

E-Defense を用いた橋梁耐震実験研究

C1-5 (2) (3) 実験 (橋梁コンポーネント実験: 現在の技術基準による RC 橋脚実験)

1. 研究目的(全体)

橋梁耐震実験研究の種類とタイプを分類すると、それぞれ、表-1、表-2 のようになります。
また、研究目的ごとにこれを達成するための実験種類を分類すると、表-3 のようになります。

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)	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	耐震補強法の検証 現在の設計法の検証・ 耐震余裕度の検討	
システム実験 (C2 実験)	桁、橋脚、支承、ジョイント、落橋防止構造からなる全体系の逐次破壊メカニズム解明		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

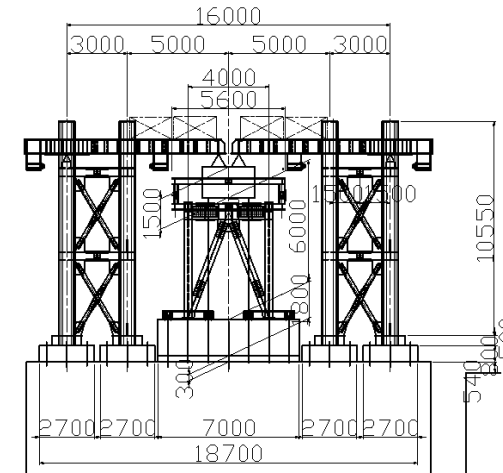
2. 実験実施予定

表-4 C1、C2 実験 全体ケース (現状案)

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橋脚の耐震性能の検証、最大耐力の検証
2009	C1-3	1970年代に建設されたRC橋脚を鋼板巻き立て工法で耐震補強
	C1-4	1970年代に建設されたRC橋脚をカーボンファイバー巻き立て工法で耐震補強
	C1-6	現在建設されているRC橋脚の耐震余裕度の検証
	C1-7	米国の設計基準に従ったRC橋脚
2010	C2	橋梁システム実験

* 本日の実験は C1-5 実験です。

3. C1-5 実験装置

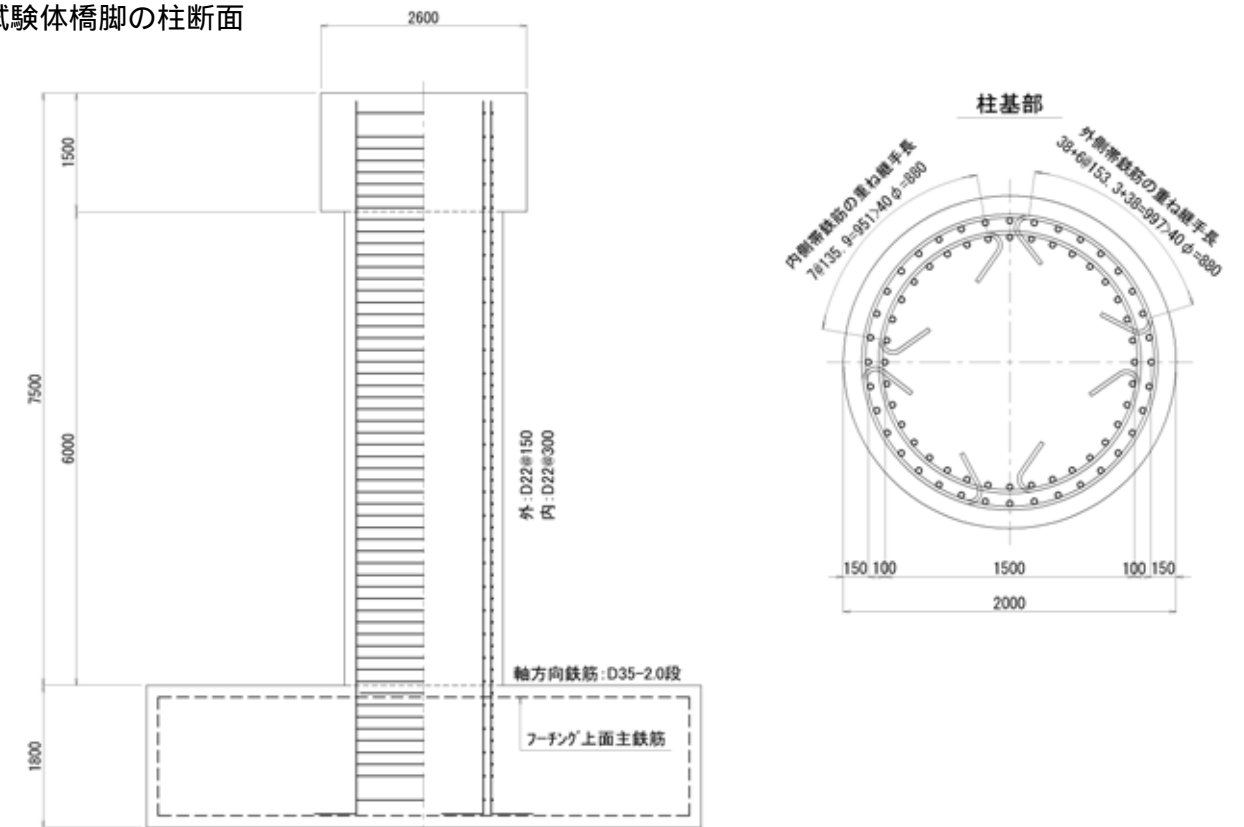


4. C1-5 試験体設計: 現在の技術基準に基づいて設計・製作した RC 橋脚

(1) 設計概要(試験概要)

現在の技術基準に従って設計された橋脚を想定した試験体橋脚を設計・製作した。本実験では、現在の技術基準に従った RC 橋脚の耐震性能を実地震動レベル 100% (レベル 2 地震動相当) の大きな地震動を 2 回入力して、既に検証した (C1-5 (1) 実験)。C1-5(2) 実験では、試験橋脚の終局耐力を検証するために、上部構造重量を追加 (307 t から 372 t に増加) して実地震動レベル 100% の大きな地震動を入力する。C1-5(3) 実験では、C1-5(2) 実験後に入力地震動を実地震動レベル 125% に増加して実施する。柱の軸圧縮応力は 1.07 N/mm^2 とした。コンクリートの強度は $f_{ck} = 27 \text{ N/mm}^2$ とし、鉄筋には SD345 を用いた。

(2) 試験体橋脚の柱断面



柱 径：D = 2.000m

軸方向鉄筋：D35 - 2.0 段

軸方向鉄筋比 $p = A_s / A = 688.752 / 31415.9 = 2.19\%$

上部構造基本重量を用いて地震時保有水平耐力法により決定。

軸方向鉄筋量 $A_s = D35 - 36 \text{ 本} \times 2 \text{ 段} = 9.566 \times 36 \times 2 = 344.376 \times 2 = 688.752 \text{ cm}^2$

柱断面積 $A = \pi/4 \times D^2 = \pi/4 \times 200^2 = 31415.9 \text{ cm}^2$

帯鉄筋：D22 - 150ctc

横拘束鉄筋比 $s = (4 \cdot A_{h1}) / (s \cdot d) = (4 \times 11.613) / (30 \times 170) = 0.911\%$

上部構造基本重量を用いて地震時保有水平耐力法により決定。

横拘束筋断面積 $A_{h1} = D22(\text{外側 } 150\text{ctc} + \text{内側 } 300\text{ctc}) = 3.871 \times 3 = 11.613 \text{ cm}^2 \text{ (30cm 当り)}$

横拘束筋ピッチ $s = 30 \text{ cm} \text{ (30cm 当りの計算のため)}$

有効長 $d = 170 \text{ cm}$

(3) 設計基準：2002 年道路橋示方書

(4) 地盤種別：種地盤を想定

(5) 使用材料：(コンクリート) $c_k = 27 \text{ N/mm}^2$
(鉄筋) SD345 ($s_y = 345 \text{ N/mm}^2$)

(6) 上部構造死荷重反力及び橋脚が支持する上部構造重量

死荷重反力： $R_d = 2466 \text{ kN} \text{ (251.2 ton)}$

橋脚が支持する上部構造重量：(橋軸方向：Lg) $W_U = 3652 \text{ kN} \text{ (372.2ton)}$

(橋軸直角方向：Tr) $W_U = 2466 \text{ kN} \text{ (251.2 ton)}$

(7) 橋脚の固有周期

コンクリート全断面有効として曲げ剛性 EI で計算した場合 (基礎の変形無視)

C1-5(1)の条件で、橋軸方向： $T = 0.33(\text{sec})$ ，橋軸直角方向： $T = 0.35(\text{sec})$

柱の降伏剛性 $K_y (= P_y / \delta_y)$ から求めた固有周期

橋軸方向： $T = 0.55(\text{sec})$ ，橋軸直角方向： $T = 0.57(\text{sec})$

C1-5(1)実験終了時：橋軸方向： $T = 0.59(\text{sec})$ ，橋軸直角方向： $T = 0.67(\text{sec})$

(8) 地震時保有水平耐力による照査

弾性応答の場合の設計水平震度 $c_z k_{hc0} = 0.85$ (タイプ)， 1.75 (タイプ)

構造物特性補正係数 c_s を考慮した設計水平震度

Lg： $k_{hc} = 0.52$ (タイプ)， 0.68 (タイプ)

Tr： $k_{hc} = 0.54$ (タイプ)， 0.72 (タイプ)

Lg 方向の支持する重量 $W_u = 372.2\text{ton}$ (C1-5(1)実験より 65 t 増加)

試験体上での死荷重反力 $R_d = 125.6\text{ton}$ (1 連) $\times 2 \text{ 連} = 251.2\text{ton}$ (C1-5(1)実験より 36.2 t 増加)

橋脚基部での軸圧縮応力度 $\sigma_c = 1.07 \text{ Mpa}$ (C1-5(1)実験では 0.95Mpa)

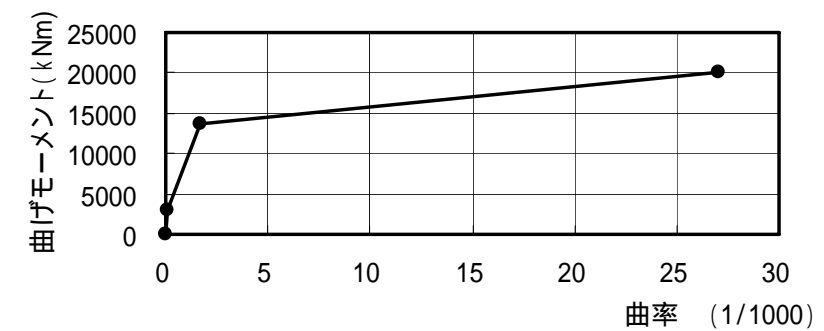
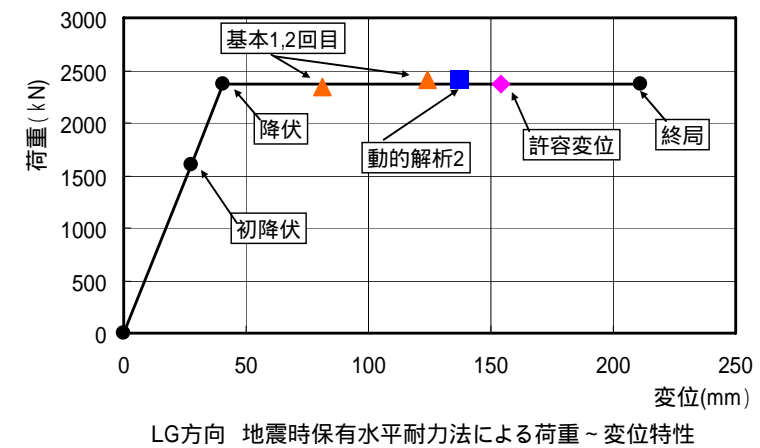
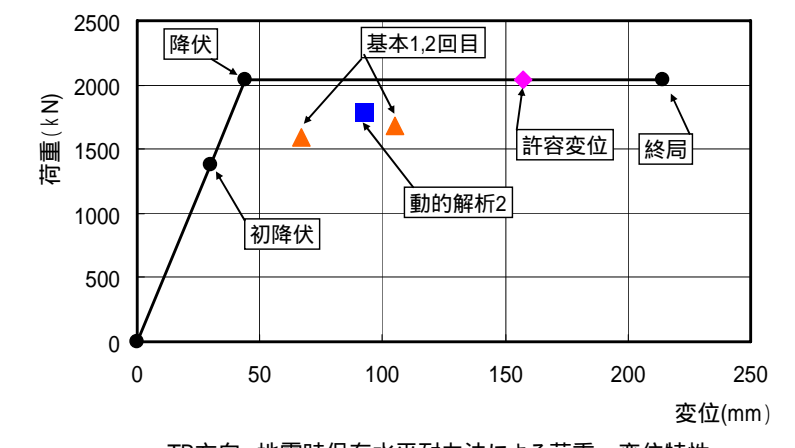


図 1 地震時保有水平耐力法によるM-φ 曲線



LG方向 地震時保有水平耐力法による荷重～変位特性



TR方向 地震時保有水平耐力法による荷重～変位特性

図-2 変形性能

(9) 入力地震動

兵庫県南部地震の際に JR 鷹取駅で観測された地震動記録に動的相互作用効果を考慮して修正した地震動を実地震動レベル 100%として入力する。

表-5 実験装置の重量 (概算値)

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 ウエイト：グレー	372.2 t	桁： $22.7 \times 2 = 45.4 \text{ t}$ ウエイト 1： $78 \times 2 = 156 \text{ t}$ ウエイト 2： $77.3 \times 2 = 154.6 \text{ t}$ 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	$15\text{t}/\text{基} \times 8 = 120 \text{ t}$
防護架台	グレー	120 t	(設計図面による概算値)
フーチング下床版	白	36 t	
合計		1030 t	

注) 上部構造は計測値、他は設計重量