

I - 27

アラミド全巻き補強を施した壁式RC橋脚のP-Δ効果と振動特性

顧問 土木技術コンサルタント	○正 員 三好 章仁
北海道開発局 札幌道路事務所	正 員 佐藤 昌志
北海道開発技術センター	正 員 新山 惇
北海道開発局 開発土木研究所	正 員 池田 憲二

1. はじめに

著者らは、これまでにRC橋脚の動的挙動を把握することを目的として各種の静的及び動的载荷実験を行ってきた。これらの実験の多くは、上部工に相当する重量を重錘又はジャッキ等による载荷で再現した1質点系モデルを用いたものであり、支承を介して鉛直方向変位の拘束を受ける実橋梁とは異なった振動特性を示すものと考えられる。

そこで、衝撃的な地震動を受けるRC橋脚の振動特性をできる限り忠実に再現する試みとして、大型の走行架台上に実規模の二径間連続鋼製桁模型を設置し、この架台をエアベアリングを介して浮上させた状態で走行させ、反力壁を用いて急制動をかけることによって衝撃的な地震動を再現する装置を開発し、実規模二径間連続桁の中間橋脚として設置した橋脚模型を試験体として、実橋梁により近い条件下でRC橋脚の地震時挙動に関する検討を行ってきた。

これまでにを行った基礎実験において、橋脚の剛性が高い場合にフーチングが損傷するケースが認められた。

そこで本実験では、橋脚耐力を極力上げずに変形性能を向上させることを目的として、近年橋脚等の耐震補強に適用例の増えているアラミド繊維シートに着目し、じん性補強を施した橋脚供試体に対する動的载荷実験を行い、振動特性等の検証を行った。

また、载荷速度等の影響等に対する検討のために、同装置を利用し、中間橋脚ピン支承部に対してジャッキを利用した正負交番载荷実験を行い、比較検討を行っている。

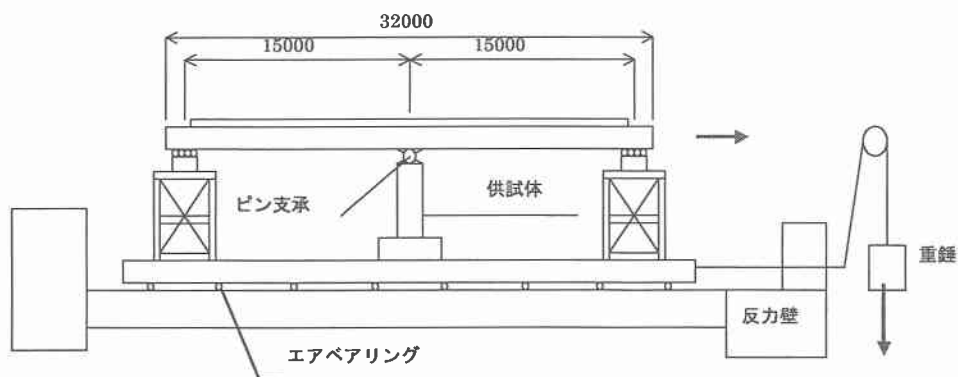


図-1 実験装置概要図

P-Δ Effect and Vibration Characteristic of Wall type RC Pier Model Strengthening Using AFRP Sheet

by Akihito MIYOSHI, Masashi SATO, Makoto NIIYAMA, Kenji IKEDA

2. 実験概要

2. 1 実験方法

図-1に実験装置の概要図を示す。実験は、実規模に近い大型の供試体に対して比較的大きな加速度を入力するため、エアーパーリングにより浮上させた走行架台を、ワイヤーロープで連結された質量980kNの鋼製重錘の自由落下により牽引し、反力壁への衝突で急速に制動することで加速度を励起する装置を用いた。反力壁への衝突部には発泡スチロール材（以下、EPS材）を設置し、EPS材の厚さを変化させることで制動時間、及び入力加速度の最大値を調整した。

上部工は、実橋梁に極力近い状態とするために、支間長15m+15mの二径間連続鋼鈑桁を用い、重量を調節するために桁上にウェイトボックスを載荷した。上部工の総重量は約1,060kNである。

中間支定点に設置した橋脚供試体上の支承条件は、桁の影響を考慮するために鉛直方向の変位を拘束するピン支承とした。また、桁端部は、水平移動を妨げないようにピンローラー支承とした。

2. 2 実験供試体

供試体概要図を図-2に、供試体諸元を表-1に示す。供試体は、昭和55年道路橋示方書に基づいて設計を行ったS55N供試体及びアラミド繊維シートを用いて補強を行ったS55A供試体を用いた。

なお、既往の実験では正方形断面を有するRC橋脚の載荷実験が多数を占めていることから、実験報告の少ない長方形断面の壁式橋脚を用いるものとした。

S55A供試体は、40tf級アラミド繊維シートを横方向に2枚巻付け、拘束されるコンクリート部形状がほぼ正方形となるように中間部に貫通鉄筋を設置することでじん性及びせん断補強を施している。

供試体の底板厚と壁高は100cm、400cmとし、壁幅250cm、壁厚80cmの壁式断面とした。鉄筋はSD345、コンクリートは、設計基準強度21.0MPaのものを使用した。

表-1 供試体一覧表

供試体	主鉄筋	帯鉄筋	補強量
S55N	D22	D16 ctc300,600	—
S55A	D22	D16 ctc300,600	アラミドシート40tf・2枚（全面） 貫通鉄筋 φ23

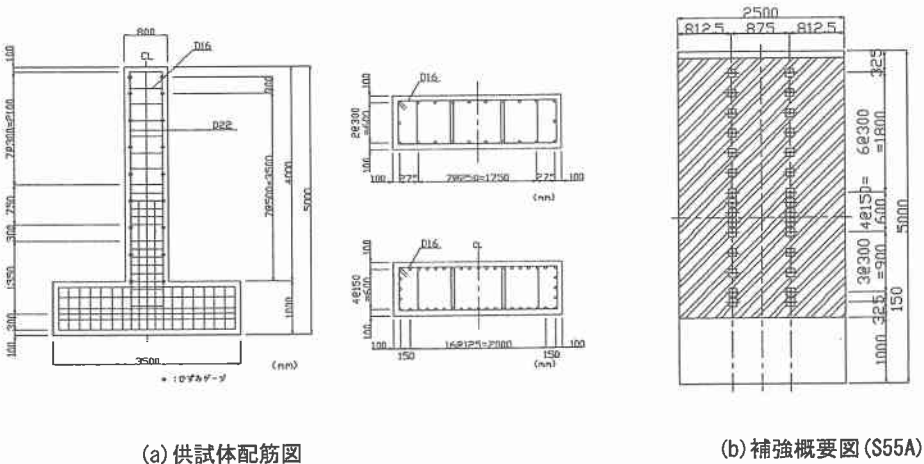


図-2 供試体概要図

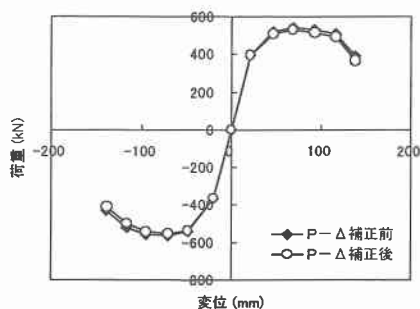
3. 実験結果

3. 1 静的実験における荷重－変位特性

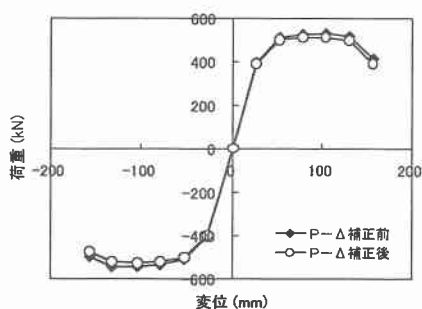
図－3 に正負交番荷重実験における荷重－変位曲線を示す。一般に、橋脚に水平力が作用すると、水平力によって生じる曲げモーメントの他に、鉛直力によるモーメントが作用する。このP－Δ効果により、橋脚の抵抗モーメント M_n により抵抗できる水平力は水平変位が大きくなるにつれて減少する。

本実験ではほぼ実規模の上部工を載荷していることから、大変形時におけるP－Δ効果が無視できないものと考えられるため、P－Δの補正を行った荷重－変位関係についても同時に示している。

図より、じん性補強を行った S55A 供試体は、無補強の S55N 供試体と比較して最大変位が 21% 程度大きな値を示し、最大荷重を示した後の荷重の低下が少ないことがわかる。また、P－Δ補正を行った後の荷重は、終局時において両供試体共に約 25kN 程度低い値を示している。本実験に用いた供試体では、断面に比較して橋脚高が低めであるため P－Δ効果は比較的小さいが、実橋梁において橋脚高が高い場合等には無視出来ないファクターであると考えられる。



(a) S55N 供試体



(b) S55A 供試体

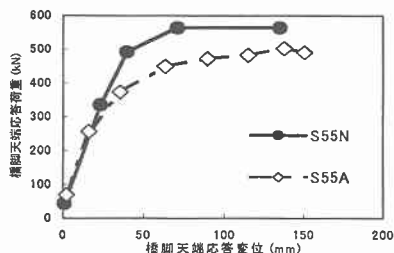
図－3 荷重－変位包絡線

3. 2 動的実験における応答荷重－応答変位特性

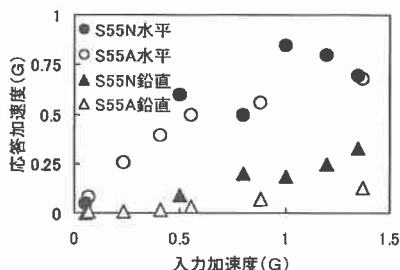
図－4 に動的載荷実験における応答荷重－応答変位曲線を示す。なお応答荷重は、応答加速度×上部工重量の中間橋脚分担分とした。

図より、無補強の S55N 供試体では荷重、変位共に静的実験における荷重－変位関係によく一致することがわかる。

また、補強を施した S55A 供試体では、変位については静的実験とほぼ等しい値を示すものの、荷重は静的実験より 20～30% 程度低めの値となっている。これは、本供試体を用いた実験では、図－5 に示すように主桁部の鉛直方向応答加速度が無補強の場合と比較して 2 倍程度大きな値を示していることから、水平方向応答と鉛直方向応答が連成しているために水平方向のみの応答値が小さめになっているものと考えられる。



図－4 応答荷重－応答変位曲線



図－5 入力加速度－応答加速度

3. 3 供試体破壊性状

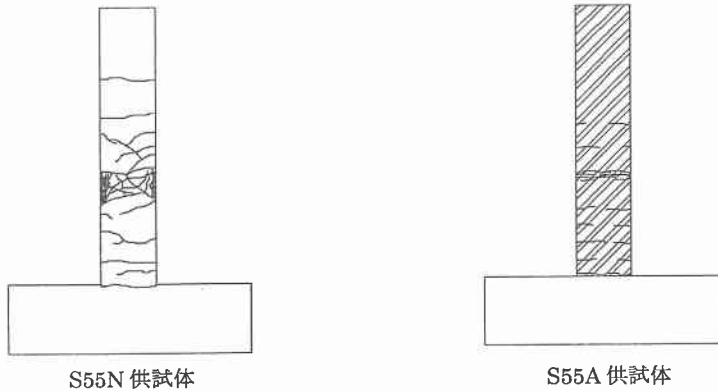
図－5 に正負交番載荷実験における各供試体の実験終了後の破壊性状を示す。

S55N 供試体は、段落し部近傍において天端まで伸びている主鉄筋のほぼ全てが座屈し、数本が破断していた。かぶりコンクリートは、段落し位置から下方に広範囲に剥落している。段落し部のひびわれが水平方向から斜め下方 45° の方向へ移行しているのがわかる。基部近傍では曲げからせん断に移行する形態のひび割れが数本認められた。なお、基部近傍のひび割れはいずれも $1\delta y$ で発生し、それ以降はほとんど進展が見られなかった。

S55A 供試体は、S55N 供試体と同様に損傷が段落し部に集中しており、段落し部においてアラミド繊維シートの破断が認められた。しかしながら、ひび割れ形態は橋脚の全高にわたって水平方向の曲げひび割れのみが生じており、曲げからせん断に移行する形態のひび割れは認められなかった。

なお、動的載荷実験においては、かぶりコンクリートの大きな剥落が見られなかった他は正負交番載荷実験とほぼ同様な破壊性状を示した。

以上から、本実験に用いたアラミド繊維シート巻付けによるじん性補強は、じん性能向上に加え、せん断耐力向上に有効であると考えられる。



図－5 供試体破壊性状

4. まとめ

実橋梁に極力近い条件下でのRC橋脚の振動特性等を把握することを目的として、実規模二径間連続桁模型動的載荷装置を用いて載荷実験を行った。

本実験で得られた結果を整理すると以下のようになる。

- 1) 本実験では、供試体の高さが比較的低いため $P-\Delta$ 効果の影響は小さかったが、実橋梁では、橋脚高が高い場合等に無視できない場合があると考えられる。
- 2) 動的実験における応答荷重－応答変位関係は静的実験における荷重－変位関係とほぼ近似するが、上部工の鉛直加速度が大きい場合には応答荷重が低めになる結果となった。
- 3) 本実験に用いたアラミド繊維シート巻付けによる補強は、RC橋脚のじん性向上及びせん断耐力向上に有効に作用すると考えられる。

参考文献

- 1) 吉田紘一，佐藤昌志，谷口直弘，岸 徳光：急速加振を受ける実規模二径間連続桁RC橋脚の動的応答性状 コンクリート工学年次論文報告集，vol.21，No.3，pp.1195～1200，1999.7