

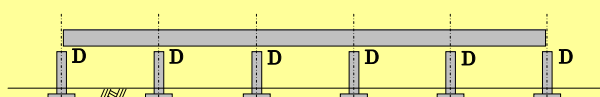
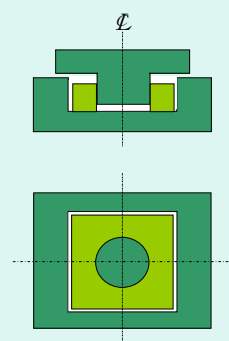
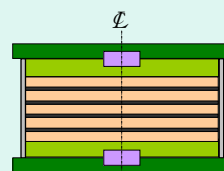


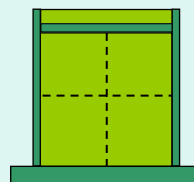
図-5.2 地震時の支持方式



(a) 固定(水平)支承



(b) 免震支承・ゴムダンパー



(c) 鋼製せん断型ダンパー

図-5.3 固定支承と免震・制震装置

表-5.1 支持条件による橋脚寸法および応答特性の比較

項 目			記号	単位	1 点支持			多点支持	
要求性能（橋脚基部）			—	—	弾性範囲	塑性化	弾性範囲	同左	同左
支承装置の種類			—	—	固定支承		ゴムダンパー	ゴム支承	免震支承
橋脚諸元	固定橋脚	柱寸法	L	m	7.0×4.5	5.0×3.0	5.0×3.0	4.0×2.2	4.0×1.8
		鉄筋	—	—	D51-3段	D51-2段	D51-2段	D35-2段	D35-2段
	可動橋脚	柱寸法	L	m	4.0×1.8	4.0×1.8	4.0×1.8	—	—
		鉄筋	—	—	D32-2段	D32-2段	D32-2段	—	—
耐震性能	振動周期		T	sec	0.25	0.54→1.3	0.68→1.4	1.4	0.77→1.3
	主桁	加速度	A _G	gal	1,320	544	433	633	459
		変位	δ _G	mm	21	188	168	318	156
	支承	水平反力	H	kN	43,082	16,874	13,901	4,555	3,292
		全水平反力	ΣH	kN	43,082	16,874	13,901	22,775	16,460
		水平変位	δ _B	mm	—	—	285	138	125
	橋脚	天端変位	δ _P	mm	21	188	30	41	47

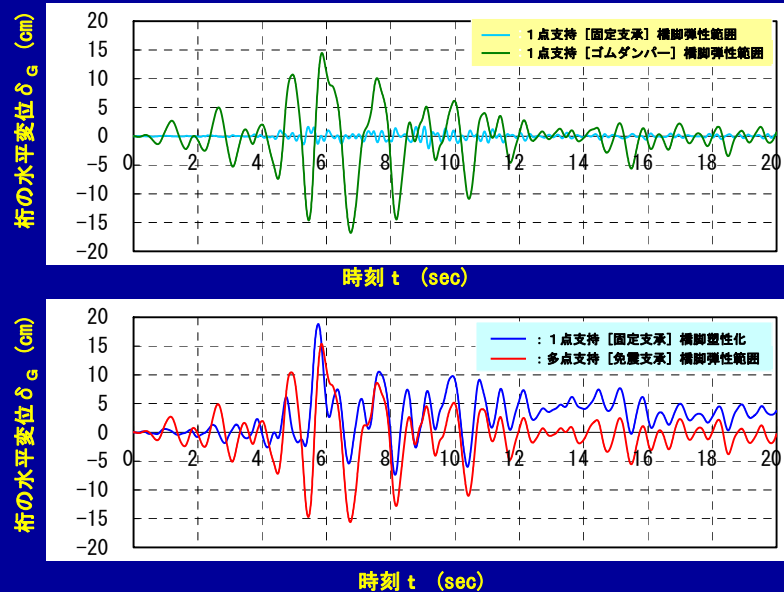
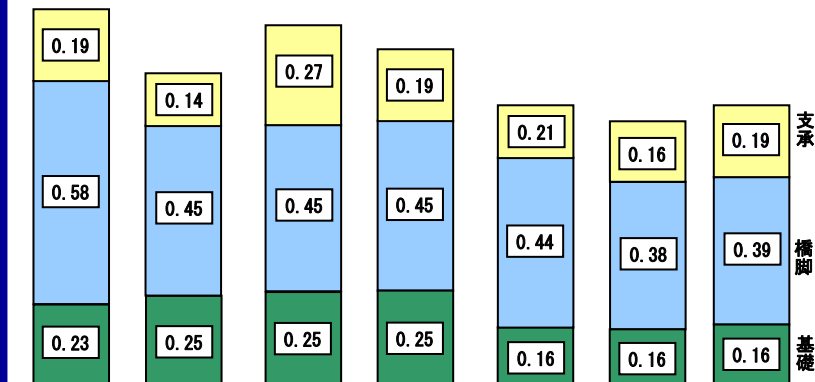


図-5.4 支持条件による主桁の応答変位波形

表-5.2 免震・制震設計によるコスト削減効果

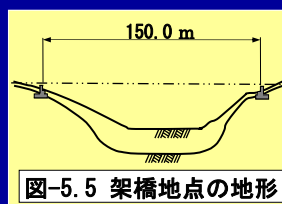
1点支持				多点支持		
固定支承		ゴムダンパー	鋼製ダンパー	ゴム支承	免震支承	ゴムダンパー
弾性範囲	塑性化	弾性範囲	弾性範囲	弾性範囲	弾性範囲	弾性範囲
1.00	0.84	0.97	0.89	0.81	0.70	0.74



(2) 高橋脚を有する高架橋の橋梁形式

製作・施工作業の効率化，工期短縮を目的として，構造の簡素化，プレキャスト化を行った橋梁形式，また，要求機能・性能に対応した複合構造の活用などが提案されている。これらの提案を橋梁の規模，線形条件，地盤条件，施工条件，および周辺環境などに照らし合わせて，橋梁形式が選定される。

図-5.5に示すような谷間部の橋長150mの高架橋を対象として，橋梁形式（鋼橋，複合橋，PC橋）について検討を行った。



鋼橋・複合橋は支間長35~60mで経済的となる少数主桁形式を基本に橋梁形式を選定した。

a) 鋼橋

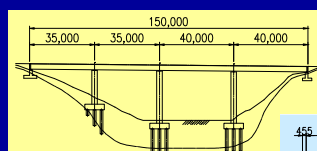
- ・ 4 径間連続合成 2 主 I 桁橋
- ・ 3 径間連続合成 2 主 I 桁橋

b) 複合橋 (桁と脚が剛構造)

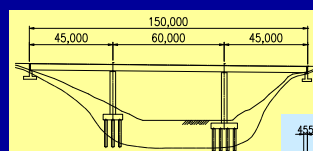
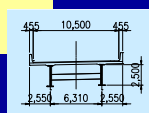
- ・ 3 径間連続複合ラーメン橋 (2 主 I 桁)
- ・ 3 径間連続複合ラーメン橋 (混合桁)
(側径間: PC I 桁, 中央径間: 2 主 I 桁)
- ・ 2 径間連続複合ラーメン橋
(2 重合成桁)



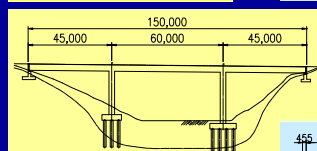
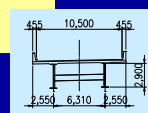
構造形式	適用支間 (mm)	30	60	80	100	150
少数 I 桁橋		■	■			
開断面箱桁橋			■	■		
細幅箱桁橋				■	■	
合理化鋼床版少数 I 桁橋				■	■	
合理化トラス橋					■	■



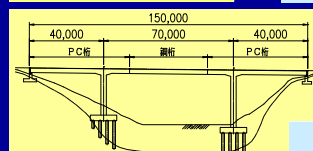
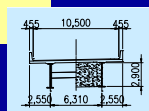
(a) 4 径間連続合成
2 主 I 桁橋



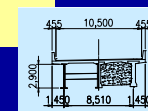
(b) 3 径間連続合成
2 主 I 桁橋



(c) 3 径間連続複合
ラーメン橋 [2 主 I 桁]



(d) 3 径間連続複合
ラーメン橋 [混合桁]



(e) 2 径間連続複合ラーメン橋
[二重合成桁]

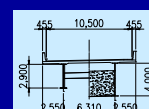
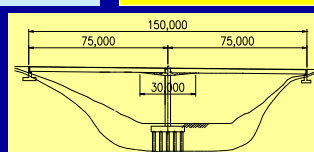


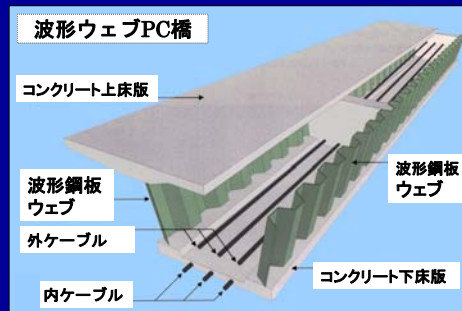
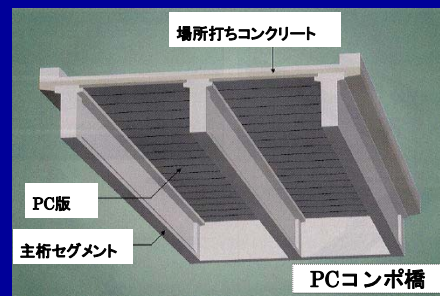
図-5.6 検討対象とした橋梁形式(鋼橋・複合橋)

表-5.3 鋼橋・複合橋形式のコスト比較

4径間連続 合成2主I桁	3径間連続 合成2主I桁	3径間連続 複合ラーメン橋 (2主I桁)	3径間連続 複合ラーメン橋 (混合桁)	2径間連続 複合ラーメン橋 (二重合成桁)
1.00	0.88	0.92	1.19	0.83
0.46 0.54	0.51 0.37	0.55 0.37	0.82 0.37	0.61 0.22
				上部 下部

C) PC橋

- ・PC箱桁橋（3径間連続ラーメン）
- ・PCコンボ橋（4径間連続）
- ・波形ウェブPC橋（3径間連続）
- ・PC箱桁橋（2径間連続ラーメン）



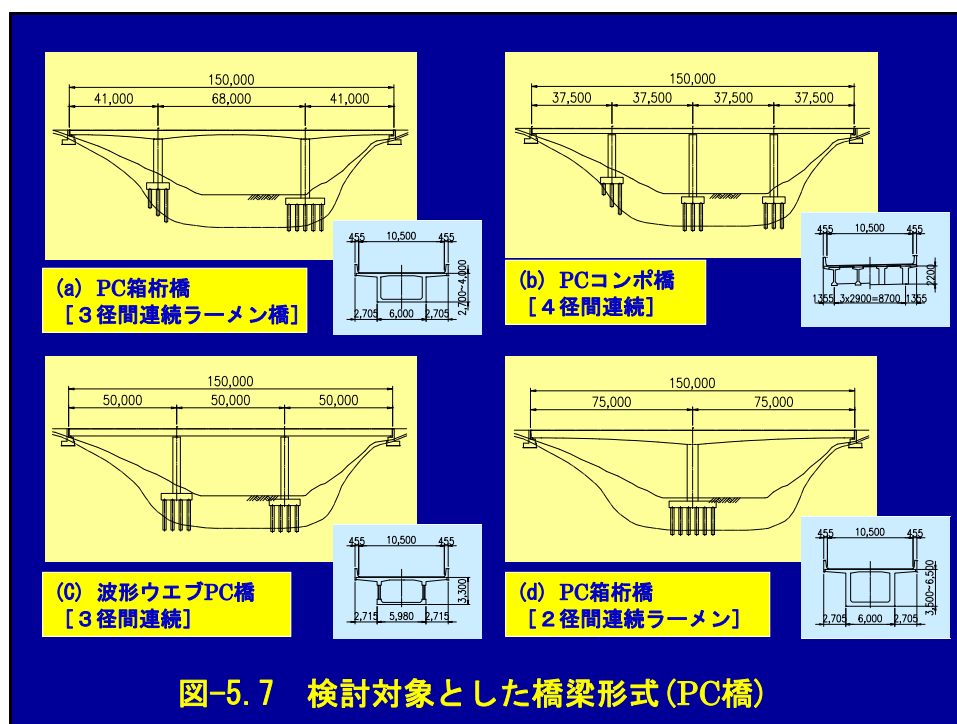


表-5.4 PC橋形式のコスト比較

PC箱桁橋 (3径間連続ラーメン)	PCコンボ橋 (4径間連続)	波形ウェブPC橋 (3径間連続)	PC箱桁橋 (2径間連続ラーメン)
1.00	0.93	0.94	0.99
0.65 0.35	0.43 0.50	0.61 0.33	0.73 0.26
			上部 下部

(3) 高橋脚を有する高架橋の耐震対策

高橋脚を有する高架橋では、一般高架橋に比べて全体工事に占める下部構造の工事費および施工期間の割合が大きい。橋脚、および基礎の構造・寸法は、架橋地点の地盤・立地・施工条件の基に耐震設計や施工法から決定される。

そこで、下部構造に着目して高橋脚の耐震対策について検討した。

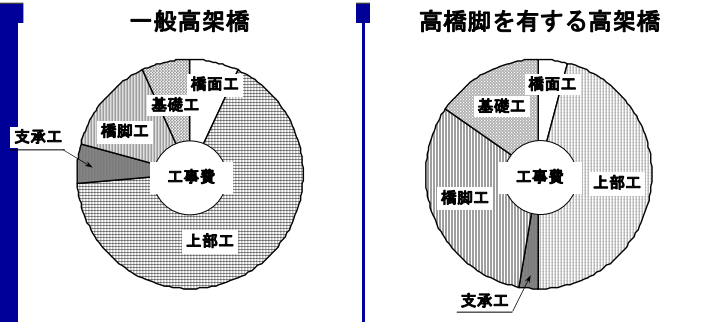
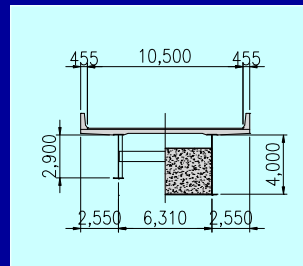
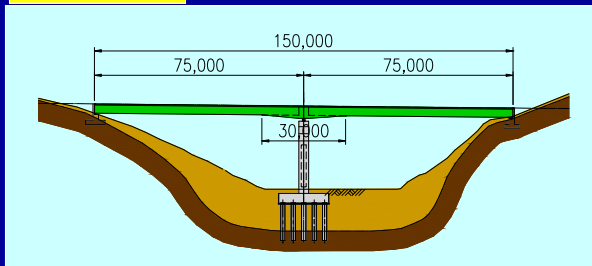


図-5.8 高架橋の工事費の割合

二重合成桁



波形ウエブPC箱桁

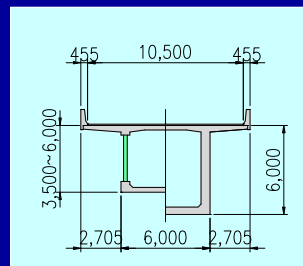
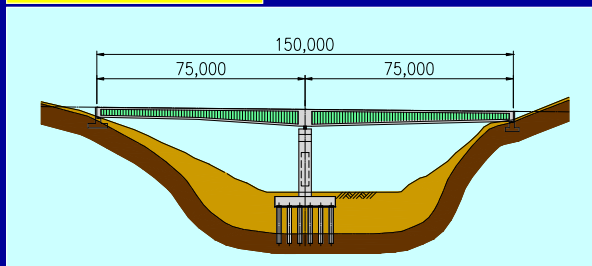


図-5.9 検討対象とした橋梁形式

表-5.5 高橋脚を有する高架橋の耐震対策

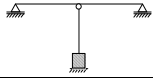
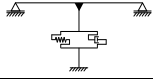
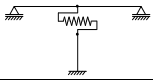
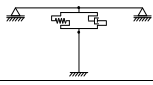
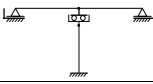
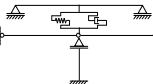
耐震対策	中間支承条件	着眼点	コストへの影響	備 考
① 固定支持方式		ビン固定	脚柱下端の塑性ヒンジ部の履歴減衰による地震力の低減効果と残留変位	高強度鉄筋の適用性
② 免震・制震橋脚 (鋼製ダンパー)		剛結構造 (橋脚:トラス構造)	トラス格点部に設置したせん断型制震パネル (鋼製) の履歴減衰による地震力の低減効果と残留変位	・支承 (なし) : コスト減 ・橋脚・基礎 : コスト減 ・伸縮装置 : コスト増
③ 弾性支持方式 (積層ゴム支承)		弾性固定 (積層ゴム支承)	長周期化による地震力の低減効果(免震)と桁の水平変位	・支承 : コスト増 ・橋脚・基礎 : コスト減 ・伸縮装置 : コスト増
④ 免震・制震対策		免震支承 または 機能分離支承	支承の履歴減衰による地震力の低減効果(制震)と桁の水平変位	・支承 : コスト増 ・橋脚・基礎 : コスト減 ・伸縮装置 : コスト減
⑤ 損傷制御対策 (ヒューズ理論)		可動支承 (すべり減衰支承)	支承損傷後の挙動, 橋台パラペット部に作用する地震力	・支承 : コスト減 ・橋脚・基礎 : コスト減 ・変位制御装置 : コスト増 ・橋台部 : コスト増
⑥ 他定支持方式		可動支承 (他定ケーブル・アンカーレージの地震力と桁の水平変位)	上部構造に作用する慣性力を分担する他定ケーブル・アンカーレージの地震力と桁の水平変位	・支承 : コスト減 ・橋脚・基礎 : コスト減 ・他定ケーブル構造 : コスト増 ・伸縮装置 : コスト減

表-5.6 橋脚寸法および応答特性の比較(二重合成桁)

項 目			記号	単位	$\sigma_{CK} = 24 \text{ Nmm}^2$, SD345			$\sigma_{CK} = 60 \text{ Nmm}^2$, USD685	
要求性能（橋脚基部）			—	—	弾性範囲	塑性化	弾性範囲	弾性範囲	塑性化
支承装置の種類			—	—	固定支承		免震支承	固定支承	
下部構造諸元	橋脚	柱寸法	L	m	7.0×7.5	6.0×4.5	6.0×4.0	6.0×6.0	6.0×3.5
		鉄筋	—	—	D51-3段	D51-2段	D51-2段	D51-2段	D38-2段
	基礎	フーチング寸法	L	m	18×21.8	18×18	18×18	18×18	18×18
		杭本数	n	本	5×6	5×5	5×5	5×5	5×5
耐震性能	振動周期		T	sec	0.74	1.3→1.9	1.6→2.2	1.03	2.0→2.2
	主桁	加速度	A _G	gal	1,253	536	335	1,180	500
		変位	δ _G	mm	159	603	477	254	647
	支承	水平反力	H	kN	35,236	15,254	9,290	34,307	14,158
		水平変位	δ _B	mm	—	—	403	—	—
	橋脚	天端変位	δ _P	mm	159	603	135	254	647

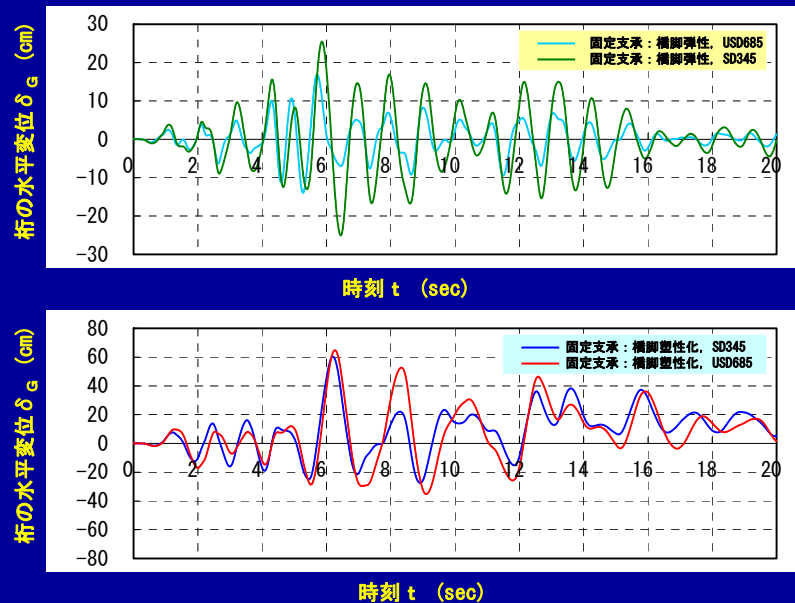


図-5.10 使用材料による主桁の応答変位波形の比較(二重合成桁)

表-5.7 耐震対策によるコスト比較 (二重合成桁)

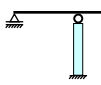
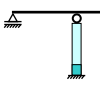
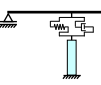
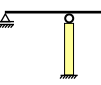
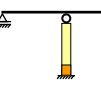
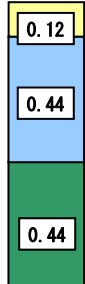
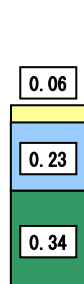
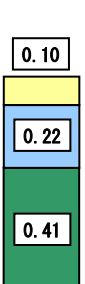
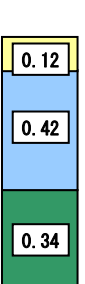
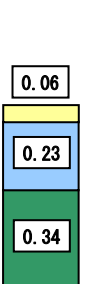
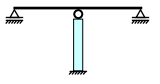
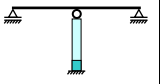
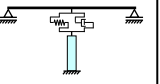
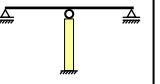
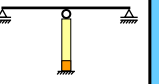
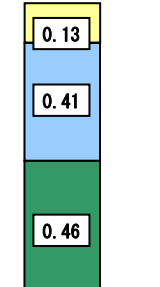
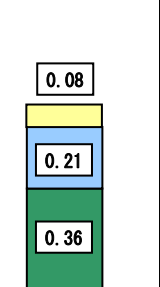
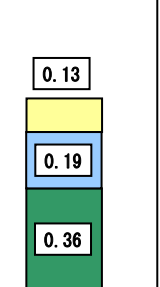
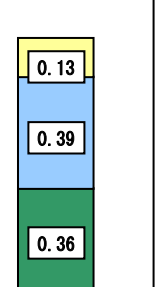
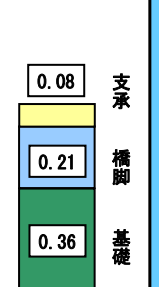
$\sigma_{CK} = 24 \text{ N/mm}^2$, SD345			$\sigma_{CK} = 60 \text{ N/mm}^2$, USD685	
固定支承		免震支承	固定支承	
弾性範囲	塑性化	弾性範囲	弾性範囲	塑性化
				
1.00	0.63	0.73	0.88	0.63
				
				支 承 上 部 下 部

表-5.8 橋脚寸法および応答特性の比較(波形ウェブPC箱桁橋)

項 目			記号	単位	$\sigma_{\text{CK}} = 24 \text{ Nmm}^2$, SD345			$\sigma_{\text{CK}} = 60 \text{ Nmm}^2$, USD685	
要求性能（橋脚基部）			—	—	弾性範囲	塑性化	弾性範囲	弾性範囲	塑性化
支承装置の種類			—	—	固定支承		免震支承	固定支承	
下部構造諸元	橋脚	柱寸法	L	m	7.0×8.5	6.0×5.0	6.0×4.5	6.0×7.0	6.0×4.0
		鉄筋	—	—	D51-3段	D51-2段	D51-2段	D51-2段	D38-2段
	基礎	フーチング寸法	L	m	21.8×21.8	18×21.8	18×21.8	18×21.8	18×21.8
		杭本数	n	本	6×6	5×6	5×6	5×6	5×6
耐震性能	振動周期		T	sec	0.70	1.2→2.0	1.6→2.2	0.93	1.9→2.0
	主桁	加速度	A _G	gal	1,132	550	291	1,207	457
		変位	δ _G	mm	138	541	464	218	642
	支承	水平反力	H	kN	46,283	22,060	11,253	49,766	17,961
		水平変位	δ _B	mm	—	—	410	—	—
	橋脚	天端変位	δ _P	mm	138	541	100	218	642

表-5.9 耐震対策によるコスト比較(波形ウェブPC桁)

$\sigma_{CK} = 24 \text{ N/mm}^2$, SD345			$\sigma_{CK} = 60 \text{ N/mm}^2$, USD685	
固定支承		免震支承	固定支承	
弾性範囲	塑性化	弾性範囲	弾性範囲	塑性化
				
1.00	0.65	0.68	0.88	0.65
				
				支 承 橋 脚 基 礎