

### 第3章 アンケート結果によるずり出し方式の実態

#### 3.1 アンケート調査対象工事の概要

アンケート調査を実施したトンネル工事の概要について以下に述べる。

##### 3.1.1 用途別

用途別に工事件数を整理した結果を表 3.1.1～2、図 3.1.1～2 に示す。

##### ■タイヤ方式

表 3.1.1 用途別工事件数

用途	計(件)
道路	61
鉄道	13
水路	5
その他	5
計(件)	84

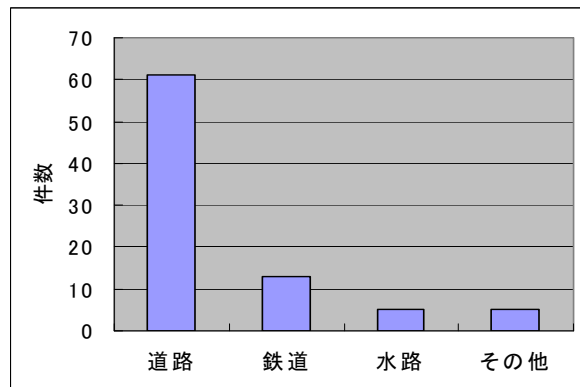


図 3.1.1 用途別工事件数

##### ■連続ベルトコンベヤ方式

表 3.1.2 用途別工事件数

用途	計(件)
道路	17
鉄道	15
水路	1
計(件)	33

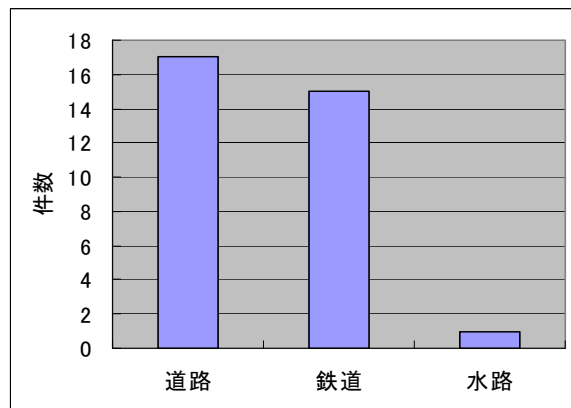


図 3.1.2 用途別工事件数

タイヤ方式では、道路としての用途が最も多く（全体の70%を超える）、鉄道としての用途（全体の約15%）がそれに続く。

連続ベルトコンベヤ方式でも、道路としての用途が最も多く（全体の約52%）、鉄道としての用途（全体の約45%）がそれに続く。

タイヤ方式と比較して鉄道としての用途の割合が高い（約3倍の割合）点が、連続ベルトコンベヤ方式の特徴といえる。

### 3.1.2 発注者別

発注者は連続ベルトコンベヤ方式を指定や指示はしていないが、発注者別に工事件数を集計した結果を表 3.1.3～4、図 3.1.3～4 に示す。

#### ■タイヤ方式

表 3.1.3 発注者別工事件数

発注者	件数
国土交通省	23
地方公共団体	19
NEXCO	22
鉄道・運輸機構	13
石油天然ガス・金属鉱物資源機構	2
電力	3
民間	2
計	84

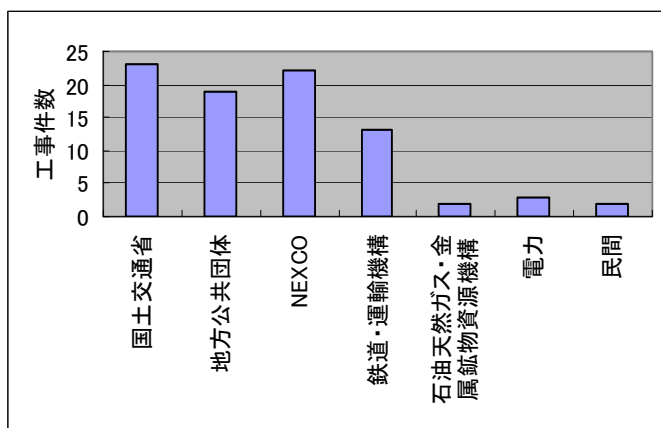


図 3.1.3 発注者別工事件数

#### ■連続ベルトコンベヤ方式

表 3.1.4 発注者別工事件数

発注者	件数
国土交通省	9
地方公共団体	5
NEXCO	4
鉄道・運輸機構	15
計	33

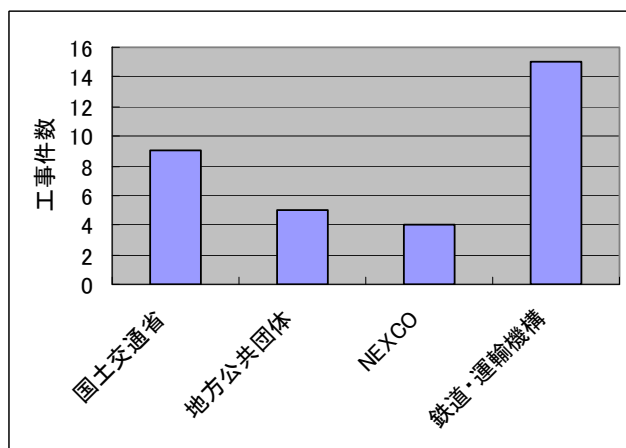


図 3.1.4 発注者別工事件数

タイヤ方式では、国土交通省および NEXCO の割合が高く（全体の 25% を超える）、地方公共団体（全体の約 23%）、および鉄道・運輸機構（全体の約 15%）がそれに続く。

連続ベルトコンベヤ方式では、鉄道・運輸機構の割合が最も高く（全体の約 45%）、国土交通省（全体の約 27%）がそれに続く。

タイヤ方式と比較して鉄道・運輸機構の割合が高い（約 3 倍の割合）点が、連続ベルトコンベヤ方式の特徴といえる。

### 3.1.3 トンネル延長一用途別

トンネル延長別に工事件数を整理した結果を表 3.1.5～6、図 3.1.5～6 に示す。

#### ■タイヤ方式

表 3.1.5 トンネル延長別工事件数

トンネル延長(m)	道路(件)	鉄道(件)	水路(件)	その他(件)	計(件)
1000 以上-1500 未満	24	1	1	2	28
1500 以上-2000 未満	20	1		1	22
2000 以上-2500 未満	10	3	3		16
2500 以上-3000 未満	4	2			6
3000 以上-3500 未満	1	1	1		3
3500 以上-4000 未満	1	3		2	6
4000 以上-4500 未満	1	1			2
4500 以上-5000 未満		1			1
計(件)	61	13	5	5	84

#### ■連続ベルトコンベヤ方式

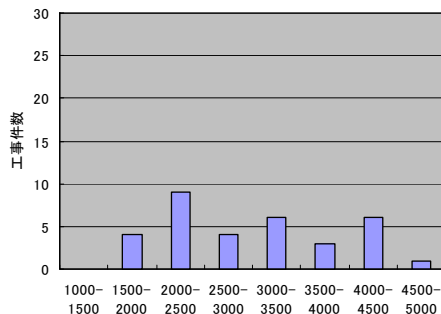


図 3.1.6 トンネル延長別工事件数

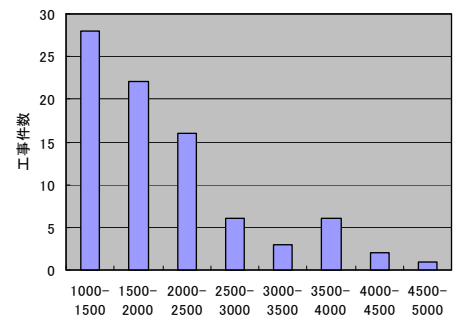


図 3.1.5 トンネル延長別工事件数

表 3.1.6 トンネル延長別工事件数

トンネル延長(m)	道路(件)	鉄道(件)	水路(件)	計(件)
1000 以上-1500 未満	0	0		0
1500 以上-2000 未満	4	0		4
2000 以上-2500 未満	7	2		9
2500 以上-3000 未満	1	3		4
3000 以上-3500 未満	1	5		6
3500 以上-4000 未満	1	2		3
4000 以上-4500 未満	3	2	1	6
4500 以上-5000 未満	0	1		1
計(件)	17	15	1	33

タイヤ方式では、1,000m 以上 1,500m 未満のトンネルが最も多く（全体の約 33%）、1,500m 以上 2,000m 未満のトンネル（全体の約 26%）および 2,000m 以上 2,500m 未満のトンネル（全体の約 19%）がそれに続く。

連続ベルトコンベヤ方式では、2,000m 以上 2,500m 未満のトンネルが最も多く（全体の約 27%）、3,000m 以上 3,500m 未満のトンネルおよび 4,000m 以上 4,500m 未満のトンネル（共に全体の約 18%）がそれに続く。1,500m 以上 2,000m 未満と比較的短いトンネルにおいても 4 件（全体の約 12%）の実績がある。

1,500m 未満に該当するトンネルが全く存在しない点、トンネル延長別の割合に大きな差がない点が、連続ベルトコンベヤ方式の特徴といえる。

### 3.1.4 掘削断面積—用途別

掘削断面積別に工事件数を整理した結果を表 3.1.7～8、図 3.1.7～8 に示す。

#### ■タイヤ方式

表 3.1.7 掘削断面積別工事件数

掘削断面積(㎡)	道路(件)	鉄道(件)	水路(件)	その他(件)	計(件)
20 以上-40 未満			1	3	4
40 以上-60 未満	12		2		14
60 以上-80 未満	17	6		2	25
80 以上-100 未満	22	7			29
100 以上-120 未満	2				2
120 以上-140 未満	2				2
140 以上-160 未満	1		2		3
160 以上-180 未満	2				2
180 以上-200 未満	2				2
計(件)	60	13	5	5	83

#### ■連続ベルトコンベヤ方式

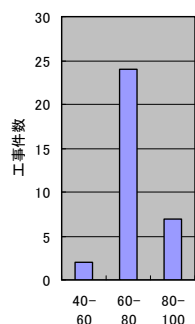


図 3.1.8 掘削断面積別工事件数

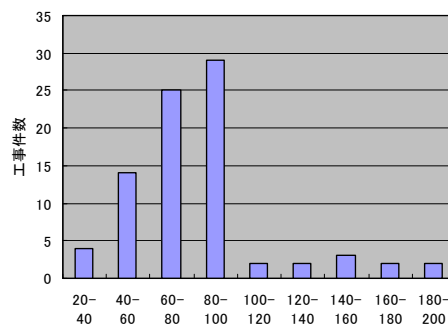


図 3.1.7 掘削断面積別工事件数

表 3.1.8 掘削断面積別工事件数

掘削断面積(㎡)	道路(件)	鉄道(件)	水路(件)	計(件)
40 以上-60 未満		1	1	2
60 以上-80 未満	13	11		24
80 以上-100 未満	4	3		7
計(件)	17	15	1	33

タイヤ方式では、80 ㎡以上 100 ㎡未満のトンネルが最も多く（全体の約 35%）、60 ㎡以上 80 ㎡未満のトンネル（全体の約 31%）および 40 ㎡以上 60 ㎡未満のトンネル（全体の約 17%）がそれに続く。

連続ベルトコンベヤ方式では、60 ㎡以上 80 ㎡未満のトンネルが最も多く（全体の約 73%）、80 ㎡以上 100 ㎡未満のトンネル（全体の約 21%）がそれに続く。

該当するトンネルが、40 ㎡以上 100 ㎡未満に限定されている点が、連続ベルトコンベヤ方式の特徴といえる。

### 3.1.5 掘削方法－用途別

掘削方法別に工事件数を整理した結果を表 3.1.9～10、図 3.1.9～10 に示す。

#### ■タイヤ方式

表 3.1.9 掘削方法別工事件数

掘削方法	道路(件)	鉄道(件)	水路(件)	その他(件)	計(件)
発破掘削	45	1	3	4	53
軟岩トンネル機械掘削	2	9			11
発破機械掘削併用	9	3	2	1	15
TBM 導坑先進	5				5
計(件)	61	13	5	5	84

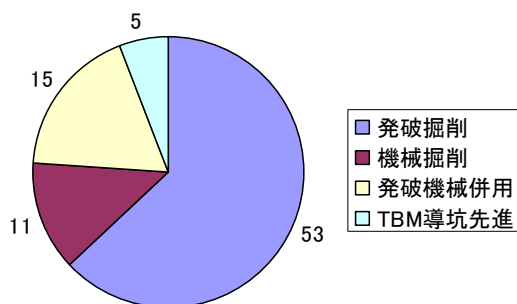


図 3.1.9 掘削方法別工事件

#### ■連続ベルトコンベヤ方式

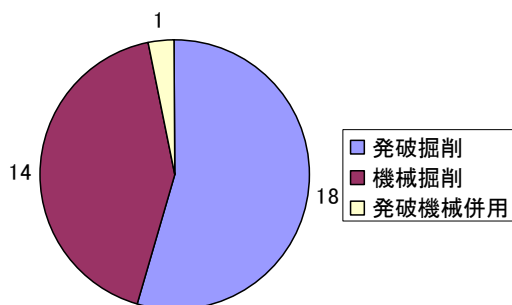


図 3.1.10 掘削方法別工事件

表 3-1-10 掘削方法別工事件数

掘削方法	道路(件)	鉄道(件)	水路(件)	計(件)
発破掘削	12	5	1	18
軟岩トンネル機械掘削	5	9		14
発破機械掘削併用		1		1
計(件)	17	15	1	33

タイヤ方式では、発破掘削の割合が最も高い（全体の 60%を超える）。発破機械掘削併用（全体の約 18%）および軟岩トンネル機械掘削（全体の約 13%）がそれに続く。

連続ベルトコンベヤ方式でも、発破掘削の割合が最も高い（全体の 55%）が、それに続く軟岩トンネル機械掘削の割合も約 42%と高い値である。

タイヤ方式と比較して、軟岩トンネル機械掘削の割合が高い（3倍以上の割合）点が、連続ベルトコンベヤ方式の特徴といえる。

### 3.2 ずり出し方式とトンネルの概要

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）とアンケート調査項目に相当する各種パラメータ（①用途、②トンネル延長、③掘削断面積、④掘削方式、⑤作業坑の有無、⑥最大勾配、⑦岩強度、⑧最大湧水量、⑨加背割、⑩積込み機械、⑪ずり出し作業員数、⑫騒音規制の有無、⑬換気方式、⑭換気量、⑮路盤整備頻度）との相関について述べる。

#### 3.2.1 ずり出し方式と用途

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、用途別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.1～2、図 3.2.1～2 に示す。

表 3.2.1 ずり出し方式と用途（工事件数）

	道路	鉄道	水路	その他	計
連続ベルコン	17	15	1	0	33
タイヤ	61	13	5	5	84
計	78	28	6	5	117

表 3.2.2 ずり出し方式と用途（用途別ずり出し方式の割合）

	道路	鉄道	水路	その他
連続ベルコン	22%	54%	17%	0%
タイヤ	78%	46%	83%	100%
計	100%	100%	100%	100%

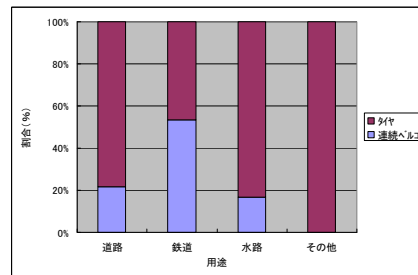
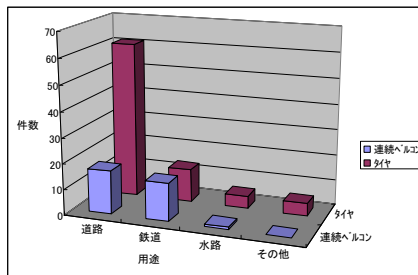


図 3.2.1 ずり出し方式と用途（工事件数）

図 3.2.2 ずり出し方式と用途  
（用途別ずり出し方式の割合）

道路トンネルでは、タイヤ方式の採用割合が約 80%あり、連続ベルトコンベヤ方式の採用割合は少ない。一方、鉄道トンネルでは連続ベルトコンベヤ方式の採用割合が 50%を越えており、その差は大きい。鉄道トンネルはそのほとんどが新幹線トンネルに相当し、延長の長いトンネルが多く、さらに掘削断面積も 80m<sup>2</sup> 程度のものが多いなど、連続ベルトコンベヤ方式を採用した場合にメリットを享受しやすい施工条件であったと考えられる。

### 3.2.2 ずり出し方式とトンネル延長

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、トンネル延長別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.3～4、図 3.2.3～4 に示す。

表 3.2.3 ずり出し方式とトンネル延長（工事件数）

	1,000m以上	1,500m以上	2,000m以上	2,500m以上	3,000m以上	3,500m以上	4,000m以上	4,500m以上	計
	1,500m未満	2,000m未満	2,500m未満	3,000m未満	3,500m未満	4,000m未満	4,500m未満	5,000m未満	
連続ベルトコン	0	4	9	4	6	3	6	1	33
タイヤ	28	22	16	6	3	6	2	1	84
計	28	26	25	10	9	9	8	2	117

表 3.2.4 ずり出し方式とトンネル延長（延長別ずり出し方式の割合）

	1,000m以上	1,500m以上	2,000m以上	2,500m以上	3,000m以上
	1,500m未満	2,000m未満	2,500m未満	3,000m未満	3,000m以上
連続ベルトコン	0%	15%	36%	40%	57%
タイヤ	100%	85%	64%	60%	43%
計	100%	100%	100%	100%	100%

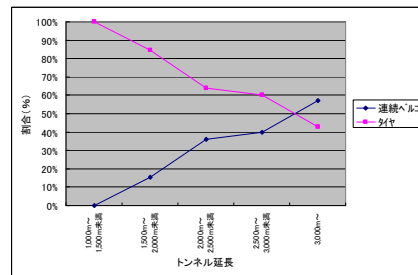
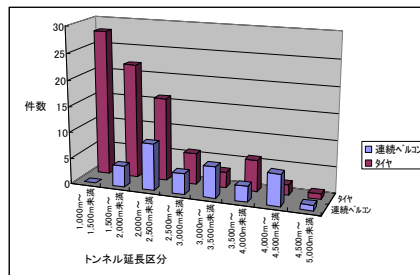


図 3.2.3 ずり出し方式とトンネル延長(工事件数)

図 3.2.4 ずり出し方式とトンネル延長  
(延長別ずり出し方式の割合)

連続ベルトコンベヤ方式の場合、88%（33 件中 29 件）が延長 2,000m 以上のトンネルに相当するのに対し、タイヤ方式の場合、60%（84 件中 50 件）が延長 2,000m 未満のトンネルに相当しており、明らかな相違が確認される。

諸条件の違いにより一概に分岐点を断定することはできないが、図 3.2.4 から連続ベルトコンベヤ方式とタイヤ方式の分岐点は、延長 3,000m 付近と推測される。

次に、工事件数的に大きなウエイトを占める道路トンネルと鉄道トンネルを抜き出し、トンネル延長別に工事件数を整理した結果を表 3.2.5～6 に示す。

表 3.2.5 道路トンネルにおけるずり出し方式とトンネル延長（工）

道路トンネル	1,000m 以上	1,500m 以上	2,000m 以上	2,500m 以上	3,000m 以上	3,500m 以上	4,000m 以上	4,500m 以上	計
	1,500m 未満	2,000m 未満	2,500m 未満	3,000m 未満	3,500m 未満	4,000m 未満	4,500m 未満	5,000m 未満	
連続ベルトコン	0	4	7	1	1	1	3	0	17
タイヤ	24	20	10	4	1	1	1	0	61
計	24	24	17	5	2	2	4	0	78

表 3.2.6 鉄道トンネルにおけるずり出し方式とトンネル延長（工）

鉄道トンネル	1,000m 以上	1,500m 以上	2,000m 以上	2,500m 以上	3,000m 以上	3,500m 以上	4,000m 以上	4,500m 以上	計
	1,500m 未満	2,000m 未満	2,500m 未満	3,000m 未満	3,500m 未満	4,000m 未満	4,500m 未満	5,000m 未満	
連続ベルトコン	0	0	2	3	5	2	2	1	15
タイヤ	1	1	3	2	1	3	1	1	13
計	1	1	5	5	6	5	3	2	28

道路トンネルではトンネル延長 1,500m 未満ではタイヤ方式 24 件に対して連続ベルトコンベヤ方式の採用はない。鉄道トンネルでは延長 2,000m 未満ではタイヤ方式 2 件に対して連続ベルトコンベヤ方式の採用はない。これより、連続ベルトコンベヤ方式の採用の可能性を示すのは、延長 1,500m～2,000m と推定できる。

また、延長 2,000m を超えると道路、鉄道ともに連続ベルトコンベヤ方式の採用件数が増えだし、延長 3,000m 以上では概ね連続ベルトコンベヤ方式の採用件数がタイヤ方式を上回る。このあたりの延長が、経済的な要素を含めた連続ベルトコンベヤ方式の優位性を示す分岐点と考えられる。

### 3.2.3 ずり出し方式とトンネル掘削断面積

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、トンネル掘削断面積別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.7～8、図 3.2.5～6 に示す。

表 3.2.7 ずり出し方式とトンネル掘削断面積（工事件数）

	20m <sup>2</sup> 以上 40m <sup>2</sup> 未満	40m <sup>2</sup> 以上 60m <sup>2</sup> 未満	60m <sup>2</sup> 以上 80m <sup>2</sup> 未満	80m <sup>2</sup> 以上 100m <sup>2</sup> 未満	100m <sup>2</sup> 以上 120m <sup>2</sup> 未満	120m <sup>2</sup> 以上 140m <sup>2</sup> 未満	140m <sup>2</sup> 以上 160m <sup>2</sup> 未満	160m <sup>2</sup> 以上 180m <sup>2</sup> 未満	180m <sup>2</sup> 以上 200m <sup>2</sup> 未満	計
連続ベルトコン		2	24	7						33
タイヤ	4	14	25	29	2	2	3	2	2	83
計	4	16	49	36	2	2	3	2	2	116

表 3.2.8 ずり出し方式とトンネル掘削断面積（掘削断面積別ずり

	20m <sup>2</sup> 以上 40m <sup>2</sup> 未満	40m <sup>2</sup> 以上 60m <sup>2</sup> 未満	60m <sup>2</sup> 以上 80m <sup>2</sup> 未満	80m <sup>2</sup> 以上 100m <sup>2</sup> 未満	100m <sup>2</sup> 以上 120m <sup>2</sup> 未満	120m <sup>2</sup> 以上 140m <sup>2</sup> 未満	140m <sup>2</sup> 以上 160m <sup>2</sup> 未満	160m <sup>2</sup> 以上 180m <sup>2</sup> 未満	180m <sup>2</sup> 以上 200m <sup>2</sup> 未満
連続ベルトコン	0%	13%	49%	19%	0%	0%	0%	0%	0%
タイヤ	100%	88%	51%	81%	100%	100%	100%	100%	100%
計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

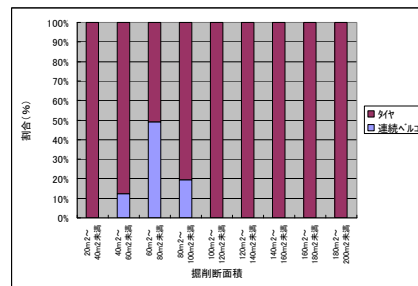
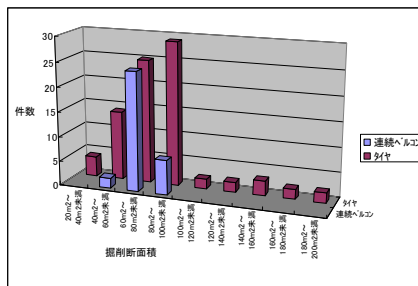


図 3.2.5 ずり出し方式とトンネル掘削断面積（工事件数） 図 3.2.6 ずり出し方式とトンネル掘削断面積（掘削断面積別ずり出し方式の割合）

トンネル掘削断面積が 60m<sup>2</sup>以上 80m<sup>2</sup>未満では、約 5 割のトンネルで連続ベルトコンベヤ方式が採用されているが、40m<sup>2</sup>未満および 100m<sup>2</sup>以上では連続ベルトコンベヤ方式は採用されていない。

ずり運搬方法の採用理由や施工条件などを勘案すると、40m<sup>2</sup>未満の小断面トンネルでは、

- ・使用機械・設備類の配置スペースを考慮すると、ベルトコンベヤの配置はスペース的に厳しい。
- また、第二東名・名神高速道路を主とする 100m<sup>2</sup>以上の大断面トンネルでは、
- ・上半断面において 30t クラスの大型ダンプトラックの離合や方向転換が可能である。
- ・上半先進工法の採用およびインバート掘削の実施により、切羽進行に伴うベルトコンベヤ設備の盛替えを効率的に実施することが難しい（ずり積込機械の移動距離が長くなる）。

などの理由により、タイヤ方式が採用されたと考えられる。

### 3.2.4 ずり出し方式とトンネル掘削方式

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、トンネル掘削方式別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.9～10、図 3.2.7～8 に示す。

表 3.2.9 ずり出し方式とトンネル掘削方式（工事件数）

	発破	機械（軟岩）	発破機械併用	TBM 導坑先進	計
連続ベルトコン	18	14	1		33
タイヤ	53	11	15	5	84
計	71	25	16	5	117

注) TBM 導坑先進に関しては、本坑拡張掘削時のずり出し方法の内容を指す。

表 3.2.10 ずり出し方式とトンネル掘削方式（掘削方式別ずり出し

	発破	機械（軟岩）	発破機械併用	TBM 導坑先進
連続ベルトコン	25%	56%	6%	0%
タイヤ	75%	44%	94%	100%
計	100%	100%	100%	100%

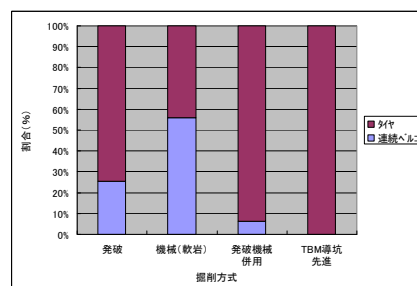
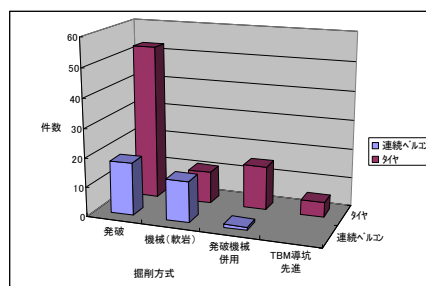


図 3.2.7 ずり出し方式とトンネル掘削方式（工事件数）

図 3.2.8 ずり出し方式とトンネル掘削方式（掘削方式別ずり出し方式の割合）

機械（軟岩）掘削方式では 5 割以上で連続ベルトコンベヤ方式が採用されている。施工条件などを勘案すると、機械（軟岩）掘削方式では、

- ・発破作業に伴う飛石の影響を受けないので、切羽からクラッシャーまでの距離を短くできる。
- ・発破方式のようにずりが大割になる心配がない。

など、連続ベルトコンベヤ方式を採用した場合に効率的に作業が行えることから、連続ベルトコンベヤ方式の採用割合が高くなったと考えられる。

### 3.2.5 ずり出し方式と作業坑の有無

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、作業坑の有無別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.11～13、図 3.2.9～10 に示す。

表 3.2.11 ずり出し方式と作業坑の有無（工事件数）

	有り	無し	計
連続ベルトコン	8	25	33
タイヤ	21	63	84
計	29	88	117

表 3.2.12 ずり出し方式と作業坑の有無  
（ずり出し方式別作業坑有無の割合）

	有り	無し	計
連続ベルトコン	24%	76%	100%
タイヤ	25%	75%	100%

表 3.2.13 ずり出し方式と作業坑の有無  
（作業坑の有無別ずり出し方式の割合）

	有り	無し
連続ベルトコン	28%	28%
タイヤ	72%	72%
計	100%	100%

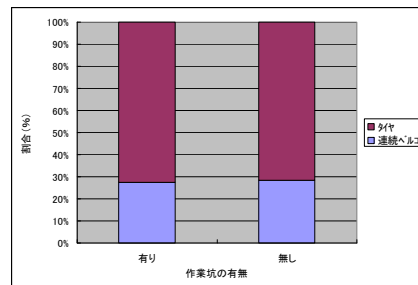
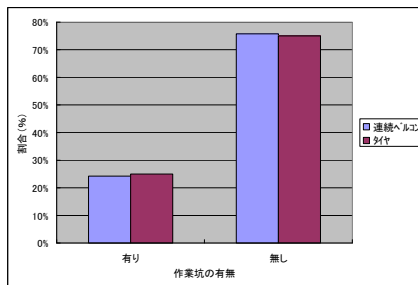


図 3.2.9 ずり出し方式と作業坑の有無  
（ずり出し方式別作業坑有無の割合）

図 3.2.10 ずり出し方式と作業坑の有無  
（作業坑の有無別ずり出し方式の割合）

作業坑の有無は、地形、トンネル延長、坑口部の施工環境などにより決められる与条件である。ずり出し方式別作業坑有無の割合、作業坑の有無別ずり出し方式の割合、どちらも同じ割合を示していることから、作業坑の有無は、ずり出し方式の選択には関与しないと考えられる。

### 3.2.6 ずり出し方式と本坑の最大勾配

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、本坑の最大勾配別に工事件数を整理した結果を表 3.2.14、図 3.2.11 に示す。

表 3.2.14 ずり出し方式と本坑の最大勾配（工事件数）

	0.0%以上 0.5%未満	0.5%以上 1.0%未満	1.0%以上 1.5%未満	1.5%以上 2.0%未満	2.0%以上 2.5%未満	2.5%以上 3.0%未満	3.0%以上 3.5%未満	3.5%以上 4.0%未満	4.0%以上 4.5%未満	4.5%以上 5.0%未満	5.0%以上 10.0%未満	10.0%以上 15.0%未満	計
連続ベルトコン	6	5	7	6	1	5	3	0	0	0	0	0	33
タイヤ	8	12	4	14	12	12	11	4	2	0	2	2	83
計	14	17	11	20	13	17	14	4	2	0	2	2	116

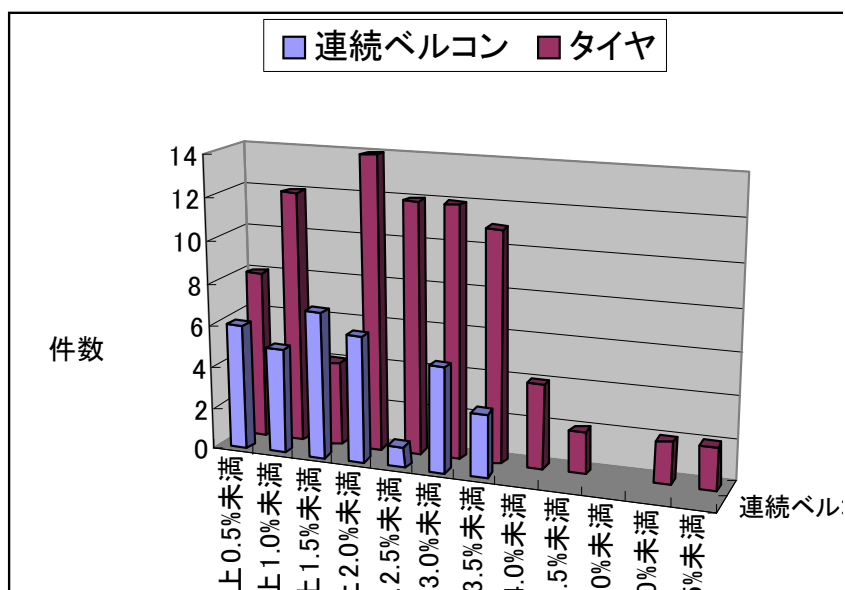


図 3.2.11 ずり出し方式と本坑の最大勾配（工事件数）

ずり出し方式と縦断勾配の適用範囲は、タイヤ方式で 12%程度までできようされている。一方連続ベルトコンベヤ方式での実績は 3.5%までである。

勾配に関する自由度はタイヤ方式の方が高い。

### 3.2.7 ずり出し方式と岩強度

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、岩強度別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.15、図 3.2.12 に示す。

表 3.2.15 ずり出し方式と岩強度（工事件数）

岩強度(MPa)	0 以上 50 未満	50 以上 100 未満	100 以上 150 未満	150 以上 200 未満	200 以上 250 未満	250 以上 300 未満	計
連続ベルトコン	12	6	8	3	3	0	32
タイヤ	20	17	32	4	2	1	76
計	32	23	40	7	5	1	108

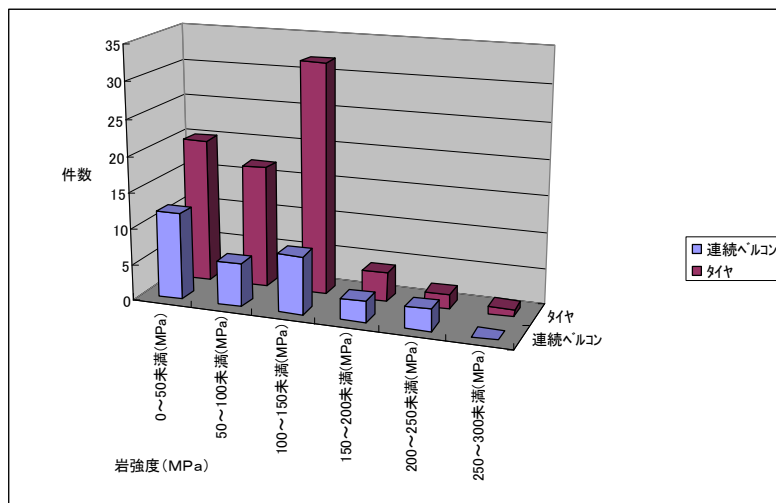


図 3.2.12 ずり出し方式と岩強度（工事件数）

タイヤ方式では、岩強度 100～150MPa 未満で最も採用件数が多く、連続ベルトコンベヤ方式では、岩強度 50MPa 未満で最も採用件数が多いことが確認される。また、岩強度 150MPa 以上では、タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式の採用件数に大きな差がないことが確認される。

一方岩強度 150MPa 以下のトンネルでの連続ベルトコンベヤ方式の採用割合は似たような傾向を示しているが 50MPa 以下の範囲では連続ベルトコンベヤ方式の採用割合がわずかに高そうである。

全体として岩強度と連続ベルトコンベヤ方式の採用割合には特に傾向はないようである。

強度が高すぎる場合は小割の問題が発生するがクラッシャーを装備することで対応可能である。

### 3.2.8 ずり出し方式と最大湧水量

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、最大湧水量（トンネル全体湧水量）別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.16～17、図 3.2.13～14 に示す。

表 3.2.16 ずり出し方式と最大湧水量（工事件数）

最大湧水量 (m <sup>3</sup> /hr)	0 以上 10 未満	10 以上 20 未満	20 以上 50 未満	50 以上 100 未満	100 以上 200 未満	200 以上 500 未満	500 以上	計
連続ベルトコン	7	2	3	7	5	5	3	32
タイヤ	23	14	12	6	10	9	4	78
計	30	16	15	13	15	14	7	110

表 3.2.17 ずり出し方式と最大湧水量（最大湧水量別ずり出し方法

最大湧水量 (m <sup>3</sup> /hr)	0 以上 10 未満	10 以上 20 未満	20 以上 50 未満	50 以上 100 未満	100 以上 200 未満	200 以上 500 未満	500 以上
連続ベルトコン	23%	13%	20%	54%	33%	36%	43%
タイヤ	77%	87%	80%	46%	67%	64%	57%
計	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

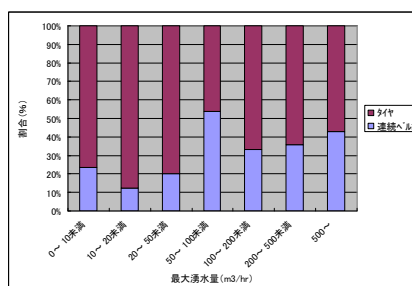
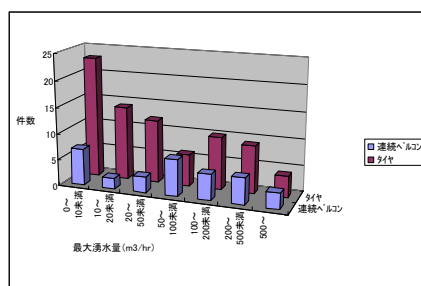


図 3.2.13 ずり出し方式と最大湧水量（工事件数）

図 3.2.14 ずり出し方式と最大湧水量  
（最大湧水量別ずり出し方式の割合）

最大湧水量（トンネル全体湧水量）が 50m<sup>3</sup>/hr 以上の場合において、50m<sup>3</sup>/hr 未満の場合と比較して連続ベルトコンベヤ方式の採用割合が高いことが確認されることから、湧水量が多い工事においても連続ベルトコンベヤ方式を適用できることが理解できる。

### 3.2.9 ずり出し方式と加背割（掘削工法）

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、加背割（掘削工法）別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.18 図 3.2.15 に示す。

表 3.2.18 ずり出し方式と加背割（掘削工法）（工事件数）

	全断面 (補助ベンチ付含む) 及びミニベンチ	ショートベンチ	ロングベンチ	その他	計
連続ベルコン	24	15	2	0	41
タイヤ	53	30	7	5	95
計	77	45	9	5	136

注) その他には、導坑先進工法や多段ベンチなどが含まれる。また、複数回答の場合は、それぞれ 1 件として計上しているが、一つの回答がベンチ長不明の場合は集計対象から外している。

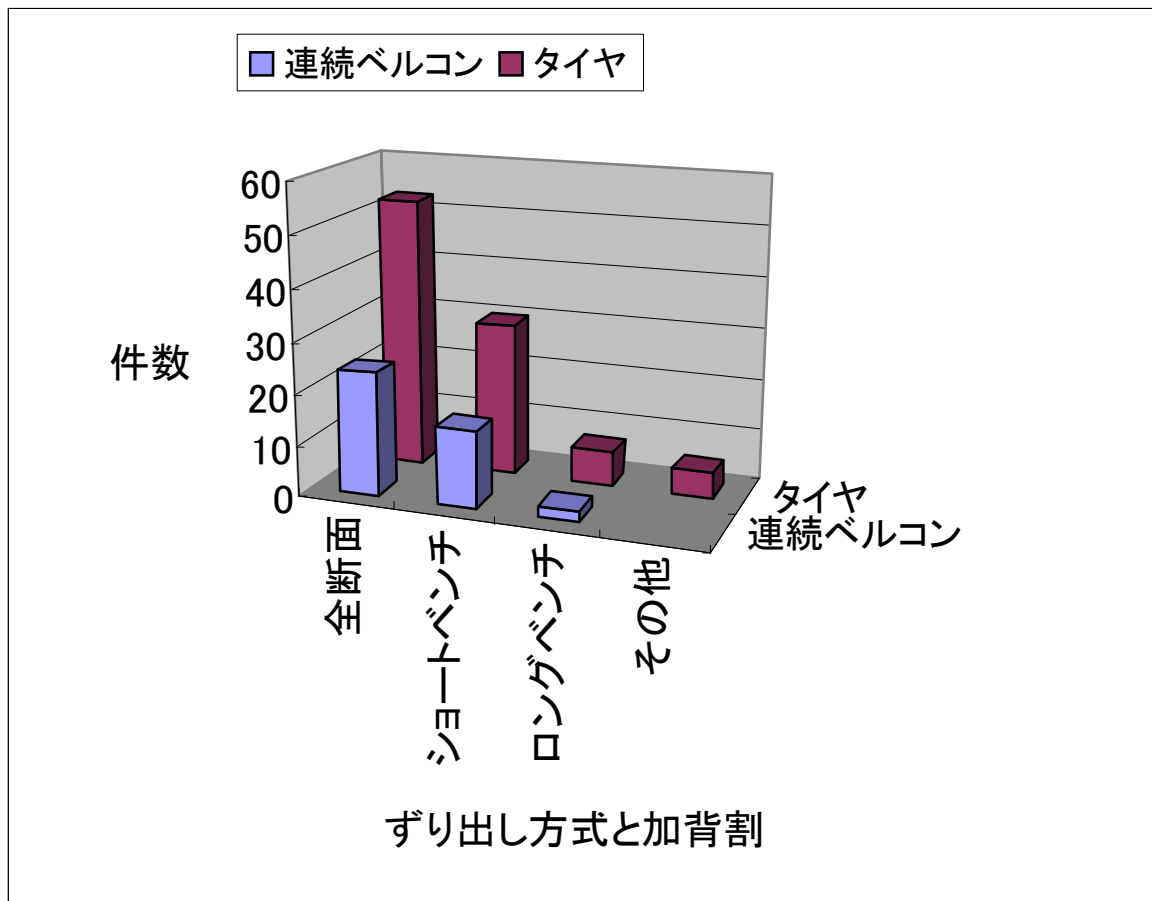


図 3.2.15 ずり出し方式と加背割（掘削工法）（工事件数）

連続ベルトコンベヤ方式の設備配置に関して、ずり出し作業の効率化やベルト延伸作業に伴う設備類の盛替えを考慮すると、クラッシャーやテールピース台車の設置位置は、下半盤に、しかも切羽との距離が離れ過ぎない位置に配置することが望ましいといえる。これより、連続ベルトコンベヤ方式においてロングベンチカット工法の採用件数が少ないことが理解できる。

また、ロングベンチおよびその他を除くと、掘削工法にかかわらず連続ベルトコンベヤ方式の採用割合が約 3 割であることが確認される。

### 3.2.10 ずり出し方式と掘削ずり積込機械

ずり出し方法（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、掘削ずり積込機械別に工事件数を整理した結果を表 3.2.19、図 3.2.16 に示す。

表 3.2.19 ずり出し方式と掘削ずり積込機械（工事件数）

	ローディングショベル	ホイールローダ	シャローダ タローダ	計
連続ベルトコン	0	33	0	33
タイヤ	11	67	5	83
計	11	100	5	116

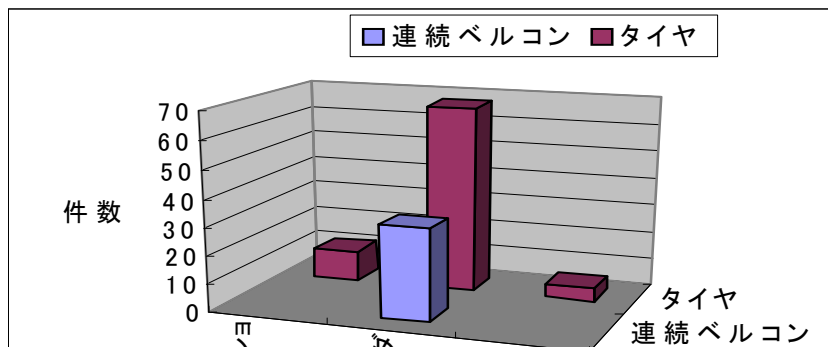


図 3.2.16 ずり出し方式と掘削ずり積込機械（工事件数）

連続ベルトコンベヤ方式の場合は、全てがホイールローダにより積込みが行われている。

### 3.2.11 ずり出し方式とずり出し作業員数

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、ずり出し作業員数別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.20～21、図 3.2.17 に示す。

表 3.2.20 ずり出し方式とずり出し作業員数（工事件数）

	ずり出し作業員数								計
	2	3	4	5	6	7	8	9	
連続ベルトコン	2	3	14	10	2	1	1	0	33
タイヤ	1	7	16	30	20	3	2	0	79
計	3	10	30	40	22	4	3	0	112

表 3.2.21 ずり出し方式とずり出し作業員数（ずり出し方式別ずり出し

	ずり出し作業員数								計
	2	3	4	5	6	7	8	9	
連続ベルトコン	6%	9%	42%	30%	6%	3%	3%	0%	100%
タイヤ	1%	9%	20%	38%	25%	4%	3%	0%	100%

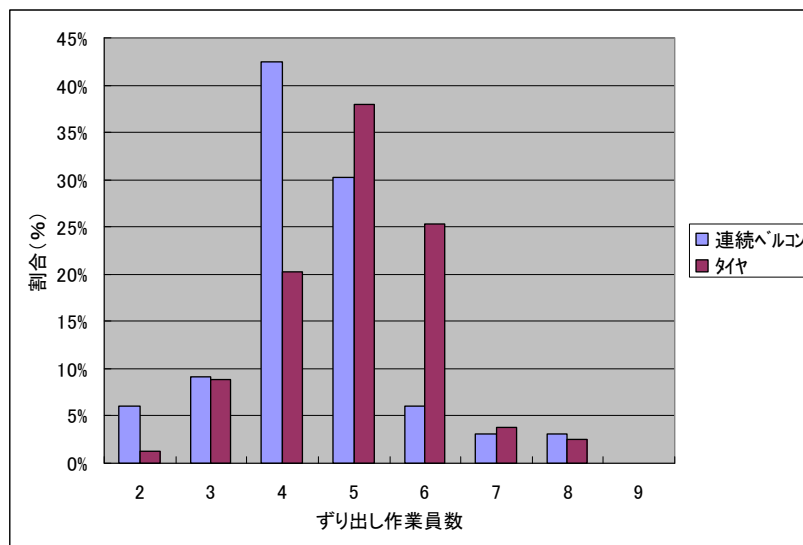


図 3.2.17 ずり出し方式とずり出し作業員数（ずり出し方式別ずり出し作業員数の割合）

ずり出し作業員数に関して、連続ベルトコンベヤ方式では4～5人の割合が高くピークは4人となるが、タイヤ方式では4～6人の割合が高くピークは5人となり、明らかに連続ベルトコンベヤ方式の方が少ないといえる。これは、タイヤ方式では、長距離になればダンプ使用台数が増えるので、その分ずり出し作業員数が増えた結果と考えられる。

本結果より、連続ベルトコンベヤ方式では、タイヤ方式と比較してずり出し作業員を約1人削減できる（人員削減率は約2割に相当）と捉えることができるが、専属の設備メンテナンス要員の配置が望まれることもあり、その評価は難しいといえる。

### 3.2.12 ずり出し方式と騒音規制の有無

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、騒音規制の有無別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.22～23、図 3.2.18～19 に示す。

表 3.2.22 ずり出し方法と騒音規制の有無（工事件数）

	規制有り	規制無し	計
連続ベルトコン	8	25	33
タイヤ	32	50	82
計	40	75	115

表 3.2.23 ずり出し方法と騒音規制の有無  
（ずり出し方法別騒音規制の有無の割）

	規制有り	規制無し	計
連続ベルトコン	24%	76%	100%
タイヤ	39%	61%	100%

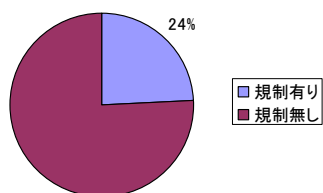


図 3.2.18 連続ベルトコン方式における  
騒音規制の有無の割合

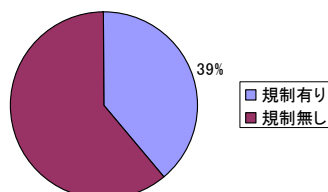


図 3.2.19 タイヤ方式における  
騒音規制の有無の割合

タイヤ方式の方が、騒音規制の有りの場合の採用割合が高いが、規制内容が個々の工事で異なることや、必要に応じて騒音対策を講じていることから、騒音規制の有無との相関は見出せない。タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式の騒音内容の特徴や差異についても調査の余地があると考えられる。

なお、厳しい騒音規制が課せられる場合であっても、坑内へのずりの仮置きや防音ドームの設置などにより対応することは可能である。

### 3.2.13 ずり出し方式と換気方式

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、換気方式別に工事件数・割合を整理した結果(坑道式採用工事および地下発電所工事を除く)を表 3.2.24～26、図 3.2.20～22 に示す。

表 3.2.24 ずり出し方式と換気方式(工事件数)

	送気	排気および送排気組合せ	計
連続ベルトコン	22	11	33
タイヤ	50	27	77
計	72	38	110

表 3.2.25 ずり出し方式と換気方式  
(ずり出し方式別換気方式の割合)

	送気	排気および送排気組合せ	計
連続ベルトコン	67%	33%	100%
タイヤ	65%	35%	100%

表 3.2.26 ずり出し方式と換気方式  
(換気方式別ずり出し方式の割合)

	送気	排気および送排気組合せ
連続ベルトコン	31%	29%
タイヤ	69%	71%
計	100%	100%

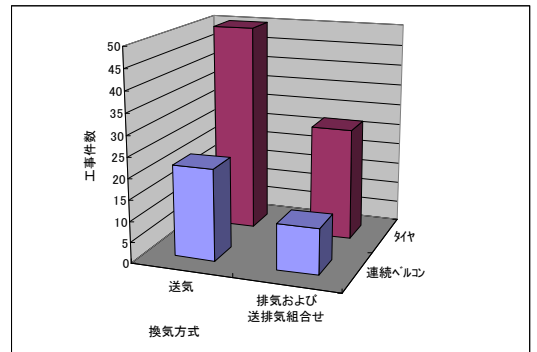


図 3.2.20 ずり出し方式と換気方式 (工事件数)

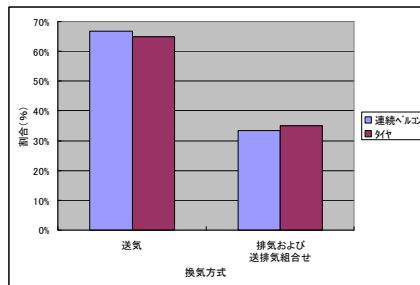


図 3.2.21 ずり出し方式と換気方式  
(ずり出し方式別換気方式の割合)

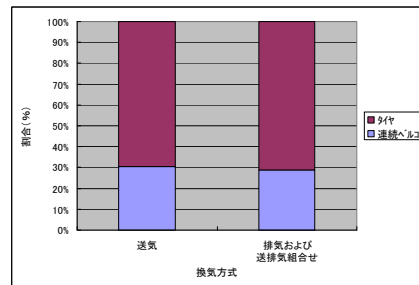


図 3.2.22 ずり出し方式と換気方式  
(換気方式別ずり出し方式の割合)

データを確認する限り、換気方式（送気と排気および送排気組合せ）に大きな差は見られない。言い換えれば、換気方式はずり出し方法に関与しないことを示していることになる。

そこで、排気と送排気組合せを区別し、さらにトンネル延長別に工事件数・割合を整理した結果を表 3.2.27～28、図 3.2.23～26 に示す。

表 3.2.27 連続ベルトコンベヤ方式におけるトンネル延長別換気方式（工事）

連続ベルトコン	2,000m 未満	2,000m 以上 3,000m 未満	3,000m 以上	計
送気	4	6	12	22
排気	0	4	2	6
送排気組合せ	0	3	2	5

表 3.2.28 タイヤ方式におけるトンネル延長別換気方式（工事件数）

タイヤ	2,000m 未満	2,000m 以上 3,000m 未満	3,000m 以上	計
送気	33	12	5	50
排気	4	2	1	7
送排気組合せ	12	4	4	20

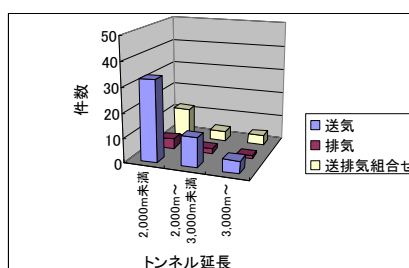
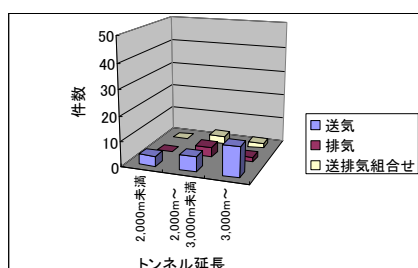


図 3.2.23 連続ベルトコンベヤ方式におけるトンネル延長別換気方式（工事件数）

図 3.2.24 タイヤ方式におけるトンネル延長別換気方式（工事件数）

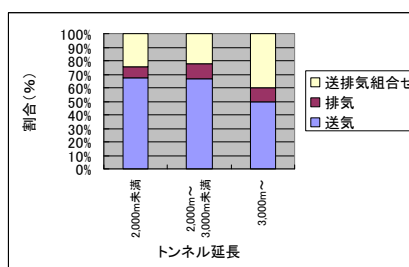
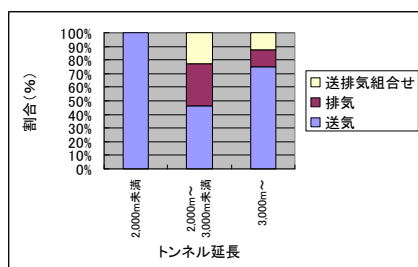


図 3.2.25 連続ベルトコンベヤ方式におけるトンネル延長別換気方式の割合

図 3.2.26 タイヤ方式におけるトンネル延長別換気方式の割合

連続ベルトコンベヤ方式における送気方式の割合は、延長 2,000m 未満で 100%と最も高く、延長 2,000m 以上 3,000m 未満で約 50%に減少するが、延長 3,000m 以上になるとその割合が約 75%に増加している。その要因は不明である。

タイヤ方式では延長 3,000m 以上のトンネルにおける送排気組合せ方式の採用割合が高いことが確認される。延長の長いトンネルでは、ダンプの使用台数の増加によりずり出し作業に伴う所要換気量が増加することから、合理的な換気を実現できる送排気組合せ方式が選択されたものと推測される。

### 3.2.14 ずり出し方式と換気量

ずり出し方式（タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式）毎に、換気量（換気ファンの合計）別に工事件数・割合を整理した結果（坑道式採用工事および地下発電所工事を除く）を表 3.2.29～31、図 3.2.27～28 に示す。

表 3.2.29 ずり出し方式と換気量（工事件数）【送気式（換気ファンの合計）】

換気量(m <sup>3</sup> /分)	1,500未満	1,500以上 2,000未満	2,000以上 3,000未満	3,000以上 4,000未満	4,000以上	計
連続ベルトコン	0	4	14	3	0	21
タイヤ	2	14	25	8	1	50
計	2	18	39	11	1	71

表 3.2.30 ずり出し方式と換気量（工事件数）【排気式および送排気組合せ式（換気ファンの合計）】

換気量(m <sup>3</sup> /分)	1,500未満	1,500以上 2,000未満	2,000以上 3,000未満	3,000以上 4,000未満	4,000以上	計
連続ベルトコン	0	0	5	4	3	12
タイヤ	1	0	4	4	0	9
計	1	0	9	8	3	21

注) タイヤ方式に関しては、送排気組合せ式採用工事において、送気と排気のうちどちらか大きい側の換気量を選択・回答しているケースが多く見受けられ、これらのケースを集計から除いていることから工事件数は9件と少ない。

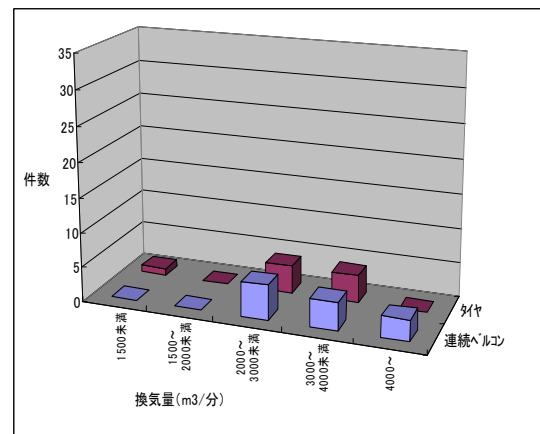


図 3.2.27 ずり出し方式と換気量（工事件数）【送気式（換気ファンの合計）】

図 3.2.28 ずり出し方式と換気量（工事件数）【排気式および送排気組合せ式（換気ファンの合計）】

ずり出し方式と換気量の関係に関しては図 3.2.27 及び図 3.2.28 に見られるように採用件数、割合ともに同じような傾向を示している。送気式及び排気式および送排気式でどちらが優位かは不明である。

表 3.2.31 ずり出し方式と換気量（ずり出し方式別換気量の割合）【送気式（換気ファンの合計）】

換気量(m <sup>3</sup> /分)	1,500未満	1,500以上 2,000未満	2,000以上 3,000未満	3,000以上 4,000未満	4,000以上	計
連続ベルトコン	0	19	67	14	0	100%
タイヤ	4	28	50	16	2	100%

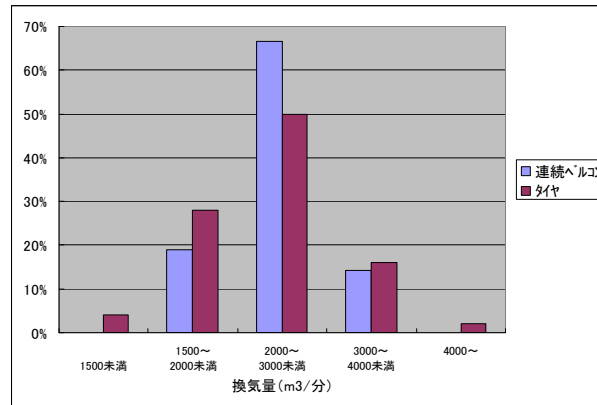


図 3.2.29 ずり出し方式と換気量  
（ずり出し方式別換気量の割合）  
【送気式（換気ファンの合計）】

連続ベルトコンベヤ方式、タイヤ方式ともに、換気量（m<sup>3</sup>/分）2,000以上3,000未満の割合が最も高い（連続ベルトコンベヤ方式では50%、タイヤ方式では67%を占める）。また、換気量（m<sup>3</sup>/分）3,000以上の割合は同程度であるが、換気量（m<sup>3</sup>/分）2,000未満の割合はタイヤ方式で32%あるのに対して、連続ベルトコンベヤ方式では19%とやや低い。このように、多少の差は確認されるものの全体的な傾向は似ており、換気量とずり出し方法との相関は見出せない。

そこで坑内風速とトンネル延長を考慮して換気量について整理した。結果を図3.2.30にしめす。下図は  $1000 \times \text{換気量} / (\text{延長} \times \text{断面積})$  であり単位は (/分) である。この値に km 単位の延長を乗じると坑内風速になる。

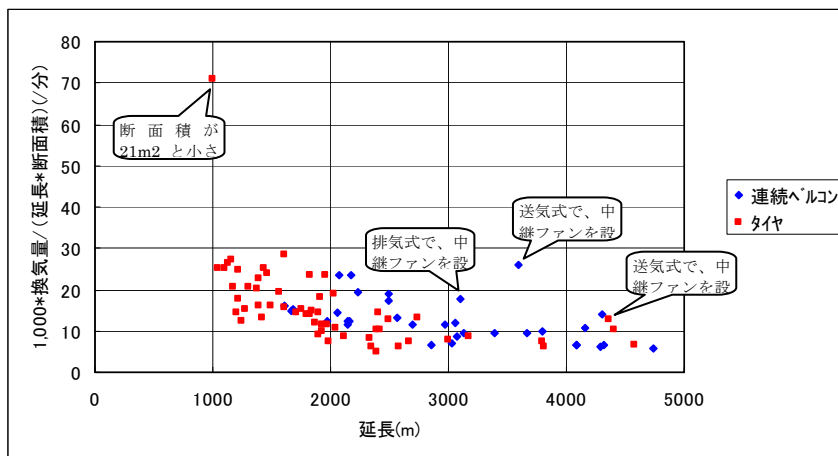


図 3.2.30 「1,000 \* 換気量 / (延長 \* 断面積) (/分)」とトンネル延長の

図 3. 2. 30 より以下の事柄が推察できそうである。

- ・ 延長 1000～2000mでは連続ベルコン方式は少ないが換気量はタイヤ方式の平均的な値と思われる。(データ数が少ないのであくまで推定である。)
- ・ 延長 2000mを越えると連続ベルコン方式の採用が増えている。換気量に関しては多少ダンプ方式より多そうであるが見方によっては同じような値である。すくなくとも連続ベルコン方式が優位とはいえない。

- \* 1) 参考資料に換気量の試算例を掲載している。これによれば必要換気量は粉塵対応の値になっている。ずり出し方式は換気計画の決定的な要因にはなっていない。
- \* 2) 換気時間のとり方で必要換気量は変化する。また設備要領と機械仕様との関係から同じ必要換気量でも設備は一定ではない。
- \* 3) 従来連続ベルコン方式は換気設備が少なく済むためトンネル延長が長くなれば経済性に関してはダンプ方式と同等程度になるといわれていた。今回の換気設備の実績からは経済性に関しては更なる調査、検討が必要となろう。

### 3. 2. 15 ずり出し方式と路盤整備頻度

ずり出し方式(タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式)毎に、路盤整備頻度別に工事件数・割合を整理した結果を表 3. 2. 32～34、図 3. 2. 31～32 に示す。

表 3. 2. 32 ずり出し方式と路盤整備頻度(工事件数)

	2回以上/周	1回/周程度	2回/月程度	1回/月程度	1回/2月程度	ほとんど無し	計
連続ベルコン	2	15	6	2	4	1	30
タイヤ	29	31	9	6	0	1	76
計	31	46	15	8	4	2	106

表 3. 2. 33 ずり出し方式と路盤整備頻度(工事件数)

	2回以上/周	1回/周程度	2回/月程度	1回/月程度以下	計
連続ベルコン	2	15	6	7	30
タイヤ	29	31	9	7	76
計	31	46	15	14	106

表 3. 2. 34 ずり出し方式と路盤整備頻度(ずり出し方法別路盤整備頻)

	2回以上/周	1回/周程度	2回/月程度	1回/月程度以下	計
連続ベルコン	7%	50%	20%	23%	100%
タイヤ	38%	41%	12%	9	100%

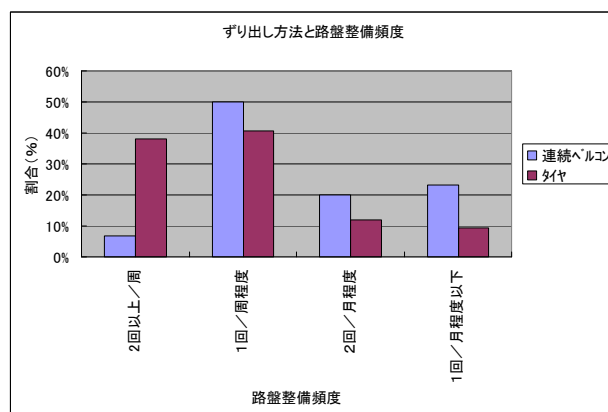
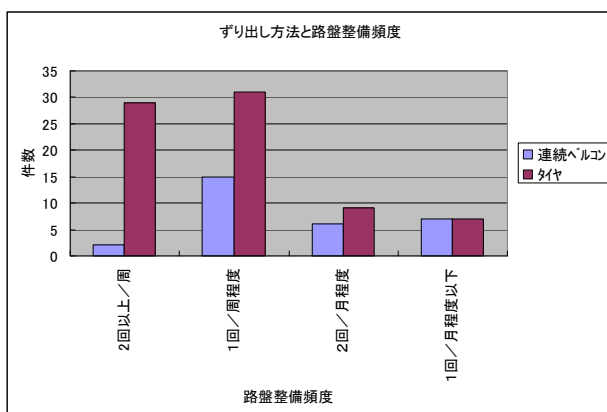


図 3.2.31 ずり出し方式と路盤整備頻度 (工事件数) 図 3.2.32 ずり出し方式と路盤整備頻度 (ずり出し方式別路盤整備頻度の割合)

図表より、以下に示す内容が確認できる。

- ・路盤整備頻度が 2 回以上/週と頻度の高い工事のほとんどは、タイヤ方式である。
- ・路盤整備頻度が 2 回以上/週と頻度の高い工事の割合は、連続ベルトコンベヤ方式では 7%と低い、タイヤ方式では 38%とかなり高い。
- ・路盤整備頻度が 2 回/月程度もしくはそれ以下と頻度の低い工事の割合は、連続ベルトコンベヤ方式では 43%もあるが、タイヤ方式では半分程度の 21%である。

また、(7)において、岩強度 150MPa 以下では岩強度が低いほど連続ベルトコンベヤ方式の採用割合が高いことが確認されているが、一般に、岩強度が低いほうが路盤の泥濘化を招きやすいので、岩強度の条件を勘案すると連続ベルトコンベヤ方式の方が路盤整備頻度が多くなる場所であるが、実態は連続ベルトコンベヤ方式ではタイヤ方式と比較して路盤整備頻度がかなり少なくてすむ傾向にある。

以上より、地質や湧水状況などの現場条件によって差は生じるものの、連続ベルトコンベヤ方式を採用することで路盤整備頻度を減少できるものと考えられる。

### 3.3 ずり運搬方式の採用理由（自由意見）

アンケートに示された選定理由（自由意見）を整理した。選定理由は文章で記載してもらった。字数の関係で意味があいまいなものもあり分析が完全に正確ではないが傾向や課題等は見えてくる。

自由意見に示されたキーワードと件数の集計表を以下に示す。複数回答があるので回答現場数と集計数は一致しない。

具体的な個別の意見は添付資料 アンケート回答一覧表 に示す。

#### 3.3.1 タイヤ方式の選定理由

自由意見に示されたタイヤ方式の採用理由の件数を示す

表 3.3.1 自由意見に示された採用理由

番号	キーワード	件数	備考
1	掘削断面が大。幅に余裕がある。	13	
2	トンネル条件。延長、線形、坑口ヤード、地質等	27	
3	発注者の仕様。設計	13	
4	発破時に大塊が発生	3	
5	近隣事情。騒音等	11	
6	サイクル短縮、大型機械の採用でコストダウン	8	
7	経済比較	12	
8	機械故障の心配。実績、汎用性、信頼性等	14	
9	インバート同時作業等	5	
10	その他（受電、VE提案など）	5	

これには最終結果としてダンプ工法を選定しているがベルコンとの比較に関してはあいまいである。ダンプ等を比較した現場の意見を以下に示す。

表 3.3.2 タイヤ工法のなかでダンプの大きさ等を比較した例

番号	キーワード	件数	備考
1	積算・仕様書・分割発注等	19	
2	重ダンプが使用できる。	7	
3	コスト比較	5	
4	サイクルが有利	5	
5	その他	4	
6	総合評価	1	
7	機械所有	1	
8	ずり処理場	1	

一方連続ベルトコンベア工法を検討したが採用にいたらなかった現場の意見を以下に示す。

表 3.3.3 連続ベルトコンベア工法を検討したが採用にいたらなかった現場の意見

番号	キーワード	件数	備考
1	コストが高い	10	
2	ヤード（狭い、地形）	6	
3	トンネルの線形、勾配など	5	
4	変更の容易さ、自由度	5	
5	分割発注	4	
6	ずりの大きさ	4	
7	仮置き場が必用	3	
8	夜間の騒音	1	
9	受電	1	
10	VE 提案	1	

これらの結果より以下のことが推察できる。

- ・ コスト比較の結果による。
- ・ 当然の話ではあるが設計は重視されている。また分割発注のため全体計画をきめかねている様子もうかがえる。
- ・ 坑口の仮設ヤードと夜間のずり処理（騒音を含む）よりダンプの採用例は多い。
- ・ トンネル特有の地質の変化に対応するため仮設の変更が可能な工法を選定している。

### 3.3.2 連続ベルトコンベア方式の選定理由

連続ベルトコンベア方式を採用した現場の自由意見を集約すると以下のようになる。

表 3.3.4 連続ベルトコンベア工法を採用した現場の意見

番号	キーワード	件数	備考
1	坑内環境・安全性	28	
2	路盤管理の容易さ	7	
3	周辺環境・騒音等	7	
4	トンネル条件（小断面、長距離、上り実車など）	6	
5	作業性向上	5	
6	サイクル	1	
7	コストダウン	1	
8	その他	3	

これらの結果より以下のことが想像できる

- ・ 圧倒的に坑内環境・安全性をあげている。この点はタイヤ方式に対する連続ベルトコンベア方式の優位性を示している。
- ・ コストに関しては作業性やサイクルからは有利と判断しているようだ。（評価の記述から判断すると機械費等を含めたコストは別途検討が必要のようだ。）
- ・ 路盤を理由にしている現場が7現場ある。地質によっては路盤管理が大きな問題なのでこれも重要な選定理由になる可能性を示している。
- ・ 周辺環境については7現場が採用理由にあげている。一方タイヤ工法の採用理由にも上がっているなので今後の検証が必要になろう。