

既設 PC 橋の支承アンカーバーの終局挙動に関する実験的研究

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○張 広鋒 水谷 亮勝
 首都高速道路株式会社 正会員 石原 陽介
 首都高速道路株式会社 非会員 副島 直史

1. 目的

レベル2地震動が導入された1996年版道路橋示方書より前の基準で設計された道路橋の支承部の耐震性能に関する研究の一環として、本研究では、既設PC橋を対象に、上部構造側取付部のアンカーバーの終局耐力および損傷形態を検討するための載荷実験を行った。

2. 実験概要

実験では、首都高速道路の供用路線に用いられている反力225tのBP-A支承を想定した供試体を用いた。図-1に、実験対象支承の側面図を示す。実験では、上沓とアンカーバーを対象とした。アンカーバーは直径 $\Phi 55\text{mm}$ の6本で、材質はSS400である。地震時に生じ得ると考えられる地震力の作用状況を想定して、表-1に示す5つの実験ケースを実施した。ケース1は上向き地震力のみが作用する場合、ケース2と3は死荷重(R_d)と水平地震力が同時に作用する場合、ケース4と5は上向き地震力と水平地震力が同時に作用する場合である。ケース4と5の鉛直荷重は、それぞれレベル1地震動とレベル2地震動に対する設計鉛直地震力に相当する $0.1R_d$ と $0.3R_d$ とした。ここで、死荷重 R_d は実橋梁の支点反力の設計値を参考にして、支承反力の0.7倍($225 \times 9.81 \times 0.7 = 1,545\text{kN}$)とした。首都高速道路の支承標準設計では、PC橋に用いる支承の規模を、支承全反力に対して死荷重反力の比が0.85以下となるように規定している。

アンカーバーを下向きにして上部構造に相当するコンクリートに埋め込んで供試体を製作した。図-2に供試体の状況、表-1に供試体の寸法を示す。実橋梁では、支承の取付部周辺に多くの鉄筋が配置されているが、実験では、鉄筋の耐力への寄与を除いた状態で検討を行うために、全ての供試体が無筋コンクリートとした。ただし、運搬時にひび割れが発生しないように、供試体の外周に最小限の鉄筋を配置した。

図-3に、載荷状況の概要を示す。高力ボルトを用いて上沓（ケース1）もしくは載荷プレート（ケース2～5）と載荷治具を連結し、載荷治具を通して鉛直荷重および水平荷重を載荷した。ケース1では、2本の鉛直ジャッキを用いて上向き方向に単調載荷を行った。水平ジャッキは載荷ビームの水平位置を保持するためのものである。ケース2～5では、鉛直ジャッキで所定の鉛直荷重を載荷しながら、2本の水平ジャッキを用いて水平方向に単調載荷を行った。載荷速度は 0.01mm/sec 程度とした。計測項目は、アンカーバーのひずみ、上沓の鉛直変位および水平変位である。

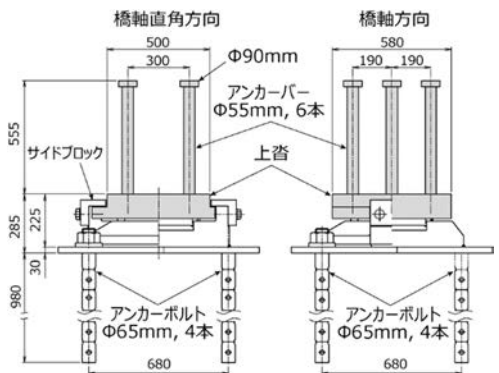


図-1 実験対象支承の側面図

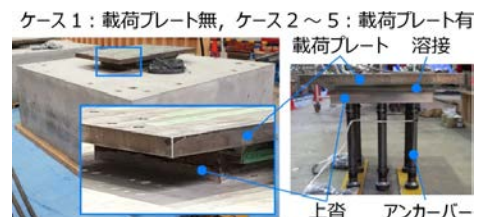


図-2 供試体の状況

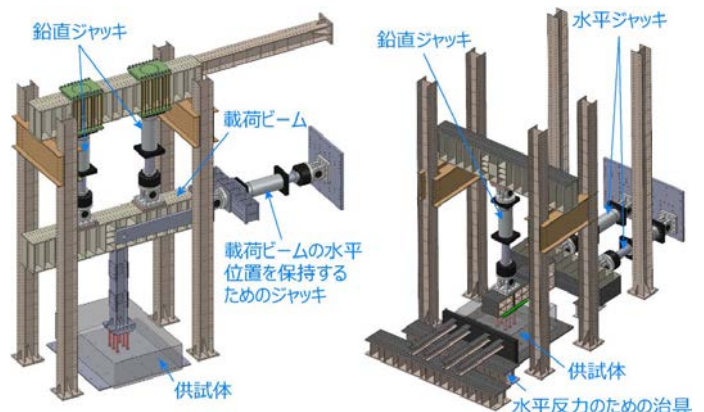


図-3 載荷状況の概要（左：ケース1，右：ケース2～5）

キーワード PC 橋、支承アンカーバー、終局耐力、損傷形態

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター構造技術研究所 TEL03-3578-5773

表-1 実験ケースおよび実験結果

ケース	荷重方法	供試体寸法	最大耐力 (kN)	最大耐力/死荷重反力 $R_{d-0.85}$
1	鉛直 (引張)	平面 2.0m × 3.0m, 高さ 0.75m	1,618	1,618 / 1,876 = 0.86
2	鉛直 (圧縮 1.0 R_d) + 水平 (橋軸)	平面 2.0m × 2.0m, 高さ 0.75m	3,583	3,583 / (1,876*2) = 0.95
3	鉛直 (圧縮 1.0 R_d) + 水平 (橋軸直角)	平面 2.0m × 2.0m, 高さ 0.75m	3,176	3,176 / 1,876 = 1.69
4	鉛直 (引張 0.1 R_d) + 水平 (橋軸直角)	平面 2.0m × 2.0m, 高さ 0.75m	2,265	2,265 / 1,876 = 1.21
5	鉛直 (引張 0.3 R_d) + 水平 (橋軸直角)	平面 2.0m × 2.0m, 高さ 0.75m	1,894	1,894 / 1,876 = 1.01

※ケース1: 鉛直荷重に対する反力を取るための固定用PC鋼棒を多く設置する必要があるため、他のケースより平面サイズを1m大きくした

3. 実験結果および考察

実験では、荷重が最大荷重より明確に低下した時点で載荷を終了した。最大荷重に達した時点では、いずれのケースにおいてもコンクリートにひび割れが多数生じ、水平力を作用させたケース 2～5 はアンカーバーの降伏も生じている。鉛直力のみを作用させたケース 1 は、アンカーバーが降伏する前にコーン破壊や付着切れが生じ、荷重が上昇しなくなった。図-4 の荷重-変位関係より、ケース 4, 5 の最大荷重は、ケース 2, 3 より大きく低下している。ケース 2, 3 では、アンカーバーおよび上沓とコンクリート間の摩擦によって水平荷重に抵抗したが、ケース 4, 5 では、引張の鉛直力によって上沓とコンクリート間の摩擦がなくなり、水平耐力が大きく低下したと考えられる。図-5 に、ケース 3 とケース 5 のアンカーバーのひずみを示す。これらのひずみは、橋軸方向における 3 本のアンカーバーの平均値としている。圧縮側アンカーバー (左図) と引張側アンカーバー (右図) とともに、上端部における両面のひずみが正と負となっており、アンカーバー上端部付近に曲げ変形が生じている。また、両ケースとも、最大荷重時付近では引張側アンカーバーの下端も降伏している。

表-1 に、最大耐力および最大耐力と死荷重反力の比を示す。比は、死荷重反力 $R_{d-0.85}$ を用いて最大耐力を震度に変換したものである。安全側の評価となるように、支承全反力の 0.85 倍を死荷重反力 $R_{d-0.85}$ とした。地震時の上部構造の全ての慣性力を支持するケース 2 の比は 0.95 である。支承部のレベル 2 地震動に対する設計地震力は下部構造の非線形地震応答に応じて決まるが、多くの橋梁において水平震度 0.95 は、レベル 2 地震動に対する支承部の設計地震力に相当すると考えられる。

4. まとめ

本実験では、地震時において生じ得ると考えられる 5 つの地震力の組合せを想定して、既設 PC 橋の支承アンカーバーの終局挙動を実験的に検討した。実験対象の支承アンカーバーは、設計時に考慮したレベル 1 地震動だけではなく、レベル 2 地震動に対しても抵抗することが期待できる。

謝辞 本実験の実施に当たって、青木あすなろ建設株式会社波田雅也氏、山崎彬氏、下村将之氏、および日本鑄造株式会社朝倉康信氏から多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

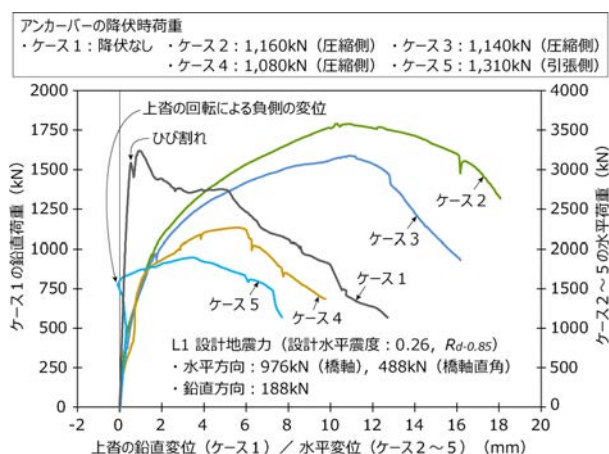


図-4 実験結果の荷重-変位関係

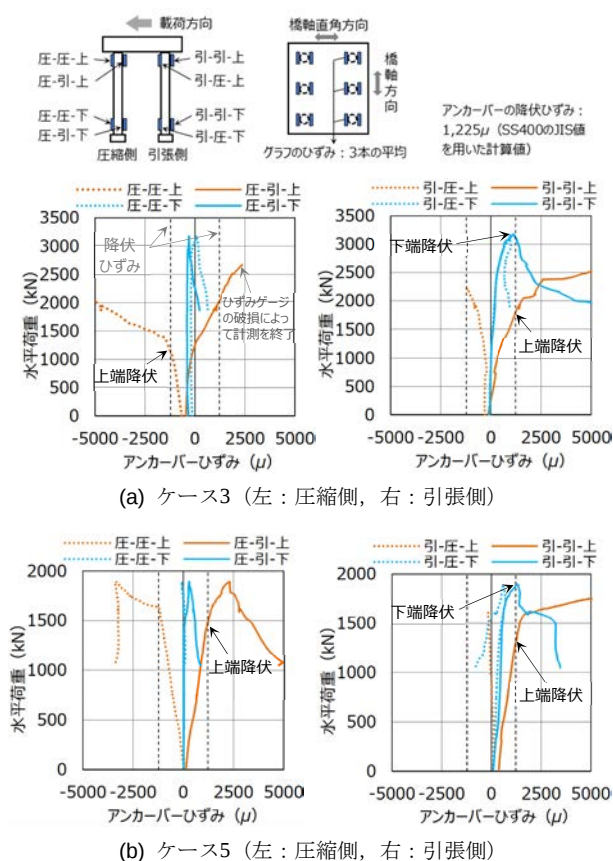


図-5 ケース3とケース5のアンカーバーのひずみ