

PC 上部構造の修復限界状態に関する一考察

日本道路公団

正会員 ○広瀬 剛

八千代エンジニアリング(株)

正会員 岡田 稔規

八千代エンジニアリング(株) 正会員 御園生 静栄

オリエンタル建設(株)

正会員 浦川 洋介

1. はじめに

耐震設計では、地震後の早期機能回復という観点から、修復限界状態という概念が導入されている¹⁾。しかしながら、修復限界状態に対応する地震時の応答限界値は、地震後の復旧体制や損傷部位、機能回復に対する構造上の事前の配慮などによって異なるものと考えられる。したがって、地震時の最大応答と地震後の損傷程度との関係を示すことは、個別の橋の諸条件に応じて合理的な修復限界状態を定める上で重要な指標となる。

そこで、PC 上部構造について、交番載荷実験結果に基づき、最大応答の工学的指標となる鉄筋ひずみと、地震後の損傷程度の指標となる残留ひび割れ幅との関係について検討した。なお、本検討で用いた実験データは、大塚らにより行われた一連の PC 箱桁の交番載荷実験^{2), 3)} から得られた結果を再整理したものである。

2. 検討概要

交番載荷実験を行った供試体の断面例を、図-1 に示す。実験パラメータは、プレストレス導入量、PC 鋼材偏心量、PC 鋼材配置構造(全内ケーブル、内外ケーブル併用、全外ケーブル)、載荷方向(橋軸、橋軸直角)等である。

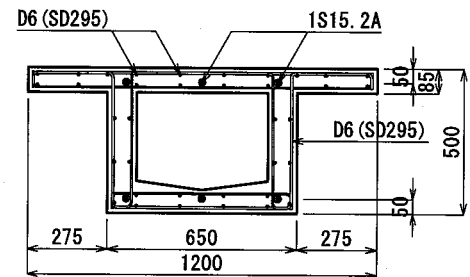
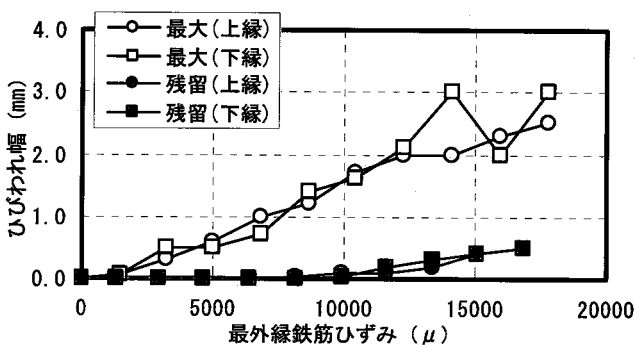


図-1 供試体断面(3.6N/mm²軸力配置)

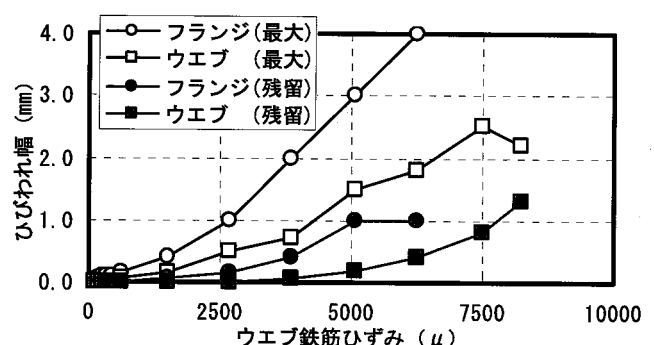
本検討では、実験より得られた部材の曲率塑性率とひび割れ幅との関係を、着目部位最外縁の鉄筋の最大ひずみとひび割れ幅との関係に再整理した。なお、ひび割れ幅は、クラックスケールにより目視計測した値である。鉄筋の最大ひずみと最大ひび割れ幅および残留ひび割れ幅との関係の一例を、図-2 に示す。ここで、鉄筋の最大ひずみは、設計強度を用いて算出した鉄筋のひずみと断面曲率との関係から算出している。図-2 に示すケースでは、鉄筋の降伏点ひずみ(1475 μ)程度では、最大ひび割れ幅は0.5mm 以下であり、除荷時の残留ひび割れは微小である。

3. コンクリート縁応力度、鉄筋の最大ひずみと残留ひび割れ幅

橋軸方向載荷における鉄筋の最大ひずみと最大および残留ひび割れ幅の関係を、コンクリート縁応力度(以下、縁応力度。圧縮を正)をパラメータとして図-3 に示す。ここで、縁応力度はプレストレスおよび自重による着目縁での値であり、鉄筋の最大ひずみは着目縁側最外縁鉄筋の引張りひずみである。最大ひび割れ幅、残留ひび割れ幅ともに、縁応力度が大きいほどその値は小さくなり、縁応力度が 8.0N/mm² 程度の場合には、鉄筋ひずみが



(a) 橋軸方向載荷



(b) 橋軸直角方向載荷

図-2 鉄筋の最大ひずみとひび割れ幅との関係例(コンクリート応力度 3.6N/mm²軸力配置)

キーワード：上部構造，PC 箱桁，修復限界状態，残留ひび割れ幅，鉄筋ひずみ，交番載荷実験

連絡先：〒153-8639 東京都目黒区中目黒 1-10-23 八千代エンジニアリング(株) TEL 03-3715-4749

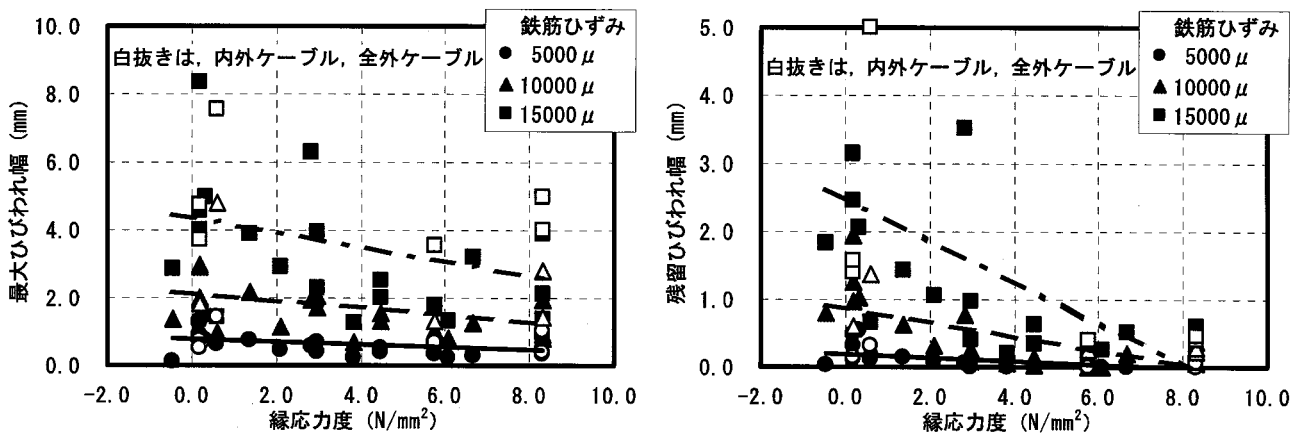


図-3 上下縁応力度，鉄筋ひずみと最大ひび割れ幅および残留ひび割れ幅の関係（橋軸方向載荷）

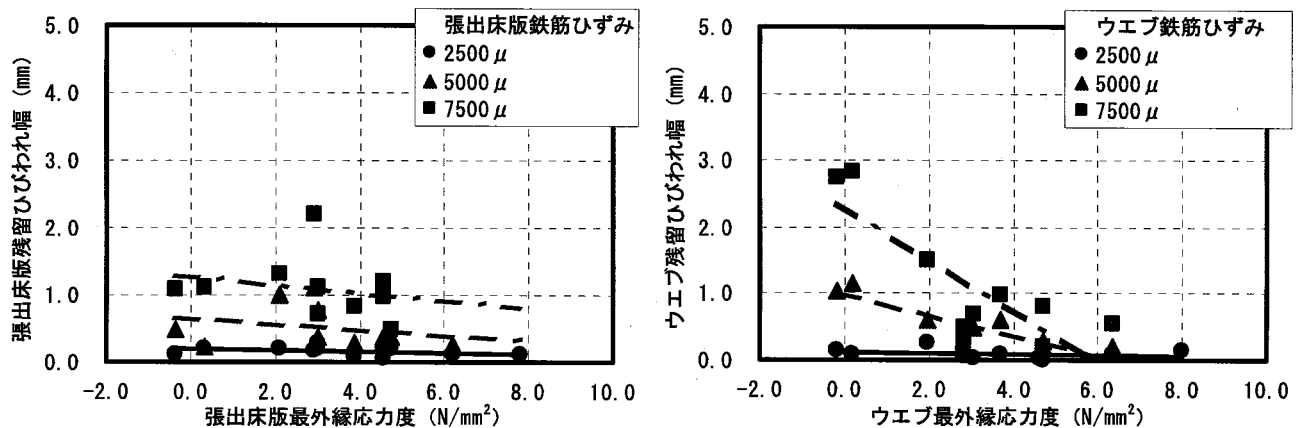


図-4 張出床版およびウェブの縁応力度，鉄筋ひずみと残留ひび割れ幅の関係（橋軸直角方向載荷）

15000 μ まで応答しても残留ひび割れの発生は僅かである。なお、部材の復元力特性においても、プレストレス導入量が多いほど原点指向性が顕著になり、残留曲率は小さくなる²⁾。最大ひび割れ幅に対する残留ひび割れ幅の比率は、縁応力度が小さく鉄筋ひずみが多いほど大きく、縁応力度 0 N/mm² の場合、鉄筋ひずみ 5000 μ では 1/4 程度であるが、15000 μ では 1/2 程度までに増加している。また、内外ケーブル併用や全外ケーブルの場合は、最大ひび割れ幅は全内ケーブルの場合に比べて大きくなるが、残留ひび割れ幅はほぼ同程度である。

上部構造に許容するじん性は、鉄筋ひずみ 15000 μ 相当（残留ひび割れ幅 1mm）までとするという報告もある⁴⁾。鉄筋ひずみとひび割れ幅の関係は、鉄筋の径や間隔等にも依存するが、本検討のデータからは、鉄筋ひずみ 5000 μ まで応答しても、縁応力度が 0 N/mm² でも最大ひび割れ幅は 1mm 程度、残留ひび割れ幅は 0.2mm 以下であった。また、例えば中間支点付近の主桁下縁のように、永久荷重作用時では圧縮応力状態で、地震時にのみ引張応力が生じる部位では、より大きな鉄筋ひずみの応答でも、修復性に特に問題はないと考えられる。

橋軸直角方向載荷における鉄筋の最大ひずみと残留ひび割れ幅の関係を、張出床版最外縁およびウェブ最外縁に対して、縁応力度をパラメータとして図-4に示す。なお、本検討で用いた供試体では、同一曲率での張出床版鉄筋ひずみはウェブ鉄筋ひずみの約 1.5 倍である。橋軸直角方向載荷では、橋軸方向載荷に比べて鉄筋ひずみに対する残留ひび割れ幅が大きく、張出床版、ウェブともに最外縁鉄筋のひずみ 2500 μ の場合で残留ひび割れ幅は 0.2mm 以下であった。また、縁応力度が大きいほど残留ひび割れ幅は小さくなるが、張出床版に比べてウェブの方がその傾向が顕著である。これは、P C 鋼材がウェブより内側に配置されているため、張出床版先端ではせん断遅れ現象により残留ひび割れ幅を抑制する効果が小さいためであると考えられる。

- 参考文献**
- 1) 松本：「土木・建築にかかる設計の基本」の策定について，土木学会年次学術講演会研究討論会，2002.3.
 - 2) 大塚他：P C 箱桁の交番載荷実験による復元力特性，プレストレストコンクリート，2000.3.
 - 3) 大塚他：P C 箱桁橋軸直角方向の復元力特性に関する交番載荷実験，プレストレストコンクリート，2001.3.
 - 4) Priestly et al.：橋梁の耐震設計と耐震補強，pp.367，pp.401，1998.4.