

道路トンネル維持管理における アセットマネジメント手法の適用

Asset Management Technique for Road Tunnel Maintenance Management

蒋 宇静¹・亀崎隆太²・平川昌寛³・棚橋由彦¹

Yujing Jiang, Ryuuta Kamesaki, Masahiro Hirakawa and Yosihiko Tanabashi

¹正会員 工博 長崎大学 工学部社会開発工学科 (〒852-8521 長崎市文教町1-14)

E-mail: jiang@civil.nagasaki-u.ac.jp

²正会員 工修 熊本市役所 建設局 (元長崎大学大学院生, 〒860-8601 熊本市手取本町1番1号)

³正会員 九建設計株式会社 設計課 (〒876-0822 大分県佐伯市西浜3番43号)

A lot of infrastructures were built in the advanced economic growth period, they are used for about 40 years and need repair. Therefore, the establishment of the reasonable maintenance management technique is demanded. A technique for establishing the maintenance database of road tunnels is proposed by using GIS (Graphic Information System). Based on the database and numerical simulations of time-depended behaviour of a tunnel, the tunnel performance and maintenance cost are quantitatively evaluated. In addition, the AM (Asset Management) technique for road tunnels is also proposed and applied to a real case for verifying its practicability.

Key Words : road tunnel, AM(asset management), life cycle cost, tunnel performance, database

1. はじめに

高度経済成長期には多くの社会資本が整備され、これらは供用されて40年近く経過しており、補修・改修時期が迫っている。一般に、トンネルは完成後の改築が困難であるため、長期間にわたり供用する必要があり、維持管理による延命化が重要である。今後、トンネルの維持管理にあたっては、安全性や利用者満足度を確保しつつ、長期的な費用を低減させることが必要となっており、そのため、適切な点検・評価によって将来の状態を的確に予測し、いつ、どのような対策を行えば費用を最小化できるかを明らかにする維持管理手法が求められている。この背景に対し「アセットマネジメントの導入」が大いに注目されている。ここでいうマネジメントとは構造物の老朽化の経時変化を予測し、将来的に投入できる予算配分も考慮して、可能な限り構造物を健全な状態におく試みである。橋梁や舗装の分野では検討が進んでいるが、道路トンネル維持管理のためのアセットマネジメントの検討が始まったばかりであり、発表成果はまだ見受けられないのが現状である。

著者らは、道路トンネルの合理的維持管理を支援するために、データベース機能、空間解析機能と視覚化機能を有するGIS(地理情報システム)を活用した維持管理データベースの構築手法を提案してきた^{1),2)}。本論文では、長崎県の道路トンネルを例として構築した維持管理データベースと変状シミュレーションに基づいて、トンネル性能の評価と最終補修費の試算を行い、道路トンネルの維持管理費の縮減および最適な予算配分のためのアセットマネジメント手法の導入を試み、試算と考察を行った。

2. 道路トンネルの変状調査・分析

(1) 調査対象トンネルの概要

山陽新幹線トンネル内覆工コンクリート剥落事故を機に、長崎県が管轄している百数本の道路トンネルについて緊急点検を実施した。図-1に詳細調査が行われた37本の概要を示す³⁾。供用経過年数12年未満のトンネルはNATMで、残りのトンネルは在来工法で施工されたものである。また、トンネル周辺の地山はほとんどが変状を生じ易い第三紀層である。本

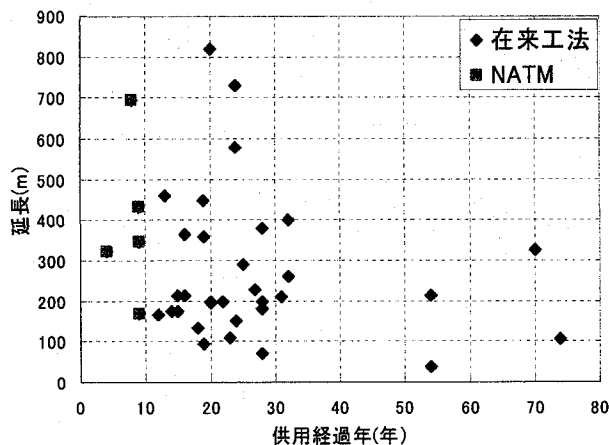


図-1 調査トンネル(2003年)供用経過年と延長

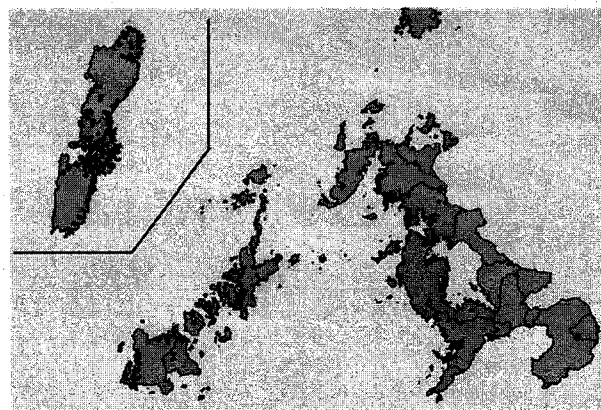


図-2 対象トンネルの位置

研究で対象としているトンネルの立地を数値地図上で表示したものを図-2に示す。

(2) トンネル変状の現状把握

調査対象トンネルの変状について、施工スパン(9～10.5m)毎の健全度判定⁴⁾を基に「覆工背面空洞」、「ひび割れ」のトンネル延長に対する発生割合を検討した。図-3(a)に覆工背面空洞による健全度判定のトンネル延長に対する割合を示す。横軸のアルファベットはトンネル別を示している(付録の表-6を参照)。NATMで施工したトンネル(A～C)は覆工背面空洞が生じている割合が低く、在来工法で施工された場合(D～f)についてほぼすべてのトンネルにおいて空洞が確認された。しかも、供用経過年が25年を過ぎると(図-3(a)横軸のRより右側)、危険度が増す傾向にある。また、覆工背面空洞はアーチ部を中心に発生していることが確認された。図-3(b)にひび割れによる健全度判定のトンネル延長に対する割合を示す。ひび割れについて、NATMに比べ在来工法トンネルではひび割れが進んでいることが確認できる。特に、供用経過年25年を過ぎると判定2Aの割合が増えていることが分かる。

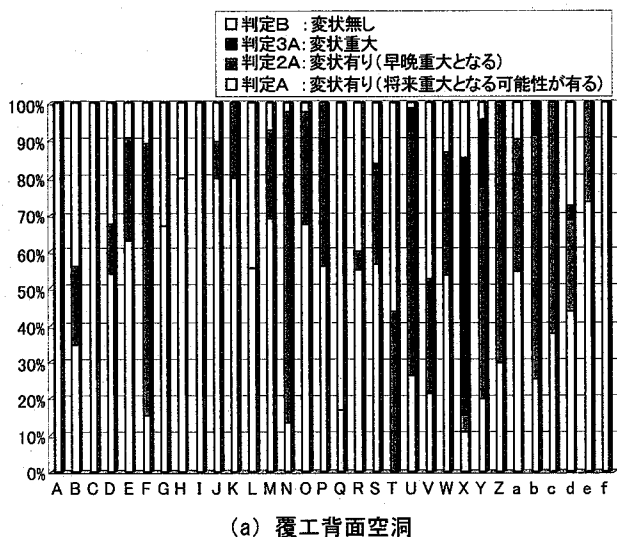
(3) 変状要因の抽出

トンネル変状は様々な要因が関連して発生するが、主として、供用経過年、地質、土被り厚、傾斜角、覆工背面空洞の有無などが考えられる。

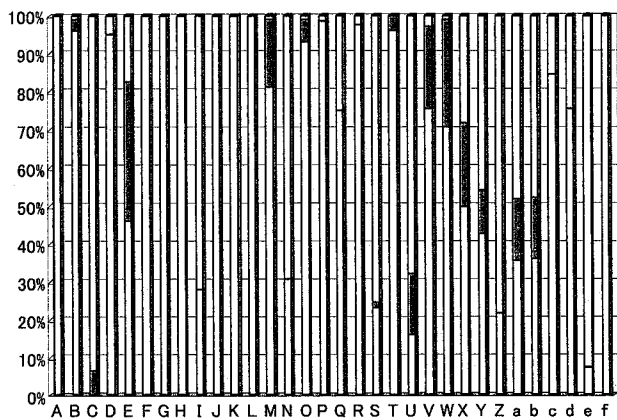
ここでは、トンネルの変状傾向を定量的に把握するために、変状要因毎にウェイトを与えて、下式のように変状容易度を定義する。

$$\delta_i = \sum A_{ij} a_j \quad (1)$$

ここで、 A_{ij} は評価対象トンネルの変状評価点、 a_j は



(a) 覆工背面空洞



(b) ひび割れ

図-3 健全度判定のトンネル延長に対する割合³⁾

変状要因におけるウェイト、 δ_i はトンネル変状容易度を示す。ただし、 δ_i が高いほど変状が生じ易い。

ここでは、長崎県の管轄トンネルを対象とし、変状容易度の試算を行う。変状要因について点数化を行い、それらを重ね合わせることで変状傾向を予測する。変状要因の抽出と影響ウェイト算定のために実施した数量化Ⅱ類解析では、対象トンネルの詳細調査において資料が揃った供用経過年、地質、土被

表-1 変状容易度算出の評価点とウェイト

項目名	カテゴリー名	カテゴリースコア	A(変状評価点)	レンジ	a(ウェイト)
供用経過年	41年以上	0.34	51	2.58	0.41
	36~40年	-0.87	98		
	31~35年	-0.81	96		
	26~30年	-0.92	100		
	21~25年	1.66	0		
	20年以下	-0.83	97		
土被り厚	0~20m	-0.04	56	0.41	0.07
	20~40m	0.10	22		
	40~60m	0.08	25		
	60~80m	-0.23	100		
	80~100m	0.19	0		
	100m以上	-0.17	88		
地質	安山岩質溶岩	0.28	16	3.35	0.52
	崖錘堆積物	0.46	11		
	頁岩	0.44	11		
	黒色片岩	-2.53	100		
	砂岩	-0.42	37		
	斜長斑岩	-0.16	29		
	泥岩	0.22	18		
	斑レイ岩	0.12	21		
	凝灰角礫岩	0.82	0		
	流紋岩	-0.18	30		

表-2 性能と判定区分の内容

判定区分	判定の内容	性能
3A	変状が大きく、通行者・通行車両に対して危険があるため、直ちになんらかの対策を必要とするもの	50
2A	変状があり、それらが進行して、早晚通行者・通行車両に対して危険を与えるため、早急に対策を必要とするもの	60
A	変状があり、将来通行者・通行車両に対して危険を与えるため、重点的に監視をし、計画的に対策を必要とするもの	70
B	変状がないか、あっても軽微な変状で、現状では通行者・通行車両に対して影響はないが、監視を必要とするもの	80
S	健全で機能的にも問題がない	90
		100

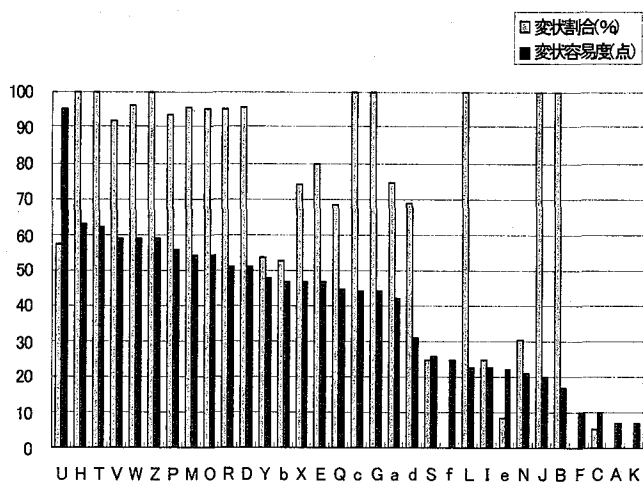


図-4 変状(ひび割れ)割合と変状容易度の関係

(図中の記号は図-3と同じ意味である)

り厚を説明変数とした。変状容易度の算出における評価点及びウェイトの計算結果を表-1に示す²⁾。評価点が高いほど危険度が高い。図-4は変状容易度を算出し、実際に変状しているトンネルの調査結果と比較したものである。トンネル延長に対する変状割合が高いほど変状容易度も大きな値となる傾向にある。また、比較の結果から、一部バラつきがあるものの、変状容易度30点付近から変状割合が低くなっている。

3. アセットマネジメント(AM)手法の導入

アセットマネジメントとは、公共施設の維持管理

に対する総合的な意思決定のためのフレームワークと言われており、資産管理(AM: Asset Management)の方法である。道路管理においては、橋梁、トンネル、舗装等を道路資産ととらえ、その損傷・劣化等を将来にわたり把握することにより最も費用対効果の高い維持管理を行うための方法である⁵⁾。参考文献5)に示すアセットマネジメントの仕組みでは、まず従来の点検台帳のデジタル化(データベース化)による一元管理や検索を実現し、つぎに、データベースを用いて既設構造物の劣化予測を行い、補修工法(対策工法)と補修の時期を検討する。最終的には、路線の重要度や費用対効果分析といった諸条件を加味することで補修の優先順位を決定し、予算に見合った補修場所、補修時期、補修工法の選定を行うことになっている。つまり、これまでの対処療法から予防保全への転換が可能となり、ライフサイクルコスト(LCC)の低減を図ることができる。また、透明性の高い定量評価による地元住民への説明責任の向上も期待できる。このように、アセットマネジメントは予防保全を基本とし、より低コストで効率的な構造物のマネジメントを可能にする強力なツールであると考えられる。

以下は、道路トンネルの維持管理においてアセットマネジメント手法を導入するために必要な項目について検討する。

(1) 健全度(性能)の評価

まずは、実際の点検結果に基づきトンネルの現状の性能レベル(完全健全1.0~完全劣化0.0)を推定する作業を行う。性能と判定区分の内容を表-2に示す。本研究では、日本道路協会が発行している「道路トンネルの維持管理便覧」³⁾を基に、劣化段階と性能を決定し、トンネルがそのレベルまで劣化したと

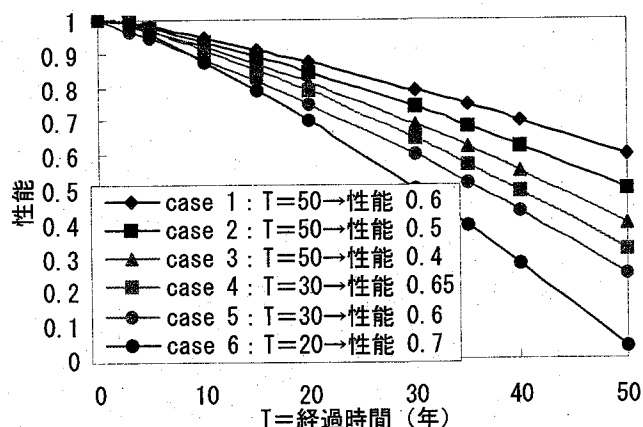


図-5 基本劣化曲線

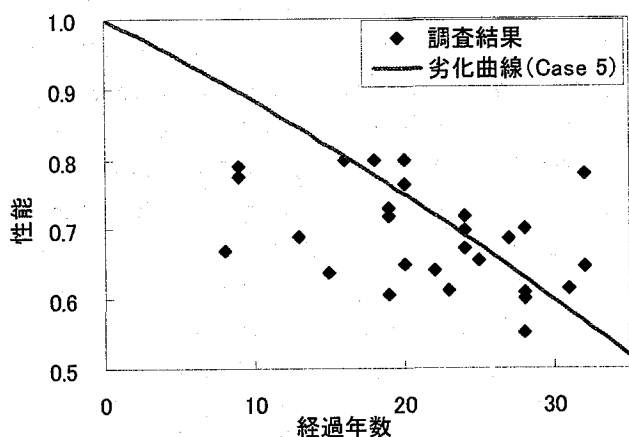


図-6 劣化曲線の妥当性の検証

き補修に着手する限界点（管理限界）を性能レベル 0.5 とし、それ以下の利用者の安全性の観点から許されない限界点（使用限界）を 0.4 とした。境界値の設定は非常に重要な要素であり、慎重な対応が求められる。境界値の設定方法の具体化と検証については、実際の多量のデータ解析が必要であり、今後の課題とする。

一方、トンネル健全度（性能）の総合的な評価については、「道路トンネルの維持管理便覧」に具体的な基準が示されていない。一般的には、トンネルの状況に応じ、各項目（ひび割れ、覆工背面空洞、浮き・剥落、漏水）の判定のうち最も危険性の高いものを優先して総合判定を行うことが多い。そこで本研究では、調査結果の各スパンにおいて最も危険な要素と判断されるものについての判定を重視し、スパンごとに総合判定を行い、延長を考慮した各スパンの判定結果の平均値をそのトンネルの性能とする。

(2) 劣化曲線の決定

トンネルの将来の劣化傾向を予測するためには、

表-3 路線の重要度の決定

重要度指標	重み	具体的項目	評価点
交通量 (台/日)	0.7	1-5000	25
		5001-10000	50
		10001-15000	75
		15000-	100
交通容量 (車道幅員)	0.3	4m 未満	25
		4m 以上 6m 未満	50
		6m 以上 12m 未満	75
		12m 以上	100

あらかじめ個々のトンネル毎に劣化曲線を設定しておかなければならない。しかし、トンネルは様々な要因（地山自体の劣化、地下水の影響、外力・地圧の変化など）により劣化が促進されるものであり、また何に着目するか（覆工コンクリートのクラック、または漏水量など）によっても用いるべき劣化曲線は異なってくる。本研究では、地山強度の経時変化と覆工劣化を考慮したトンネル変状シミュレーション^{6),7)}を実施することにより、供用年数による性能の低下度合いに応じる劣化曲線群を図-5 のように求めた。例えば、Case 1 は供用経過年 50 年時において性能が 0.6 まで低下するが、Case 5 の場合は劣化の進みが速く、供用 30 年経過時に性能が 0.6 まで低下する。次に、調査対象トンネルの劣化曲線を決定するために、変状についての調査結果との比較で、もっとも実際の変状傾向を示せる劣化曲線を抽出する。その一例を図-6 に示す。この図から、バラつきがあるものの、劣化曲線 (Case 5) は変状傾向から、おおよそ調査結果（非線形最小二乗法による解析分析で得られたもの）と一致していると判断した。これより、本研究では劣化曲線 (Case 5) を用いたアセットマネジメントの試算を行うことにした。勿論、トンネルによって劣化曲線が変われば、試算結果が異なるので、以下は試算結果の値そのものより、具体的な例を用いて、アセットマネジメントの適用手順を述べる。

(3) 優先順位の決定

トンネル群が一つの路線からなる場合は、補修は性能が劣る（劣化度が著しい）トンネルから行うことは言うまでもない。しかし、トンネルは所管の複数路線に位置するために、どのトンネルから補修に着手するかは単に個々のトンネルの性能レベルだけでなく、路線の重要度を考慮しなければならない。本研究では、交通量と交通容量（車道幅員）に着目したトンネル路線の重要度の評価を考える。表-3

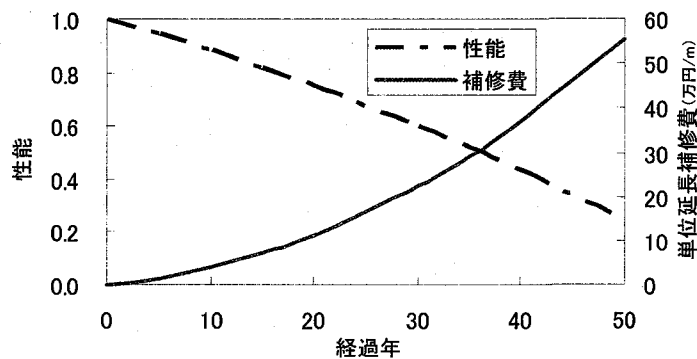
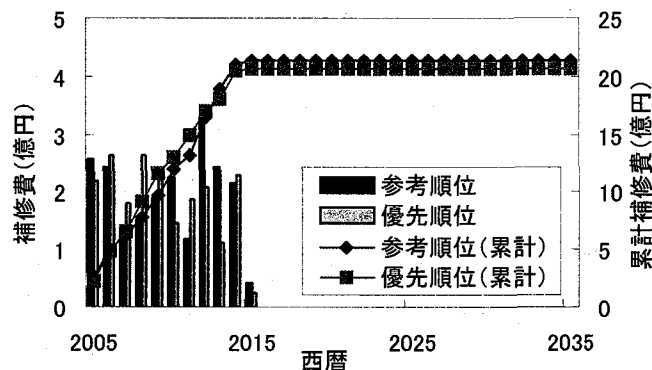
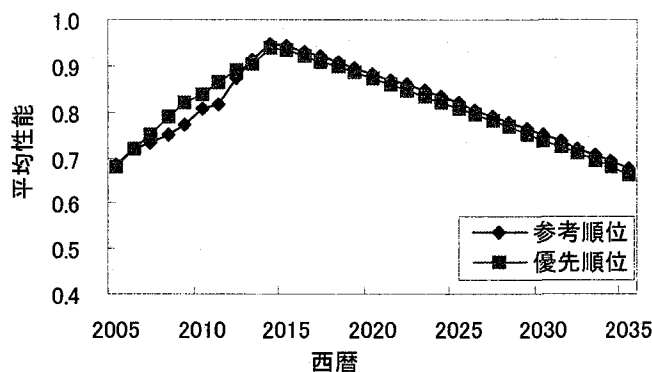


図-7 経過年に対する性能と補修費の推移



(a) 補修費の経年変化



(b) 平均性能の経年変化

図-8 参考順位と優先順位

に示す具体的内容に対して重み係数を設定し、加重平均法により100点満点で算定した⁸⁾。

次に、トンネルの健全度およびトンネルの重要度から、トンネルの保全更新の優先度を総合的に評価する算定式を以下のように定義する。

$$P = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 \quad (2)$$

ここで、 P_1 は(100-トンネルの健全度)を、 P_2 はトンネルの重要度を表す。係数 α_i ($i=1,2$)については、環境条件などに応じて決定されるが、ここでは、 α_1 は0.6、 α_2 は0.4とした。

(3) アセットマネジメントの試算

a) 直接補修費の分析

補修検討が行われたトンネルの内、補修費の資料のある27本についての直接補修費に着目して分析を行った。なお、単位延長補修費とは、直接補修費をその対象トンネルの延長で除した値とする。回帰分析した結果、年数が経過するほど単位延長補修費は増加しており、相乗的な発生をみせる変状を早期に対策することでコストを低減させることが分かる³⁾。この直接補修費の分析結果と劣化曲線を基に、性能ごとの補修費を設定する³⁾。図-7に経過年に対する性能と補修費の推移を示す。すなわち、性能毎の補修費は以下のようになる。

性能 0.8→1.0 : 7.92 (万円/m)
 性能 0.6→1.0 : 22.41 (万円/m)
 性能 0.4→1.0 : 40.45 (万円/m)

b) 試算結果と考察

試算条件を以下のように設定し、それぞれのケースにおいて最終補修費の試算を行った。

- ・詳細点検が行われた長崎県内のトンネルを対象とする(付録の表-6を参照)。
- ・性能をアップする費用は単位延長補修費の回帰分析結果に基づく。
- ・補修は劣化レベルに係わらず必ず性能1.0までアップする。

① 参考順位と優先順位

トンネルからコンクリート片などが落下した場合、トンネルの下を通過する車などへの被害が甚大であるため、そのようなリスク(期待損害額)を考慮した補修順位が必要である。そこで、参考順位と優先順位による補修ケースにおいて、2005年から毎年3本ずつトンネルの補修を実施した場合の平均性能と補修費の経年変化を図-8に示す。ここで定義する参考順位は現行(2005年度)の劣化レベルのみを考慮して劣化度の大きいものから、また、優先順位は式(2)で得られたトンネル評価点より、その値の大きいものから順序付けしたものである。本来なら、劣化度を最優先する参考順位により補修を行った場合の方が、最終的な性能が高く補修費は安くなるが、今回の試算では優先順位の方が補修費は安くなっていることが分かる。これは、優先順位による補修ケースでは劣化度が低いトンネルでも、補修費の多くかかる延

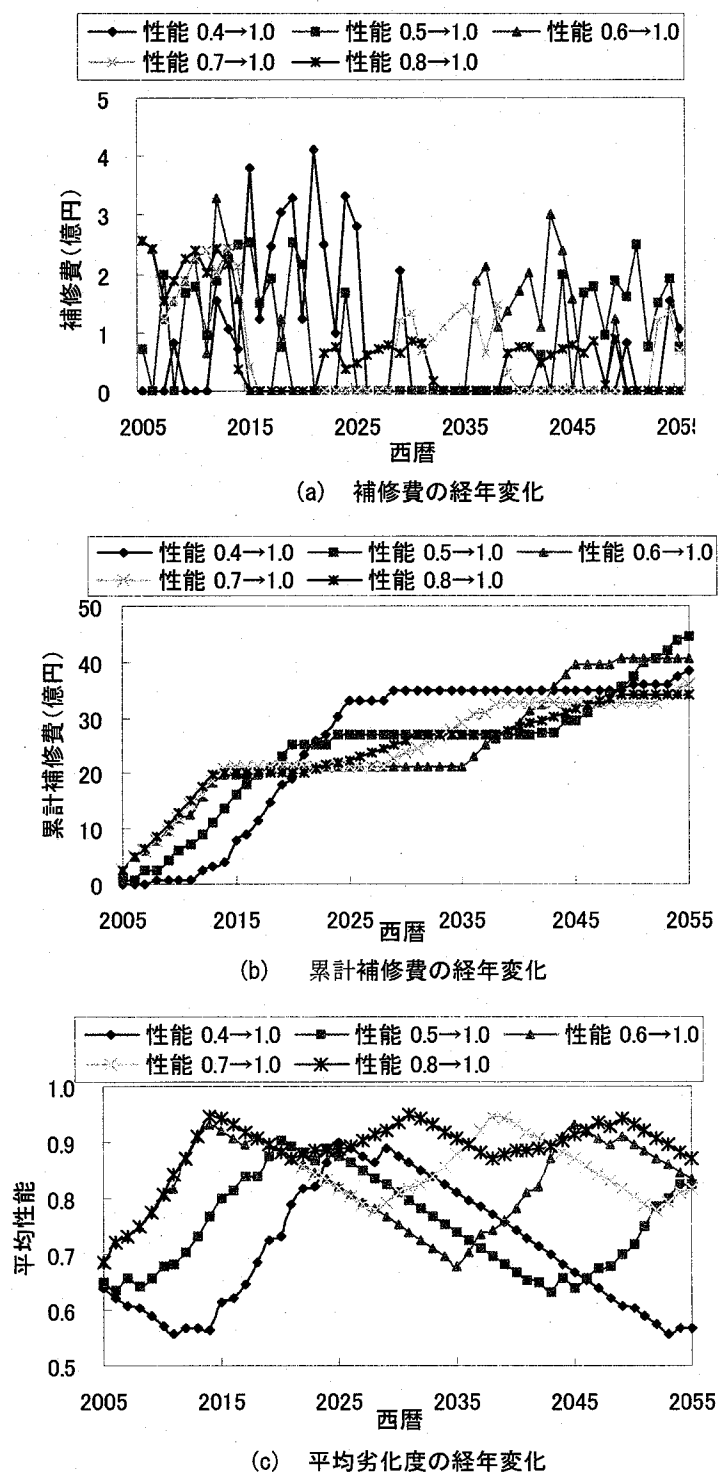


図-9 補修時期選定

長が長いものを早めに補修したためと考えられる。

② 補修時期選定の試み

公共施設の維持管理にあたっては、最適な時期に補修を行うことによって、長期的な費用を低減させることが必要となっている。そこで、2005年から毎年3本ずつ補修を実施し、性能がそれぞれ0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8に落ちた段階で性能1.0までアップする

補修を行った結果を図-9に示す。早めに補修を行うことで、平均的に見て高性能を維持できることが分かる。しかし、最初の7, 8年は毎年の出費が大きなものとなる。また、補修を遅らせるほど、つまり、補修時の性能が著しく低いほど最終的に補修コスト増を招くことが分かる。この図より、少なくとも性能が0.7に落ちた段階で、すなわち、約23年ごとに補修を行えば（図-9(c)中の性能0.7→1.0の線を参照）、高性能を維持でき最終的な補修費を削減することができると言える。

③ 予算平滑化の試み

補修予算計画を立案する場合、年度予算には限りがあり、予算の平滑化を考慮した補修計画立案も必要である。そこで、毎年に補修できるトンネルを1, 2, 3, 4, 5本として、性能が0.7に落ちた段階で、それを性能1.0にアップする補修を行った結果を図-10に示す。ただし、第一回目の補修は補修本数との兼ね合いで性能0.7以下になってもやむを得ないものとする。この図より、やはり年に1本ずつ補修を行えば最も補修費を平滑化できる（つまり、累計補修費の経年変化率がほぼ一定である）ことが分かる。しかし、補修を遅らせたため最終的に補修コスト増を招くこととなる。また、年に3～5本ずつ補修する場合では、最終的な補修費はおおよそ同じ値となった。したがって、年に3本ずつ補修を行うことは、最終補修費の削減と予算平滑化の両方の側面から優位であることが分かる。

4. ライフサイクルコストによる試算

(1) ライフサイクルコスト (LCC) の設定

維持補修問題におけるライフサイクルコスト(LCC)には、表-4の算定項目が考えられる⁹⁾。本研究において着目したコスト項目は以下の3項目である。

$$LCC = \text{直接補修費} + \text{間接補修費} + \text{時間損失費用} \quad (3)$$

直接補修費は前節に述べた通りであるが、間接補修費には、共通仮設費、現場管理費などが含まれる。なお、点検、維持管理を実施しなかった場合、予防保全しないまま使用限界を超えた結果、大規模な補

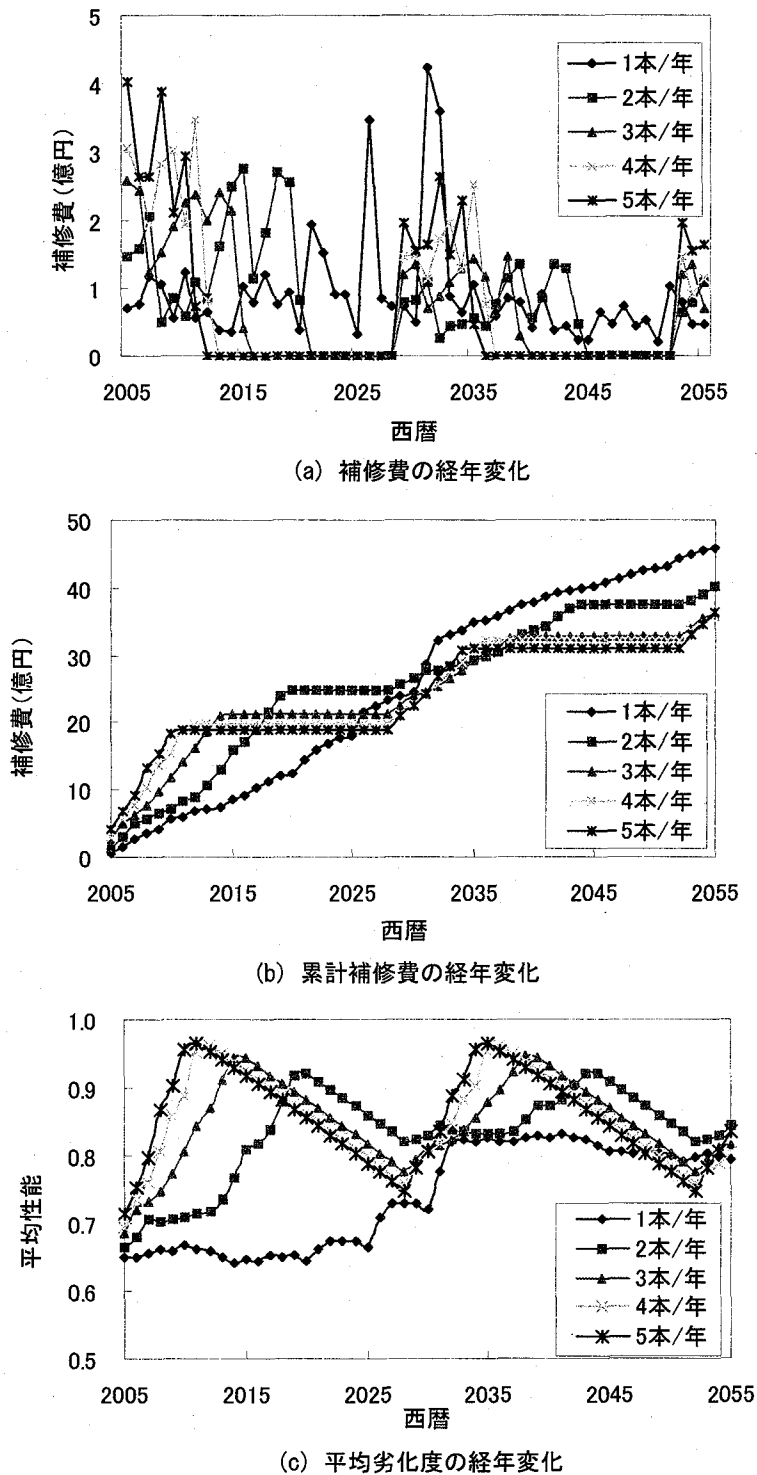


図-10 予算平滑化

強や崩壊後の復旧などが生じる場合をリスクとしてとらえコストに加えることも考えられるが、本研究では、この3項目によるライフサイクルコストの試算を行った。

(2) 利用者損失費用

トンネル工事による交通規制に起因する費用の算出を試みる。本研究では、①車両の停止による時間

損失費用、②規制待ちによる時間損失費用に着目した利用者損失費用の算出を行った。この2項目による一般的な算出方法を以下に示す。

a) 車両の停止による時間損失費用

車両の停止による時間損失費用とは、通常走行していた車両が規制により停止するまでの間に発生する時間損失のことである。その費用は、遅れ時間に車種別の停止台数と時間価値原単位を乗じて求められる。時間価値原単位とは、「自動車1台の走行時間が1分短縮された場合のその時間の価値を貨幣換算したもの」で、節約された時間を最も効率的に使った場合に得られる価値(機会費用)として表される。ここでは、平成15年1月に国土交通省が算出した値を用いる¹⁰⁾。

b) 規制待ちによる時間損失費用

規制待ちによる時間損失費用は、規制により停止した各車両の遅れ時間の総和に車種別構成比と車種別時間価値原単位を乗じて求められる。本研究では、利用者損失費用(時間損失)を次のように定義する。

$$C_n = n \cdot \sum_m (A_m \cdot N_m \cdot \Delta T) \quad (4)$$

ここに、 m は車種、 n は通行止め日数(日)、 A_m は車種 m の時間単位原単位、 N_m は車種 m の日交通量、 ΔT は1台あたりの損失時間(分)/交通止め延べ日数である。

ここで、本研究で取り扱っている交通量のデータは車両別ではなく、総交通量であるため、全てを乗用車とし、損失時間については上述したa)とb)による損失時間を考え、文献11)を参照

して、2分と仮定した。通行止め日数については、トンネル基本台帳を参照し、延べ日数を10日とした。

(3) 試算結果と考察

本研究で設定したライフサイクルコストによる試算結果を図-11に示す。試算では、逆に頻繁に補修を行うほど、補修を行うために必要となる費用と利

表-4 ライフサイクルコストの算定項目例

道路管理者 費用	計画費用	調査費, 設計費
	建設費用	用地費, 建設費, 現場管理費
	運営費用	管理費, 設備費, 交通安全費
	維持費用	点検・調査費, 計測費, 予防保全費
	修繕費用	補修費・補強費, 復旧費, 補償費
	処分費	廃棄処分費
道路利用者 費用	車両走行 費用/便益	燃料費, 車両消耗費/(燃料費節約 便益, 車両消耗費節約便益)
	時間損失 費用/便益	車両規制や迂回による車両規制や 迂回による時間損失費用/(ネット ワーク整備による時間短縮便益)
	その他 費用/便益	事故費用(交通事故減少便益), 心 理的負担(乗り心地の不快, 渋滞の 不快)費用/(心理的負担軽減便益)
沿道および 地域社会の 費用/便益	環境 費用/便益	騒音, 振動, 大気汚染, 廃棄処分等 による環境悪化など, 工事による沿 道住民からの心理的負担, 沿道事業 者の経済損失
	その他 費用/便益	

ユーザー損失費用は莫大なものとなり、最終的なコストの拡大を引き起こしていることが分かる。また、性能が 0.4 に落ちた段階で補修を行う場合では、最終的なコストは最も削減できるが、トンネルの平均性能が 0.6 以下となる場合もあり（図-9(c)を参照）、リスク（期待損害額）が高くなると考えられる。

次に、性能とコストの両側面から費用対効果(X)を以下のように定義する。

$$X = \frac{P_{50}}{c_i/c_{\max}} \quad (5)$$

ここに、 P_{50} は 50 年平均のトンネル性能、 c_i はケース i におけるライフサイクルコスト、 $c_{\max}$ はライフサイクルコストの最大値である。この式より、費用対効果を算出した値を表-5 に示す。リスクが高くなる性能 0.4 に落ちた段階で補修を行うケースを除

表-5 費用対効果の算出

	性能 0.4→1.0	性能 0.5→1.0	性能 0.6→1.0	性能 0.7→1.0	性能 0.8→1.0
50 年平均 性能	0.706	0.754	0.824	0.847	0.886
LCC (億円)	48.9	74.0	72.3	72.9	81.7
費用対 効果	1.180	0.832	0.931	0.949	0.886

けば、性能 0.7 に落ちた段階で補修を行うケースは最も費用対効果は高い結果となった。つまり、トンネル性能と最終的なコストの二つの側面から考えて、性能 0.7 に落ちた段階で補修を行うことは、最も有効的であると言える。

(4) 社会的割引率

社会基盤構造物の補修費など将来の出費は現在価値 (Present value) に換算することが一般的に行われている。その換算率が「社会的割引率」と呼ばれるもので、一般に「0.04」とすることが多い¹²⁾ (現時点で 100 円のものが、1 年後は 100/1.04 円、2 年後は 100/1.04/1.04 円のように低減する)。この社会的割引率を考慮したライフサイクルコストを算出した結果を図-12 に示す。これから 15 年後は、累計補修費に比べて、社会的割引率を考慮した累計 LCC の経年増加が緩やかになることが分る。

5. おわりに

本研究では、長崎県道路トンネルの維持管理のデータを例として、維持管理の最適化におけるアセットマネジメントの適用性について検討し、特に直接補修費用の分析と LCC 試算により、最終的補修費を縮減できる補修計画の提案を試みる事ができた。ただし、アセットマネジメント手法は多くの重要な情報をもとに様々な分析、評価法を駆使し、最適なマネジメントを実行していくことを目標としているため、今後は、維持管理データベースにおけるさらなるデータの蓄積・運用を進めて、試算結果の信頼性を高めていく必要がある。

今までの検討結果を踏まえ、合理的維持管理を実現するために、図-13 に示すトンネル維持管理フローを提案する。基本的には、点検結果等を含む維持管理データベース構築、現況健全度評価、将来健全度低下モデリング、ライフサイクルコストによる最適化を行い、補修のタイミング・効率的投資・優先順位などの意思決定を支援するシステムとする。また、多くの重要な情報をもとに様々な分析法、評価法を駆使し、最適なマネジメントを実行していく。

また最近では、数値解析によるトンネル変状の

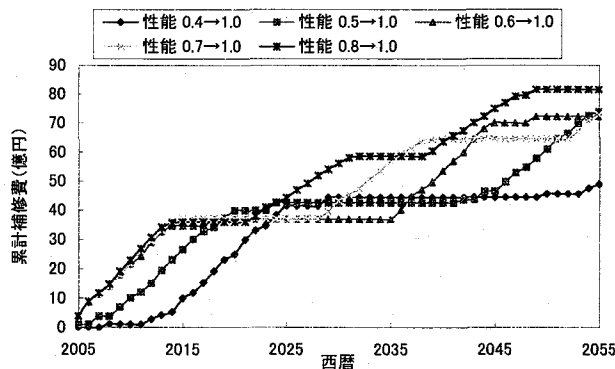


図-11 ライフサイクルコストの試算

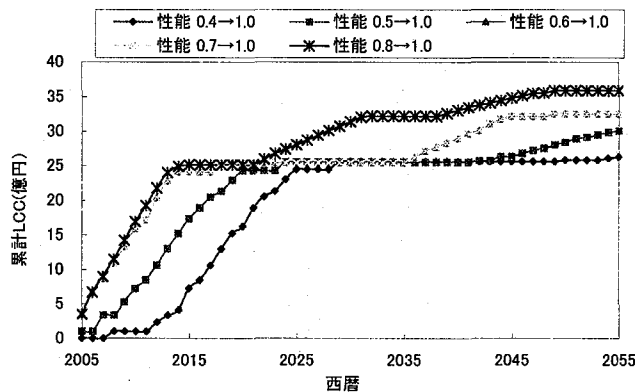


図-12 社会的割引率を考慮した LCC の試算例

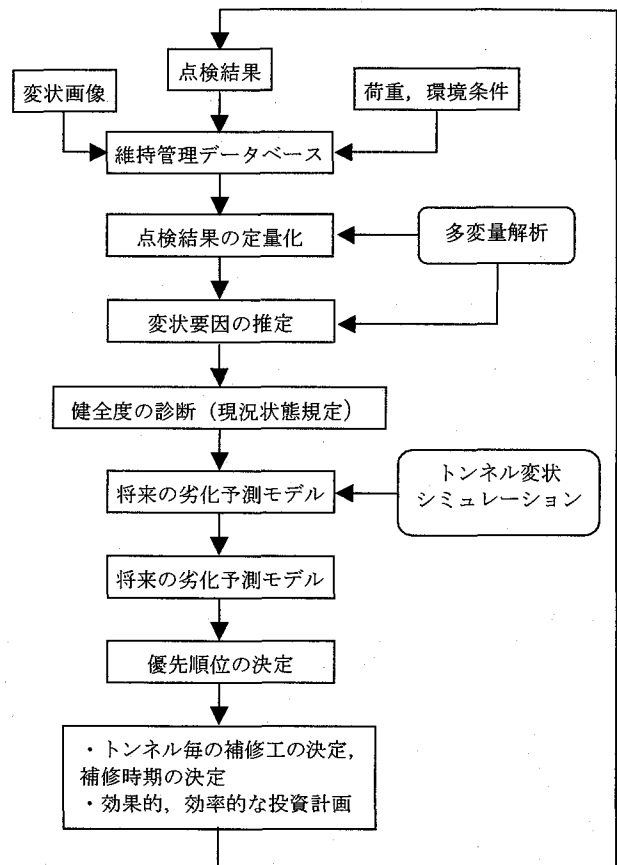


図-13 トンネル維持管理フロー

シミュレーションが実務的にも行われているため、それらとのリンクを行うことで、トンネル変状の予測を行い、シミュレーション結果とデータベースに蓄積しているデータを比較することで、より最適な方法による変状予測、最適維持管理時期の決定が行えると考えている。

謝辞：トンネル維持管理の資料収集においては長崎県土木部道路維持課ならびに各土木支庁の方々にご協力を頂いた。また、アセットマネジメントの導入の妥当性について、九建設計(株)松井謙二さんから貴重なアドバイスを頂いた。ここに感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 蔣 宇静, 棚橋由彦, 藤井崇博他: GISを用いた道路トンネル維持管理データベースの構築と活用, 土と基礎, 第52巻, 第6号, pp. 25-27, 2004.
- 2) 蔣 宇静, 棚橋由彦, 藤井崇博: 道路トンネルの変状要因分析と維持管理データベースの構築, 第9回地下空間シンポジウム論文・報告集, pp. 179-186, 2004.
- 3) 蔣 宇静: 道路トンネル維持管理データベースの構築, 長崎県受託研究報告書, 2005.
- 4) 日本道路協会: 道路トンネルの維持管理便覧, 1993.
- 5) 国土交通省 HP: <http://www.mlit.go.jp/yougo/j-a1.html>
- 6) 中川光雄, 蔣 宇静, 里 優, 棚橋由彦: 岩盤強度の時間依存性を考慮したトンネル変状シミュレーション, 土と基礎, 第52巻, 第6号, pp. 28-30, 2004.
- 7) 蔣 宇静, 棚橋由彦, 関 振長, 川田晶仁: トンネル変状予測モデルの検討と補強工法効果の評価への適用, 第12回地下空間シンポジウム論文・報告集(投稿中), 土木学会地下空間委員会, 2007.
- 8) 横浜市道路局: 横浜市橋梁長期保全更新計画検討報告書, 2005.
- 9) 安田 亨: トンネル構造物の維持管理最適化に関する研究, 京都大学学位論文, pp. 109-110, 2004.
- 10) 国土交通省道路局: 費用便益分析に用いる原単位の改定案について, 2003.
- 11) 石田 樹, 岳本秀人: 路上工事による交通規制の経済的景況評価: 北海道開発土木研究所, 月報2004年5月号 (No. 612), 2004.
- 12) 国土交通省: 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針, 2004.

付録：本研究にて分析対象とした道路トンネルの緒
元（文献3）による）

表－6 対象トンネル諸元リスト

トンネル 名	路線延長 (m)	供用開 始年	供用年	交通量 (台/日)	交通量 評価点	幅員 (m)	交通容量 評価点	重要度	最終 補修歴	現在 (2005) 健全度	劣化度	優先度	参考 順位	優先 順位
f	108.0	1929	76	3683	25	4.20	50	32.5	2003	67.72	32.28	32.37	22	30
e	327.0	1933	72	19934	100	7.40	75	92.5	2003	64.69	35.31	58.19	14	2
d	213.0	1949	56	10713	75	7.60	75	75.0	2003	66.20	33.80	50.28	18	7
c	40.0	1949	56	500	25	4.40	50	32.5	2003	66.20	33.80	33.28	18	27
b	260.0	1967	38	5139	50	6.00	75	57.5	1999	51.90	48.10	51.86	3	4
a	401.4	1968	37	16600	100	8.00	75	92.5	2000	60.00	40.00	61.00	7	1
Z	210.0	1963	42	4208	25	6.00	75	40.0	1996	48.50	51.50	46.90	2	12
Y	380.0	1975	30	515	25	7.50	75	40.0	1999	51.90	48.10	44.86	3	15
X	200.0	1971	34	4208	25	6.00	75	40.0	1999	46.80	53.20	47.92	1	10
W	181.0	1973	32	12494	75	8.50	75	75.0	2002	63.10	36.90	52.14	12	3
V	70.0	1973	32	12494	75	8.50	75	75.0	2002	66.20	33.80	50.28	18	7
U	230.0	1974	31	4810	25	7.50	75	40.0	2001	55.20	44.80	42.88	5	16
T	290.0	1977	28	1100	25	8.00	75	40.0	2002	67.72	32.28	35.37	22	22
S	95.0	1984	21	1100	25	8.75	75	40.0	2003	66.20	33.80	36.28	18	21
I	730.0	1979	26	10713	75	8.50	75	75.0	2003	70.70	29.30	47.58	26	11
Q	151.2	1979	26	1008	25	6.50	75	40.0	2004	76.40	23.60	30.16	31	31
P	110.0	1979	26	4406	25	9.90	75	40.0	2003	61.60	38.40	39.04	9	18
O	200.0	1981	24	6074	50	9.90	75	57.5	2003	63.10	36.90	45.14	12	14
N	821.0	1981	24	5795	50	9.25	75	57.5	2001	55.20	44.80	49.88	5	9
M	198.0	1981	24	6074	50	9.70	75	57.5	2001	61.60	38.40	46.04	9	13
L	195.0	1983	22	1100	25	8.75	75	40.0	2003	70.70	29.30	33.58	26	25
K	450.0	1982	23	1469	25	7.50	75	40.0	2001	61.60	38.40	39.04	9	18
J	360.0	1984	21	10517	75	9.25	75	75.0	2002	64.69	35.31	51.19	14	5
I	95.0	1984	21	1100	25	8.75	75	40.0	2003	76.40	23.60	30.16	31	31
H	135.0	1985	20	1100	25	8.75	75	40.0	2003	67.72	32.28	35.37	22	22
G	215.0	1987	18	885	25	8.75	75	40.0	2003	70.70	29.30	33.58	26	25
F	176.0	1986	19	1866	25	8.00	75	40.0	2000	60.00	40.00	40.00	7	17
E	215.0	1988	17	985	25	6.00	75	40.0	2002	64.69	35.31	37.19	14	20
D	460.0	1988	17	10517	75	9.25	75	75.0	2001	64.69	35.31	51.19	14	5
C	170.0	1992	13	1866	25	8.50	75	40.0	2000	72.20	27.80	32.68	29	28
B	349.0	1994	11	2139	25	9.00	75	40.0	2003	69.20	30.80	34.48	25	24
A	696.0	1993	12	2155	25	9.00	75	40.0	2000	72.20	27.80	32.68	29	28