

E-Defense を用いた橋梁耐震実験研究

C1-6 実験 (橋梁コンポーネント実験 : 次世代型橋梁への序章)



1. 本実験の目的

(独) 防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センターにおける耐震橋梁耐震実験研究では、表-1~3 に示すように実験目的、実験種類およびそれらの関係を踏まえて、平成 19 年度から加振実験を行ってきました (図-1 参照)。

平成 19 年度の実験では、実物大の旧基準による RC 橋脚 (曲げ破壊タイプ)、平成 20 年度では実物大の旧基準による RC 橋脚 (せん断破壊タイプ) および現行基準によって設計された RC 橋脚を用いた震動台実験を実施しました。

今までの加振実験の結果、鉄筋と橋脚縁端までのコンクリート (被りコンクリート) の剥落やコアコンクリートの圧壊により、橋脚の耐力の低下が著しいことが分かりました。

したがって、平成 21 年度では、現行基準で想定されている地震動以上の巨大地震発生によって、被りコンクリートが剥落して高架橋としての機能が十分に果たせず、利用者への利便性が滞ることがないように、「現行の設計基準による RC 橋脚の耐震性を更に上回る次世代型の高耐震 RC 橋脚の開発」を目指して計画しました。

すなわち、被害が発生しやすい橋脚基部部分での粘り強さを増すために、通常のコンクリートに代えてモルタルの中にポリプロピレン繊維を入れた「高じん性繊維補強モルタル」を採用した実物大の現在の技術基準により設計された RC 橋脚試験体を対象とした加振実験を実施し、その耐力照査を目的としました。

なお、次世代型橋梁を考慮し、免震支承の場合も実施して、橋梁全体の挙動把握にも努めます。

表-1 実験目的とそのねらい

実験目的	目的, ねらい
現象解明	従来, 実験装置の制約から十分な検討が出来なかった破壊現象や複雑な地震応答の解明を図る。
耐震性能検証	現在の耐震補強法や耐震設計法によって補強・新設された橋梁の耐震性・耐震余裕度を検証する。
新技術開発	耐震性の向上技術を開発する。

表-2 実験の種類

実験種類	内容
コンポーネント実験 (C1実験)	世界最大のRC橋脚模型を用いた震動台実験から、橋脚の破壊特性や耐震性能を明らかにする。
システム実験 (C2実験)	桁、橋脚、支承、ジョイント、落橋防止構造等、橋梁全体系モデルを用いて橋梁の複雑な地震応答や破壊特性を明らかにする。

表-3 実験実施内容

年度	試験体	試験橋脚の特性
2007	C1-1	1970年代に建設されたRC橋脚 (基部曲げ破壊タイプ、段落し無し)
2008	C1-2	1970年代に建設されたRC橋脚 (主鉄筋段落し部せん断破壊タイプ)
	C1-5	現在建設されているRC橋脚 (基部曲げ破壊タイプ、段落し無し)
2009	C1-6	将来を見据えたRC橋脚 (基部曲げ破壊タイプ、段落し無し)

表-4 実験目的と実験種類の関係

実験のタイプ	現象解明	耐震性能検証	新技術開発
コンポーネント実験 (C1実験)	<ul style="list-style-type: none"> 兵庫県南部地震で被災した橋脚の破壊メカニズム解明 寸法効果の解明 3方向加震の影響、載荷速度の解明 実験方法の明確化 	<ul style="list-style-type: none"> 現在の設計法の検証 耐震余裕度の検討 耐震補強法の検証 	<ul style="list-style-type: none"> 新素材を使い、じん性を高めた橋脚の耐震性能の検証
システム実験 (C2実験)	<ul style="list-style-type: none"> 桁、橋脚、支承、ジョイント、落橋防止構造からなる全体系の逐次破壊メカニズム解明 		<ul style="list-style-type: none"> ダンパーの活用技術 高性能橋脚、落橋防止構造、高性能支承の開発

基部曲げ破壊

兵庫県南部地震による被害状況



被りコンクリートが剥離・崩落し、軸方向鉄筋が座屈している。帯鉄筋が外れて機能喪失。

実験での再現 (C1-1 旧基準 実験後損傷状況)



1回目 (JR震取波100%加振終了時)



2回目 (JR震取波100%加振終了時)

実験での再現 (C1-5 現行基準 実験後損傷状況)



1回目 (JR震取波100%加振終了時)



2回目 (JR震取波100%加振終了時)



3回目 (JR震取波100%加振終了時)



4回目 (JR震取波125%加振終了時)



5回目 (JR震取波125%加振終了時)



3～5回目の加振は下図のように上載荷重を1.2倍として実施。

カウンターウェイトを302kgから370kgに増やす

図-1 基部曲げ破壊の被災状況と実験結果との比較

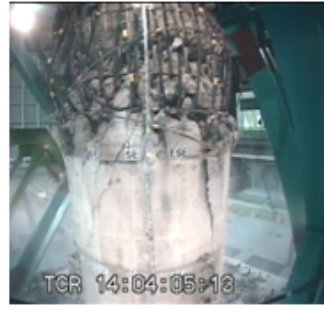
段落し部せん断破壊

兵庫県南部地震による被害状況



上部段落し位置での曲げせん断

実験での再現 (C1-2 旧基準 実験後損傷状況)



TCR 14:04:05:13

1回目 (JR震取波100%加振終了時)



図-2 段落し部せん断破壊の被災状況と実験結果との比較

2. 本実験の内容

今回の実験対象の高耐震 RC 橋脚試験体は、実物大であり、柱高さは7.5m、基礎部（底部）は縦7m×横7m×高さ1.8m、全体重量は約310 tです（写真-2のように、震動台上に載っている加振実験装置全体の重量は1000 tを超えます）。

今回の試験体は、基本的には現行基準に沿って設計するものの、過去の試験体と比べ、被害が発生しやすい橋脚基部部分における粘り強さを増すために通常のコンクリートに代えてモルタルの中にポリプロピレン繊維を入れた「高じん性繊維補強モルタル」を採用しているところ、ならびに橋脚試験体の柱部について角部を面取り（R=400mm）した矩形断面（1辺1.8m）としているところに特徴があります。

今回の震動実験で、これらの工夫による耐力向上を照査します。

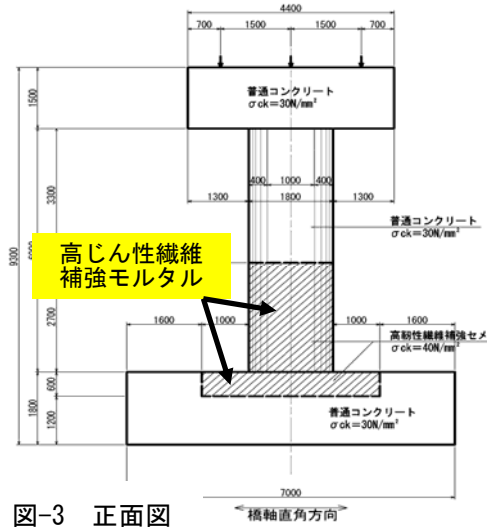


図-3 正面図



写真-1 試験体（2010年1月20日撮影）



写真-2 震動台上での準備作業状況

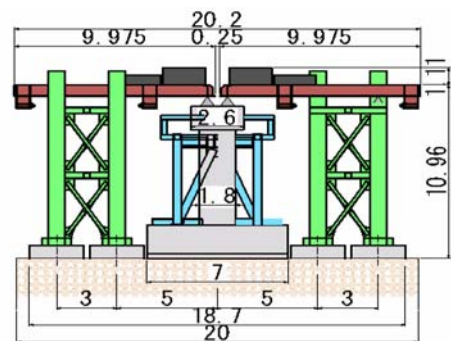


図-4 加振実験装置（単位：m）

表-5 実験装置の重量（概算値）（写真-2参照）

項目	構造物の色	重量	内訳
RC橋脚試験体	白	310 t	フーチング：220 t、柱部：90 t
上部構造	桁：赤	307 t	桁：22.7×2=45.4 t
	ウェイト：グレー		ウェイト1：78.0×2=156.0 t
			ウェイト2：44.8×2=89.2 t
	支承：白		支承：16.2 t
中央架台	青	37 t	
端部架台鋼製柱部	緑	100 t	2基分
端部架台RC架台	白	120 t	15t/基×8=120 t
防護架台	グレー	116.58 t	
フーチング下床版	白	36 t	
合計		1030 t	

* 上部構造は計測値，その他は設計重量

3. 加振計画

加振波：兵庫県南部地震での JR 鷹取駅で記録された地震波に動的相互作用を考慮して作成。

加振方向：原則として 3 方向同時加振とします。

加振内容：RC 橋脚試験体に対して、以下の加振を行います。

1) 免震支承の場合：	ランダム波加振（弾性範囲） 1 回程度
	実地震レベル波20%, 30%, 40%入力（弾性範囲内）
2) 固定支承の場合：	ランダム波加振（弾性範囲） 1 回程度
	実地震レベル波30%入力（弾性範囲内で行う）、数回
	実地震レベル100%入力（塑性域まで）、1、2回程度
	カウンターウェイトを1.2倍として
	実地震レベル120%入力（塑性域まで）、1、2回程度

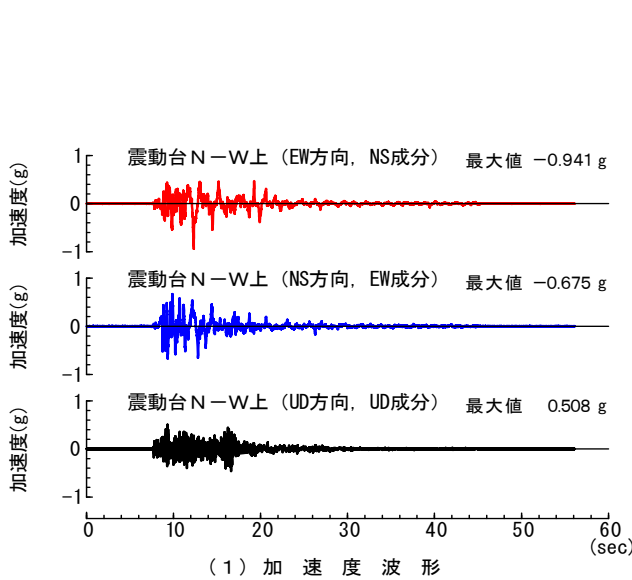
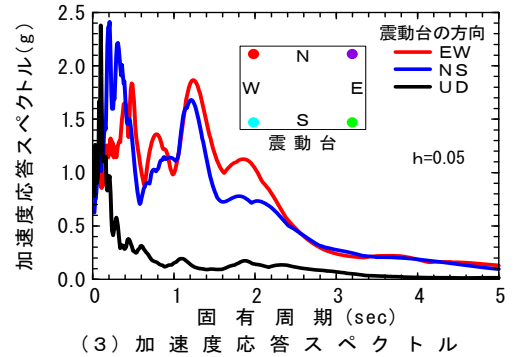
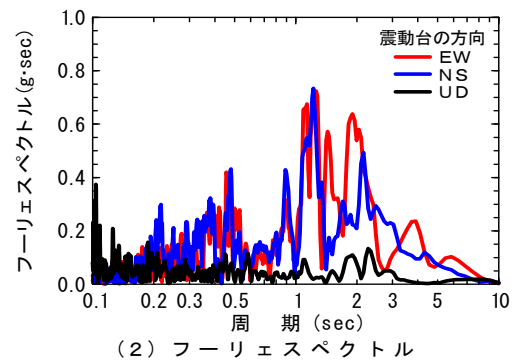


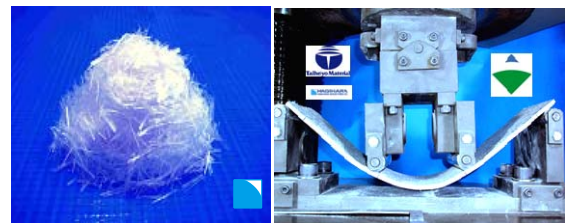
図-5 2008.08.26 C1-5 実験本加振 1 回目震動台上の加速度記録
(実地震レベル：JR 鷹取駅記録の 80%加振)



4. 高じん性繊維補強モルタルの特性

本実験に用いた「高じん性繊維補強モルタル」は、躯体構築用モルタルに特殊ポリプロピレン短繊維を混入することで、ひび割れが発生する引張力よりも、ひび割れを繋ぐ繊維の引張力を大きくすることが可能となりました。

その結果、通常のコンクリートはほとんど引張に抵抗できませんが、高じん性繊維補強モルタルでは地震などで大きな引っ張り力が加わると、ひび割れを一箇所に集中させず、多数の細微なひび割れを生じながら引張力を吸収・分散し、通常のコンクリートの 300 倍の変形まで引張強度を保持します。



ポリプロピレン短繊維

ボード試験片の曲げ変形状態