

首都高速道路技術センター 正会員 吉沢 勝
東京大学生産技術研究所 F会員 魚本 健人

1. はじめに

現在、土木学会では耐久性を考慮したコンクリート構造物の設計法、すなわち耐久設計法^{1) 2)}が提案されている。しかし、道路橋等に耐久設計を適用しようとする場合には、荷重の繰返しによる疲労の影響を考慮する必要があるが、耐久設計法では疲労による影響は採り上げられていない。そこで本研究では、コンクリート道路橋における大型車交通量に着目し、疲労荷重を考慮した耐久設計法の検討を行った。

2. 検討方法

コンクリート構造物の耐久性照査は、コンクリートの品質や部材の形状、施工方法等によって算定される耐久指数 T_p が要求されるメンテナンスフリー期間や塩分、凍害の影響によって算定される環境指数 S_p 以上であることを確かめることによって行われる。このことは、構造物に要求されるメンテナンスフリー期間以上の耐久性を持たせることであり、構造物の耐久性としては耐久指数が環境指数と等しくなる期間すなわち補修までの期間の耐久性を保持していることを表す。

したがって、本研究では既に補修工事のなされたコンクリート道路橋の補修部材を対象とし、新設時のデータを用いて参考文献1)に基づき各項目ごとに耐久性ポイントの算定を行うとともに、大型車交通量を項目として加えた。標準的な環境条件における環境指数値 S_0 は10年を0、50年を100とされているが、その他の記述がされていないためその間を直線と仮定して、

$$S_0 = 2.5Mf - 25 \quad (1)$$

Mf : メンテナンスフリー期間 (年)

と考えることとした。

3. 検討結果

図2に耐久設計法の算定式による環境指数 S_p と耐久指数 T_p の関係を示す。ここで環境指数の算定に用いた補修までの期間からは耐久指数が環境指数と等しくなるものと考えられる。しかしながら、図2ではいずれも環境指数より耐久指数が大きな値となっており、耐久指数がメンテナンスフリー期間を過大に評価していることとなる。そこで、耐久性ポイントに大型車交通量を入力項目として加えて、環境指数を教示値として階層型ニューラルネットワークを用いて教示値と推定値の差が微少になるように学習を行った。

学習によって得られた重みデータを用いて、学習に用いたデータのそれぞれ平均値を入力し、大型車交通量の値のみを学習範囲内で変化させたときの推定耐久指数の変化が図3である。この図から大型車交通量が耐久性におよぼす影響をみることができ、その近似曲線によって、

$$\Delta T_p = -6 \times 10^{-6} tr^2 + 0.0029 tr \quad (2)$$

ΔT_p : 耐久指数の変化量

tr : 大型車交通量 (台/日・車線)

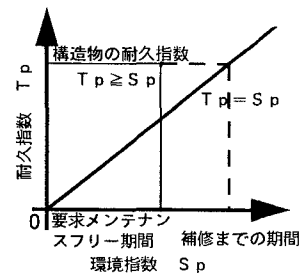


図-1 耐久設計概略

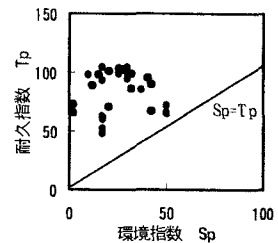


図-2 耐久設計による算定

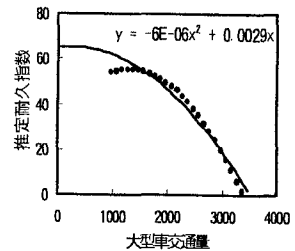


図-3 交通量の影響

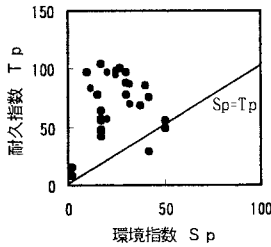


図-4 交通量を考慮した場合

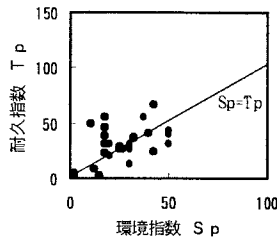


図-5 既存項目を考慮した場合

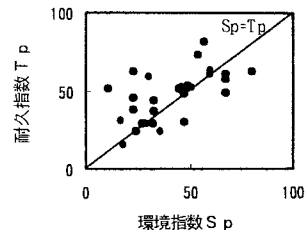


図-6 交通量の影響を環境条件の増分値とした場合

表-1 データの変更範囲

で変化することがわかる。式(2)を用いて交通量を考慮した耐久指数と環境指数の関係を示すと図2は図4のようになる。しかしこの図では、交通量の多いデータでは環境指数の値に近くなったが、交通量の少ないデータではあまり変化がみられていない。

入力項目	設定範囲	検討データ範囲	変更データ範囲
ワーカビリティ	35～-30	5～-16	2～-55
堅硬性	20～-15	18～-5	25～-10
単位水量	10～-25	5～-14	5～-28
かぶり	30～-30	30～-8	4～-38
鉄筋段数・あき	15～-35	15～-17	0～-15
用心鉄筋	10～-0	10～-0	1～-0
運搬・打込み・締固め	20～-45	18～-0	3～-0

そこで今度は、交通量以外の既存項目の影響についてもみることにした。大型車交通量の場合と同様に、ワーカビリティ、堅硬性、単位水量、かぶり、鉄筋段数・あき、用心鉄筋、運搬・打込み・締固めの各項目の値をそれぞれ変化させたときの推定耐久指数と耐久性ポイントの関係から、これらの影響の程度を近似曲線で表して耐久性ポイントを表1のように変更し、耐久指数と環境指数の関係を示したものが図5である。

図5と図4をくらべることによって、交通量の影響が大きかったデータは他の要因の影響をあまり受けておらず、逆に交通量の影響が小さかったデータは他の要因の影響によって環境指数に近づいていることが明らかとなる。すなわちこれは、ニューラルネットワークによる学習によって得られた各項目の重みデータが、各要因の複雑な相互影響を反映しているものと考えることができる。

また、交通量の影響を耐久指数の変化量として検討を行ってきたが、交通量の影響は本来環境条件の増分値として考えるべきものとして

$$\Delta Sp = 6 \times 10^{-6} tr^2 - 0.0029tr \quad (3)$$

ΔSp : 環境指数の増分値 tr : 大型車交通量 (台/日・車線)

とすると、耐久指数と環境指数の関係は図6のようにして評価することができた。

4. まとめ

コンクリート道路橋における大型車交通量に着目し、ニューラルネットワークを用いて疲労荷重を考慮した耐久設計法について検討を行った。その結果、次のようなことが明らかとなった。

- (1) ニューラルネットワークを用いることによって、要因の相関を含めた各要因ごとの影響を定量的に評価することができた。
- (2) 大型車交通量がコンクリート構造物の耐久性におよぼす影響を明確にし、環境指数の増分値として定量的に評価することができた。
- (3) 耐久設計に用いられている各要因が耐久性におよぼす影響を明らかにすることができた。
- (4) 耐久設計を適用する場合には、このような検討を行って得られた影響を考慮し、算定式の変更等によって適用する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物の耐久設計指針（試案）、コンクリートライブラリー第65号、1989.8.
- 2) 土木学会：コンクリート構造物の耐久設計指針（案）、コンクリートライブラリー第82号、1995.11.
- 3) 増田、吉沢、矢島、魚本：ニューラルネットワークによる耐久性ポイントに関する一考察、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第5部、pp.260-261、1995.9.