

高強度鉄筋 (SD490) を使用した^{こうも}甲茂大橋における施工検討

極東工業㈱甲茂大橋作業所 正会員 ○ 永田浩一郎
 島根県木次農林振興センター農地整備課 岩田 宏二
 同 上 玉木 洋一
 極東工業㈱広島支店技術部 正会員 三本 竜彦

1. はじめに

甲茂大橋は、島根県が整備中の飯石2期地区広域農道が二級河川頓原川を横断する地点に新設されるPC3径間連続ラーメン箱桁橋であり、架設工法は移動作業車による片持ち張出し架設工法である。

本橋の特徴として、上部構造に高強度鉄筋SD490を使用した点が挙げられる。近年、耐震性確保のための補強鉄筋量が増加してきているが、大規模地震を想定した耐震性の検討では上部構造に配置される引張鉄筋を降伏させないことを要求性能としていることから、より降伏点の高い鉄筋を使用することは鉄筋量の低減に効果的である。本橋では、上部構造の軸方向鉄筋を通常使用されているSD295AからSD490に変更することによって、軸方向鉄筋量を42%、鉄筋合計では24%低減し、省力化やコスト縮減を図った。

SD490はJIS規格品であり、その特性や品質は明らかである。しかし、SD490に重ね継手を用いた場合の継手特性が明らかでなく、重ね継手長についても適用示方書である道路橋示方書に規定されていないため、重ね継手長の検討が必要となる。本橋では設定した重ね継手長について、その妥当性を確認実験により検証した。

本論文では、高強度鉄筋SD490の採用にあたって実施した重ね継手性能確認試験について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の工事概要を以下に示す。また橋梁側面図、主桁断面図を図-1、2に、使用材料を表-1に示す。

工事名：飯石2期地区 広域農道農地農道整備事業 甲茂大橋工事
 工事場所：島根県飯石郡赤来町下来島地内
 工期：平成14年3月19日～平成16年2月29日
 構造形式：PC3径間連続ラーメン箱桁橋
 架設工法：張出し架設工法
 荷重：B活荷重（雪荷重1.00kN/m²）
 橋長：243.000m
 支間：79.050m+115.000m+47.050m

種別	仕様
コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$
鉄筋	SD490・SD295A
P C鋼材	SWPR7BL 12S12.7 SBPR930/1180 $\phi 32$

表-1 使用材料（主桁）

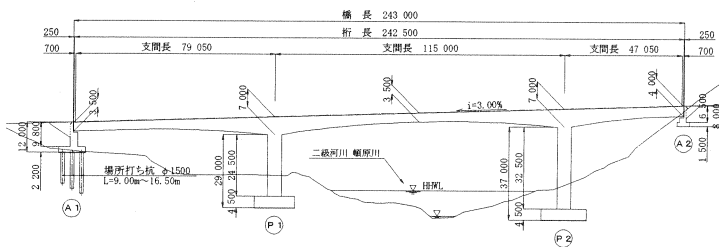


図-1 橋梁側面図

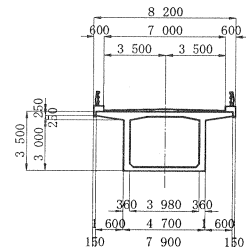


図-2 主桁断面図
(中央径間支間中央)

3. 重ね継手性能確認試験

3. 1 試験の目的

SD490に重ね継手を用いる場合、道路橋示方書による重ね継手長の検討が許容応力度に基づいているため、これがSD490に適用できるか否かの検討が不可欠である。一方、土木学会コンクリート標準示方書では限界状態に基づく重ね継手長の算定方法が提示されており、SD490における重ね継手長の検討には適した方法といえる。

これらを踏まえて継手長を設定し、その継手長を設けた部材が継手のない部材と同等のひび割れ性状、曲げ剛性、曲げ耐力等を有しているかどうかを確認するために、実験を行った。

3. 2 試験概要

重ね継手を設けたRC梁と重ね継手のないRC梁の供試体を作成し、曲げ載荷試験を行った(写真-1)。

本試験では重ね継手の鉄筋降伏までの安全性を確認するとともに、破壊までの性能を把握して安全裕度を確認した。

3. 3 重ね継手長

道路橋示方書と同等の安全度を有する様に重ね継手長を設定し、コンクリート標準示方書により算出した重ね継手長との整合性を確認することとした。

1) 道路橋示方書による重ね継手長

道路橋示方書における算出式が、SD490に適用できるものと仮定する。このとき必要なSD490の許容引張応力度は規定されていないため、規定されている鉄筋と同等の安全度($\alpha=1.7$)を持つように設定して重ね継手長を算出すると $L_a=36.03\phi$ (ϕ :鉄筋径)となる。

2) コンクリート標準示方書による重ね継手長

継手の性能を終局強度の観点から照査しているコンクリート標準示方書(2002年制定)の算出式を用いて、付着強度、必要重ね合わせ長を算出すると $L_a=37.9\phi$ となる。

両者の結果に若干の違いがあるが、本橋の使用材料はコンクリート標準示方書の算出式の適用条件を満足していることや安全を考え、重ね継手長を $L_a=38\phi$ と設定した。

3. 4 供試体

製作した供試体は、高さ500mm、幅500mmの矩形断面とし、継手部の純かぶりりは35mmとした。供試体の長さは6000mmとした(図-3)。なお、2点載荷の載荷点間隔は、等モーメント区間に重ね継手部が余裕をもって配置されるよう1500mmとしている。

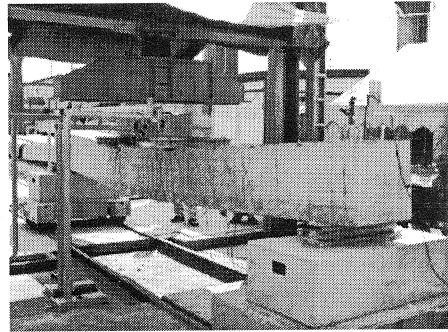


写真-1 曲げ載荷試験

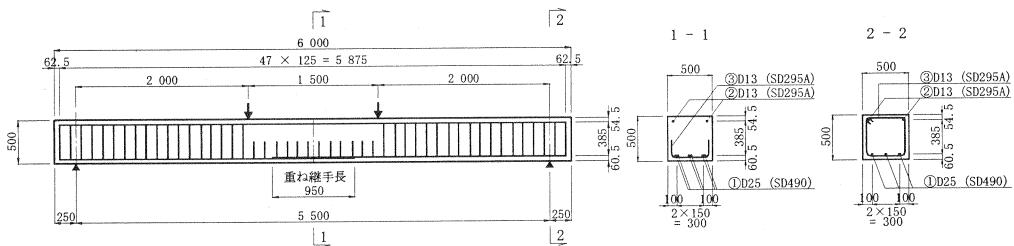


図-3 供試体形状寸法

供試体タイプは重ね継手ありと重ね継手なしの2種類とした(表-2)。主鉄筋は本橋における使用鉄筋の内最大径であるD25の鉄筋3本を用い、配置間隔は本橋の鉄筋配置を考慮して150mmとした。用いた鉄筋の機械的性質を表-3に示す。重ね継手ありの供試体では、3本の主鉄筋すべてに供試体中央で重ね継手

供試体 No.	主鉄筋 SD490	重ね継手長	継手部横方向筋 SD295A	載荷方法
No.1	D25,3 本	重ね継手なし	D13,ctcl25	静的載荷
No.2	"	950mm(38φ)	D13,ctcl25	"

表-2 供試体タイプ

を設けることとし、水平方向に950mm重ね合わせた。

なお、せん断力が作用する区間にはせん断破壊を防ぐためのスターラップを配置したが、等モーメント区間には横方向鉄筋の重ね継手部における補強効果のみを考慮できるようU字型鉄筋を配置した。U字型鉄筋の配置は、本橋の横方向鉄筋における最小鉄筋径及び最大配置間隔から決定した。

設計基準強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				混和材 (%)
					水 w	セメント c	細骨材 s	粗骨材 G	
40	12	3	44	38	158	359	684	1164	0.7

表-4 コンクリートの配合表

コンクリートは本橋に使用するコンクリートと同様に、設計基準強度を40N/mm²とした。配合表を表-4に、材料試験結果を表-5に示す。なお、供試体にはブリーディング水による付着力低下を主鉄筋まわりに与えるために、載荷状態に対して天地を逆にしてコンクリートを打設した。

供試体 No.	載荷日 材令	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)
No.1	8	41.7	3.34×10 ⁴
No.2	9	44.7	3.40×10 ⁴

表-5 コンクリートの材料試験結果

3. 5 試験方法

静的曲げ載荷試験における荷重の載荷サイクルを、図-4に示す。

測定項目は、スパン中央のたわみ、ひび割れ幅、コンクリート上下縁の縦方向ひずみ、コンクリート下縁の横方向ひずみとした。たわみは、両支点上縁と載荷点上縁、中央上縁の5点に変位計を配置して測定した。ひび割れは、幅をクラックスケールにより測定するとともに、ひび割れ進展状況を荷重とともに供試体に記入した。コンクリート上下縁の縦方向ひずみ及びコンクリート下縁の横方向ひずみは、ひずみゲージにより測定した。横方向ひずみは、横断方向ひび割れが生じかつ鉄筋応力が大きくなることによって、異形鉄筋のふしによる支圧力が大きくなり軸方向ひび割れが鉄筋軸に沿って発生するため、この状況を確認するために測定した。

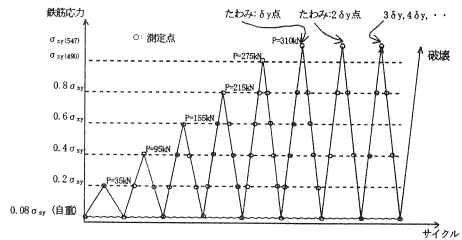


図-4 載荷サイクル

コンクリート上下縁の縦方向ひずみ及びコンクリート下縁の横方向ひずみは、ひずみゲージにより測定した。横方向ひずみは、横断方向ひび割れが生じかつ鉄筋応力が大きくなることによって、異形鉄筋のふしによる支圧力が大きくなり軸方向ひび割れが鉄筋軸に沿って発生するため、この状況を確認するために測定した。

3. 6 試験結果及び考察

(1) たわみ性状

荷重-変位曲線を図-5に示す。

重ね継手を有する梁は、継手のない梁と同等の荷重にてひび割れが発生した後、鉄筋の降伏に至るまで同等の曲げ剛性を維持して変形した。さらに、同等の耐力を維持して変形し、継手のない場合と同様に上縁コンクリートの圧壊によって破壊した。重ね継手を有する部材は、継手のない部材と同等の曲げ剛性・耐力・変形能を有しているといえる。

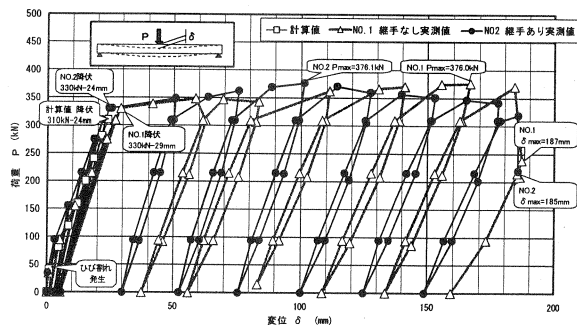


図-5 荷重-変位図

(2) 横断方向ひび割れ性状

重ね継手を有する梁の破壊に至る最大ひび割れは、重ね継手端部で発生し、この部分で鉄筋の降伏を生じ

ていることから、重ね継手が弱点となっていないことがわかる。(写真-2)逆に重ね継手区間である支間中央部は、終局時においてもひび割れの進展がなく、ひびわれ幅も小さい。重ね継手部は、鉄筋が付着応力を介して引張応力の伝達を行っている限りは、鉄筋量が2倍存在することになるが、上記の傾向はこの影響によるものと考えられる。

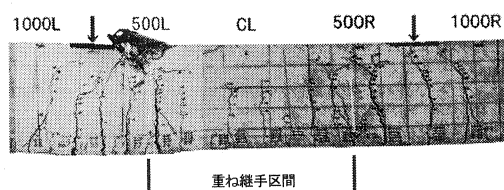


写真-2 ひびわれ状況 (No.2 供試体)

(3) コンクリート下面の軸方向ひび割れ及び直角方向ひずみ

重ね継手を有する梁、継手のない梁とも、主鉄筋降伏時 ($P=310\text{kN}$) において主鉄筋に沿った軸方向ひび割れは目視されなかったが、直角方向ひずみが継手有りで 115μ から 1651μ 、継手なしで 11μ から 809μ 発生していることから、一部で 0.1mm から 0.05mm 程度の小さいひび割れが表面に発生していると思われる。

鉄筋降伏後、重ね継手を有する梁では重ね継手端部で目視できる小さなひび割れが発生し、破壊前には、重ね継手端部で大きなひび割れもみられた。破壊時には、重ね継手端部の 100mm 程度の領域で付着がゆるんだ現象がみられた。一方、重ね継手中央部では、破壊前まで軸方向ひび割れはみられず、直角方向ひずみも破壊時まで小さい値を示した。重ね継手端部では鉄筋の抜け出しを生じているが、重ね継手中央部までは進行しておらず、定着破壊も生じていない。また、継手のない梁でも鉄筋降伏後軸方向ひび割れがみられたが、付着がゆるむような現象はみられなかった。

3. 7 まとめ

$L_a=38\phi$ の重ね継手を設けた梁と、重ね継手のない梁を用いた実験により次のような結果が得られた。

- 1) 重ね継手を設けた梁は、継手のない梁と同等の曲げ剛性、曲げ耐力、変形能を有している。
- 2) 重ね継手部は弱点にはならず、逆に鉄筋量が2倍存在していることから剛性が高くひび割れが生じにくい。
- 3) 終局時に重ね継手端部で鉄筋の抜け出しがみられたが、重ね継手中央部までは進行しておらず、定着破壊は生じていない。

以上の検討結果から、本試験において設定した重ね継手長 $L_a=38\phi$ は妥当であり、本橋の条件下（かぶり、鉄筋配置、コンクリート性能）において所要の継手性能を有しているといえる。

4. おわりに

本橋では施工時の検討により、SD490 を使用することで鉄筋量が低減され、上部工全体工事費は約4%縮減された。今後、高強度鉄筋の使用を検討される機会が増えるものと思われるが、各構造物への適応性や材料調達の方法等についての検討が必要である。

平成15年6月現在の施工状況は、P1 張出し施工及びA1 側径間閉合を完了し、P2 張出し架設中である(写真-3)。平成15年度内の無事故での竣工に向け、鋭意施工中である。

本報告が今後同種の橋梁を検討される方々の参考になれば幸いである。最後に、本橋の計画にあたり多大な御指導・御協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。



写真-3 施工状況 (平成15年6月現在)

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(2002年制定)