

大型車交通量を考慮したコンクリート構造物の 耐久設計に関する研究

魚本健人¹・吉沢 勝²・増田克洋³・加藤佳孝⁴

¹フェロー会員 工博 東京大学教授 生産技術研究所第五部 (〒106 東京都港区六本木7-22-1)

²正会員 (財)首都高速道路技術センター 開発研究部 (〒105 東京都港区虎ノ門1-1-21)

³正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ(株) 大阪本社 (〒532 大阪市淀川区西中島4-3-24)

⁴正会員 東京大学助手 生産技術研究所第五部 (〒106 東京都港区六本木7-22-1)

耐久設計とは、コンクリート構造物が供用期間中に十分な耐久性を保持することを確認する耐久性に対する検討のことである。耐久設計を道路橋等に適用する場合には疲労荷重による影響を考慮する必要があるが、疲労荷重を劣化外力としたときの評価方法は耐久設計に取り上げられていない。そこで本研究ではニューラルネットワークを用いて各要因の感度解析を行い、耐久設計において疲労荷重として大型車交通量を劣化外力としたときの評価方法について検討を行った。検討の結果、ニューラルネットワークを用いて大型車交通量の影響を明らかとし、定量的に評価することが可能となった。

Key Words : durability design, fatigue load, concrete structure, road bridge, traffic volume, neural-network

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の維持管理が重要な課題となり、耐久性に優れたコンクリート構造物の建造が望まれている。そこで、コンクリート構造物の設計には耐久性を考慮した耐久設計を行うための耐久設計指針^{1)・2)}が土木学会より提案されている。耐久設計は、構造物がおかれる環境条件や要求されるメンテナンスフリー期間に対して、材料、設計および施工の要因から構造物の耐久性を検討するものであり、この耐久設計指針には耐久設計の基本的な考え方が示されている。

しかし、この耐久設計をさらに広く一般に適用し、耐久的なコンクリート構造物を建造していくためには、これら耐久設計指針に取り上げられていない各構造物の特徴にあった項目を取り込んだ設計法とし、実情に合った設計を行うことが重要である。例えば道路橋のような構造物に対して耐久設計を適用する場合には、疲労の影響による耐久性の低下を検討することが不可欠であると考えられるが、この耐久設計では取り上げられていない。しかし、これらの要因が構造物の耐久性に与える影響を

把握し、他の要因の影響と整合するよう定量的に評価することは大変に困難な作業である。

一方、ニューラルネットワークは、理論的に推定が難しい問題に対してもデータを収集して学習させることで対応することが可能であり、学習後の感度解析によって影響因子の抽出とその定量的な評価を行うことが可能な手法である^{3)・4)}。

そこで本研究では、耐久設計指針(試案)¹⁾(以下、耐久設計指針と略す)をもとにコンクリート道路橋データを収集し、ニューラルネットワークによる感度解析を行って、疲労荷重としての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について明らかにするとともに、疲労荷重として大型車交通量を考慮した耐久設計法について検討を行った。

2. 耐久設計指針(試案)の概要

新たにコンクリート構造物を建造する場合、構造物の耐久性確保のための一基準として、以下に示す耐久設計法が土木学会によって提案されている。耐久設計法の基

表-1 耐久性ポイント項目 $T_p(I, J)$ ¹⁾

I	J	項目	$T_p(I, J)$
1	【コンクリート材料】		
	1	セメント	10~ 0
	2	骨材の吸水率	8~-10
	3	骨材の粒度	0~-5
	4	混和材料	20~-15
2	【コンクリートおよび補強材】		
	1	ワーカビリティ	35~-30
	2	堅硬性	20~-15
	3	単位水量	10~-25
	4	塩化物含有量	5~-30
	5	コンクリート製造工場の管理状態	10~-10
	6	防錆した補強材	$T_p(4,2)$ を修正
3	【設計ひびわれ】		
	1	温度ひびわれ指数	10~-20
	2	曲げひびわれ幅	10~-20
4	【部材の形状・鉄筋詳細・設計図】		
	1	部材の形状・寸法	$T_p(2,1)$ で考慮
	2	かぶり	30~-30
	3	鉄筋の段数およびあき	15~-35
	4	用心鉄筋	10~ 0
	5	打継目	0~-25
	6	設計図	0~-30
5	【コンクリート工】		
	1	主任技術者	20~-5
	2	受入れ	5~-5
	3	運搬・打込み・締固め	20~-45
	4	表面仕上げ・養生	5~-40
	5	打継目の施工	$T_p(4,5)$ を修正
6	【鉄筋工・型枠・支保工】		
	1	鉄筋加工	5~ 0
	2	鉄筋の組立て	5~-20
	3	型枠	20~-15
	4	支保工	5~-5
7	【PC工の補足事項】		
	1	技術者の経験・資格	0~-5
	2	グラウトの材質	5~ 0
	3	後埋めコンクリートの品質	0~-5
	4	グラウトの施工方法	0~-5
8	【防護工】		
1	表面防護工	20~ 0	

本的な概念は式(1)に示されるように、耐久指数 T_p が環境指数 S_p 以上であることを確かめることにより行うものである。

$$T_p \geq S_p \quad (1)$$

ここで、環境指数 S_p は、構造物がおかれる環境条件・要求されるメンテナンスフリー期間を考慮して式(2)に

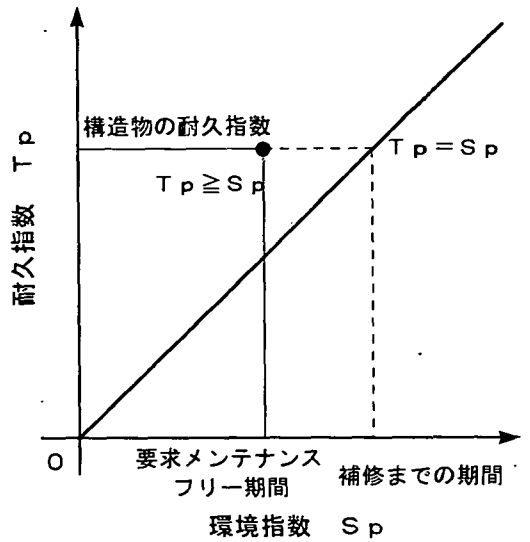


図-1 耐久設計イメージ

より算定される。メンテナンスフリー期間とは、目視観察等により耐久であると判断でき、全く補修しなくてもよい状態のことである。

$$S_p = S_0 + \sum (\Delta S_p) \quad (2)$$

S_0 : 標準的な環境条件における環境指数値を示し、メンテナンスフリー期間 10 年を 0, 50 年を 100 として設定している。

ΔS_p : 塩分や凍結融解作用の影響が厳しい環境条件における環境指数の増分値

また、耐久指数 T_p は、コンクリート構造物の耐久性に関する要因を考慮して式(3)により算定される値である。

$$T_p = 50 + \sum T_p(I, J) \quad (3)$$

$T_p(I, J)$: 構造物の耐久性に関する要因の影響を定量的に評価した耐久性ポイントであり、表-1に示すような項目がある。

3. 検討概要

(1) 検討方法

耐久設計法のイメージを簡略に表すと図-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

表—2 検討項目

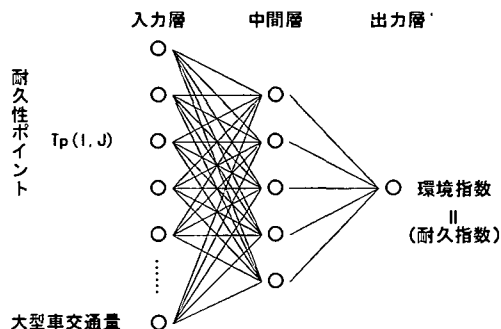
入力項目	設定範囲	学習範囲
ワーカビリティ	-55~35	-16~ 5
堅硬性	-15~20	5~18
単位水量	-25~10	-14~ 5
かぶり	-30~30	- 8~30
鉄筋の段数・あき	-35~15	-17~15
用心鉄筋	0~10	0~10
運搬・打込み・締固め	-45~20	0~18

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。すなわち、構造物が要求されるメンテナンスフリー期間中十分な耐久性を保持していることを確認することによって行われる。ここでメンテナンスフリー期間とは、「目視観察等により構造物が耐久的であると判断でき、補修あるいは補強しなくてよい状態」と定義されている。このことは要求するメンテナンスフリー期間以上の耐久性を構造物に持たせることであり、構造物の耐久性としては構造物の供用期間をメンテナンスフリー期間として算定される環境指数が構造物の耐久指数と等しくなった時に補修が行われるものと考えることができる。

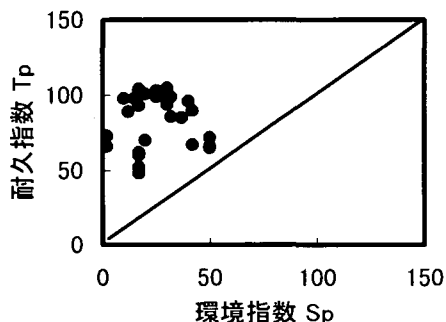
したがって、本研究ではメンテナンスフリー期間を構造物の補修までの期間と仮定し、疲労以外の環境要因の影響をなるべく排除するために東京近郊に地域を限定して、既に補修工事のなされたコンクリート道路橋の補修部材を対象として行った。検討データは、これらの構造物の新設時のデータを用いて耐久設計指針に基づき各項目ごとに耐久性ポイントの算定を行った。さらに、疲労荷重として構造物の耐久性への影響が大きいと考えられる大型車交通量を検討項目として加えた。

環境指数の算出方法としては、構造物が要求されるメンテナンスフリー期間を構造物の竣工から補修までの期間として環境指数を算出した。道路橋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断基準として決定されており、予防保全的に早期補修が行われることもあるため、耐久設計で取り上げられているメンテナンスフリー期間と条件が一致しないかもしれないが、本研究においては両者は同義と考えることができると仮定して検討を行った。ここで、耐久設計指針において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

$$S_0 = 2.5M_f - 25 \quad (4)$$



図—2 ニューラルネットワークモデル



図—3 耐久設計指針による環境指数と耐久指数の関係

M_f : メンテナンスフリー期間 (年)

と考えることとした。

またこのとき、メンテナンスフリー期間を構造物の補修までの期間としたことから、構造物の環境指数 S_p と耐久指数 T_p の関係は、

$$T_p = S_p \quad (5)$$

となるものと仮定している。

このようにして得られたデータをもとに、各耐久性ポイントおよび大型車交通量を入力値、環境指数を教示値としてニューラルネットワークにより学習を行い、得られた重みデータを用いて環境指数 (耐久指数) の推定を行った。この推定環境指数を用いて、各入力項目のうち一項目のみを学習範囲内で変化させたときの推定環境指数の変化によって各影響要因の感度解析を行い、要因が構造物の耐久性におよぼす影響の検討を行った。耐久設計指針の検討項目としては、入力データに変化の無い項目についてはニューラルネットワークによる学習が意味を成さないため、表—2 に示す項目のみ検討を行った。

(2) ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークのコンクリート分野への適用は、既往の研究^{5)・6)}によってその有効性が確認されており、従来の経験式の代用等に用いられ、精度の良い算定式を得られることが明らかとなっている。

本研究で用いたニューラルネットワークモデル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図-2のような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、環境指数を教示値として与え、得られる推定環境指数(耐久指数)と教示値との差が最小となるように学習を行い、学習結果から得られる重みデータを用いて大型車交通量および各項目の影響についての検討を行った。

4. 検討結果

本研究に用いた検討データの耐久設計指針の算定による環境指数 S_p と耐久指数 T_p の関係を図-3に示す。ここで、環境指数の算定に用いたメンテナンスフリー期間が竣工から補修までの期間であることから、式(5)の仮定により環境指数と耐久指数は等しくなるものと考えられる。しかし、図-3において耐久指数は環境指数よりいずれのデータも大きくなっている。このことは、耐久設計が環境条件やメンテナンスフリー期間をあらゆる環境指数に対して構造物の耐久性を表す耐久指数を過大に評価している、もしくは環境条件として疲労荷重の影響等が考慮されていないために環境指数が過小に評価されていることが考えられる。

(1) 耐久設計指針項目の検討^{7)・9)}

ここでまず、耐久指数が過大に評価されているかを確認するために、耐久設計において構造物の耐久性に影響する要因として取り上げられている各要因の影響について検討することとした。各要因の耐久性ポイントを入力項目、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い、得られる推定環境指数より感度解析を行って検討するものとした。

ニューラルネットワークの学習による教示値と推定値との関係を図-4に示す。この図は、教示値とした環境指数と、入力値とした耐久性ポイントからニューラルネットワークにより推定される環境指数との関係を示している。この図からニューラルネットワークによる学習状況は非常によいことがわかる。そこで、学習により得られた重みデータを用い、学習データのそれぞれ平均値を基準値として各入力項目ごとに一項目のみを学習範囲内で入力値を変化させたときの感度解析の結果を耐久指数

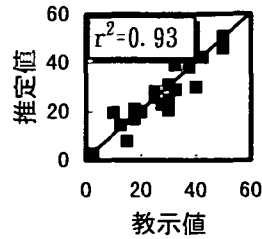


図-4 学習後の教示値と推定値との関係

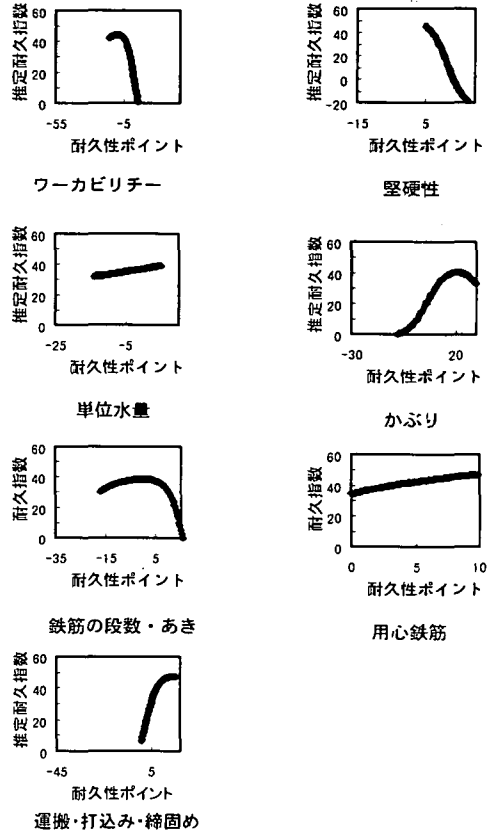


図-5 耐久設計指針項目の影響

との関係で図-5に示す。ここで、全ての項目に関して、耐久性ポイントが大きい値を示す場合、構造物が高耐久性を備えていることを考えると、各項目の耐久性ポイントと推定環境指数との関係のグラフは、当然右上がりの関係を示さなければならない。にもかかわらず、ワークビリティ、堅硬性、鉄筋段数・あきに関しては、全く逆の傾向を示していることがわかる。また、単位水量に関しては、他の項目に比べ耐久性ポイントが変動しても推定環境指数がほとんど変動しない。このような結果となった要因としては、以下のようなことが考えられる。

- 1) 耐久設計指針項目だけでは、耐久指数(環境指数)を

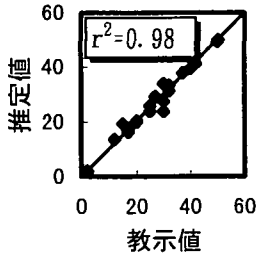


図-6 大型車交通量を考慮した学習後の
教示値と推定値との関係

評価するには十分でなかったために、入力項目と出力項目の関係付け(重み付け)が実現現象に沿ったものにならなかった。

- 2) 今回用いたデータ数では入力項目と出力項目との関係を的確に示すには十分ではなかった。

(2) 疲労荷重の検討¹⁰⁾

環境指数(耐久指数)を推定するためには入力項目が耐久設計指針の項目だけでは十分ではなかったとすると、環境条件として疲労荷重が考慮されていないために環境指数が過小に評価されていると考えられる。そこでまず、耐久設計指針の要因の他に自動車交通量を入力項目として追加し、教示値と推定値との平均二乗誤差0.1以下を学習終了条件としてニューラルネットワークによる学習を行ったが、学習は収束せず、疲労荷重として自動車交通量の影響が小さいことが明らかとなった。つぎに、自動車交通量では学習が収束しなかったことから、疲労荷重としての影響がさらに大きいと考えられる大型特殊用途車、トレーラーおよび大型貨物車等の大型車交通量(台/日・車線)を、耐久設計指針の要因の他に入力項目として追加してニューラルネットワークによる学習を行い、得られた重みデータを用いて推定環境指数による各入力項目の感度解析による検討を行った。

大型車交通量を入力項目として追加したときの、ニューラルネットワークの学習による教示値と推定値との関係を図-6に示す。この図から、ニューラルネットワークの学習によって推定値と教示値とは非常に高い相関を示すようになり、大型車交通量を考慮しなかった場合に比べて学習状況が良いことがわかる。

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環境指数の変化が図-7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、

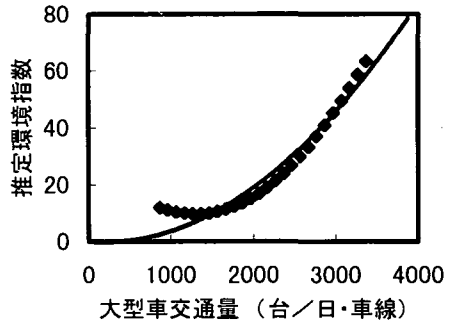


図-7 大型車交通量の影響

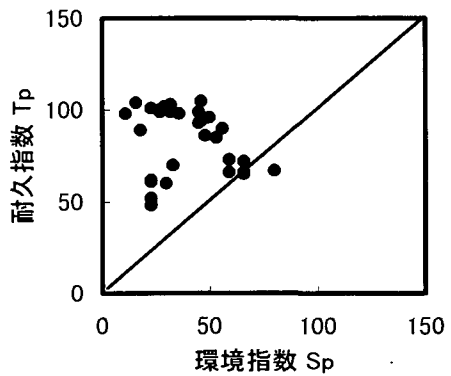


図-8 大型車交通量を考慮した
環境指数の変化

$$\Delta Spt = 6 \times 10^{-6} tr^2 - 0.0029tr \quad (5)$$

ΔSpt : 大型車交通量の影響による環境指数の変化量

tr : 大型車交通量(台/日・車線)

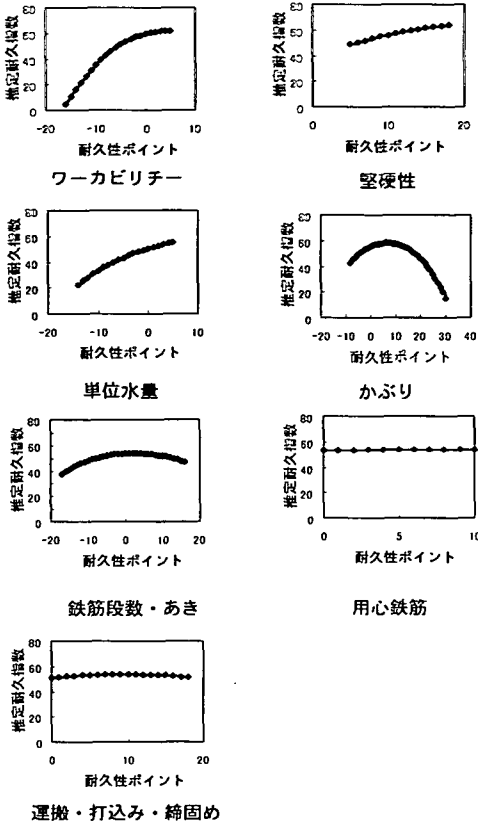
で変化していることがわかる。この式を用いて各々のデータの交通量により変化させた環境指数と耐久指数の関係を示すと、図-3は図-8のように変化する。個々のデータはその交通量の影響によって変化し、環境指数が増加している。しかしこの図では、大型車交通量を考慮したことによって環境指数が耐久指数の値に近くなったが、大型車交通量の影響を考慮してもあまり変化がみられなかったデータが存在する。すなわち耐久指数と環境指数との差異は大型車交通量の影響のみでは表せていないこととなる。

表—3 各項目の近似曲線式

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	$y = -0.0301x^2 + 0.5676x$

表—4 データの変更範囲

項目	学習範囲	変更範囲
ワーカビリティ	-16 ~ 5	-55 ~ 2
堅硬性	5 ~ 18	10 ~ 25
単位水量	-14 ~ 5	-28 ~ 5
かぶり	-8 ~ 30	-38 ~ 4
鉄筋の段数・あき	-17 ~ 15	-15 ~ 0
用心鉄筋	0 ~ 10	0 ~ 1
運搬・打込み・締固め	0 ~ 18	0 ~ 3



図—9 大型車交通量考慮後の
耐久設計指針項目の影響

(3) 交通量を考慮した場合の耐久設計指針項目の検討

そこで今度は、大型車交通量を考慮した場合の耐久設計指針項目の影響についてみることにした。大型車交通量を考慮したニューラルネットワークによる学習結果をもちいて、(1)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（環境指数）と耐久性ポイントの関係を図—9に示す。これらの図より、交通量を考慮しなかったときに実現象にそぐわない右下がりの傾向を示していた項目が、大型車交通量を考慮することによって実現象とあうように右上がりへと変化していることがわかる。

ただし、かぶりについては実現象にそぐわない右下がりの傾向が残っている。耐久設計において、かぶりは塩分の侵入等による耐久性の低下を抑制する有効な要因であると考えられる。しかし、かぶりの影響が右下がりの傾向となった理由として、次のようなことが考えられる。本研究において収集したデータが東京近郊の道路橋デー

タであり、他の環境要因にはほとんど差がないものと考えられる。このことから、塩分の影響にあまり変化のない環境のデータであったためにかぶり厚の変化による耐久性の向上の影響があまり見られなかったのではないかと考えられる。また、データ中にはRC構造とPC構造のデータが混在しており、PC構造の場合にはRC構造に比べてかぶり厚が小さい構造物でも耐久性のあるデータが存在するためではないかと考えられる。これらの理由により、本研究のデータにおいて耐久性への影響が小さい要因として評価されるかぶりの影響が、PC構造のデータの影響によってかぶり厚が小さいときの推定環境指数が大きな値となってしまう、右下がりの傾向となってしまったのではないかと考えられる。かぶりの影響については今後更に検討が必要である。

ここで、耐久設計における耐久性ポイントと耐久指数の関係は、耐久指数が耐久性ポイントの増減に対して等しく増減する。このことと図から各要因のなかで耐久指数に与える影響の大きな要因はワーカビリティ、単位水量となっており、逆に影響の小さな要因は鉄筋段数、用心鉄筋、運搬・打込み・締固めとなっていることがわかる。これらの影響の程度を近似曲線で表し、耐久設計指針により算定された各項目の耐久性ポイント $T_p(I, J)$ を表—3に示す式における x として、各耐久性ポイントの学習データの範囲を表—4に示すように変化させた。大型車交通量による影響および耐久設計指針項目の影響を考慮した耐久指数と環境指数の関係を表したものが図—10である。

この図より各耐久設計指針項目の影響を考慮することによって個々のデータの耐久指数が減っており、環境指数の値に近いことがわかる。ここで図—8と

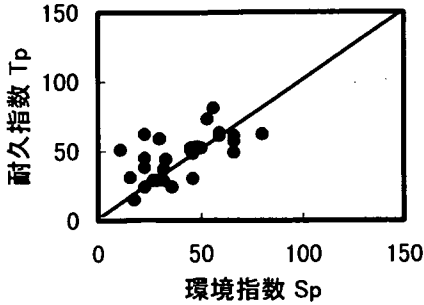


図-10 耐久設計指針項目変更後の
耐久指数の変化

くらべることによって、大型車交通量の影響だけでなく、他の要因の影響を考慮することによって耐久指数が環境指数により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られることができる。

5. 大型車交通量を考慮した耐久設計

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を、コンクリート道路橋における大型車交通量をもとにニューラルネットワークを用いた検討を行ってきた。その結果、疲労荷重として大型車交通量を考慮することによって、コンクリート構造物の耐久性をより精度よく推定することが可能であった。また、ニューラルネットワークが環境指数を推定するための入力項目として大型車交通量を追加することによって、大型車交通量の影響を明らかとし、近似曲線を用いた算定式によって定量的な評価を行うことができたといえる。

よって、大型車交通量の影響を耐久設計指針における環境指数の算定式、式(2)における環境条件の増分値 ΔSp として

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

ΔSp : 環境指数の増分値
tr: 大型車交通量 (台/日・車線)

とし、塩分や凍結融解作用の影響のほかにも考慮することとした。また、これらの条件が組み合わされる場合には、耐久設計指針と同様に増分値 ΔSp を累加することとした。

耐久指数に関しては、耐久設計指針における耐久指数の算定式、式(3)における耐久性ポイント $Tp(I, J)$ を耐久設計指針をもとに算定を行い、今回検討を行った耐久設計指針項目については表-3に示す近似式で耐久性ポイントを変更して算定することとした。すると、大型車交通量を考慮した耐久設計における、耐久指数と環境指数の関係は図-10のようにして評価することができる。大型車交通量の影響を環境指数の増分値としたことによって、データの分布状況は、直線 $Tp = Sp$ の周りに分布している。このことは、環境指数が構造物のメンテナンスフリー期間と環境から受ける影響を正しく評価し、構造物の持つ耐久性との比較がより精度よく行えるようになったことを表している。

6. まとめ

本研究では、耐久設計指針に取り上げられていない項目の耐久性に与える影響の定量的評価にニューラルネットワークの適用を考え、コンクリート道路橋のデータを収集して大型車交通量の影響を考慮した耐久設計法を検討した。その結果以下のようなことが明らかとなった。

(1) 大型車交通量が耐久性に与える影響

ニューラルネットワークによる感度解析により大型車交通量が耐久性に与える影響を明らかとし、定量的に評価することが可能であった。また、入力項目を大型車交通量のみ変化させ、その近似曲線によって容易に算定式を得ることができた。

さらに、大型車交通量が構造物の耐久性に及ぼす影響が大きかったことから、コンクリート構造物の設計を行う際には、構造物の安全性に対する疲労の照査ばかりでなく、耐久性に対する疲労の照査も行う必要があるものと考えられる。

(2) 大型車交通量を考慮した耐久設計

耐久設計において、大型車交通量の影響を環境指数の増分値として考慮することによって、構造物がメンテナンスフリー期間や環境から受ける影響を正しく評価し、構造物の耐久性との評価がより精度よく行うことが出来るようになった。さらに、耐久設計指針項目の影響を用いて耐久指数の算定式を変更することによって、構造物の実情に近い照査が行えるようになったものと考えられる。

(3) ニューラルネットワークの適用

既設構造物のデータとニューラルネットワークを用いることによって、耐久設計における各要因の要因間の相互影響を反映した影響を容易に得ることが可能であった。

このことにより、新たな要因を耐久設計の項目として取り込んだ場合でも、構造物の特性にあった耐久性の照査を行うことが可能であり、耐久設計を適用する際の有効な手段となり得ると考えられる。

ニューラルネットワークを用いた検討において、その学習データは非常に重要な意味を持っている。本研究に用いたデータは環境条件において偏りがあり、そのことが一部の項目の影響度を正確に表現していないところがあると考えられる。今後様々な環境条件下のデータを収集し、これらについて検討する必要がある。また、大型車交通量の影響についても、さらにデータ数を増やして精度の良い照査が行えるよう検討を進めていく必要があると考えている。一方、本研究では環境要因として疲労荷重（大型車交通量）のみを取り上げ、疲労に対する耐久要因を取り上げてはいないため、大型車交通量の影響度の精度向上と合わせて検討を行う必要があると考えられる。さらに、本手法を道路橋構造物のみでなく、鉄道橋構造物等の疲労の影響が環境要因として考慮されるべき構造物に対して行うことにより、疲労荷重を考慮した耐久設計法とすることが可能であると考えられる。

謝辞：本研究の研究費の一部は、平成8年度科学研究費補助金（基盤研究(B)(1)）課題番号(08355008)「耐久性設計によるコンクリート構造物の品質保証」（研究代表者 宮川豊章京都大学助教授）によるものであることを付記する。

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) 中野隆，他：ニューロコンピュータ，技術評論社，1989.9.
- 4) 矢川元基：ニューラルネットワーク，計算力学とCAEシリーズ12，培風館，1992.5.
- 5) 関口，魚本，高田，渡部：ニューラルネットワークを用いたコンクリート実験のデータ解析に関する研究，土木学会論文集，No.460/V-18，pp.65-74，1993.2.
- 6) 大矢，魚本，堤：ニューラルネットワークを用いたコンクリート製造管理システムに関する研究，土木学会論文集，No.514/V-27，pp.9-18，1995.5.
- 7) 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.260-261，1996.8.
- 8) 吉沢，魚本：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，pp.40-42，1995.9.
- 9) 加藤，吉沢，魚本：コンクリート構造物の耐久設計に関する基礎的研究(1)，生産研究，第48巻，第3号，pp.75-78，1996.3.
- 10) 吉沢，加藤，魚本：コンクリート構造物の耐久設計に関する基礎的研究(2) -疲労荷重を劣化外力として考慮した場合-，生産研究，第48巻，第5号，pp.11-14，1996.5.
- 11) 吉沢，魚本：疲労荷重を考慮したコンクリート構造物の耐久設計に関する基礎研究，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 第5部，pp.350-351，土木学会，1996.9.

(1996.6.10 受付)

DURABILITY DESIGN FOR CONCRETE STRUCTURE CONSIDERING TRAFFIC VOLUME

Taketo UOMOTO, Masaru YOSHIZAWA, Katsuhiko MASUDA
and Yoshitaka KATO

Durability design proposed by JSCE is an examination method that confirms concrete structures having enough durability during their service period. When this method is applied to design for road bridges, the influence of fatigue load must be considered. However, the method did not consider fatigue load as deterioration force.

In this paper, the influences of parameters were analyzed using Neural-Network and the consideration of traffic volume as deterioration force in durability design was examined. The result shows that effect of traffic volume can be estimated quantitatively.