

実規模落石覆工用 PRC 桁の重錘落下衝撃実験

北海道開発土木研究所　正会員　○今野　久志　北海道開発土木研究所　正会員　池田　憲二
室蘭工業大学　　　　　フェロー　　岸　　徳光　　ドーピー建設工業（株） 正会員　竹本　伸一

1. はじめに

PC 鋼材の緊張率を従来の 50 % に低減し、下端筋鋼材に総ネジ PC 鋼棒を使用した高耐荷力・高エネルギー吸収性落石覆工用 PRC 桁に対して、敷砂緩衝材を設置した場合の耐衝撃性状を検討するために実規模試験体を用いた重錘落下衝撃実験を実施した。

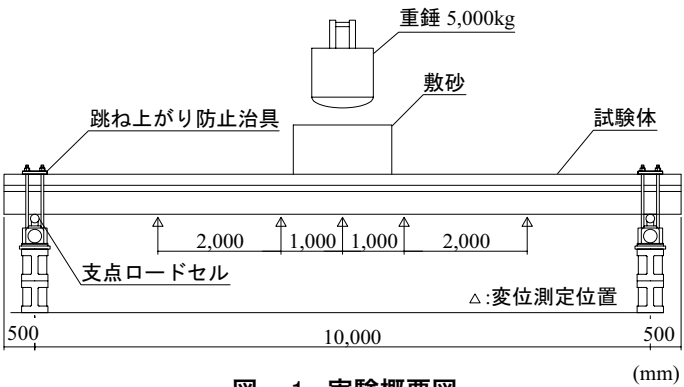
2. 実験概要

2.1 実験方法

図－1 には、実験状況の概要図を示している。衝撃荷重は直径 1 m、5,000 kg 重錘を所定の高さから自由落下させることにより与えている。また、試験体の載荷点部には厚さ 20 cm または 90 cm の敷砂緩衝材を設置している。表－1 には実験ケース一覧を示している。表中の試験体名は試験体のタイプ、敷砂の厚さ (S1: 20 cm, S2: 90 cm)、重錘落下高さ (a: 11.5 m, b: 25.0 m, c: 27.5 m) を順に並べ記号化している。本研究ではこれまでの一連の実験と同様に試験体の終局の定義を残留変位が純スパン長の 1 % 程度に達した時点としており、各試験体の耐衝撃性状を直接比較検討できるように落下高さを設定している。計測項目は、重錘加速度、両支点反力、変位である。

2.2 試験体

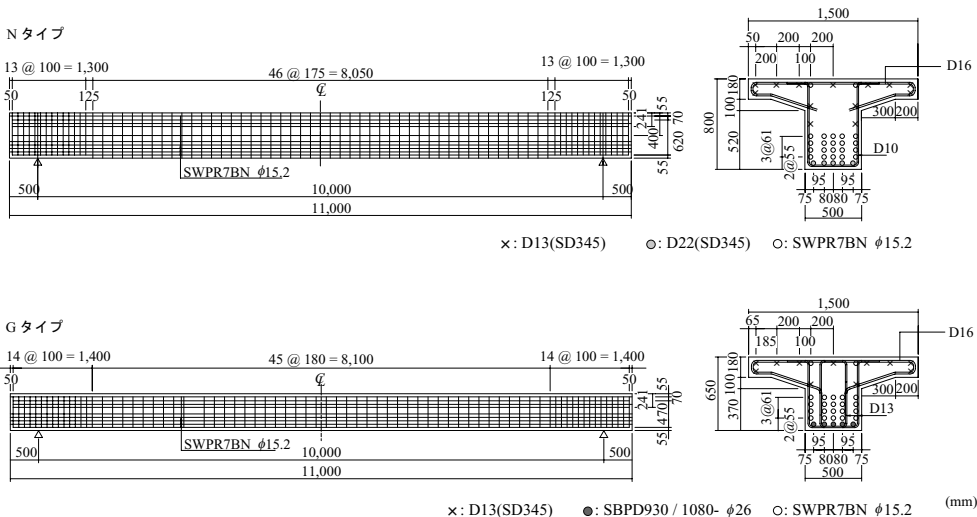
図－2 には、試験体の形状寸法および配筋状況を示している。試験体はいずれもプレテンション方式で製作した単純 T 型断面の実規模 PRC 桁である。試験体は 2 種類あり、N タイプは従来から PC ロックシェットの主桁として使用されてきた PC 桁である。一方の G タイプは、本研究で提案するものであり、PC 鋼材の緊張率を N タイプの 50 % 程度に低減し、下端筋鋼材を異形鉄筋から総ネジ PC 鋼棒に置き換えたものである。使用した PC 鋼材は、両タイプとも SWPR7BN-φ15.2 である。また下端筋鋼材は、N タイプが SD345-D22、G タイプが SBPD930 / 1080-φ26 (総ネ



図－1 実験概要図

表－1 実験ケース一覧

試験体名	タイプ	敷砂厚 (cm)	落下高 (m)
N-S1-a	N	20	11.5
G-S1-a	G		
G-S2-a	G	90	11.5
G-S2-b			25.0
G-S2-c			27.5



図－2 試験体の形状寸法および配筋状況

ジ PC 鋼棒) である。コンクリートの設計基準強度は 58.8 MPa であり、実験時の圧縮強度は N タイプが 67.2 MPa、G タイプが 65.4 MPa である。また、断面分割法を用いて算定した曲げ耐力、土木学会コンクリート標準示方書に基づいて算

キーワード：PRC 桁、重錘落下衝撃実験、敷砂緩衝材、残留変位、吸収エネルギー量

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 北海道開発土木研究所構造研究室 TEL 011-841-1698

定したせん断耐力，せん断耐力を曲げ耐力で除したせん断余裕度は両タイプともほぼ同一であり，それぞれ 1,259 kN，1,744 kN，1.31 となっている．なお，本試験体の許容応力度設計法における設計落石条件は，両タイプともに敷砂を厚さ 90 cm で設置する条件で，落石質量 1,000 kg，落下高さ 9.5 m 程度（落石エネルギーで $E = 93.2$ kJ）となっている．

3. 実験結果および考察

3.1 ひび割れ状況

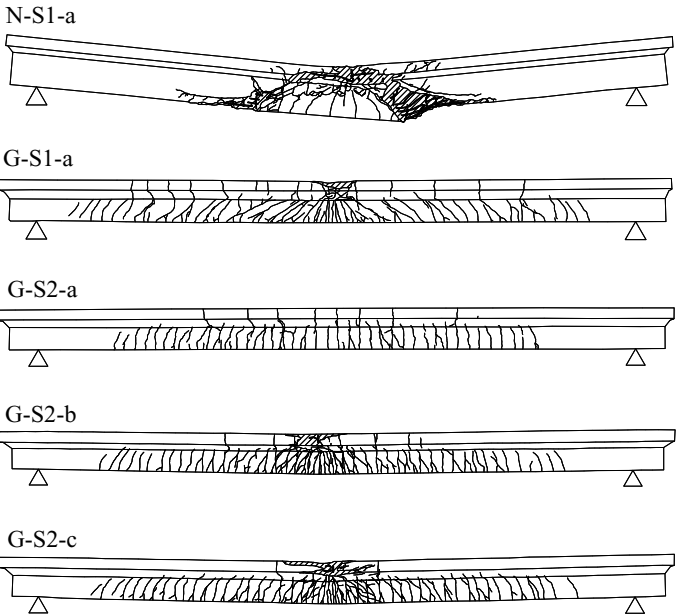
図－3 には，各試験体の実験終了後のひび割れ状況を示している．敷砂厚が 20 cm の N-S1-a，G-S1-a 試験体では，いずれも荷点部には斜めひび割れが卓越して発生しており，せん断破壊型の傾向を示している．また，N-S1-a では上縁から下縁方向に貫通する斜めひび割れが大きく開口し荷点部が抜け落ち状態となり崩壊に至っている．一方 G-S1-a では荷点部にひび割れが集中しているものの桁全体にひび割れが分散しており，PC 鋼材の緊張率を低減したことによる効果が現れている．以上の結果から，実規模試験体においても本研究で提案する G タイプが N タイプに比較し耐衝撃性に優れていることが確認された．次に，敷砂厚が 90 cm の G-S2-a～c では敷砂の緩衝効果により，ひび割れは下縁から上縁に向かう曲げひび割れが桁全体に分散分布し，曲げ破壊型の傾向を示している．また，落下高さの増加とともに荷点直下のひび割れが密になるとともにフランジ部の損傷が顕在化する様子がうかがえる．

3.2 残留変位および吸収エネルギー量

表－2 には，各試験体に関する残留変位および吸収エネルギー量を示している．ここで，吸収エネルギー量は支点反力－荷点変位履歴曲線の正荷重状態（第 1 象限）におけるループで囲まれた部分の面積を用いて評価している．落下高さが $h = 11.5$ m の G-S1-a と G-S2-a を比較すると，G-S2-a では残留変位が零で吸収エネルギー量も非常に小さいことから弾性的な挙動を示しているものと考えられる．G-S1-a については残留変位が約 3.7 cm，吸収エネルギー量が約 180 kJ で塑性化しているものと考えられるが，残留変位が純スパン長の 0.37 % であり未だ終局に至っていないものと判断される．敷砂厚が 90 cm の G-S2-a～c では残留変位，吸収エネルギー量ともに落下高さの増加に対応して線形的に増大している．落下高さが $h = 27.5$ m の G-S2-c の場合には残留変位が 10.7 cm を示し，試験体の純スパン長の 1 % 程度となっていることから終局に至っているものと判断される．以上の結果より，実構造と同様に 90 cm 厚の敷砂材を設置した場合の本試験体の終局時落石条件を落石質量 5,000 kg，落下高さ 27.5 m ($E = 1348.4$ kJ) とすると，落石エネルギー的には現行の許容応力度設計における落石条件 ($E = 93.2$ kJ) に対して 14.5 倍の安全余裕度を有していることが分かる．

4. まとめ

- 本研究で得られた結果を要約すると，以下の通りとなる．
- 1) 実規模試験体においても PC 鋼材の緊張率を 50 % に低減し，下端筋鋼材に総ネジ PC 鋼棒を用いた PRC 桁は現状の PC 桁よりも耐衝撃性に優れていることが確認された．
 - 2) 本 PRC 桁の終局時を残留変位が純スパン長の 1 % に達した時点とした場合の終局時落石エネルギーは，現行の許容応力度設計による落石条件に対して，落石エネルギー的には約 14.5 倍の安全余裕度を有している．



図－3 ひび割れ状況

表－2 残留変位および吸収エネルギー量

試験体名	残留変位 a (cm)	吸収エネルギー量 E (kJ)	a/L (%)
G-S1-a	3.7	179.3	0.37
G-S2-a	0.0	29.4	0.00
G-S2-b	7.2	308.2	0.72
G-S2-c	10.7	392.0	1.07

L ：純スパン長 10 m