

(17) ロックキーパーの性能実証実験

PERFORMANCE TESTS OF THE ROCK KEEPER

中村佐智夫*, 梶谷 浩**, 若林 修***, 佐藤 彰****, 横田 哲也*

Sachio NAKAMURA, Hiroshi MASUYA, Osamu WAKABAYASHI, Akira SATO and Tetsuya YOKOTA

*日本サミコン (株) 性能設計プロジェクト (〒950-0925 新潟県新潟市弁天橋通 1-8-23)

** 工博 金沢大学大学院教授 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

***日本サミコン (株) 性能設計プロジェクト リーダー (〒950-0925 新潟県新潟市弁天橋通 1-8-23)

****日本サミコン (株) 性能設計プロジェクト サブリーダー (〒950-0925 新潟県新潟市弁天橋通 1-8-23)

キーワード：性能実証実験，ロックキーパー，落石
(performance test, rock keeper, rock fall)

1. はじめに

落石防護工の1つとして、道路斜面の法尻に設置されるPC製の落石防護柵（以下ロックキーパーと呼ぶ）があり、これまでは許容応力度法で設計されてきた。しかしながら、同様の落石防護構造物であるロックシェッドに関するこれまでの研究^{1) 2)}から推測すると、ロックキーパーの実際の耐落石性能は、許容応力度法で求められる耐落石性能を大幅に上回るものと思われる。

そこで実際の耐落石性能を実証するために、実物大ロックキーパーに対し、重錘衝突実験を行った。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

実験供試体として、梁高0.65m、梁幅2.0mのロックキーパーを4セット設置し、横締め緊張を行い1ブロックとした。ブロック間目地部に載荷実験を行うため、隣接ブロックの代わりにNo.5梁を単独で設置した。No.5梁は単独で設置されており、その挙動は実際の挙動と異なると考えられるため、構造物の挙動はNo.1~4梁のブロックで確認する。また、主梁面に垂直に落石が作用する

ように、実際の構造から30°回転させた構造とした。

供試体の構造を写真-1および図-1に示す。

部材の接続は、主梁の支承部はヒンジ接合、柱は上下とも剛接合としている。

上部工の梁および柱は、設計規準強度60N/mm²のプレキャストPRC部材であり、断面形状および配筋を図-2、3に示す。また、土砂囲工と下部工は、設計規準強度24N/mm²の現場打RC構造とした。

本実験供試体上部工の許容応力度法による設計条件は、重錘重量10kN落下高12m（位置エネルギー120kJ）である。

2.2 実験方法および重錘落下条件

トラッククレーンで吊り上げた重錘をそれぞれの所定の高さから落下させ、そのときに発生する重錘の加速度、供試体のひずみおよび変位を測定した。

重錘重量と落下高さの組み合わせは、重量10kN落下高12m（位置エネルギー120kJ）、重量30kN落下高34m（位置エネルギー1000kJ）、重量50kN落下高30m（位置エネルギー1500kJ）とした。落下位置は、横断方向に関して、支間中央位置および張出部（山側支点から3.0m

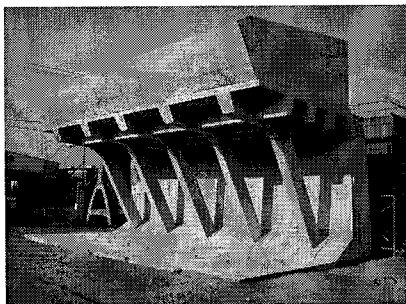


写真-1 実験供試体

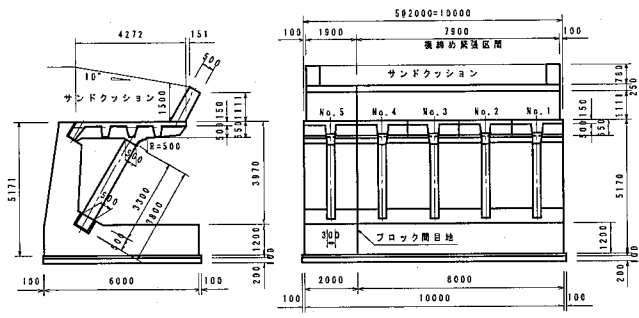


図-1 実験供試体構造図

表-1 重錘衝撃力

落石位置 エネルギー	実験名	重錘重量 (kN)	落下高 (m)	衝撃力 (kN)
120kJ	T1121	10	12.0	898
	T1122	10	12.0	1046
	T1123	10	12.0	624
	T1124	10	12.0	884
	T1125	10	12.0	875
	T1126	10	12.0	893
1000kJ	T3341	30	34.0	4076
	T3342	30	34.0	4016
	T3343	30	34.0	4202
	T3344	30	34.0	4799
	T3345	30	34.0	4554
	T3346	30	34.0	---
1500kJ	T5301	50	30.0	5489
	T5302	50	30.0	5598
	T5303	50	30.0	5580
	T5304	50	30.0	5670
	T5306	50	30.0	5700

れが発生した。1500kJ 実験時には No.1 梁の支承部に損傷が発生し No.4 の柱脚に圧壊が生じた。その他の主梁および柱に生じたひび割れはどれも 0.1~0.2mm 程度であった。全実験終了後に主梁上面を確認したところ、0.1mm 程度以下のひび割れが確認された。1000kJ および 1500kJ 載荷実験終了時におけるひび割れ発生状況を 図-7、写真-2~4 に示す。



写真-2 No.1 支承部

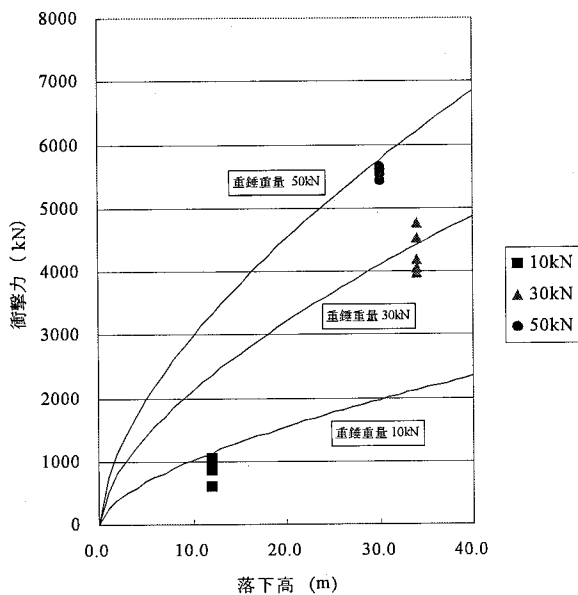


図-6 重錘衝撃力

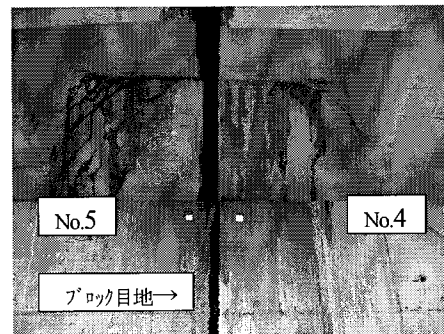


写真-3 No.4 支承部

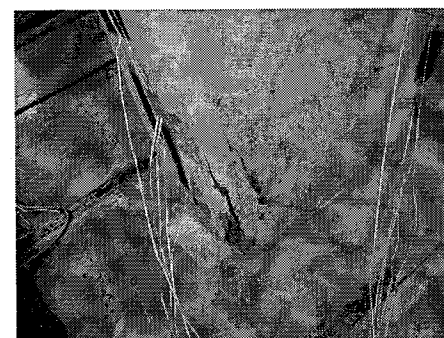


写真-4 No.4 柱脚部

一メの定数λを 3500 kN/m²、割増し係数αは 1.0 として計算した値である。

$$\text{衝撃力 } P = 2.108 \cdot (m \cdot g)^{2/3} \cdot \lambda^{2/5} \cdot H^{3/5} \cdot \alpha \quad (\text{kN}) \quad (1)$$

ここに、m は落石の質量(t)、g は重力加速度(m/sec²)、λ はラーメの定数(kN/m²)、H は落石の落下高(m)、α は砂層厚と落石直径の比から決定される割増し係数である。

図-6 より、実験で得られた重錘衝撃力はラーメの定数λを 3500 kN/m² としたときの値と近似している。

3. 2 ひび割れ発生状況

(1) 上部工

120kJ 実験時には、有害なひび割れは発生しなかった。1000kJ 実験時には主梁および柱に 0.1mm 以下のひび割

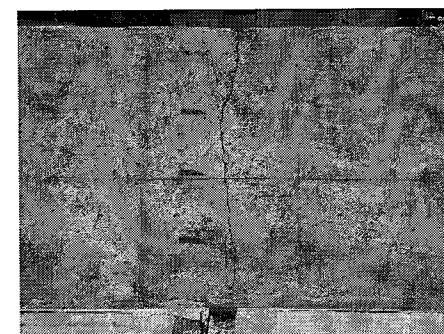
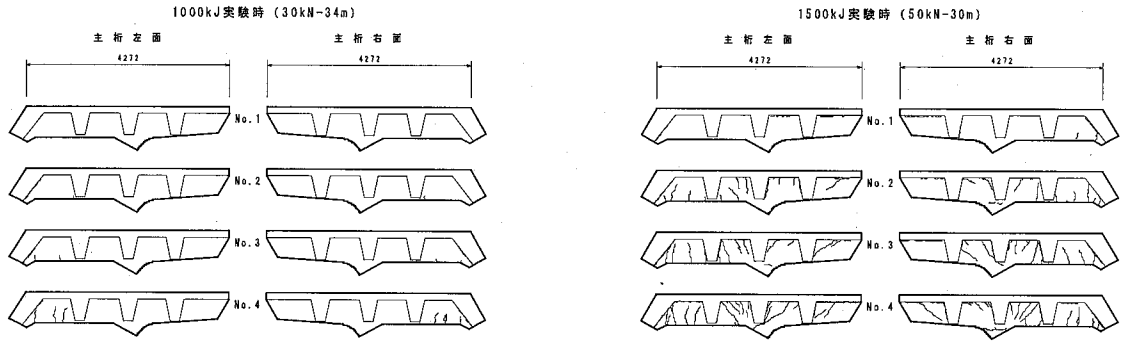
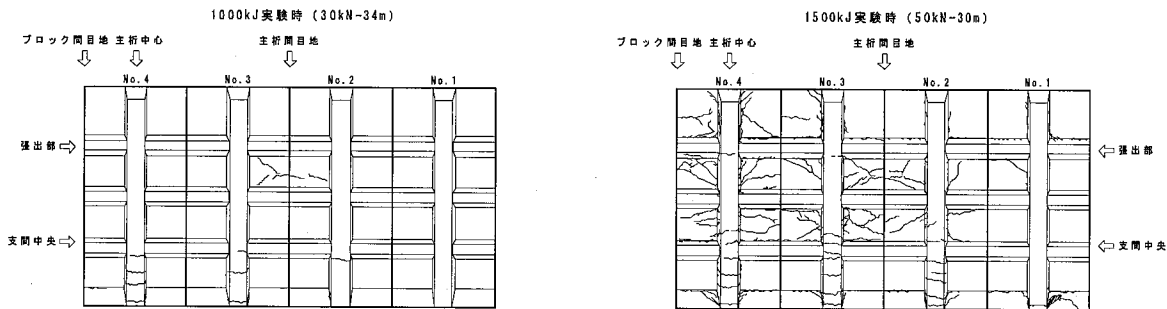


写真-5 土砂囲壁内面

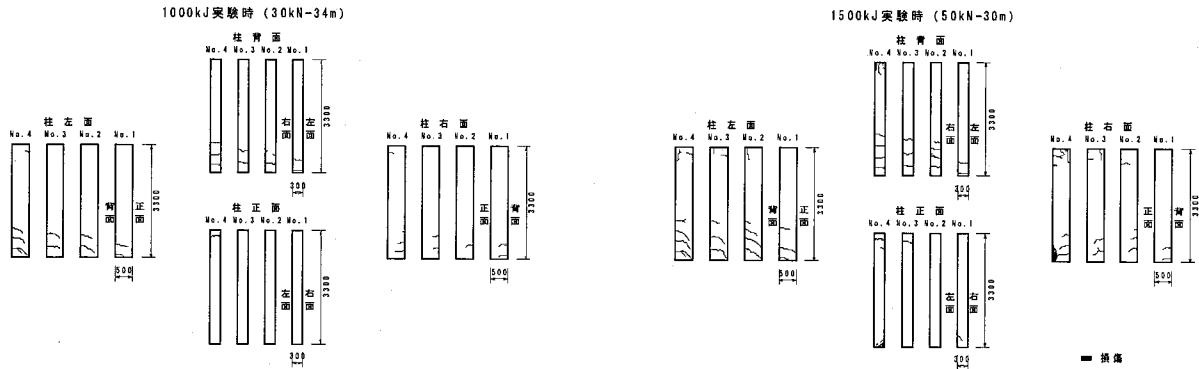
主梁側面ひび割れ発生状況



主梁下面ひび割れ発生状況



柱ひび割れ発生状況



主梁上面ひび割れ発生状況

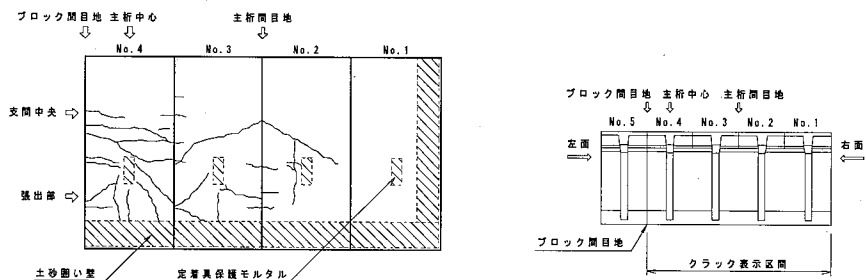


図-7 上部エヒび割れ図

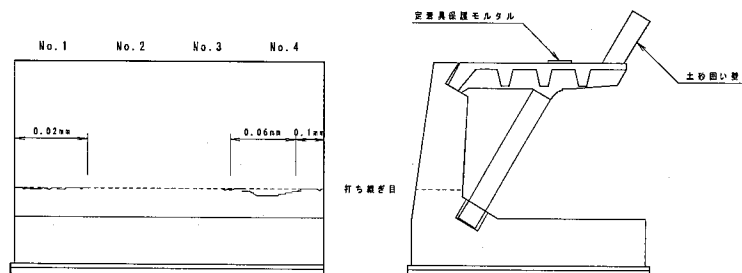


図-8 下部エヒび割れ図

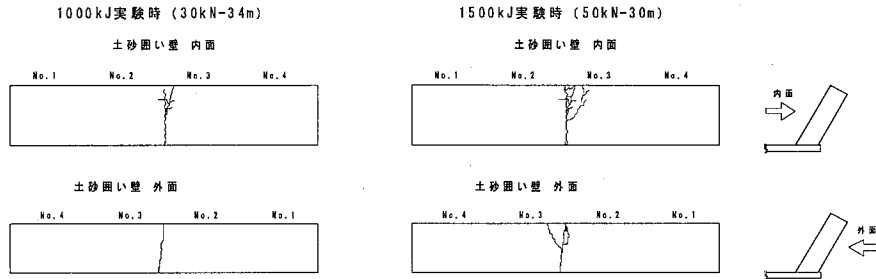


図-9 土砂囲壁ひび割れ図

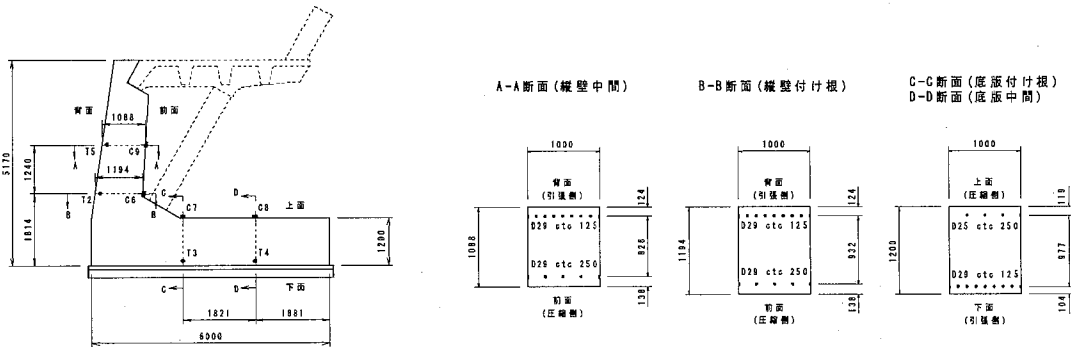


図-10 下部工ゲージ位置および検討断面図

(2) 下部工

全実験終了後確認したところ、縦壁背面に0.1mm以下のひび割れが確認された。その発生状況を図-8に示す。

(3) 土砂囲壁

土砂囲壁は1000kJ落下位置4(T3344)の実験時において、No.2とNo.3の間に1.4mmの貫通クラックが発生した。またその位置における全実験終了時のひび割れは4~5mmであった。ひび割れ発生状況を図-9および写真-5に示す。

3.3 下部工応力度

図-10に下部工のひずみゲージ設置位置および検討断面図を示す。ひずみゲージは、上部工の各主梁のセンターに合わせて設置した。

下部工縦壁付け根(図-10 B断面)に発生したコンクリート圧縮応力度および鉄筋引張応力度の、全実験ケースを通しての最大値を表-4に示す。

また、他の断面はB断面と比べるとわずかな応力しか発生しなかった。

これより、下部工は1500kJ実験終了までの全ケースを通して弾性範囲にあったことがわかる。

図-11には、全実験ケースの下部工縦壁付け根(B断面)に発生したモーメントと軸力を示す。モーメントと軸力は、コンクリート圧縮応力度および鉄筋引張応力度から算出した。図中実線は、コンクリートの許容応力度 $\sigma_{ca}=12\text{N/mm}^2$ 、鉄筋の許容応力度 $\sigma_{sa}=300\text{N/mm}^2$ 、コンクリートと鉄筋のヤング係数

表-4 下部工縦壁付け根最大応力度

	No.4	No.3	No.2	No.1	
コンクリート圧縮応力度(最大値)	σ_c (N/mm ²)	4.4	4.1	3.2	5.3
引張鉄筋応力度(最大値)	σ_s (N/mm ²)	114.6	23.1	25.6	25.3

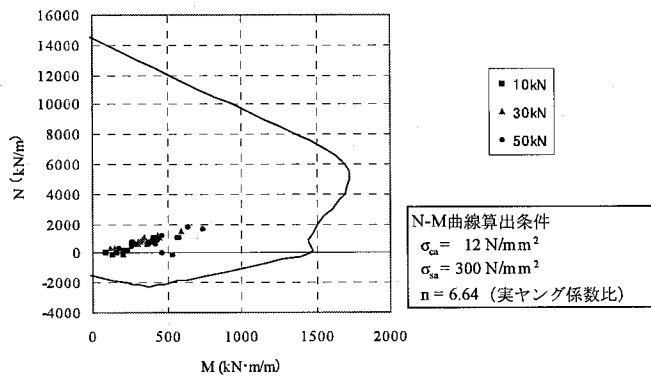


図-11 下部工縦壁付け根 N-M 図

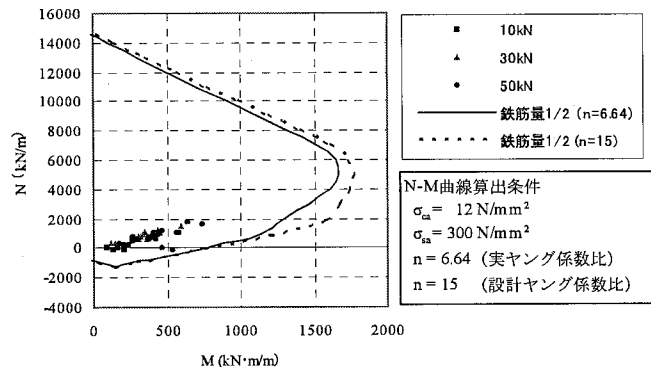


図-12 下部工縦壁付け根 N-M 図 (鉄筋量 1/2)

比を 6.64 (実際のヤング係数比) として算出した N-M 曲線である。これより今回の実験で配置した鉄筋量には十分余裕があることがわかる。

図-12 には、鉄筋量を 1/2 として算出した N-M 曲線を示す。実線はヤング係数比を 6.64、破線はヤング係数比を 15 とした場合である。鉄筋量を 1/2 としても余裕があることがわかる。

4. まとめ

設計条件 10 kN-12m (位置エネルギー120kJ) のロックキーパーの耐落石性能を実証するために、重錘衝突実験を行った。その結果を以下に示す。

1)120kJ 载荷実験

- ・主梁、柱とも有害なひび割れは発生せず弾性範囲内であることが確認された。

2)1000kJ 载荷実験

- ・主梁や柱に 0.1mm 程度のひび割れが発生した。
- ・土砂囲壁に 1.4mm 程度の貫通クラックが発生した。
- ・これらは補修不要または補修可能な範囲である。

3)1500kJ 载荷実験

- ・主梁や柱に 0.1~0.2mm 程度のひび割れが発生した。
- ・N0.1 梁の支承部や No.4 の柱脚に損傷が発生した。
- ・これらはいずれも補修可能な範囲である。

4)本実験は単一载荷実験でなく、繰り返し载荷実験であるため、実際の単一落石による損傷は、本実験結果より軽微であると推察される。

参考文献

- 1) 松葉美晴, 後藤吉晴, 佐藤 彰, 音田 奨, 岡畑博子, 井上理恵: 実物 PC 製シェッドの落石による破壊実験について(1), (2), 第2回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.241-246, pp.247-253, 1993.6
- 2) 岸 徳光, 松岡健一, 佐藤昌志, 今野久志, 池田泰博: 逆L型及び門型覆工の衝撃応答性状, 第4回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.59-64, 1998.6
- 3) 日本道路協会: 落石対策便覧, 2006.6