

I - A164

橋脚の補強最適化に関する基礎的研究

北海学園大学 正員 杉本博之

1. まえがき 阪神淡路大震災の後、全国的に橋脚の補強工事がなされている。その工事は、橋脚基部をコンクリートで巻つける基部補強か、橋脚本体全体を鉄板で巻つける全体補強が大部分である。既存の橋脚の設計時よりも大きな地震力が作用する可能性が明らかになったわけであるから、橋脚自身を補強するのは当然であるが、橋脚自身の補強は、また基礎構造に伝達する力が大きくなることを意味し、基礎構造を含めた全体的な補強がなされなければ、トータル安全性が上がらないことも明らかである。

橋脚自身の補強が設計荷重の増加に対応するものと考えれば、補強法は色々と考えられる。上記のように基礎構造の補強工事が施工的に難しいのであれば、基礎構造に対する影響が最小になるような補強法も考えられる。そこで本研究では、設計荷重の増加のもとで橋脚の補強が必要という状況を想定し、複数の目的関数を設定して、計算結果の考察を通じて橋脚の補強最適化について基礎的な検討を加えることを目的とする。

2. 研究の流れ いくつかの梁・柱(橋脚)構造を想定し、まず、ある設計荷重のもとで許容応力度がぎりぎりに満足される断面を決定する。許容応力度の式は、下記の単純な式を用いる。

$$\sigma = (\sigma_N + \sigma_M) / \sigma_a \leq 1 \quad (1)$$

ここで、 σ_N は軸力による応力度、 σ_M は曲げモーメントによる応力度、 σ_a は許容応力度である。

また、断面二次モーメント(I)、断面係数(W)と断面積(A)の関係は次式を用いる。

$$I = 2 \times A^2, \quad W = 1.5 \times A^{1.5} \quad (2)$$

つぎに、設計荷重が1割上昇したとして、その新しい荷重のもとで、すべての部材が許容応力度を満足するように部材の補強量 ΔA_i ($i=1-n$)を、次節の最適設計の問題として求める。

3. 最適設計問題の定義 本研究の最適化問題は、次のように定義される。

$$\bigcirc \text{ 目的関数} : O \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\bigcirc \text{ 制約条件} : g = \sigma(A + \Delta A) - 1 \leq 0 \quad (4)$$

$$\bigcirc \text{ 設計変数} : \{\Delta A\} = \{\Delta A_1, \Delta A_2, \dots, \Delta A_n\} \quad (5)$$

ここで、Oは目的関数であり、本研究では、以下の4種類の目的関数に対して解を求めた。

$$(1) \text{ 補強量最小} : O_1 = \sum_{i=1}^n \Delta A_i \times \ell_i \quad (6.1)$$

$$(2) \text{ 剛性最大} : O_2 = \delta_{TOP} \quad (6.2)$$

$$(3) \text{ 反力増加最小} : O_3 = \max \sqrt{(R_N / R_{N0} - 1)^2 + (R_M / R_{M0} - 1)^2 + (R_S / R_{S0} - 1)^2} \quad (6.3)$$

$$(4) \text{ たわみ性最大} : O_4 = 50 - \delta_{TOP} \quad (6.4)$$

ここで、 ℓ_i は補強されている部材の部材長、 δ_{TOP} は構造物の最上層部の水平変位、 R_{N0} 、 R_N 、 R_{M0} 、 R_M 、 R_{S0} 、 R_S は、それぞれ補強前、補強後のある橋脚基部の軸力、曲げモーメントおよびせん断力の反力である。

これらの各目的関数に対して、補強量は、8段階の離散量と考え、GA¹⁾を用いて解を求めた。

4. 数値計算例 数値計算の一例として、図-1~4に示す、2層4径間の構造の結果を示す。支間長は4@4m=16m、各層の高さは4mである。水平荷重は梁部4tf、中間部は1tf、垂直荷重は梁部20tf、中間部は5tfである。許容応力度は、1400kgf/cm²として計算している。

全応力設計の結果は、詳細は省略するが、例えば、中間橋脚の最基部は144.94cm²、最上層の梁は32.53cm²であった。荷重はすべて1割上昇すると考え、それに対する各部材の補強量は、0cm²から100cm²まで8段階の値を、

key words: 橋脚補強、反力最小、最適設計、GA

〒064 札幌市中央区南26条西11丁目、TEL 011-841-1161、FAX 011-551-2951

表－1のように与えた。表－1にはまた、対応する図示のための記号を示している。部材は、中間梁と最上層梁は各々等断面、柱は各々4つの部材よりなる変断面部材と考えて設計している。左右対称としているので、上記の最適化問題の設計変数の数は14となる。

計算結果の内、各目的関数のもとで最適化した場合の目的関数 $O_1 \sim O_4$ の値を表－2に、表－1の記号を用いて示した各部材の補強量を、各目的関数毎に図－1～4に示した。

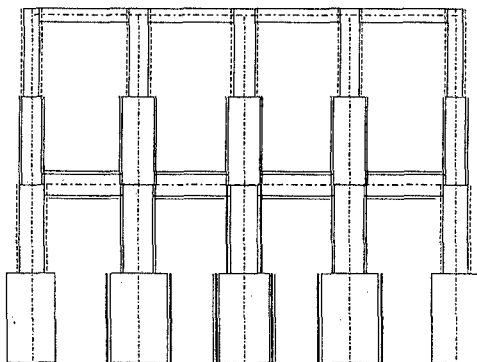
補強量最小の結果は、主に基部を補強する結果になっているが、反力の増分最小の結果に比べて補強量は1/5程度であるが、反力増分は3倍位大きくなっている。また、剛性最大の結果は、補強量に特に上限値を設けていないので、図－2に示すように全体的に補強されている。補強量は最も大いが、反力増分も、反力増分最小の結果に比べて3割位増加している。反力増分最小の結果は、橋脚間の荷重分配が良くなるように補強している。図－1～4において梁柱の幅は、全応力設計の結果に比例して示している。

表－1 補強量と記号

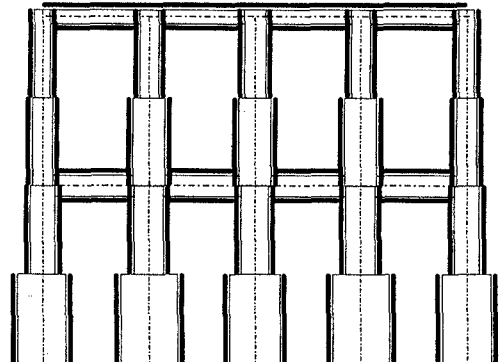
0	5	10	20	30	50	80	100
	—	—	—	—	—	—	—

表－2 目的関数の値

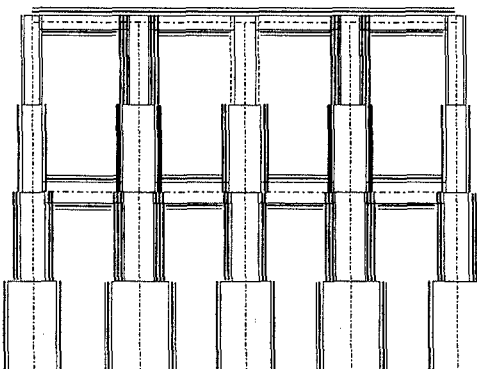
	$O_1(\text{cm}^2)$	$O_2(\text{cm})$	O_3	$O_4(\text{cm})$
目的関数－1	235	20.17	0.417	29.83
目的関数－2	2800	4.58	0.182	45.42
目的関数－3	1145	11.27	0.149	32.73
目的関数－4	260	20.47	0.677	29.53



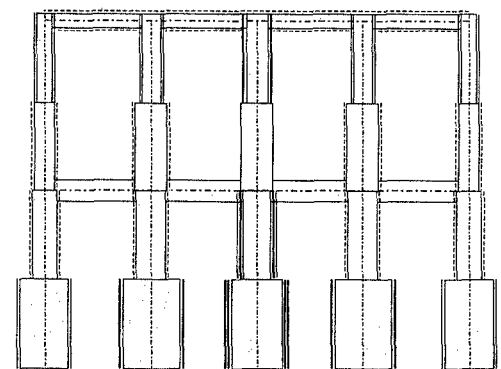
図－1 目的関数－1に対する補強



図－2 目的関数－2に対する補強



図－3 目的関数－3に対する補強



図－4 目的関数－4に対する補強

参考文献 1) LU Bianli・杉本博之：組合せ問題のための汎用GAシステムの構築に関する基礎的研究、土木学会第51回年次学術講演会講演論文集ⅠA、pp.928－929、1996。