

平成22年度 技術発表会

鋼床版橋梁のデッキプレート増厚による疲労耐久性の向上

ーデッキプレート最小板厚見直しに関する
国土交通省の事務連絡を受けてー



日本橋梁建設協会
Japan Bridge Association

鋼床版小委員会

川畑篤敬 夏秋義広 工藤祐琢

1

発表内容

1. 背景
2. デッキプレート貫通き裂の発生メカニズム
3. 一般部のデッキ増厚効果
4. 交差部のデッキ増厚効果
5. 高耐久性鋼床版実現のための留意点
6. デッキ増厚時の鋼床版の経済比較
7. まとめ・今後の展望

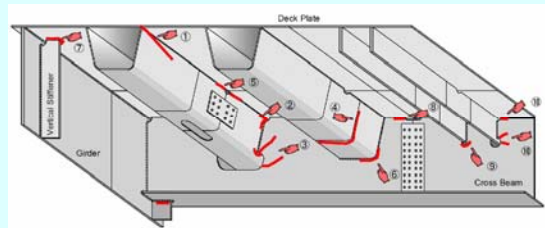
2

1. 背景

3

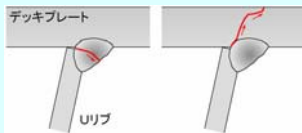
鋼床版における疲労損傷

鋼床版の疲労損傷が数多く報告されている。
中でも、デッキプレートとUリブ溶接部における
疲労損傷が問題である。



4

デッキとUリブ溶接部に発生する疲労損傷



■ビード貫通き裂

■デッキプレート貫通き裂



出典：阪神高速公開資料

5

デッキプレート貫通き裂の事例

【国内】

- 8橋(1999年以降)
- ・直轄など:5橋
- ・首都高速, 阪神高速:3橋

【国外】

- ・フランス(1977年)
- ・オランダ(1997年～)
開跳橋など10橋
- ・中国(2008年)



デッキ厚:9~12mm

6

デッキプレートの最小板厚の規定の比較

【日本】(道路橋示方書)

・最小デッキ厚: 12mm 舗装劣化防止の観点

【米国】(AASHTO)

・最小デッキ厚: 14mm 構造の長期耐久性の経験値

【欧州】(Eurocode)

・最小デッキ厚: 16mm 舗装厚 t : $40\text{mm} \leq t < 70\text{mm}$
 ・最小デッキ厚: 14mm 舗装厚 t : $70\text{mm} \leq t$

7

デッキプレート貫通き裂への対策

《既設橋梁》

・鋼繊維補強コンクリート(SFRC)舗装などの採用による鋼床版の高剛性化



《新設橋梁》

・鋼床版デッキプレートの増厚
 従来の12mm → 16mm

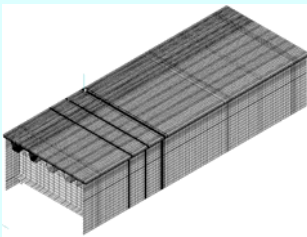
8

デッキ増厚による鋼床版の耐久性向上

当委員会におけるこれまでの検討結果

■ 解析的検討

■ 移動輪荷重試験



9

3者による共同研究の概要

《名称》

「損傷状況を考慮した鋼床版の構造形式見直しに関する共同研究」

《目標》

デッキ貫通き裂の発生抑制を目的に、デッキの最小板厚を見直す。

《対象》 Uリブ支間部(一般部)と横リブ交差部に分けて検討

《体制》

1. (社)日本橋梁建設協会 鋼床版小委員会
2. 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物管理研究室
3. 独立行政法人 土木研究所 構造物メンテナンスセンター

《期間》 平成18年度より3カ年

《報告書》 「損傷状況を考慮した鋼床版の構造形式見直しに関する研究」発刊予定

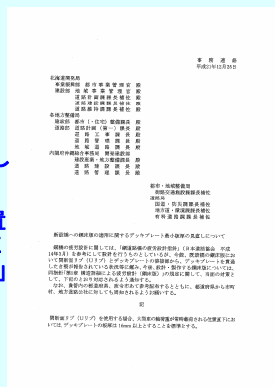
10

デッキ増厚による鋼床版の耐久性向上

国土交通省の事務連絡(H21.12.25)

《内容》

鋼床版デッキプレート最小板厚の見直し
 「閉断面リブ(Uリブ)を使用する場合、
 大型車の輪荷重が常時載荷される位置
 直下においては、デッキプレートの板厚
 は16mm以上とすることを標準とする。」



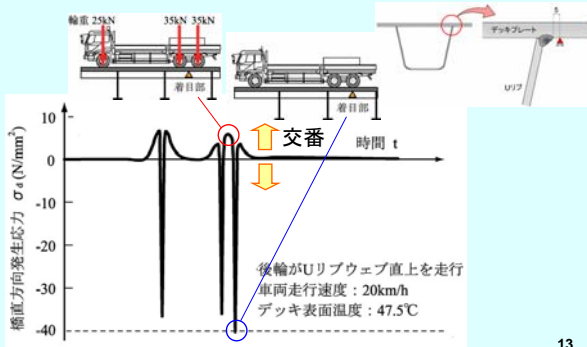
11

2. デッキプレート貫通き裂の発生メカニズム

12

実橋における応力性状の確認

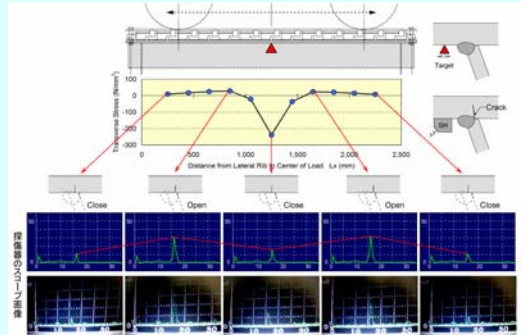
- 一般部における溶接部近傍の応力は交番する。



13

移動輪荷重試験

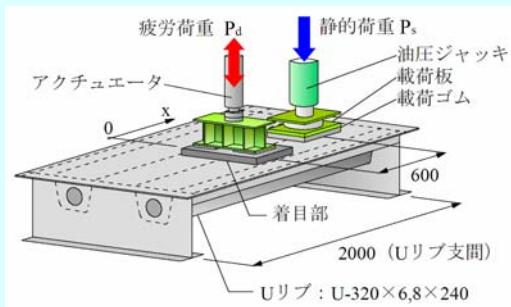
- 応力の交番は、ルート部におけるき裂の開口・閉口の挙動に関する。



14

新疲労試験システムの開発(九大共研)

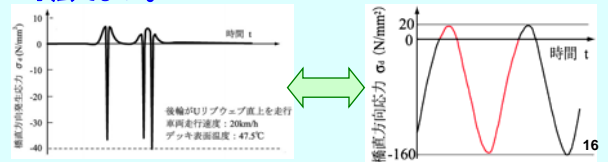
- 定点繰り返し载荷による疲労試験機でありながら、着目部における交番応力を再現。



15

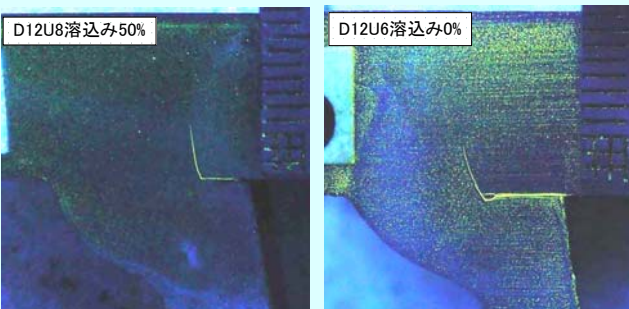
新疲労試験システムのメリット

- 交番応力を再現できる。
- 応力振幅を任意に設定・変更できるため、実働応力を再現することができる。
- 試験体が比較的小規模のためパラメータ試験に適している。
- 载荷速度が早いため、試験期間を短縮できる。
- 鋼床版構造諸元をパラメータとしても、試験体は同一寸法でよい。



16

疲労き裂の再現

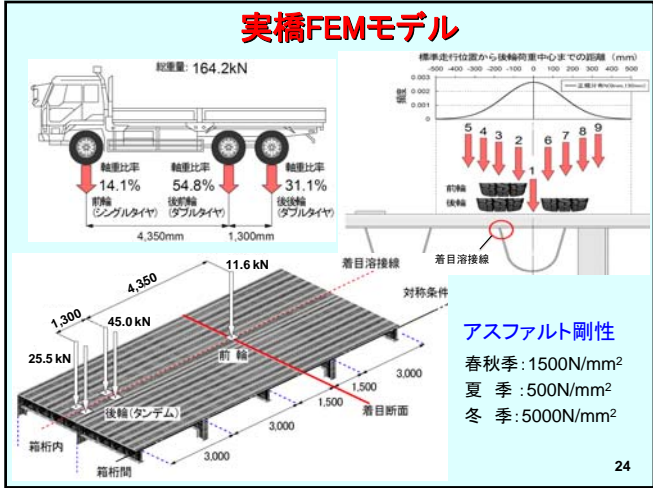
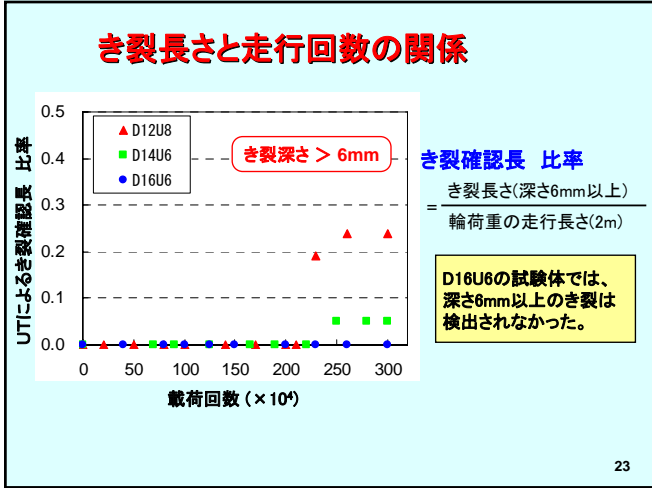
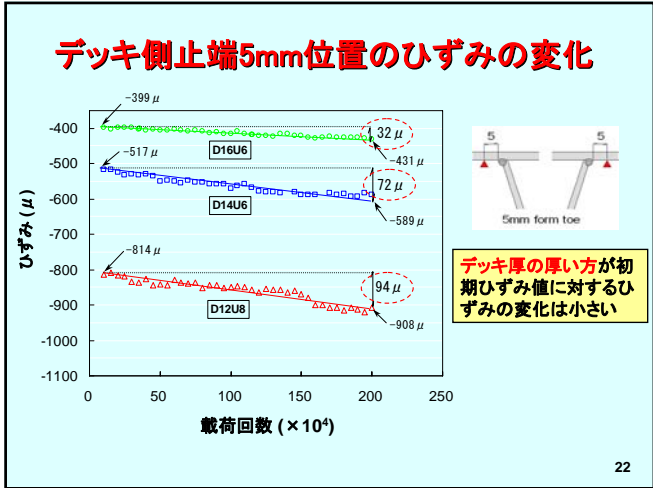
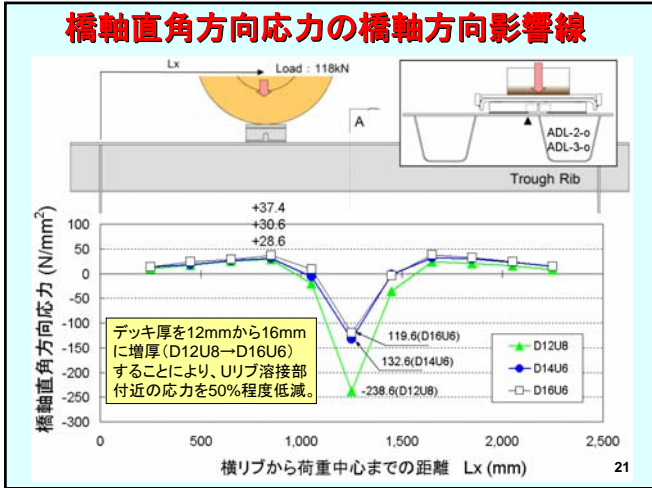
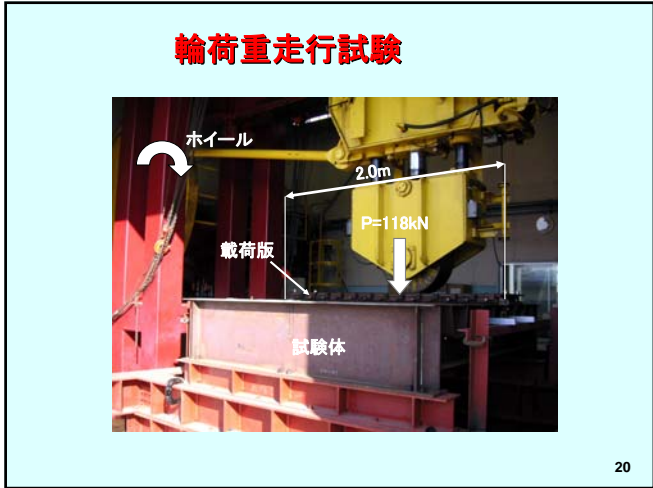
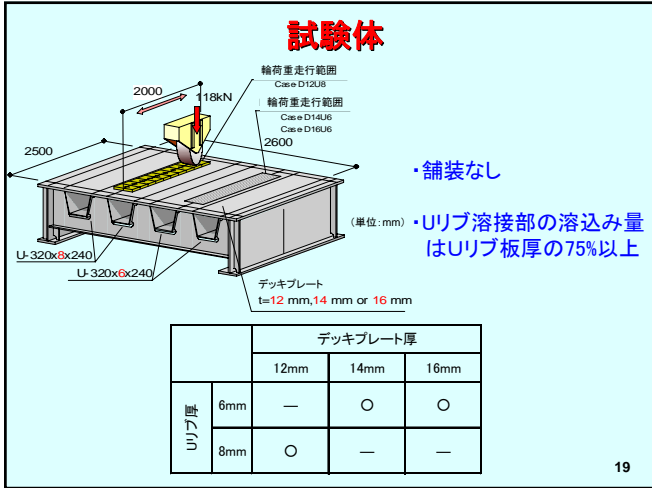


⇒デッキ厚、溶接溶込み量、応力比をパラメータとして検討中

17

3. 一般部のデッキプレート貫通き裂に対するデッキ増厚効果

18



解析結果

等価ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_e = m \sqrt{\frac{\sum \Delta \varepsilon_i^m \times n_i}{\sum n_i}}$

$\Delta \varepsilon_i$: 参照位置(デッキ側止端5mm)の等価ひずみ範囲
 n_i : ひずみ範囲の繰返し数
 m : 疲労設計曲線の傾きを表す係数 (=3)

ひずみ低減率

デッキ厚16mmの等価ひずみ範囲 / デッキ厚12mmの等価ひずみ範囲

春秋季: 0.739 夏季: 0.652 冬季: 0.828

通年(春秋季5ヶ月、夏季3ヶ月、冬季4ヶ月と仮定): 0.680



疲労き裂発生寿命3.2倍(=1/0.680³)に相当

25

一般部のデッキ増厚効果

1. デッキ厚を12mmから16mmに増厚することにより、Uリブ溶接部付近の応力を50%程度低減できる。
2. D16U6の試験体では、デッキプレートに深さが6mm以上のき裂は検出されなかった。
3. FEM解析結果より、デッキ厚を16mmとすることにより、疲労き裂発生寿命は3.2倍になると推定される。

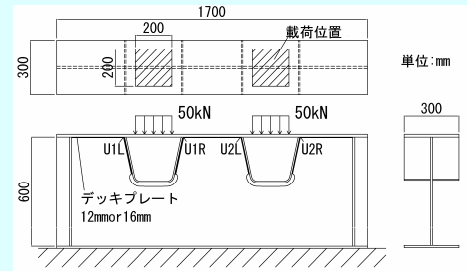
→ デッキ厚を大きくすることにより、デッキ板厚方向へのき裂の進展が遅くなる。

26

4. 交差部のデッキプレート貫通き裂に対するデッキ増厚効果 (法大共研)

27

試験体



舗装なし
 Uリブ溶接部の溶込み量: 75%以上
 使用鋼材: SM490YA

D12U6: デッキ厚12mm、Uリブ厚6mm

D16U6: デッキ厚16mm、Uリブ厚6mm

28

疲労試験

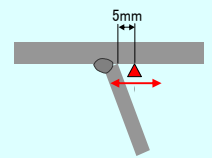
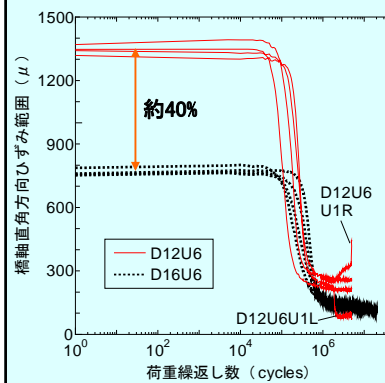


載荷面積: 200mm × 200mm
 荷重範囲: 100kN(下限10kN)

※試験条件は実構モデルを用いたFEM解析により妥当性を確認済み

29

ひずみの経時変化



D12U6
 184万回でデッキ貫通

↑ 10倍以上 ↓

D16U6
 2000万回でも未貫通

30

デッキプレート貫通き裂

D12U6

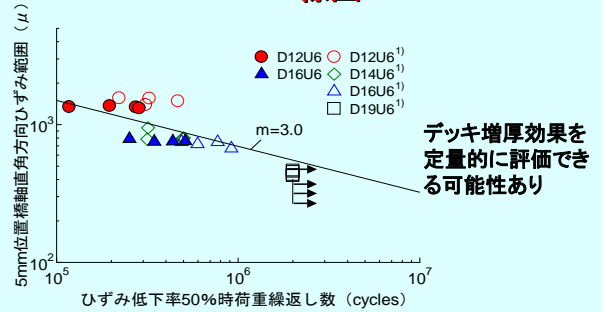
D16U6



デッキプレートが厚い方が、き裂の進展の勾配は緩やか

31

S-N線図



1) 国総研・土研・橋建協：損傷状況を考慮した鋼床版の構造形式見直しに関する研究、国総研資料(発刊予定)

32

交差部のデッキ増厚効果

1. 初期ひずみの減少率から、デッキ厚を12mmから16mmにすることで、疲労き裂発生寿命は4.6倍になると推定される。
2. デッキ厚を12mmから16mmに増厚すれば、デッキプレート貫通寿命は10倍以上になることを、疲労試験により確認した。

33

5. 高耐久性鋼床版実現のための留意点

34

国土交通省の事務連絡(H21.12.25)

《内容》

鋼床版デッキプレート最小板厚の見直し

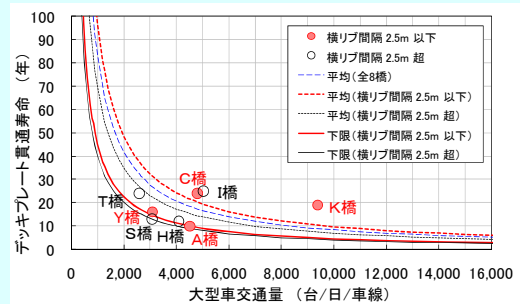
「閉断面リブ(Uリブ)を使用する場合、大型車の輪荷重が常時載荷される位置直下においては、デッキプレートの板厚は16mm以上とすることを標準とする。」

《補足説明》

- ①き裂発見までの供用年数と大型車交通量の関係
- ②損傷の大半がデッキ厚12mmで発生している
- ③デッキ増厚により疲労耐久性の向上が図れる

35

き裂発見までの供用年数と大型車交通量



事務連絡の参図-1.3を年代毎の交通センサデータを用いてまとめなおしたもの

A橋を参考とした場合、供用100年間で損傷が発生しない日大型車交通量は

1.65×10^7 台/車線 / 100年 / 365日/年 \approx 450台/日/車線

36

損傷状況

表 代表的な損傷発生橋梁の構造諸元

橋梁名	A橋	C橋	K橋	S橋	H橋
供用年	1996年	1978年	1987年	1986年	1993年
大型車交通量	5,499台/日/車線	5,686台/日/車線	11,921台/日/車線	2,617台/日/車線	5,234台/日/車線
片側車線数	2	3	4	1	2
舗装厚	75mm	75mm	80mm	70mm	65mm
トラブ形式	U-320×240×6	310×274×8(円形)	U-320×260×6	U-320×250×8	U-320×240×6
縦リブ間隔	2.0m	縦部1.2m、一般部2.5m	2.1m	2.75m	3.0m
舗装の損傷等	損傷少	舗装補修が多い	舗装補修が頻発	舗装補修が多い	損傷あり
損傷部	横リブ交差部	一般部	一般部、横リブ交差部	貫通き裂は一般部	横リブ交差部
その他	損傷発生部のデッキ厚は12mm	損傷発生部のデッキ厚は12mm	損傷発生部のデッキ厚は12mm	UTIによる推定結果 損傷率 (損傷長さ/溶接長さ) デッキ厚12mm: 1.3% デッキ厚15mm: 0.4% 14mm以上: 損傷無	損傷発生部のデッキ厚は12mm

1) H17交通センサ結果から算出したもの

- ① 損傷発生橋梁には舗装の損傷、あるいは補修痕が多くみられた。
(←舗装の損傷が着目部の応力を増加させるという研究例もある。)
- ② 損傷発生部のデッキ厚は12mmが大半であった。
⇒ 荷重条件が同じでも14mmや16mmでは損傷が発生しにくい

37

デッキ増厚の効果

Uリブ一般部(3章の結果)

- ・デッキ厚を16mmとすれば、**き裂の進展を抑制できる可能性がある。**
- ・デッキ厚を12mmから16mmとすることで、**き裂発生寿命が3.2倍以上**となる、長寿命化が期待できる。

横リブ交差部(4章の結果)

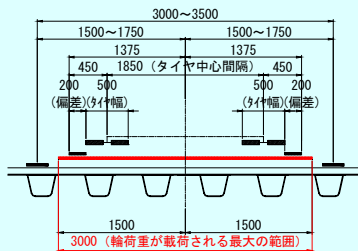
- ・デッキ厚を16mmとすれば、**き裂発生寿命が4.6倍以上**となる、長寿命化が期待できる。
- ・デッキ厚を12mmから16mmとすることにより、**デッキプレート貫通寿命が10倍以上**になる。

38

大型車輪荷重が常時載荷される範囲とは？

大型車のタイヤ中心間隔は1850mm程度で走行中心と車線中心はほぼ一致

大型車走行位置の偏差は約200mm(165mm~179mm)程度



⇒ ダブルタイヤ幅500mmを考慮すると大型車の輪荷重が載荷される最大の範囲は、**各車線の中心から±1.5m程度**

39

デッキ増厚時の留意点

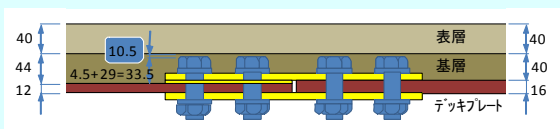
- 適用の範囲は「鋼道路橋の疲労設計指針」(日本道路協会 平成14年3月)に従う。
 - 1) 縦リブ支間L(L≤2.5m)
 - 2) 縦リブ形式(バルブリブ、平リブ、Uリブ)
 - 3) デッキ厚td
(12mm≤td≤16mm ただし、Uリブはtd≥16mm)
- 今回の事務連絡の主旨は、疲労損傷防止という観点から、道示Ⅱ8.4.5の規定によらず **デッキ厚を16mm以上にするので、Uリブウェブ間隔はUリブ幅寸法324mm以下とする必要がある。**
- 舗装のひび割れ抑制の観点からの規定(例;主桁腹板直近の縦リブ位置等)は、**増厚したデッキ厚で照査出来ると考えられる。**

40

構造上の留意点

- デッキプレートを重ね継手式のボルト継手とする場合には、舗装の耐久性を考慮して、ボルト頭部が基層舗装厚に収まる(10mm以上確保)ことを確認する必要がある(舗装施工便覧、日本道路協会)。

デッキ厚12mm⇒16mm上げで変化する場合



- デッキプレート厚を橋軸方向に変化させる場合には、**縦リブウェブ、横リブウェブとデッキプレートの溶接線に段差が生じないように、上逃げにするのが望ましい。**

41

6. デッキ増厚時の鋼床版の経済比較

42

鋼床版デッキプレートの増厚が鋼床版の経済性に与える影響を試算

- ① 鋼床版のデッキ増厚が鋼床版の断面決定に与える影響を把握
- ② 全体の鋼重増加量の試算
- ③ 鋼床版デッキプレートの増厚区間を幅員の特定の区間に限定した場合について、全体鋼重の増加量や工数の増加量を試算し、経済比較を実施

43

デッキ増厚が断面決定に与える影響

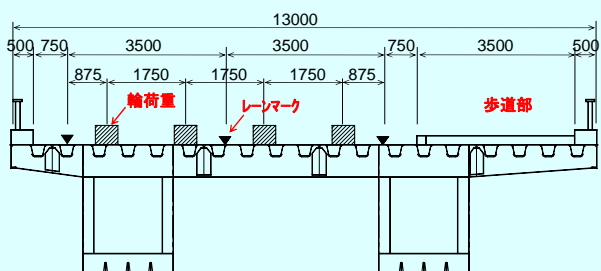
橋梁全体のデッキを一律に増厚した場合の発生応力の変動を試算

試設計条件

- ① デッキプレート厚：12, 14, 16, 19mmの4ケースについて検討
- ② トラフリブのサイズ：320×240×6で統一
- ③ トラフリブの支間：2.5m(疲労設計指針に準拠)
- ④ 支間割：単純箱桁(70m)および3径間連続箱桁(70+70+70m, 80+100+80m)
- ⑤ 車線構成：2車線+歩道

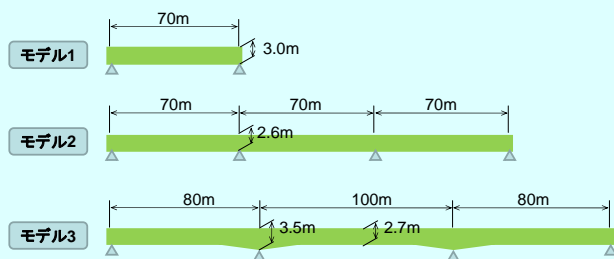
44

試設計対象断面



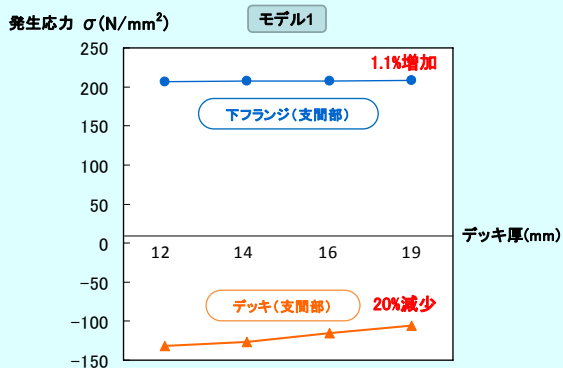
45

支間割



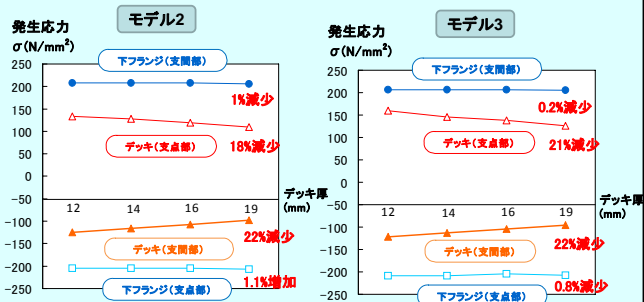
46

主桁作用による発生応力



47

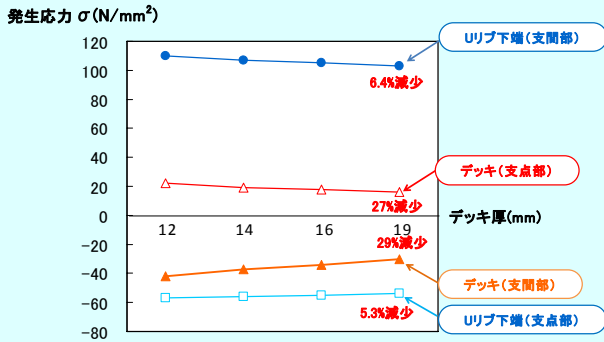
主桁作用による発生応力



デッキの増厚(死荷重増)による発生応力の変動は微量

48

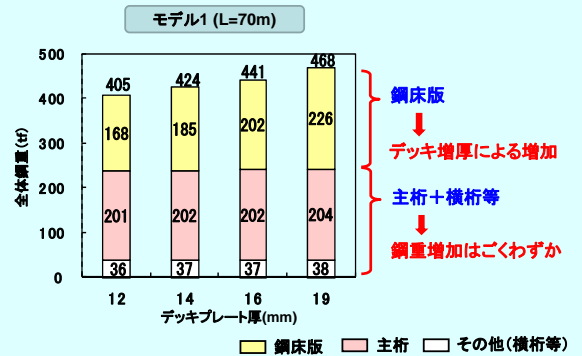
床版作用による発生応力



デッキの増厚(死荷重増)による発生応力の変動は微量

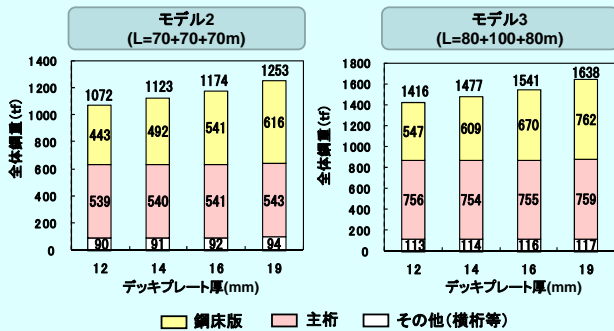
49

デッキ増厚が全体鋼重に与える影響



50

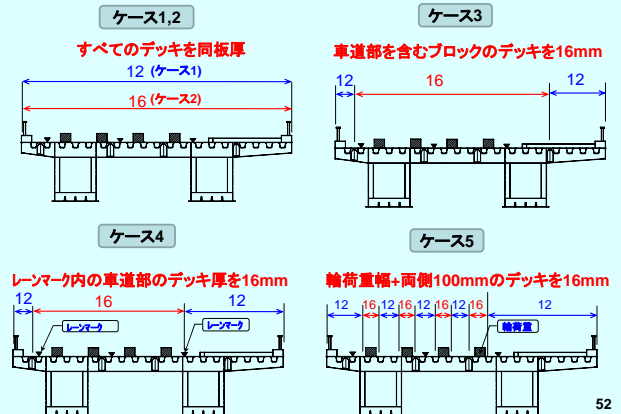
デッキ増厚が全体鋼重に与える影響



デッキ増厚による鋼重増加は鋼床版に限定される

51

デッキ増厚が経済性に与える影響



52

製作工数試算結果

検討ケース	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
デッキ16mmの範囲	(デッキ12mm)	全幅員	車道部を含むブロック	レーンマークを含むブロック	輪荷重幅
大型材片	材片数(個): 339 材片重量(t): 622.539	339 709.948	339 680.382	362 663.623	477 642.352
小型材片	材片数(個): 9531 材片重量(t): 428.999	9531 441.976	9531 438.816	9531 435.858	9531 432.104
総加工重量(t)	1051.538 (1.00)	1151.924 (1.10)	1119.197 (1.06)	1099.481 (1.05)	1074.457 (1.02)
内570材加工重量(t)	0	0	0	0	0
板継ぎ接延長(m)	0	0	0	1896	11378
T継手溶接延長(m)	3685	3685	3685	3685	3685
部材数(個)	135	135	135	135	135
製作工数(人・工)	6225 (1.00)	6514 (1.05)	6427 (1.03)	6591 (1.06)	7636 (1.23)

ケース3: 最も経済的
 ケース2: ケース3との差は僅少(2%)
 (将来幅員構成の変更が予想される場合)

53

7. まとめ

1. デッキプレート貫通き裂の発生メカニズムについて説明した。
2. Uリブ一般部と横リブ交差部について、デッキ増厚の効果を定量的に評価できる可能性を示した。
3. デッキプレートを増厚する際の留意点を示した。
4. デッキ増厚による経済性の比較を行った。

今後の展望

- デッキプレート貫通き裂に対する鋼床版の疲労設計法の確立
- 高耐久性鋼床版設計施工マニュアルの作成

54