## 新しいけた連結構造 （リンクスラブ構造）

| 通し番号 | 大分類 | 小分類 | 質問項目 |
|---|---|---|---|
| 【Q－1】 | 計画一般 | リンクスラブ構造 | リンクスラブ構造とはどのような構造か。また、施工実績や適用範囲はあるのか。 |
| 【Q－2】 | 計画一般 | リンクスラブ構造 | リンクスラブ構造の橋りょうを設計する場合、どのような留意点が必要か。 |
| 【Q－3】 | 計画一般 | リンクスラブ構造 | 床版のみで連結化されているため、連結床版構造にクリープや収縮等によりひび割れが懸念される。ひび割れが発生しても本構造の設計は適切に行えるのか。 |
| 【Q－4】 | 計画一般 | リンクスラブ構造 | 床版のみで連結されるリンクスラブ構造は、どの程度の耐荷力および疲労特性を有しているのか。 |
| 【Q－5】 | 計画一般 | リンクスラブ構造 | 床版のみで連結されるリンクスラブ構造は、地震時に連結床版構造が破壊し安全性が損なわれないか。 |

| 【大分類】計画一般 | 【小分類】リンクスラブ構造 | 【作成日】平成21年10月30日 |
|---|---|---|

【Q－1】

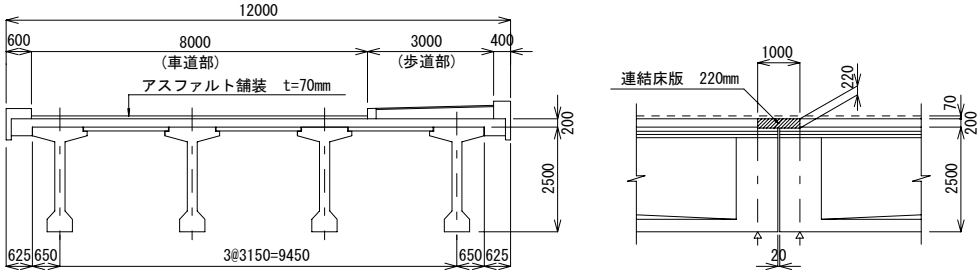
リンクスラブ構造とはどのような構造か。また、施工実績や適用範囲はあるのか。

【キーワード】　　リンクスラブ構造、連結床版、ノージョイント化

【A－1】

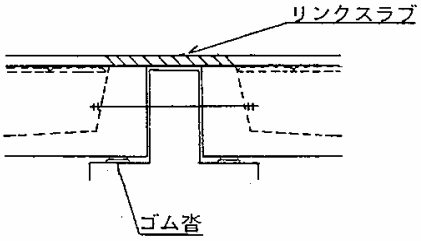
リンクスラブ構造とは、多径間のプレキャストPC単純げたを中間支点部の床版だけで連結する連続構造である（図－1参照）。

一般的な連結げたの連結部は、鉄筋の重ね継手長から決められる2m程度の大きな横げたと、正負の曲げモーメントに抵抗させるための鉄筋が、連結部の上下縁に密に配置されており、主げたと連結部の横げたは横締めPC鋼材により一体化されている。それに対し、リンクスラブ構造は、床版のみの連結構造とすることにより上部工の軽量化や構造の簡素化が可能となり、施工の省力化などにも繋がると考えられる。

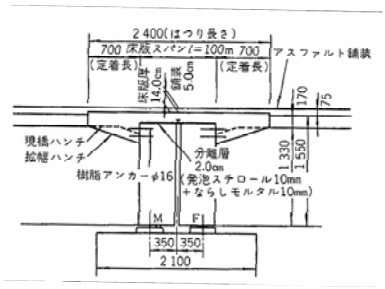



図－1　リンクスラブ概要図

施工実績として、海外ではプレキャスト単純U断面げたをハンマーヘッド型の橋脚を挟むように床版で連結した事例（図－2参照）やスパンバイスパンで施工されるプレキャストセグメント単純箱げたを床版で連結した事例など新設橋への適用が報告されているが、国内では都市高速道路でPC単純合成げたのノージョイント化として採用された補修事例（図－3参照）のみである。




図－2　新設橋への適用事例




図－3　PC単純合成げたのノージョイント化

適用範囲については、海外では支間45mの4径間連続PC箱げた橋（橋長約180m）、国内では3～5径間のプレキャストげたの連続化の実績があることから、連続けた長200m程度までの等スパン、等橋脚高の条件であれば適用が可能であると考えられる。

【参考文献】

1) 新技術評価事例（コンクリート構造）－新しい桁連結構造（リンクスラブ構造）－ ：PC建協（平成19年7月）
2) PC道路橋計画マニュアル［改訂版］ ：PC建協（平成19年10月）

| 【大分類】計画一般 | 【小分類】リンクスラブ構造 | 【作成日】平成21年10月30日 |
|---|---|---|

【Q－2】

リンクスラブ構造の橋りょうを設計する場合、どのような留意点が必要か。

【キーワード】　　リンクスラブ構造、要求性能

【A－2】

道示に記される連続げた橋では、リンクスラブ構造は特に記載されておらず、このような連結床版を有する構造をどのように設計するかは規定されていない。

道示の要求性能には、供用性、耐荷力性能、疲労耐久性、材料耐久性、施工性、維持管理性、耐震性などがあり、新技術を採用する上ではこれらの検証を行う必要がある。しかし、現状では設計上不明な箇所が多く、設計時に発生する問題やこれの対処、検証方法が確立されていないことから、採用が見送られるケースもある。

このため、PC建協では以下の資料をまとめ「主な技術概要」、「技術評価の観点と方向性」、「検証事例」を示し、リンクスラブ構造を採用するにあたっての問題認識や道示で床版や上部構造に要求される性能に対する課題や検証事例等を紹介している。

● 「新技術評価事例（コンクリート構造）　−新しい桁連結構造（リンクスラブ構造）」
PC建協、平成19年7月

本資料では、主な留意点として、以下の課題を取り上げ、検証事例を紹介している。

<u>①供用性の検証</u>
主げたと連結床版の剛性が極端に異なる特殊な連結構造であり、ゴム支承などによる外的拘束や鉄筋などによる内的拘束の影響が懸念される。

<u>②疲労耐久性の検証</u>
連結床版は、主げたに支持されていないため、主げたに支持される一般的なRC床版の疲労試験結果を準用することに疑義がある。

<u>③施工性の検証</u>
連結床版は、プレキャストげたの拘束を受けるため、コンクリート硬化直後のひび割れ発生が危惧される。

<u>④耐震性の検証</u>
道示では、本構造のように連結構造が主げたに比べ、著しく小さくなる断面変化は想定しない。また、径間毎の位相差あるいは橋台との衝突による連結床版部の破壊が懸念される。

また、これ以外の検証課題として、落橋防止構造、橋台との衝突に対する検討などが挙げられる。

なお、本資料では、下記規準類の概要や新設橋への適用性の確認として行われた6径間連結のプレテンションTげた橋およびコンポ橋の試設計の概要が紹介されている。

リンクスラブ構造の橋りょうを設計する際には、本資料や下記規準類を参考にするとよい。

● 「既設橋梁のノージョイント工法の設計施工手引き（案）」道路保全センター、平成7年
● 「Durable Link Slabs for Jointless Bridge Decks Based on Strain-Hardening Cementitious Composites」ミシガン州運輸局（MDOT）、2003.11.6

| 【大分類】計画一般 | 【小分類】リンクスラブ構造 | 【作成日】平成21年10月30日 |
|---|---|---|

【Q－3】

床版のみで連結化されているため、連結床版構造にクリープや収縮等によりひび割れが懸念される。ひび割れが発生しても本構造の設計は適切に行えるのか。

【キーワード】 リンクスラブ構造、2次元線形骨組解析、2次元非線形FEM解析

【A－3】

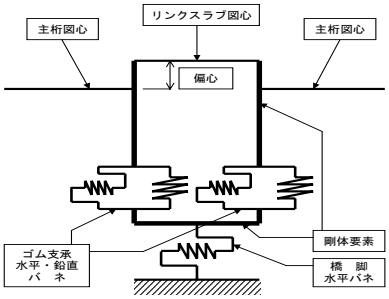
リンクスラブ構造は、連結床版にクリープや収縮等によりひび割れが生じても、2次元線形骨組解析で算出された断面力を元にRC計算で応力を照査することにより、設計は適切に行えると考えられる。骨組解析モデルによる設計の妥当性を検証した事例を以下に紹介する。

検証は、連結床版構造におけるクリープ・収縮挙動およびひび割れ後の挙動を非線形FEM解析により把握し、線形骨組解析モデルによる設計の妥当性を確認することにより行っている。

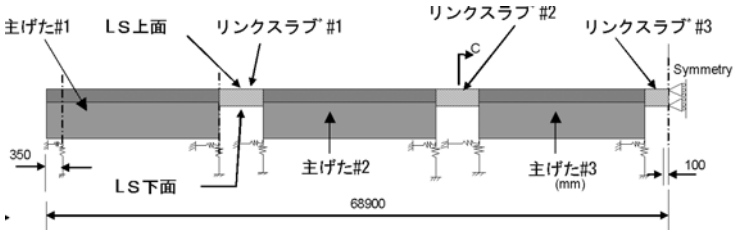
【検証概要】

1) 骨組解析モデル化の妥当性の評価

支間長22.1mの6径間連結プレテンTげた橋を対象とし、ひび割れが発生しないものとした2次元線形骨組解析（図－1）とひび割れの発生を考慮した2次元非線形FEM解析（図－2）の結果を比較することにより骨組解析における中間支点部のモデル化の妥当性を評価する。




図－1 2次元線形骨組解析モデル
（中間支点部）




図－2 2次元非線形FEM解析モデル

2) 設計手法の安全性の確認

2次元非線形FEM解析にて連結床版の引張強度を無限大とした場合と、引張強度を2.2N/mm$^2$に制限した場合のコンクリート応力度の経時変化を比較することにより、間接的に、設計荷重時まで全断面有効としたRC断面計算によって鉄筋応力度を照査し、線形骨組解析による設計手法が安全側の設計となることを確認する。

【検証結果】

ひび割れを生じないとした2次元線形骨組解析とひび割れの発生を考慮した2次元非線形FEM解析の結果は概ね一致しており、線形骨組解析のモデル化は妥当であると判断される。

また、2次元非線形FEM解析でひび割れ発生後の挙動を検討した結果、ひび割れ発生に伴う剛性低下によりその後に載荷される活荷重応答が小さくなるため、線形骨組解析による断面力を元にRC計算で応力を照査する設計手法は安全側の結果となる。

ここに示す連結床版構造のクリープ・収縮挙動およびひび割れ後の挙動の検証事例の詳細は、下記参考文献 1) 事例1(P.12)、および〔資料2〕試設計(P.26)を参照のこと。

【参考文献】

1) 新技術評価事例（コンクリート構造） －新しい桁連結構造（リンクスラブ構造）－ ：PC建協（平成19年7月）

| 【大分類】計画一般 | 【小分類】リンクスラブ構造 | 【作成日】平成21年10月30日 |
|---|---|---|

【Q－4】

床版のみで連結されるリンクスラブ構造は、どの程度の耐荷力および疲労特性を有しているのか。

【キーワード】　　リンクスラブ構造、耐荷力、疲労特性

【A－4】

リンクスラブ構造は、隣接したプレキャストげた同士を床版のみを連結するものであり、通常の連結げたに対して設計施工だけでなく維持修繕も容易になるものの、耐久性面で劣ることが懸念される。これについて、疲労試験により耐荷挙動及び疲労特性を確認し、本構造が実用に供する性能を有することを検証した事例を以下に紹介する。

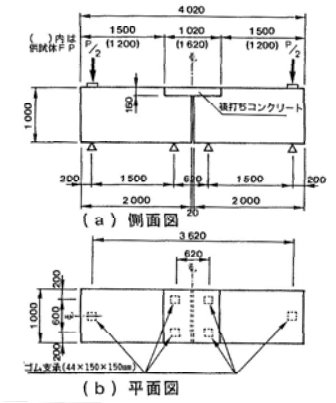
検証は、プレテンション単純Tげた橋にL-20荷重を載荷したときに生じる支点部のたわみ角と等価な荷重状態を再現し、実物大の床版連結構造試験体により行っている（参考文献 2））。

【検証概要】

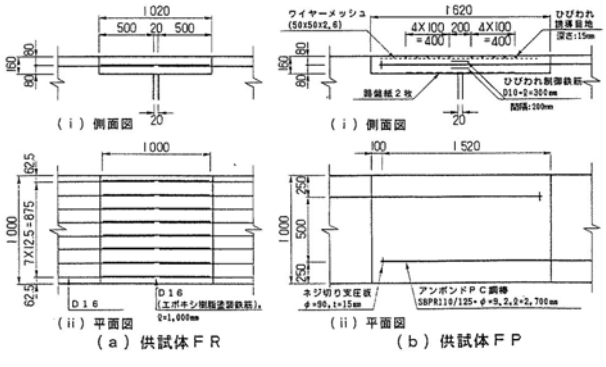
検証は、鉄筋で連結した供試体FR（D16、SD30A、エポキシ樹脂塗装鉄筋・8本）とアンボンドPC鋼棒を配置した供試体FP（SBPR110/125、φ9.2mm、2本、※緊張はしていない）の2体の供試体（2種類の連結構造）について行った。

・供試体寸法：長さ4.02m×高さ1.0m×幅1.0m（図－1参照）
長さ2.0m×高さ1.0m×幅1.0mの中空断面構造で床版部分を切り欠いた2体のけたを20mm間隔で配置し、厚さ160mmの床版部を場所打ちコンクリートで連結。

・供試体FPは、けたと床版の接合面を縁切りし、ひび割れを分散させるため誘導目地を設け、幅を制御するために鉄筋D10とワイヤーメッシュを配置（図－2参照）。




図－1　供試体寸法




図－2　連結構造

【検証結果】

検証の結果、プレキャストげたの床版部のみを連結する2つの形式は、実用可能な耐荷・耐久性能を十分に有していることが確認された。ただし、採用にあたっては、床版に発生するひび割れ幅が、舗装に与える影響を別途検討する必要がある。

ここに示す連結床版構造の耐荷挙動および疲労特性の検証事例の詳細は、下記参考文献 1) 事例2(P.16)、および参考文献 2)「6. ノージョイント化工法に関する疲労試験」(P.68)を参照のこと。

【参考文献】

1) 新技術評価事例（コンクリート構造）－新しい桁連結構造（リンクスラブ構造）－ ：PC建協（平成19年7月）
2) プレキャスト連結げたの設計法に関する共同研究：建設省土木研究所・PC建協（平成4年2月）

| 【大分類】計画一般 | 【小分類】リンクスラブ構造 | 【作成日】平成21年10月30日 |
|---|---|---|

【Q－5】

床版のみで連結されるリンクスラブ構造は、地震時に連結床版構造が破壊し安全性が損なわれないか。

【キーワード】　　リンクスラブ構造、非線形動的解析

【A－5】

リンクスラブ構造は、地震時に径間毎に主げたに位相差が生じることで連結床版に過大な断面力が発生し、床版が損傷することによって安全性が損なわれる可能性がある。そのため、非線形動的解析により耐震性を照査する必要がある。以下に非線形動的解析により耐震性を評価できることを検証した事例を紹介する。

検証は、Q－3において妥当性が確認された2次元骨組解析モデルを用いた動的解析により、連結床版構造の安全性を確認することにより行っている。

【検証概要】

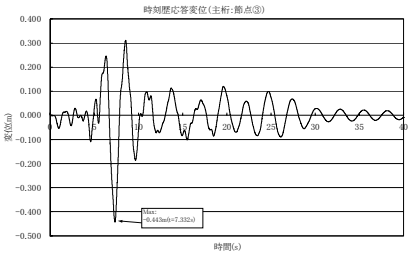
固有値解析により橋軸方向の有効質量比が卓越するモードとこのときの固有周期を確認し、これを用いた応答解析により、主げたと連結床版の位相差より応答断面力の確認を行った。

手法:　①固有値解析:実固有値解析法（ハウスホルダー法）
　　②応答解析:直接積分法
　　（減衰種類:レーリー型、加振タイプ:基盤加振、数値積分手法:NewMark-β法[β=1/4]

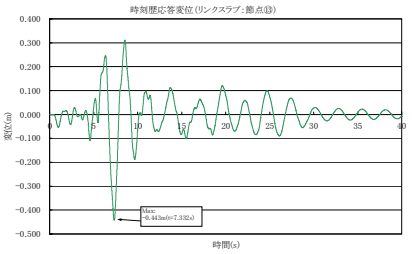
条件: 地盤種類: Ⅰ種
　　入力地震動:レベル2タイプⅡ地震動（1995年兵庫県南部地震〔神戸海洋気象台地盤上〕）
　　NS成分（最大加速度812gal）
　　地震動作用方向:橋軸方向（x方向）
　　積分時間間隔:0.002秒

【検証結果】

固有値解析から橋軸方向の有効質量比が卓越するモードとその固有周期を確認し、応答解析により下部工条件が一定で等スパン割であることから、主げたと連結床版に位相差がなく（図－1、図－2参照）連結床版の最大応力も小さいことが確認できた。これより、非線形動的解析により径間毎の主げたの位相差により連結床版に生じる過大な断面力など同構造の耐震性が評価できることが確認された。




図－1　主桁の時刻歴応答変位




図－2　連結床版の時刻歴応答変位

検証事例では、主げたは等スパン割り、支承や下部工条件は一定である。上部工のスパン割りや下部工条件によって、径間毎の位相差が顕著となり連結床版に過大な断面力応答が発生することも考えられ、上部工、支承、下部工条件を適切に考慮する必要がある。

ここに示す連結床版構造のレベル2 地震時挙動の検証事例の詳細は、下記参考文献 1) 事例3(P.17)を参照のこと。

【参考文献】

1) 新技術評価事例（コンクリート構造）－新しい桁連結構造（リンクスラブ構造）－ :PC建協（平成19年7月）