

高精度荷重計測機構を有する実大免震試験機のコンクリートドックの構造および設計

(一財)免震研究推進機構 宮原貴昭

大成建設(株) 篠崎洋三 中島崇裕 高澤昌義 (正)上野恭宏 (正)小林祐樹 ○(正)小池拓生
黒沢建設(株) 柏崎 司

1. はじめに

防災科学技術研究所の兵庫耐震工学研究センター内に、免震部材・制振部材の実大動的試験を行う国内初の試験機「E-アイソレーション」が誕生する。実大免震試験機は、動的に最大30,000kN、静的には36,000kNの鉛直荷重を載荷した状態で実際の免震支承が経験する高速度、大変位の加振を可能とするものである¹⁾。

本稿では本試験機のコンクリートドックの構造および設計概要について報告する。

2. 実大免震試験機の構成

実大免震試験機の構成を図 1 に、コンクリートドックの断面図を図 2 に示す。本試験機は試験体に水平方向加振力を与えるための上下加振台および水平動的ジャッキ、鉛直荷重を載荷するための鉛直動的ジャッキおよび反力梁、試験体反力を計測するための荷重計測リンク（V 字型、回転拘束）、試験機を取り囲み水平・鉛直荷重を支持するコンクリートドックにより構成される。コンクリートドックは底版（版厚 3.5、4.5m、 $f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$ ）、側壁（壁厚 2.5、3.5m、 $f'_{ck}=33\text{N/mm}^2$ ）、および下部ピット（壁厚 0.45m、 $f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$ ）からなり、底版と側壁には試験時のひび割れを制御することを目的に PC 構造を採用している。

側壁上面の反力梁支承部には、試験体の水平荷重を直接計測するために、鉛直方向を剛、水平方向を自由とみなせる接合法が必要となる。そこで側壁上面に積層ゴム支承（ $\Phi 650 \times 12$ 台）を設置しプレストレス力により反力梁、支持支承、コンクリートドックを鉛直方向に締め付ける反力構造を採用している。

3. コンクリートドックの PC 構造の概要

コンクリートドック内の PC 鋼材のアイソメ図を図 3 に、PC 鋼材の種類と配置本数を表 1 に示す。

本構造における PC 鋼材は、試験時荷重に対して有害なひび割れの防止と必要な耐荷力の確保を目的とした「PC 構造用 PC 鋼材」と、積層ゴム支承を介してコン

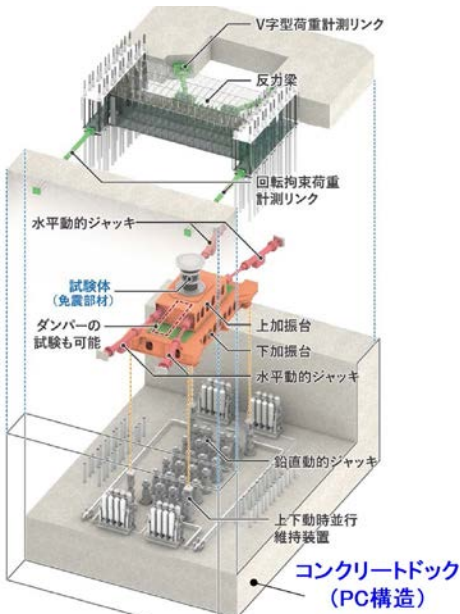


図 1 実大免振試験機の概要

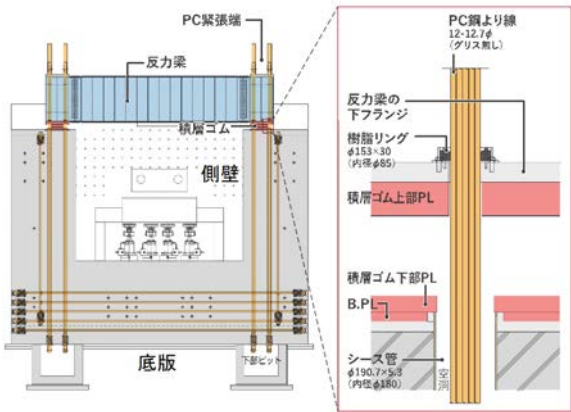


図 2 コンクリートドックおよび反力梁断面図

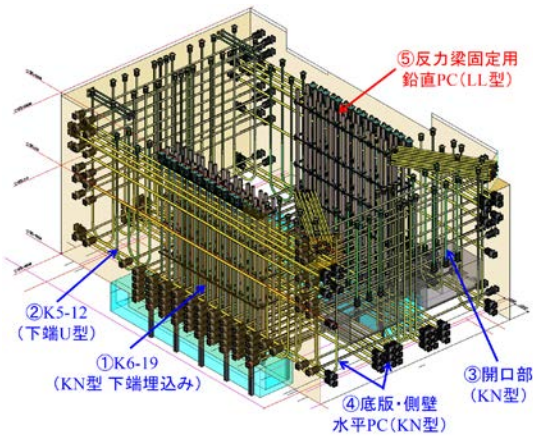


図 3 PC 鋼材のアイソメ図

キーワード PC 構造, 免震, 動的試験

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1 丁目 25 番 1 号 新宿センタービル TEL 03-3348-1111

クリートドックと反力梁を連結する「反力梁固定用 PC 鋼材」に大別される。

「PC 構造用 PC 鋼材」は、本試験機の載荷能力（鉛直 36,000kN、水平 6,500kN）のみならず、将来の試験機の鉛直載荷能力増加（50,000kN）および水平 2 方向加振（X 方向 10,500kN、Y 方向 6,000kN）への更新までを想定して、鉛直方向に 72 本、水平方向に 115 本の PC ケーブルを配置している。本 PC 定着部には KTB 定着工法（KN 型）を用い、下端部の定着具設置が難しい鉛直 PC 鋼材には U 字シース（KU 型）を用いている。

一方「反力梁固定用 PC 鋼材」は、最大鉛直荷重載荷時においても積層ゴム支承に引張力が生じないように、PC 鋼より線の仕様と PC 導入力を決定している（計 48 本）。また、試験体の水平反力を全て荷重計測リンクに伝達させるには積層ゴム支承より下側で PC 鋼より線がコンクリートに接触してはならないため、アンボンドタイプの PC 鋼より線（図 4）を用いて、シース管と PC 鋼より線の間に 30mm 程度のクリアランスを確保したノングラウト構造を採用している。さらに、将来の試験機更新時において反力梁および固定用 PC 鋼材を撤去・交換することを想定し、PC 定着部にはクサビ式定着を基本にリングナットによるネジ式定着を併用した KTB 定着工法 LL 型（図 5）を採用している。

4. コンクリートドックの設計概要

コンクリートドックの設計は、コンクリート標準示方書に準じて性能照査型設計を行った。表 2 に示すように常時・試験時および地震時における要求性能を設定し、ひび割れ発生、断面破壊、疲労破壊・安定の保持の各評価を行った。各荷重（自重、プレストレス力、試験時荷重、地震荷重等）に対する応答値は、解析プログラム Abaqus を用いて、常時・試験時は 3 次元ソリッド要素（図 6）、地震時は 2 次元ソリッド要素を用いた解析モデルにより応力度および断面力を算定し、各評価項目における限界値を満足するように各部材のコンクリート、PC 鋼材および鉄筋仕様を決定した。

5. おわりに

本稿では、高精度荷重計測機構を有する実大免震試験機におけるコンクリートドックの構造および設計概要について報告した。

参考文献

1) Y. Takahashi, T. Takeuchi, S. Kishiki, Y. Shinozaki, M. Yoneda, K. Kajiware and A. Wada, E-Isolation: High-performance dynamic testing installation for seismic isolation bearings and damping devices, IJHRB March, 2013

表 1 PC 鋼材の種類と配置本数

配置		種類(PC鋼より線)	定着具	ケーブル本数
PC構造用	鉛直	①19-15.2φSWPR7B (K6-19)	KN型	32本
		②12-12.7φSWPR7B (K5-12)	KU型	28本
		③12-12.7φSWPR7B (K5-12)	KN型	12本
	水平	④19-15.2φSWPR7B (K6-19)	KN型	115本
反力梁固定用	鉛直	⑤12-12.7φSWPR7B (K5-12)	LL型	48本※

※試験機更新時は、最大64本

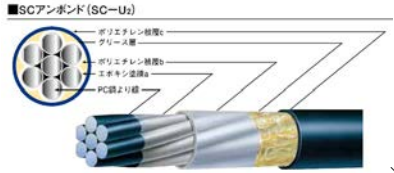


図 4 SC アンボンド PC 鋼より線

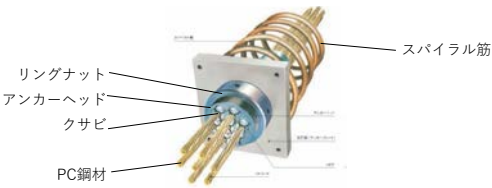


図 5 KTB 工法 LL 型定着具

表 2 要求性能および評価項目

		常時・試験時	レベル1 地震時	レベル2 地震時
要求性能	使用性	有害なひび割れが生じない	-	-
	安全性・復旧性	所定の強度を有する	有害な変形が残留しない	コンクリートドックの一部に損傷等が生じても底版・側壁に有害な変形が残留せず、必要な耐力を確保できる
評価項目		ひび割れ発生 断面破壊 疲労破壊	断面破壊 安定の保持	断面破壊 安定の保持

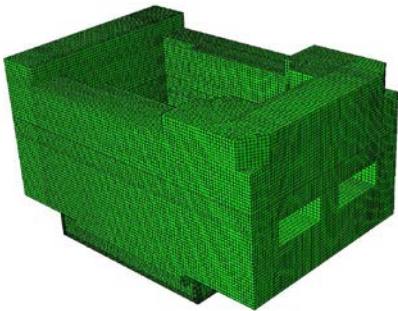


図 6 3 次元ソリッド要素解析モデル

結びに、本構造の設計にあたり多くのご指導をいただいた東京工業大学 和田章名誉教授をはじめとする関係各位に心から感謝を申し上げます。