

中空断面RC橋脚の基部一体化による耐震補強におけるあと施工アンカー量の影響に関する基礎的検討

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 〇後藤 源太, 高原 良太, 飛田 一彬
京都大学 正会員 植村 佳大
京都大学 正会員 高橋 良和

1. 背景および目的

山間部の橋脚は高さが 30m を越える高橋脚で採用される中空断面橋脚は、中空壁面部のコンクリートが圧壊し軸耐荷力を失って最終的な破壊に至るという懸念から、塑性ヒンジ領域とその近傍を中実断面（基部一体化）とすることが平成 24 年以降に規定されたが、平成 24 年より前に建設された既設中空断面橋脚は基部が中空のものが多数存在する。そのような中空断面橋脚を耐震補強するため中空内部を充填し一体化を図るが、基部一体化の状況に着目した検討は少ない。そこで、本検討では、あと施工アンカー（以下、アンカーという）により基部一体化した場合におけるアンカー量の影響について報告する。

2. 正負交番載荷実験の概要

図 1 に実験供試体概要を、表 1 に供試体諸元一覧を示す。供試体は、基部をコンクリートで充填した中空断面供試体、コンクリート充填+アンカーによる一体化（2 体）の計 3 体とした。表 2 に供試体のアンカー密度を示す。アンカーにより充填部と既設部とを接合した供試体は、アンカー量が密の場合、疎な場合の 2 パターンで、それぞれ、文献 2) を

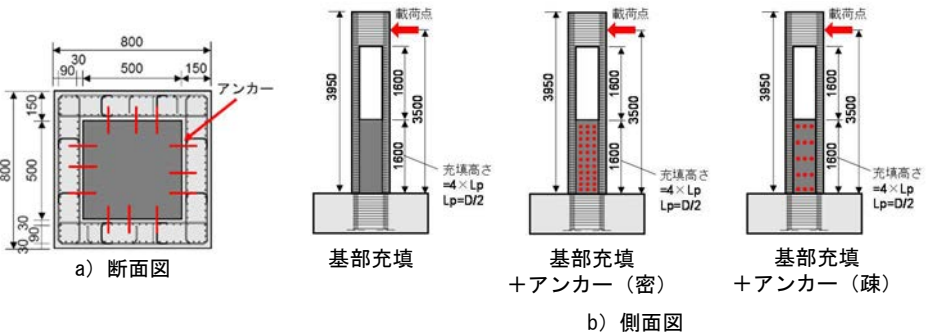


図 1 実験供試体概要

表 1 供試体諸元一覧

供試体	基部充填断面 (アンカーなし)	基部充填断面 (アンカーあり:密)	基部充填断面 (アンカーあり:疎)
軸方向鉄筋 (鉄筋比)	D10-152本 (2.78)		
帯鉄筋 (鉄筋比)	D6@60mm (0.70)		
中間帯鉄筋	D6@60mm		
軸力(軸応力)	1150kN(3.0N/mm ²)		
終局曲げ耐力	434kN		
せん断耐力	577kN(中空部) 767kN(充填部【一体化したとみなした場合】)		
曲げせん断耐力比	1.32(中空部) 1.75(充填部【一体化したとみなした場合】)		

表 2 供試体のアンカー密度

アンカー密度	1面当たりの本数(各面共通)	アンカー規格
アンカー(密)	11段×3列=33本	D10 SD345
アンカー(疎)	5段×3列=15本	

部と既設部とを接合した供試体は、アンカー量が密の場合、疎な場合の 2 パターンで、それぞれ、文献 2) を基にし、アンカーにより載荷軸力が充填部に伝達しても問題ない本数とした。違いは、あと施工アンカーのせん断耐力算出で、鉄筋のせん断応力度（降伏強度/√3）とする場合（アンカー（密））、鉄筋の降伏強度とする場合（アンカー（疎））としたことである。載荷方法は、最外縁主鉄筋が最初に降伏した変位を基準変位 δy とし、3 回繰返し毎に 1 δy ずつ増大させる漸増正負交番水平載荷とし、表 3 にコンクリートと鉄筋の材料規格と試験結果を示す。

表 3 材料規格と試験結果

供試体	設計圧縮強度 (N/mm ²)	実強度 (N/mm ²)	供試体	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	
基部充填	24	23.7	基部充填	D6SD345	367	587
アンカー(密)	24	34.9	基部充填	D10SD345	396	600
			アンカー(密)	D6SD345	367	587
アンカー(疎)	24	43.1	アンカー(密)	D10SD345	396	600
			アンカー(疎)	D6SD345	369	595
			アンカー(疎)	D10SD345	374	529

a) コンクリート

b) 鉄筋

キーワード 耐震補強, 中空断面橋脚, 基部一体化, あと施工アンカー
連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1
株式会社高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1621

3. 実験結果及び考察

図2に荷重—変位関係を示す。耐力低下が生じる直前の $7\delta y$ までの挙動は、アンカーの有無に関係なく同様の挙動となった一方で、耐力低下が生じて以降の $8\delta y$ 以降の挙動では、アンカー量による違いが明確に生じた。アンカー（密）に比べ、アンカー（疎）では、アンカー無し（基部充填）の挙動とほぼ同様となることが分かった。

軸沈下挙動についても確認するため、図3に鉛直変位—水平変位関係を示す。 $8\delta y$ 以降の耐力低下に伴い、どの供試体も軸沈下量が増大するが、アンカー（密）に比べ、アンカー（疎）では、荷重—変位関係同様、軸沈下挙動もアンカー無し（基部充填）とほぼ同様となることが分かった。このことから、アンカー量が密な場合、一定の補強効果があるものの、アンカー量を少なくしすぎると、十分な補強効果が得られなくなることが分かった。

図4に帯鉄筋ひずみの柱高さ方向分布（高さ0mmはフーチング上面を意味する）を示す。アンカー量が多くなると、帯鉄筋のひずみピークの山が基部側に移動することが分かる。これは、基部より $0.5D$ （ $D=800\text{mm}$ ）が塑性ヒンジ部とすれば、アンカーによる一体化によって、損傷集中部位が塑性ヒンジ部付近に移動したことを意味する。ただし、アンカー（疎）の場合は、一体化の程度が足らず、 $5\delta y$ まで

に基部充填と同様、柱高さ600～800mmの区間にひずみが集中したために、帯鉄筋の降伏範囲が塑性ヒンジ上部にも進展し、アンカー（密）ほどの軸沈下抑制効果が得られなかったと考えられる。なお、本報告では、紙面の都合上、軸方向鉄筋ひずみの柱高さ方向分布は示さないが、軸方向鉄筋ひずみは、アンカー量による顕著な違いは見られなかった。また、供試体は実橋脚の約1/6のスケールであることから、単純に本数をスケールアップすると、アンカー量が密な場合は、一面あたり190本（33本×6倍）近く必要となる。この本数を現地で行うことは非現実的であるため、アンカーによる一体化については、補強効果が得られるアンカー量（アンカー径×アンカー本数）を確認し、より現実的なアンカー量を検討していく必要があると考えられる。なお、基部を一体打ちし、完全に基部が一体化した供試体の実験結果については、文献3)を参照されたい。

4. まとめ

中空断面橋脚の耐震補強方法として、あと施工アンカーによる基部一体化に着目し、アンカー量が及ぼす影響を確認した結果、次のことが分かった。1) アンカー量が密な場合、一定の補強効果があるものの、アンカー量を少なくしすぎると、十分な補強効果が得られなくなる。2) アンカー量が密な場合、損傷集中部位が塑性ヒンジ付近に移動する。アンカー量を少なくすると、帯鉄筋の降伏範囲が塑性ヒンジ上部にも進展することで、一体性が失われ、十分な補強効果が得られなくなる。

参考文献

1) 社団法人道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2012。2) 土木学会：コンクリートライブラリー160 コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工・維持管理指針（案），2022。3) 松尾良平，植村佳大，高橋良和：コンクリート充填補強部をアンカー結合した大型中空断面RC橋脚模型の正負交番荷重実験，令和5年度土木学会全国大会第78回年次学術講演会，2023（投稿中）。

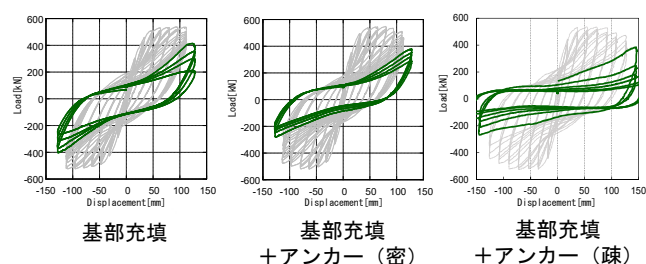


図2 荷重—変位関係

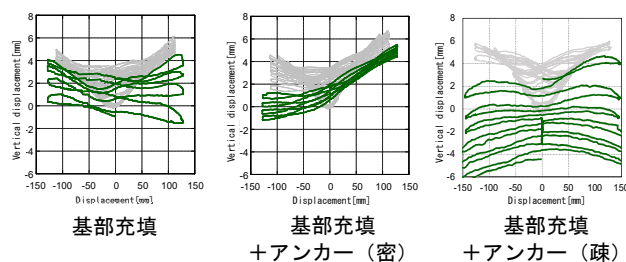


図3 鉛直変位—水平変位関係

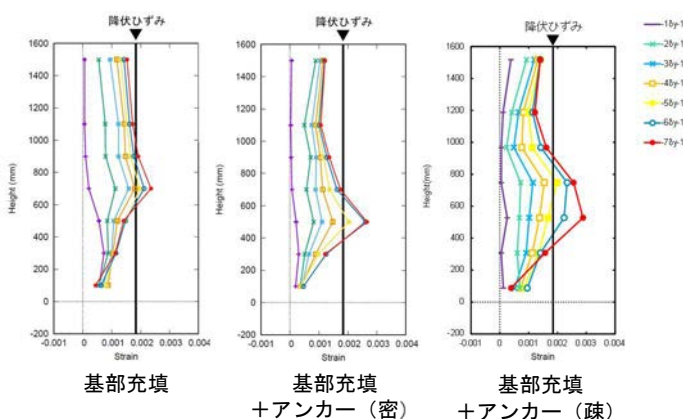


図4 帯鉄筋ひずみの柱高さ方向分布