

I-A 333 ゲルバーヒンジを有する既設橋の載荷試験と補強対策について

北海道開発コンサルタント(株) 正員 菅原登志也
 北海道開発局開発土木研究所 正員 小林 将
 (株)長大 正員 田所 洋一
 (株)構研エンジニアリング 正員 池田 正夫

まえがき

平成6年2月の道路橋示方書の改訂に伴い、橋梁設計活荷重が38年ぶりに大幅に見直し改訂された。ゲルバーヒンジ部は、従来から構造的弱点として様々な問題の発生が指摘されている部位であり、設計活荷重増大の影響が最も大きいものと懸念されている。

桁切欠き部付近では、せん断力が大きくRフランジタイプより割り込みフランジタイプの方が構造的に有利であるとの報告もされているが、昨今の車両の大型化を考えれば、桁切欠き部に発生するせん断力が増大することになり桁切欠き部が損傷を受ける危険性が大きくなる。

そこで、割り込みフランジを有する桁切欠き部の耐荷力の判定と補強対策について検討するため、一般国道451号石狩川橋において実橋載荷試験を行い実応力の計測を行った。

本文は、実橋載荷試験（静的載荷試験）とFEM解析結果の比較に基づきゲルバーヒンジ部の有効な補強対策について報告するものである。

1. 橋梁諸元

橋梁諸元を下記に示す。

橋 梁 名：石狩川橋

路 線 名：一般国道451号

上部工形式：変断面ゲルバー鋼鈑桁橋

架 設 年 次：昭和37年

支 間：対象ゲルバー部（吊り桁）22.5m

適用示方書：昭和31年（1等橋）

2. 実橋載荷試験とFEM解析の比較

実橋載荷試験は、桁切欠き部に最大応力が発生するよう20tに調整したトラックを載荷させた。FEM解析は、載荷試験と同じ載荷位置に単位荷重による解析を行った。尚、本橋は当初より切欠き部の補強計画を有しており、補強前後において実験値と解析値の比較を行った。結果を表-1と図-1に示す。

		補強前	補強後	低減率
A	実測	280	56	0.20
部	解析	27	10	0.37
B	実測	184	176	0.96
部	解析	34	31	0.91
C	実測	29	34	1.17
部	解析	15	16	1.06

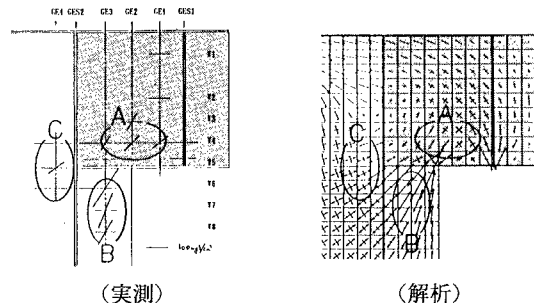


表-1 応力度の低減率

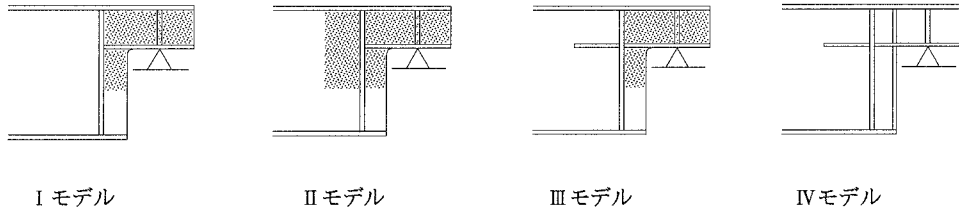
図-1 補強後主応力図

図-1の網掛け部は鋼板により増厚した部位である。A～C部にエリア分けした応力度の平均を比較すると、補強前後の主応力度の低減や応力方向の変化特性も同じ傾向を示しており、実測値と解析結果は、よく整合していると言える。

3. 補強対策の検討

- 以上の比較結果から補強対策の効果をFEM解析を基に比較検証する。補強対策の検討要素として、
- ①図－1の鋼板増厚部分では改善されなかったB部においても鋼板増厚補強を行う。
 - ②割り込みフランジを垂直補剛材から腹板方向に延長する。
 - ③垂直補剛材の腹板側に鋼板増厚補強を行う。
 - ④鋼板増厚は一切行わず、新たな補強フランジを隅角部腹板端部に鉛直方向に設置し、上フランジまで割り込ます。

以上の項目を組み合わせ、図－2に示すⅠモデル（①），Ⅱモデル（①＋②），Ⅲモデル（①＋③），Ⅳモデル（④）の4モデルについてFEMにより検証を行った。その結果を表－2に示す。



図－2 比較モデル概要図

モデル					モデル I					モデル II					モデル III					モデル IV				
要素番号	補強前	補強後	低減率	平均値	要素番号	補強前	補強後	低減率	平均値	要素番号	補強前	補強後	低減率	平均値	要素番号	補強前	補強後	低減率	平均値	要素番号	補強前	補強後	低減率	平均値
A	1250	-23	-10	0.43	0.37	0.38	14	-10	0.43	0.38	0.36	12	-10	0.43	0.81	21	1.17	0.81	1250	1250	1250	1250	1250	
	1258	16	6	0.38				6	0.38				7	0.44			21			1.31				
	1244	27	10	0.37				10	0.37				9	0.33			20			0.74				
	1252	35	14	0.40				14	0.40				12	0.34			24			0.69				
	1260	44	21	0.48				20	0.45				19	0.43			34			0.77				
	1255	17	4	0.24				5	0.29				5	0.29			9			0.53				
B	1263	24	7	0.29	0.43	0.41	11	8	0.33	0.41	0.39	9	6	0.25	0.53	11	0.46	0.53	1263	1263	1263	1263	1263	
	1265	73	31	0.42				29	0.40				27	0.37			19			0.26				
	1271	29	11	0.38				11	0.38				9	0.31			13			0.45				
	1279	21	9	0.43				9	0.43				8	0.38			13			0.62				
	1287	14	7	0.50				6	0.43				7	0.50			11			0.79				
	1402	11	7	0.64				2	0.18				5	0.45			5			0.45				
C	1418	16	12	0.75	0.72	0.26	5	0.31	0.26	0.53	8	0.50	0.49	8	0.50	0.49	1418	1418	1418	1418	1418			
	1426	17	13	0.76				5				0.29			9			0.53	9	0.53				

表－2 モデル別応力低減率

1386	1387	240	239	238	237	236	235	234	233	1183
1394	1393	248	247	246	245	244	243	242	241	1186
1402	1401	256	255	254	253	252	251	250	249	1189
1410	1409	264	263	262	261	260	259	258	257	1192
1418	1417	268	267	266	265					
1426	1425	272	271	270	269					
1434	1433	276	275	274	273					
1442	1441	280	279	278	277					

図－3 要素番号図

モデルⅠでは鋼板増厚を行ったB部、モデルⅡではC部の応力改善が図られている。モデルⅢではC部の鋼板増厚を行わなくても50%近く応力を低減することができ、割り込みフランジの重要性が確認された。モデルⅣは、鋼板増厚を行っていないため全体的に応力の低減は低いが、切欠き部（要素番号 1265）の応力集中は30%以下に低減された。しかし、割り込みフランジ上部の切欠き部（要素番号 1260）では、77%の応力低減に留まったためA部の補強を同時に行うことで応力集中の緩和には効果があると考えられる。

4. まとめ

ゲルバーヒンジ部の補強対策の効果を検証するため、実橋載荷試験とFEM解析により補強前後の応力比較を行った。さらに、補強箇所による応力低減範囲を明確にするため段階的な補強を行って、補強対策の有効性を確認した。

この結果からFEM解析は実橋載荷試験の結果とよく整合しており、補強対策を計画する場合解析値に従って良いことが確認された。補強範囲については、最大せん断応力を受ける構造部位のみの補強で応力集中を改善することは難しく、補強フランジを設置することで応力集中を効果的に低減できることが確認された。

今後は、適切な補強を行うため解析モデルを忠実に反映することはもちろんであるが、既設橋の補強はその殆どが厳しい施工状況下で行われるため、現場の施工性を配慮した設計へのフィードバックを確