รายงานการศึกษาทดลองออกแบบการใช้วัตถุระเบิด ANFO ให้มีช่องว่างอากาศ (Air Deck Blasting) ในงานวิศวกรรมเหมืองหิน

โดย

นายยงยุทธ นพนิช

กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโลยี

สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 (ภาคเหนือ)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

กระทรวงอุตสาหกรรม

ธันวาคม 2551

รายงานการศึกษาทดลองออกแบบการใช้วัตถุระเบิดANFO ให้มีช่องว่างอากาศ (Air Deck Blasting) ในงานวิศวกรรมเหมืองหิน

โดย

นายยงยุทธ นพนิช

กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโลยี

สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 (ภาคเหนือ)

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

กระทรวงอุตสาหกรรม

ธันวาคม 2551

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการออกแบบอัดวัตถุระเบิดANFO (Ammonium Nitrate And Fuel Oil) ในงานวิศวกรรมเหมืองหินชนิดหินปูนแบบเหมืองหาบให้มีช่องว่างอากาศ (Air Deck) ระหว่างดินที่ปิดปากรูเจาะ (Stemming) กับวัตถุระเบิดที่ความยาวของช่องว่างอากาศต่างๆ กัน เปรียบเทียบกับการแตกของหิน (Fragmentation) ภายหลังจากการระเบิดหน้าเหมือง ซึ่งได้ทำการศึกษาทดลอง 2 พื้นที่ คือที่เหมืองหินฯ ของบริษัท ทองขาว จำกัด และเหมืองหินฯ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่มีรูเจาะระเบิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว แต่พื้นที่ที่ทำการศึกษาทดลองมีลักษณะทางธรณีที่แตกต่างกัน การออกแบบแผนผังการเจาะระเบิดก็ต่างกัน เมื่อมีการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดโดยใช้แผนผังการเจาะระเบิดที่ใช้อยู่เดิมให้มีช่องว่างของอากาศพบว่าการแตกของหินบริเวณด้านบนกอง มีแนวโน้มที่โตขึ้นตามความยาวของช่องว่างอากาศที่ใช้ เพื่อให้การแตกของหินยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเหมือนเดิม แนวทางในการออกแบบการอัดวัตถุระเบิด**มีพารามิเตอร์ที่สำคัญคือต้องลดระยะดินปิดปากรูลงประมาณ 20% จากเดิม**ที่ใช้อยู่และให้มีช่องว่างของอากาศประมาณ 20% - 30% เทียบกับความยาวของระยะที่ต้องอัดวัตถุระเบิดพบว่าการแตกของหินบริเวณด้านหน้ากองแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ผลที่ได้ทำให้ต้นทุนการใช้วัตถุระเบิด ANFO ลดลงประมาณ 30% (ประมาณ 80 บาท/เมตร ของความยาวช่องว่างอากาศที่ราคา Ammonium Nitrate 22,000 บาท/ตัน) อีกทั้งหินปลิวและการสาดกองที่เกิดขึ้นบริเวณหน้าเหมืองลดลงอย่างเห็นได้ชัด ผลของการที่ใช้วัตถุระเบิดต่อจังหวะถ่วงเวลาที่ลดลงย่อมทำให้แรงสั่นสะเทือนและคลื่นแรงอัดอากาศที่เกิดจากการระเบิดลดลงด้วย

คำนำ

การทำเหมืองหินอุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้างจะได้จากการทำเหมืองหินซึ่งต้องใช้วิธีการระเบิดหน้าเหมืองเพื่อย่อยหินก่อนที่จะตักขนเพื่อนำไป โม่ บด ย่อย และคัดขนาดต่อไป วิธีการย่อยหินด้วยการระเบิดหน้าเหมืองนั้นมีค่าใช้จ่ายต่ำและยังไม่สามารถหาวิธีการอื่นมาแทนที่ ในงานวิศวกรรมเหมืองแร่และเหมืองหินแบบเหมืองหาบในประเทศไทยยังมีความจำเป็นต้องใช้วัตถุระเบิดซึ่งจะใช้ระเบิดชนิด ANFO (Ammonium Nitrate And Fuel Oil) การออกแบบแผนผังของการระเบิดหน้าเหมืองในแต่ละครั้งจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณการใช้วัตถุระเบิดในแต่ละรูเจาะและแต่ละจังหวะถ่วงเวลากับผลที่ได้คือการแตกของหิน (Fragmentation)

ในการศึกษาครั้งนี้ในงานวิศวกรรมเหมืองหินแบบเหมืองหาบที่มีรูเจาะขนาด 3 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดรูเจาะที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเพื่อที่จะได้มีการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างของอากาศ (Air Deck) ในรูเจาะระเบิดที่ความยาวต่างๆ กันเปรียบเทียบกับการแตกของหิน เพื่อเป็นแนวทางประยุกต์ใช้กับการออกแบบแผนผังการเจาะและการอัดระเบิดในงานวิศวกรรมเหมืองแร่และเหมืองหินเพื่อให้มีการใช้วัตถุระเบิดต่อปริมาณหิน (Power Factor) ลดลงโดยที่การแตกของหินยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เป็นผลให้ต้นทุนในการระเบิดย่อยหินต่ำลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ **บริษัท ที.จี.วิศวการเหมืองแร่ จำกัด** โดย **นายมนตรี ช่างพินิจ** วิศวกรเหมืองแร่ หัวหน้าโครงการรับจ้างเจาะระเบิดที่เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างของโรงโม่หิน บริษัท ทองขาว จำกัด ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการศึกษาทดลองเก็บข้อมูลในพื้นที่ดังกล่าว

ขอขอบคุณ **นายเฉลิมพงษ์ เกตุแก้ว** วิศวกรเหมืองแร่ หัวหน้าแผนกเจาะระเบิด การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เหมืองแม่เมาะ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ทำการศึกษาทดลองและเก็บข้อมูลที่เหมืองหินฯ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ขอขอบคุณ **บริษัท อิตาเลียนไทย (มหาชน) จำกัด** ผู้รับจ้างการผลิตที่เหมืองหินฯ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาทดลองที่เหมืองหินฯ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ขอขอบคุณ **ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่** คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาทดลอง ที่เหมืองหินฯ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
คำนำ	**ข**
กิตติกรรมประกาศ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญรูป	**จ**
สารบัญตาราง	**ช**
1. ทฤษฎีการระเบิดให้มีช่องว่างอากาศ (Theory of Air Deck Blasting)	**1**
2. แผนผังการเจาะระเบิด	**1**
3. พื้นที่ที่ทำการศึกษาทดลอง	**3**
4. ขั้นตอนในการศึกษาทดลอง	**3**
5. การวิเคราะห์การแตกของหิน	**3**
6. ผลการศึกษาทดลอง	**4**
6.1 ผลศึกษาทดลองพื้นที่เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง บริษัท ทองขาว จำกัด	**4**
6.2 ผลการศึกษาทดลองเหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเคมี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	**6**
ภาคผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ขนาด (Size Analysis) ที่เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง ของ บริษัท ทองขาว จำกัด ตำบลท่าข้าม อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์	**9**
ภาคผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ขนาด (Size Analysis) ที่เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเคมีของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง	**31**

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

1. แผนผังการเจาะรูระเบิดแสดงพารามิเตอร์ต่างๆ **2**

2. แสดงการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างของอากาศ **2**

3. แสดงภาพภายในกองหินในการทดลองกรณีที่ 2 **5**

4. แสดงการแตกของหินภายในกอง **6**

5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่องว่างอากาศ และการแตกของ **7**

6. หิน ที่เหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

7. แสดงรูปที่ Picture 001 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **11**

8. แสดงรูปที่ Picture 002 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **12**

9. แสดงรูปที่ Picture 003 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **13**

10. แสดงรูปที่ Picture 004 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **14**

11. แสดงรูปที่ Picture 005 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **15**

12. แสดงรูปที่ Picture 010 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **16**

13. แสดงรูปที่ Picture 011 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **17**

14. แสดงรูปที่ Picture 012 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **18**

15. แสดงรูปที่ Picture 021 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **19**

16. แสดงรูปที่ Picture 022 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **20**

17. แสดงรูปที่ Picture 023 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **21**

18. แสดงรูปที่ Picture 150 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **22**

19. แสดงรูปที่ Picture 151 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **23**

20. แสดงรูปที่ Picture 155 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **24**

21. แสดงรูปที่ Picture 171 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **25**

22. แสดงรูปที่ Picture 161 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **26**

23. แสดงรูปที่ Picture 162 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **27**

24. แสดงรูปที่ Picture 190 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **28**

25. แสดงรูปที่ Picture 192 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **29**

หน้า

รูปที่

26. แสดงรูปที่ Picture 194 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **30**
27. แสดงรูปที่ Picture 136-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **35**
28. แสดงรูปที่ Picture 136-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **36**
29. แสดงรูปที่ Picture 136-3ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **37**
30. แสดงรูปที่ Picture 137-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **38**
31. แสดงรูปที่ Picture 137-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **39**
32. แสดงรูปที่ Picture 139-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **40**
33. แสดงรูปที่ Picture 013-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **41**
34. แสดงรูปที่ Picture 013-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **42**
35. แสดงรูปที่ Picture 014-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **43**
36. แสดงรูปที่ Picture 029-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **44**
37. แสดงรูปที่ Picture 030-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **45**
38. แสดงรูปที่ Picture 080-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **46**
39. แสดงรูปที่ Picture 080-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **47**
40. แสดงรูปที่ Picture 080-3ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **48**
41. แสดงรูปที่ Picture 081-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **49**
42. แสดงรูปที่ Picture 083-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **50**
43. แสดงรูปที่ Picture 084-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **51**
44. แสดงรูปที่ Picture 040-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **52**
45. แสดงรูปที่ Picture 041-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **53**
46. แสดงรูปที่ Picture 043-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **54**
47. แสดงรูปที่ Picture 043-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **55**
48. แสดงรูปที่ Picture 044-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **56**
49. แสดงรูปที่ Picture 044-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **57**
50. แสดงรูปที่ Picture 045-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **58**
51. แสดงรูปที่ Picture 045-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **59**
52. แสดงรูปที่ Picture 105-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **60**
53. แสดงรูปที่ Picture 107-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **61**
54. แสดงรูปที่ Picture 001-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **62**

หน้า

รูปที่

55. แสดงรูปที่ Picture 001-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **63**
56. แสดงรูปที่ Picture 007-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **64**
57. แสดงรูปที่ Picture 009-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **65**
58. แสดงรูปที่ Picture 173-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **66**
59. แสดงรูปที่ Picture 175-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **67**
60. แสดงรูปที่ Picture 112-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **68**
61. แสดงรูปที่ Picture 112-3ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **69**
62. แสดงรูปที่ Picture 114-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **70**
63. แสดงรูปที่ Picture 115-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด **71**

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1. แสดงการออกแบบการอัดวัตถุระเบิด และผลการแตกของหิน เหมืองหินฯ บริษัท ทองขาว จำกัด **4**
2. แสดงแผนผังการเจาะระเบิดที่เหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย **6**
3. แสดงผลการแตกของหินที่เหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย **7**
4. แสดงรายละเอียดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาทอลอง และการวิเคราะห์ขนาด ของเหมืองหินฯ บริษัท ทองขาว จำกัด **10**

1. ทฤษฎีการระเบิดให้มีช่องว่างอากาศ (Theory of Air Deck Blasting)

ทฤษฎีการระเบิดให้มีช่องว่างอากาศ **(Air Deck Blasting)** หรือการระเบิดแบบมีแท่งอากาศ **(Air Column Blasting)** โดยทั่วไปการระเบิดหน้าเหมืองที่ใช้ระเบิดชนิด ANFO ซึ่งปกติภายในรูเจาะจะบรรจุระเบิดไว้เต็มเมื่อมีการจุดชนวนระเบิดทำให้เกิดคลื่นความเค้น (Stress Wave) ที่มีช่วงความกว้าง (Amplitude) สูงเพียงหนึ่งครั้ง ซึ่งจะบีบอัดผนังของรูเจาะและจะสะเทือนไปยังบริเวณหินรอบๆ อีกทั้งยังจะสร้างกลไกของการแตกร้าวของหินขึ้น หากมีการอัดวัตถุระเบิดโดยให้มีช่องว่างอากาศ (Air Deck) ภายในรูเจาะคลื่นความเค้นที่เกิดจากก๊าซอุณหภูมิสูงจะช่วยขยายรูปแบบของการแตกร้าวให้เพิ่มขึ้น

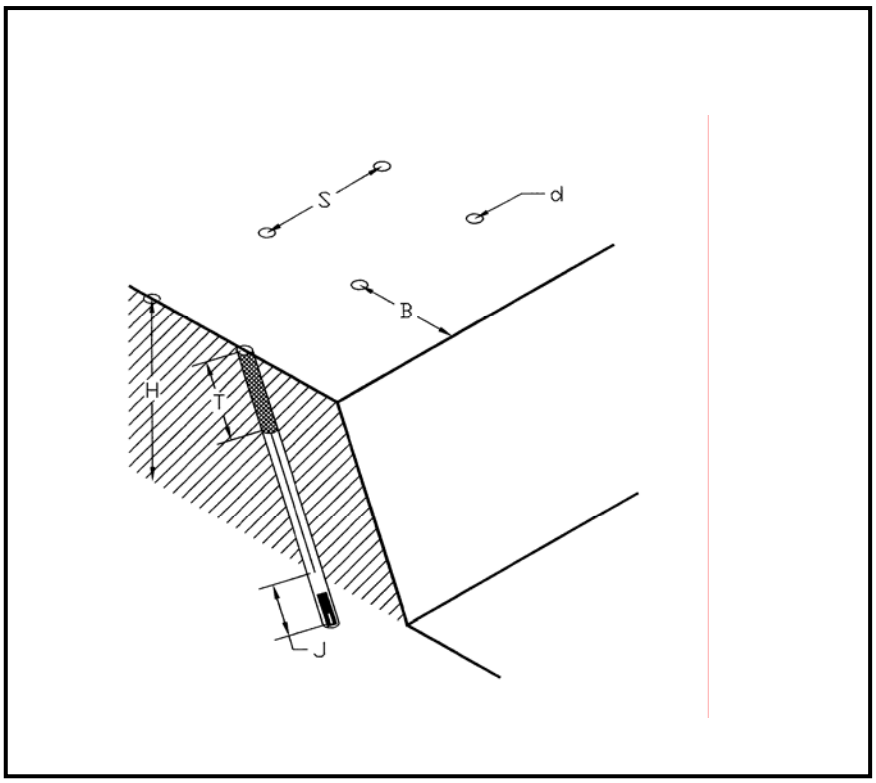
การอัดวัตถุระเบิดโดยให้มีช่องว่างอากาศในรูเจาะระเบิดด้านบนหรือภายในรูเจาะ เมื่อเกิดการระเบิดทำให้มีการสะท้อนของคลื่นอย่างรุนแรงภายในรูเจาะที่มีการอัดระเบิดให้มีช่องว่างอากาศก๊าซร้อนที่เกิดขึ้นภายในรูเจาะจะสร้างคลื่นความเค้นครั้งที่สองออกมา คลื่นดังกล่าวนี้จะทำให้การแตกร้าวของมวลหินเพิ่มขึ้นและช่วยให้มวลหินเคลื่อนตัวออกจากพื้นผิว

จากหลักการดังกล่าวเราสามารถออกแบบการอัดวัตถุระเบิด ให้มีช่องว่างอากาศภายในรูเจาะรูที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำแรงอัดอากาศที่มีความดันสูงจากก๊าซร้อนมาใช้เพื่อเพิ่มรูปแบบการแตกร้าวของมวลหินก่อนที่คลื่นแรงเค้นจะลดลง

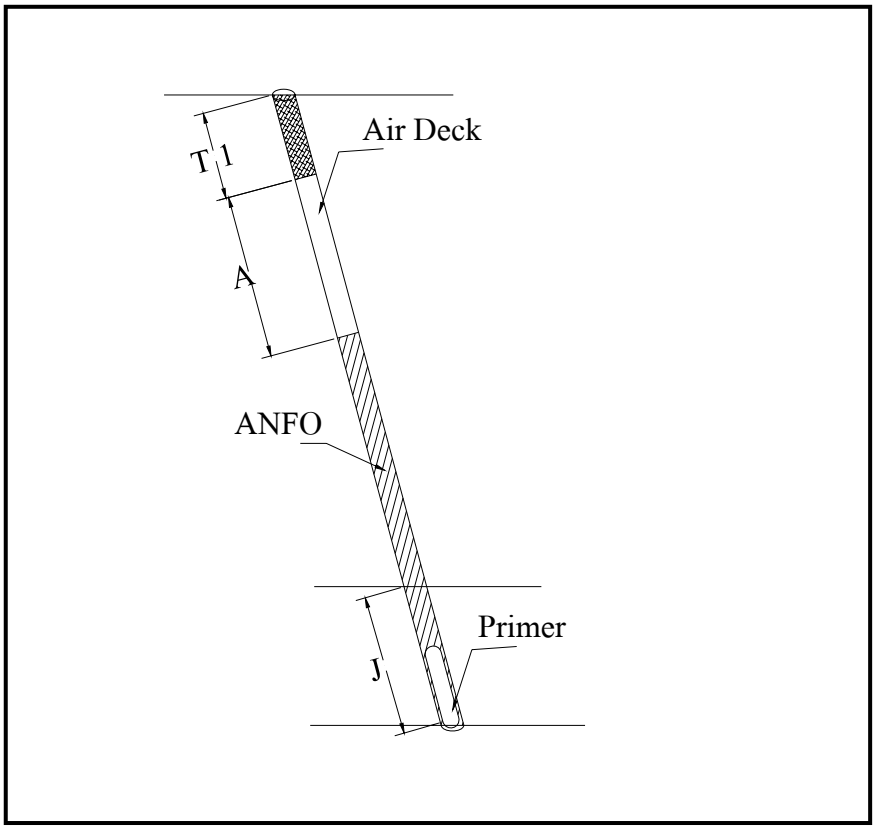
2. แผนผังการเจาะระเบิด

การออกแบบแผนผังระเบิดหน้าเหมืองที่ทำกันโดยทั่วไปจะมีพารามิเตอร์ที่สำคัญดังรูปที่1 และในการศึกษาทดลองการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างอากาศ (Air Deck) ระหว่างดินที่ปิดปากรูเจาะกับวัตถุระเบิดดังรูปที่ 2

1) ความสูงของหน้าเหมือง Bench High (H) ซึ่งมีผลต่อความลึกของรูเจาะ
2) ระยะห่างระหว่างรูเจาะในแถวเดียวกัน Spacing(S)
3) ระยะห่างจากหน้าอิสระ Burden(B) หรือระหว่างแถวของรูเจาะ
4) ระยะเจาะต่ำกว่าพื้น Subdrilling (J)
5) ระยะอัดดินปิดปากรูเจาะ Stemming (T)
6) การออกแบบจังหวะถ่วงเวลาในแต่ละรูเจาะ



รูปที่ 1 แผนผังการเจาะรูระเบิดแสดงพารามิเตอร์ต่างๆ



รูปที่ 2 แสดงการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างของอากาศ

3. พื้นที่ที่ทำการศึกษาทดลอง

1. เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง ของโรงโม่หิน บริษัท ทองขาว จำกัด ตั้งอยู่ที่ตำบลท่าข้าม อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์

2. เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเคมี ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตั้งอยู่ที่ด้านหลังโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

4. ขั้นตอนในการศึกษาทดลอง

1.ทำการระเบิดหน้าเหมืองโดยใช้แผนผังการเจาะระเบิดเดิม ถ่ายรูปหน้าเหมืองภายหลังการระเบิดด้วยกล้องดิจิตอล เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาการแตกของหินเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน

2.ทำการทดลองอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างอากาศระหว่างดินที่ปิดปากรูเจาะกับวัตถุระเบิดที่ความยาวต่างๆ กันถ่ายรูปหน้าเหมืองภายหลังการระเบิดทุกครั้ง

3.นำภาพถ่ายดิจิตอลหน้าเหมืองที่ได้ภายหลังจากการระเบิดมาวิเคราะห์ขนาด (Size Analysis) เพื่อหากราฟการกระจายตัวของขนาด (Size Cumulative Distribution)

4.นำค่าขนาดเฉลี่ยคือขนาดที่ 80% จากกราฟการกระจายตัวของขนาดเป็นแกนตั้งและเปอร์เซนต์ความยาวของช่องว่างอากาศเมื่อเทียบกับความยาวของรูเจาะที่ต้องอัดวัตถุระเบิด

5.วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการแตกของหินกับความยาวช่องว่างอากาศจากข้อมูลที่ทำการทดลองแต่ละพื้นที่

6.สรุปผลการศึกษาทดลอง เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการเหมืองหินฯ ประยุกต์ใช้ในการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างของอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัตถุระเบิด ANFO ต่อไป

5. การวิเคราะห์การแตกของหิน (Fragmentation)

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Split-Desktop 2.0 Demo ในการวิเคราะห์ขนาดจากภาพถ่ายดิจิตอลภายหลังการระเบิดหน้าเหมือง เพื่อแสดงการกระจายตัวของขนาด (Cumulative Size Distribution) โดยใช้ขนาดที่ 80% เป็นค่าเฉลี่ยของขนาด (Mean Size) การวิเคราะห์ขนาดจากภาพถ่ายที่ได้จากหน้าเหมืองที่ใช้เป็นตัวแทนเพื่อหาการแตกของหินภายหลังจากการระเบิดหน้าเหมืองนั้น เป็นภาพที่ถ่ายด้านบนของกองซึ่งจะมีขนาดที่โตกว่าภายในกอง เนื่องจากโปรแกรม Split-Desktop 2.0 Demo ที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดในการศึกษาครั้งนี้เป็นโปรแกรมตัวอย่างที่ให้ใช้ชั่วคราวมีข้อจำกัดบางประการอยู่บ้าง ในอนาคตหากมีงบประมาณในการจัดซื้อโปรแกรมดังกล่าวจะได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมต่อไป

6. ผลการศึกษาทดลอง

6.1 ผลศึกษาทดลองที่เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง บริษัท ทองขาว จำกัด ตำบลท่าข้าม อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์

6.1.1 แผนผังการเจาะระเบิด

- ความสูงของหน้าเหมือง (Bench High) 8 เมตร
- ความลึกรูเจาะ 8.5 เมตร เอียงประมาณ 70 องศา
- ระยะห่างระหว่างรูเจาะในแถวเดียวกัน (Spacing) 4.8 เมตร
- ระยะห่างจากหน้าอิสระ (Burden) 2 เมตร ระหว่างแถวของรูเจาะ 2.6 เมตร
- ระยะเจาะต่ำกว่าพื้น (Subdrilling) 0 เมตร
- ระยะอัดดินปิดปากรูเจาะ (Stemming) ตารางที่ 1
- น้ำหนักระเบิดแรงสูง(Primmer) 0.5 กิโลกรัมต่อรู
- การออกแบบจังหวะถ่วงเวลาแถวที่ 1, 2, 3 แก็ปเบอร์ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ ทุกๆ 25 mm.s

6.1.2 ผลการศึกษาทดลอง ได้มีการศึกษาทดลองที่เหมืองหินฯ ของ บริษัท ทองขาว จำกัด โดยได้มีการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดทั้งหมด 6 กรณี และผลการแตกของหินแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการออกแบบการอัดวัตถุระเบิด และผลการแตกของหิน เหมืองหินฯ บริษัท ทองขาว จำกัด

กรณีที่	Stemming (เมตร)	ความยาว Air Deck		ขนาด (นิ้ว)	
		(เมตร)	(%)	ขนาด เฉลี่ย	ขนาดโตที่สุด
1	1.5	0.0	0.0	16.1	27.7
2	1.5	1.0	14.3	25.8	45.1
3	1.0	1.0	13.3	9.4	17.5
4	1.2	1.0	13.7	15.8	27.8
5	1.2	1.3	17.8	15.9	26.4
6	1.2	1.5	20.5	12.7	23.7

6.1.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาทดลอง ของเหมืองหินฯ บริษัท ทองขาว จำกัด

- จากการทดลองโดยให้มีการให้มีช่องว่างอากาศ (Air Deck) ที่ 1 เมตร (กรณีที่ 2) พบว่าการแตกของหินบริเวณด้านบนของกองโตขึ้นจาก 16.1 นิ้ว (กรณีที่ 1) เป็น 25.8 นิ้ว และเมื่อได้ดูการแตกของหินภายในกองพบว่าขนาดที่โตขึ้นนั้นอยู่ด้านบนของกองคือบริเวณที่ดินอัดปากรูดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แสดงภาพภายในกองหินในการทดลองกรณีที่ 2

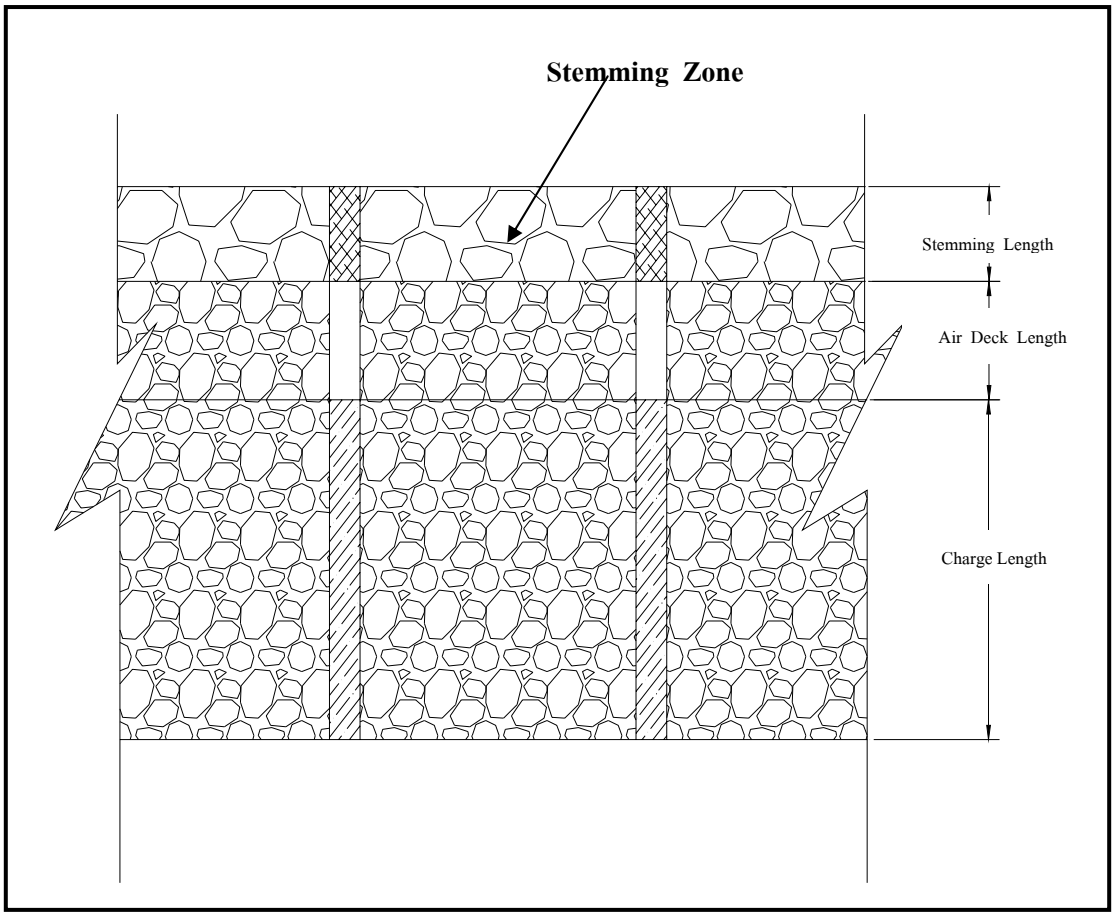
- การทดลองในกรณีที่ 3 เพื่อให้การแตกของหินดีขึ้นในการอัดระเบิดได้มีการลดระยะดินปิดปากรูลงจาก 1.5 เมตร เป็น 1.0 เมตร และให้มีช่องว่างอากาศ 1.0 เมตร ปรากฏว่าการแตกของหินลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับที่ไม่มีช่องว่างอากาศจาก 16.1 นิ้ว (กรณีที่ 1) เป็น 9.4 นิ้ว (กรณีที่ 3)

- จากนั้นได้ทำการทดลองโดยอัดดินปิดปากรู 1.2 เมตร ในกรณีที่ 4 โดยให้มีช่องว่างอากาศ 1.0 เมตรเท่ากับกรณีที่ 3 ผลการแตกของหินโตขึ้นจาก 13.3 นิ้วเป็น 13.7 นิ้ว ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกัน

- การทดลองในกรณีที่ 5 และ 6 จึงอัดดินปิดปากรู 1.2 เมตร และอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างอากาศ 1.3 และ 1.5 เมตร ผลการแตกของหิน 15.9 นิ้ว และ 12.7 นิ้วตามลำดับ

6.1.4 สรุปผลการศึกษาทดลอง ของเหมืองหินฯ บริษัท ทองขาว จำกัด

จากการศึกษาทดลองการอัดวัตถุระเบิดที่เหมืองหินของ บริษัท ทองขาว จำกัด ที่ตำบลท่าข้าม อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้แผนผังการเจาะระเบิดเดิมทดลองอัดระเบิดให้มีช่องว่างอากาศเพื่อลดการใช้วัตถุระเบิด ANFO นั้น เพื่อให้การแตกของหินบริเวณด้านบน (Stemming Zone) ดังรูปที่ 4 ดีเหมือนเดิม**พารามิเตอร์ที่สำคัญทคือระยะดินที่ปิดปากรูเจาะระเบิด** จากการศึกษาทดลองในครั้งนี้พบว่าเมื่อมีการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างอากาศระหว่างดินที่ปิดปากรูเจาะกับวัตถุระเบิดต้องมีการลดระยะดินที่ปิดปากรูลงจากเดิมลงประมาณ 20 % ซึ่งจะได้เป็นแนวทางในการศึกษาทดลองในพื้นที่อื่นต่อไป



รูปที่ 4 แสดงการแตกของหินภายในกอง

6.2 ผลการศึกษาทดลองเหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเคมี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

6.2.1 แผนผังการเจาะระเบิด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงแผนผังการเจาะระเบิดที่เหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

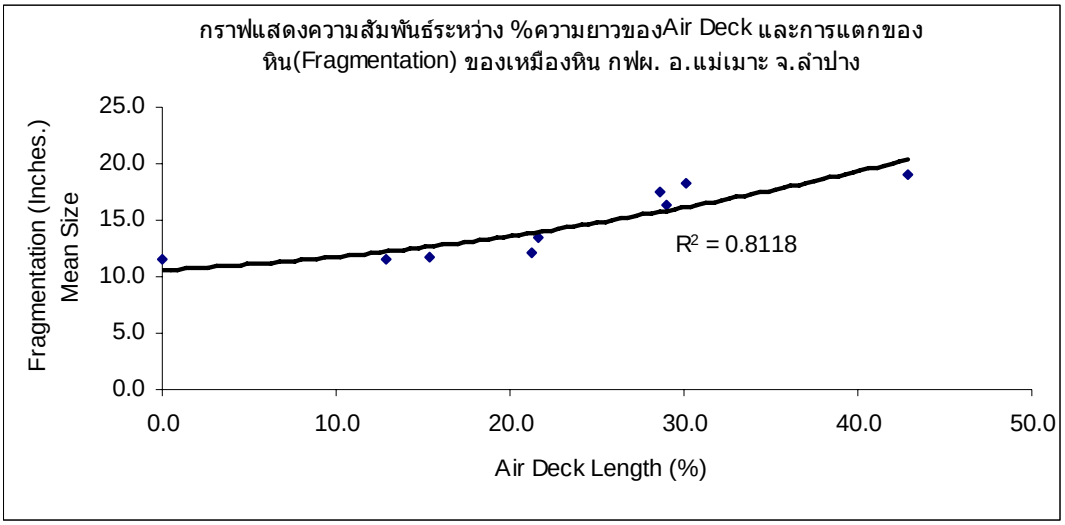
กรณีที่	Hole Depth (m.)	Burden (m.)	Spacing (m.)	Stemming (m.)	Subdrill (m.)	Charge (kg,)			Air Deck Length (m.)
						ANFO	Primer	Total	
1	11.0	3.0	3.5	2.5	1.0	32.3	1.25	33.6	0.0
2	9.0	3.0	3.5	2.0	1.0	23.6	1.25	24.8	0.8
3	11.0	3.0	3.5	2.0	1.0	29.6	1.25	30.9	1.2
4	10.0	3.0	3.5	2.0	1.0	25.1	1.25	26.3	1.4
5	11.0	3.0	3.5	2.0	1.0	28.1	1.25	29.4	1.6
6	10.0	3.0	3.5	2.0	1.0	23.6	1.25	24.8	1.8
7	11.0	3.0	3.5	2.0	1.0	26.6	1.25	27.9	2.0
8	11.5	3.0	3.5	2.0	1.0	27.7	1.25	29.0	2.2
9	10.0	3.0	3.5	2.0	1.0	21.3	1.25	22.5	2.4

6.2.2 ผลการศึกษาทดลอง จากการศึกษาทดลองที่เหมืองหินฯ ของ บริษัท ทองขาว จำกัด เพื่อให้การแตกของหินบริเวณด้านบนของกอง (Stemming Zone) ดีเหมือนเดิมในการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างอากาศระหว่างดินที่ปิดปากรูเจาะกับวัตถุระเบิด จึงได้มีการลดระยะดินที่ปิดปากรูลง 20% คือจากเดิม 2.5 เมตร (กรณีที่ 1) เป็น 2.0 เมตร และทำการทดลองที่ระยะความยาวช่องว่างอากาศตามสภาพหน้างานในกรณีที่ 2 - 9 ผลการแตกของหินแสดงดังตารางที่ 3

นำข้อมูลจากตารางที่ 3 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์ความยาวช่องว่างอากาศ เทียบกับระยะที่ต้องอัดวัตถุระเบิดกับขนาดเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ยของ 80%cummulative) แสดงดังรูปที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการแตกของหินที่เหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

กรณีที่	Air Deck Length		Size (Inches)		Power Factor
	(m.)	(%)	Average	Max.	(kg./m3)
1	0.0	0.0	11.5	23.0	0.320
2	0.8	12.9	11.5	19.1	0.295
3	1.2	15.4	11.7	19.4	0.294
4	1.4	21.2	12.1	21.9	0.279
5	1.6	21.6	13.5	24.3	0.280
6	1.8	29.0	16.4	28.1	0.263
7	2.0	28.6	17.5	29.1	0.265
8	2.2	30.1	18.2	34.8	0.263
9	2.4	42.9	19.1	35.5	0.238



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวช่องว่างอากาศ และการแตกของหิน ที่เหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

6.2.3 วิเคราะห์ผลการศึกษาทดลอง ของเหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

- จากการทดลองโดยใช้แผนผังการเจาะระเบิดเดิมเมื่อมีการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีช่องว่างอากาศระหว่างดินปิดปากรูเจาะกับวัตถุระเบิดโดยลดระยะดินที่ปิดปากรูเจาะลง 20 % พบว่า ที่ระยะความยาวช่องว่างอากาศไม่เกิน 15 % (กรณีที่ 2, 3) เทียบกับระยะที่ต้องอัดวัตถุระเบิดขนาดการแตกของหินแทบไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการอัดวัตถุระเบิดเดิมที่ไม่มีช่องว่างอากาศ (กรณีที่ 1)
- เมื่อออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีระยะช่องว่างอากาศประมาณ 20% (กรณีที่ 4, 5) เทียบกับระยะที่ต้องอัดวัตถุระเบิดขนาดการแตกของหินโตขึ้นประมาณ 11% เมื่อเทียบกับการอัดวัตถุระเบิดเดิมที่ไม่มีช่องว่างอากาศ (กรณีที่ 1)
- เมื่อออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีระยะช่องว่างอากาศประมาณ 30% (กรณีที่ 6, 7, 8) เทียบกับระยะที่ต้องอัดวัตถุระเบิดขนาดการแตกของหินโตขึ้นประมาณ 51% เมื่อเทียบกับการอัดวัตถุระเบิดเดิมที่ไม่มีช่องว่างอากาศ (กรณีที่ 1)
- เมื่อออกแบบการอัดวัตถุระเบิดให้มีระยะช่องว่างอากาศประมาณ 40% (กรณีที่ 9) เทียบกับระยะที่ต้องอัดวัตถุระเบิดขนาดการแตกของหินโตขึ้นประมาณ 65% เมื่อเทียบกับการอัดวัตถุระเบิดเดิมที่ไม่มีช่องว่างอากาศ (กรณีที่ 1)
- จากการศึกษาทดลองที่เหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตและนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟ (รูปที่ 5) จะเห็นว่าเปอร์เซนต์ความยาวช่องว่างอากาศเมื่อเทียบกับระยะที่ต้องอัดวัตถุระเบิดกับขนาดการแตกของหิน มีความสัมพันธ์แปรผันกันโดยมี $R^2 = 0.8118$

6.2.4 สรุปผลการศึกษาทดลอง ของเหมืองหินฯ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

จากการศึกษาทดลองที่เหมืองหินฯ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในการออกแบบการอัดวัตถุระเบิดโดยใช้แผนผังการเจาะระเบิดเดิมที่มีขนาดรูเจาะเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว พบว่า **พารามิเตอร์ที่สำคัญคือต้องลดระยะดินที่ปิดปากรูเจาะ(Stemming)ลงประมาณ 20% จากเดิม** และอัดวัตถุระเบิดโดยให้มีช่องว่างอากาศ (Air Deck) ประมาณ 20% - 30% ผลการแตกของหินบริเวณด้านบนของกอง (Stemming Zone) โตขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการอัดวัตถุระเบิดโดยที่ไม่มีช่องว่างอากาศ ทำให้การใช้วัตถุระเบิด ANFO ลดลง

ภาคผนวกที่ 1

แสดงการวิเคราะห์ขนาด (Size Analysis) ที่เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเพื่อการก่อสร้าง ของ บริษัท ทองขาว จำกัด ตำบลท่าข้าม อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์

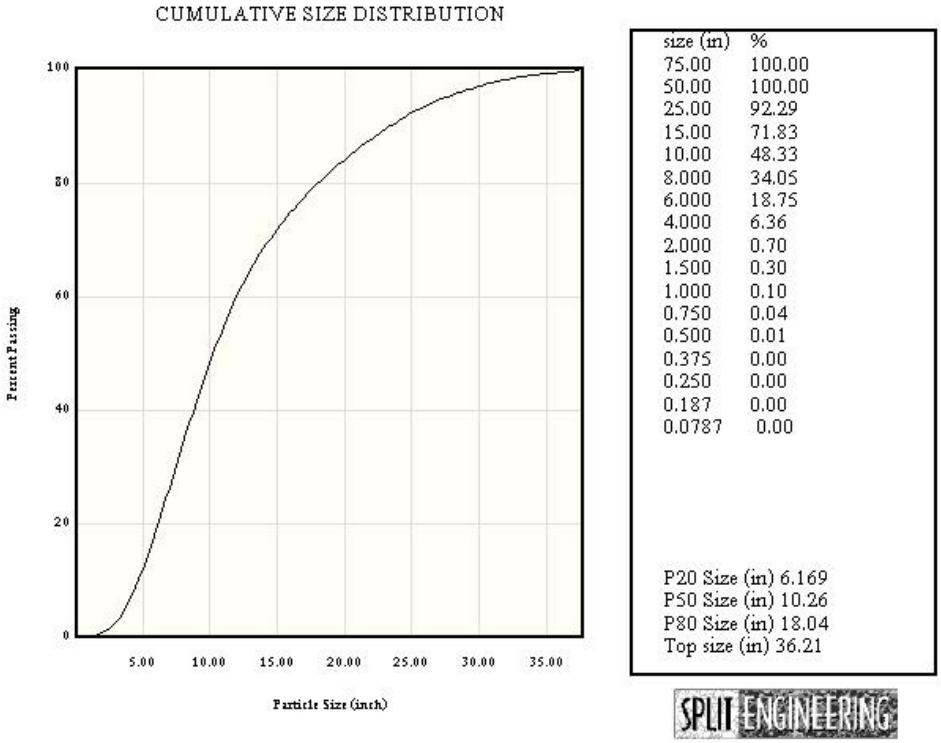
ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาทดลอง และการวิเคราะห์ขนาด ของเหมืองหินฯ บริษัท ทองขาว จำกัด

กรณีที่	ความลึกรูเจาะ (เมตร)	Burden (เมตร)	Spacing (เมตร)	Stemming (เมตร)	Subdrill (เมตร)	วัตถุระเบิด(kg,)			Pow. Fac. ($kg./m^3$)	ความยาว Air Deck		วิเคราะห์ขนาดโดยรูปที่	ขนาด(นิ้ว)	
						ANFO	Primer	รวม		(เมตร)	(%)		เฉลี่ย	ที่สุด
1	8.5	2.6	4.8	1.5	0	26.6	0.5	27.1	0.271	0.0	0.0	Picture 001	18.0	36.2
												Picture 002	13.2	20.7
												Picture 003	15.5	25.1
												Picture 004	16.8	29.6
												Picture 005	16.8	27.4
												Average	**16.1**	**27.8**
2	8.5	2.6	4.8	1.5	0	22.8	0.5	23.3	0.233	1.0	14.3	Picture 010	25.4	47.9
												Picture 011	20.7	36.3
												Picture 012	31.3	50.9
												Average	**25.8**	**45.1**
3	8.5	2.6	4.8	1.0	0	24.7	0.5	25.2	0.252	1.0	13.3	Picture 021	8.4	17.9
												Picture 022	12.7	20.7
												Picture 023	7.2	13.9
												Average	**9.4**	**17.5**
4	8.5	2.6	4.8	1.2	0	23.94	0.5	24.4	0.245	1.0	13.7	Picture 150	16.9	33.2
												Picture 151	17.8	29.9
												Picture 155	12.7	20.3
												Average	**15.8**	**27.8**
5	8.5	2.6	4.8	1.2	0	22.8	0.5	23.3	0.233	1.3	17.8	Picture 171	13.7	23.4
												Picture 161	15.9	25.8
												Picture 162	18.2	30.0
												Average	**15.9**	**26.4**
6	8.5	2.6	4.8	1.2	0	22.04	0.5	22.5	0.226	1.5	20.5	Picture 190	13.9	23.3
												Picture 192	11.6	22.8
												Picture 194	12.6	25.1
												Average	**12.7**	**23.7**

เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรม บริษัท ทองขาว จำกัด

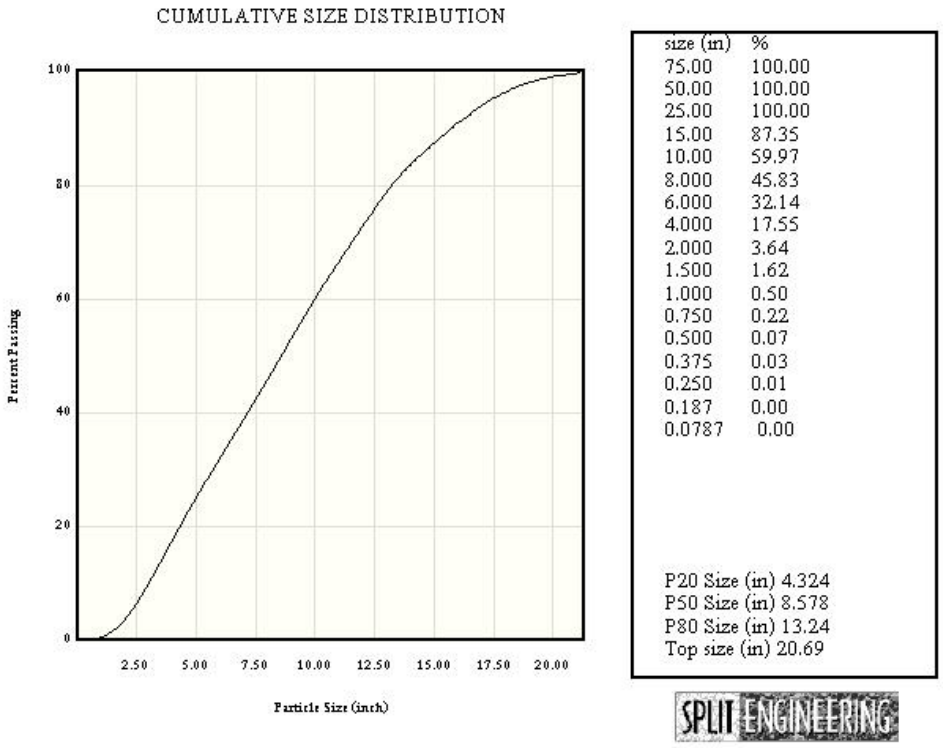
กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 0.0 เมตร Stemming 1.5 เมตร

Picture 001



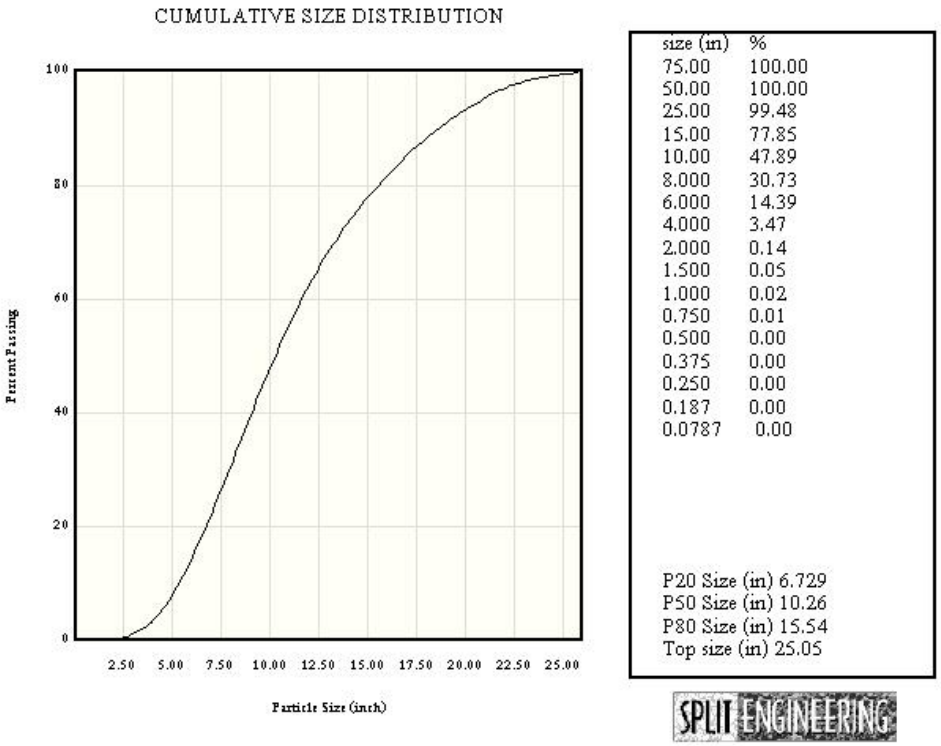
รูปที่ 6 แสดงรูปที่ Picture 001ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 002



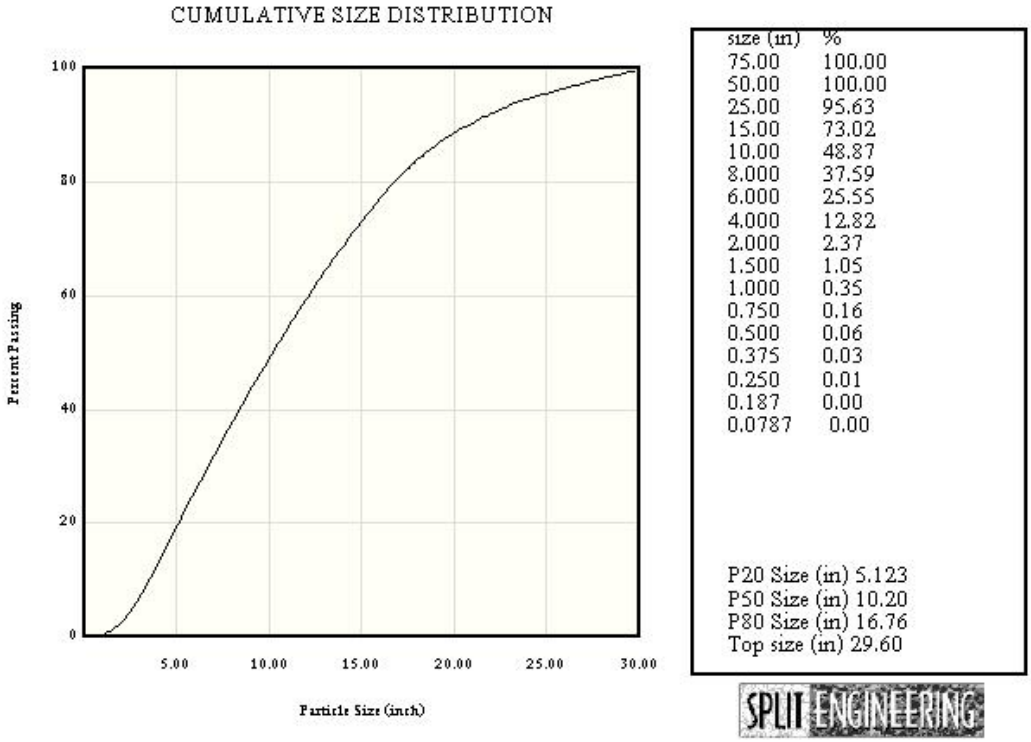
รูปที่ 7 แสดงรูปที่ Picture 002 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 003



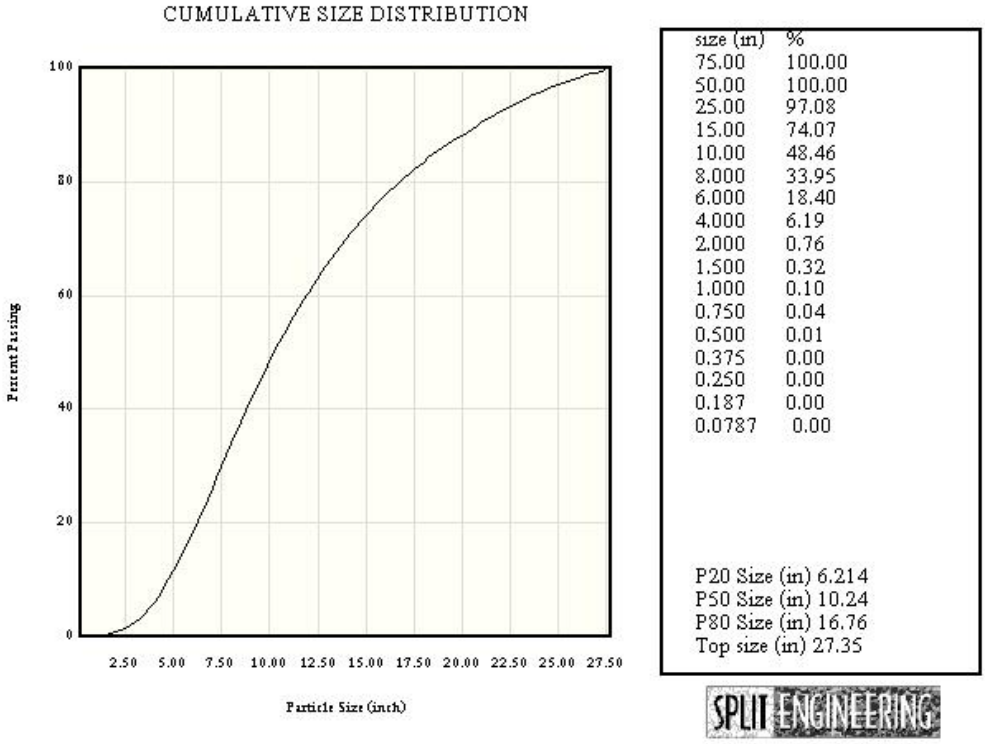
รูปที่ 8 แสดงรูปที่ Picture 003 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 004



รูปที่ 9 แสดงรูปที่ Picture 004 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

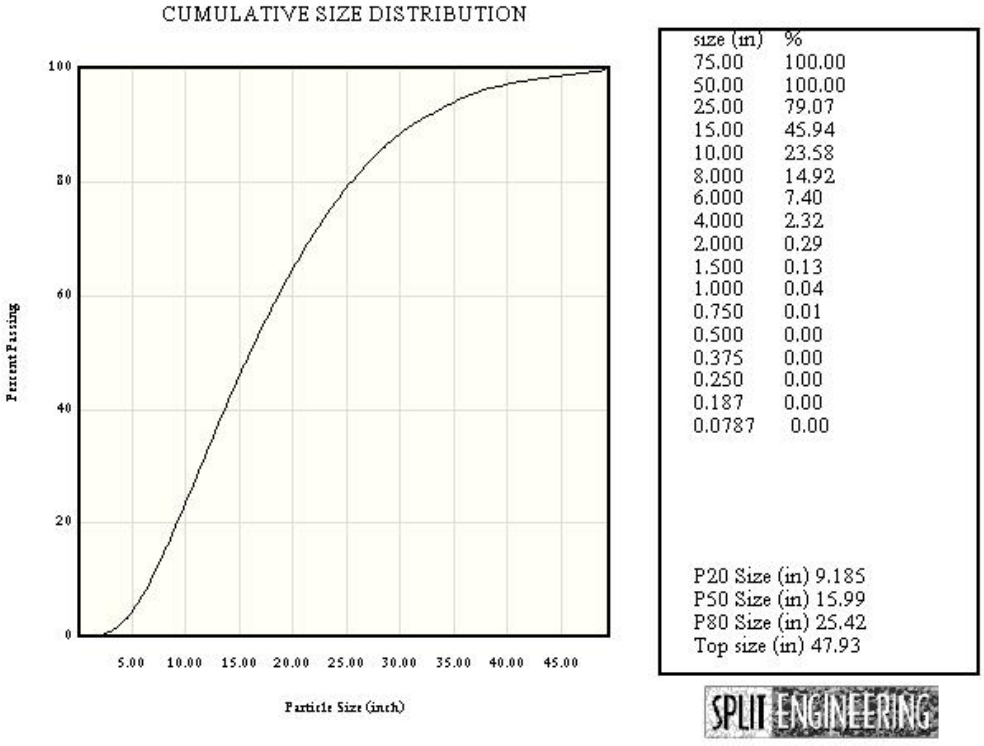
Picture 005



รูปที่ 10 แสดงรูปที่ Picture 005 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

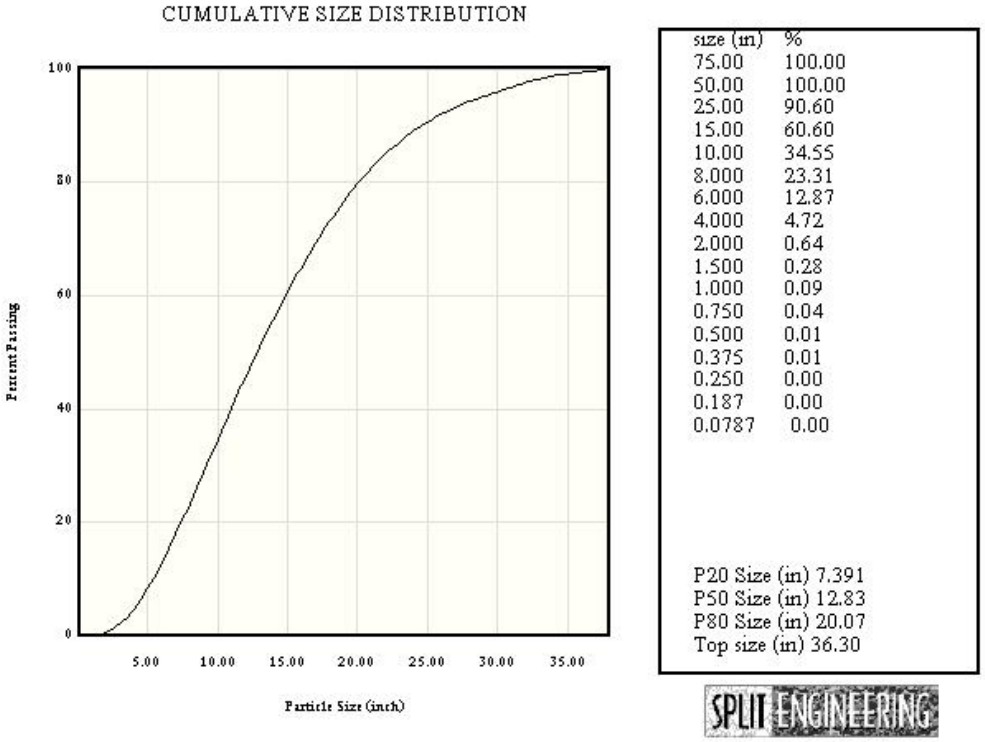
กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.0 เมตร Stemming 1.5 เมตร

Picture 010



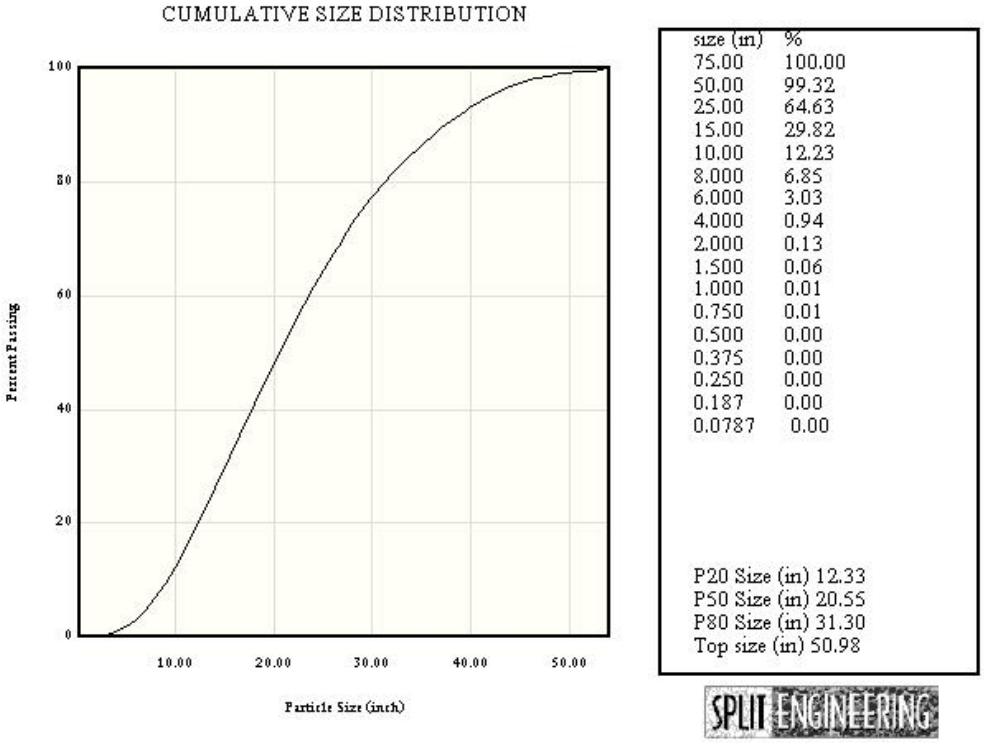
รูปที่ 11 แสดงรูปที่ Picture 010 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 011



รูปที่ 12 แสดงรูปที่ Picture 011 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

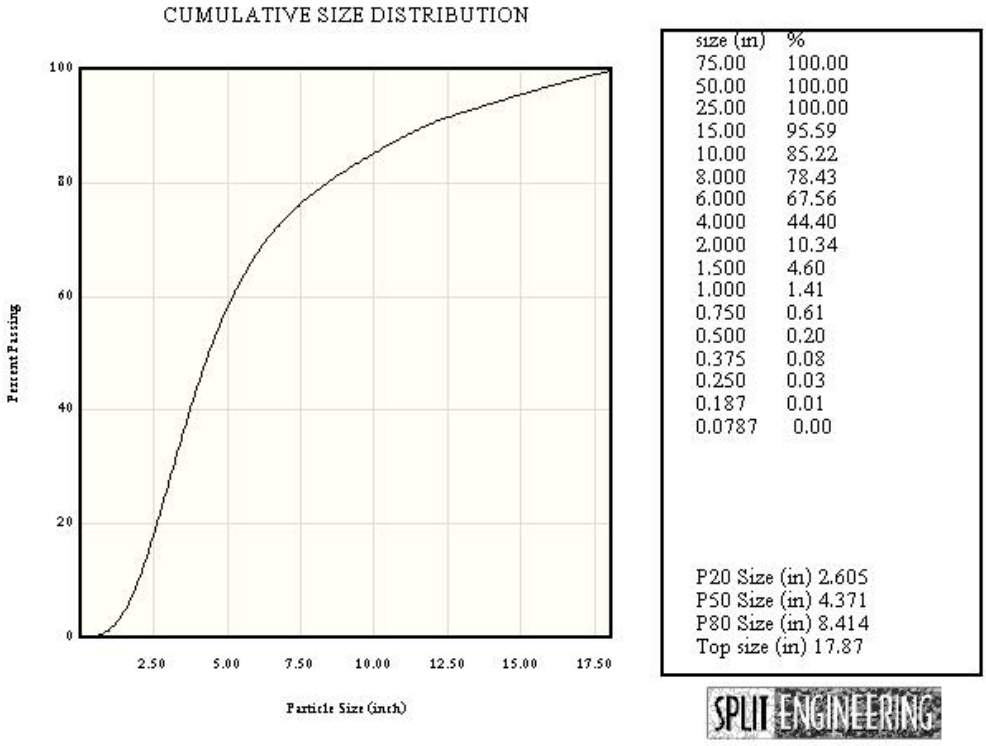
Picture 012



รูปที่ 13 แสดงรูปที่ Picture 012 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

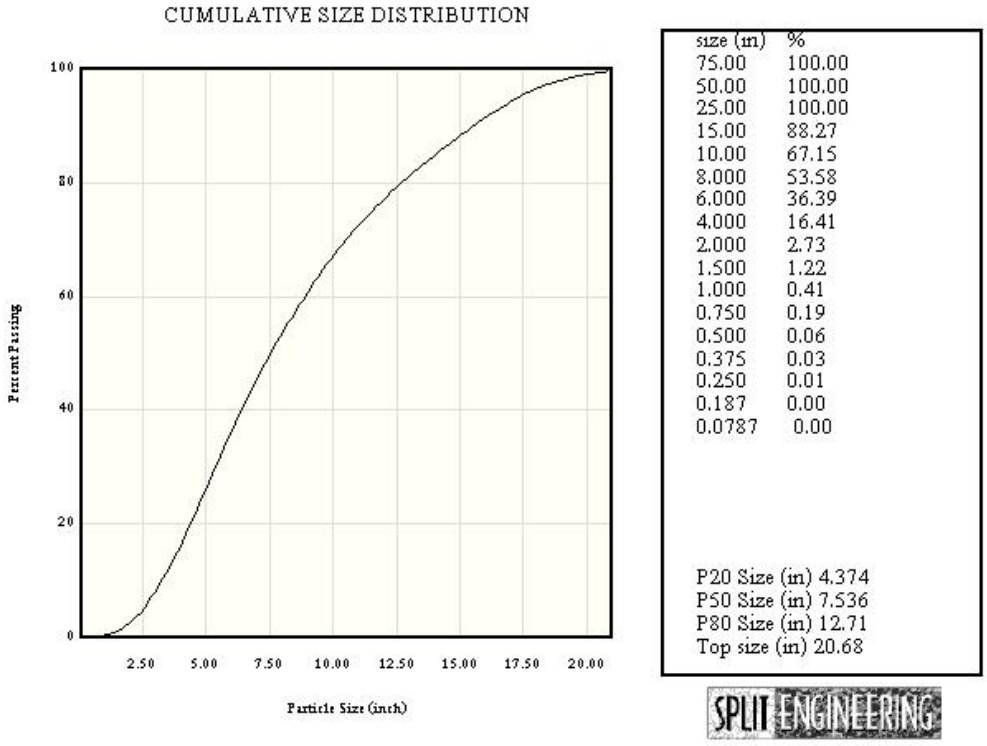
กรณีที่ 3 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.0 เมตร Stemming 1.0 เมตร

Picture 021



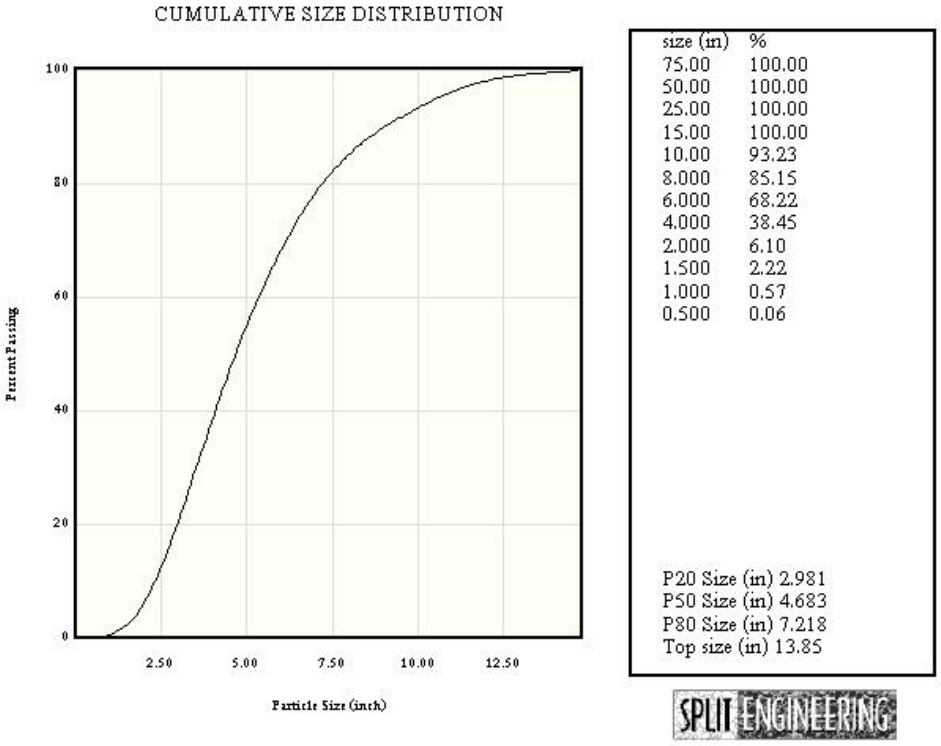
รูปที่ 14 แสดงรูปที่ Picture 021 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 022



รูปที่ 15 แสดงรูปที่ Picture 022 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

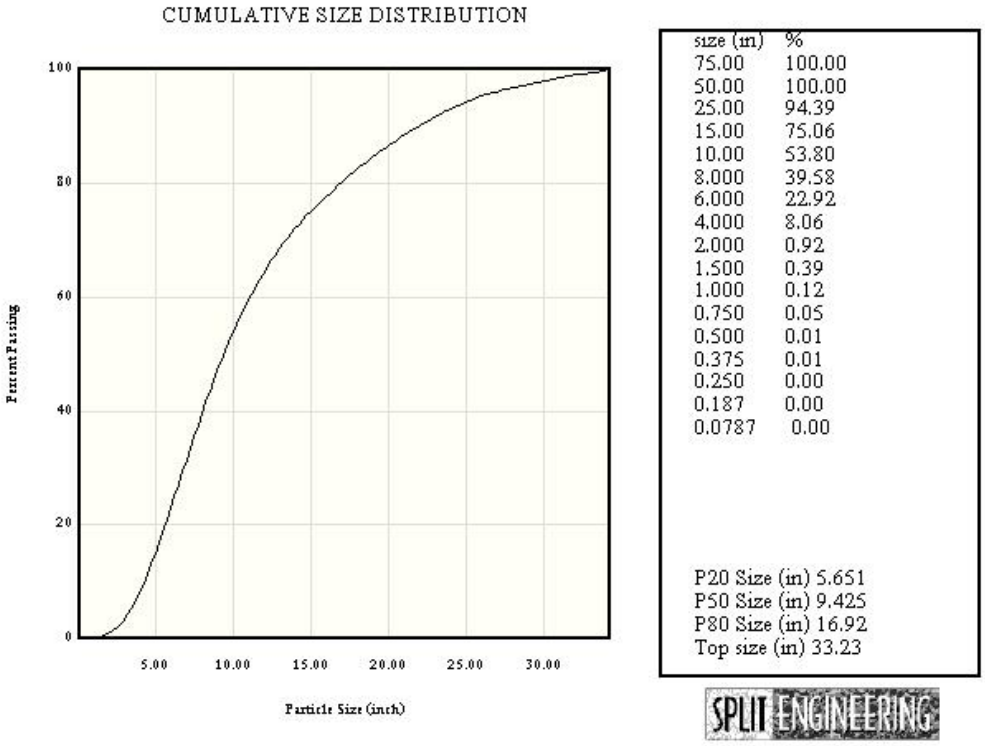
Picture 023



รูปที่ 16 แสดงรูปที่ Picture 023 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

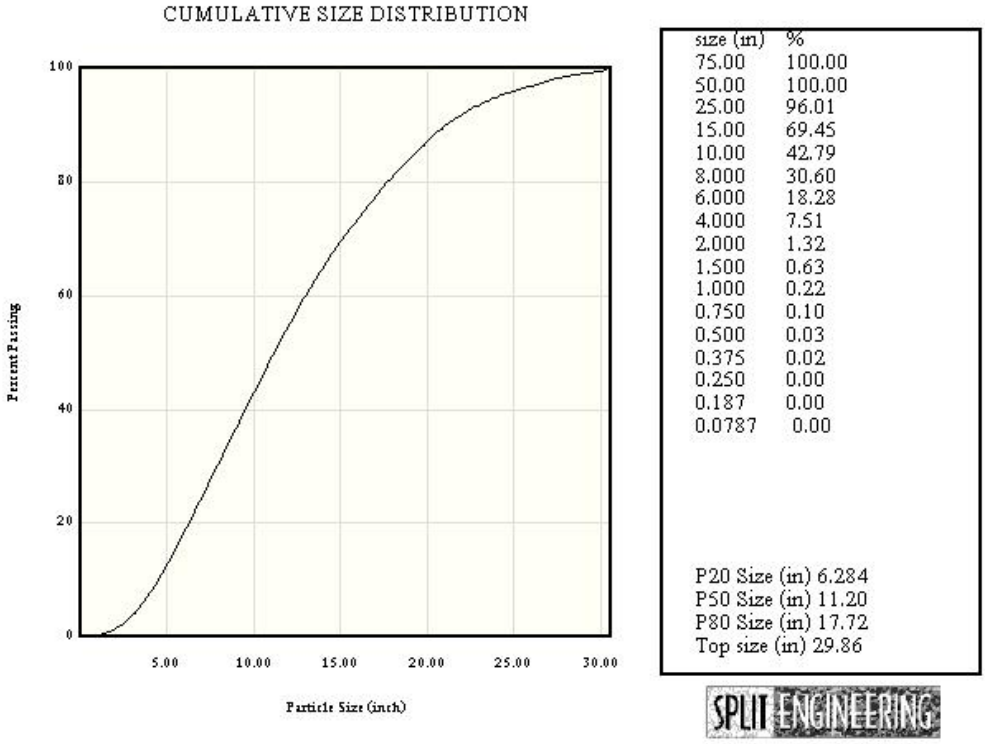
กรณีที่ 4 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.0 เมตร Stemming 1.2 เมตร

Picture 150



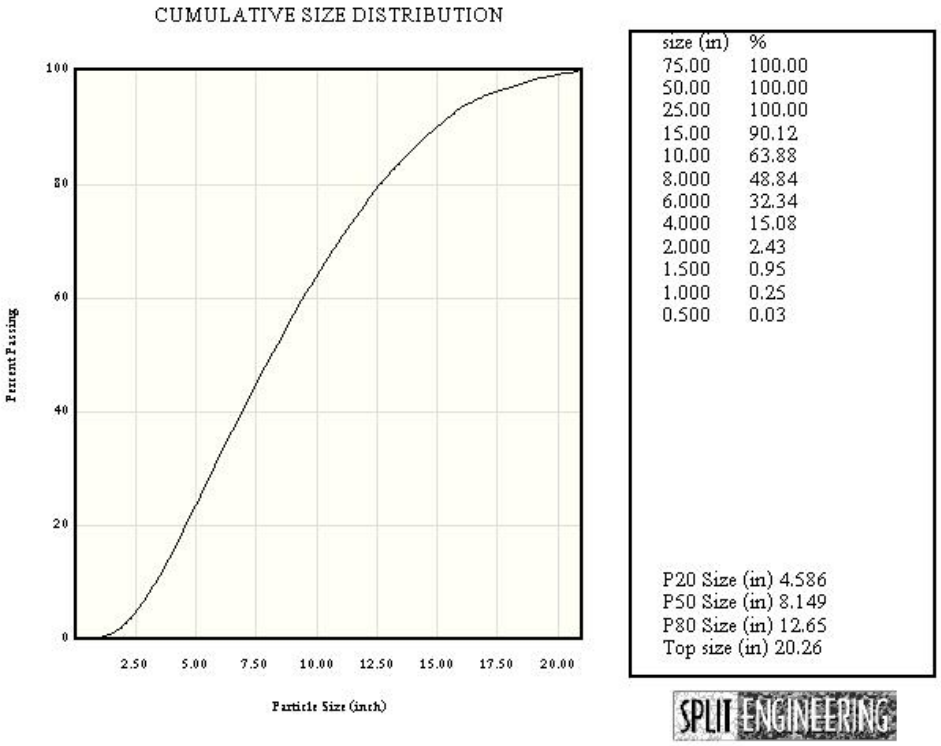
รูปที่ 17 แสดงรูปที่ Picture 150 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 151



รูปที่ 18 แสดงรูปที่ Picture 151 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

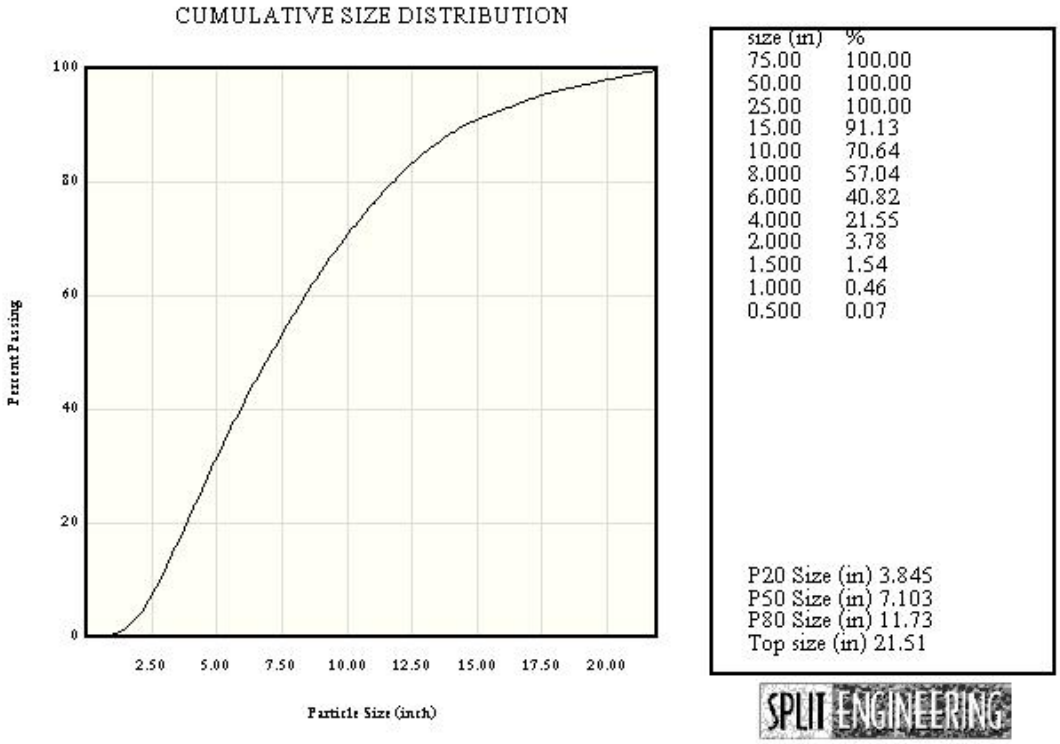
Picture 155



รูปที่ 19 แสดงรูปที่ Picture 155 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

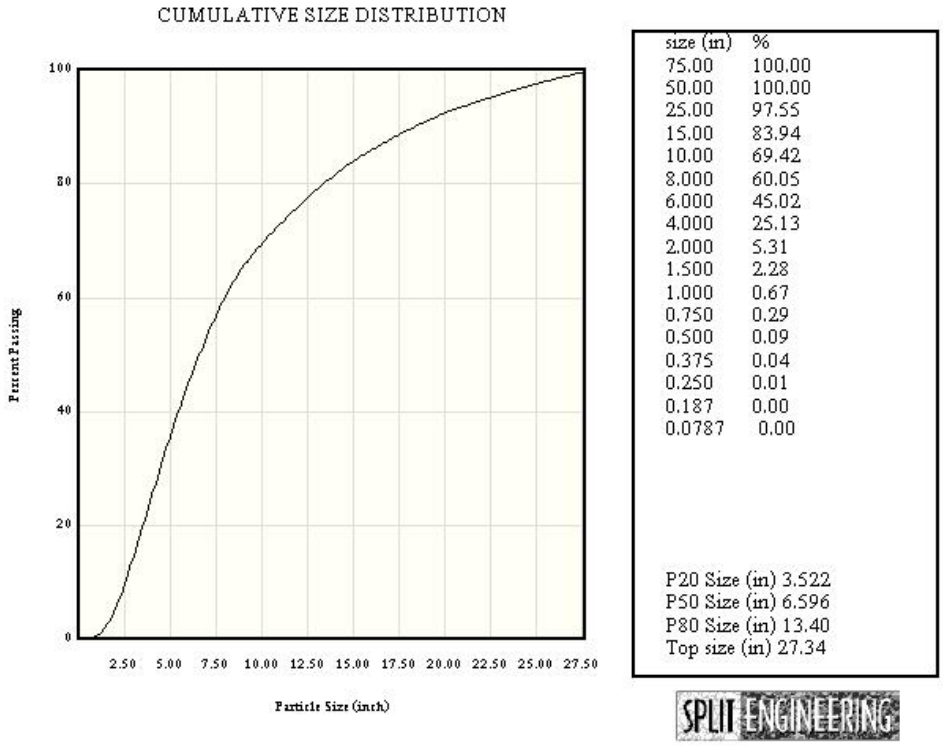
กรณีที่ 5 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.3 เมตร Stemming 1.2 เมตร

Picture 171



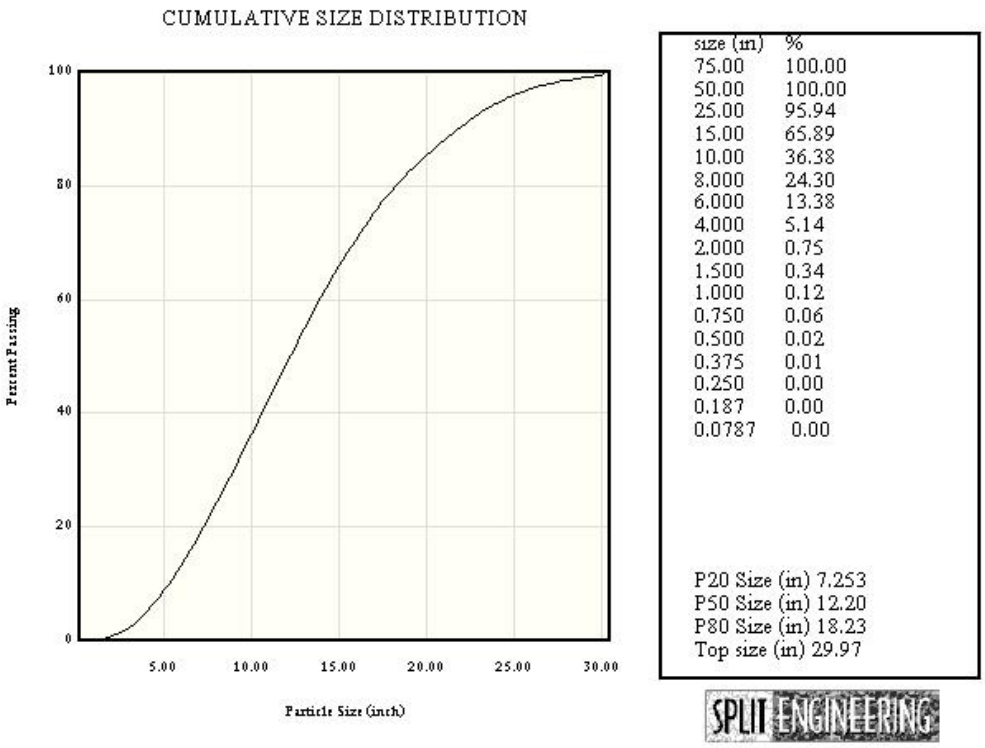
รูปที่ 20 แสดงรูปที่ Picture 171 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 161



รูปที่ 21 แสดงรูปที่ Picture 161 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

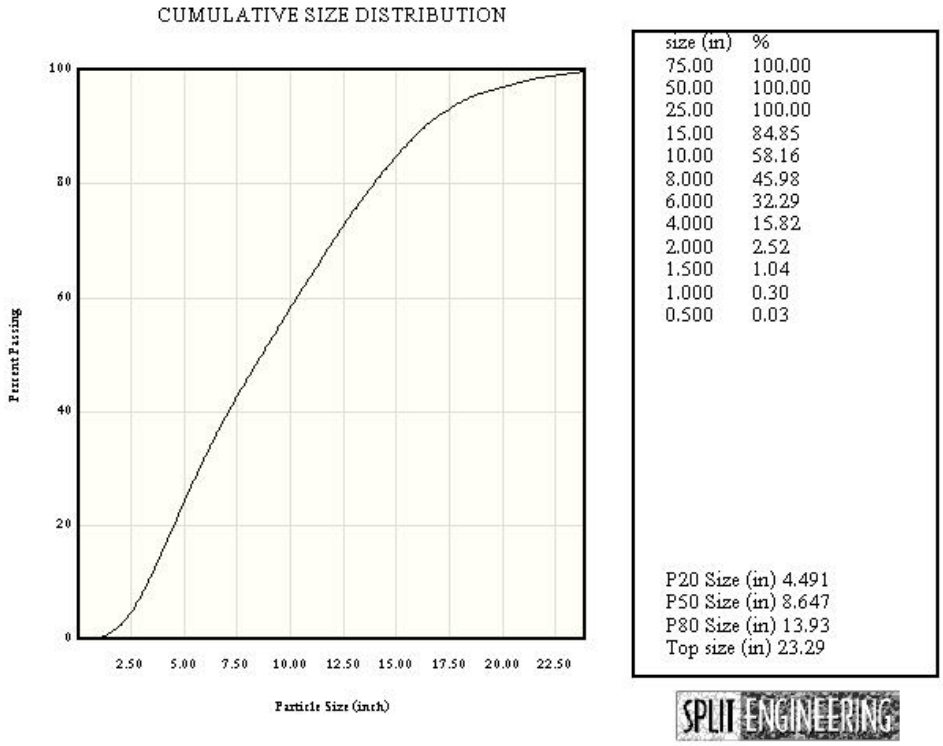
Picture 162



รูปที่ 22 แสดงรูปที่ Picture 162 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

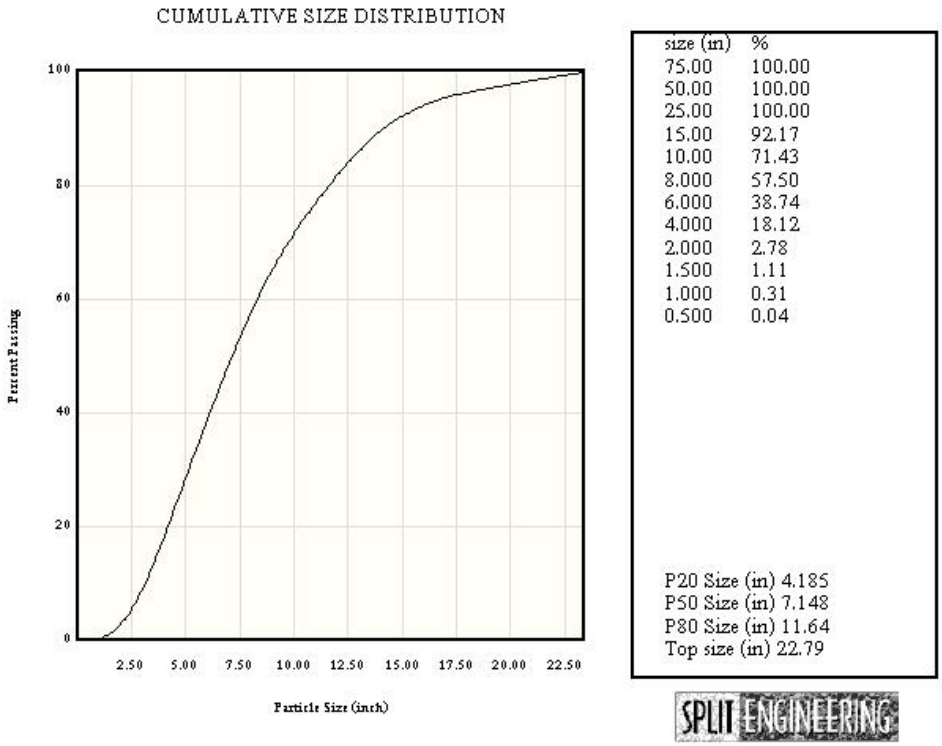
กรณีที่ 6 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.5 เมตร Stemming 1.2 เมตร

Picture 190



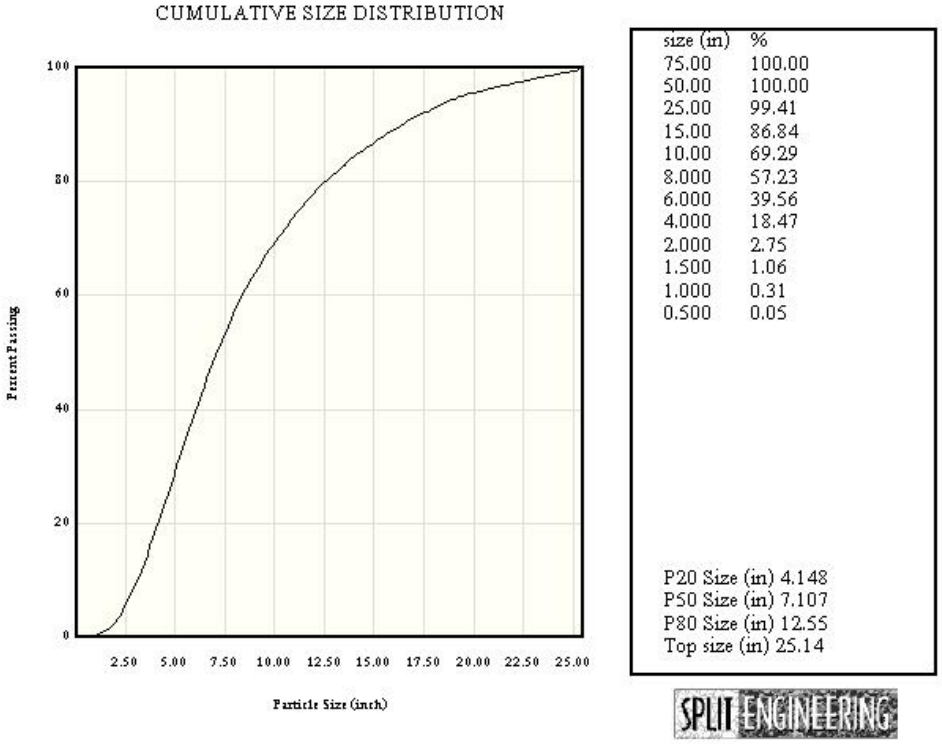
รูปที่ 23 แสดงรูปที่ Picture 190 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 192



รูปที่ 24 แสดงรูปที่ Picture 192 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 194



รูปที่ 25 แสดงรูปที่ Picture 194 ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

ภาคผนวกที่ 2

แสดงการวิเคราะห์ขนาด(Size Analysis) ที่เหมืองหินชนิดหินปูนเพื่ออุตสาหกรรมเคมี
ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

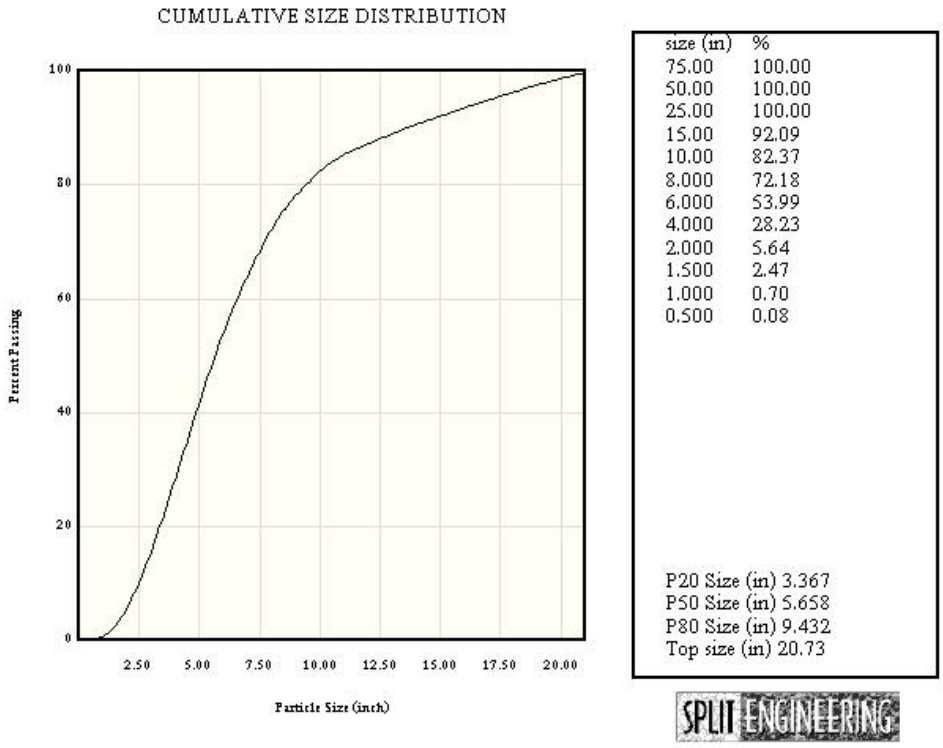
กรณีที่	ความลึกรูเจาะ (เมตร)	Burden (เมตร)	Spacing (เมตร)	Stemming (เมตร)	Subdrill (เมตร)	วัตถุระเบิด(kg,)			Pow. Fac. ($kg./m^3$)	ความยาว Air Deck		วิเคราะห์ขนาดโดยรูปที่	ขนาด(นิ้ว)	
						ANFO	Primer	รวม		(เมตร)	(%)		เฉลี่ย	โรที่สุด
1	11.0	3.0	3.5	2.5	1.0	32.3	1.25	33.55	0.320	0.0	0.0	Picture 136-1	9.4	20,73
												Picture 136-2	9.9	21.4
												Picture 136-3	13.2	24.1
												Picture 137-1	9.9	20.3
												Picture 137-2	12.6	23.7
												Picture 139-1	13.9	25.3
												Average	**11.5**	**23.0**
2	9.0	3.0	3.5	2.0	2.0	23.6	1.25	24.81	0.338	0.8	12.9	Picture 013-1	10.9	18.7
												Picture 013-2	12.4	21.2
												Picture 014-1	11.2	17.3
												Average	**11.5**	**19.1**
3	11.0	3.0	3.5	2.0	1.0	29.6	1.25	30.89	0.294	1.2	15.4	Picture 029-1	12.8	22.4
												Picture 030-1	10.6	16.4
												Average	**11.7**	**19.4**
4	10.0	3.0	3.5	2.0	1.0	25.1	1.25	26.33	0.279	1.4	21.2	Picture 080-1	13.6	23.6
												Picture 080-2	10.0	19.8
												Picture 080-3	10.1	18.8
												Picture 081-1	12.4	27.1
												Picture 083-1	10.2	18.2
												Picture 084-1	12.2	20.5
												Average	**11.5**	**21.9**

กรณีที่	ความลึกรูเจาะ (เมตร)	Burden (เมตร)	Spacing (เมตร)	Stemming (เมตร)	Subdrill (เมตร)	วัตถุระเบิด(kg,)			Pow. Fac.	ความยาว Air Deck		วิเคราะห์ขนาดโดยรูปที่	ขนาด(นิ้ว)	
						ANFO	Primer	รวม	(kg./m^3)	(เมตร)	(%)		เฉลี่ย	โรที่สุด
5	11.0	3.0	3.5	2.0	1.0	28.1	1.25	29.37	0.280	1.6	21.6	Picture 040-1	19.7	32.5
												Picture 041-2	8.8	14.1
												Picture 043-1	20.6	32.8
												Picture 043-2	10.2	19.5
												Picture 044-1	16.9	37.8
												Picture 044-2	9.9	19.0
												Picture 045-1	9.9	19.0
												Picture 045-2	15.2	26.6
												Picture 045-3	10.3	17.3
												Average	**13.5**	**24.3**
6	10.0	3.0	3.5	2.0	1.0	23.6	1.25	24.81	0.263	1.8	29.0	Picture 105-1	18.6	31.7
												Picture 107-1	14.3	24.6
												Average	**16.4**	**28.1**
7	11.0	3.0	3.5	2.0	1.0	26.6	1.25	27.85	0.265	2.0	28.6	Picture 001-1	18.1	29.1
												Picture 001-2	16.2	27.5
												Picture 007-1	14.6	25.8
												Picture 009-1	21.1	34.0
												Average	**17.5**	29.1
8	11.5	3.0	3.5	2.0	1.0	27.7	1.25	28.99	0.263	2.2	30.1	Picture 173-1	16.1	31.5
												Picture 175-1	20.4	38.0

												Average	**18.2**	**34.8**
กรณีที่	ความลึกรูเจาะ (เมตร)	Burden (เมตร)	Spacing (เมตร)	Stemming (เมตร)	Subdrill (เมตร)	วัตถุระเบิด(kg,) ANFO	Primer	รวม	Pow. Fac. ($kg./m^3$)	ความยาว Air Deck (เมตร)	(%)	วิเคราะห์ขนาดโดยรูปที่	ขนาด(นิ้ว) เฉลี่ย	โรที่สุด
9	10.0	3.0	3.5	2.0	1.0	21.3	1.25	22.53	0.238	2.4	42.9	Picture 112-1	18.1	33.1
												Picture 112-3	17.7	36.7
												Picture 114-1	21.1	39.1
												Picture 115-1	19.2	33.2
												Average	**19.1**	**35.5**

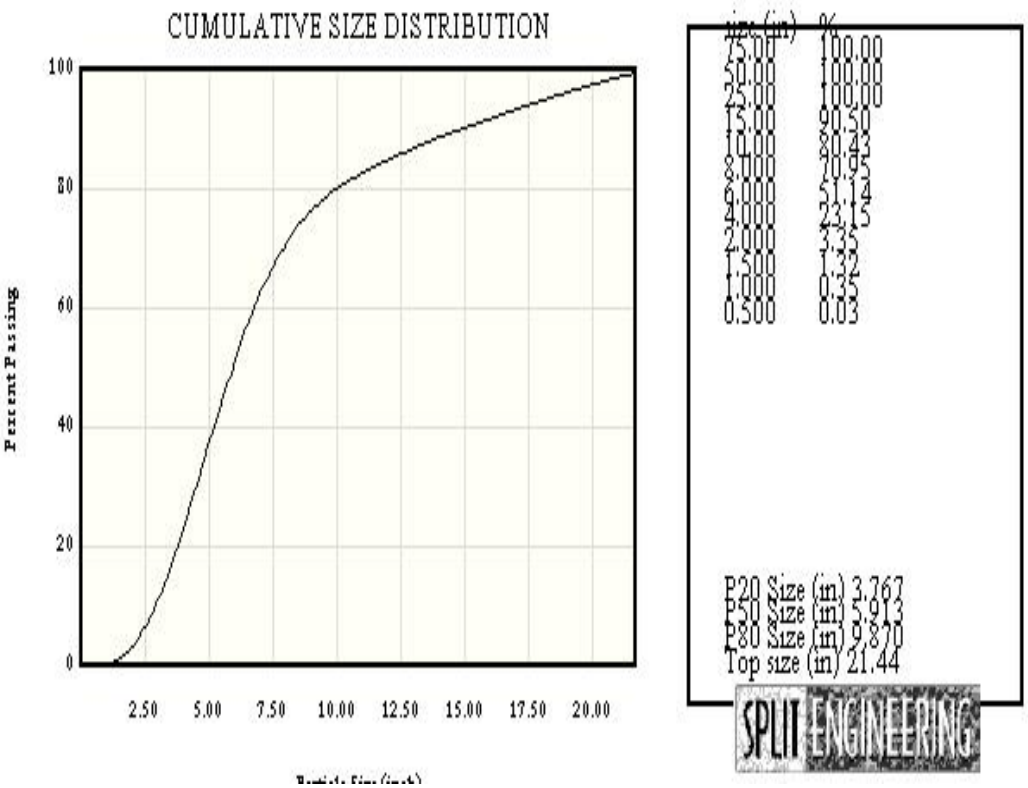
กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 0.0 เมตร

Picture 136-1



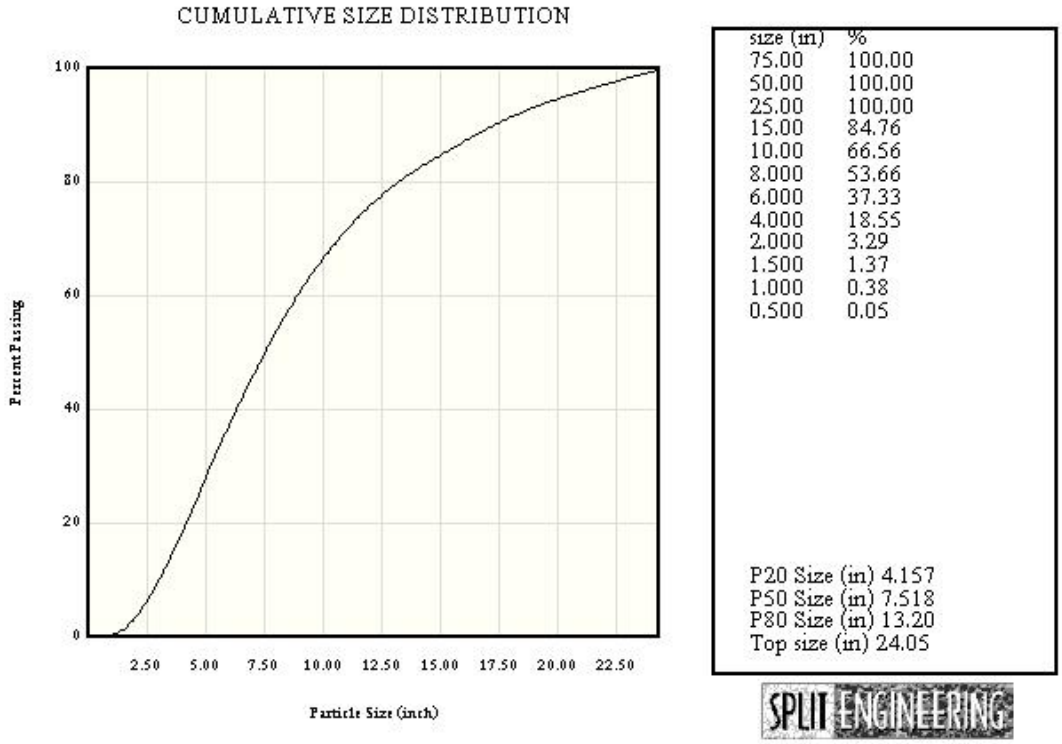
รูปที่ 26 แสดงรูปที่ Picture 136-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 136-2



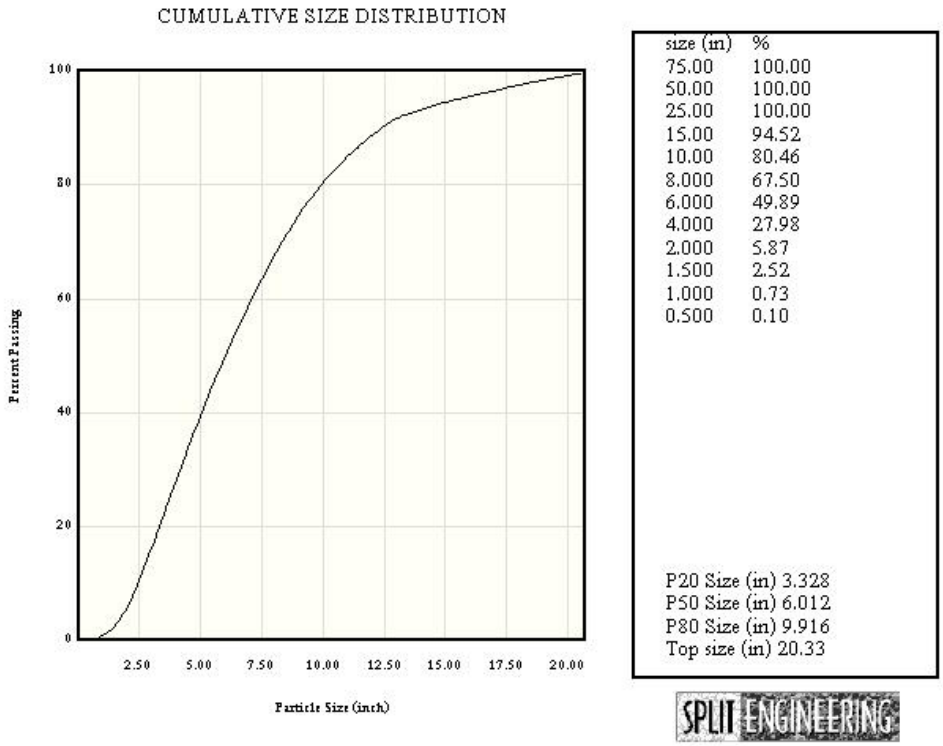
รูปที่ 27 แสดงรูปที่ Picture 136-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 136-3



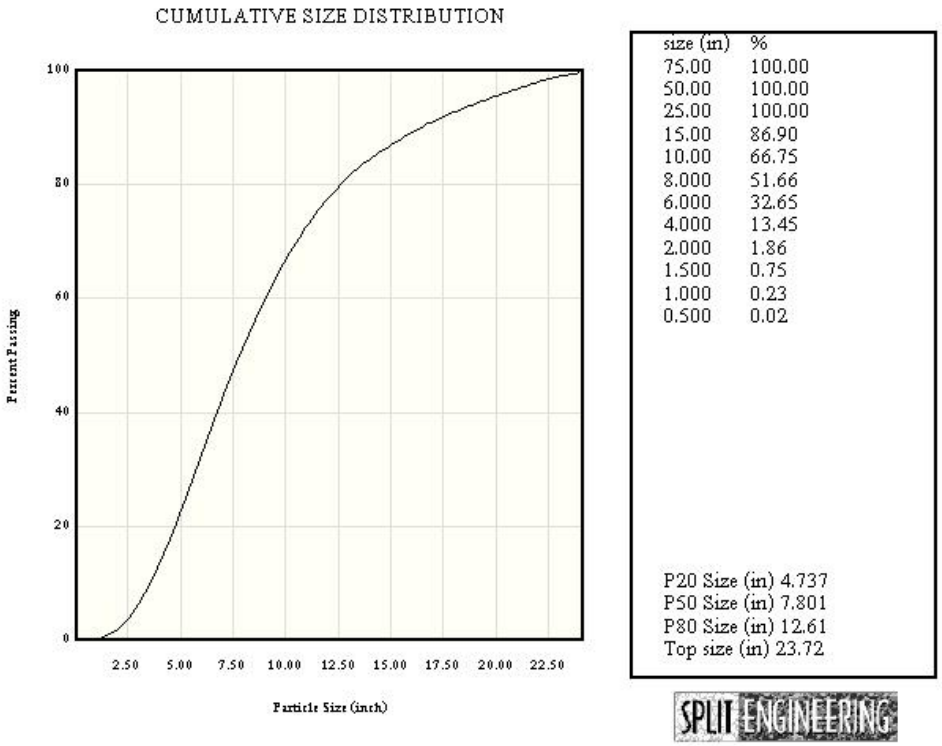
รูปที่ 28 แสดงรูปที่ Picture 136-3ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 137-1



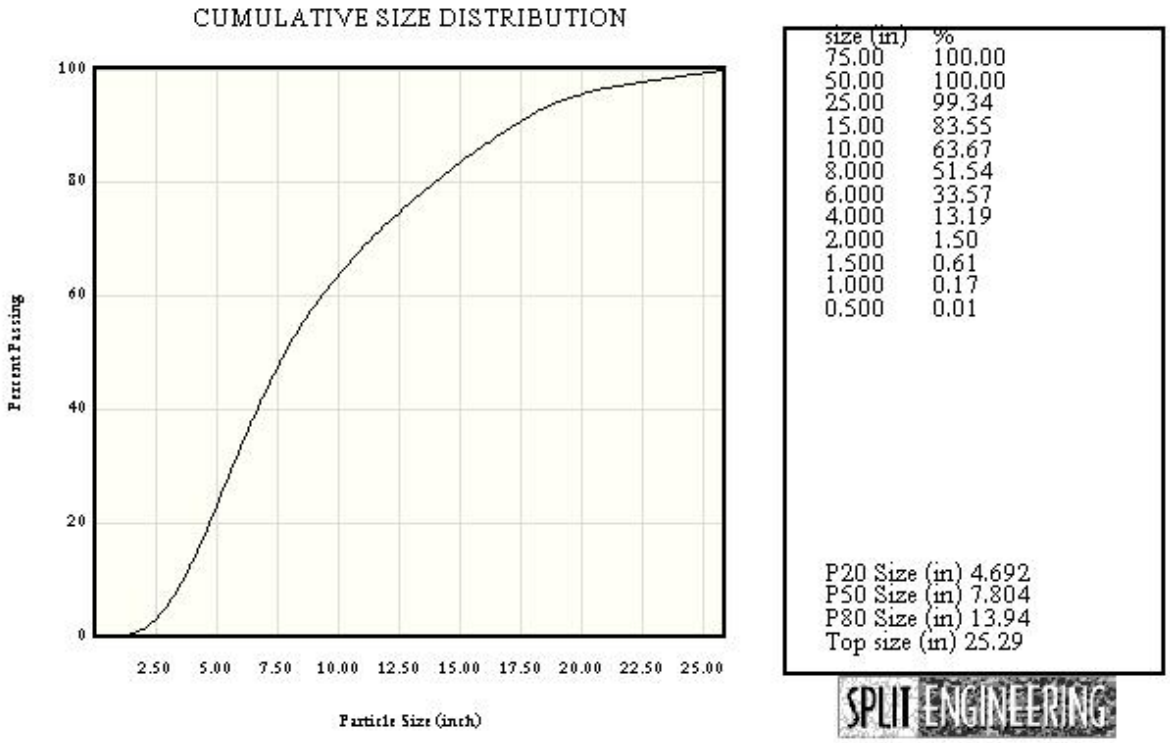
รูปที่ 29 แสดงรูปที่ Picture 137-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 137-2



รูปที่ 30 แสดงรูปที่ Picture 137-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

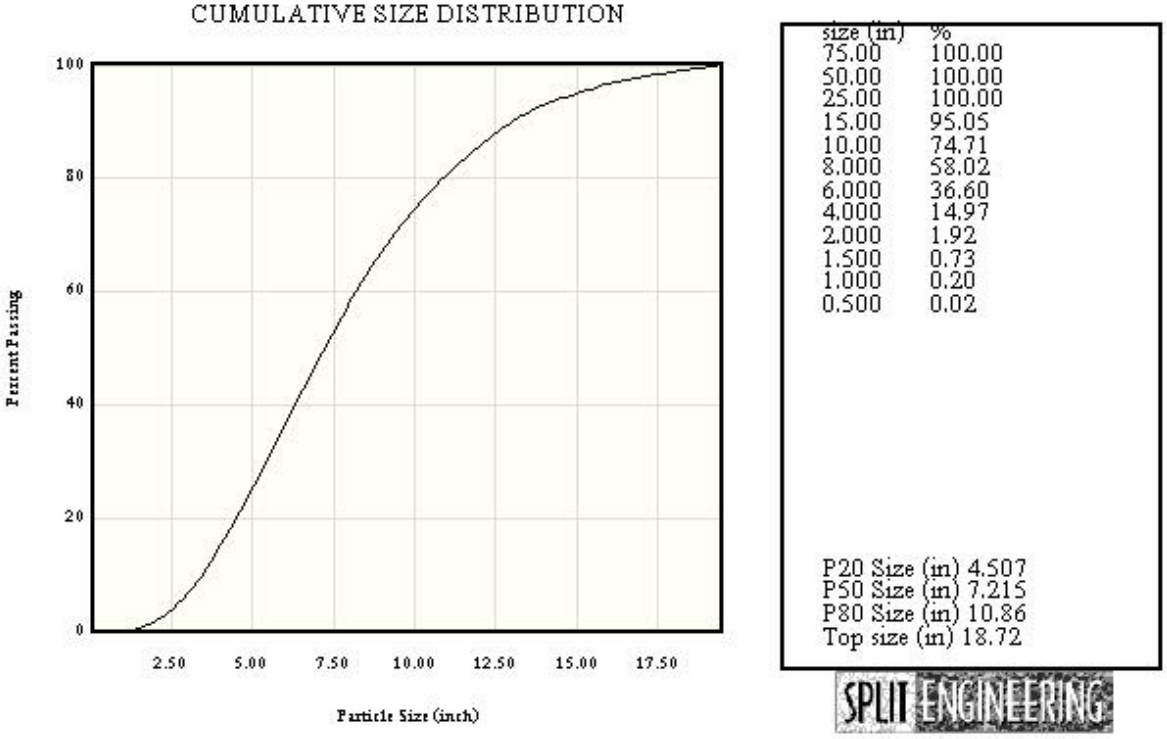
Picture 139-1



รูปที่ 31 แสดงรูปที่ Picture 139-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

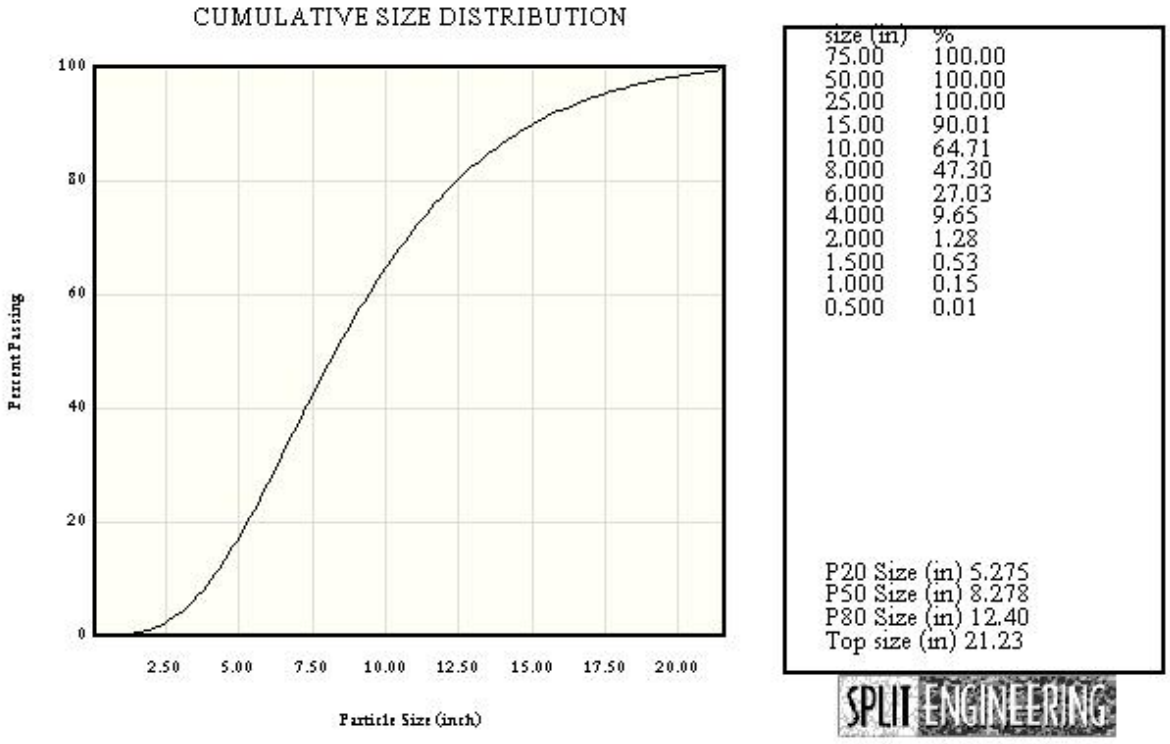
กรณีที่ 2 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 0.8 เมตร

Picture 013-1



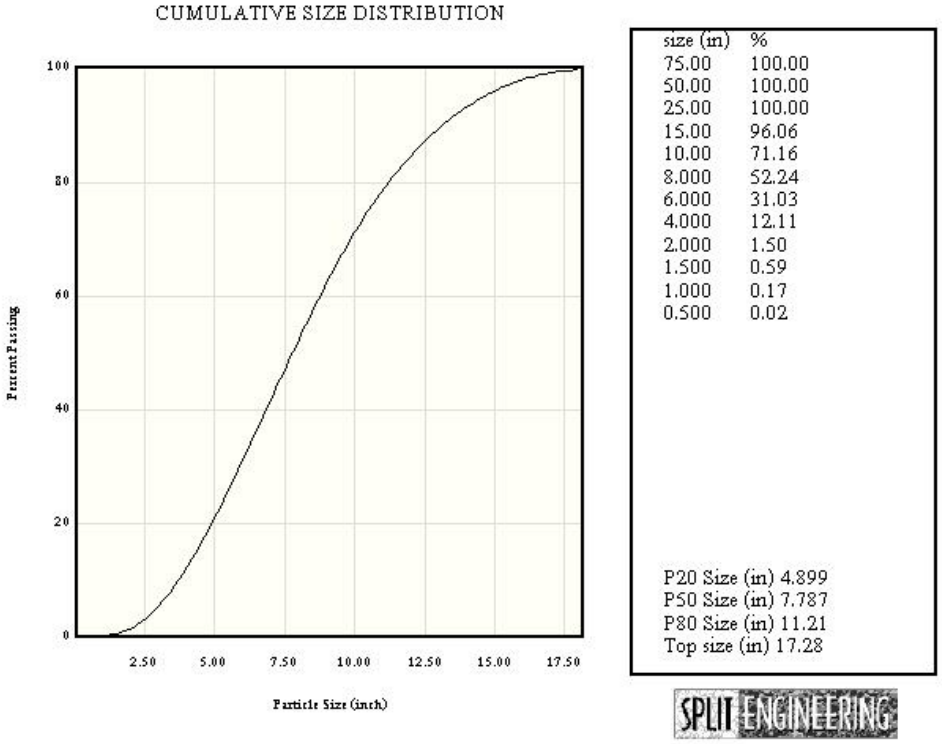
รูปที่ 32 แสดงรูปที่ Picture 013-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 013-2



รูปที่ 33 แสดงรูปที่ Picture 013-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

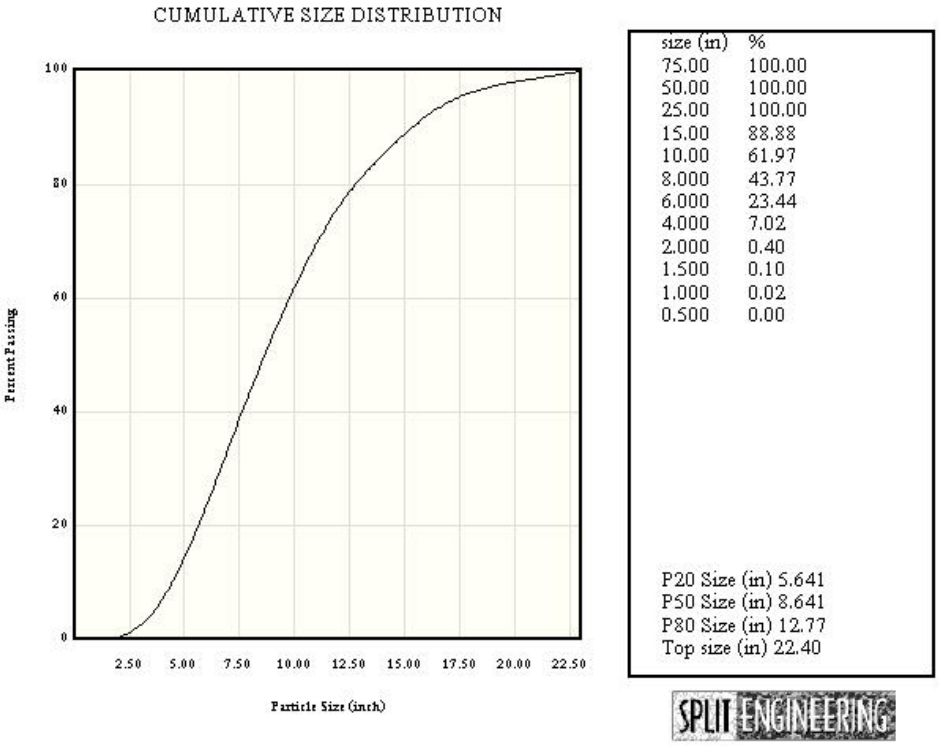
Picture 014-1



รูปที่ 34 แสดงรูปที่ Picture 014-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

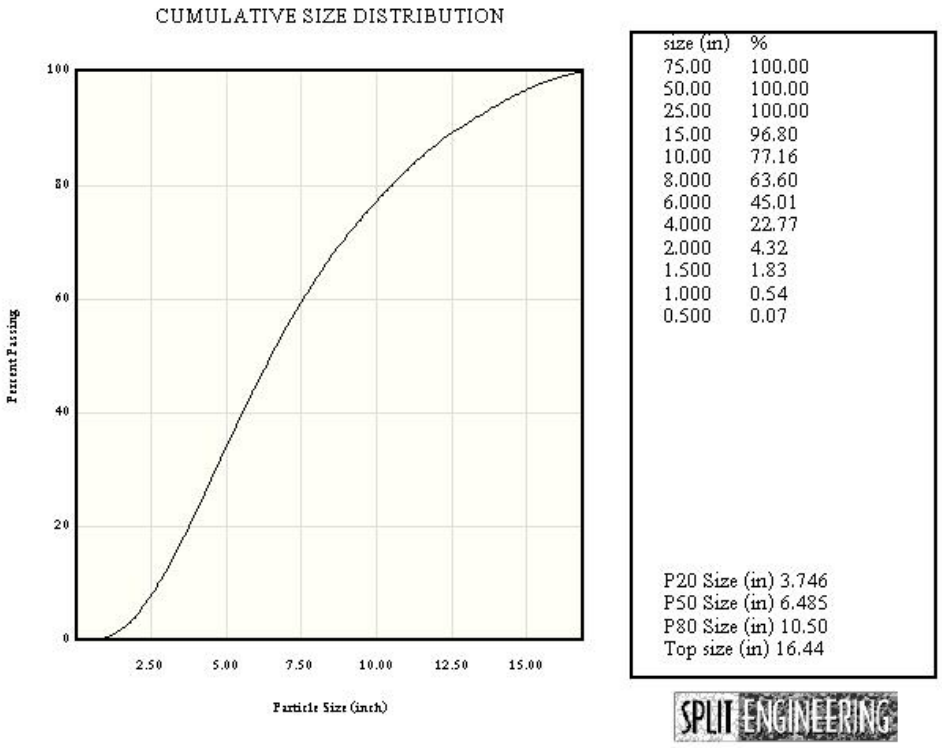
กรณีที่ 3 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.2 เมตร

Picture 029-1



รูปที่ 35 แสดงรูปที่ Picture 029-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

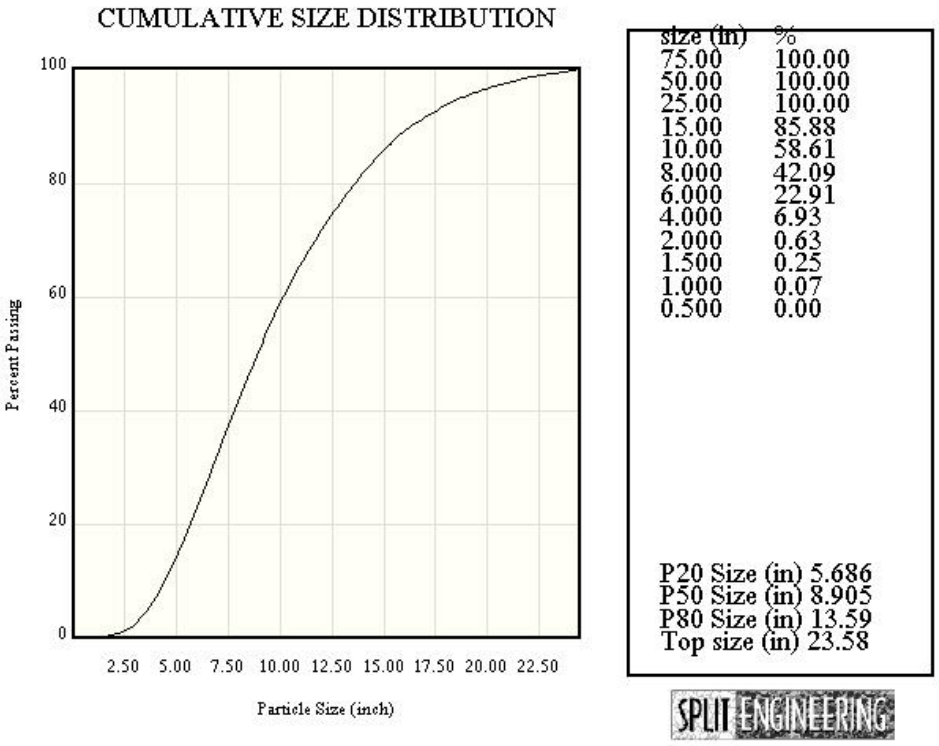
Picture 030-1



รูปที่ 36 แสดงรูปที่ Picture 030-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

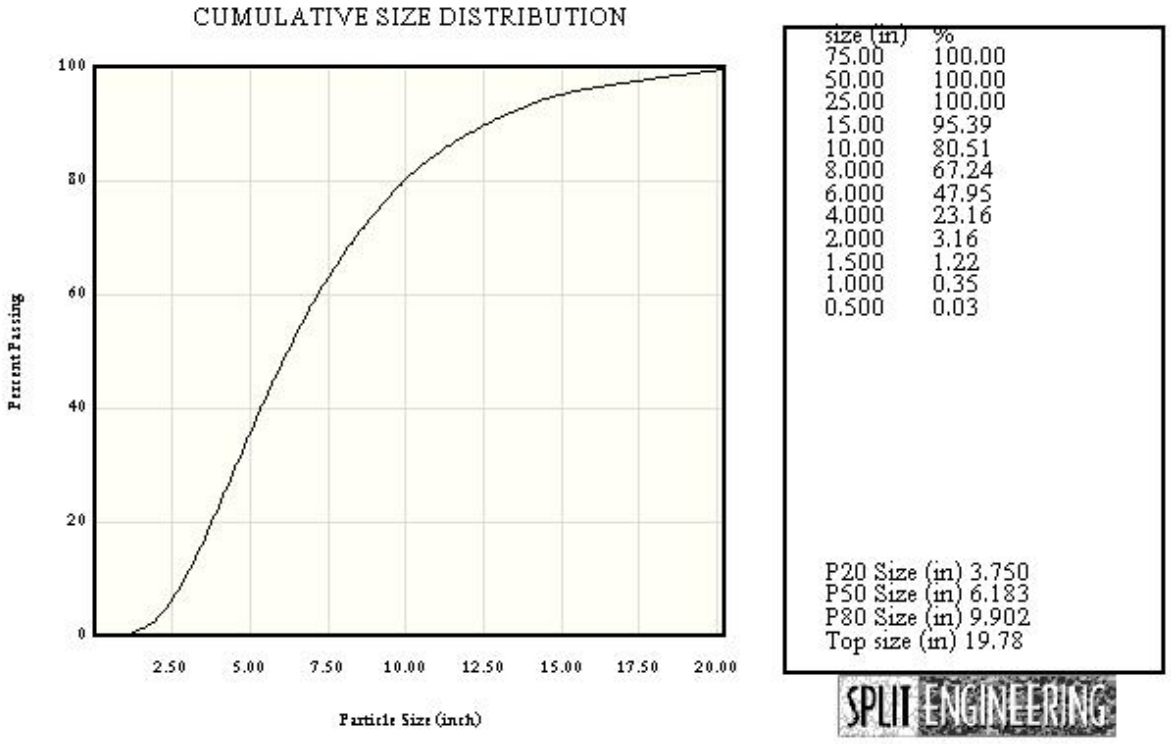
กรณีที่ 4 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.4 เมตร

Picture 080-1



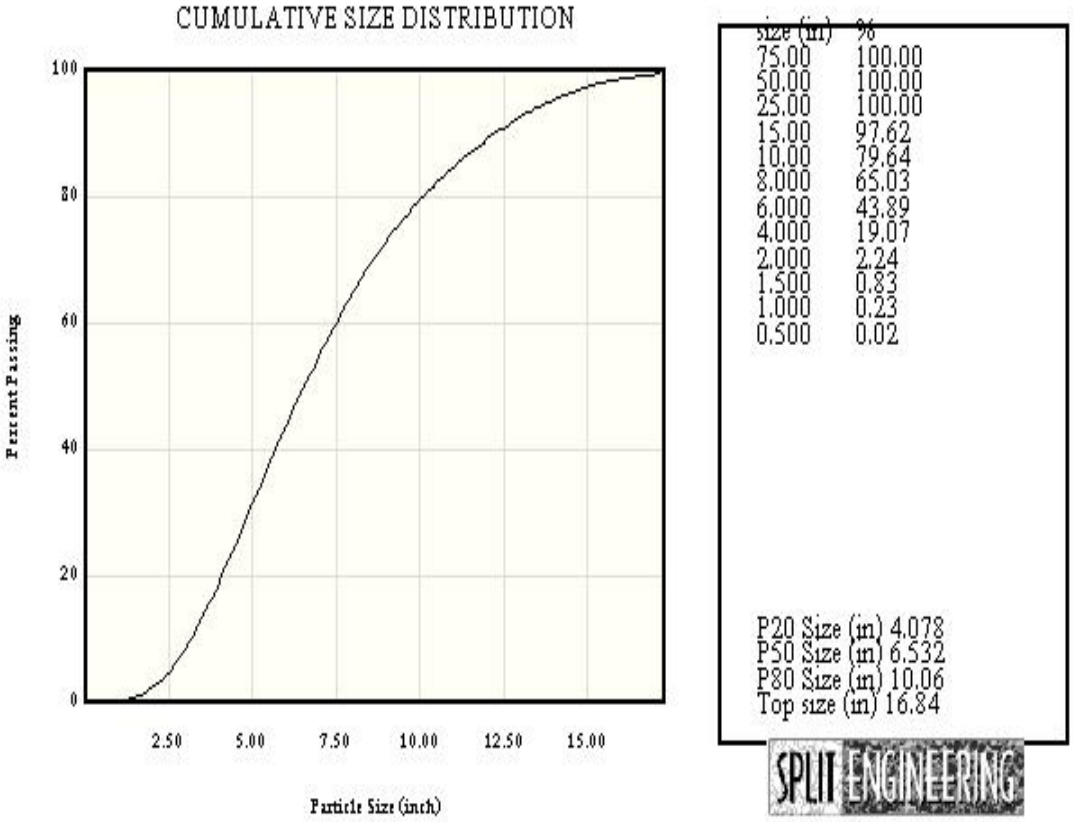
รูปที่ 37 แสดงรูปที่ Picture 080-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 080-2



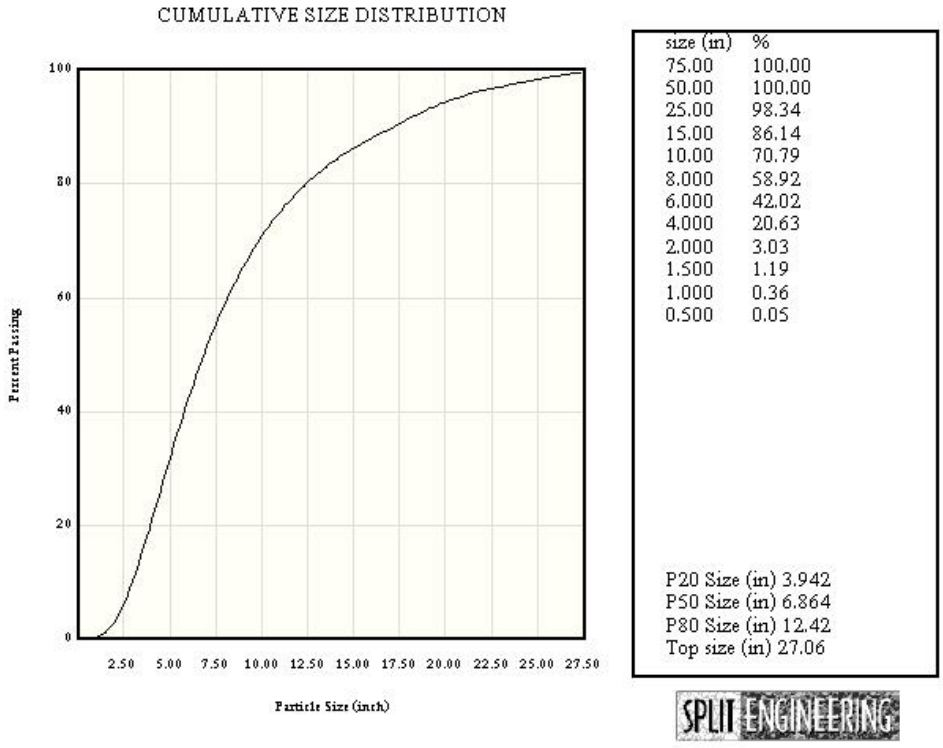
รูปที่ 38แสดงรูปที่ Picture 080-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 080-3



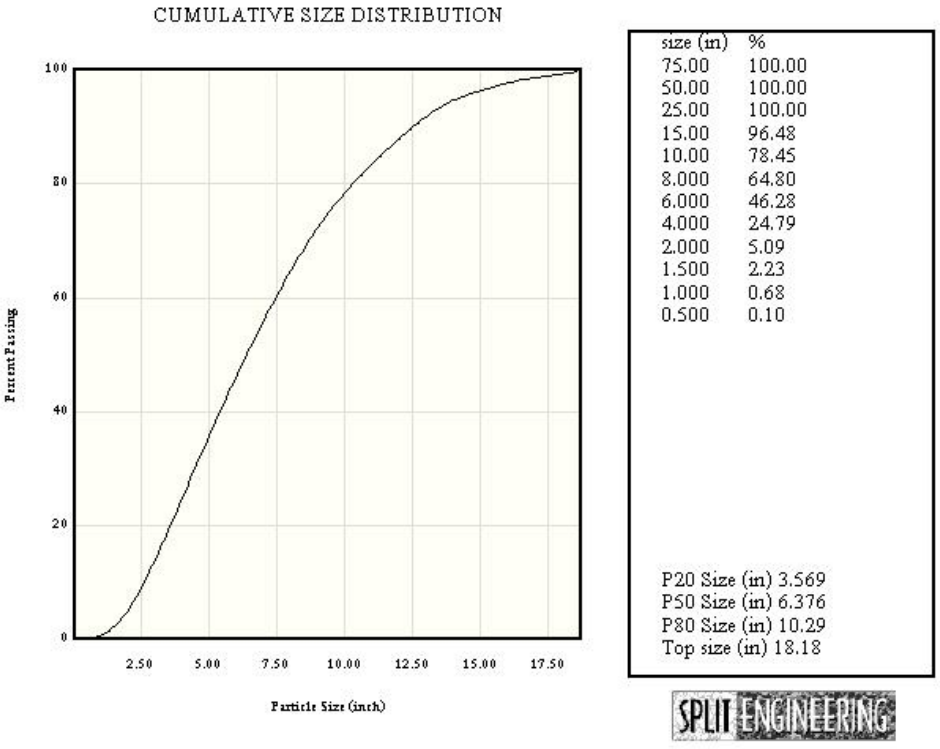
รูปที่ 39 แสดงรูปที่ Picture 080-3ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 081-1



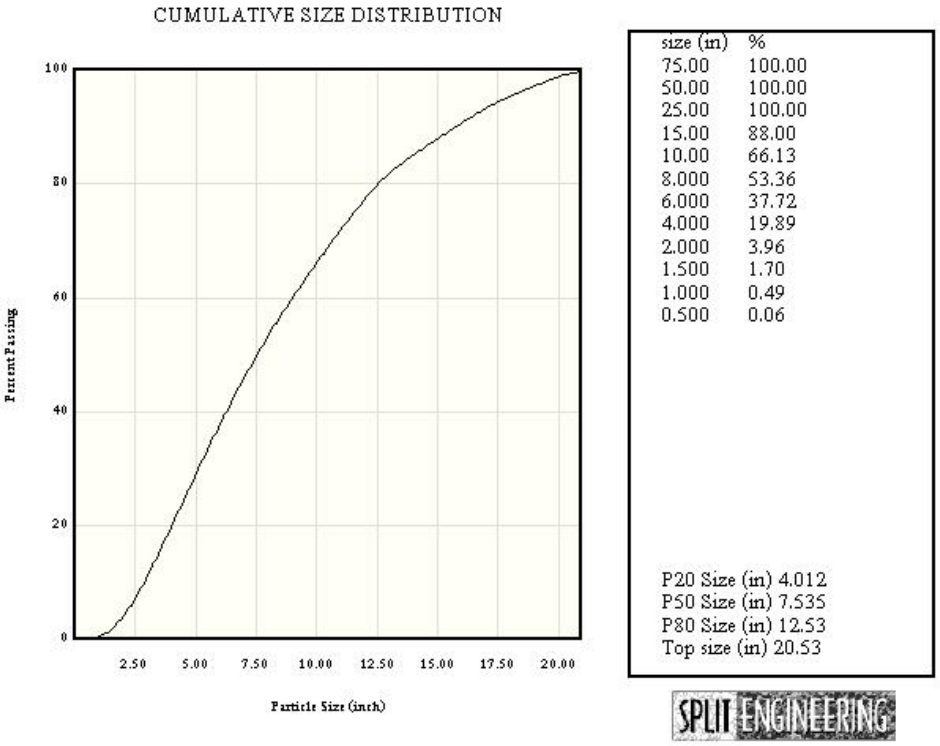
รูปที่ 40 แสดงรูปที่ Picture 081-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 083-1



รูปที่ 41 แสดงรูปที่ Picture 083-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

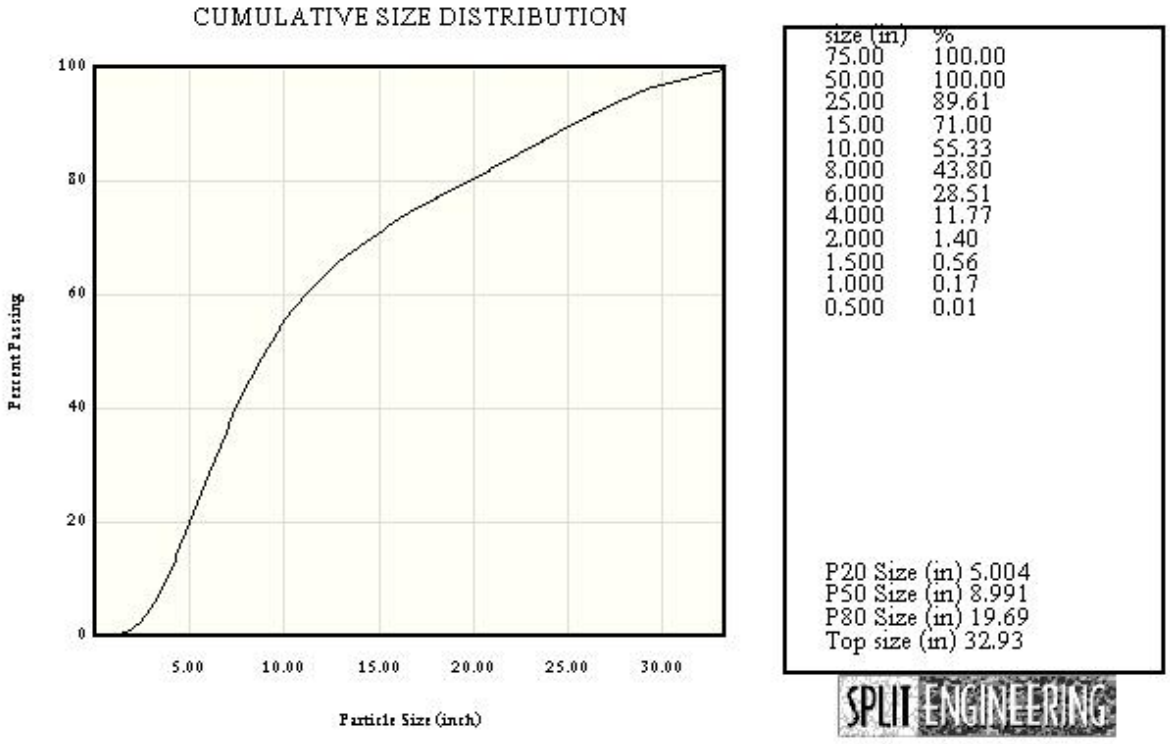
Picture 084-1



รูปที่ 42 แสดงรูปที่ Picture 084-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

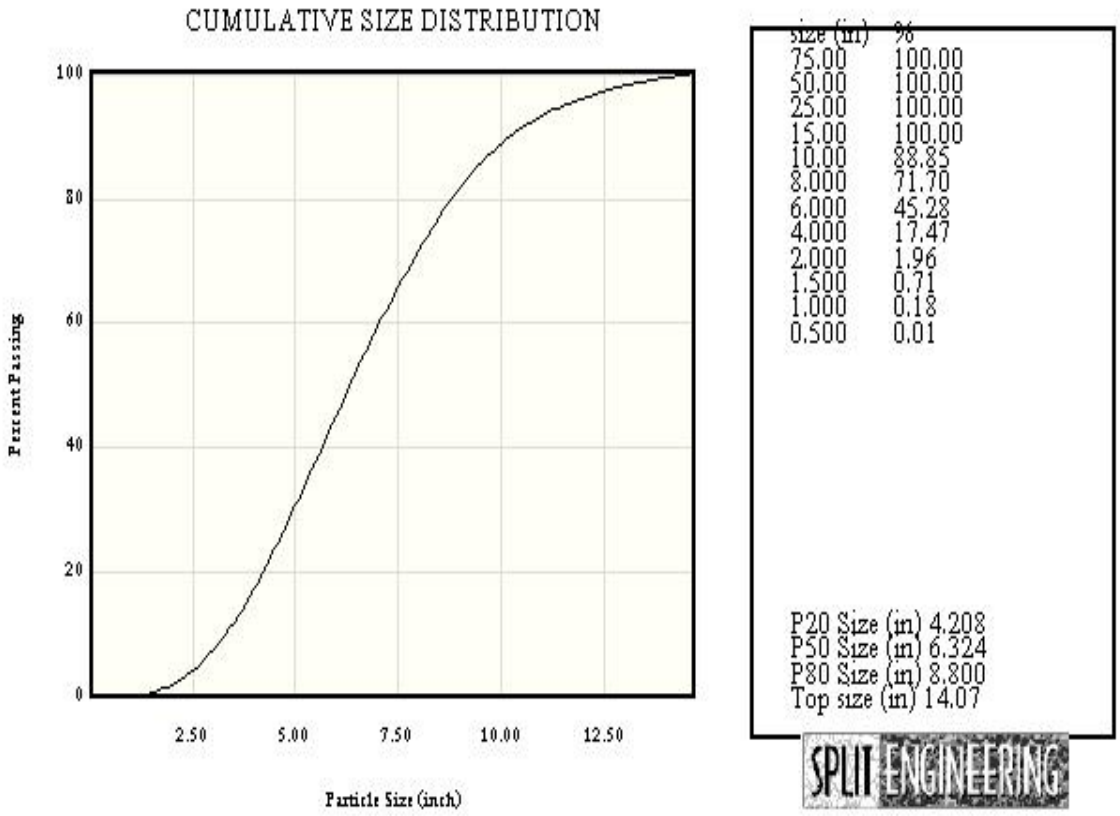
กรณีที่ 5 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.6 เมตร

Picture 040-1



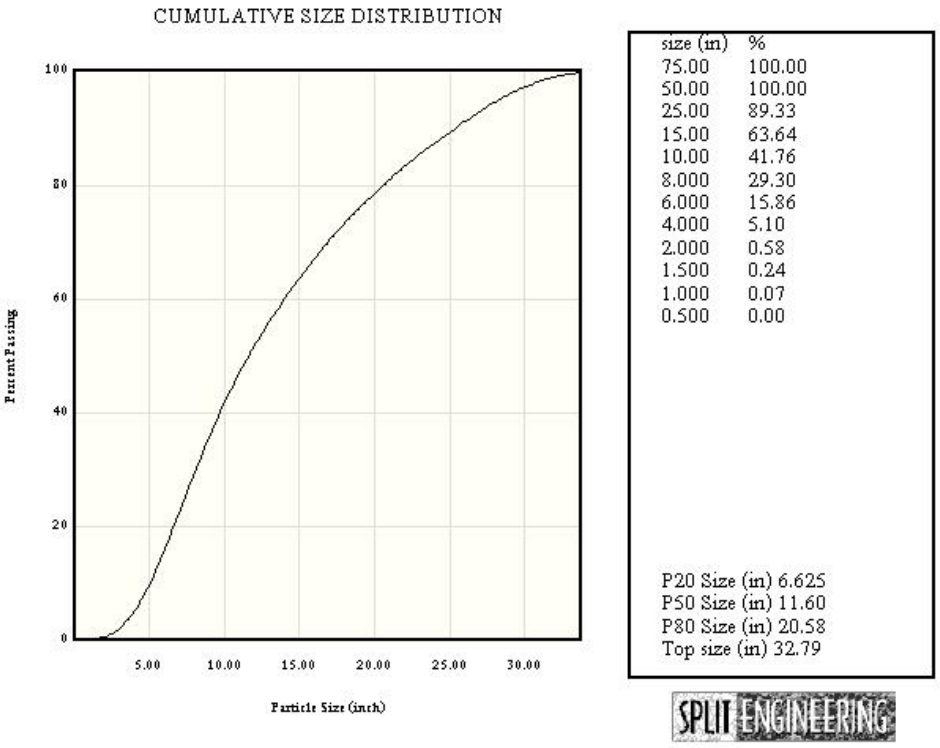
รูปที่ 43 แสดงรูปที่ Picture 040-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 041-2



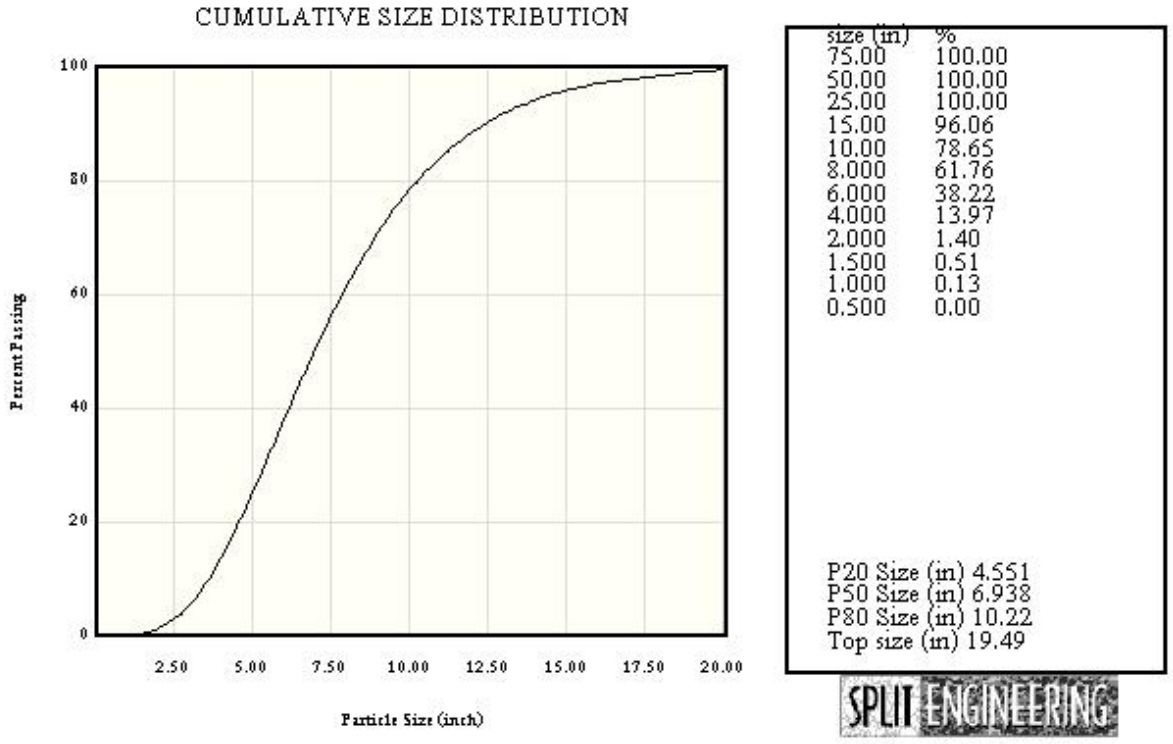
รูปที่ 44 แสดงรูปที่ Picture 041-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 043-1



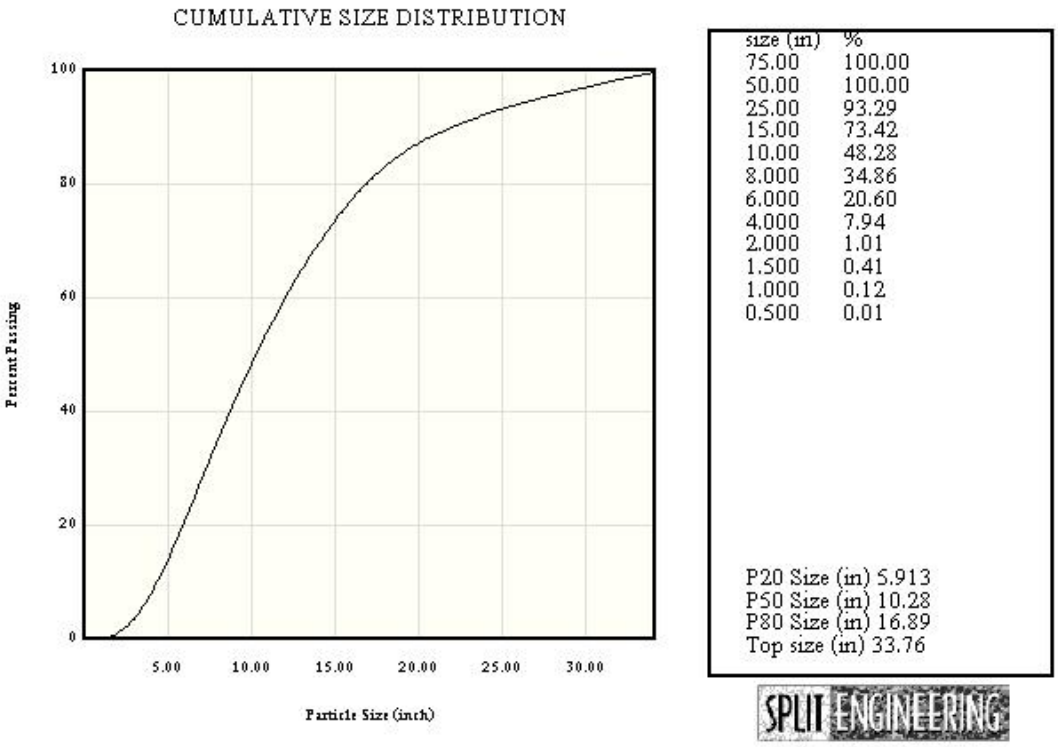
รูปที่ 45 แสดงรูปที่ Picture 043-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 043-2



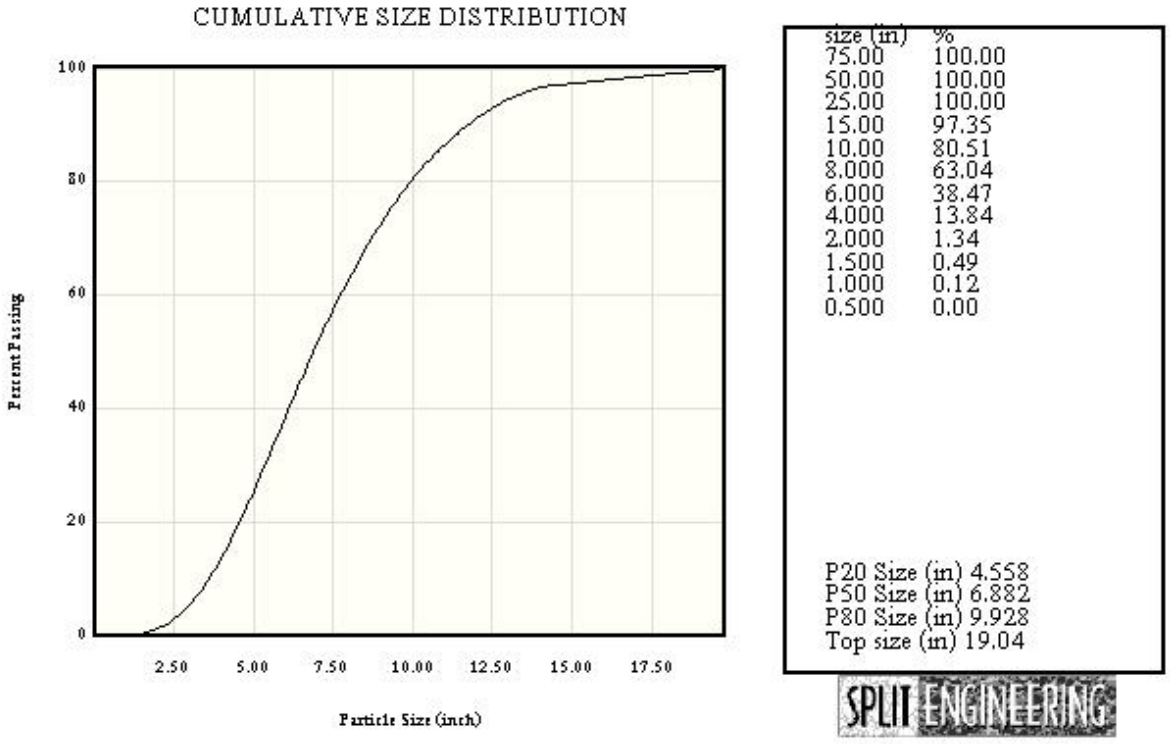
รูปที่ 46 แสดงรูปที่ Picture 043-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 044-1



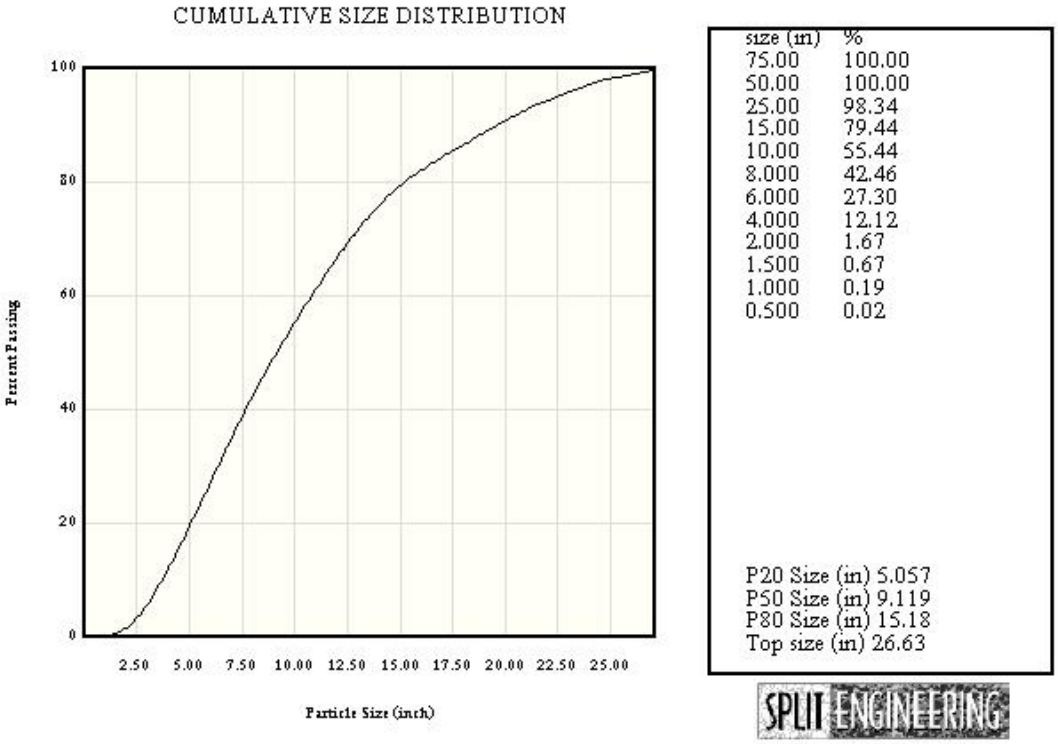
รูปที่ 47 แสดงรูปที่ Picture 044-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 044-2



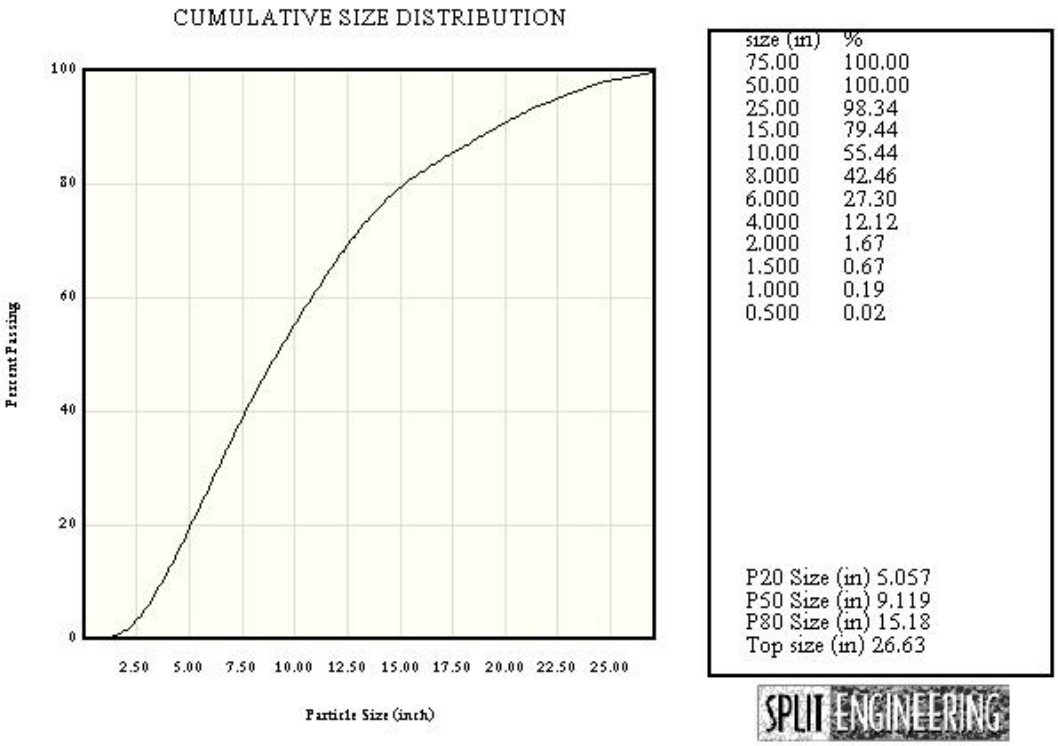
รูปที่ 48 แสดงรูปที่ Picture 044-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture 045-1



รูปที่ 49 แสดงรูปที่ Picture 045-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

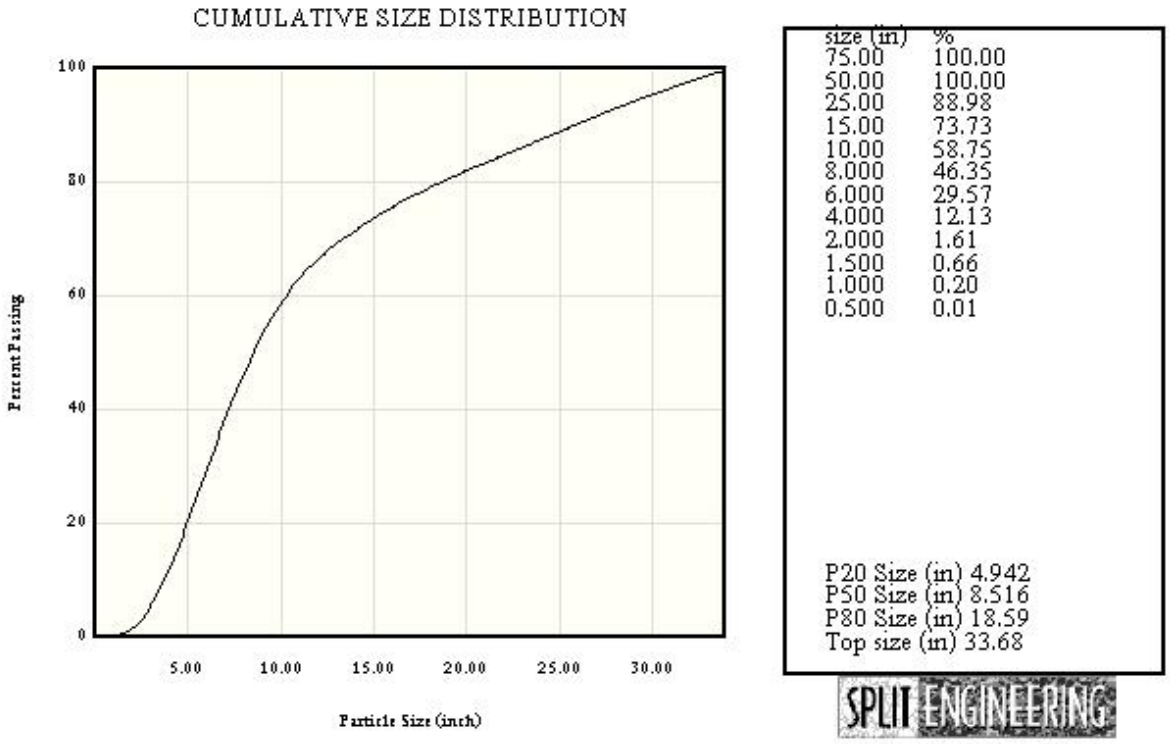
Picture 045-2



รูปที่ 50 แสดงรูปที่ Picture 045-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

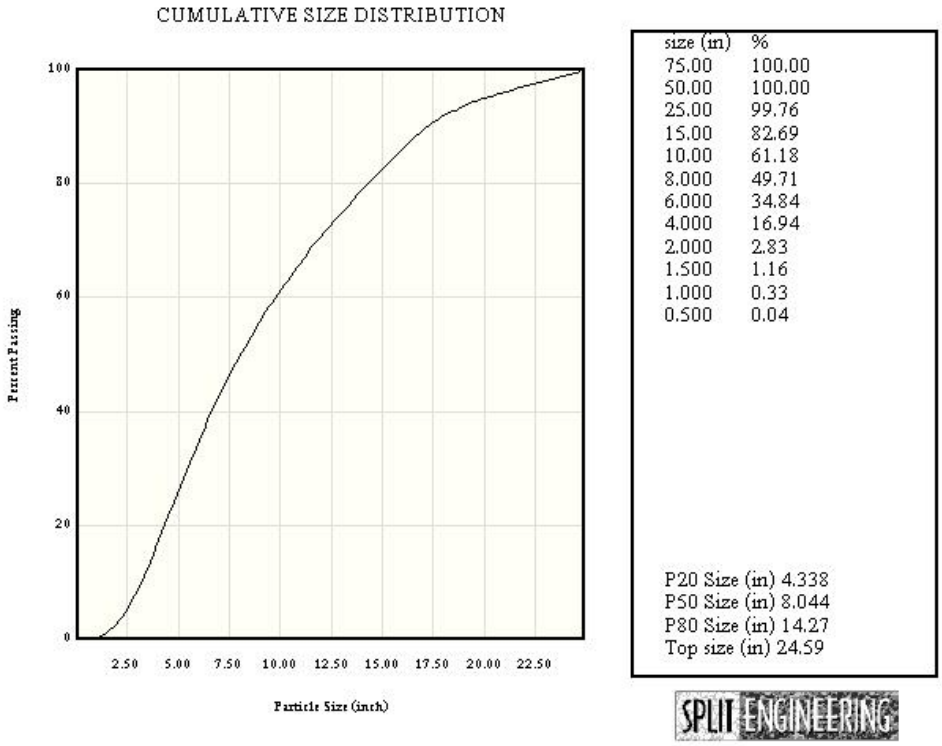
กรณีที่ 6 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 1.8 เมตร

Picture 105-1



รูปที่ 51 แสดงรูปที่ Picture 105-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

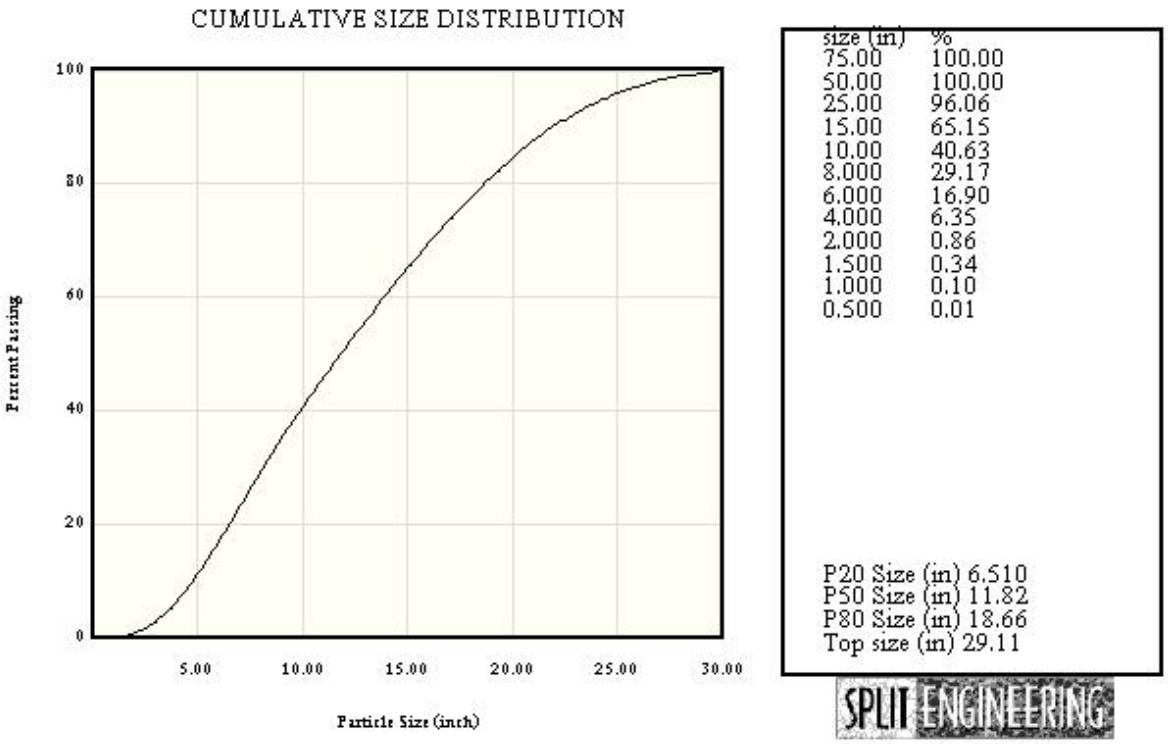
Picture107-1



รูปที่ 52 แสดงรูปที่ Picture 107-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

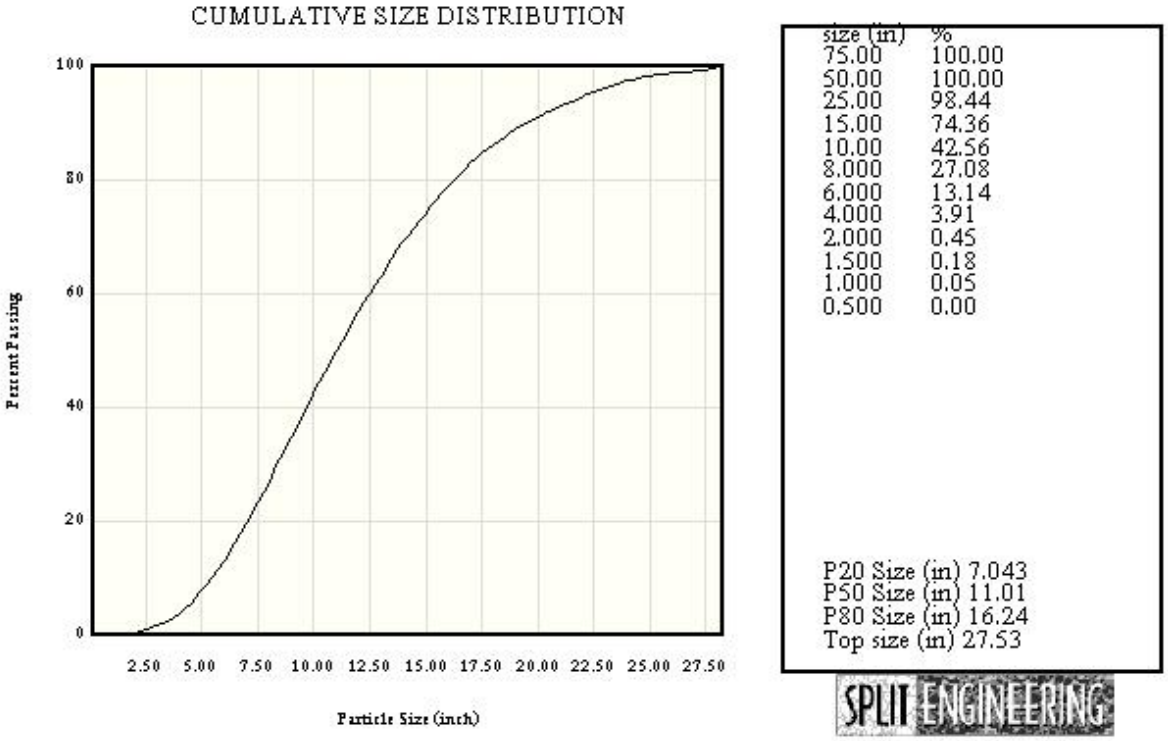
กรณีที่ 7 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 2.0 เมตร

Picture001-1



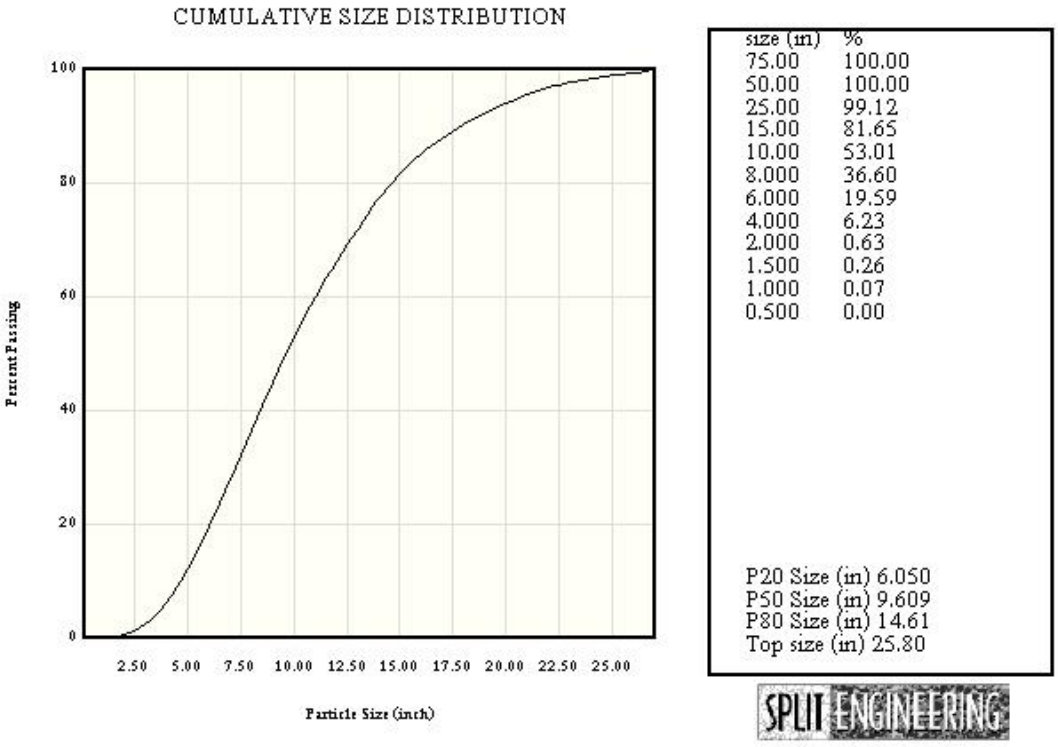
รูปที่ 53 แสดงรูปที่ Picture 001-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture001-2



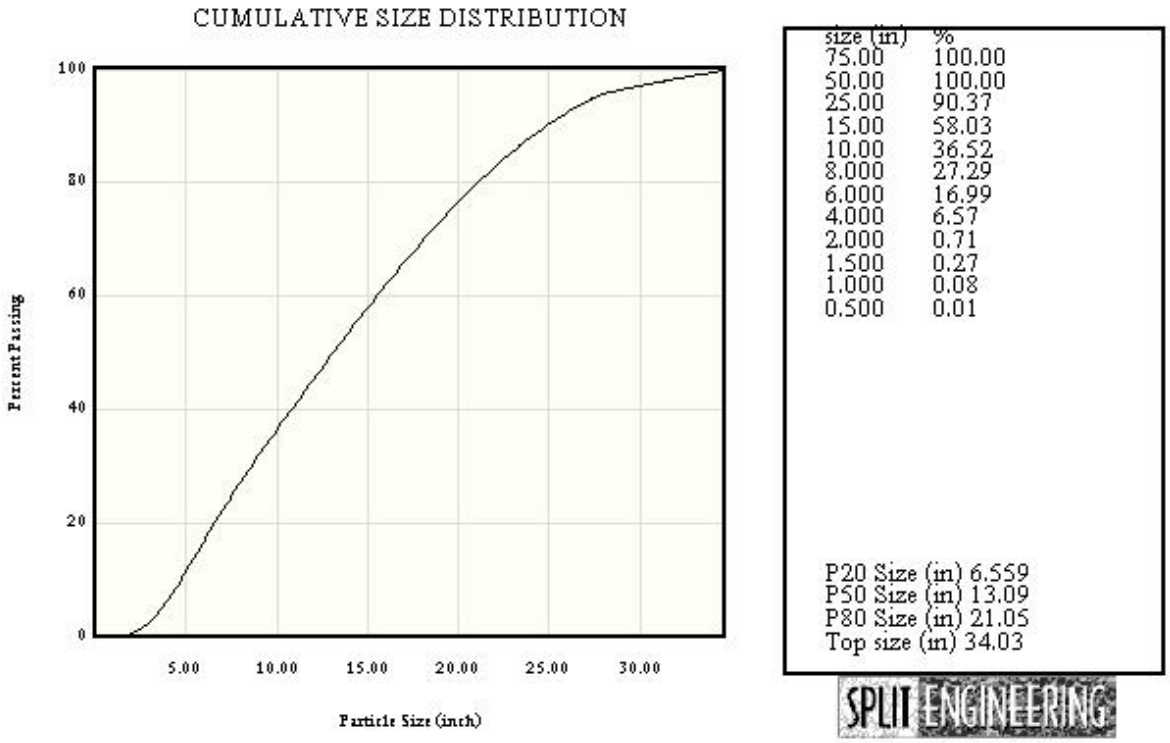
รูปที่ 54 แสดงรูปที่ Picture 001-2ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture007-1



รูปที่ 55 แสดงรูปที่ Picture 007-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

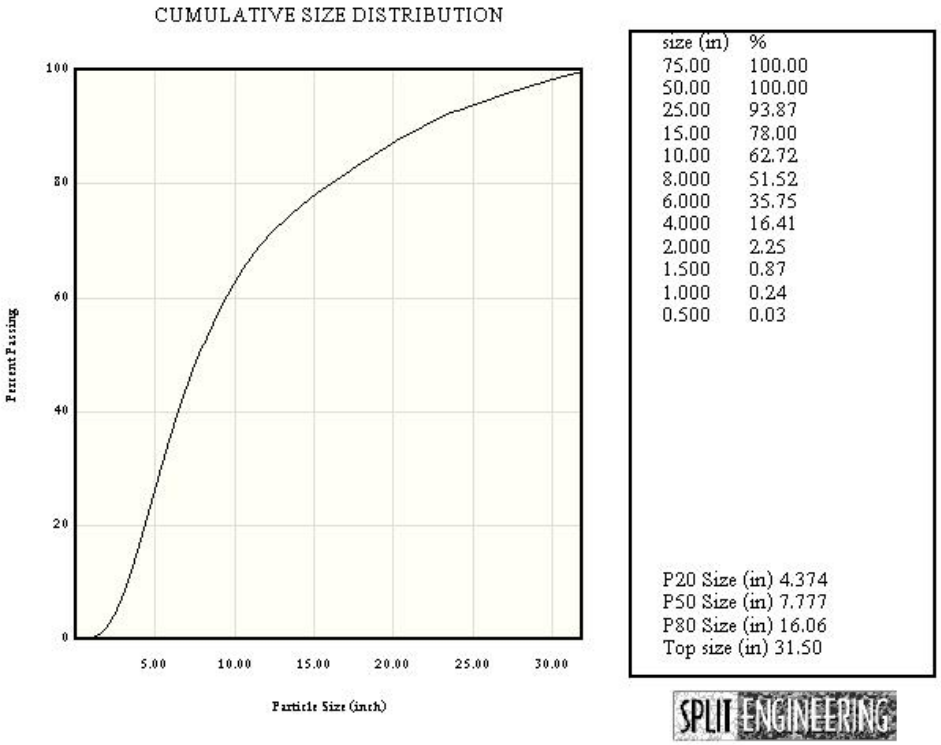
Picture009-1



รูปที่ 56 แสดงรูปที่ Picture 009-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

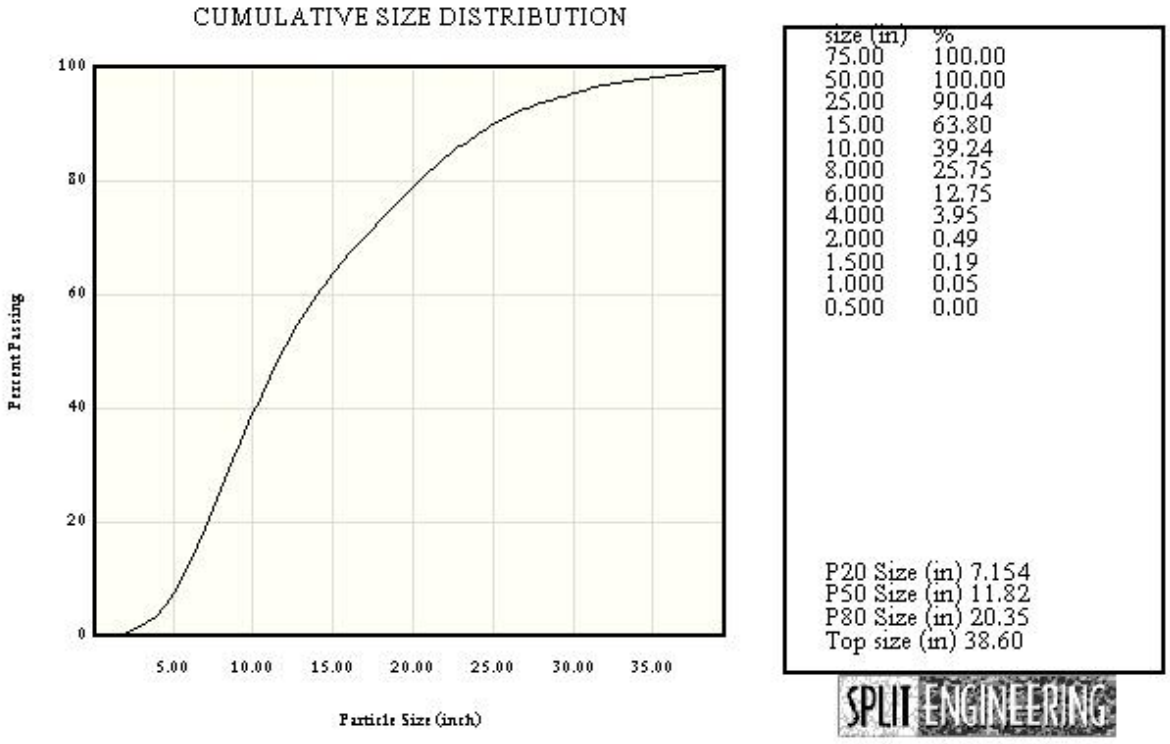
กรณีที่ 8 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 2.2 เมตร

Picture173-1



รูปที่ 57 แสดงรูปที่ Picture 173-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

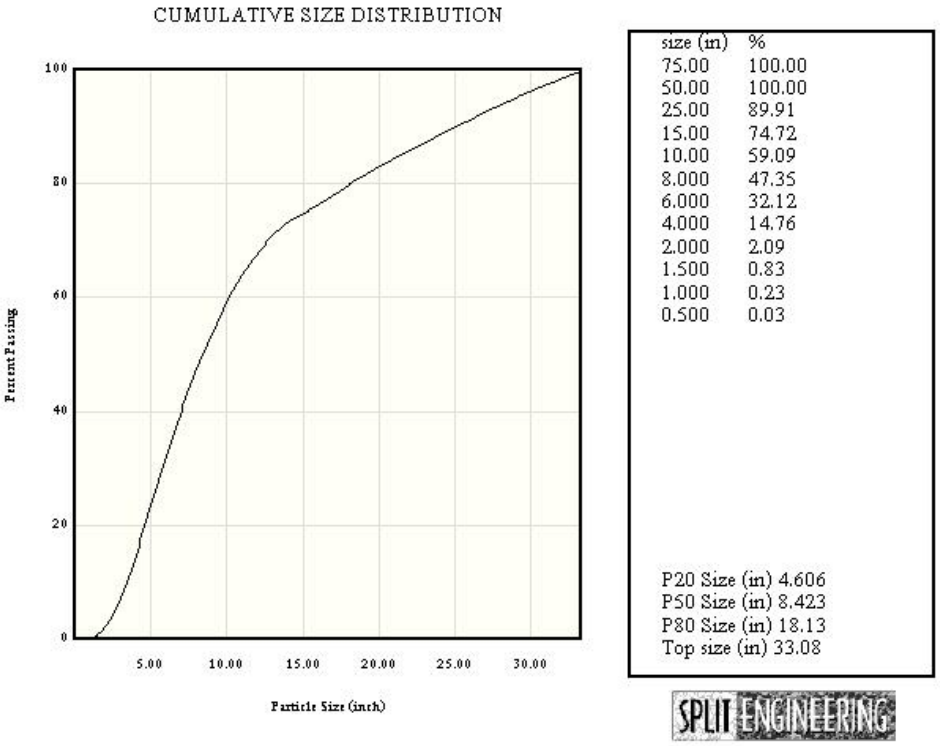
Picture175-1



รูปที่ 58 แสดงรูปที่ Picture 175-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

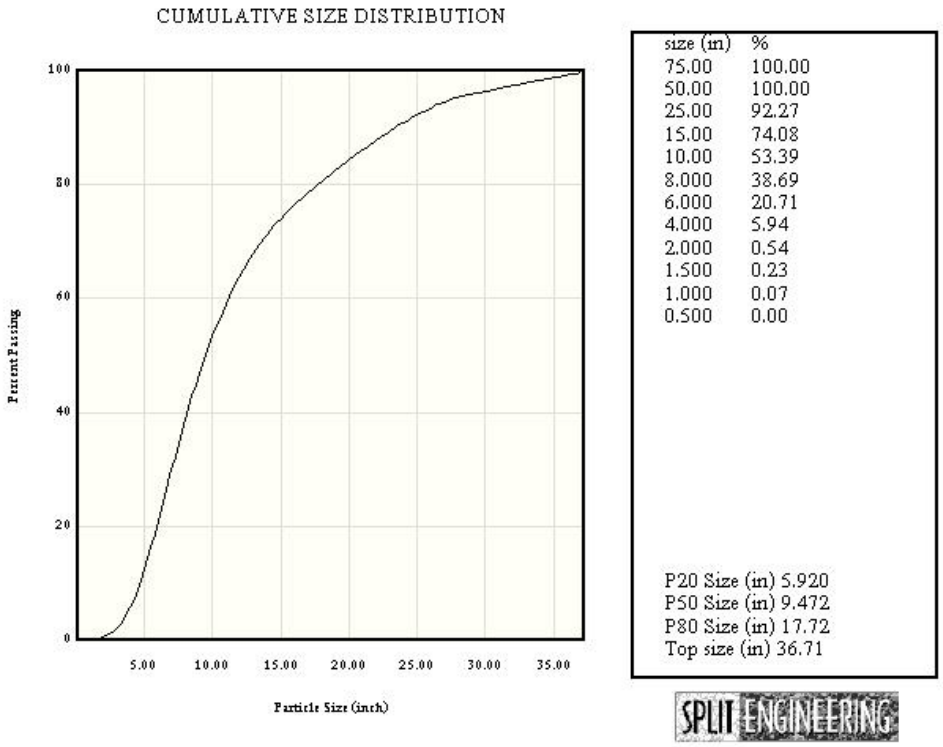
กรณีที่ 9 การวิเคราะห์ขนาดการแตกของหินในกรณีที่ความยาว Air Deck 2.4 เมตร

Picture112-1



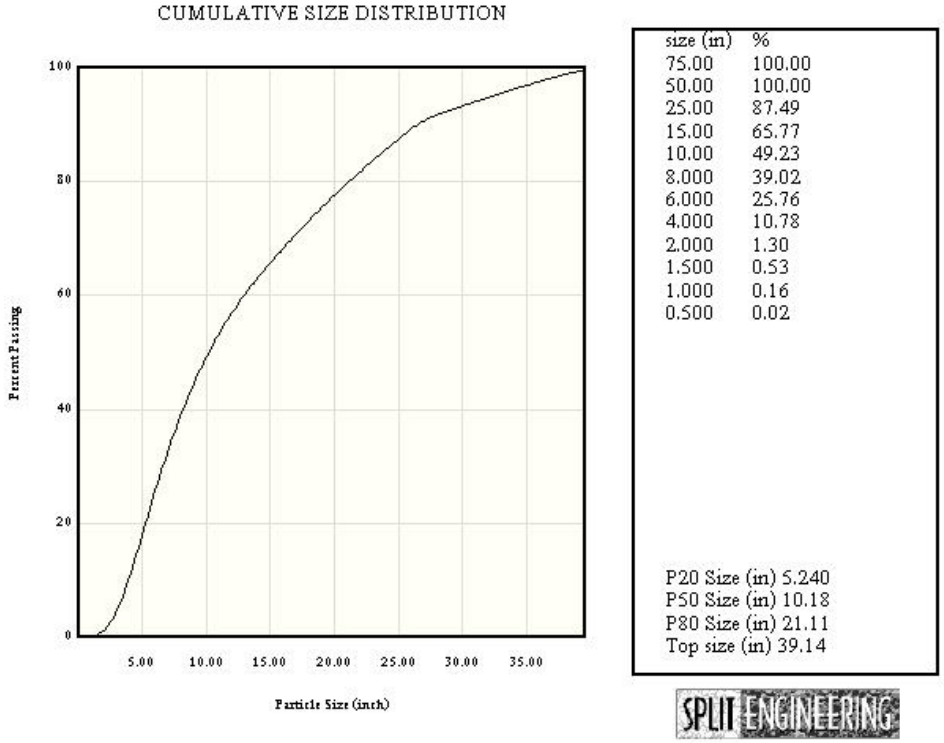
รูปที่ 59 แสดงรูปที่ Picture 112-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture112-3



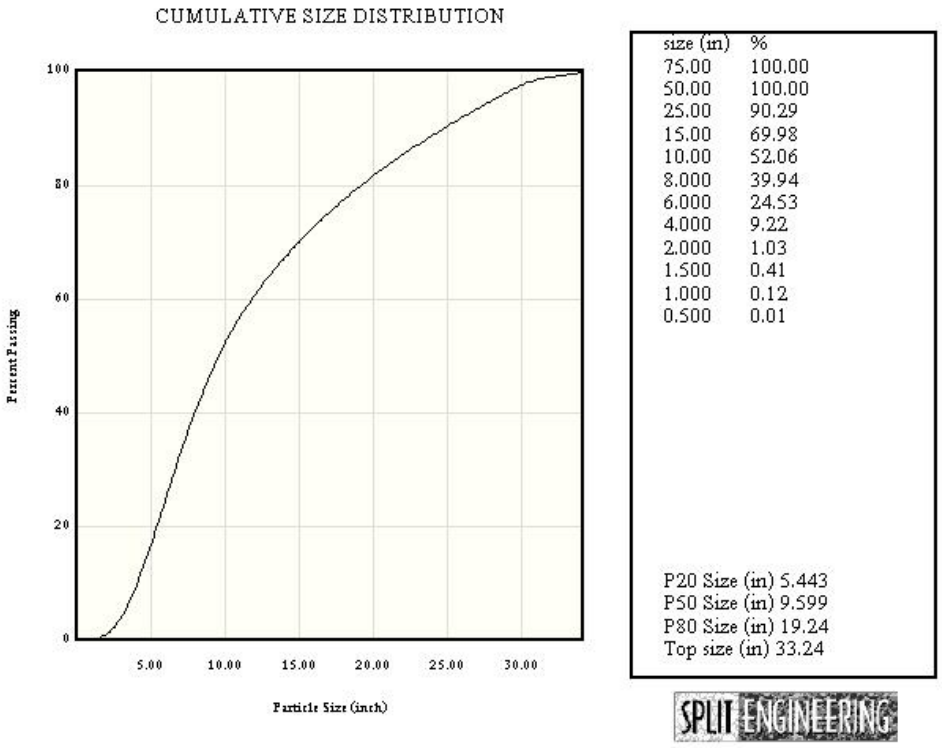
รูปที่ 60 แสดงรูปที่ Picture 112-3ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture114-1



รูปที่ 61 แสดงรูปที่ Picture 114-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด

Picture115-1



รูปที่ 62 แสดงรูปที่ Picture 115-1ที่ใช้วิเคราะห์ขนาดและกราฟการกระจายตัวของขนาด