

# [12] 鉄道土木構造物の凍害被害に及ぼす環境の影響について

正会員 小林 明 夫 (国鉄 構造物設計事務所)  
 正会員 ○西 山 佳 伸 (国鉄 構造物設計事務所)  
 日 高 和 利 (国鉄 中央鉄道学園)

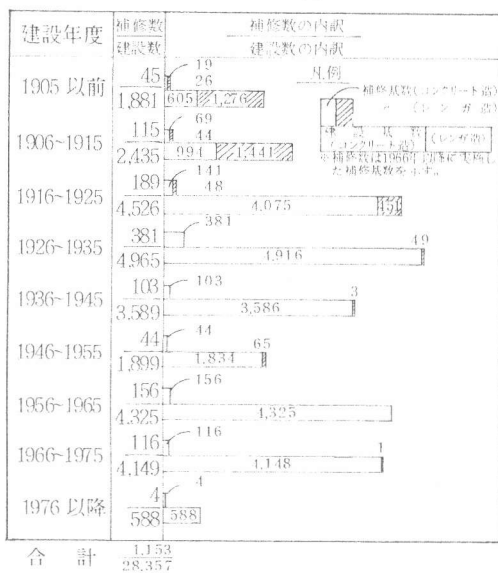
## 1. はしがき

国鉄には建設年代の古い建造物が数多くあり、東北地方以北の寒冷地では凍害が主原因と考えられる被害を受けたものも少なくない。

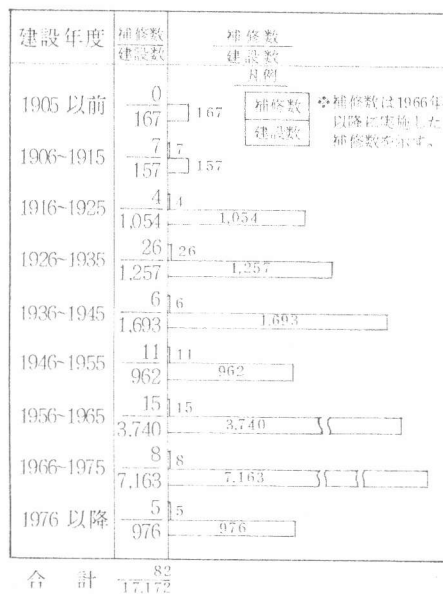
各種構造物の凍害被害についてアンケート調査をしたので報告する。なお、構造物の材料の品質、施工の良否等については具体的な回答が得られなかったため、環境条件のみについてまとめられた。

今回調査対象とした地域は東北・北海道地区（新幹線を除く）で、橋台・橋脚、土留、コンクリート桁、トンネルの年代毎の建設数と材質別、および補修数の内訳を図-1

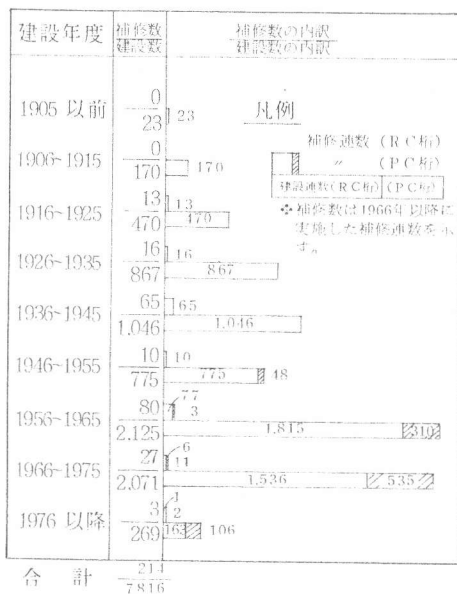
(a) 橋台・橋脚



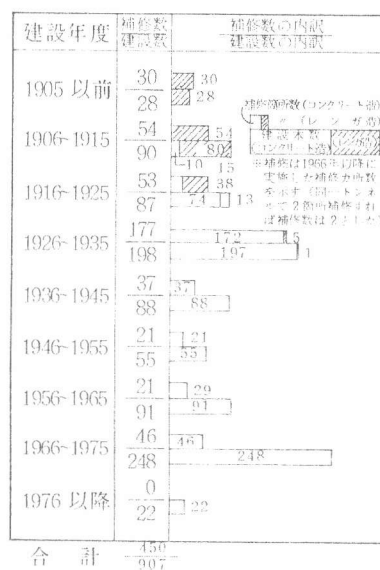
(b) 土 留



(c) コンクリート桁



(d) トンネル



(a)~(b)

図-1 凍害が主原因の変状構造物の補修数

に示す。

## 2. 凍害被害を受けた構造物に関するアンケートの分析

前記アンケートと同時に凍害被害の状況と構造物の位置する環境条件についても行い、表-1に示す数の回答が得られたので以下にこのアンケートについて報告する。

### 2・1 凍害発生位置と箇所数

図-2(a)～(d)に、構造種別毎に凍害発生位置と箇所数を示す。

各構造物毎に、凍害被害の特徴を例挙すると

#### (a) 橋台・橋脚

上面および側面よりも、上面および側面の接する角ばった箇所に多く発生している。

レンガ造に見られる変状に、橋台上面から側面もしくは前面に鉛直方向のき裂の発生がある。

橋脚の側面全面にわたるコンクリートのはく落しているものもある。

#### (b) 土留

土留壁の上面に多く発生している。

#### (c) コンクリート桁

桁の側面に多く発生している。

#### (d) トンネル

トンネルの出入口付近のみでなく中央部またはトンネル全長にわたる被害の発生が見られる。

側壁部のみでなく、アーチ部または全周にわたる被害の発生が見られる。

### 2・2 凍害被害と環境条件との関連

凍害被害は経年の増加とともに大きくなることわかる(図-3)。

表-1 凍害被害と環境条件に関するアンケートの回答数

構造種別	回答数	備考
橋台・橋脚	46	レンガ造を含む
土留	34	
桁	24	コンクリート造
トンネル	25	レンガ造を含む

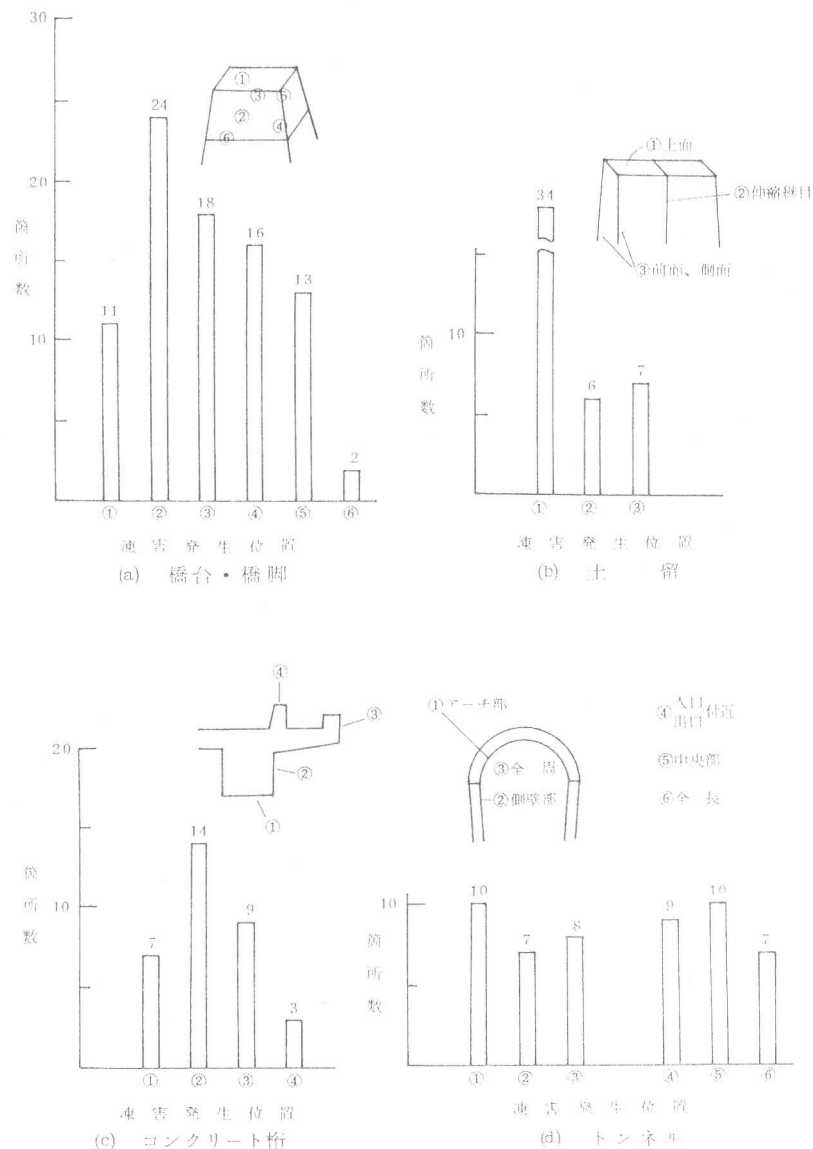


図-2 凍害発生位置と箇所数

凍害被害と環境条件との関連について、統計数理研究所（文部省）で開発された統計処理の電算プログラム「CATDAP-02<sup>11)</sup>」を用いて検討した。このプログラムは、ある指定された項目（目的変数）と、他の多数の項目（説明変数）との関連性を調べるものである。

ここで、目的変数を判定区分（凍害被害の程度により区分したもの）に、説明変数を環境要因（積算寒度、年間最低気温、等）に選んだ。環境要因は、過去5年間の年平均もしくは最大・最小値である。

判定区分の内訳は以下に示す4区分であり、国鉄で規定している「土木建造物取替の考え方<sup>2)</sup>」にしたがった。

判定1 = 構造物の耐力不足が生じ安全率が非常に低下しているので補強を行う必要がある。

判定2 = 必要ならば列車の徐行運転をし、二次検査を行って現有強度を確認し、補修・補強を行う。

判定3 = 変状が急激に進展して破壊に至るものはあまり多くない。たとえ主要部分の変状に属するものでもその状態を監視しつつ、正常な列車運転を行ってよい。

判定4 = 構造物の主要部分以外に生じた変状で、進行が認められず、その変状が構造物の安全に影響が少なくいと判断される状態。

ただし、コンクリート桁のみはデータ数が少ないので判定区分は3区分とし、判定1と2をまとめて判定1とした。さらに判定3は判定2に、判定4を判定3とした。

以下、構造種別毎に検討結果を示す。

(1) 橋台・橋脚  
凍害の判定区分と環境要因の関連性の大きな順番に並べたものを表-2に示す（レンガ造を除く）。

関連性の大きな凍害の判定区分と環境要因との2次元表を表-3に示す。

表-3より、経年、寒度および最低気温の絶対値の大なるものが被害の大きいことがわかる。

表-2 凍害と環境要因の関連 (橋台・橋脚)

順位	環境要因	AIC
①	経年	-14.28
②	積算寒度	-14.28
③	(経年) × (凍融日数)	-9.38
④	(経年) × (積算寒度)	-9.27
⑤	最低気温	-8.79
⑥	(積算寒度) × (凍融日数)	-7.56
⑦	平均気温	-6.51
⑧	(積算寒度) × (最低気温)	-4.77
⑨	平均湿度	-4.52
⑩	(積算寒度) × (平均湿度)	-4.11
⑪	(積算寒度) × (平均気温)	-3.75
⑫	凍融日数	-2.23
⑬	(積算寒度) × (降雪量)	-1.15

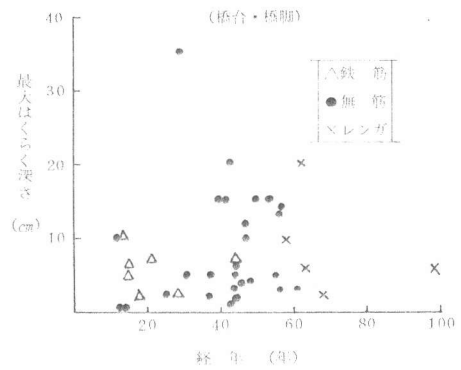


図-3 凍害被害と経年

表-3 凍害の判定区分と環境要因との2次元表 (橋台・橋脚)

① 経年

経年 \ 判定区分	1	2	3	4	計
12.0 ~ 40.5年	1	11	1	1	14
40.5 ~ 61.0	10	1	4	2	17
計	11	12	5	3	31

② 積算寒度

寒度 \ 判定区分	1	2	3	4	計
160 ~ 272.5℃	1	11	4	1	17
272.5 ~ 117.3	10	1	1	2	14
計	11	12	5	3	31

⑤ 最低気温

最低気温 \ 判定区分	1	2	3	4	計
-37.0 ~ -20.8℃	8	0	1	0	9
-20.8 ~ -9.0	3	12	4	3	22
計	11	12	5	3	31

⑦ 平均気温

平均気温 \ 判定区分	1	2	3	4	計
4.4 ~ 6.3℃	7	0	0	0	7
6.3 ~ 17.0	4	12	5	3	24
計	11	12	5	3	31

(2) 土留

表-5より、寒度および最低気温の絶対値が大で、平均気温の低いものが被害の大きいことがわかる。

(3) コンクリート桁

表-6から、経年よりも平均気温等の気候条件の影響を大きくうけると思われる。

3. まとめ

以上の調査・検討より次の結論が得られた。

(1) 経年の大なるほど、凍害被害が大きくなる。

(2) 環境条件のうち凍害被害に与える影響は、構造種別によって異なるが、共通して影響があると思われるものに、積算寒度、最低気温、平均気温があげられる。

(3) 今回検討に用いたデータは少数で、凍害被害の全体象を把握してるとは言いがたく、今後、データを増した検討を行う必要があると思われる。

参考文献

- 1) 坂元慶行、カテゴリカルデータの解析、数理化学、NO213、MARCH、1981。
- 2) 日本国有鉄道施設局土木課、土木建造物取替えの考え方、日本鉄道施設協会、昭和49年3月。

表-5 2次元表(土留)

① 積算寒度

寒度	判定区分				計
	1	2	3	4	
149 ~ 648 ℃	0	6	9	0	15
649 ~ 1010	4	1	0	4	9
計	4	7	9	4	24

② 最低気温

最低気温	判定区分				計
	1	2	3	4	
-38 ~ -24.9℃	4	1	0	4	9
-24.9 ~ -9.0	0	6	9	0	15
計	4	7	9	4	24

③ 平均気温

平均気温	判定区分				計
	1	2	3	4	
4.8 ~ 6.8℃	4	1	1	4	10
6.4 ~ 13.0	0	6	8	0	14
計	4	7	9	4	24

表-7 2次元表(コンクリート桁)

① 平均気温

平均気温	判定区分			計
	1	2	3	
3.5 ~ 8.1℃	4	6	0	10
8.1 ~ 12.0	7	0	3	10
計	11	6	3	20

③ 凍融日数

凍融日数	判定区分			計
	1	2	3	
35 ~ 84 日	7	0	1	8
85 ~ 150	4	6	2	12
計	11	6	3	20

④ 積算寒度

積算寒度	判定区分			計
	1	2	3	
144 ~ 206 ℃	6	0	2	8
207 ~ 1173	5	6	1	12
計	11	6	3	20

表-4 凍害と環境要因との関連(土留)

順位	環境要因	AIC
①	積算寒度	-11.74
②	最低気温	-11.74
③	平均気温	-9.35
④	(最低気温) × (降雪量)	-4.92
⑤	(最低気温) × (凍融日数)	-3.00
⑥	(最低気温) × (平均湿度)	-2.84
⑦	経年	-2.41
⑧	凍融日数	-1.83
⑨	平均湿度	-1.20
⑩	降雪量	-0.83
⑪	(最低気温) × (経年)	-0.56
⑫	(最低気温) (積算寒度)	-0.09

表-6 凍害と環境要因との関連(コンクリート桁)

順位	環境要因	AIC
①	平均気温	-4.30
②	(平均気温) × (凍融日数)	-2.24
③	凍融日数	-2.05
④	積算寒度	-1.32
⑤	経年	-1.12
⑥	最低気温	-0.85
⑦	部材厚	-0.68
⑧	平均気温	-0.15
⑨	降雪量	-0.09