

上下分割されたプレキャストボックスカルバートの線路下横断構造物への適用
APPLYING THE BOXCULVERT MADE OF PRECAST CONCRETE AND DIVIDED INTO THE
UPPERPART AND THE LOWERPART TO THE CROSSING STRUCTURES UNDER THE RAIL ROAD

西澤 政晃* 生田 雄康** 古山 章一*** 花田達雄****
Masaaki NISHIZAWA, Katsuyasu IKUTA, Syoichi FURUYAMA and Tatsuo HANADA

We will develop a new type boxculvert which is made of precast concrete and is manufactured in the factory for the crossing structures under the railroad. The boxculvert must be divided and carried from the factory to the field following the traffic regulations. Troubles of the boxculvert divided into two are a leakage in the joint and dropping strength. Therefore we improved the boxculvert and experimented the boxculvert by means of cut-water testing and load testing. We found that the boxculvert made in one body and the one divided into two had almost same quality. We confirmed the boxculvert was applicable to the crossing structures under the railroad.

keywords: boxculvert, precast concrete, cut-water testing, load testing
crossing structure under the railroad

1. はじめに

線路下に横断構造物を建設する工法は、従来から数多く開発されてきた。しかし、どの工法でも、列車を通しながら行う工法であるため、列車を防護するための補助工法にコストがかかっていた。そこで、プレキャストコンクリートを用い、従来工法と一線を画した補助工法を用いずに線路下横断構造物を建設するコストダウンをめざした工法の開発を行っている。

2. ボックスカルバート断面

今回開発をめざしている工法は、列車本数が少ない鉄道線区を対象に列車を運休させて、十分作業時間を確保し、図-1の施工イメージ図に示す様にプレキャストコンクリートを用いたオープン工法で線路下構造

* 正会員 前 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 工事管理室
** 正会員 前 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 工事管理室長
*** 正会員 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 工事管理室 設計管理1係長
**** 正会員 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 工事管理室

物を施工するものである。ボックスカルバートの断面は、図-2に示す車道1車線程度を対象とする。車道2車線以上の大断面のボックスカルバートの施工であると、列車運休期間が長くなってしまい、施工が困難になる。ボックスカルバートを施工するにあたって、現場でコンクリートを打設せず、工場製作のプレキャスト部材を使用する理由は、高強度のコンクリートが使用できるうえ、品質管理が十分できるために部材断面を小型、軽量にできるためである。また、工場での部材製作と現場の掘削工事を平行して進められるため、施工全体の工期を短縮することができるためである。しかし、図-2に示す断面のプレキャストコンクリート部材を工場から現場へ一体もので輸送すると、道路関係の法令に違反してしまうので、輸送できない。そこで、上下の2つの部材に分けて輸送して現場で組立てて一体化をはからなければならない。次に、プレキャスト部材の構造形式として、RCとPCの2つが考えられる。上下の床版については、強度的にはPCを用いた方が、床版厚を薄くできるので、部材の軽量小型化ができる。しかし、その厚さのPC床版では、現場据え付け時までに変形が生じてしまい、それを防ぐには、RCとほぼ同じ厚さのPC床版厚にしなければならない。そのため、コストの面を考慮しRCとした。側壁は、PC鋼棒を用いて現場施工時に上下部材の一体化が図れるような構造にした。

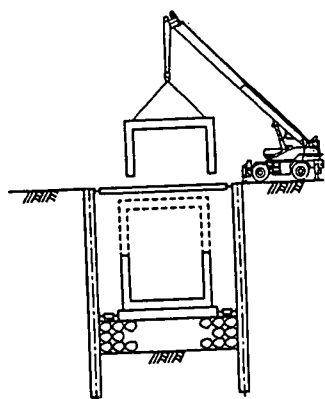


図-1 施工イメージ図

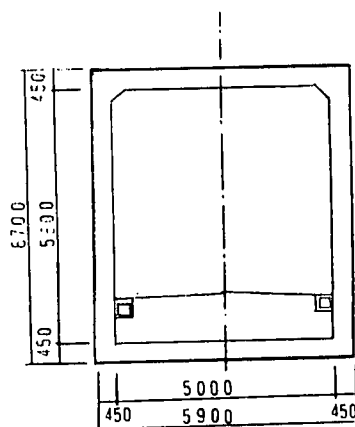


図-2 ボックスカルバート断面図

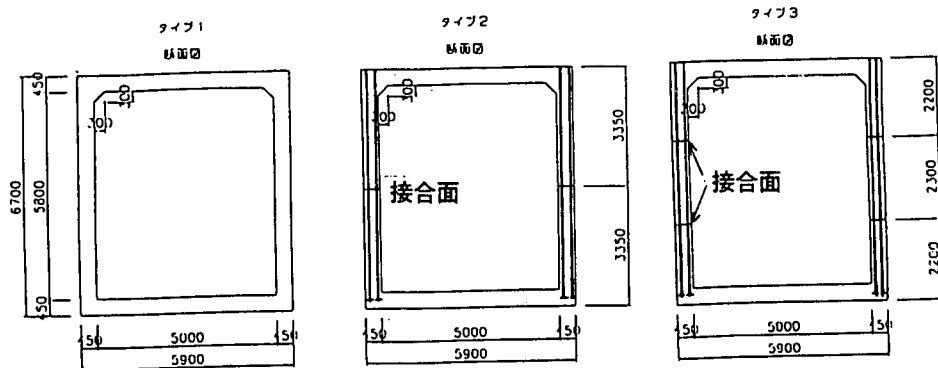
3. プレキャスト部材の問題点

上下床版のプレキャスト部材間の接合部からの漏水がPC鋼棒を腐食させるおそれがあるが、接合部構造と止水性についての関係は、不明確であった。また、プレキャストコンクリートしかもPC鋼棒で側壁の一体化させた線路下構造物に列車荷重が載荷した事例がほとんどなく、その際の挙動についても不明であるので確認する必要がある。そこで、今回実物大のプレキャストコンクリート部材でボックスカルバートの供試体を作成し、止水試験および載荷試験を行った。

4. 試験供試体

試験の順序は、止水試験→載荷試験の順で行い、用いる供試体は同一のものとする。図-3に示すような3つのタイプの供試体を作成した。タイプ1は、供試体全体を一体打ちのRC構造としたものであり、分割タイプとの比較を行うため載荷試験のみに用いた。タイプ2は、側壁中央部で2分割し、PC鋼棒で側壁を一体化した。タイプ3は、上下床版と側壁の3分割し、PC鋼棒で側壁を一体化した。使用した材料の鉄筋はSD345、コンクリートは $\sigma_{ck} = 40.0 \text{ kgf/cm}^2$ で、実際の施工で予定している材料と同一とした。タ

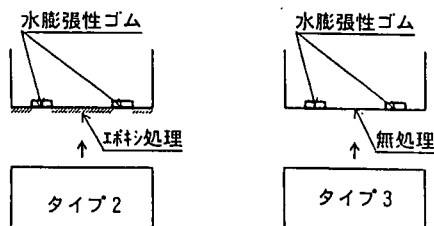
イプ2とタイプ3の一体化のために用いたPC鋼棒は、左右6本ずつ計12本である。



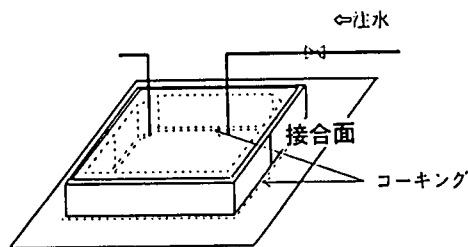
図—3 供試体断面図

5. 止水試験

プレキャストコンクリートの接合面の止水処理方法の解析のために、2タイプの異なる止水処理を行い、止水の試験を行った。ボックスカルバートの漏水は、プレキャストコンクリートブロック間の線路平行方向の接合部および上床版と下床版の間の接合部から発生する。ボックスカルバートの漏水は、ブロック間の線路平行方向の接合部から発生する可能性は高い。しかし、今回の止水試験は上床版と下床版の間の接合部構造を対象とした。上床版と下床版の接合部からの漏水は、PC鋼棒を腐食させ、ボックスカルバート断面の構造に問題を生じさせる可能性が高いからである。供試体タイプ2の接合部の処理は、図—4に示す様にPC桁ブロック工法に用いられるエポキシ系接着剤を塗布し水膨張性ゴムをいれた処理をした。供試体タイプ3の接合部の処理は、図—5に示す様に接合部に水膨張性ゴムだけをいれた処理をした。試験方法は、図—6に示すように、前記の2つのタイプの供試体を用いて、供試体の断面を底にして試験台ののせて、供試体と試験台の間から水が洩れないようにコーキングを十分にを行い、水を満水にして蓋を載せて、空気圧により、5 m相当の水頭をかけ、24時間放置をした。観察の結果タイプ2、タイプ3とも接合部からの漏水がないことが確認できた。



図—4 タイプ2の接合部 図—5 タイプ3の接合部



図—6 止水試験概要図

6. 載荷試験

止水試験と同様に供試体を横に寝かせた状態で図—7の様に油圧ジャッキにより載荷した。載荷は2ケース行い、ケース1は、側壁のみに設計荷重である $P2 = 9\text{ t}$ まで、1 tステップで荷重を増加させた。ケース2は、側壁および上下床版に設計荷重の3倍である $P1 = 66\text{ t}$ 、 $P2 = 9\text{ t}$ まで、1ステップごとに、 $P1 = 2.4\text{ t}$ 、 $P2 = 1\text{ t}$ ずつ荷重を増加させた。設計荷重は死荷重、土圧、列車荷重および衝撃とした。

いずれの載荷時にも、接合部の目開き、供試体のひび割れの位置と、供試体全体の挙動を把握するとともに、歪み計により、鉄筋とPC鋼棒の歪みを測定し、応力度の算出を行った。

プレキャストコンクリート部材を現場に据えつけた後、土圧や列車荷重による荷重変動のために、接合部の目開きが生じ、そこから漏水が生じる可能性がある。そのため載荷試験時にも接合部の目開きの測定を行った。着目した点は、目開きが最大と予想される土圧の側圧相当の荷重のみがかかる載荷ケース1である。結果は図-8および図-9に示すとおりである。供試体タイプ2で最大目開きは0.02mm、タイプ3で0.02mmであり、荷重変動によって漏水の原因となる大きな目開きが生じないことが確認できた。なお、載荷ケース2のタイプ2で設計荷重時の目開きは0.01mm設計荷重の3倍時で0.03mmであり、タイプ3で設計荷重時の目開きは0.01mm、最大目開きは0.02mmであり、予想どおり載荷ケース1の方が最大目開きは大きかった。

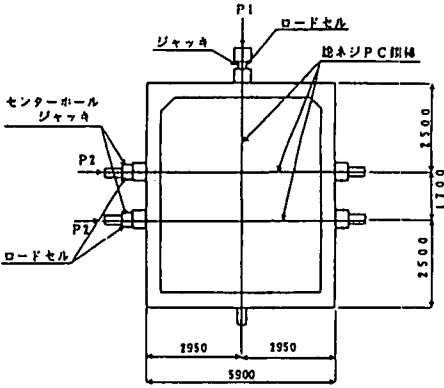


図-7 載荷試験概要図

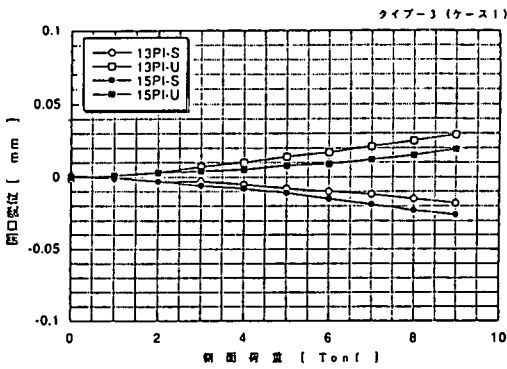


図-9 目開と荷重関係図 (タイプ3)

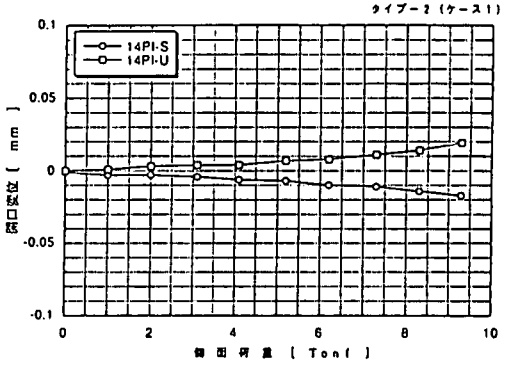


図-8 目開と荷重関係図 (タイプ2)

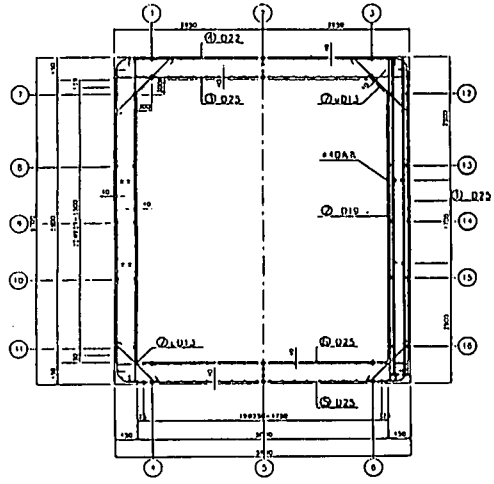
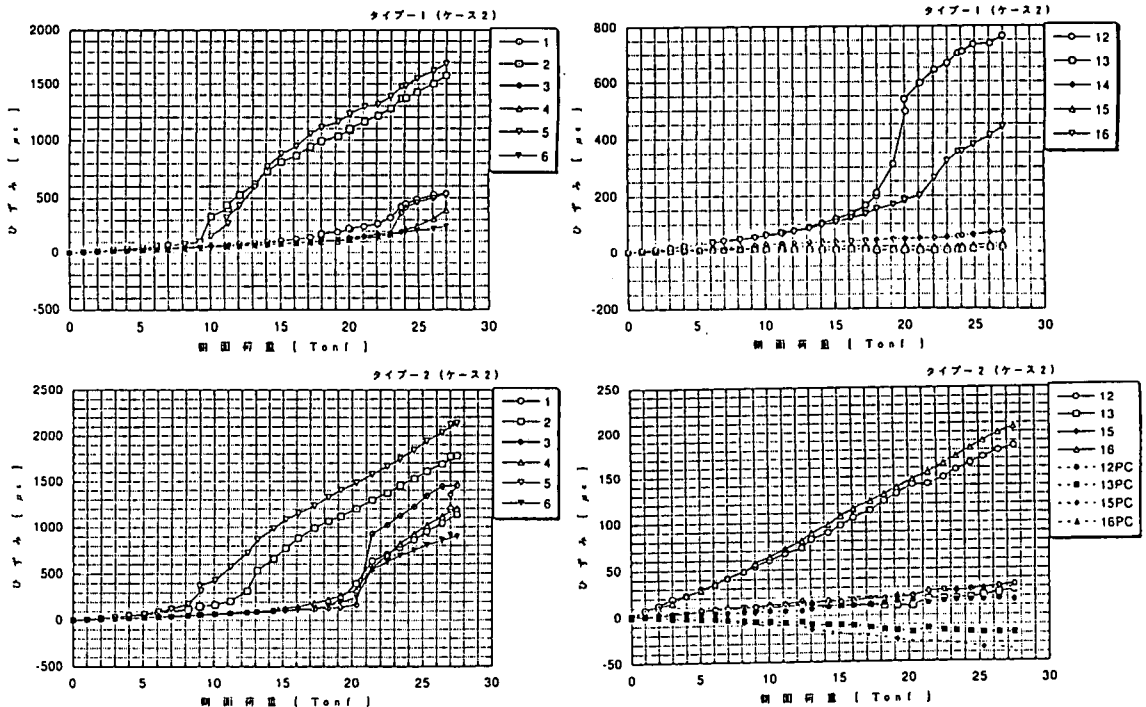


図-10 ひずみゲージ取り付け位置図

載荷試験の供試体に入ったひび割れについては、1ステップごとの目視による観察およびクラック幅に関してはノギスによる計測を行った。結果は表-1にまとめた。一体型タイプ1には、側壁に幅0.1mmの最大ひび割れが入った。しかし、上下に分割したタイプ2、タイプ3の供試体側壁には、設計荷重の3倍まで載荷してもひび割れは発生しなかった。タイプ1より2tも少ない荷重でタイプ2の下床版中央部には幅0.05mmの初期ひび割れが発生したが、タイプ1にはじめてひび割れが発生した11.2tなってもひ

表一 供試体ひび割れ一覧表

供試体 項目		タイプ 1	タイプ 2	タイプ 3
床版初期ひび割れ	発生場所	上床版中央部	下床版中央部	上床版中央部
	発生荷重	P1=11.2t P2=26.8t	P1= 9.2t P2=22.6t	P1=11.2t P2=27.0t
床版の最大ひび割れ幅		0.5mm	0.5mm	0.5mm
側壁のひび割れ		発生荷重 23.8t 最大ひび割れ幅 0.1mm	発生なし	発生なし



図一 1 1 載荷荷重と鉄筋・PC鋼棒ひずみ関係図(載荷ケース2)

ひび割れ幅および長さの拡大が見られず、その後の床版のひび割れの拡大は、3タイプともほぼ同じ速度であった。最大ひび割れ幅は、共に0.5mmであった

鉄筋・P C鋼棒の応力度を測定するために歪み計を図—10の位置に配置した。位置図の番号は図—11の凡例の番号と一致している。測定位置番号1～6は床版の鉄筋、12～16は側壁の鉄筋とP C鋼棒の歪み計の位置を示したものである。図の実線は鉄筋、点線はP C鋼棒の側面荷重と歪みの関係を表したものである。なお、タイプ3については、ほぼタイプ2と同じような鉄筋の歪みを示したので、結果は割愛した。

床版の鉄筋応力度は中央部が一番大きく、設計荷重時には、タイプ1は 100μ (210kgf/cm^2)、タイプ2は 200μ (420kgf/cm^2)であった。その後、歪みは両タイプとも同様に増加してゆき、設計荷重の3倍には両タイプとも鉄筋は完全に降伏した。側壁の鉄筋応力度については、設計荷重時には両タイプとも最大 60μ (130kgf/cm^2)であった。設計荷重の3倍時には、タイプ1では 750μ (1575kgf/cm^2)に対して、タイプ2では 185μ (390kgf/cm^2)と分割タイプの供試体の鉄筋応力度の方が低かった。P C鋼棒の応力度は設計荷重の3倍相当でも、最大 25μ (50kgf/cm^2)であったので、施工実施時にはP C鋼棒の見直しを行う。

また、載荷試験時の供試体全体の変位については、表—2の変位一覧表のとおりである。ほぼ3タイプとも同じような変位であった。位置番号は、図—10と同じとした。

表—2 変位一覧表

荷重	位置番号	タイプ1	タイプ2	タイプ3
設計荷重時	2	0.7	0.76	0.71
	5	0.57	0.92	0.78
	9	0.01	0.42	0.40
	14	0.1	0.25	0.27
設計荷重時の3倍	2	5.7	5.11	5.32
	5	6.05	7.48	6.22
	9	0.5	0.66	0.78
	14	0.34	0.36	0.31

7. まとめ

供試体による止水試験では、両タイプとも漏水は認められず、上下一体化の接合部におけるP C鋼棒の腐食は少ないことが確認できた。しかし、水膨張性ゴムの経年変化による劣化のために漏水が生じる可能性があるため、施工時には接合面に水膨張性ゴムとエポキシ系接着剤を併用することとする。載荷試験結果より、分割タイプの供試体は、R Cの一体ものとはほぼ同じ挙動を示し、耐力的にも分割タイプの供試体が一体ものとはほぼ同等もしくはそれ以上であった。設計については上下に分割した場合一体ラーメンにより構造解析を行っても問題はないことが確認できた。以上の結果、工場製作のプレキャストコンクリートを線路下横断構造物に適用できると考える。

8. 参考文献

- 1) 古山章一 花田達雄 地盤工学フォーラム東北 '95 秋田新幹線におけるプレキャストボックスカルバートを用いた地下道の施工計画と設計