

# 競合脱線とその防止対策

大 月 隆 士\*  
堂 前 文 男\*\*

## 1. はしがき

昨年、とくに6月に続発して世間を騒がせたいわゆる競合脱線（国鉄部内では途中脱線と呼んでいる）も最近影をひそめた形で小康状態を保っているといえる。輸送の安全確保が最大使命である国鉄として、考えられる対策を可能な限り推進してきた成果と評価されれば幸いである。競合脱線の原因は、その名が示す通り、把握がなかなか困難である。否、原因が不明である故に競合脱線として整理するのではないかとの苦言が聞かれるほどのものである。ともあれ、国鉄としては、何とか、その原因を明らかにしようと、各種の要因について、さまざまな方法で検討を行なっている。

さて、競合脱線防止対策としては、原因解明結果に基づいた対策はもとより、原因に直接つながらなくとも、それによって脱線を防止する対策をも鋭意実施しているわけである。

本文では、この種脱線事故の原因解明と、事故防止対策を中心に、競合脱線の問題点に触れてみたいと思う。

## 2. 競合脱線の概況

### (1) 競合脱線とは

いわゆる脱線には、その原因が明白なものももちろん考えられる。たとえば、列車の曲線中の走行速度が高過ぎるための脱線、車軸が折損したために生じる脱線、軌道の狂いが異常に大きいため脱線、貨車の積荷が片寄り過ぎるための脱線等々である。これを要約すると、運転、車両、線路および積荷の状態がそれぞれ異常であったために生じる脱線といえる。

ところで競合脱線とは、このような、運転、車両、線

路、積荷の状態など、それぞれ単独では脱線の原因とならないような条件が、たまたま複雑に重なりあったために生じたものと推定される脱線といえる。

### (2) 競合脱線の発生状況

競合脱線といえば、重大な結果をもたらした、いわゆる鶴見事故が昭和38年に発生している。

図一1は、過去7カ年に発生した競合脱線について、発生地、車種別件数等を示したものである。これによると、昭和42年度まではおおむね年間5件程度であったが、43、44年度には多発の傾向にあったこと、車種としては、石炭車、タンク車以外の2軸貨車（ボギー台車形式の貨車に対し、一車両2軸の車両を2軸車と呼んでいる）が比較的多いが、44年度には、タンク車、石炭車の脱線が多かったことなどがわかる。

ともかく、昭和44年度には、13件と近年にない多発件数を数えたことは、まことに遺憾なことであったといわざるをえない。国鉄としても、この種事故の原因解明を引続き実施するとともに、事故防止の対策を推進しているわけである。

## 3. 原因解明

### (1) 原因解明の方法

競合脱線は、まことに複雑な条件のからみあいによって生じることは前述した。したがって、その原因の解明もはなはだやっかいなものであるが、国鉄では、極力その原因を解明するため次のような方法をとっている。

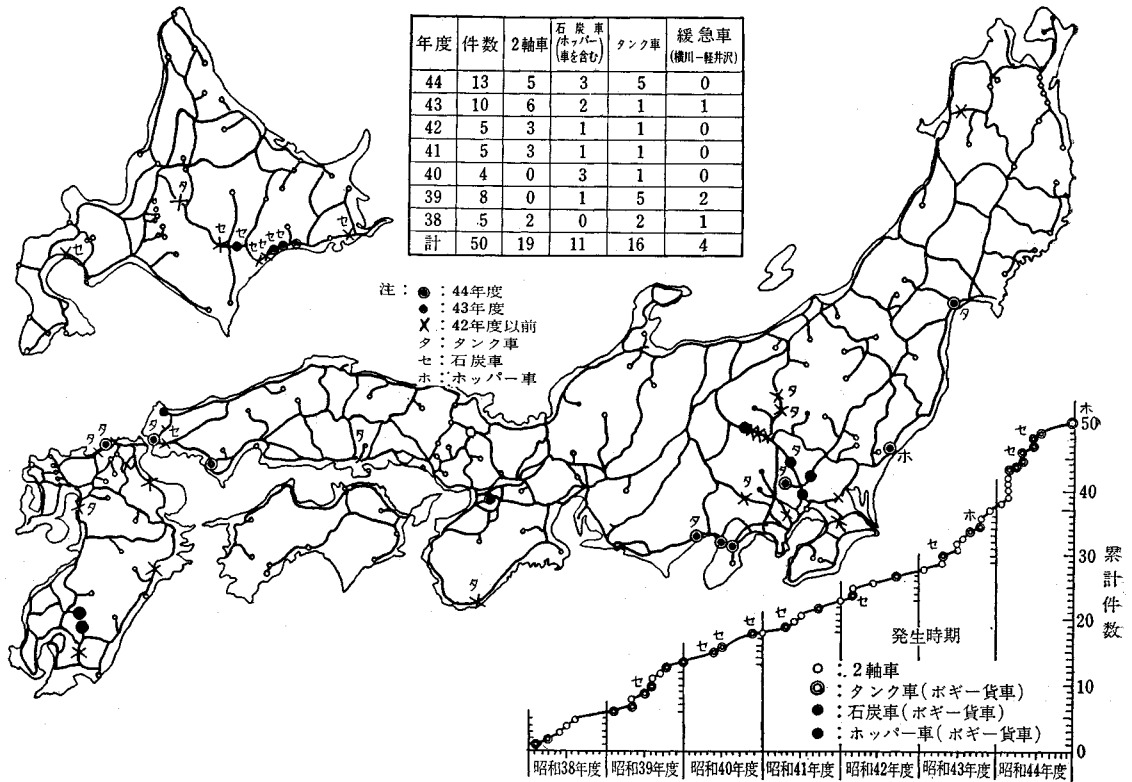
- ① 事故発生直後の各種状態調査
- ② 事故発生条件下の再現試験
- ③ 実験線における基礎的実験
- ④ 研究所等における基礎的研究

すなわち、事故発生直後には、乗務員の供述を主とした運転状況、脱線車両の各部寸法、線路に残された根

\*正会員 日本国有鉄道 施設局保線課課長補佐  
\*\*正会員 日本国有鉄道 技師長室計画課課長補佐

図一 昭和 38 年度以降・貨車の競合等による途中脱線事故発生状況

(昭和 45 年 3 月 31 日現在)

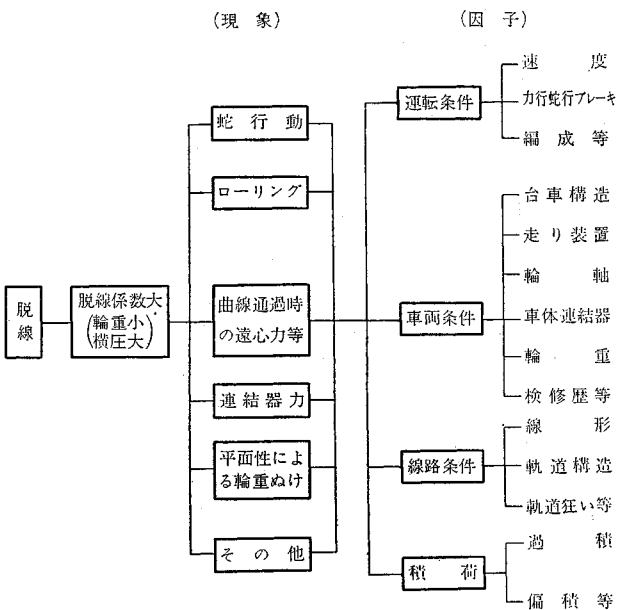


跡、軌道狂い状態などの調査が行なわれる。

この調査で判明または推定される条件の再現によって行なう現地試験も実施される。

新ルート線の開業によって、死線となった北海道の狩勝線を実験線として活用する実験を昭和 42 年度から継続している。

図二 脱線と脱線に関する因子の関連図



研究所等においては、模型装置、シュミレーター等によって基礎的な研究を行なっている。

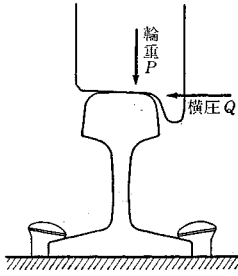
このように、いろいろな調査、試験、研究を通じて原因解明を行なっているが、複雑な事象とはいいながら、その因子については、次のように整理できそうである。

図-2 は、その因子と現象とを書きあげたものである。

鉄道車両は、車体がばねを介してレール上を回転する車輪に乗っている。車輪は、そのフランジにより、レールからはずれないようにガイドされているが、何らかの原因でレール上を乗り越えるために脱線が生じる。

車両からレールに加わる力としては 図-3 に示すように輪重  $P$  (レールに垂直に作用する力) と横圧  $Q$  (レールに水平に作用する力) とがある。何らかの現象で  $Q/P$  が大きくなると脱線の危険性が増すことが実験的にいわれている。また、輪重  $P$  が極端に小さい場合に、わずかな横

図-3 レールに加わる力



圧  $Q$  が作用しても同じようなことがいえる。というように、脱線は  $Q/P$  の増加、 $P$  の減少によって生じると理解され、そのもととなる現象と、その現象の要因となる因子が 図-2 に示されているといえる。

以上のような現象、因子を考慮して各種の検討をすすめているわけであるが、次に実験線における実験と、今までに整理された結果の概要について述べることにしたい。

(2) 実験線における基礎的試験

実験線における試験は、昭和 42 年 7 月 12 日に開始してから 3 年の間に延べ 83 日間にわたって実施してきた。

実験線は、競合脱線事故の原因を解明するため、営業線では実施することのできない脱線に対する極限の状態について現車試験を行ない、的確な脱線防止対策をたてることを目的として設置されたもので、人工的に車両条件、軌道条件等の試験条件を設定して、単車および編成車両による走行試験を実施してきた。

昭和 42 年度は、現車により脱線現象を詳細に解明することを第一の目標とし、脱線に至る過程およびそのときの輪重、横圧、横圧・輪重比(脱線係数)等の車両特性値を把握することに重点をおき、あわせて脱線に影響をおよぼす諸要因の検討を行なった。

昭和 43 年度は安全性向上対策の効果を確認する試験を行なうとともに、前年度に引き続いて脱線に影響をおよぼす諸要因の検討を行なった。

昭和 44 年度は、編成車両において車両相互間に働く

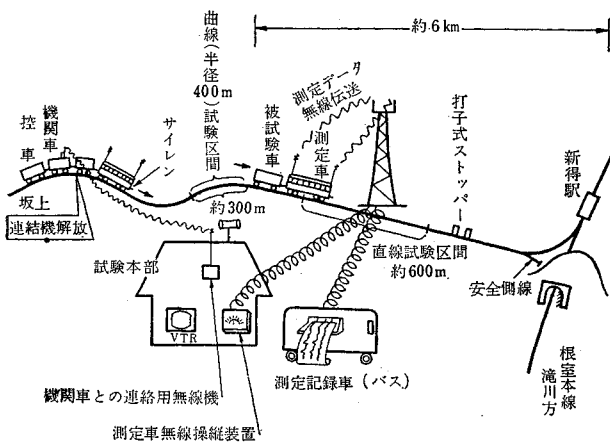
力の影響などを解明するとともに、対策確認試験と脱線に影響をおよぼす諸要因の検討を行なった。

試験の方法は、図-4 に示すように、測定車と供試車を機関車で坂の上に引き上げ、適当な位置で機関車の連結器を解き放つことにより、測定車と供試車は、勾配の下り方向に自走し次第に速度を上げていく。解放する位

表-1 軌道狂い一覧表

年度 (昭和)	軌道条件				
	直曲別	区間名	波高 (mm)		波長 (m)
			通り	水準	
42	曲線	A	10	5	20
		B	30	0	20
		C	20	5	20
	直線	A	20	5	20
		B	30	0	20
		C	30	5	20
		D	0	5	20
		E	0	10	20
		A'	10	5	20
		B'	20	0	(半波長)
		C'	20	5	(半波長)
		C''	30	0	(半波長)
30	5	(半波長)			
43	曲線	A			25
		B	20	5	15
		C			20
	直線	D	20	5	25
		E			15
		F			10
		G			20
		H			10
44	曲線	A	0	10	20
		B	20	5	15
		C	5	10	20
	直線	D	10	5	15
		E	20	5	15
		F	20	5	20
		G	0	15	20
		H	5	15	20

図-4 実験線試験概略



位置を変えることにより、試験区間の走行速度を変えることができる。測定されたデータは、測定車から無線で搬送され地上の記録装置に送られる。測定車は無人でまた車輪および重心位置をくふうして脱線しにくいようになっており、ブレーキ操作などは、地上から無線操縦できるようにしてある。測定項目は試験によって若干異なるが、輪重、横圧、車体振動加速度、担ばね変位、車体ねじれ応力、側受すきま、自動連結器左右変位量などである。

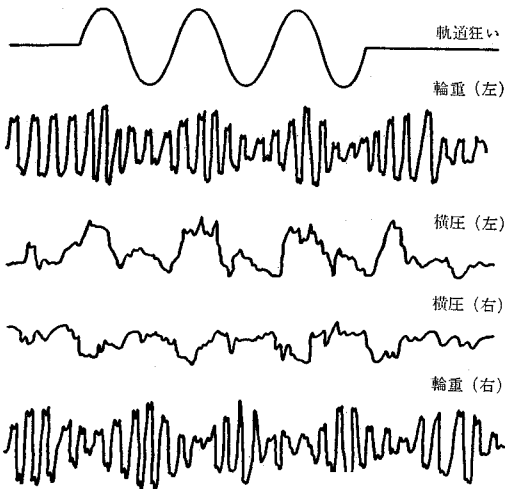
車両条件としては、車両の狂い、車両構造の差、積荷の状態の差等、いろいろなものを設定した。

軌道条件としては、表-1 に示すように曲線区間、直線区間に分け、通り狂いと水準狂いの波高

および波長を変え、正弦波として人工的に設定した。

試験結果については、データが膨大な量にわたり、現在なお分析中のものもあるが、脱線防止対策の効果を中心に現在までに技術研究所においてまとめられたものを要約すると次のようである。

図-5 軌道狂いと車両横圧、輪重の記録波形例



a) 脱線現象

① 脱線に対しては、走行中の輪重減少が大きく関与し残存する輪重が0に近くなると脱線の危険性が著しく大きくなる。残存する輪重が著しく小さくなければ、脱線係数が従来から考えられている限度を越えても脱線は起こりにくい。

② 横圧は速度に対して、ほぼ直線的に増大する。これに対して、輪重変動はある速度で極大になり、設定条件によっては残存輪重が0あるいは0に近くなる。このため、脱線係数はある速度から急激に大きくなる。

b) 軌道狂いの影響

① 同一波長の連続した通り狂い、水準狂いの存在する軌道を貨車が走行するとき、車の形式により周波数特性が異なる。一般に、特定の周波数領域において急激に走行安全性が低下するが、ワキ 1000 形式車ではこのようなことがない。この周波数領域に対応するおおよその軌道狂いの波長は、通常速度に対してワラ 1 形式車でおおむね 14~15 m の範囲で、セキ 1000 形式車では 10 m 以下にまで広がる。

② 連続した狂いが続く場合、一般に波が続くにつれて走行安全性が低下していくとは限らない。

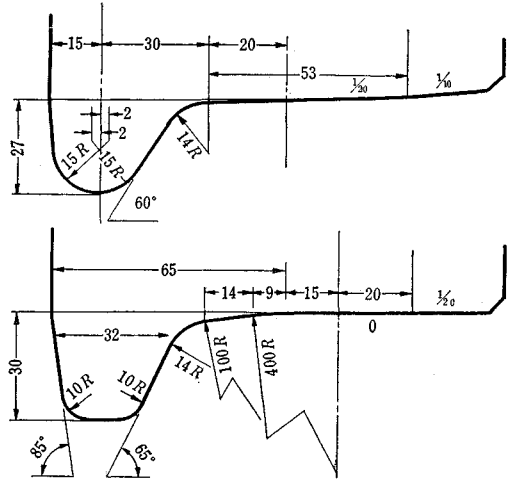
③ 狂いが単独波として存在する場合は、波高がかなり大きくても走行安全性が著しく低下することはない。

④ 通り狂いと水準狂いとが複合して存在すると、単独に存在する場合より走行安全性は低下する。

c) 脱線防止対策の効果

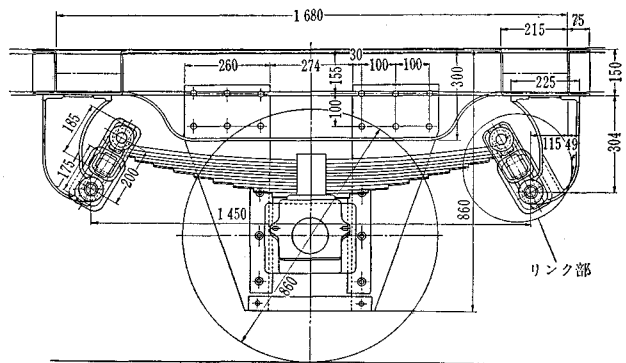
① 車輪に N 踏面 (図-6 参照) を使用した場合、車輪がレールに乗り上がりにくくなるのが明らかに認められる。

図-6 基本および N 踏面図



② 2 段リンク (図-7 参照) 上部リンクの太さを拡大した場合、走行安全性がやや向上する。

図-7 2 段リンク 図

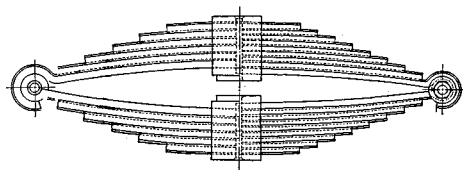


③ 2 段リンク支持部に担ばねと直列にゴムを入れた場合には、脱線係数が小さくなるのが認められた。

④ ワラ 1 形式車の屋根を切り取って車体のねじり剛性を低減した場合、とくに水準狂いの区間において輪重減少が小さくなった。

⑤ ボギー石炭車でまくらばね定数 (図-8 参照) を小さくした場合、輪重減少および脱線係数の極大を示す

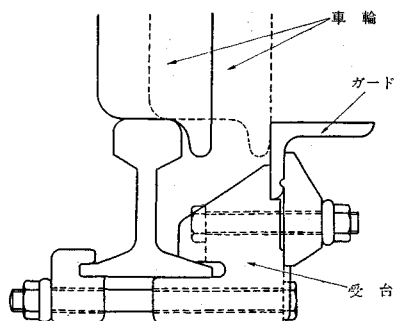
図-8 まくらばね 図



速度が低いほうに移り、その値が小さくなった。

⑥ 脱線防止ガード(図-9 参照)は、一車輪がレールに乗り上がった場合にそれが転落することを抑制する機能を有していること、および実用に供しうる強度を有していることが確認された。

図-9 脱線防止ガード略図



以上のほか、車両条件の影響、積荷条件の影響などについての結果もあるが本文ではその記述を省略したい。

このような実験線における試験、営業線における試験等を通じて競合脱線の原因解明に努力しているわけであり、問題はきわめて複雑であるといわざるを得ないが、今後も、運転、車両、軌道等関係者の努力は続けられていかなければならない。

#### 4. 事故防止対策

この種事故防止対策は大きく分類すると次の3つになると考えられる。

- ① 推定される原因を直接除去する対策
  - ② 原因を直接除去するものではないが、これを行なうことによって脱線が防止される対策
  - ③ 万一脱線事故が生じた場合、併発事故を防ぐ対策
- 本来的には、原因を把握し、これを直接除去する対策を行なうのが望ましく、また最も効率が高いことはいうまでもない。しかしながら、前述のように原因の把握が困難な場合といえども、原因解明まで放置できる性質のものではなく、したがって、他の2種の対策を行なう必要も当然あるわけである。このようなことから、国鉄としては、次のような対策を当面の最重点対策と定め、現在実施中である。

##### (1) 車輪のN踏面化の実施

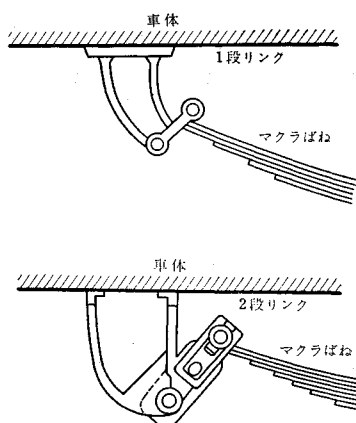
N踏面は基本踏面に比べて 図-6 に示すように

- ① フランジ角度がきつく、 $65^\circ$  とした
- ② フランジ高さが大きく、30 mm とした
- ③ 在来  $1/20$  の勾配を、 $1/20$ , 0, 曲線を複合させた

形状とした。

という特徴を有している。この踏面形状は、実験線における試験および山陰線における試験の結果、2段リンク(1段リンクに対する車体支持装置の呼称であり、両者の差については 図-10 参照)貨車について脱線しにくいことが確認された。そこで昭和46年1月までに、2段リンク貨車 11万6000両すべてをN踏面とする計画をたて現在施工中である。

図-10 1段リンクと2段リンクとの比較図



##### (2) 脱線防止ガードの敷設

従来は、脱線した車輪が大きく軌道外に出ないように車輪をガイドする目的の安全レールを敷設してきた。その後、安全レールと基本レール(車輪の走行するレール)の間隔をせばめた形の脱線防止レールを、ある大きさの下り勾配から上り方に勾配が変化する箇所を介する急曲線で運転条件上必要と思われる箇所を選び、約27km敷設した。しかしながら、基本レールに近づけて敷設するこの方式は軌道保守上問題が多いため、着脱容易なものとして考案されたのが前に説明した脱線防止ガードである。この脱線防止ガードを、複線区間で輸送量の多い線区を主体として、運転条件、線路条件などを考慮し、さらに約70km増設することとし、昭和45年中に敷設を完了する予定である。

##### (3) 記録式速度計の取付け

事故発生時の速度等の運転条件を明確に把握することは、原因究明の一つの鍵である。しかしながら、現状は乗務員の記憶および計算等によって推定しているため、微妙な点でははっきりしない場合があった。したがって、これらの条件が記録されていれば原因究明上あいまいな条件がなくなる意味できわめて有利となる。現在、国鉄では、特急用電車および気動車に紙の上に記録するロールチャート式の記録式速度計を設置している。また、開発中のものに磁気テープにいろいろな条件を記録できる

運転記録計というものもある。今回、自動車に使われているいわゆるタコグラフを動力車に取り付けることとした。当面、複線以上の区間を運転する貨物用機関車約2400両に昭和45年5月末までに取付けを完了する予定である。

以上3つの最重点対策に要する費用はおよそ30億円である。

このほかにも種々の対策を立てているが、そのうちおもなものについて項目を列挙すると次の通りである。

- ① 偏積防止対策
- ② 石炭車対策
- ③ ボギータンク車対策
- ④ レールおよび車輪フランジ塗油器の設置
- ⑤ 軌道構造の強化
- ⑥ 高速軌道検測車による軌道状態把握

## 5. 今後の進め方

原因解明の今後の進め方としては、基本的には従来の手法で行なうこととなるが、国鉄部内で検討されていることからは次の通りである。

### (1) 実験線における昭和45年度の試験

昭和45年度は実験線試験開始後第4年目になるので、44年度までに実施した試験の追加として、次のような試験を実施する。

a) 車両の走行安全性向上のための諸対策について、効果確認試験を継続実施する。

この内容としては

- ① 曲線におけるスラック縮少
- ② ボギー貨車用の改良踏面の開発

などを考える。

b) 前年度までの各試験において残された問題点に対

して補充試験を実施する。

この内容としては

- ① 車両の走行状態のばらつき調査
- ② ワム80000形式車の走行状態調査
- ③ 特殊試験車について軸距変更等の条件変更による走行状態調査
- ④ 軌道狂いを変更した場合の影響などを考える。

### (2) 営業線における試験

営業線においても、脱線現象解明と脱線防止対策の確立のために次の項目の試験を必要に応じて実施する。

- ① 軌道狂いが車両走行におよぼす影響調査
- ② 車両の個体差と同一形式車走行の状態のばらつき調査
- ③ 脱線防止諸対策の確認試験
- ④ 実験線試験との関連試験
- ⑤ その他

## 6. あとがき

以上、競合脱線の原因究明の手法と、事故防止対策を中心として競合脱線の問題について触れてみた。

文中、車両、運転等にかかわる事項も多く、説明を難解なものとしたきらいはあるが、問題の性質上、これらを除外した説明はできないため容認いただきたい。

いずれにしても、競合脱線の問題については、複雑なことがらとはいえ、今後とも部内外の総智を集めてその解決方の努力を払ってゆく必要があるため、国鉄においては、部外学識経験者を含めた特別委員会を構成しており、この委員会を中心に諸問題の検討が続けられることとなる。

(1970. 4. 24. 受付)

## トンネル標準示方書解説

### 内 容

第1編 総 則

第2編 調 査

第1章 通則/第2章 概略調査/第3章 精密調査

第3編 設 計

第1章 通則/第2章 トンネルの線形、勾配および内空断面の設計/第3章 荷重/第4章 巻厚線および支払線/第5章 支保工の設計/第1節 通則/第2節 鋼アーチ支保工/第3節 ロックボルト/第4節 吹付けコンクリート/第6章 覆工の設計/第7章 裏込め注入/第8章 その他の設計

第4編 施 工

第1章 通則/第2章 保安/第3章 測量/第4章 掘さく/第5章 爆破/第6章 ずり処理/第7章 坑内運搬/第8章 支保工/第1節 鋼アーチ支保工/第2節 ロックボルト/第3節 吹付けコンクリート/第4節 木製支柱式支保工/第9章 型わく/第10章 覆工/第11章 裏込め注入

体 裁 : A5判 160 ページ 定 価 : 800 円 会員特価 : 700 円 送 料 : 70 円