

大阪市立大学工学部 学生員○遠藤正隆 大阪市立大学大学院工学研究科 正員 北田俊行
大阪市立大学大学院工学研究科 正員 山口隆司 大阪市立大学大学院工学研究科 正員 松村政秀

1. まえがき 既設橋梁は、今後のますますの車両の大型化に伴い、設計計算上耐力不足となり補強が必要となる場合が想定される。これまで、鋼主桁の補強には、添接鋼板補強、およびケーブル補強が主に採用され、最近では、添接する鋼板にプレストレスを導入するポストテンション鋼板補強も有効な補強法として提案されている。また、AASHTO ではオートストレス設計法の考えが取り入れられ、これを応用した補強法が北田らによって提案されている。しかし、オートストレス法を補強工法として用いるには、部材断面の応力分布などその力学的挙動を十分に明確にする必要がある。そこで、本研究ではオートストレス法を応用した補強法の効果について、弾塑性有限変位解析プログラム EPASS¹⁾ を用いた解析により検討している。

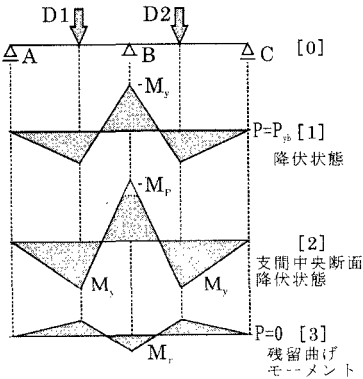


図-1 オートストレス法の各ステップにおける曲げモーメント図の変化

2. 本補強法の概要 オートストレス法とは、連続桁橋に超過荷重が作用すると、負の曲げモーメントが卓越する中間支点上で桁部材の一部が降伏し、さらに超過荷重により中間支付近で非弾性回転が生じる。これによる断面力再配分により、局所降伏の影響を自動的に調節する方法である(図-1[1]→[2]参照)。すなわち、降伏を超える荷重を载荷し、除荷を行うと、桁部材には残留モーメント(M_r)が生じる(図-1[3]参照)。この残留モーメントにより、その後の超過荷重を上まわらない作用荷重に対して桁は弾性応答する²⁾。ここで言うオートストレス法を応用した補強法とは、この概念を積極的に捉え直し、支点上のある部分の降伏を許容し、荷重除荷時に残留モーメントを発生させ、これにより補強効果を得ようとするものである。

3. 梁モデルを用いた解析的検討

(1)解析ケース オートストレスによる補強効果を検討するために、図-2 に示すような2径間連続梁モデルを対象として解析を行った。解析は、表-1 に示す3 ケースに対して行い、断面は図-3 に示すようにH 形とし、その断面寸法を表-2 に示す。case1 では、中間支点上を降伏させ、さらに载荷点が降伏するまで载荷を続け、その後除荷、再载荷を行った。case2 では、载荷点付近に鋼板を添接し、除荷の目安となる载荷点の降伏を遅らせた。case3 では、中間支点上に低材質の鋼板を添接し、梁自体は降伏させずに添接板のみを降伏させて再配分モーメントを発生させた。

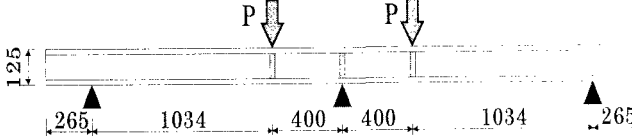


図-2 梁モデル(単位: mm)

表-1 解析ケースの概要

ケース	梁	鋼板	鋼板添接位置	降伏箇所
case1	SS400	—	—	中間支付近の梁
case2	SS400	SS400	载荷点近傍	中間支付近の梁
case3	SM490Y	SS400	中間支付近	貼付した鋼板

表-2 梁モデル断面寸法

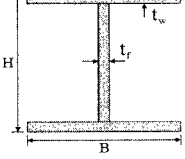


図-3 梁モデル断面図

载荷ケース	梁			鋼板
	H×B	t _f	t _w	L×B×t
case1	125×125	6.5	9	—
case2	125×125	6.5	9	334×125×9
case3	125×125	9	9	394×125×9

(2)結果 载荷点における、無次元化荷重—無次元化変位関係を図-4 に示す。無次元化は、载荷点における载荷荷重および鉛直方向変位を、それぞれの降伏荷重 P_y および降伏変位 δ_y で除すことによって行った。同図より、case1 と case2 とを比較すると、モーメントの再配分量が大きい载荷点付近に鋼板を添接した case2 のほうが、初期降伏後の载荷荷重の上昇が大きいことがわかる。そのため、残留変位を同じとしたとき、再载荷時の降伏強度の上昇率が case1 の 18% に対して

表-3 再載荷時の降伏強度と残留変位

載荷ケース	単調載荷		再載荷	
	降伏荷重 P_y (kN)	降伏変位 δ_y (mm)	降伏荷重(P/P_y)	残留変形(δ/δ_y)
case1	388.1	1.46	1.18	0.518
case2	431.2	1.31	1.25	0.558
case3	705.6	1.92	1.25	0.028

鋼板を添接した case2 では 25%と大きくなる。また、case3 における無次元化載荷荷重－無次元化作用モーメント（中間支点部）関係を図-5 に示す。無次元化は、中間支点上に添接した鋼板の初期降伏荷重 P_y およびその時の中間支点上断面に作用するモーメント M_y で除することによって行った。図-4 および図-5 より、中間支点付近に低材質の鋼板を添接すれば、梁自体の塑性化を防ぐことが可能であり、これにより残留変位を抑えて、モーメントの再配分が可能と言える。

4. 実橋への適用 対象橋梁は、支間長 65m の 2 径間連続ストラット付鋼単箱桁橋とした。載荷荷重は死荷重(D)とB活荷重(L)とした。中間支点上に着目し、解析では全荷重(D+L)を、荷重パラメータ α を用いて載荷した。対象橋梁は、中間支点上の断面を低減しており、 $\alpha=1.60$ で中間支点上が降伏し始め、安全率 1.7 を確保していない。そこで $\alpha=1.85$ まで荷重を載荷し、その後除荷および再載荷を行った。図-6 に示すように完全除荷時に圧縮側である下フランジに $\sigma=56.4$ (N/mm²)の引張応力が導入される。これは、ケーブル補強において $P=1069.0$ (kN)のプレストレスを導入した場合と同等である。また、設計荷重($\alpha=1.0$)載荷時の応力分布より単調載荷時には、下フランジに発生する応力が許容応力度を越えているが、オートストレス法により補強を行うことで、プレストレスの導入された下フランジの応力は、許容応力度内に収まる。残留変形は、降伏荷重が 15.6%上昇したとき、桁の降伏変位の 2%程度である。

5. まとめ 中間支点上の断面の一部の降伏を許容することで、モーメントが再配分され、再載荷時ににおいて降伏荷重が上昇する。そのため、中間支点上断面が非弾性回転した後に、曲げモーメントが最も大きくなる他の断面付近に、鋼板を添接し補強しておく、初期降伏後の載荷荷重の上昇率がアップする。これらのことから、不静定構造物である 2 径間連続梁においては、中間支点上が降伏するような超過荷重が一時的に載荷されても、その後、それを超えない荷重に対して梁自体は弾性的に挙動するため、変位が許容されるのであれば、既存の桁の補強は必ずしも必要とはならない場合も起こりうる。このように、何も特別に補強を行わなくてもよい場合で、オートストレス法による補強は有効であると考えられる。

参考文献

- 1) EPASS 研究会：EPASS マニュアル・利用編，1991 年 1 月。
- 2) 鋼構造の幅広い設計法および既設鋼構造物の評価に関する共同研究グループ：鋼構造の幅広い設計法および既設構造物の評価法(最終報告書)，土木学会関西支部共同研究グループ報告書，1996 年 7 月。

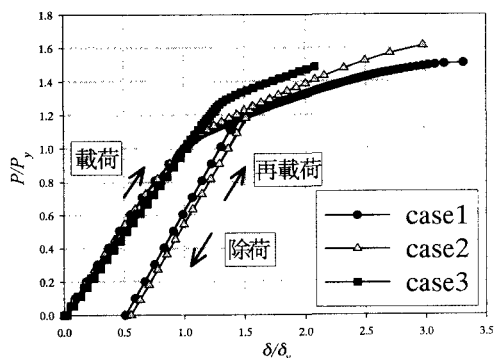


図-4 載荷点における無次元化荷重－無次元化変位関係

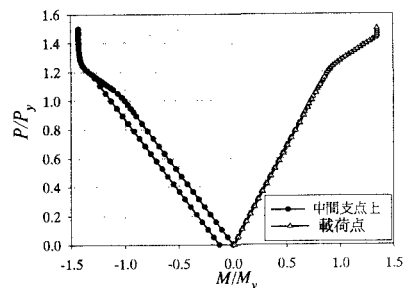


図-5 無次元化載荷荷重－無次元化作用モーメント関係(case3)

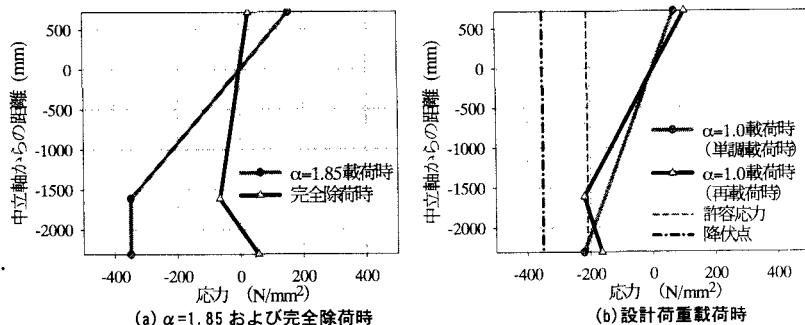


図-6 中間支点上断面応力分布