

鋼橋の合理的な構造設計法に関する調査研究小委員会

報告書

2015 年 3 月 30 日

土木学会 鋼構造委員会
鋼橋の合理的な構造設計法に関する調査研究小委員会

はじめに

現在の鋼橋の設計手法は長年の実績があり、簡便で使いやすいものでありますが、簡便さ故に、実際の鋼橋の力学挙動は大幅に単純化され設計計算が行われています。そのため、以前より、斜橋の設計等にみられるように、計算結果と実際の構造物の挙動に乖離する事象が存在していました。しかし、今日では、有限要素解析などの構造解析におけるハード・ソフトは目覚ましく進歩し、構造詳細および材料特性に関して高い精度でモデル化することが可能になり、構造物の実挙動を正確に捉えることができるようになってきました。また、鋼とコンクリートの持ち味を生かした橋の開発も進み、その合理的な設計法についても実績が積まれてきています。

このような状況において、本小委員会では鋼橋の実挙動を踏まえた上で、まず現在の設計手法に含まれている不合理な点の洗い出しを行った。その結果、下記の6テーマを取り上げ、各WGにおいて活発な活動を行ってまいりました。

1. 連続合成桁の負曲げ区間の設計法
2. 連続桁中間支点の設計曲げモーメントの評価方法
3. 曲線橋および斜橋の実挙動の把握
4. 2次部材の設計法（対傾構、横構および支点上補剛材）
5. ケーブルなどの安全率の評価と設定
6. 局部座屈と全体座屈の連成座屈の評価法

本報告書は、これらのテーマに対して、まず既往の文献などを整理するとともに、現状の実構造物挙動を数値解析的に明確にしています。さらに、現在の設計手法の枠組みは維持しながら設計の合理化の可能性を確認するとともに、より合理的な設計手法の提案を試みております。本報告書の内容については、まだまだ不十分であり、解決しなければならない点も多々あるかと思いますが、合理的な設計手法の構築に向けて参考になるものと確信しております。今後も、多くの課題に議論を積み重ねて解決していく必要があります。

終わりに、2年間、本小委員会において熱心に活動いただき、報告書の取りまとめにご尽力いただきました委員のみなさまに心より御礼申し上げます。特に全体取りまとめにご尽力いただきました山田忠信幹事長、各WG主査・幹事のみなさまには重ねて熱く御礼申し上げます。本報告書が鋼構造物の設計や維持管理に関わる技術者や研究者の方々に参考になれば幸いです。

平成27年3月

土木学会 鋼構造委員会
鋼橋の合理的な構造設計法に関する調査研究小委員会
委員長 野上邦栄

目 次

委員名簿

第 1 章 まえがき	1-1
1.1 活動の目的	1-1
1.2 活動について	1-1
1.3 報告書の概要	1-2
第 2 章 鋼連続合成桁の設計法に関する検討	2-1
2.1 概要	2-1
2.1.1 背景・目的	2-1
2.1.2 現行設計の課題	2-1
2.1.3 検討項目の抽出	2-4
2.2 既往研究成果のレビュー	2-6
2.3 F E M解析による骨組解析の妥当性検証（検討 1）	2-7
2.3.1 解析モデル概要	2-7
2.3.2 骨組解析	2-10
2.3.3 F E M解析	2-16
2.3.4 骨組解析による断面応力と F E M解析による応力の比較	2-22
2.3.5 まとめ	2-22
2.4 構造解析における床版コンクリート剛性の評価が断面設計に与える影 響（検討 2）	2-29
2.4.1 構造解析ケース	2-29
2.4.2 構造解析結果	2-31
2.4.3 断面計算結果の比較	2-34
2.4.4 まとめ	2-35
2.5 各種ひび割れ幅計算式によるひび割れ幅の比較（検討 3）	2-64
2.5.1 検討条件	2-64
2.5.2 各種ひび割れ幅計算式	2-64
2.5.3 ひび割れ幅計算	2-64
2.5.4 比較結果	2-77

2.5.5	まとめ	2-78
2.6	合成桁の適用が有効な支間比の提案（検討4）	2-79
2.6.1	検討ケース	2-79
2.6.2	検討結果	2-80
2.6.3	まとめ	2-81
2.7	まとめ	2-82
	参考文献	2-83
第3章	連続桁中間支点の設計曲げモーメントの評価方法	3-1
3.1	背景・目的	3-1
3.2	検討方針	3-1
3.3	文献調査	3-2
3.4	FEM 解析と骨組解析との比較検証	3-6
3.4.1	検討対象橋梁	3-6
3.4.2	鋼主桁モデル（補剛材なし）による検証	3-7
3.4.3	鋼主桁モデル（補剛材あり）による検証	3-19
3.5	まとめ	3-34
	参考文献	3-34
第4章	曲線橋および斜橋の実挙動の把握	4-1
4.1	概要	4-1
4.2	現状の設計法と課題	4-1
4.3	解析モデルと方針	4-3
4.3.1	モデル橋梁	4-3
4.3.2	解析方針	4-9
4.4	解析結果比較	4-13
4.4.1	反力比較	4-13
4.4.2	下フランジ応力度の比較	4-17
4.5	まとめ	4-20
	参考文献	4-20

第 5 章 二次部材の設計法に関する検討	5-1
5.1 概説	5-1
5.1.1 検討概要	5-1
5.1.2 検討目的	5-1
5.1.3 検討方針	5-2
5.2 現状の設計方法（二次部材の従来設計法のまとめ）	5-5
5.2.1 目的	5-5
5.2.2 対傾構・横構	5-5
5.2.3 支点上補剛材	5-6
5.3 対傾構および横構の省略に関する既往の研究調査	5-8
5.3.1 目的	5-8
5.3.2 調査方法	5-8
5.3.3 調査結果	5-8
5.4 FEM 解析による二次部材の評価 1（対傾構，横構）	5-12
5.4.1 目的	5-12
5.4.2 解析条件	5-13
5.4.3 解析結果	5-19
5.4.4 考察	5-24
5.5 FEM 解析による二次部材の評価 2（支点上補剛材）	5-25
5.5.1 目的	5-25
5.5.2 解析条件	5-25
5.5.3 検証方法	5-26
5.5.4 解析結果	5-26
5.5.5 考察	5-27
5.5.6 課題の抽出	5-28
5.6 まとめ	5-29
【付録】	
・現状の設計法のまとめ	5-30
・既往の研究調査票（対傾構，横構，支点上補剛材）	5-33
・Redundancy in Highway Bridge Superstructures (NCHRP Report 406) の概要	5-53

第 6 章 ケーブル等の安全率の評価と設定	6-1
6.1 検討概要	6-1
6.1.1 検討目的	6-1
6.1.2 検討方法	6-1
6.2 橋梁形式	6-1
6.2.1 PC 桁橋, ED 橋, 斜張橋の概要	6-1
6.2.2 道路橋示方書の安全率	6-5
6.2.3 鋼斜張橋の安全率	6-5
6.2.4 PC 斜張橋・エクストラードズド橋の安全率	6-5
6.3 斜材ケーブルの部分安全係数法による安全率の設定事例	6-9
6.3.1 土木学会の報告	6-9
6.3.2 中村, 藤井による研究	6-11
6.4 エクストラードズド橋の斜材ケーブルの終局荷重時の照査についての 提案	6-13
6.4.1 概要	6-13
6.4.2 斜材ケーブルが破断を想定した終局荷重時照査.....	6-13
6.4.3 検討のモデル	6-14
6.4.4 解析結果とその考察	6-19
6.4.5 まとめ	6-24
6.5 おわりに	6-25
参考文献	6-25
第 7 章 局部座屈と全体座屈の連成座屈に関する検討	7-1
7.1 検討概要	7-1
7.1.1 検討目的	7-1
7.1.2 検討方法	7-1
7.2 連成座屈に関する設計基準及び既往研究の調査	7-3
7.2.1 設計基準類	7-3
7.2.2 既往の研究成果	7-16
7.3 連成座屈解析	7-22
7.3.1 解析概要	7-22
7.3.2 解析環境確認のための検討	7-22

7.3.3	要素分割および残留応力に関する検討	7-26
7.3.4	材料構成則に関する検討	7-28
7.3.5	細長比に関する検討	7-30
7.3.6	断面諸元	7-32
7.3.7	材料構成則	7-33
7.3.8	初期不整	7-34
7.3.9	境界条件	7-36
7.3.10	検討ケース	7-37
7.3.11	数値計算方法	7-38
7.3.12	解析結果	7-38
7.4	連成座屈強度式	7-47
7.4.1	現行の連成座屈強度式の比較検証	7-47
7.4.2	連成座屈強度式の提案	7-52
7.5	まとめと今後の課題	7-73
	参考文献リスト	7-74

土木学会 鋼構造委員会

鋼橋の合理的な構造設計法に関する調査研究小委員会

委員名簿

委員長	野上 邦栄	首都大学東京 都市環境科学研究科
幹事長	山田 忠信	日本車輛製造株式会社 輪機・インフラ本部 技術部
委員	池末 和隆	株式会社 横河ブリッジホールディングス 総合技術研究所研究課
	大柳 英之	株式会社 東京鐵骨橋梁 取手工場生産本部設計部設計課
	岸 祐介	首都大学東京 都市環境科学研究科 都市基盤環境コース
	櫻井 英子	川田工業株式会社 橋梁事業部 東京技術部 設計一課
	志熊 隆	三井造船鉄構エンジニアリング株式会社 技術本部橋梁設計部
	白戸 真大	国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部橋梁研究室
	関 宏一郎	株式会社 ドーユー大地 大阪支社構造部
	園部 歩	株式会社 駒井ハルテック 技術本部橋梁設計部東京設計課
	高橋 章	西日本高速道路株式会社 関西支社建設事業部構造技術課
	橋 吉宏	中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 金沢支店道路技術部
	谷口 望	前橋工科大学 社会環境工学科
	津久井 友	JIP テクノサイエンス株式会社建設ソリューション事業部東京技術営業部
	趙 清	川田テクノシステム株式会社 東京本社 設計部
	徳力 健	新日本技研株式会社 東京支社 設計部
	中村 聖三	長崎大学大学院 工学研究科システム科学部門
	野阪 克義	立命館大学 理工学部 環境都市学系 都市システム工学科
	塙 喜久雄	株式会社 建設技術研究所 東京本社 構造部
	平山 博	大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所
	水口 知樹	国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部橋梁研究室
	由井 洋三	由井技術士事務所
連絡幹事	北根 安雄	名古屋大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻
旧委員	澤田 守	(当時) 独立行政法人 土木研究所構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ

(順不同・敬称略)