

本設利用PC工事桁連結部の開発

好竹 亮介^{*1}・益田 彰久^{*2}
佐藤 茂美^{*3}・渡辺 繁樹^{*4}

概 要

本設利用PC工事桁（以下、PC工事桁）の長大化および適用範囲の拡大を目的として、PC工事桁の連結部を開発した。工事桁は、軌道を直接支持する構造であるため、連結部は、短時間での連結が可能であること、連結直後に列車走行に耐えうる強度・耐力を発揮すること、および長期耐久性を有すること等多くの性能を満足する必要がある。ここでは、連結部の要求性能を確認するために実施した実証試験（静的、疲労載荷試験）により、終局耐力および長期耐久性を確認したことを報告する。

キーワード：PC工事桁，PBL，複合構造，付着耐力，長期耐久性

DEVELOPMENT OF JOINTS OF PC WORK GIRDERS THAT CAN BE CONVERTED
INTO PERMANENT STRUCTURAL MEMBERS

Ryosuke YOSHITAKE^{*1} Akihisa MASUDA^{*2}
Shigemi SATOU^{*3} Shigeki WATANABE^{*4}

Abstract

Aimed at increasing the size and applicable range of PC work girders convertible to permanent structural members, a new joint for PC work girders has been developed. The joint must satisfy various performance requirements such as quick coupling, strength sufficient to bear loads due to train operation immediately after coupling, and long durability. This paper reports ultimate strength and long-term durability determined through demonstration tests (static and fatigue loading) that were conducted to validate the performance requirements of the joint developed.

Keywords: PC work girder, PBL, composite structure, bond strength, long-term durability

*1 Concrete/Seismic Structure Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

*2 Manager, Material / Structure Group, Engineering Technology Center, Engineering Division

*3 Manger, PC Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

*4 Manager, Planning Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

本設利用PC工事桁連結部の開発

好竹 亮介*¹・益田 彰久*²
佐藤 茂美*³・渡辺 繁樹*⁴

1. はじめに

PC工事桁の適用範囲の拡大を目的として開発する連結部は、軌道を直接支持する構造である。その連結部は、短時間での連結が可能であること、連結直後の列車走行に耐えうる強度・耐力を発揮すること、および永久構造物としての耐力と長期耐久性が要求される。

当社は、上記の要求性能を満足する連結構造形式として、鋼とコンクリートの複合構造を採用した。ここでは、連結部の構造および要求性能を確認するために実施した実証試験の概要について報告する。

接続直後に列車走行に対して十分な耐力を有しているが、連結鋼材の防錆、連結部の耐力および応力度低減による疲労安全性向上を目的として、所定期間内に後打ちコンクリートを施工する。

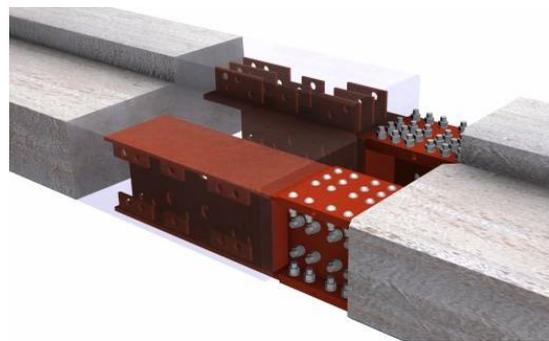


図-1 連結鋼材詳細図

2. 連結部の概要

2.1 構造概要

連結部は、鋼とコンクリートとの複合構造であり、コンクリートから連結鋼材が露出したボルト接合区間と連結鋼材がコンクリートと一体化する定着区間で構成される(図-1)。連結鋼材はI断面を基本とし、PC工事桁1主桁あたり連結鋼材2本を一組として配置する。連結鋼材は、標準タイプ(M=500kN・m型)と、耐力を向上させた改良タイプ(M=600kN・m型)の2種類を設定した(図-2)。

2.2 ボルト接合部

ボルト接合部は、連結鋼材同士を直接接合する部分であり、接合方法は、短時間で確実な施工が可能な高力ボルトによる摩擦接合とした。なお、連結鋼材およびボルト接合部は、

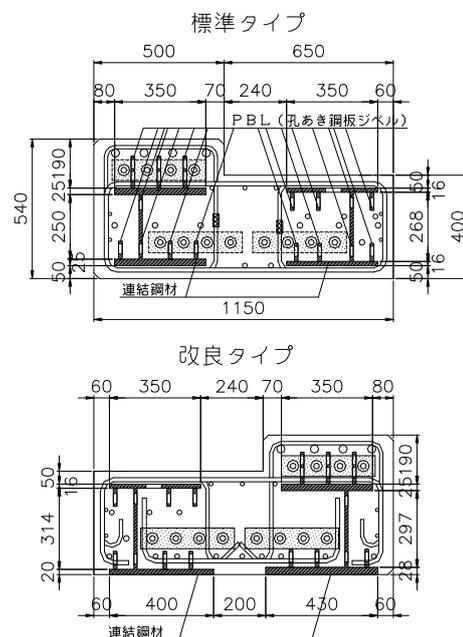


図-2 連結鋼材定着断面図

*1 エンジニアリング本部 土木技術部 コンクリート・耐震グループ
*2 エンジニアリング本部 技術センター 材料・構造グループ グループリーダー
*3 エンジニアリング本部 土木技術部 PCグループ グループリーダー
*4 エンジニアリング本部 土木技術部 担当部長



写真-1 穴あき鋼板ジベル

2. 3 連結鋼材定着部

連結鋼材とPC桁を定着する構造には、連結鋼材上下フランジに溶接する穴あき鋼板ジベル(以下、PBL)を採用した(写真-1)。PBLは、円孔内のコンクリートの抵抗により、高い定着力を発揮するため、小規模なコンクリート断面内で連結鋼材を確実に定着させることができる。なお、定着区間には連結鋼材だけではなく、PC桁の鉄筋やPC鋼材が密に配置されるため、コンクリートの充てん性に配慮し、高流動コンクリートの使用を基本とした。

3. 技術的課題および実証試験

列車荷重による大きな変動応力が直接作用するはり部材の連結部にPBLを用いた連結構造を採用した実績は無く、以下の課題を解決する必要があった。

課題1 PBLによる連結システムの終局耐力の確認

連結鋼材周辺には他の鋼材が密に配置されるため、PBL単体ではなく他の鋼材の影響を含めた連結システム全体の終局耐力の確認が必要であった。このため、連結部全体の鋼材配置を評価した切り出しモデル(以下、部分モデル)を用いた静的荷重試験を実施した。

課題2 連結部の疲労安全性の確認

PBLの疲労安全性を定式化した研究報

告は無く、また、溶接により連結鋼材の疲労強度低下が予想される。そこで、疲労安全性を含めた構造物全体の最終的な安全性確認を目的とし、PRC部および連結部のディテールを忠実に再現した実物断面のモデル(以下、実物モデル)を用いた200万回疲労荷重試験および疲労試験終了後の連結部の健全性を確認するための低サイクル破壊試験を実施した。

3. 1 静的荷重試験

(1) 試験体の概要および荷重方法

部分モデルの断面を図-3に示す。部分モデルの連結鋼材は、連続した鋼材を使用しボルト接合は考慮していない。接合区間は200mmとし、桁コンクリートと同強度のモルタルで充てんした。荷重荷重方法を図-4に示す。支承スパンは6.0mとし、連結鋼材定着区間に均一な曲げモーメントが作用するように、荷重の荷重スパンは2.0mとした。

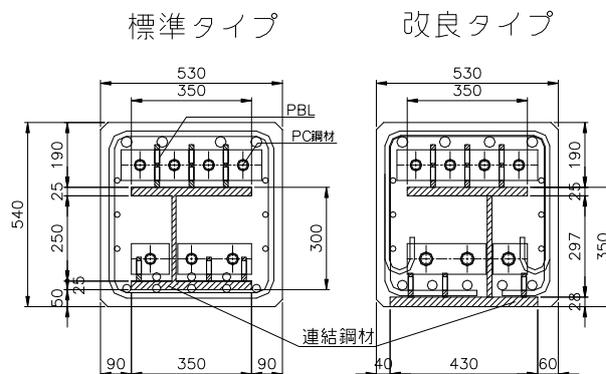


図-3 部分モデル断面図

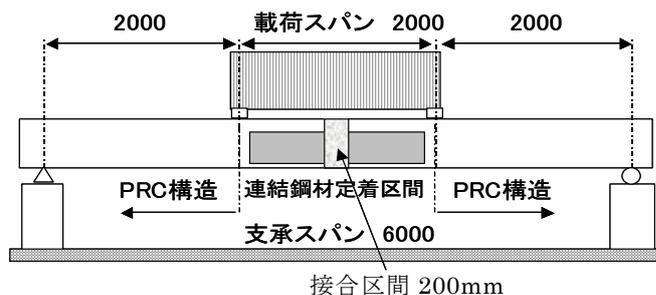


図-4 静的荷重試験概要図

(2) 試験結果

各部材の設計荷重値と載荷試験で得られた最大荷重値を表-1に、荷重(P)-変形(δ)図を図-5, 6に示す。PBLの付着耐力は、文献¹⁾で提案されているコンクリートジベルの降伏せん断強度式より算出した。標準タイプ、改良タイプの静的曲げ載荷試験より得られた結果を以下に示す。

表-1 部分モデル設計荷重と試験荷重

		標準タイプ(kN)		改良タイプ(kN)	
		設計値	試験値	設計値	試験値
PRC部	終局	1083	1229	1465	1545
	降伏	995	-	1270	-
連結鋼材定着区間(SC構造)	終局	1546	-	2189	-
	降伏	1440	-	2088	-
PBL付着耐力		806	-	1179	-

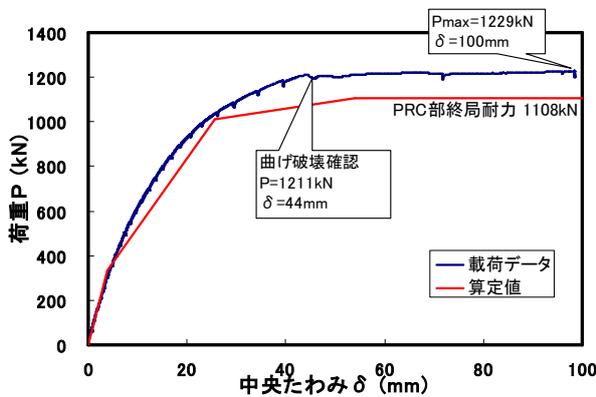


図-5 標準タイプ荷重(P)-変形(δ)図

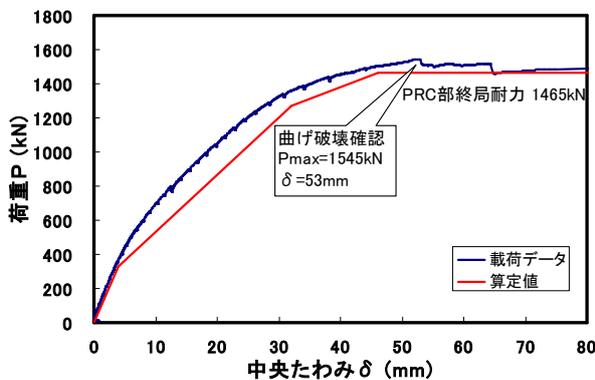


図-6 改良タイプ荷重(P)-変形(δ)図

1) PBLの付着耐力を確認するために、PBLの付着耐力が最も弱くなるよう設計を行ったが、付着切れは発生せず、試験体の破壊は、荷重載荷点付近のPRC断面で発生した。

2) 載荷最大荷重Pmaxは、PBLの設計付着耐力以上であった。(写真-3, 4)

3.2 疲労載荷試験

(1) 試験体の概要および載荷方法

荷重載荷方法を図-7に、載荷状況を写真-5に示す。PC工事桁の標準スパンより支承スパンを10.0m、連結鋼材定着区間に等曲げモーメントが載荷されるように、載荷スパンを2.6mと設定した。

載荷荷重は、載荷回数200万回およびPBL溶接部母材の設計S-N図より、連結鋼材下フランジの変動応力度が $\Delta\sigma=65\text{N/mm}^2$ となるように設定した。



写真-3 標準タイプ最大荷重時の状況



写真-4 改良タイプ最大荷重時の状況

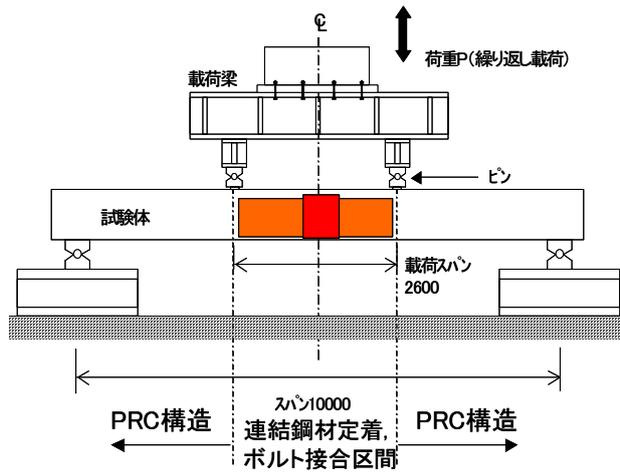


図-7 疲労荷重試験概要図



写真-6 低サイクル破壊試験状況

表-2 低サイクル破壊試験荷重値

荷重ステップ	荷重方法	荷重回数(回)
STEP1	・計算降伏荷重値90%での荷重制御	50
STEP2	・計算降伏荷重値での荷重制御	1
STEP3	・変位5mmずつの増加による変位制御(曲げ破壊発生まで)	—
STEP4	・曲げ破壊発生後の単調荷重	—



写真-5 疲労荷重試験状況

(2) 試験結果

- 1) 標準タイプ, 改良タイプの 200 万回疲労荷重試験より得られた結果を以下に示す。
- 2) PBLの付着切れによる連結鋼材の抜け出しは発生しなかった。

設計で想定された曲げひび割れは発生したが, 有害な損傷は発生しなかった。

3.3 低サイクル破壊試験

(1) 荷重方法

荷重状況を写真-6に示す。支承スパンおよび荷重スパンは, 疲労荷重試験と同様とした。荷重荷重値を表-2に示す。ステップ1として, 計算降伏荷重値の90%で50回荷重する。その後, 表に示すステップに従い, 試験体が破壊するまで変形を与える。

(2) 試験結果

各部材の設計荷重値と試験で得られた最大荷重値を表-3に, 標準タイプ, 改良タイプの低サイクル破壊試験より得られた結果を以下に示す。

- 1) 降伏荷重相当の荷重を荷重しても試験体に大きな損傷は発生せず, 連結部は200万回疲労荷重試験終了後も健全な状態であることを確認した。
- 2) 破壊断面は, 部分モデルによる静的曲げ荷重試験と同様に, 荷重点付近のPRC断面であった。

表-3 実物モデル設計荷重と試験荷重

		標準タイプ (KN)		改良タイプ (KN)	
PRC部	終局	925	948	925	978
	降伏	835	—	835	—
添接間詰め 区間 (SC構造)	終局	1083	—	1617	—
	降伏	968	—	1487	—
PBL付着耐力		772	—	1150	—
添接ボルト耐力 摩擦接合		1023	—	1258	—

4. まとめ

- 1) ボルト接合を採用することで、短時間での接続が可能な構造とすることができた。
- 2) 静的載荷試験より、PBLによる連結システム全体の安全性（耐力）を実証できた。
- 3) 疲労載荷試験より、列車走行の繰り返し荷重に対する長期耐久性を実証できた。

5. おわりに

今後は、若材齢時に列車荷重による振動を受けるボルト接合部の後打ちコンクリートについて、コンクリート打設振動試験を実施し、有害な損傷が発生しないこと、型枠のずれやゆるみが発生しないことを確認する。

参考文献

- 1) 堀 元彦, 眞嶋 隆行:「孔あき鋼板ジベルのせん断耐力および基本特性確認試験」, 日本橋梁技報 No. 18, 2005