中空断面 RC 橋脚におけるせん断耐力及びじん性向上を目的とした耐震補強設計

八千代エンジニヤリング(株) 正会員　○小林 倫※1　非会員　澤江 宏徳※1　正会員　名古屋 和史※1
東日本高速道路(株) 非会員　西 宏将※2　正会員　曽我部 敬介※2

1. はじめに

深い谷を有する山岳部等の橋梁には，自重を軽減するため，中空断面 RC 橋脚がしばしば採用される．

後藤らは，中空断面 RC 橋脚を対象として，中空内部を充填せず部分的に RC 巻立て補強した場合の耐震補強効果を検証した．その結果，補強後の橋脚においてじん性率が上昇し，中空内部を充填した場合と同程度に軸沈下も抑制されたことから，一定の耐震補強効果が確保できる可能性が示された．一方で，中空内部を充填せず RC 巻立て補強する場合，内部でのかぶりコンクリートの剥落を防止することができないことも示唆されている [1)]．

本稿では，PC4 径間連続ラーメン箱桁橋のうち，中間橋脚（P1）橋軸方向の耐震性能に焦点を当て，中空断面 RC 橋脚の耐震補強設計の一例を報告する．

2. 対象橋梁の概要及び現況耐震性能照査

対象橋梁は，橋長 218.950m の PC4 径間連続ラーメン箱桁橋である（**図-1**）．P1～P4 橋脚は柱高 26m 以上の中空断面 RC 橋脚で，A1 橋台・P4 橋脚は可動，P1～P3 橋脚は剛結構造である．目標とする耐震性能は，耐震性能 2 とした．そのため，曲げ及び変位に対する照査においては，終局状態に至らないだけではなく，許容曲率・許容変位を満足する必要がある．当該区間はⅠ種・Ⅱ種地盤が混在しているため，地盤種別毎に解析を行った．

現況耐震性能照査の結果，Ⅰ種地盤よりも応答が大きく，設計上支配的となるⅡ種地盤の P1 橋脚橋軸方向において，せん断耐力不足（せん断力 11,593kN/せん断耐力 4,045kN=2.87>1.00），また，A1～P4 桁端部の最大応答変位が許容変位を超過する状況が確認された（最大応答変位 0.449m/許容変位 0.322m=1.39>1.00）．そのため，耐震性能 2 の確保を目的とし，せん断及びじん性補強を実施する計画とした．

3. 補強工法の選定

P1 橋脚の耐震補強工法として，せん断耐力及びじん性向上を目的とし，施工制約がないため，経済性に優れる RC 巻立て補強を計画した．

3.1 帯鉄筋 2 段配置によるせん断補強

現況耐震性能照査結果より，橋軸方向におけるせん断力はせん断耐力の 2.87 倍と許容値を大きく超過しており，1 段配筋における最大帯鉄筋量 D22ctc100 でも照査を満足しない状況であった（せん断力 13,666kN/せん断耐力 11,817kN=1.16>1.00）．**図-2** に P1 橋脚基部の RC 巻立て補強配筋図を示す．せん断耐力向上のため，橋軸直角方向における RC 巻立て部の帯鉄筋を D22ctc150-2 段配置とし，せん断に対する耐震性能を確保した（せん断力 13,061kN/せん断耐力 14,520kN=0.90<1.00）．

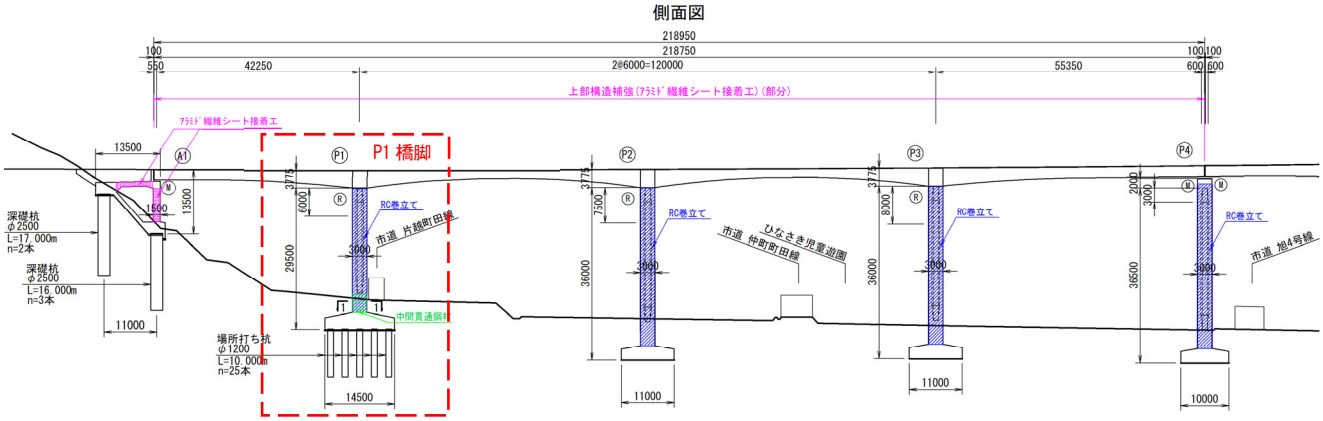


図-1　対象橋梁 A1～P4 区間 補強全体一般図

キーワード　橋梁耐震補強設計，既設構造物補強，中空断面 RC 橋脚，中間貫通鋼材
連絡先　※1 〒111-8648　東京都台東区浅草橋 5-20-8　八千代エンジニヤリング(株)　TEL 03-5822-2900
※2 〒950-0917　新潟市中央区天神 1-1 新潟プラーカ 3　東日本高速道路(株)新潟支社　TEL 025-241-5111

3.2 中間貫通鋼材の併用によるじん性補強

A1～P4 桁端部の変位に対する照査について，プッシュオーバー解析の結果，A1～P4 区間では P1 橋脚下端部が最初に終局状態となる．曲げ変形能を向上させるためには帯鉄筋径やピッチを変更し，横拘束筋の体積比を増やす必要があるが，仮に帯鉄筋を D25ctc100 とした場合でも，最大応答変位が許容変位を超過する状況であった（最大応答変位 0.412m/許容変位 0.374m=1.10>1.00）．

そのため，じん性向上を目的に中間貫通鋼材の適用を検討した．通常，中間貫通鋼材は RC 巻立て補強において，橋脚柱の断面寸法の辺長比が 1：3 を超える場合に配置されるものである．P1 橋脚の辺長比は 1：3 未満のため本来は配置不要であるが，横拘束効果が高まり，変形能を向上可能と考え，P1 橋脚基部へ中間貫通鋼材を配置する計画とした．なお，中間貫通鋼材の配置のため，RC 巻立て補強部における帯鉄筋のピッチは既設帯鉄筋と同じ 150mm ピッチとした．

図-3, 図-4 に橋軸方向の A1～P4 区間における中間貫通鋼材配置前後のプッシュオーバー解析による kh-δ 関係を示す．中間貫通鋼材を配置する前は，P1 橋脚下端部が最初に終局しており，終局変位は 0.487m である．一方で，中間貫通鋼材を配置し，P1 橋脚の曲げ変形能を向上させた結果，P2 橋脚下端部が最初に終局するようになり，設計振動単位としての終局変位が 0.552m に増大し，変位に対する照査を満足した（最大応答変位 0.398m/許容変位 0.411m=0.97<1.00）．

4. 中空部充填の必要性確認

中空断面内部の点検や補修は困難であるため，内部におけるかぶりコンクリートの剥落を抑制する必要がある．設計基準に基づく判定の結果，P1 橋脚基部の充実区間は柱短辺長以上（充実区間 4.000m>短辺長 3.000m），かつ，柱天端の最大応答変位は降伏変位の 4 倍以下（最大応答変位：0.449m<降伏変位の 4 倍：0.735m）であるため，中空部内部のかぶりコンクリートの剥落は生じないものと判断し，中空部の充填を不要とした．

5. まとめ

本稿では，中空断面 RC 橋脚の耐震補強設計について報告した．現況照査の結果，P1 橋脚橋軸方向において，せん断及び変位に対する耐震性能が不足することが確認された．P1 橋脚は RC 巻立て補強を計画し，せん断対策

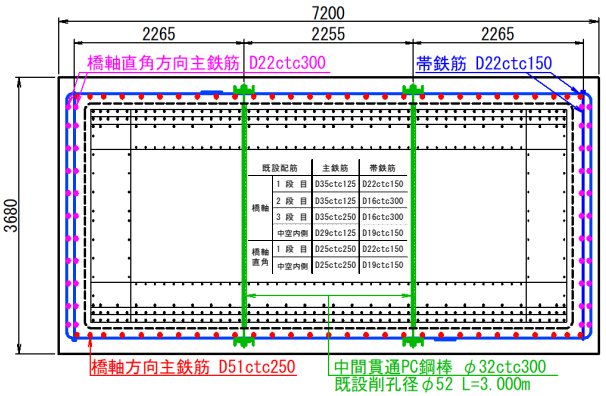


図-2 P1 橋脚基部（充実部）配筋図（1-1 断面）

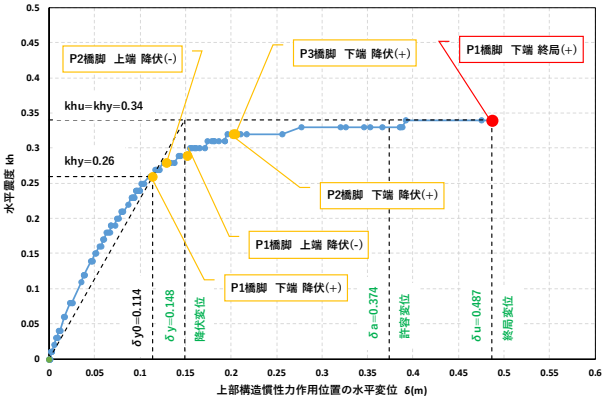


図-3 橋軸方向 kh-δ関係図（中間貫通鋼材配置前）

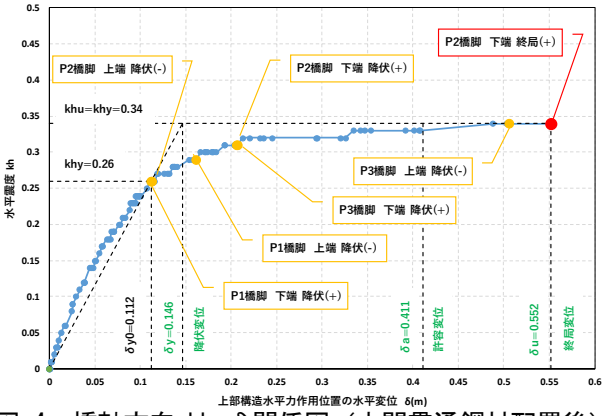


図-4 橋軸方向 kh-δ関係図（中間貫通鋼材配置後）

として帯鉄筋を 2 段配置とするとともに，曲げ変形能を向上させるため，基部に中間貫通鋼材を適用した．柱基部の充実区間及び柱天端の最大応答変位を確認した結果，中空部内部におけるかぶりコンクリートの剥離は生じないと判断し，中空部内部の充填を不要とした．

本補強の実施により，せん断及び変位を許容値以内に収め，目標とする耐震性能を確保した．本稿での検討内容が，同種の中空断面 RC 橋脚における耐震補強の一助となれば幸いである．

参考文献

1) 後藤源太，飛田一彬，李首一，高橋良和：中空内部を充填せず部分的に RC 巻立て補強した中空断面 RC 柱部材の耐震補強効果の検証実験，コンクリート工学年次論文集，vol.46，No.2，pp.193-198，2024.