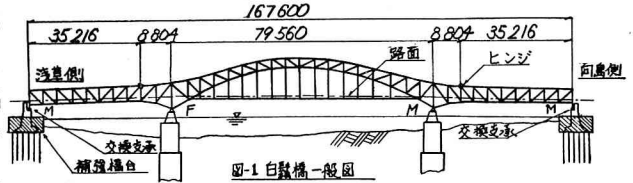


東京都 正会員 青木 重雄
住友重機 正会員 落合 重俊
住友重機 正会員 佐宗 正大

1. まえがき 東京都は隅田川筋の橋梁調査を数年にわたって行ない、昭和45年にその結果をまとめた。白鬚橋の場合、地盤沈下にともない橋台が前面移動し、支承がパラパットに密着していること、それが起因して部材が変形していること、



各部材に腐蝕がみられること、などが主な変状調査結果である。東京都は今後10年程度は交通規制を行わずに、供用させるという方針のもとに、本橋の補修計画を立案した。下部構造は橋台を補強することとし、昭和48年10月に工事を完了した。上部構造は支承に可動機能を与え、橋体の水平移動の拘束を解放することが急務であるとして、支承据替工事を計画した。当初より本橋の支承の据替えは、困難なことが想定されたため、種々の調査検討を行ない、工法の選定資料とした。以下、本文はそれらの調査結果と、工事の概要について述べるものである。

2. 変状調査 本工事にあたり、変状の実態を把握する必要があった。以下、主な調査結果を記す。(1) 側径間ローラー支承の上シュがパラパットに密着し、橋体の水平移動を拘束している(写真1)。上シュと下シュの中心のずれは100mm前後であった。支承の腐蝕も著しい。(2) 前記(1)が起因し、向島下流側に部材が座屈変形を起こしている。理論的には無応力部材であり、トラスの安全度には寄与しないが、支承を据替えるなど、水平移動の拘束を早急に解放する必要がある。(3) 斜材、垂直材に床版貫入部において著しい腐蝕がみられ、表面より2mm程度断面減少をきたしている。支承据替工事にあたっては、仮受時には部材力の変動、不確定力の作用等も想定され、断面減少を考慮して内部応力を調査する必要がある。

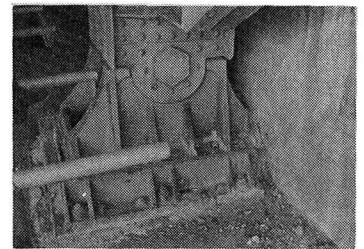


写真1 首のパラパットへの密着状態

3. 現橋素材の材料及び溶接性試験 本工事は工法の選択にかかわらず、現部材の補強が必要であり、本橋はリベット構造で複雑なことから、補強は溶接によるのは止むを得ないと考えた。補強方法の選定、許容応力の設定にあたって、素材の材質及び補強材との溶接継手性能の確認をする必要があり、各種の試験を行なった。以下、結果を記す。(1) 強度的にはSS41相当である。(2) SS41のJIS規格にくらべ、炭素、硫黄、リンの含有量が多い。(3) サルファーバンドと思われる線状偏析が存在する試験片がみられた。(4) 溶接性は特に問題はなく、溶接部の機械的性質も良好であった。

(5) マクロ試験において高温ワレの発生はみられず、すみ肉拘束ワレ試験においても、拘束ワレはみられなかった。

以上、溶接試験では異状は認められなかったが、材質的には硫黄、リンの含有量が多く、高温ワレが発生しやすい、衝撃値が低いことから、ワレが伝播しやすいことが考えられ、溶接には劣った材料であると判断された。

図3 素材の機械試験結果

記号	試験材寸法	降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %	衝撃値 kg-m	採取方向
No1	16.6×24.5	26.6	43.3	21.7	0.9 1.2 1.3	1.1 ロール方向
No1	16.6×24.7	26.6	43.3	21.0	0.9 1.2 1.3	1.2 ロール垂直方向
No2	12.1×24.7	—	51.9	16.4	1.6 1.8 2.0	1.3 ロール方向
No3	12.6×24.6	26.5	44.8	16.5	1.6 1.8 2.0	1.9 *

図4 素材成分分析結果

試験材 記号	含有量 %				
	C	Si	Mn	P	S
No1	0.17	—	0.52	0.048	0.033
No2	0.15	—	0.50	0.015	0.052
No3	0.30	—	0.46	0.008	0.013

従って、溶接補強部に欠陥が生じた場合、危腹をともなう工法はさけることとし、十分な溶接施工管理を行なうこととした。

4. 内部応力調査

腐蝕による断面減少を考慮して応力算出を行なう必要があり、工法の選択によっては、 V_1 部材下で仮受けすることも想定され、その場合の応力算

図5 各場合における部材応力

部材	現支点で支持されている場合				V_1 部材下で支持された場合			
	健全部材とした場合		断面減少を考慮した場合		健全部材とした場合		断面減少を考慮した場合	
	死荷重横力による応力	合計許容応力	死荷重横力による応力	合計許容応力	死荷重横力による応力	合計許容応力	死荷重横力による応力	合計許容応力
重	V_1 -700 $\pm$ 440 -1140 1357		-752 $\pm$ 440 -1192 1301	269 $\pm$ 305 574 1400	292 $\pm$ 379 671 1400			
	V_2 -782 $\pm$ 647 -1429 1102		-953 $\pm$ 788 -1741 1092	-1388 $\pm$ 482 -1870 1102	-1691 $\pm$ 587 -2278 1092			
直	V_1 -785 $\pm$ 1075 -1860 939		-1017 $\pm$ 1393 -2410 877	-1022 $\pm$ 802 -1824 939	-1325 $\pm$ 1039 -2364 877			
	V_2 -458 $\pm$ 1362 -1820 780		-658 $\pm$ 955 -2613 820	-726 $\pm$ 1016 -1741 798	-1041 $\pm$ 1458 -2498 820			
材	V_3 511 $\pm$ 1362 1873 1400		773 $\pm$ 2300 3073 820	-238 $\pm$ 1016 -1254 798	-342 $\pm$ 1457 -1799 820			
	V_4 -785 $\pm$ 1075 -1860 939		-1017 $\pm$ 1393 -2410 877	-540 $\pm$ 802 -1342 939	-699 $\pm$ 1039 -1738 877			
	V_5 -719 $\pm$ 591 -1301 1120		-859 $\pm$ 707 -1566 1114	-577 $\pm$ 441 -1018 1120	-690 $\pm$ 527 -1217 1114			

出も必要であった(図5)。応力算出は次の条件を考慮して行なった。(1)荷重は道示(1972)により、許容応力はSS41として算出する。(2)断面減少は斜材、垂直材について、表面より均一に2mmとする。(3)側径間部はボルトラスであるので横力を考慮する。調査の結果、現支点支持状態では次のことが推定できた。

(a)上下弦材は健全部材である。(b)斜材は腐蝕による断面減少がみられるが、健全部材と言える。(c)垂直材は V_6 部材を除き、許容応力超過となる。これは工断面を有し、圧縮部材であるため、許容応力が相当低減すること、横力による応力が大きく加算されることによる。以上のことが推定できたが、文献(1)の載荷実験によれば、各部材の実応力は定性的に理論値の50~60%であると報告されており、横桁、縦桁、床版等が主構と協同して荷重に抵抗しているものと思われ、実応力は理論値を相当下回っているものと推定される。

5. 支承据替工法の選定 当初、端横桁で仮受けすることを検討したが、支点部垂直材との連結部において、反力を主構へ伝達できないことが判明し、主構を仮受けせざるを得ないと考えられた。種々の条件を考慮した結果、図6の4工法が仮受け方法として考えられた。これらの中で、本橋の素材は溶接に対して劣ることから、補強溶接部に欠陥が生じた場合、危険をともなう工法はできるべきでなしとし、D工法を採用することとした。この場合、仮受時には図5の部材応力が生じ、現部材の補強が必要とされ、補強の対象として次の条件を考慮した。(1)横力による応力は考慮しない。(2)補強の必要対象応力として、20%割増しの二次許容応力を適用する。(3)仮受時に応力が減少する部材は補強の対象としない。上記条件より、 V_1 、 V_2 、 V_3 部材を補強することとし、補強断面は横力にも抵抗できる断面とした。補強溶接時は全面交通上を行ない、橋体の振動をさけて行なうこととし、技能優秀者を選定し溶接を行ない、種々の検査を行なうなど、十分な施工管理のもとで行なうこととした。また、ジャッキアップ時にも交通上を行なうこととし、仮受時は可動機能を有する仮支承で支持することとした。

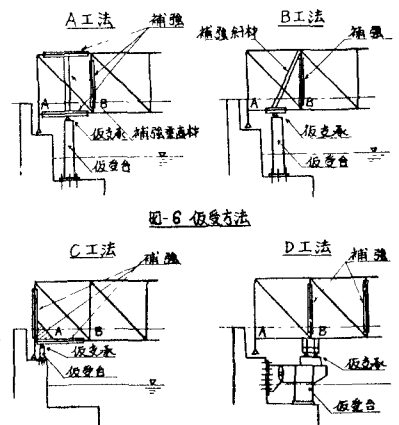


図6 仮受け工法

6. 工事概要と経過 垂直材の溶接補強後におけるカラーチェック等の検査結果は良好であった。仮受けアンカー部は地震時に引抜力が生ずるため、耐荷力実験を行ない、安全性を確認した。現支点反力 R_0 の状態を支承の据替えができるよう、B点をジャッキアップして仮支承をセットした。ジャッキアップ量は理論値の11.2mmに対し、実際は5~7mmで所定反力を得ることができ、このことから、実応力は理論値を下回っていることが推定できた。仮支承の設置状態は良好で、可動していることも確認された。旧支承を撤去し、内部等を調査したが、その腐蝕は著しく、ローテも腐蝕変形し、可動できない状態にあったことが確認された。新支承据付後、各測定を行なったが、旧支承と同じ状態に据替えを完了することができ、新支承は可動していることも確認された。

7. あとがき 工事経過は良好で、支承据替後は可動していることも確認され、補修の目的は十分果たされたものとする。本橋は橋台を補強したこと、支承を据替えたことにより、その健全度は相当増加したものであるが、今後も、その調査を進めつつ供用を考えて行く必要がある。

1) 東京都建設局「隅田川筋橋梁調査報告書」昭和45年

2) 青木他「白鷺橋橋台の補強」『橋梁と基礎』Vol.18 No.10 昭和49年