

## 高架橋の崩壊防止により危機耐性向上を図る自重補償構造の振動台試験

鉄道総合技術研究所

正会員 ○豊岡亮洋、布川博一、室野剛隆

## 1. はじめに

想定を超える地震動に対して、構造物の崩壊という「危機」を完全に防止することは困難であるが、桁やスラブが地上に落下し空間閉塞するような大崩壊を防止できれば、人命損失の回避や早期復旧が可能となり、危機耐性を向上することができる。この着想のもと、著者らは図1のように通常の柱（本体柱）とは別に、崩壊時にのみ自重の大部分を支持する自重補償柱を設ける「自重補償構造」を提案し、静的載荷試験で有効性を確認しているが<sup>2)</sup>、地震動作用下での崩壊防止効果は未検証であった。そこで本稿は、ラーメン高架橋を対象とした大規模な振動台試験を実施し、動的な構造崩壊が進行する状態での提案構造の有効性について検証した結果を報告する。

## 2. 振動台試験の概要

図2に自重補償構造の試験体の概要を示す。8本柱のうち、端部4本の柱を自重補償柱とし、中間部の4本を常時から荷重支持する本体柱とした。試験体は実構造の1/4程度の縮尺とし、柱は正方形断面の200mmとした。スラブ上には振動台の制約の範囲内で可能な限り多数の錘を設置した。本体柱4本で荷重支持する場合の柱応力は $1.72\text{N/mm}^2$ 程度である。

自重補償柱は、崩壊時にスラブの荷重を確実に支持する必要があるため、地震動作用下において、自重補償柱には水平力等による損傷が生じないことが求められる。このため、図3のように柱頂部にテフロン、スラブ面に鋼板を設置し、摩擦係数0.1程度のすべり摩擦構造とした。テフロン下の3分力計は、実験で自重補償柱の荷重分担を測定するために設置したものである。設置の際は3分力計の下にジャッキを設置して高さ調整を行い、柱頂部とスラブを密着させた後にジャッキを埋め殺した。なお、自重補償柱は鉛直荷重を支持できればよいため、本体柱と比較して配筋省略や小断面化が可能と考えられるが、ここでは製作の都合上、本体柱と同じ諸元とした。

試験では、この試験体に、時間軸を0.5倍に圧縮したL2地震動スペクトルI(G3地盤)波りを一方向に作用させ、表1のように徐々に加速度を増加させて損傷を進展させた。そして、中間部4本の本体柱が損傷した後も、端部4本の自重補償柱が鉛直荷重の支持機能を受け換え、構造全体が倒壊しないことを確認する。計測は、図2中に示すように、水平および鉛直のスラブ変位、スラブおよび振動台の加速度、自重補償柱の水平・鉛直荷重を中心に計測した。

キーワード 危機耐性、自重補償構造、振動台試験

連絡先 〒1185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7336

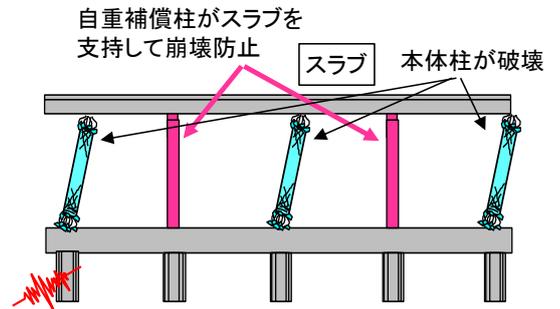
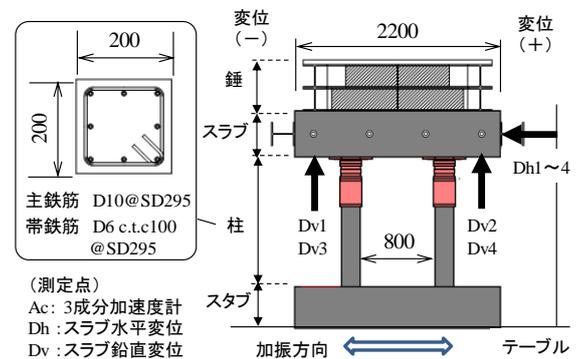
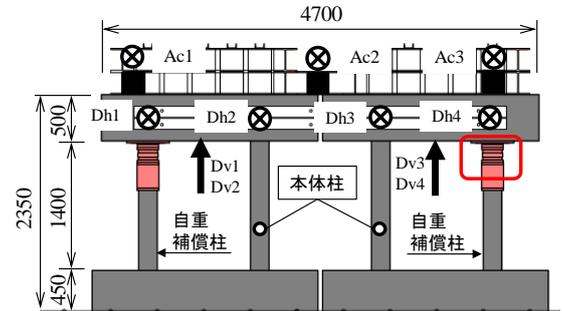


図1 自重補償構造の概要



(a) 加振方向側面図



(b) 正面図

図2 自重補償構造試験体 (単位:mm)

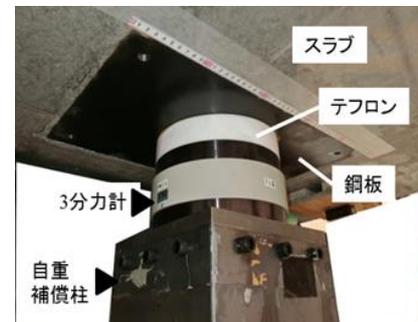


図3 自重補償柱頂部の構造

### 3. 試験結果と考察

試験概況として、表 1 の No.11 加振付近から自重補償柱がスラブの鉛直荷重を受け換え、全ての加振が終了した後にも試験体の崩壊は生じなかった。図 4 には、最終の No.15(800gal)加振後の試験体の状況を示す。本体柱には鉄筋座屈やコアコンクリート圧壊など大きな損傷が生じて残留傾斜も生じたが、自重補償柱がスラブの鉛直荷重を受け換え、試験体の崩壊を防止することができた。

図 5 は、表 1 の全ケースでのスラブの水平～鉛直変位履歴を示す。鉛直変位は負側が沈下である。本体柱の主鉄筋は損傷に伴い伸び出しと座屈が生じることから、スラブは上昇後に沈下に転じる。通常試験体では沈下により鉛直変位が急激に増加して崩壊が生じるが、今回のように自重補償柱を導入すると、図 5 のように鉛直変位は-3mm 程度から進行せず、加振中および加振後に自重補償柱がスラブの鉛直荷重を安定して支持していることが分かる。

自重補償柱の鉛直支持性能については、表 1 の各試験終了後に計測した、自重補償柱の鉛直荷重負担率 (=全死荷重に対する、自重補償柱が負担する鉛直荷重の割合) を、水平および鉛直方向のスラブの残留変位と比較して図 6 に示す。横軸は試験ケース番号である。図 6(a)から、自重補償柱には加振 No.11(1100gal 3 回目)において徐々に鉛直荷重が作用し、No.13(1300gal)の加振で 80% 近くまで荷重負担が増加している。この No.11 以降、高架橋模型の損傷が進行して鉛直や水平の残留変位が生じており、本体柱の損傷進展に伴い、自重補償柱に鉛直荷重の支持機能が移行したことが分かる。また、自重補償柱に荷重が作用した後の繰り返し載荷 (No.14,15) においても残留変位や沈下は進展しておらず、自重補償柱により鉛直支持性能が安定して発揮されることを実証した。

### 4. まとめ

危機耐性を向上させる工法として提案していた自重補償構造の振動台試験により、本体柱が大きく損傷した後も自重補償柱がスラブの鉛直荷重を負担し、繰り返しの地震作用下においても崩壊を防止できることを実証した。今後は新設・既設構造に対する試設計等を通じ、提案構造の実用化を推進する予定である。なお、本研究の一部は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

**参考文献** 1)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 (耐震設計), 2012. 2)西村, 室野, 本山, 五十嵐：危機耐性を高める自重補償構造の提案と成立性, 第 70 回土木学会年次学術講演会概要集, 2015.

表 1 加振試験のケース

No	最大加速度	No	最大加速度
1	100 gal	9	1100 gal(1)
2	200 gal	10	1100 gal(2)
3	300 gal	11	1100 gal(3)
4	400 gal	12	1100 gal(4)
5	500 gal	13	1300 gal
6	600 gal	14	800 gal(1)
7	800 gal	15	800 gal(2)
8	1000 gal		

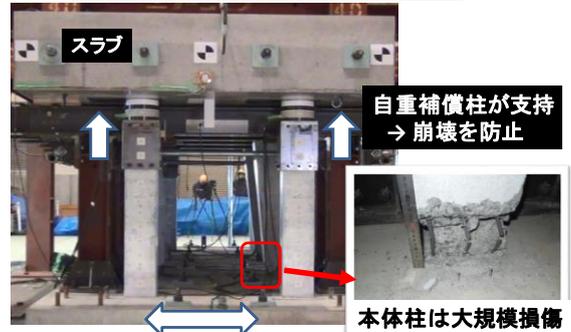


図 4 加振後の状況 (No.15 終了後)

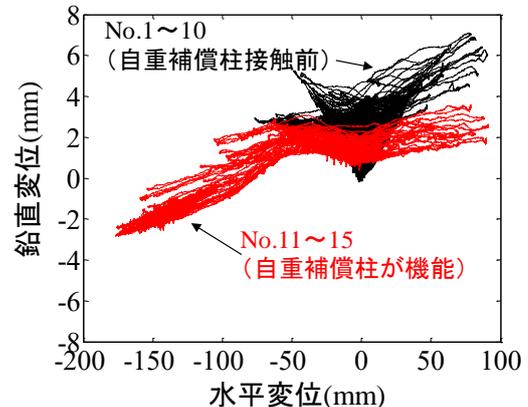


図 5 スラブ水平～鉛直変位履歴

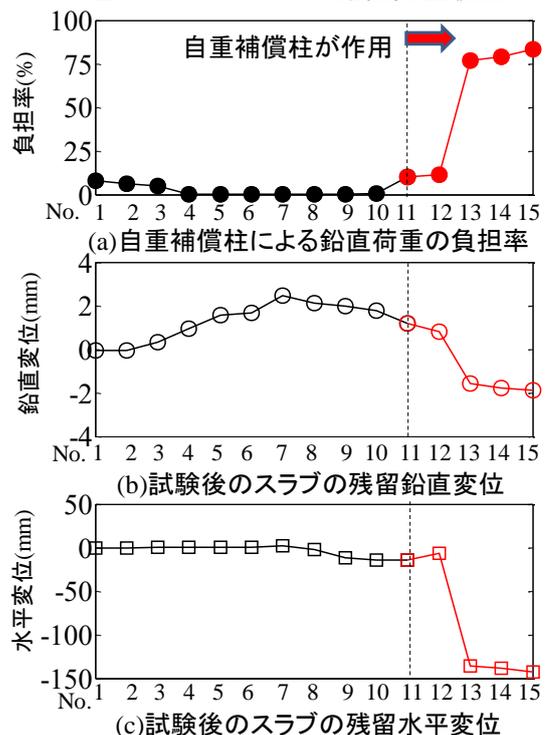


図 6 自重補償柱の荷重負担と残留変位