

既設構造物への限界状態設計法の適用性の研究

㈱新日本技術コンサルタント 正員○ 駒田 幹久
 関西電力㈱ 正員 打田 靖夫
 関西電力㈱ 正員 内藤 栄康

1. ま え が き

既設コンクリート構造物の劣化診断において耐荷性の評価は重要であるが、その基本となるコンクリート標準示方書（以下「示方書」と呼ぶ）が改訂され、限界状態設計法が導入された。示方書の内容は主として、これから新しく設計される構造物を対象としたものであるが、既設構造物の場合、新しく設計される構造物とは異なった点もある。たとえば寸法・配筋調査等により設計図との施工誤差は把握可能であることや、材料強度データーは実際の構造物を測定して得られたものであることなどがこれらに挙げられる。

そこで既設構造物の耐荷性評価に限界状態設計法の考え方を導入した実用的な手法の確立を目的に検討を行った。

検討は水路橋モデルを作成し、終局限界状態の、安全係数の感度分析および許容応力度設計法とのキャリブレーションを中心に行った。本文はその検討の手法および現在までの成果を示すものである。

2. 検討の手法

検討のフローを図-1に示す。検討はモデル水路橋を対象に、まず安全係数の感度分析（注1）を行い、どの安全係数を変化させることが、構造物安全率に与える影響が大きいか調べ、そののち、許容応力度設計法とのキャリブレーション結果を参考とし、安全係数標準値の設定を試みた。

3. 検 討 結 果

(1) 材料係数および荷重係数の感度分析結果

曲げ照査時のコンクリートの材料係数 γ_c 。

（注1）
と鉄筋の材料係数 γ_s 変化の構造物安全率への影響の度合を表-1に示す。また、せん断照査時の γ_c と γ_s 変化の構造物安全率への影響の度合を表-2に示す。

上部工においては曲げ照査時・せん断照査時とも γ_c よりも γ_s 変化の方が構造物安全率への影響の度合が大きい。

一方下部工の曲げ照査時においては曲げモーメントと軸力比によって γ_c 変化と γ_s 変化の影響度合が異なり、軸力の支配的な部材では γ_c 変化の方が構造物安全率への影響度合が大きくなる。

また下部工せん断照査時においては下部工のスターラップ量が少ない場合は γ_s よりも γ_c 変化の構造物安全率への影響度合が大きくなる結果となった。

図-1 検討のフロー

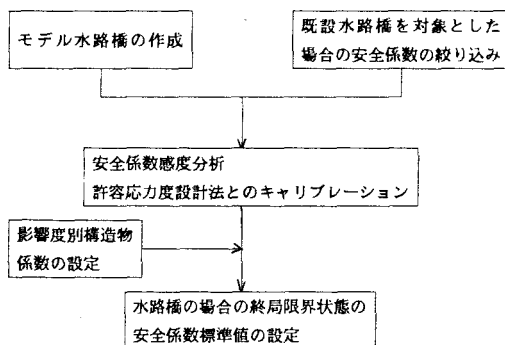


表-1 曲げ照査時における γ_c と γ_s 変化の構造物安全率への影響の度合

部 材	上部工・桁 供用時・ 地震時	下部工・柱	下部工・壁	下部工・柱
計算ケース	供用時 地震時	地震時	地震時	供用時
曲げモーメント 係数 γ_c の変動比 ^(注2)	0.003	0.003	0.013	0.064
γ_s の変動比 ^(注2)	0.076	0.070	0.067	0.017
γ_c の変動比 γ_s の変動比	1/25	1/23	1/5	3.8

表-2 セン断照査時における γ_c と γ_s 変化の構造物安全率への影響の度合

部 材	$\frac{V_{cd}}{V_{cd}+V_{sd}}$	γ_c の変動比	γ_s の変動比	$\frac{\gamma_c\text{の変動比}}{\gamma_s\text{の変動比}}$
橋脚・柱	0.773	0.023	0.018	1.3
橋脚・梁	0.675	0.019	0.028	1/1.5
上部工・桁	0.441	0.013	0.043	1/3.3
上部工・桁	0.155	0.005	0.066	1/13

 V_{cd} ：コンクリートのみで受け持つせん断耐力 V_{sd} ：スターラップで受け持つせん断耐力

荷重係数変化による構造物安全率への影響の度合を表-3に示す。この表の鉛直荷重は死荷重・水荷重・雪荷重の総和を考慮しており、水路橋の場合バラツキの大きな鉛直荷重がないのが特徴である。上部工と下部工で荷重係数変化による構造物安全率への影響の度合は大きく異なる。下部工では鉛直荷重の荷重係数を変化させるよりも地震荷重の荷重係数を変化させる方がむしろ構造物安全率への影響が大きい結果となった。

表-3 荷重係数変化による構造物安全率への影響の度合

	上部工・桁		下部工・壁	
変化させる荷重係数 γ_i	鉛直荷重の荷重係数 γ_{1i}	地震荷重の荷重係数 γ_{2i}	鉛直荷重の荷重係数 γ_{1i}	地震荷重の荷重係数 γ_{2i}
γ_i の変動比 ^(注2)	0.083	0.008	0.084	0.096
荷重係数の変動比				

(2) 許容応力度設計法とのキャリブレーション結果

本検討の絞り込みを計った終局限界状態の安全係数を表-3に示す。安全係数のうちここで用いた材料係数は示方書の材料係数に配慮されている内容とは異なった内容をカバーするためのものとして用いている。まずコンクリートの材料係数についてであるが、ここでは非破壊試験値より圧縮強度の特性値を求めることとしており、その非破壊試験データのバラツキをカバーするための係数として用いている。鉄筋の材料係数は調査で把握できない部分の鉄筋の断面減少を安全側に考慮するための係数であり、調査により既知となった他個所の鉄筋の腐食状況とひびわれ・はく落等の劣化状況から設定することとしている。

荷重係数のうち死荷重・水荷重の荷重係数は、既設水路橋の場合、実際の部材の寸法調査を行えば死荷重・水荷重は精度よく把握可能であることを考え、示方書に示された1.0～1.2の下限值に近い値としている。雪荷重の荷重係数については、感度分析で構造物安全率への影響はほとんどない結果となったため、それより若干大きな値としている。これらの安全係数を用いて許容応力度法と同程度の安全度が得られる構造物係数 γ_1 は表-5のようとなった。供用時に断面決定される部材と地震時に断面決定される部材とで、構造物係数は異なるが、水路橋の場合使用限界状態の照査を行うことを前提として地震時に断面決定される部材のキャリブレーション結果の採用を考えている。

4. あとがき

ここでは終局限界状態についての検討を行ったが、今後使用限界状態についても検討を進めたいと考えている。

(注1)
構造物安全率 = $\frac{\text{設計耐力}(R_d)}{\text{設計作用力}(S_d)}$
(注2)
変動比とは次式で求められた値を示す
着目する安全係数 - 着目する安全係数が0.1変化した場合の構造物安全率の変化
係数の変動比

表-4 終局限界状態の安全係数とその値

安全係数	供用時	地震時
材料係数	コンクリート γ_c	1.3
	鋼材 γ_s	1.0～1.3
部材係数 γ_b	曲げ又は曲げ+軸力 せん断	1.15
	コンクリート 鋼材 1.30 1.15	1.30 1.15
荷重係数 γ_i	死荷重	1.05
	水荷重	1.05
	雪荷重	1.1
	土圧	1.2
	地震荷重	1.0
構造物解析係数 γ_a	1.0	1.0
荷重組合係数	すべて 1.0	雪荷重に対してのみ0.5、 その他は1.0

表-5 許容応力度法と同程度の安全度が得られる構造物係数

対象部材	断面決定 ケース	許容応力度法結果 鉄筋の発生応力度	限界状態法結果 構造物安全率	備考
上部工・桁	供用時 (常時)	1,400kgf/cm ²	1.44	SR24
下部工・フーチング	供用時 (常時)	1,400kgf/cm ²	1.35	SR24
下部工・壁	地震時	3,003kgf/cm ²	1.06	SD35