

## 落石衝撃力による軽量盛土擁壁の安定

九州エス・ピーシー(株) 正会員 山田文男, 生山法裕, 張赫磊, 月待隆信  
 熊本大学 正会員 鈴木敦巳, 大見美智人  
 九州産業大学 正会員 奥園誠之  
 島根大学 正会員 横田修一郎  
 法政大学 正会員 草深守人, 竹内則雄

### 1. はじめに

実際に完成した現地構造体（S.P.C ウォール）で落石実験を行い、裏込め材の緩衝効果、せん断ボルトとPC鋼棒の作用効果、構造体全体の安定性と安全性について検証実験を行い、また新離散化モデル（R.B.S.M）解析によってS.P.Cウォール工法（覆工方式）の保有耐力の限界について解析を実施した。

### 2. 実験概要

試験方法は図2に示すように1tと3tの重錘を製作し、高さ5m、10mおよび15mより落下させ、その加速度と衝撃土圧をサンドマット（砂）面の底盤気泡混合モルタル内に1.0m毎に土圧計により測定した。また、プレキャスト版に連結したPC鋼棒が衝撃土圧に抵抗する力をひずみ計で計測し、さらに背面の斜面側に設置した平板ロックボルトの抵抗力も歪み計にて計測した。

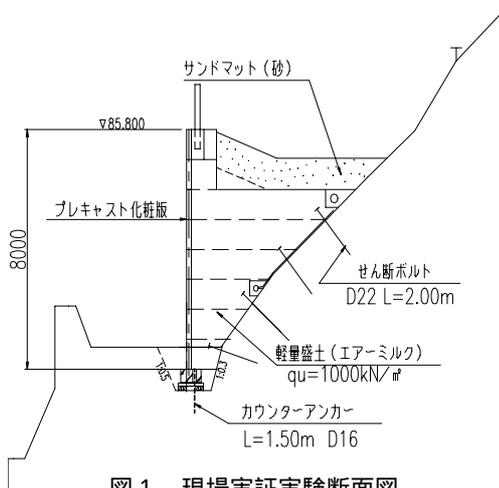


図1 現場実証実験断面図

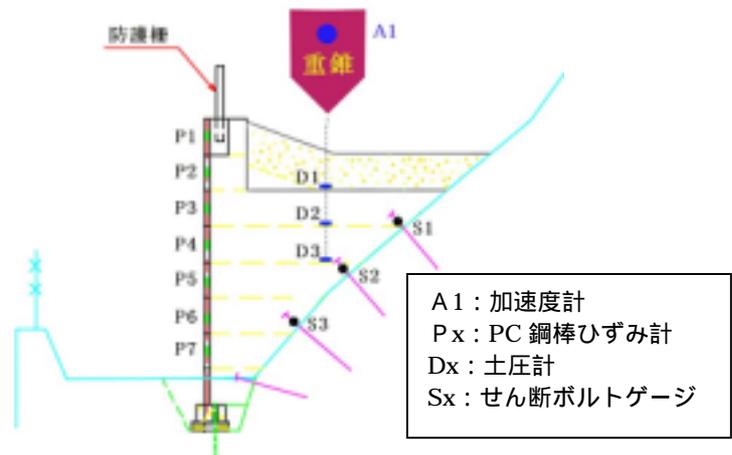


図2 測定システム概要図

### 3. 実験結果

1tf, 3tfの重錘を使用して5m, 10mおよび15mから落下させると、重錘の質量と落下高さの増加とともに衝撃力は増大する。上部サンドマット（砂層土圧計D1）の緩衝効果は、重錘1tfの場合には衝撃力の増大とともに緩衝力が減少の傾向を示すが、重錘3tfの場合には衝撃力の増大とともに緩衝効果が減少せず直接気泡混合モルタル部へ伝達されることが判明した。なお、表1に示すように衝撃力が1,000kN以下の場合には、衝撃力に対する吸収率が50%～70%であるのに対し、表2に示す重錘3tfの場合には構造体衝撃吸収率の比較に示すように、衝撃力が1,000kN以上の場合、衝撃力に対する吸収効果が急激に減少し吸収率10%以下という結果を示し、砂による緩衝効果は期待できないことが明らかになった。

気泡混合モルタル部の緩衝効果は、衝撃力の大小と関係なく、気泡混合モルタルの天端から1m深さ（土圧計D2）で衝撃力に対する吸収率が90%以上に達し、2.0m深さ（土圧計D3）でも吸収率も90%以上に達している。

これらの結果から、落石衝撃力に対し砂層による衝撃力の緩衝効果は薄いですが、気泡混合モルタル部の緩衝効果は十分に発揮しうることが実証された。

キーワード S.P.Cウォール, 軽量盛土, R.B.S.M解析

連絡先 〒862-0954 熊本県熊本市神水1-25-11 北窪ビル7F 九州S.P.C工法研究会 TEL096-340-1738

表1 重錘 1t の衝撃吸収率比較

落下高さ	5m		10m		15m	
衝撃加速度	366 m/sec <sup>2</sup>		581 m/sec <sup>2</sup>		943 m/sec <sup>2</sup>	
最大衝撃力	366 kN		581 kN		943 kN	
最大衝撃土圧	530kPa		842kPa		1367kPa	
土 圧 計	測定値	衝撃吸収率	測定値	衝撃吸収率	測定値	衝撃吸収率
土圧計D1 (kPa)	153	71.13%	369	56.18%	697	49.01%
土圧計D2 (kPa)	19	96.42%	38	95.49%	83	93.93%
土圧計D3 (kPa)	21	96.04%	43	94.89%	69	94.95%

表2 重錘 3t の衝撃吸収率比較

落下高さ	5m		10m		15m	
衝撃加速度	332 m/sec <sup>2</sup>		561 m/sec <sup>2</sup>		700 m/sec <sup>2</sup>	
最大衝撃力	996 k N		1684 k N		2099 k N	
最大衝撃土圧	701kPa		1186kPa		1478kPa	
土 圧 計	測定値	衝撃吸収率	測定値	衝撃吸収率	測定値	衝撃吸収率
土圧計D1 (kPa)	701	0.00%	1259	-6.16%	1369	7.37%
土圧計D2 (kPa)	62	91.16%	111	90.64%	146	90.12%
土圧計D3 (kPa)	60	91.44%	89	92.50%	97	93.44%

また、PC 鋼棒、せん断ボルトについては表3に示す結果が得られ、せん断ボルトについては落石による衝撃を受けたとき、構造物全体が地山方向に力が発生しせん断ボルトにかかる引張力が少ないことが確認でき、PC 鋼棒については、張力 10 kN を常時かけているので、PC 鋼棒は瞬間に引張が作用するが、衝撃力が消えるとともに軸力は導入緊張力に回復する。したがって、気泡混合モルタルによる緩衝効果を発揮させ、側圧に対して応力伝達が少ないことが実証できた。

表3 せん断ボルトと PC 鋼棒の軸力

	測定箇所	3tf5m		3tf10m		3tf15m		許容値 kN
		測定値	換算軸力	測定値	換算軸力	測定値	換算軸力	
		[N/mm <sup>2</sup> ]	kN	[N/mm <sup>2</sup> ]	kN	[N/mm <sup>2</sup> ]	kN	
最大 引張力	せん断ボルト S2	15.13	4.33	23.45	6.72	30.58	8.76	150
	PC鋼棒 P7	1.50	0.34	1.87	0.42	2.24	0.51	265
最大 圧縮力	せん断ボルト S1	-66.68	-18.82	-73.21	-20.97	-108.63	-31.12	150
	PC鋼棒 P7	-1.94	-0.44	-3.29	-0.75	-4.85	-1.10	265

5. 落石衝撃力による保有耐力と終局破壊の検討

落下実験で得られたデータより離散化極限解析を用いて、解析手法の妥当性を検証し、それらの値を用いて衝撃荷重を 3,000 kN~8,000 kN と段階的に大きくし、構造物の保有耐力、終局破壊について検討した。

表4に示す実測値と解析値を比較すると、やや大きめであるが総じて近似的な値が示されており解析の、高い適用性が伺える。

表4 実測値と解析値

落下高さ	5 m		10 m		15 m	
土 圧 計	測定値	解析値	測定値	解析値	測定値	解析値
土圧計D1 (kPa)	701	639.3	1259	1060.5	1369	1347.5
土圧計D2 (kPa)	62	114.6	111	193.3	149	240.6
土圧計D3 (kPa)	60	64.9	89	96.9	97	119.2

図3に衝撃力と沈下量の曲線を示すが、衝撃力が大きくなると衝撃力-沈下量曲線上を後戻りするような挙動を示し、気泡混合モルタルの破壊が生じた後、他の部分へ破壊が生じた状態となる。したがって、4,300 kN の衝撃が加わったとき気泡混合モルタルの破壊が発生すると考えることができ、保有耐力は衝撃力 4,300 kN 程度と判断できる。

また、図4に示す、衝撃力 7,500 kN までの場合天端変位は ~151mm の変位が生じ、気泡混合モルタル全体にわたって破壊が生じるが、S.P.C ウォール本体の自立は確保されていた。

衝撃力 8,000 kN 以上になるとプレキャスト版に破壊が生じて崩壊することがわかり、終局破壊点は衝撃力が 7,500~8,000 kN 程度であることが分かった。

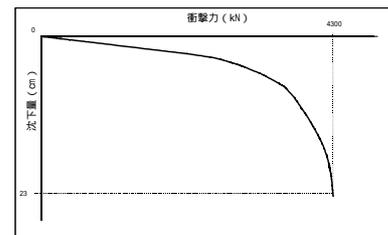


図3 . 沈下曲線図

6. まとめ

今回の実験で衝撃力の増大とともに砂の緩衝効果は十分に発揮されないことが明らかになり、気泡混合モルタルでは緩衝効果が十分に発揮できたことが分かった。

数値解析の結果、S.P.C ウォールの保有耐力は衝撃力 4,300~5,000 kN、終局破壊は 8,000 kN 程度であることが検証され、当現場の最大衝撃力 4,780kN に対して十分な安全性を持っていることが実証された。

参考文献：

- 1) 土木研究所：敷砂上の落石の衝撃力に関する実験 pp.123,124
- 2) 鈴木敦己，奥園誠之，大見美智人，山田文男：S.P.C ウォール工法（覆工方式）大型実証実験報告書 平成12年4月
- 3) 小路裕之，奥園誠之，山田文男，松尾雄治：斜面落下する落石に対する SPC ウォール工法の衝撃力緩衝効果 2001.10 -A182

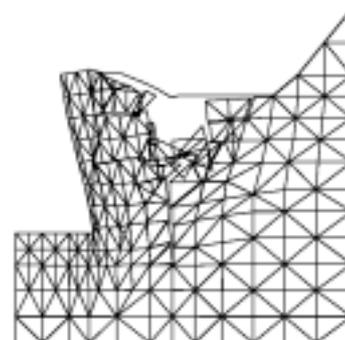


図4 . 衝撃力 7500kN の変形図