

コンクリート構造物の耐久設計に関する基礎研究 (2)

——疲労荷重を劣化外力として考慮した場合——

Influences of Parameters in Durability Design of Concrete Structures (2)

—— Consideration of Fatigue Load as Deterioration Force ——

吉 沢 勝*・加 藤 佳 孝**・魚 本 健 人**

Masaru YOSHIZAWA, Yoshitaka KATO and Taketo UOMOTO

1. はじめに

著者らは既に、ニューラルネットワーク手法を用いて疲労荷重の耐久性へおよびす影響の検討を行い、コンクリート構造物の耐久性の評価要因として、疲労荷重の影響を考慮することで耐久設計法の改善を試みた¹⁾。しかしながらこの結果は、評価方法の改善がみられたものの、バラツキを多く残す結果となった。また、感度解析を行うことによって耐久性に対して影響の大きい項目を把握しようと試みた²⁾が、入力項目のいくつかが実現現象にそぐわない結果となった。そこで本研究では、疲労荷重の影響に関する検討を進めるとともに、疲労荷重を要因として考慮したときの他の要因の影響についても検討を行った。

2. 検討方法

耐久設計法³⁾を簡略に表すと図1のようになる。コンクリート構造物の耐久性照査は、部材の各部において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の耐久性を保持していることを表す。このことから耐久指数が環境指数と等しくなる期間とは、構造物の補修までの期間であると考えられることができる。

したがって、本検討ではすで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て行った。検討データは、これらの構造物の新設時のデータを用いて耐久設計法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。ここで、構造物

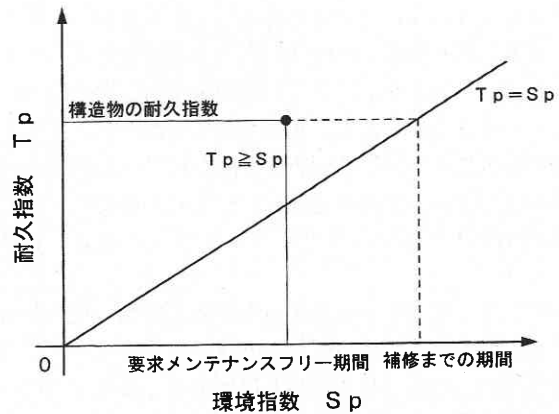


図1 耐久設計法

のメンテナンスフリー期間を竣工から補修までの期間として環境指数を算出した。コンクリート構造物の補修の時期は構造物の重要度等によって、表面ひび割れの間隔や幅等を判定基準として決定されており、耐久設計法で取り上げられている補修条件とは一致しないかもしれないが、両者は同義であるとして検討を行うこととした。

また、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

と考えることとした。

ニューラルネットワークとしては出力値が中間層を介して適当な重み付けで入力値と結合している階層型ニューラルネットワークと呼ばれるモデルを用いた。このニューラルネットワークに耐久性ポイントおよび大型車交通量を入力値として、得られる推定耐久指数と環境指数との差が最

* (財) 首都高速道路技術センター

** 東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報
 小となるように学習を行い、学習結果から得られる重みを用いて疲労荷重および各項目の影響についての検討を行った。

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、図 2 に示した環境指数は耐久設計法本来の“要求メンテナンスフリー期間”から算定した環境指数ではなく、“補修までの期間”から算定した環境指数である。本来耐久設計法は耐久指数が環境指数以上であることを確かめることによって行われるものであるが、ここで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。ただし、ここでは疲労荷重がコンクリート構造物の耐久性におよぼす影響が考慮されていないため、耐久性ポイントに大型車交通量を項目として加えて、環境指数を教示値としてニューラルネットワークによる学習を行った。

学習によって得られる推定耐久指数と環境指数の関係を図 3 に示す。この図から、ニューラルネットワークによる学習効果によって、耐久指数と環境指数とは非常に高い相関を示すようになったことがわかる。

この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 4 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、

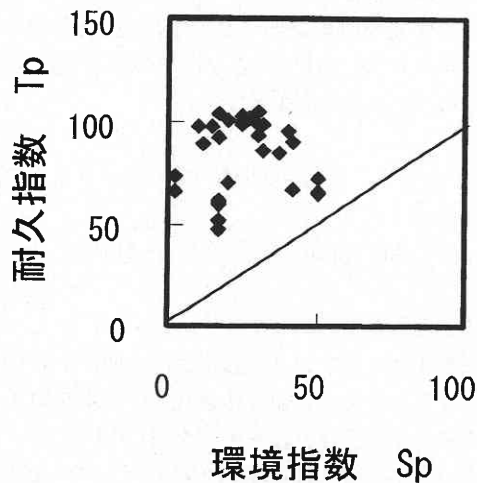


図 2 環境指数と耐久指数

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

ΔT_p : 耐久指数の変化量
 tr : 大型車交通量 (台/日・車線)

で変化することがわかる。この式を用いて各々の交通量により変化させた耐久指数と環境指数の関係を示すと図 2 は図 5 のようになる。個々のデータはその交通量の影響によって変化し耐久指数が減じている。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。すなわち耐久指数と環境指数との差異は大型車交通量の影響のみでは表せていないこととなる。

そこで今度は交通量以外の他の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、学習に用いたデータの平均値を入力し、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・打ち込み・締め固めの各項目の値をそれぞれ変化させたときの

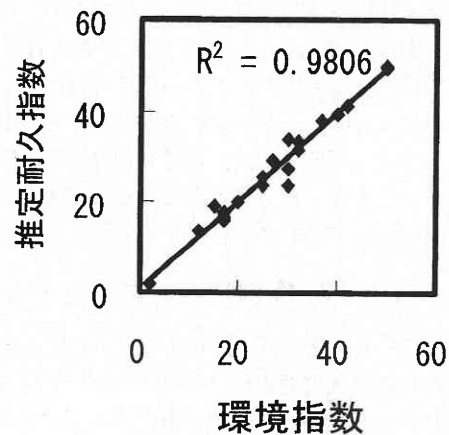


図 3 学習結果

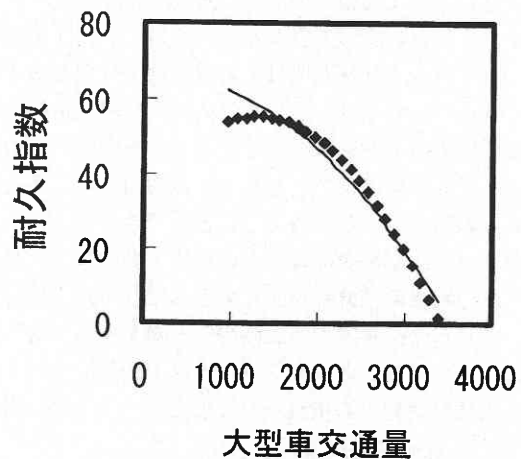
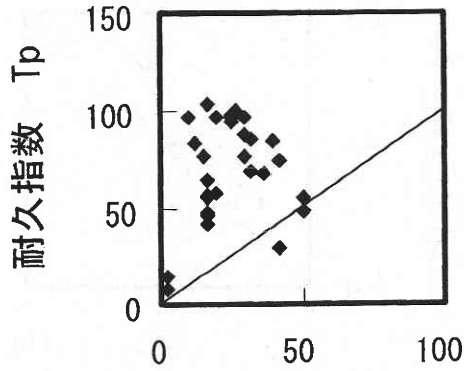


図 4 大型車交通量の影響



環境指数 Sp

図5 交通量の影響だけを考慮した場合

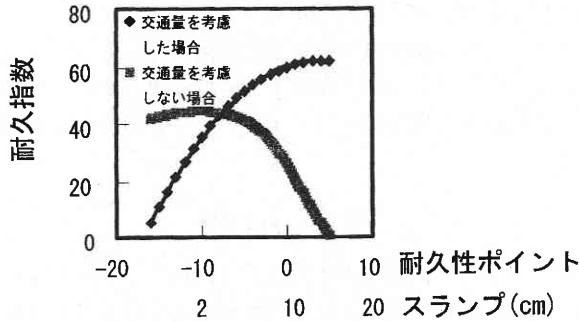


図6 ワークアビリティの影響

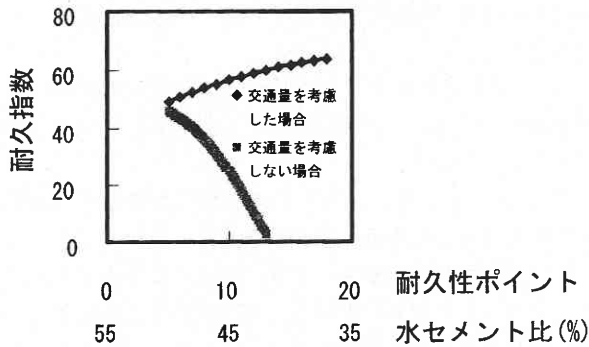


図7 堅硬性の影響

耐久指数と耐久性ポイントの関係を図6から図12に示す。図には本検討によって得られた結果を交通量を考慮した場合、参考文献2)の結果を交通量を考慮しない場合として記した。これらの図より大型車交通量を考慮することによって、実現像にそぐわない傾向を示していた項目が実現像とあうようになっていることがわかる。また、ここであげなかった項目については入力値に変化がなかったため、影響がないものと考えて検討項目から除外した。これらの影響の程度を近似曲線で表し、表1に示す式で耐久性ポイ

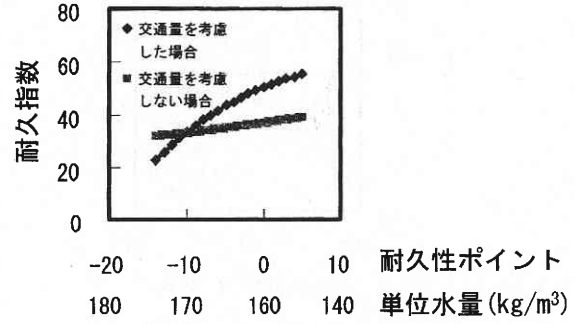


図8 単位水量の影響

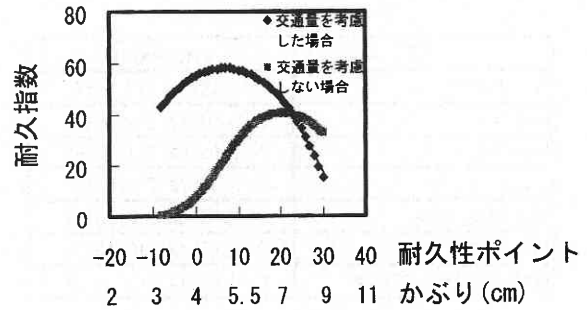


図9 かぶりの影響

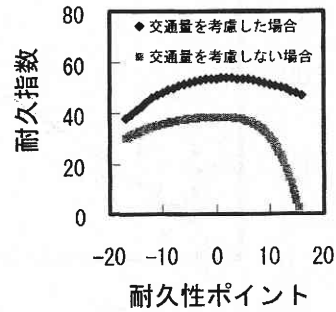


図10 鉄筋段数・あきの影響

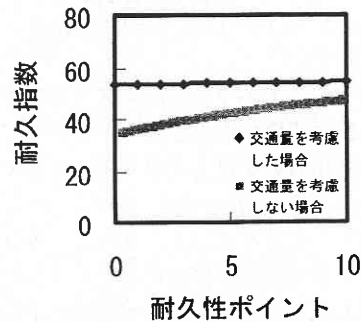


図11 用心鉄筋の影響

研究速報

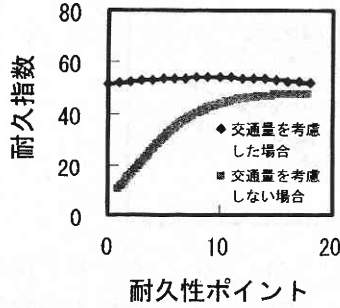


図12 運搬・打込み・締固めの影響

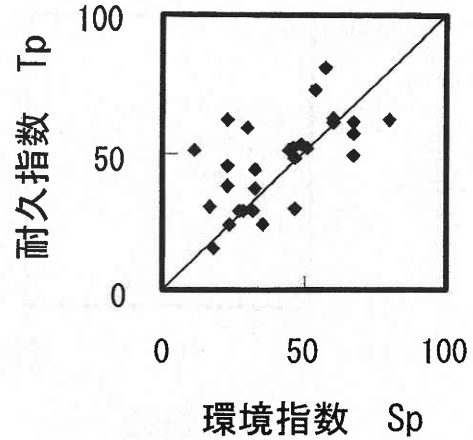


図14 交通量を環境指数の増分値とした場合

表1 各項目の影響度

項目	近似曲線式
ワーカビリティ	$Y = -0.1521X^2 + 0.997X$
堅硬性	$Y = -0.0442X^2 + 2.1613X$
単位水量	$Y = -0.0576X^2 + 1.1786X$
かぶり	$Y = -0.0757X^2 + 1.014X$
鉄筋段数・あき	$Y = -0.0415X^2 + 0.2012X$
用心鉄筋	$Y = -0.0074X^2 + 0.1871X$
運搬・打込み・締固め	$Y = -0.0301X^2 + 0.5676X$

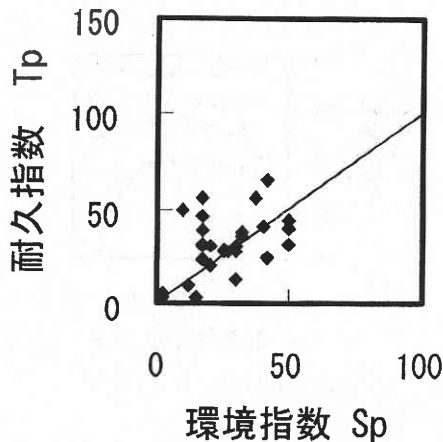


図13 各要因の影響を考慮した場合

ントを変化させて、大型車交通量による影響を加味した耐久指数と環境指数の関係を表したものが図13である。

この図より各項目の影響を考慮することによって耐久指数が減じており、環境指数の値に近づいていることがわかる。ここで図5と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、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、大型車交通量の影響は環境条件として与えられるべきものであると考え、環境条件の増分値とすると耐久指数と環境指数の関係は図14のようにして評価することができる。

4. ま と め

コンクリート構造物の耐久性設計法について各要因の影響についての検討を行った。それによって以下のようなことがわかった。

- (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) 耐久設計法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。(1995年12月19日受理)

参 考 文 献

- 1) 吉沢勝, 魚本健人: ニューラルネットワークを用いた耐久設計におよぼす疲労荷重の影響に関する基礎検討, 生産研究 第47巻 第9号, 1995.9.
- 2) 加藤佳孝, 吉沢勝, 魚本健人: コンクリート構造物の耐久設計に関する基礎研究(1), 生産研究 第48巻 第3号, 1996.3.
- 3) 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, 1989.9.