ผลกระทบจากการระเบิดในงานเหมืองแร่

ไพรัตน์ เจริญกิจ
หัวหน้ากลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย
สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่อง “แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเหมืองแร่”
จัดโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
8 กันยายน 2557 ณ ห้องประชุมโรงแรมเสนาเพลส กรุงเทพ

ผลกระทบจากการระเบิดในงานเหมืองแร่

ความสั่นสะเทือน (Ground Vibration)

เสียงและคลื่นอัดอากาศ (Air Blast Noise)

หินปลิวกระเด็น (Fly Rock)

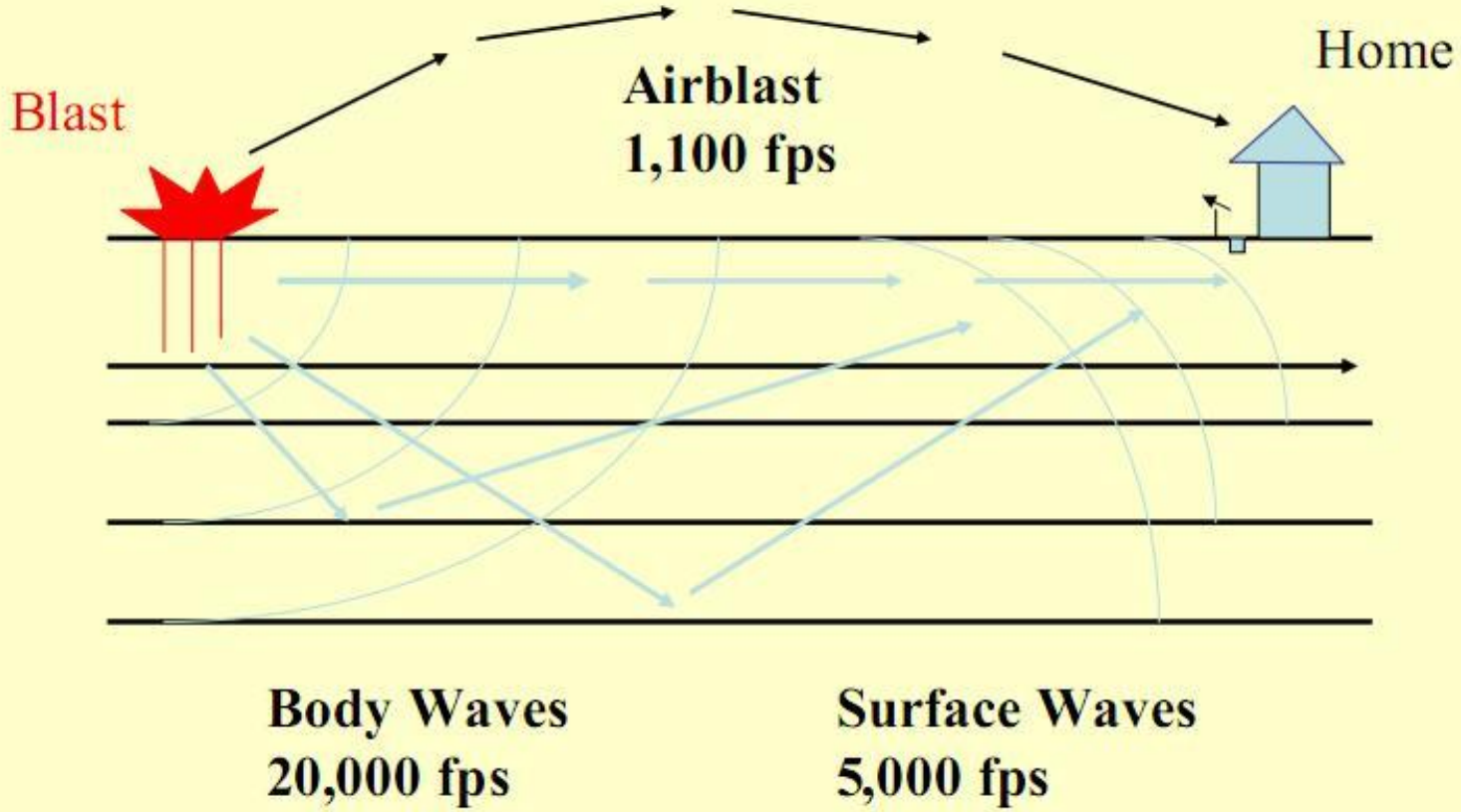
ฝุ่นและควัน (Dust and fume)

ความสั่นสะเทือน เสียง และคลื่นอัดอากาศ

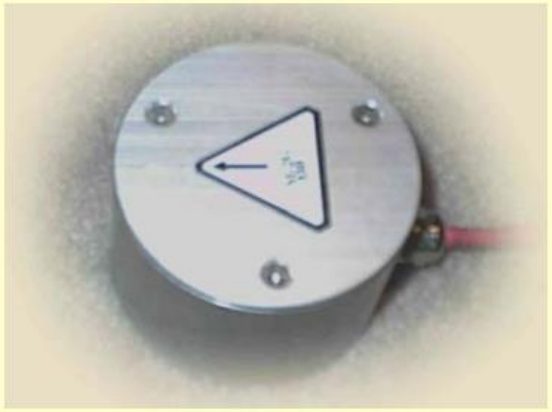
- เสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิดเป็นสิ่งรบกวนชุมชนใกล้เคียงในลำดับต้นๆ
- รบกวนกิจกรรมประจำวัน
- พิธีกรรมทางศาสนา
- การนอนหลับของเด็กอ่อน หรือรบกวนสัตว์เลี้ยงบางชนิด
- ความเป็นห่วงว่าอาคารจะแตกร้าวเสียหาย โดยเฉพาะสิ่งก่อสร้างที่เก่าแก่หรือโบราณสถานต่างๆ
- ความกลัวเกิดจากการรับรู้ความสั่นสะเทือนได้
- แม้ว่าจะเป็นความสั่นสะเทือนอาจจะไม่ไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างของอาคาร จริงตามความรู้สึก

Vibration Energy

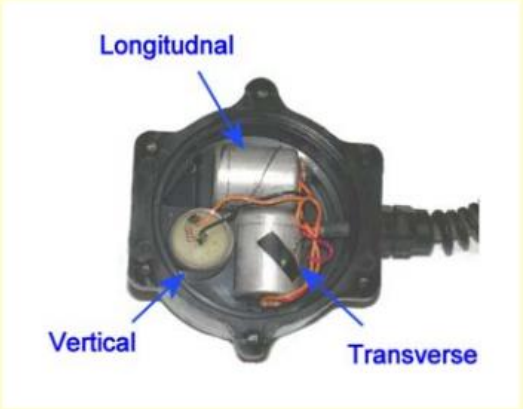
Blast vibrations travel away from a blast in all directions. At 5,000 to 25,000 feet per second, ground vibrations for all practical purposes arrive immediately at the home at the detonation of the first hole. Airblast travels much slower at 1,100 feet per second.



Incoming
blast wave



Geophone housing (the arrow designates Longitudinal)



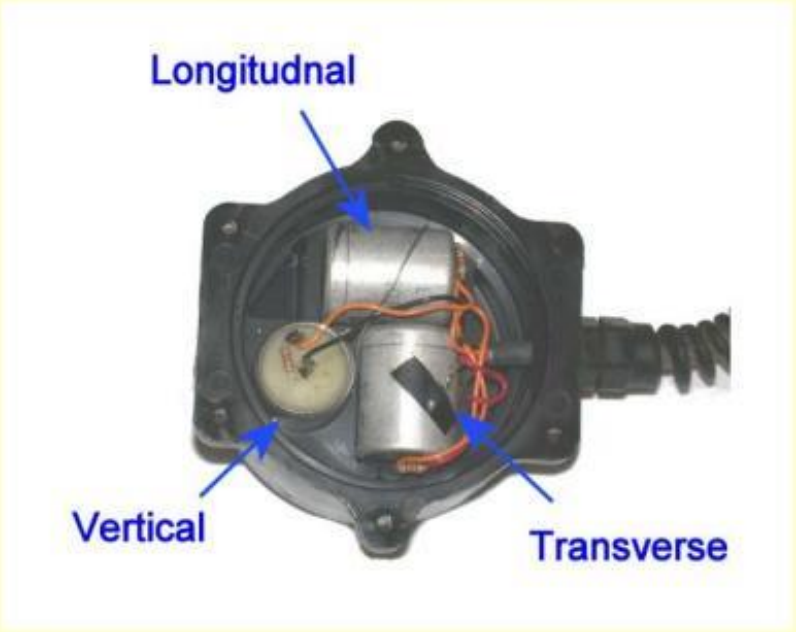
Inside housing showing transducer orientations

เครื่องรับสัญญาณความสั่นสะเทือน

PARTS OF A BLASTING SEISMOGRAPH

Sensor

L, T, V Components



Display

Microphone

Ground Vibration and Air blast Monitoring

Instantel®

INSTANTEL BlastMate III

Serial Number BA5381 V 3.61-3.61
Trigger Source Geo 0.130 mm/s
Mic 100.0 cB(L)
Geo Range 31.7 mm/s
Record Time 5.7s Auto 1024 sps
kangkoil
DMR.
User Name:kampoc
General:
Extended Notes
Job Number:
Scaled Distance 0.1 m, 0.1 kg.
0.3

Trigger: Micl at 16:00:57 Dec 12 00

	Tran	Vert	Long	
PPV	0.0476	0.0635	0.0476	mm/s
ZC Freq	>:00	15	>:00	Hz
Time	0.471	0.038	0.537	sec
Accel	0.00497	0.00331	0.00331	g
Pk Disp	0.00051	0.00074	0.00012	nm

PVS 0.0692 mm/s at 4.462 Sec

PSPL :15.2 dB(L) at 0.077 Sec
5.6 Hz

Ground Vibration and Air blast Record

** SAFEGUARD SEISMIC UNIT 2000DK **
SN: 2243

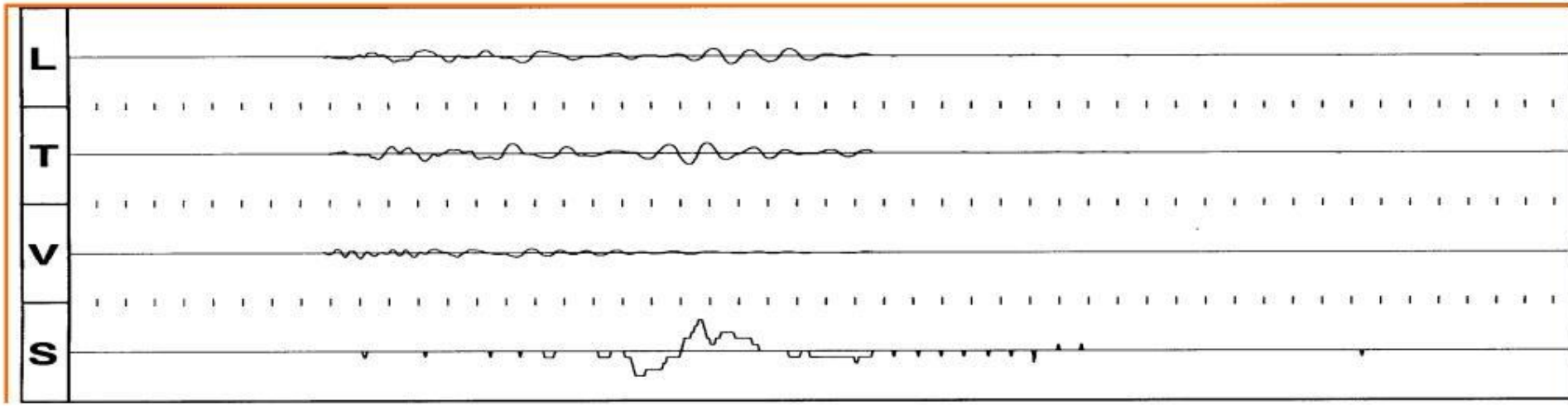
DATE: 09/12/95 TIME: 15:18:06
Event: 009 Recording Time: 10
Client: ROBERTSON
Operation: BUCKEYE IND. MINING CO.
SSU Location: ROBERTSON YARD
Distance to blast: 1385
Operator: M.MANN/ODNR
Comments:
Trigger Level: .05 IN/SEC

Summary

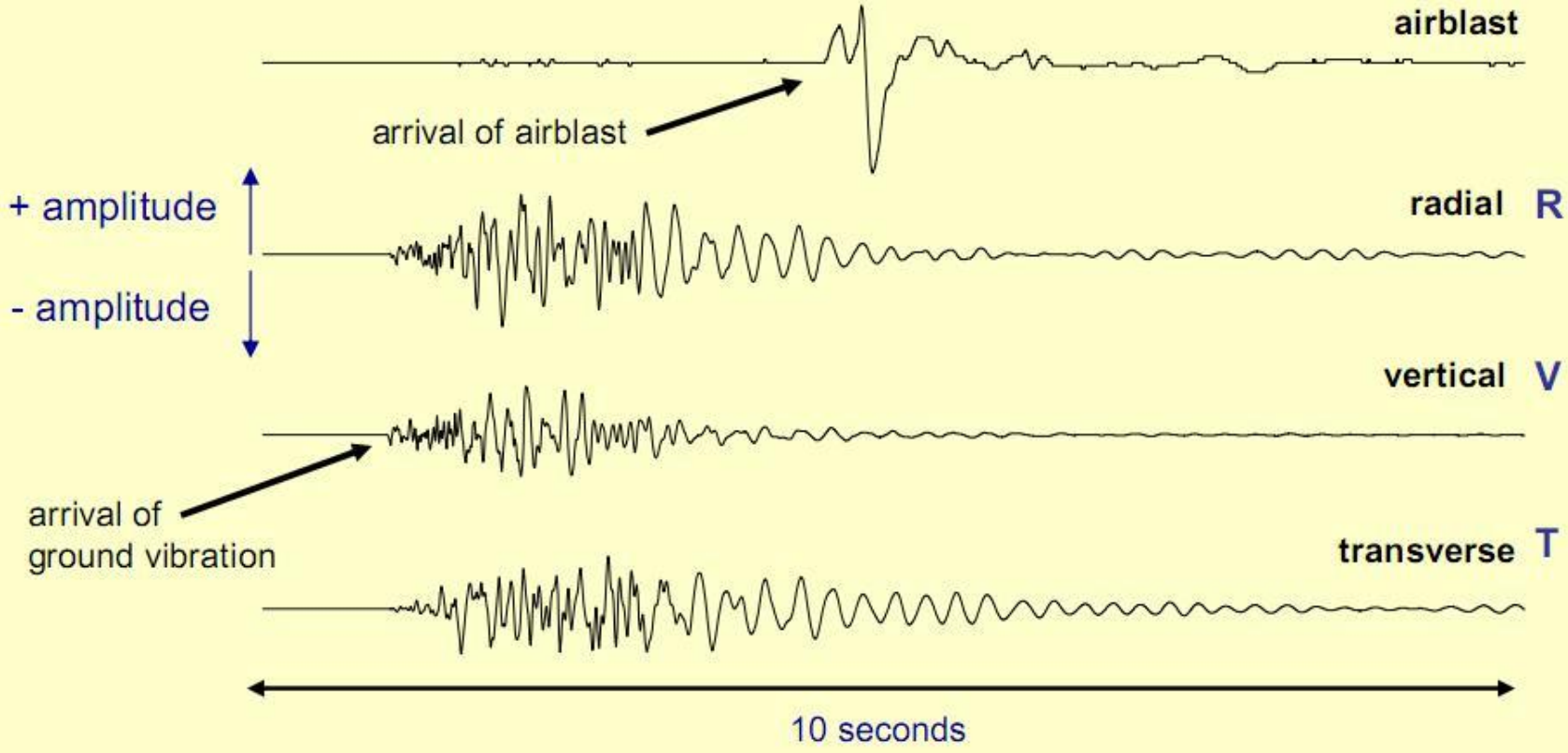
	L	T	V
PPV (in/sec)	0.10	0.14	0.07
PD (in x.001)	2.39	2.97	1.38
PPA (g)	.02	.02	.02
FREQ (Hz)	8.0	7.6	16.6
RESULTANT PPV (in/sec):		0.15	
PEAK AIR PRESSURE: (dB)		114	
(psi)		0.00145	

VELOCITY WAVEFORM GRAPH SCALE
TIME = 100 MSEC PER MARK
SEISMIC = +/- .64 IN/SEC
SOUND = +/- 0.00232 PSI

SHAKETABLE CALIBRATED: 06/20/95
By GeoSonics, Inc.
Box 779, Warrendale, PA 15095 U.S.A.
TEL: 412.934.2900 FAX: 412.934.2999



Ground Vibration and Air blast Report


airblast
arrival of airblast
+ amplitude
- amplitude
radial R
vertical V
arrival of
ground vibration
transverse T
10 seconds

Frequency of Ground Vibrations

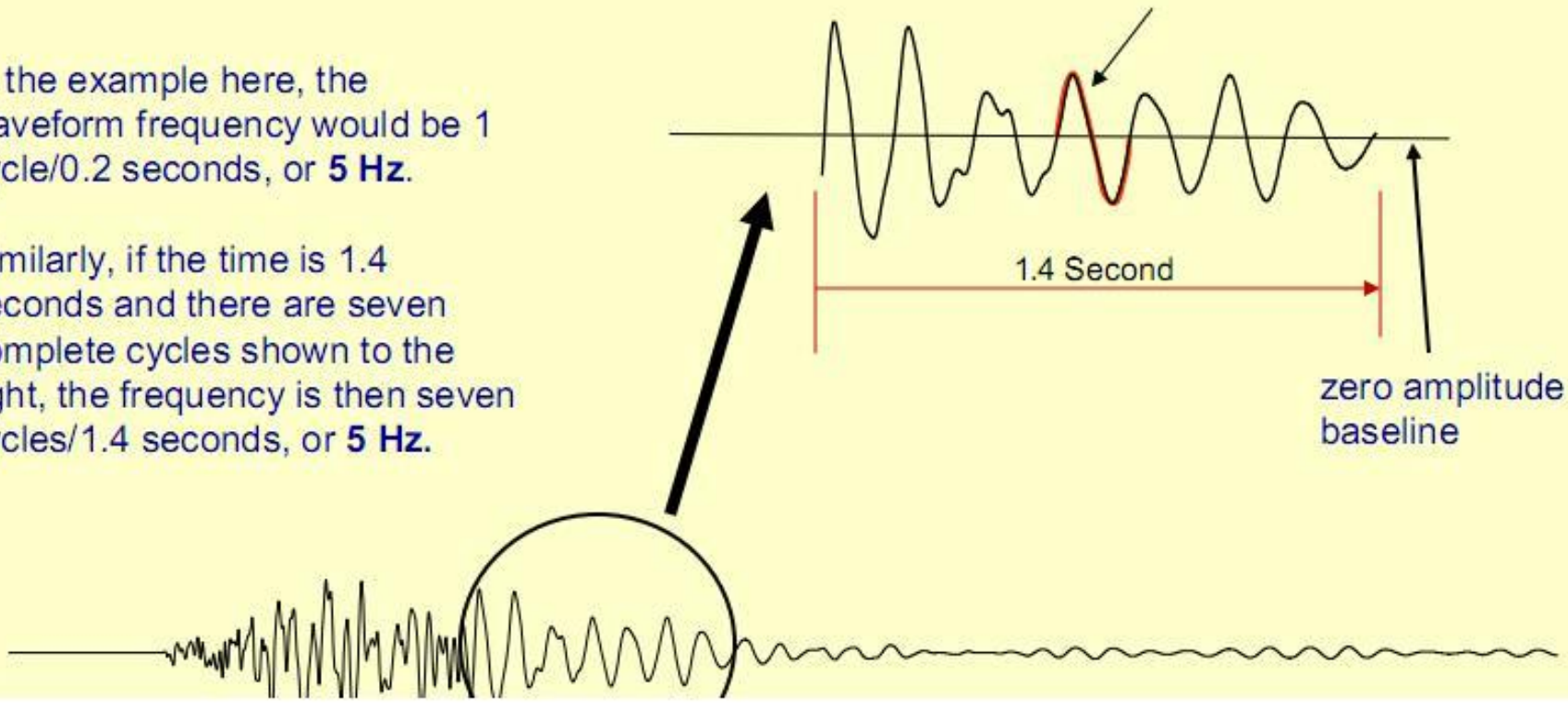
Frequency is the number of cycles or oscillations that a wave completes over 1 second and is measured in cycles per second or Hertz (Hz).

Frequency can also be calculated by the time interval of one complete cycle, a positive phase followed by a negative phase (shown in red). Here the wave meets the zero baseline three times. Frequency is then the number of cycles (in this case, one) divided by the time increment (period).

f = 1/p

In the example here, the waveform frequency would be 1 cycle/0.2 seconds, or **5 Hz**.

Similarly, if the time is 1.4 seconds and there are seven complete cycles shown to the right, the frequency is then seven cycles/1.4 seconds, or **5 Hz.**



ความรู้สึกต่อความสั่นสะเทือน ของมนุษย์ที่ขนาดความสั่นสะเทือน (PPV) ค่าต่างๆ

0.1	**มม./วินาที**	**- ไม่มีความรู้สึก**
0.15	**มม./วินาที**	**- เกือบจะรับรู้ไม่ได้**
0.35	**มม./วินาที**	**- รับรู้ได้เป็นบางครั้ง**
1.00	**มม./วินาที**	**- รับรู้ได้เกือบทุกครั้ง**
2.00	**มม./วินาที**	**- <u>รับรู้ได้อย่างชัดเจน</u>**
6.00	**มม./วินาที**	**- สู้สึกสั่นอย่างรุนแรง**
14.00	**มม./วินาที**	**- สู้สึกสั่นอย่างรุนแรงมาก**
17.8	**มม./วินาที**	**- ความรู้สึกเข้าขั้นวิกฤติ**

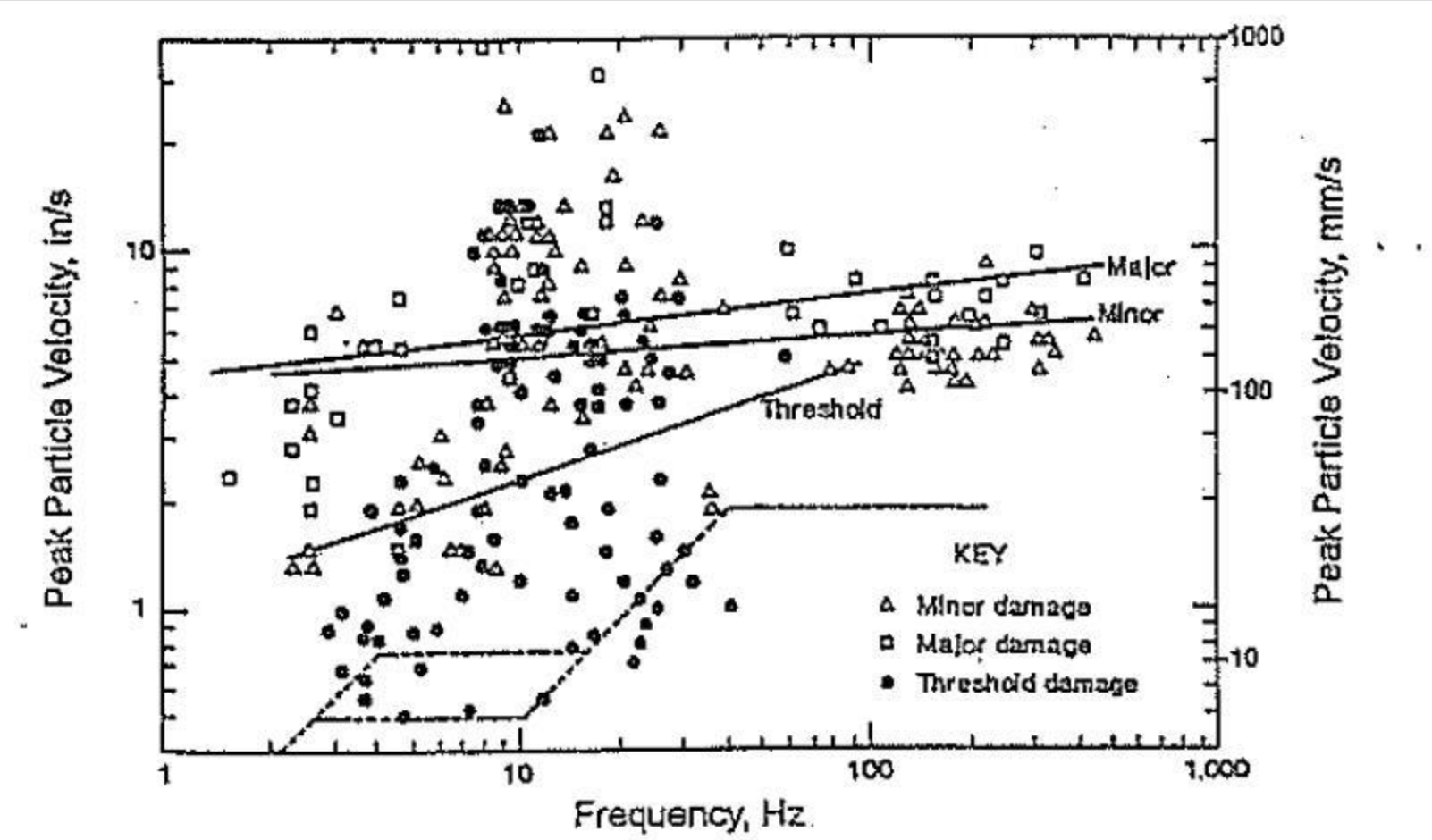


Fig. 2. Ground vibrations generated by blasting and structural damage summary: solid lines are regressions representing data

ความเสียหายที่เคยเกิดขึ้นกับอาคารเมื่อความสั่นสะเทือนมีขนาดต่างๆกัน

PPV (mm/s)	
13	ผนังที่ทำด้วยปูนพลาสเตอร์เกิดการหลุดลอก
19	ผนังที่ฉาบด้วยคอนกรีตเริ่มมีการแตกร้าว
70	โครงสร้างรองของอาคารเกิดความเสียหาย
140	โครงสร้างรองมากว่า 50 % เกิดความเสียหาย
190	โครงสร้างหลักของอาคารมากว่า 50 % เกิดความเสียหาย

มาตรฐานความสั่นสะเทือนประเทศเตรเลีย

Recommended Maximum Peak Particle Velocities by Australian Standards Explosives Code (AS 2187.2 - 1993)

อาคารที่พักอาศัย

PPV ไม่เกิน 10 mm/s

อาคารพาณิชย์ที่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กหรือคอนกรีตอัดแรง

PPV ไม่เกิน 25 mm/s

ตึกสูง โรงพยาบาล โบราณสถาน เขื่อน หรืออาคารที่มีโครงร้างไม่แข็งแรงอื่นๆ

PPV ไม่เกิน 5 mm/s

ข้อตกลงระหว่างประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนสำหรับความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อแหล่งชุมชน

PPV ที่มีขนาดเกิน 5 mm/s ต้องไม่เกิน 5% ของค่าเฉลี่ยทั้ง ปี (12 เดือน)

และ PPV ในแต่ละครั้งต้องไม่เกิน 10 mm/s

-ต้องทำการระเบิดระหว่างวันจันทร์-วันเสาร์ ช่วงเวลา

0900 - 1700 น.

-ห้ามทำการระเบิดในวันอาทิตย์หรือวันหยุดอื่นๆ

มาตรฐานประเทศอังกฤษ (British Standard 7385:Part 2-1993)

อาคารพาณิช ที่ความถี่ 4 Hz ขึ้นไป

PPV ไม่เกิน 50 mm/s

อาคารพักอาศัยหรืออาคารพาณิชย์ที่ไม่แข็งแรง ที่ความถี่ 4 Hz –15 Hz

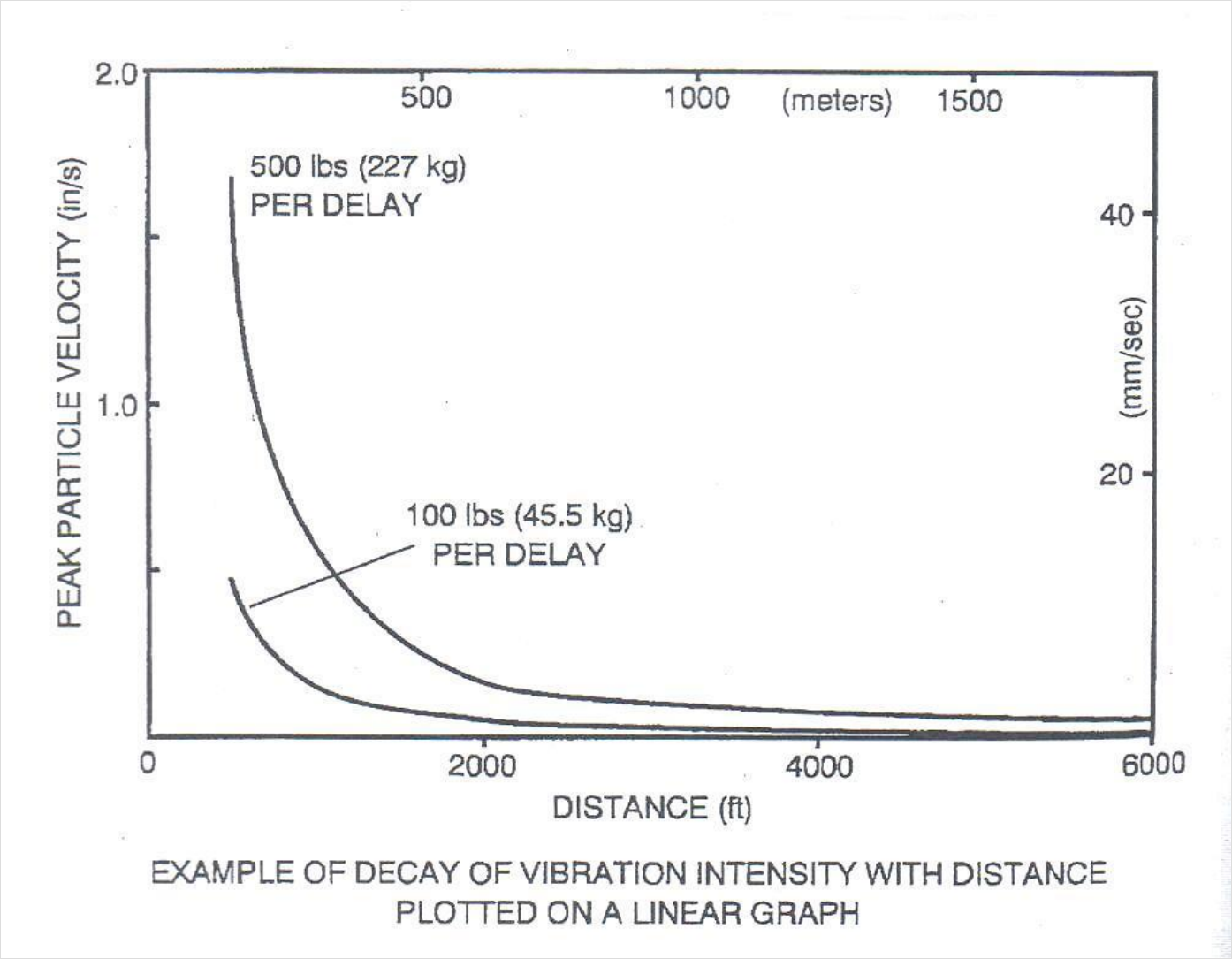
PPV ไม่เกิน 15-20 mm/s

อาคารพักอาศัยหรืออาคารพาณิชย์ที่ไม่แข็งแรง ที่ความถี่ 15 Hz –40 Hz และมากกว่า 40 Hz

PPV ไม่เกิน 20-50 mm/s

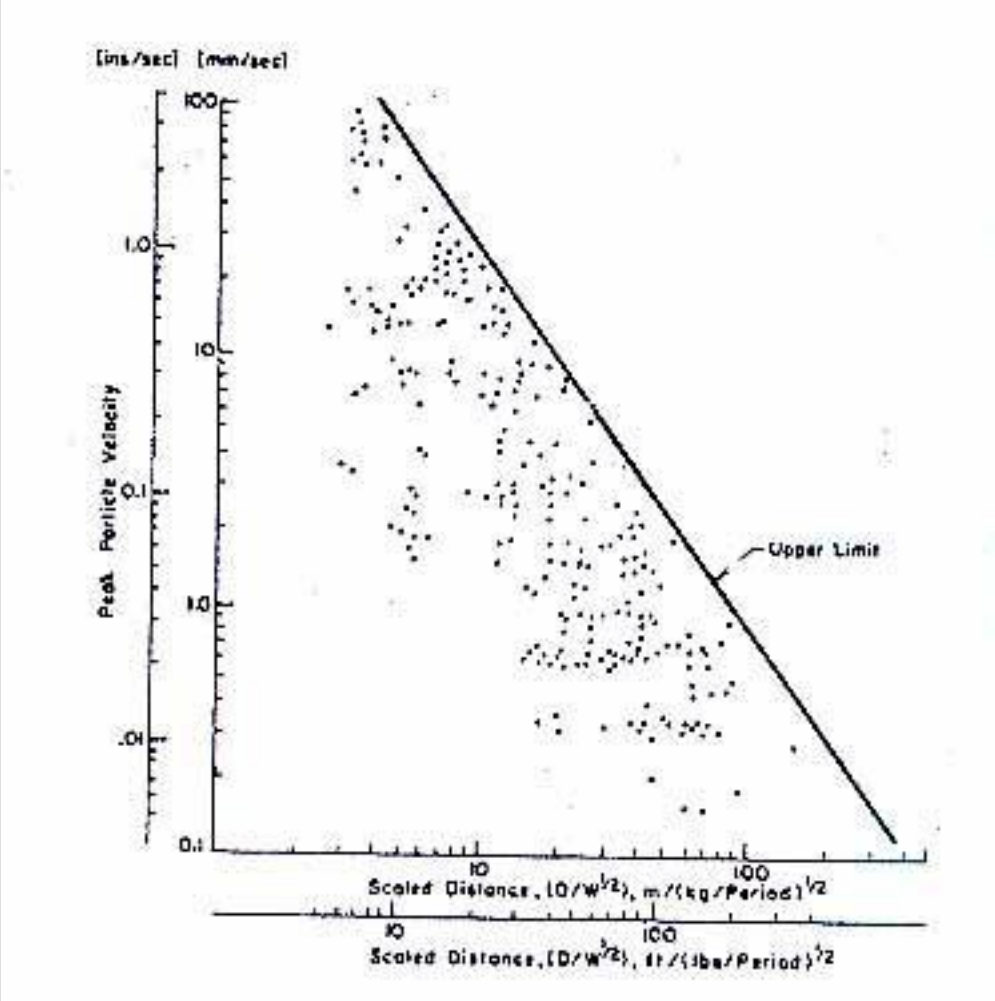
มาตรฐานประเทศเยอรมัน (German DIN 4150 Standard for ground vibration caused by blasting)

ชนิดของอาคาร(Structure type)	PPV Guide value (mm/s) ความถี่(Frequency)		
	<10 Hz	10-50Hz	50-100Hz
อาคารพาณิชย์ (คอนกรีตเสริมเหล็ก)	20	20-40	40-50
อาคารที่พักอาศัยทั่วไป	5	5-15	15-20
โบราณสถาน (อาคารไม่แข็งแรง)	3	3-8	8-10



EXAMPLE OF DECAY OF VIBRATION INTENSITY WITH DISTANCE PLOTTED ON A LINEAR GRAPH

ความสั่นสะเทือนจากการระเบิดที่ถดถอยลงตามระยะทาง



Combined Ground Vibration Measurement of all Site

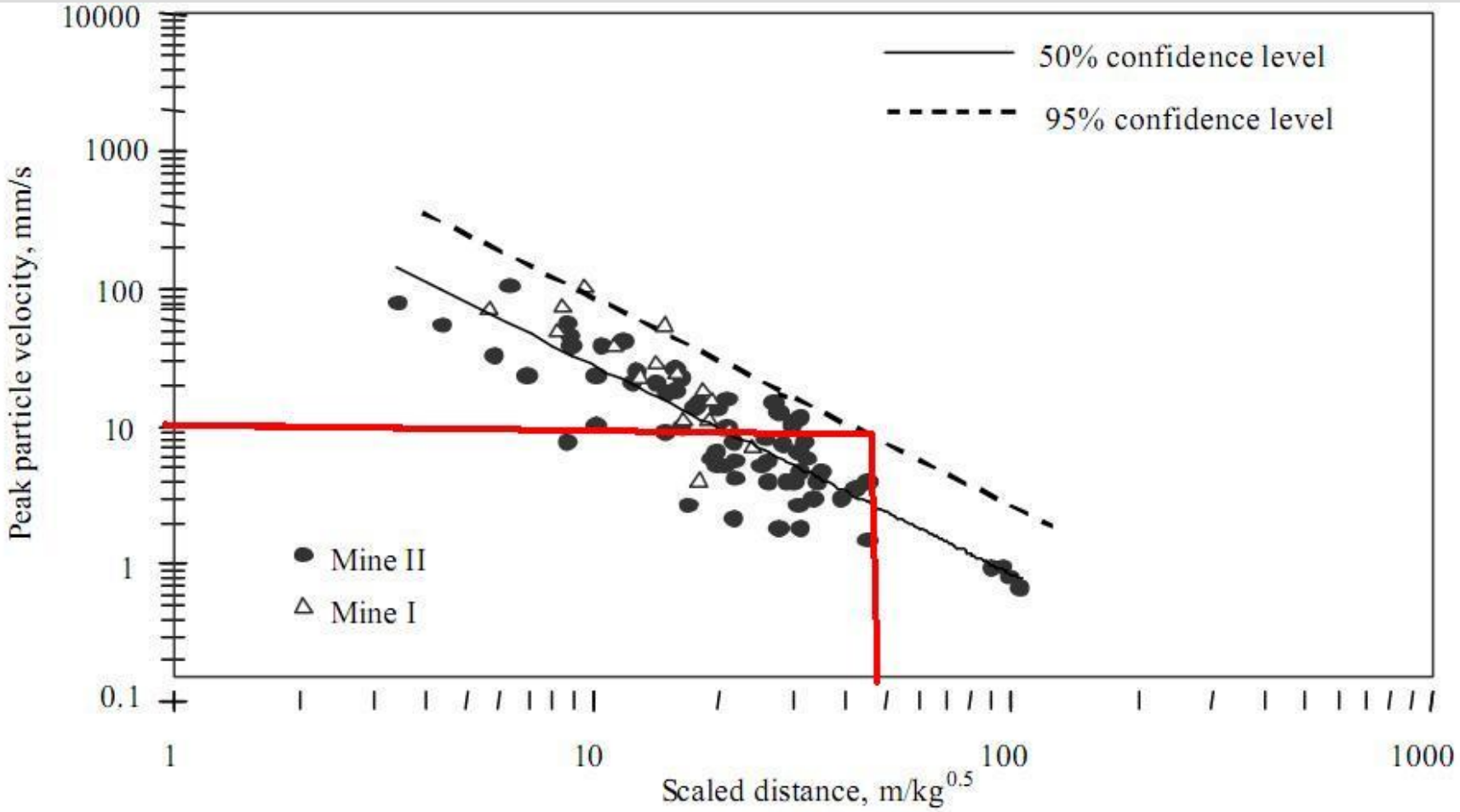


Fig. 2.3 Peak particle velocity vs scaled distance for Neyveli mines, NLC (Theresraj et al, 2004)

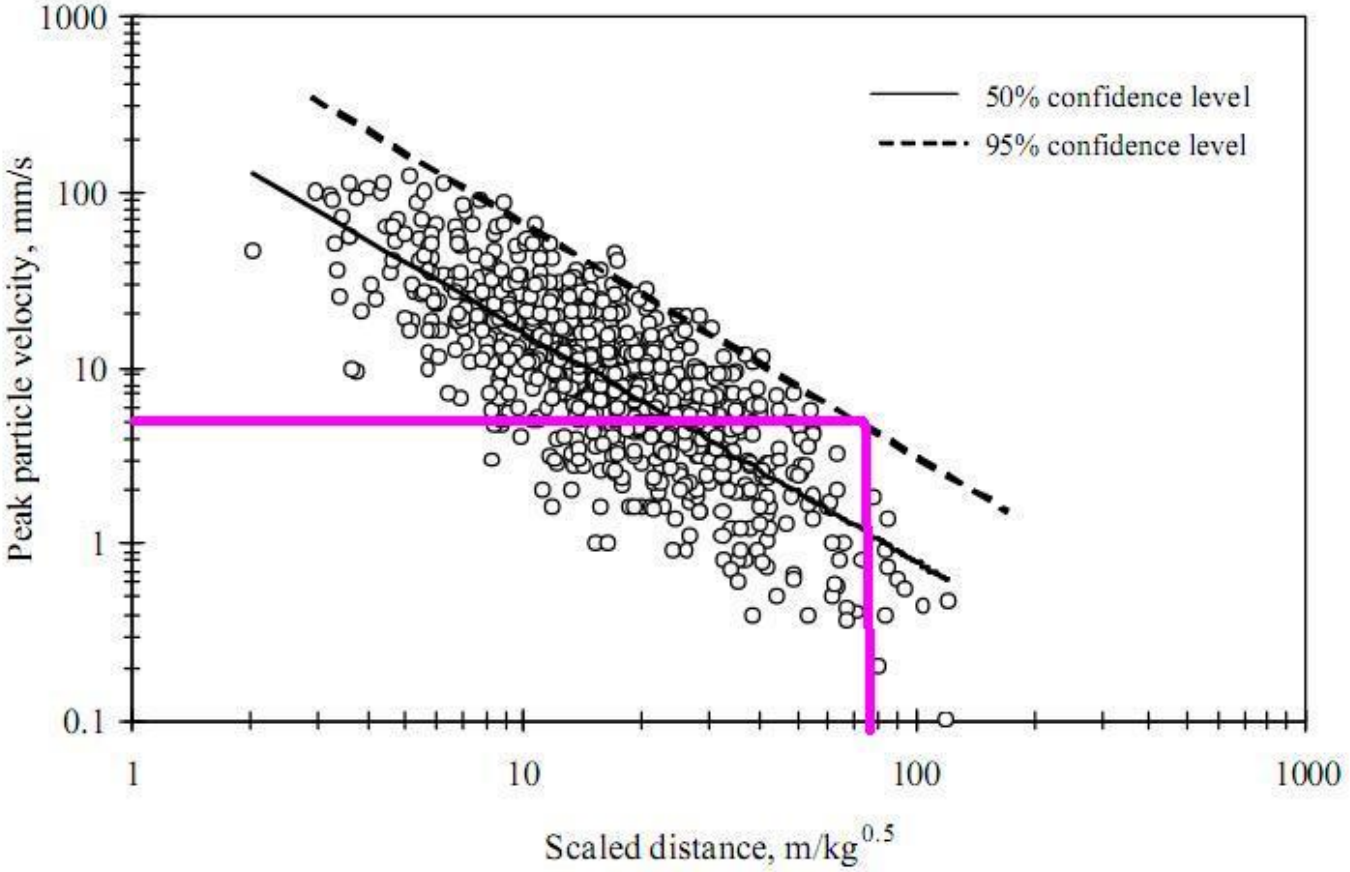


Fig. 2.6 Peak particle velocity vs scaled distance for limestone quarries (Adhikari et al, 2004)

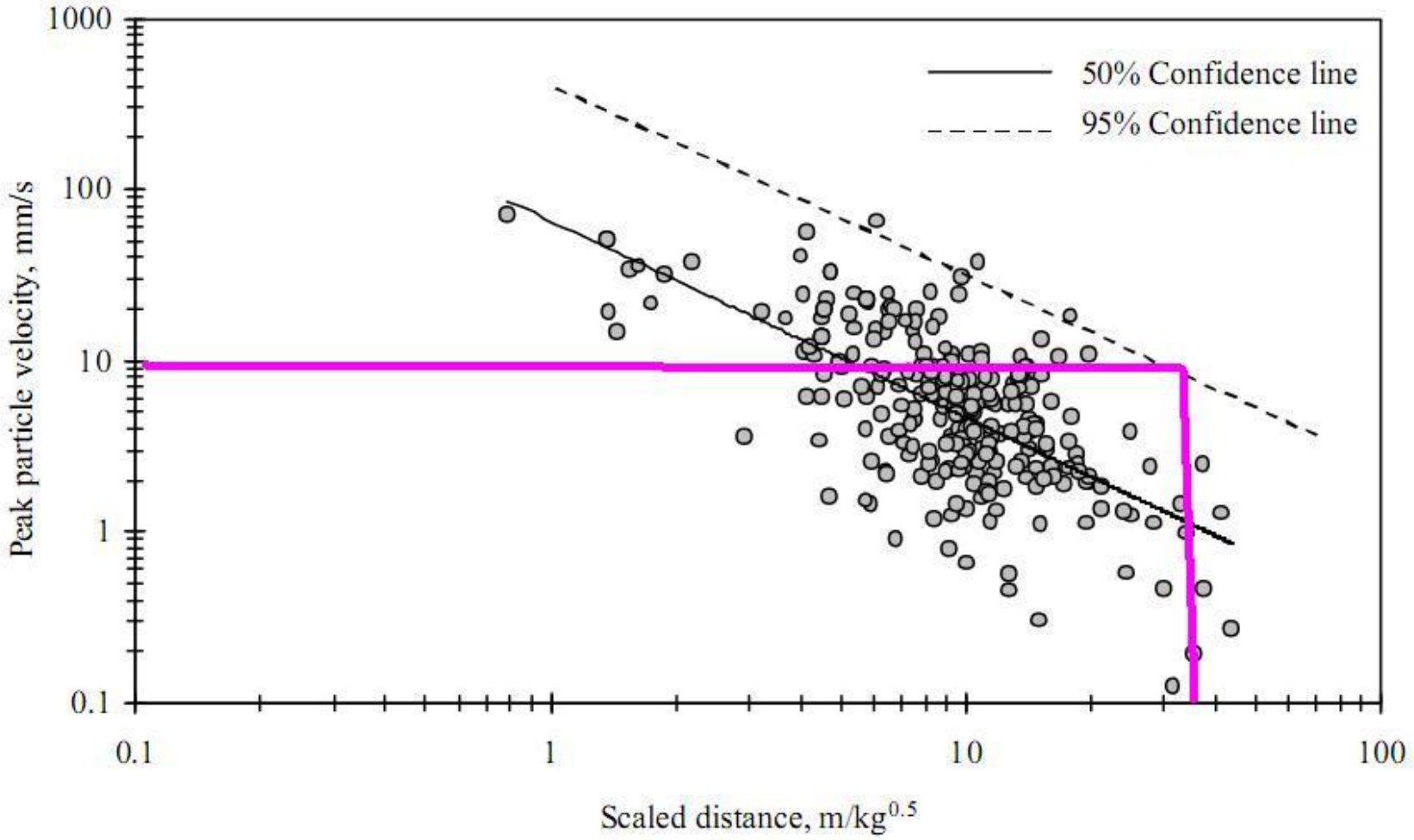
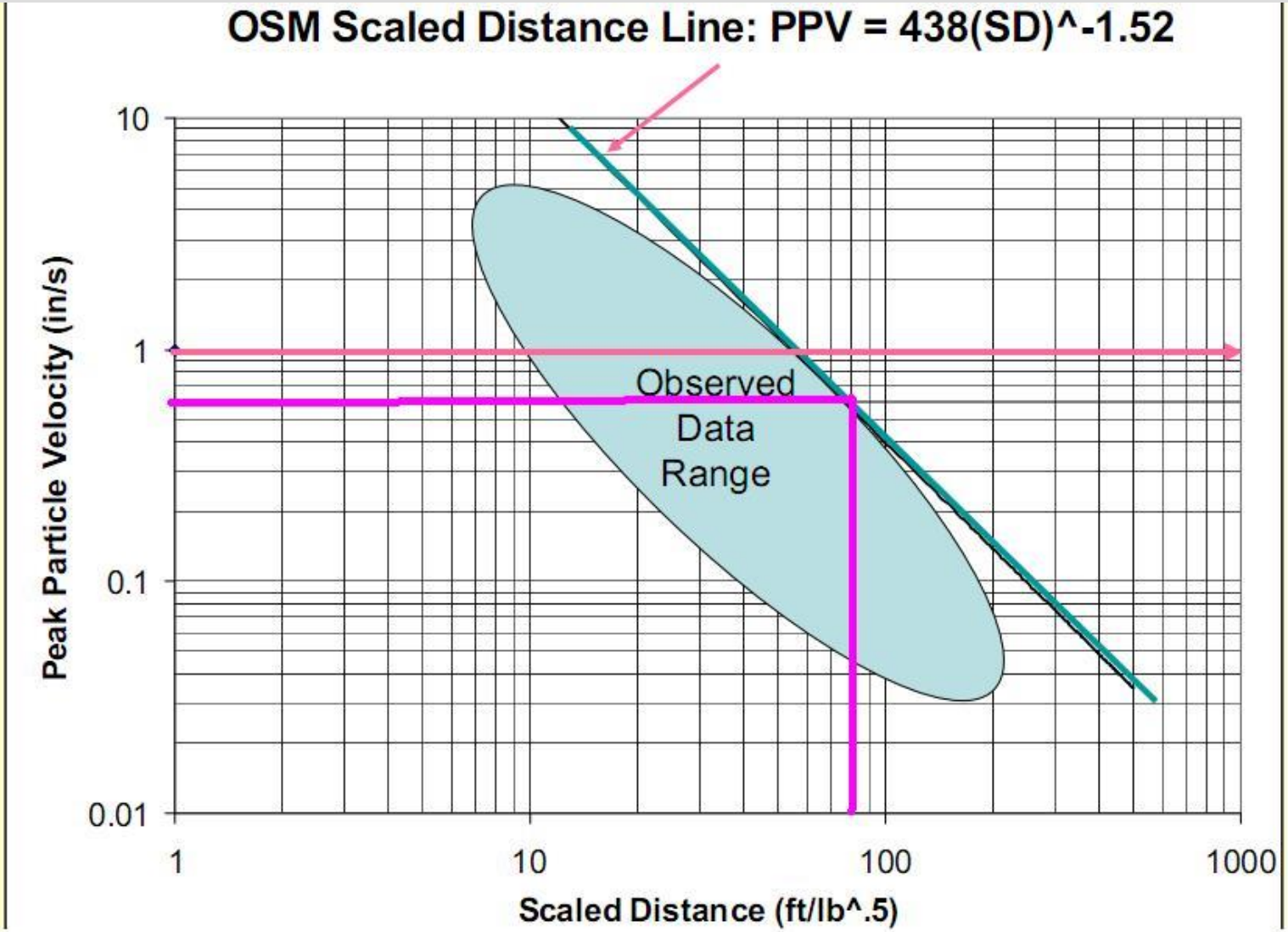
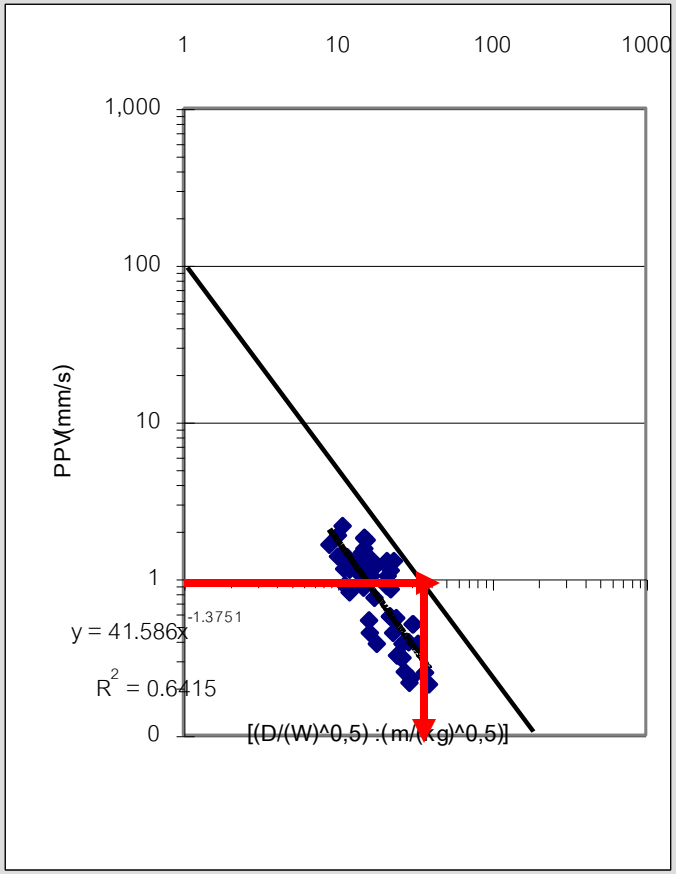
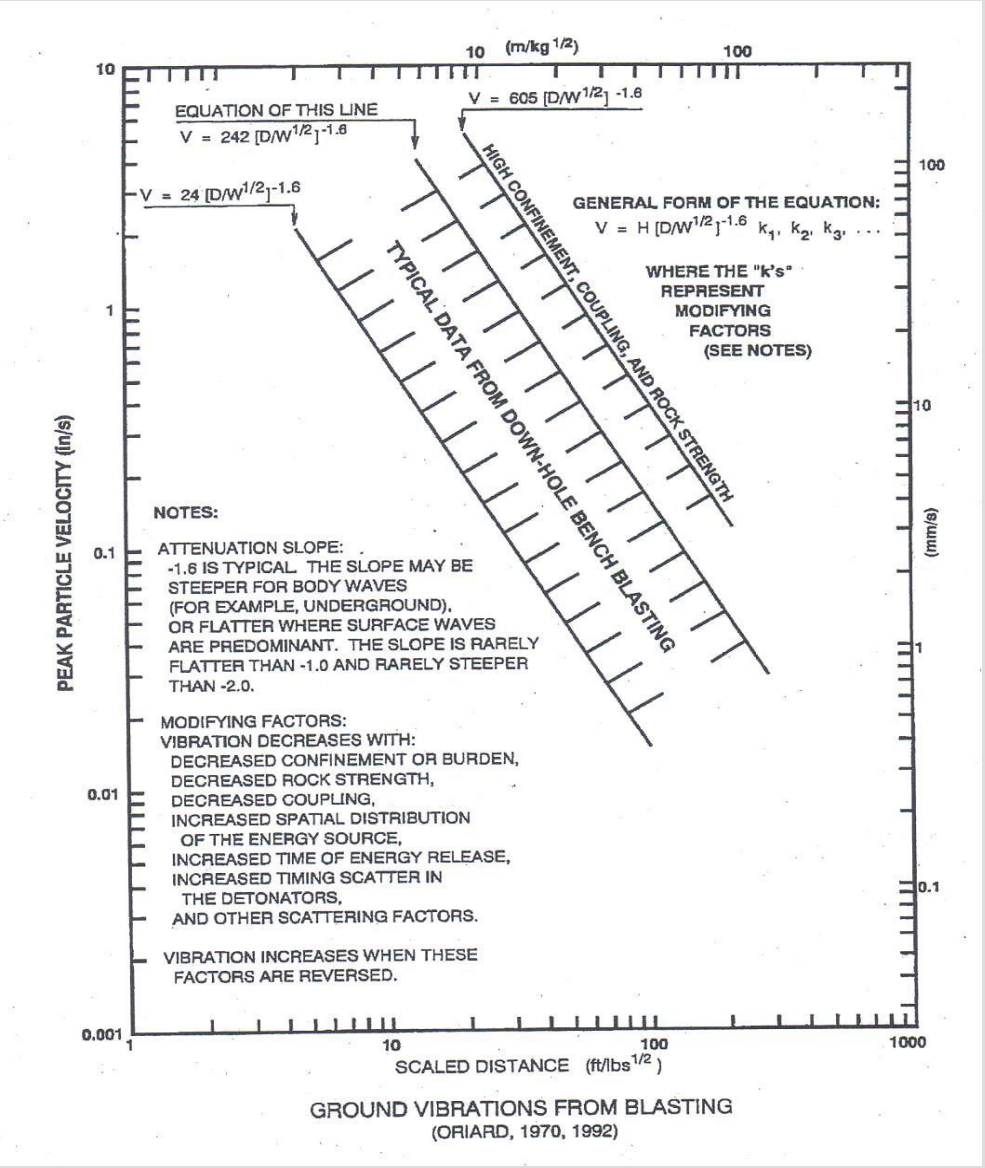


Fig. 2.5 Peak particle velocity vs scaled distance for Kudremukh iron ore mine

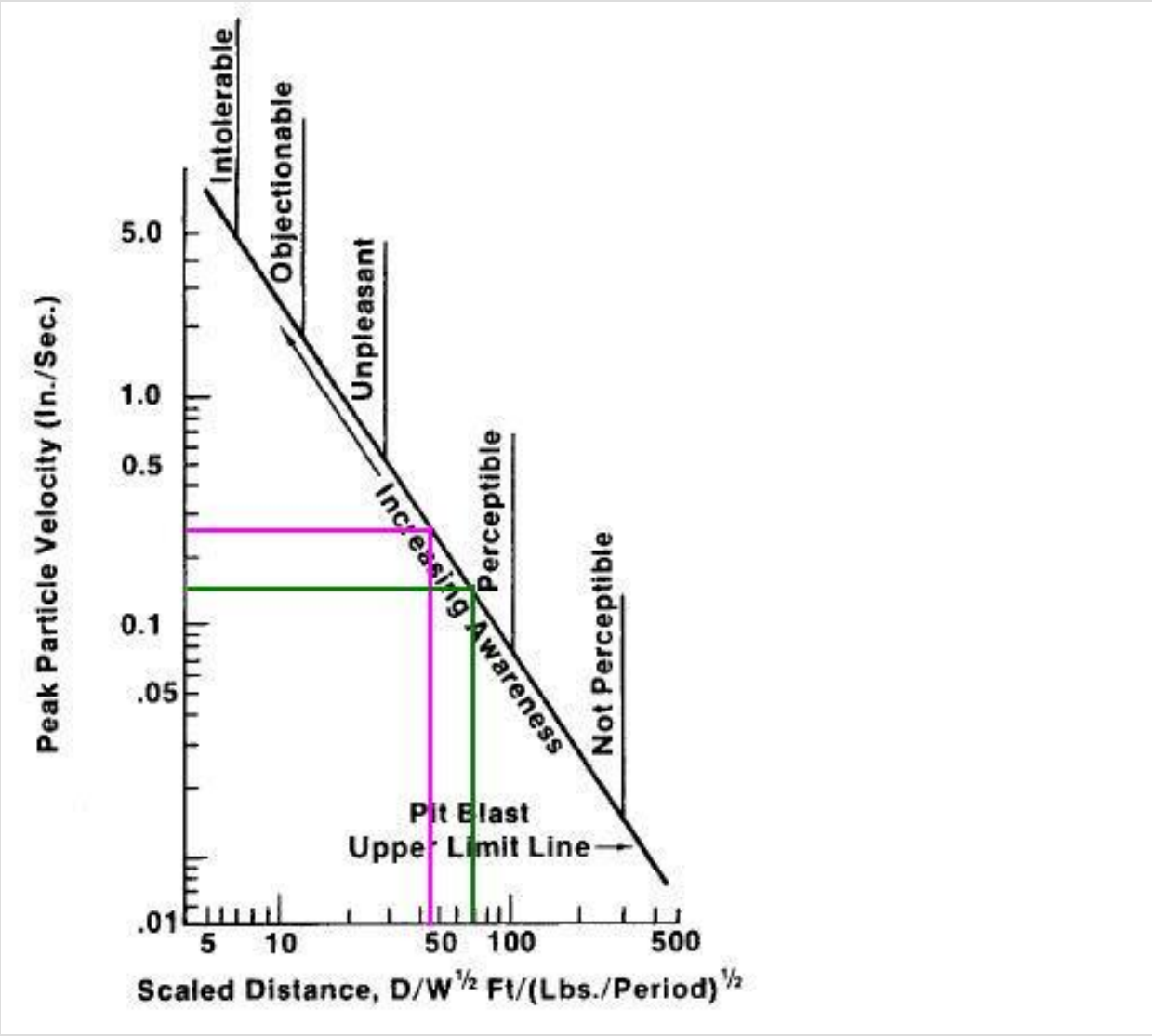

OSM Scaled Distance Line: PPV = 438(SD)^-1.52
Peak Particle Velocity (in/s)
10
1
0.1
0.01
Observed
Data
Range
1
10
100
1000
Scaled Distance (ft/lb^.5)



ผลการศึกษาความสั่นสะเทือนจากการระเบิดในประเทศไทย



Combined Ground Vibration Measurement of all Site



ผลกระทบจากการสั่นสะเทือนที่ระดับต่างๆกัน

$$V = K\,(R/(Q)^{.50})^{B}$$

เมื่อ

V = ความเร็วอนุภาคสูงสุด (Peak particle velocity (mm/s))

K = ค่าคงที่ของแต่ละเหมือง (Site and rock factor constant)

Q = ปริมาณวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด (kg)

B = ค่าคงที่ของแต่ละเหมือง (ปกติเท่ากับ -1.6)

R = ระยะทางวัดจากจุดที่ทำการระเบิด (m)

$(R/(Q)^{.50}$ เรียกว่าอัตราส่วนระยะทาง (scaled distance)

ค่าคงที่หลักๆ (K Factors) สำหรับระบบเมตริก

โครงสร้างหินแข็งมากหรือการอัดระเบิดไม่แน่น K = 500

การระเบิดทั่วๆไป **K** = 1,140

การระเบิดที่มีการอัดแน่นมากๆ (Over confined) K = 5,000

ค่าคงที่หลักๆ (K Factors) ระบบอังกฤษ

โครงสร้างหินแข็งมากหรือการอัดระเบิดไม่แน่น K= 24

การระเบิดทั่วๆไป K= 160

การระเบิดที่มีการอัดแน่นมากๆ (Over confined) K = 600

$$V = 1{,}140\,(R/(Q)^{.50})^{-1.6}$$

การควบคุมความสั่นสะเทือนของประเทศสหรัฐอเมริกา(The USOSM regulations)

วิธีที่ 1: จำกัดความเร็วอนุภาคสูงสุด(Limiting Particle Velocity Criterion)

วิธีที่ 2: จำกัดอัตราส่วนระยะทาง (Scaled Distance Equation Criterion)

วิธีที่ 3: ดูจากกราฟความสั่นสะเทือน (Blast Level Chart Criterion)

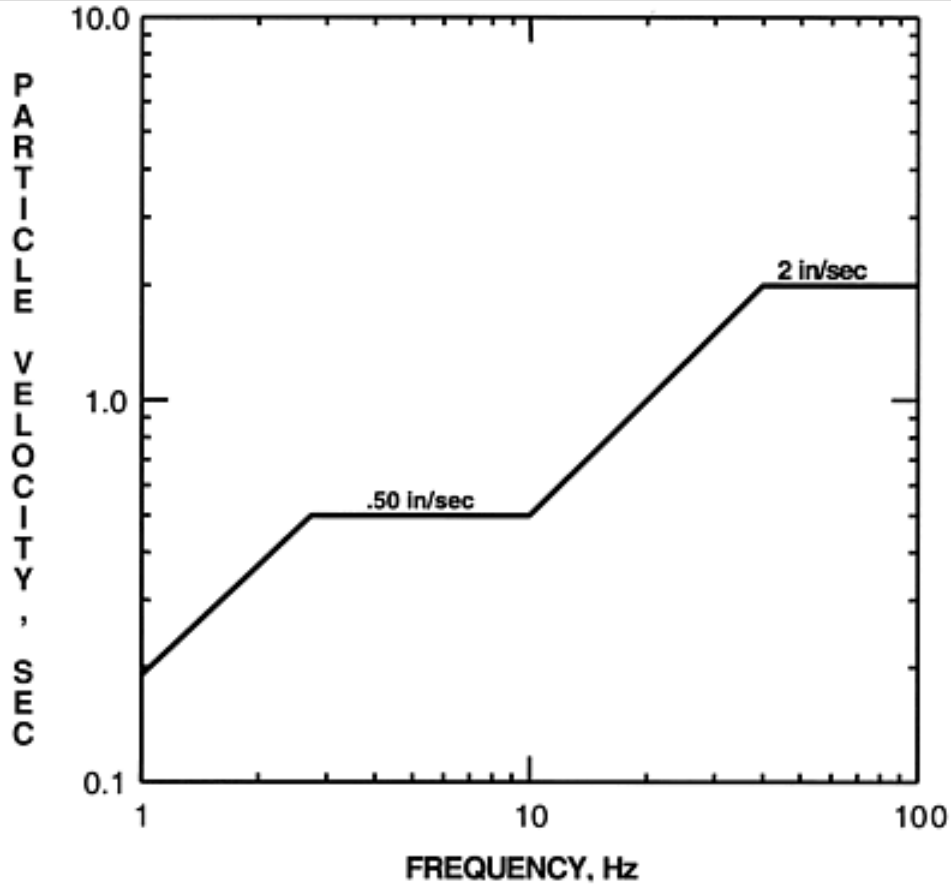
วิธีที่ 1: จำกัดความเร็วอนุภาคสูงสุด(Limiting Particle Velocity Criterion)

ระยะทางจากจุดที่ทำการระเบิด (ฟุต.)	PPV สูงสุด (นิ้ว/วินาที)
0 – 300	1.25
301-5,000	1.0
>5,000	0.75

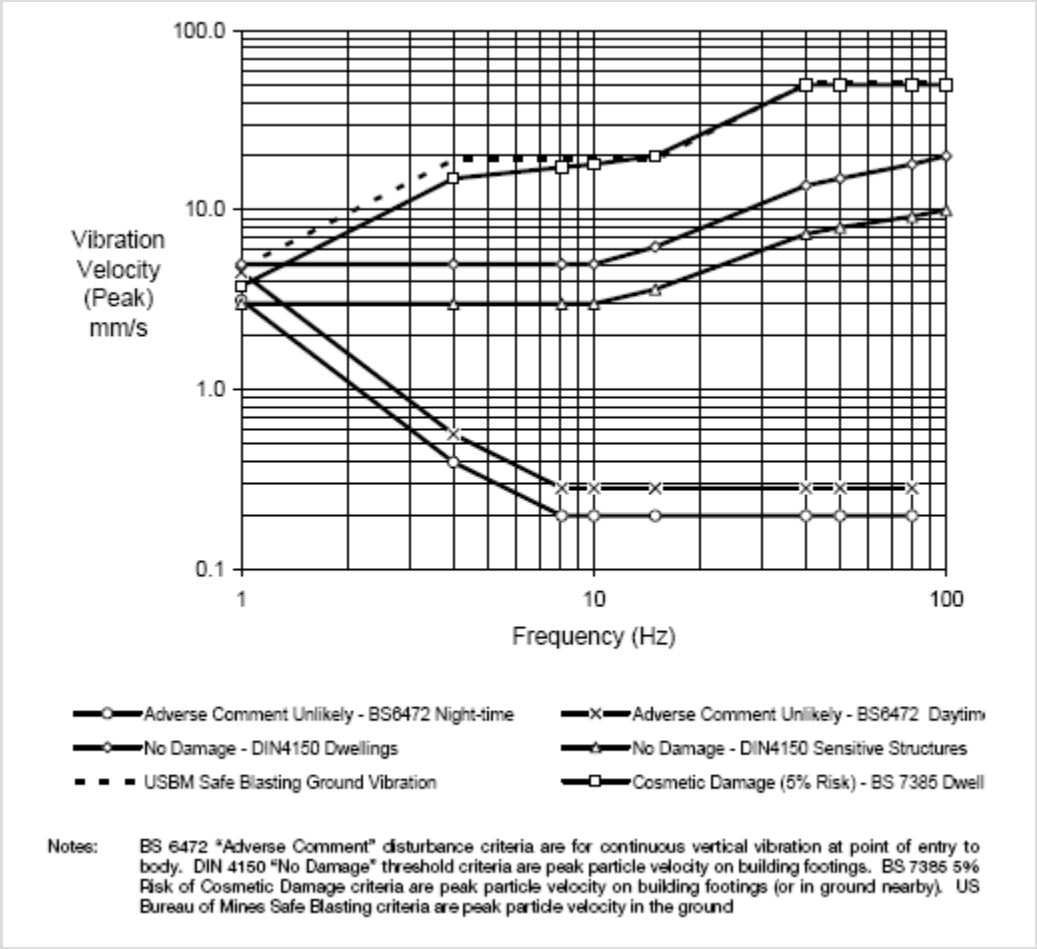
วิธีที่ 2: จำกัดอัตราส่วนระยะทาง (Scaled Distance Equation Criterion)

ระยะทางจากจุดที่ทำการระเบิด (ฟุต.)	อัตราส่วนระยะทางต่ำสุด (ฟุต/(ปอนด์)$^{0.5}$)
0 – 300	50
301-5,000	55
>5,000	65

วิธีที่ 3: ดูจากกราฟความสั่นสะเทือน (Blast Level Chart Criterion)



USOSM Regulation using method 3 (มาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ)



มาตรฐานความสั่นสะเทือนจากการระเบิดของประเทศต่างๆ

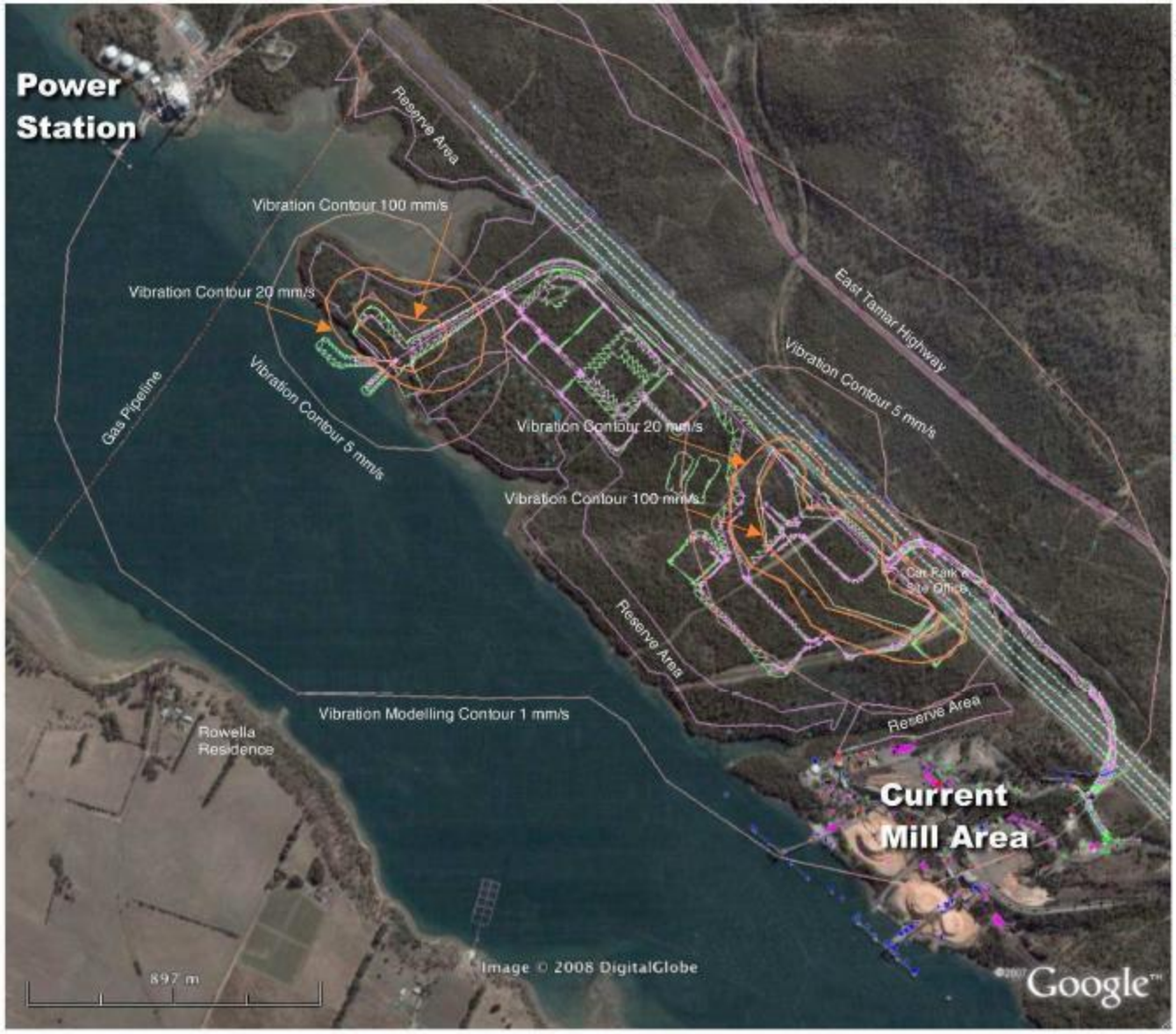


Figure 2:

Bell Bay Alliance
Vibration Contours

LEGEND

- Heritage Sites - Rock Walls
- High Voltage Powerline
- Low Voltage Powerline
- Telstra Cable
- Vibration Contours
- Reserve Areas
- Gas pipeline

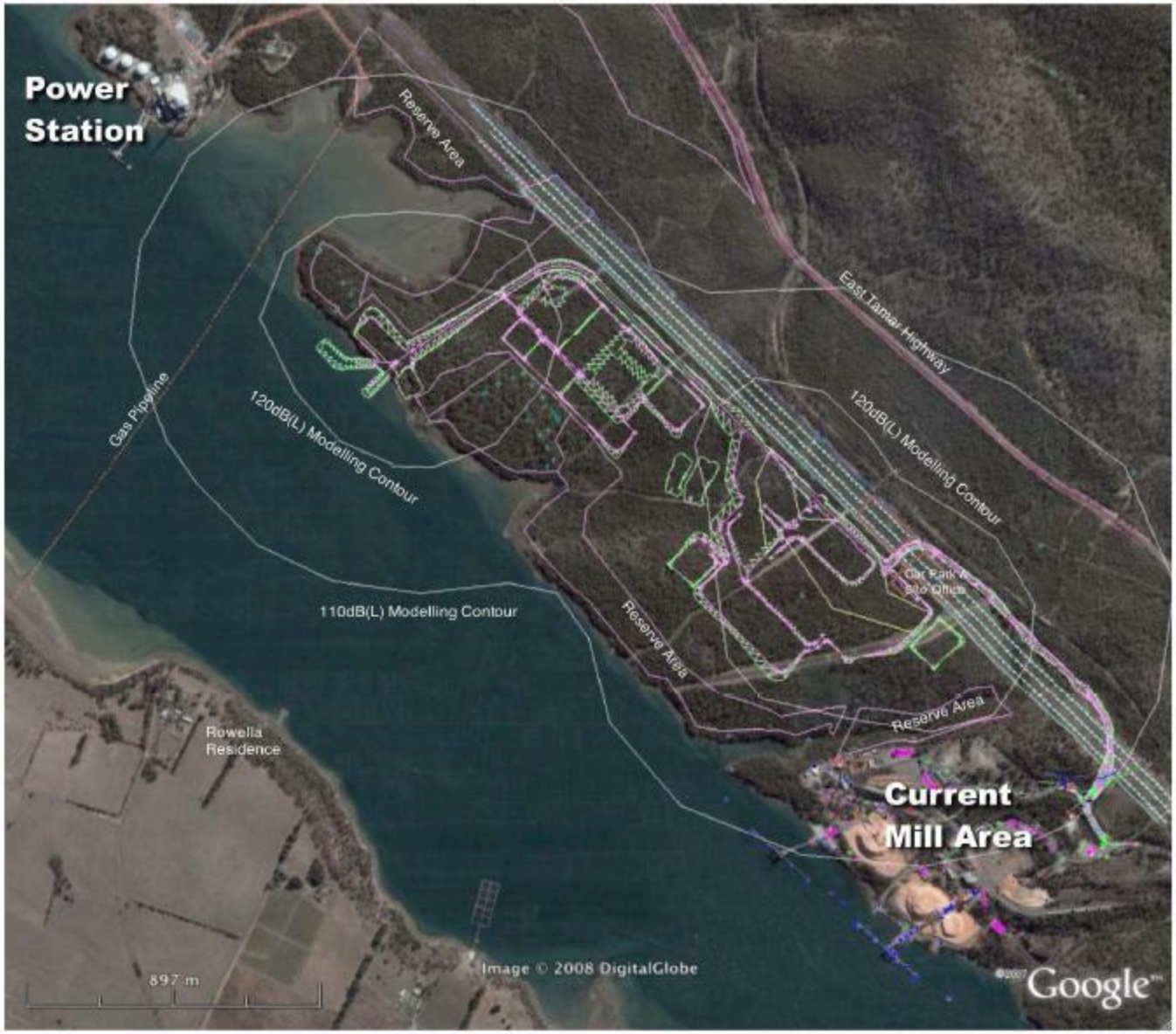


Figure 1:

Bell Bay Alliance Airblast Contours

LEGEND

- Heritage Sites - Rock Walls
- High Voltage Powerline
- Low Voltage Powerline
- Telstra Cable
- Airblast Contours
- Reserve Areas

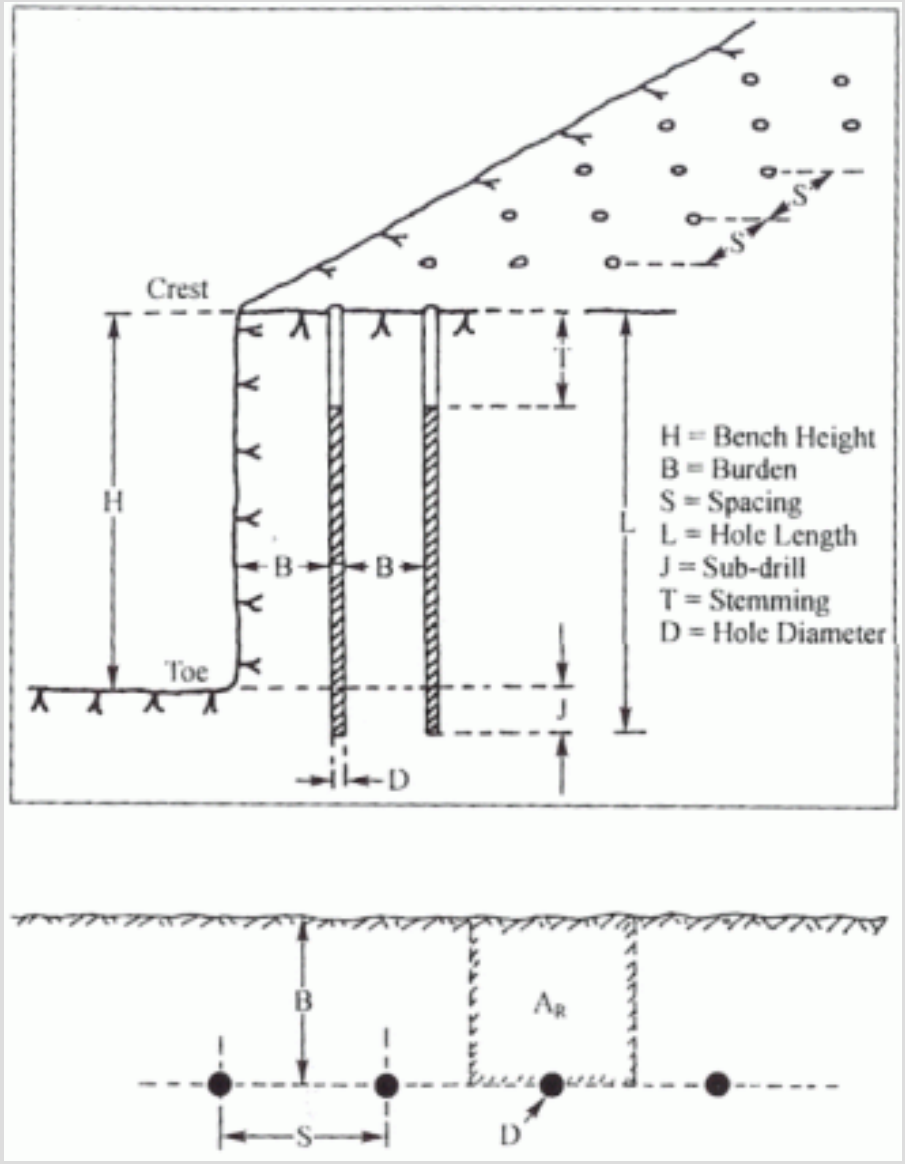
วิธีควบคุมความสั่นสะเทือนจากการระเบิด

-ออกแบบการเจาะระเบิดให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม จัดให้มีหน้าอิสระหลายหน้า

-ใช้แก๊ปถ่วงเวลา และ จำกัดปริมาณวัตถุระเบิดที่ระเบิดพร้อมกันให้น้อยที่สุด (Minimize charge per delay of Explosive)

-ระมัดระวังและตรวจสอบระยะการเจาะและการอัดระเบิดให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้

-อัดระเบิดให้พอดีที่จะทำให้หินแตกอย่าอัดมากเกินไป (หมั่นตรวจสอบปริมาณวัตถุระเบิดต่อปริมาณหิน)


Crest
Toe
H
B
B
S
S
S
T
L
J
D
H = Bench Height
B = Burden
S = Spacing
L = Hole Length
J = Sub-drill
T = Stemming
D = Hole Diameter
B
A_R
S
D

วิธีควบคุมความสั่นสะเทือนจากการระเบิด

-อัดระเบิดให้มีหน้าอิสระที่พอเพียง ระวังระยะที่เจาะต่ำกว่าพื้น(**sub-drilling**)อย่าให้มากเกินพอดี

- เพิ่มระยะทางระหว่างจุดที่ทำการระเบิดกับจุดรับผลกระทบ

- ต้องแน่ใจว่าอนุกรมการจุดระเบิดไม่ผิดพลาด

- จำกัดจำนวนครั้งของการระเบิด

-ทำลายความต่อเนื่องของชั้นหิน

- ใช้รูระเบิดขนาดเล็ก หรือใช้ระเบิดแรงสูงมากขึ้น

- ค้นหาวิธีอื่นมาทดแทนการระเบิด

ตัวอย่างการคำนวณ

-จากสมการ W = (D/Ds)^2

- w = กก. วัตถุระเบิด, D = เมตร, Ds = 30 เมตรต่อรากที่สองของ กก ถ้า D= 100 เมตร w= กี่ กก.

-W = (100/30)^2 = 11.11 กก

-จะทำให้เกิดความสั่นสะเทือนไม่เกิน 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

-ถ้า Ds = 50 , w = (100/50)^2 = 4.0 กก.

จะทำให้เกิดความสั่นสะเทือนไม่เกิน 10 มิลลิเมตรต่อวินาที

* ผลการศึกษาเหมืองหินหลายเหมืองในประเทศไทยและเป็นคำแนะนำของ NPS ของอเมริกา

การควบคุมความสั่นสะเทือนจากจุดกำเนิด

ควบคุมปริมาณวัตถุระเบิดพร้อมกันมากที่สุด

ไม่น้อยกว่า 32 เมตร ต่อรากที่สองของกิโลกรัมวัตถุระเบิดเพื่อควบคุมความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน 10.0 มิลิเมตร/วินาที

100 กิโลกรัม = 320 เมตร 500 กิโลกรัม = 715 เมตร

ไม่น้อยกว่า 55 เมตร ต่อรากที่สองของกิโลกรัมวัตถุระเบิดเพื่อควบคุมความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน 2.0 มิลิเมตร/วินาที

100 กิโลกรัม = 550 เมตร 500 กิโลกรัม = 1,230 เมตร

ผลกระทบด้านเสียง และคลื่นอัดอากาศ

(Noise and Air Blast)

-Noise (เสียง) 20-20000 Hz

- Air Blast (คลื่นอัดอากาศ) Less than 20 Hz

ตัวอย่างระดับเสียงค่าต่างๆ (decibel(A) scale)

20 - ชนบนที่เงียบสงบและลมสงบ

40 - ห้องนอน**Living room**

60 - การสนทนาตามปกติ

80 - บนท้องถนนที่มีการจราจรคับคั่ง การสนทนาเสียงดัง

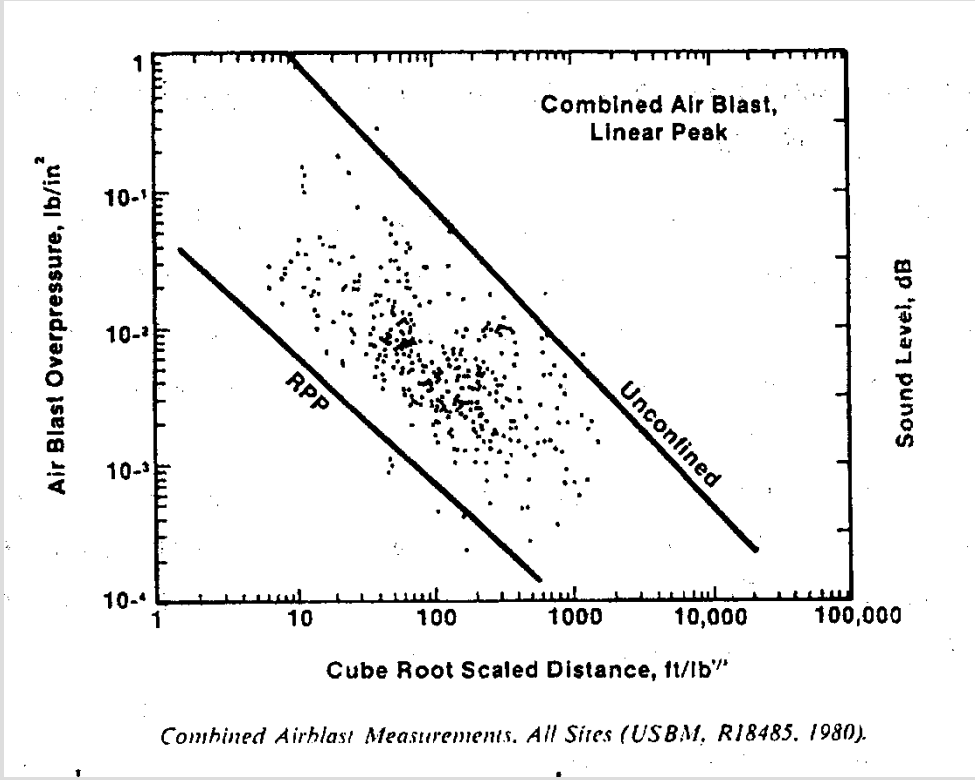
90 - เสียงรถบรรทุกวัดที่ระยะ 7 เมตร

100 - เครื่องเจาะหินหรือเครื่องกระแทกที่ใช้ลมให้พลังงานวัดที่ระยะ 7 เมตร

110 - เสียงวงดนตรีร็อก, การระเบิดเหมืองตั้งจุดวัดที่ระยะ 100 เมตร

120 - เสียงที่เริ่มรบกวนมนุษย์อย่างรุนแรง

140 - เสียงที่เริ่มทำลายประสาทหู, เครื่องบินไอพ่นวัดที่ระยะ10๐ เมตร



Combined Airblast Measurements, All Sites (USBM, R18485, 1980).

Combined Airblast Measurements

Airblast Scaling

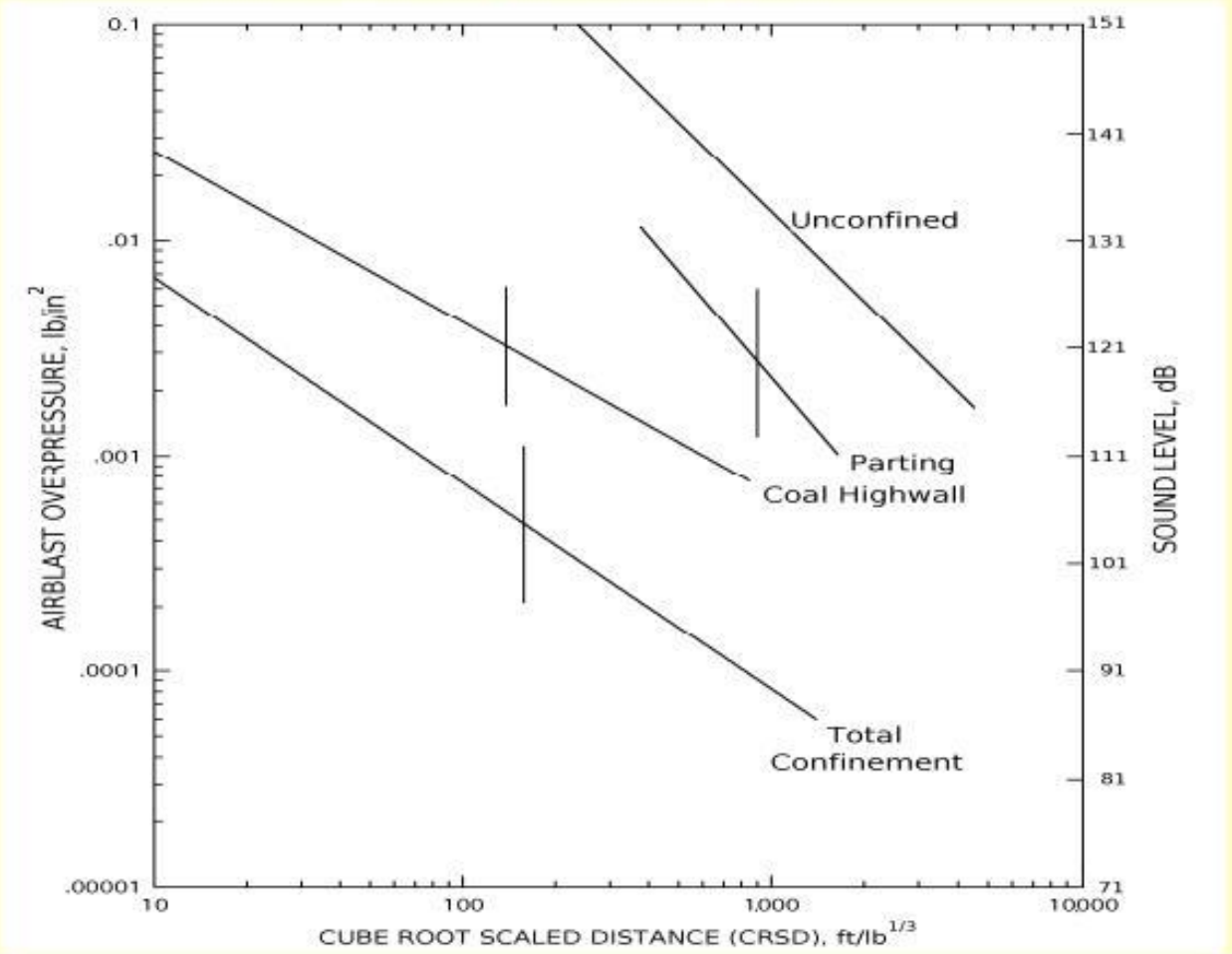
•Ground vibration (square root SD) typically attenuates over distance at a higher rate than Airblast (cube root SD)

•Using cube root scaled distance results in a flatter line, less drop-off of energy over distance

•Perceptible airblast levels may occur at much greater distances from blasting than perceptible ground vibration

•Cube root scaling of the charge weight ($CW^{1/3}$) is similar to square root scaling ($CW^{1/2}$)

•Airblast is strongly impacted by confinement



$$P = K\,(R/(Q)^{.33})^{B}$$

เมื่อ

P = ความดันอากาศPressure (kPa)

K = ค่าคงที่(State of confinement)

Q = ปริมาณวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด (kg)

R = ระยะทางวัดจากจุดที่ทำการระเบิด (m)

$(R/(Q)^{.33}$ เรียกว่าอัตราส่วนระยะทาง (scaled distance)

B = ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่ (ปกติ = -1.2)

ค่าคงที่ K Factors ขึ้นอยู่กับลักษณะการอัดระเบิด

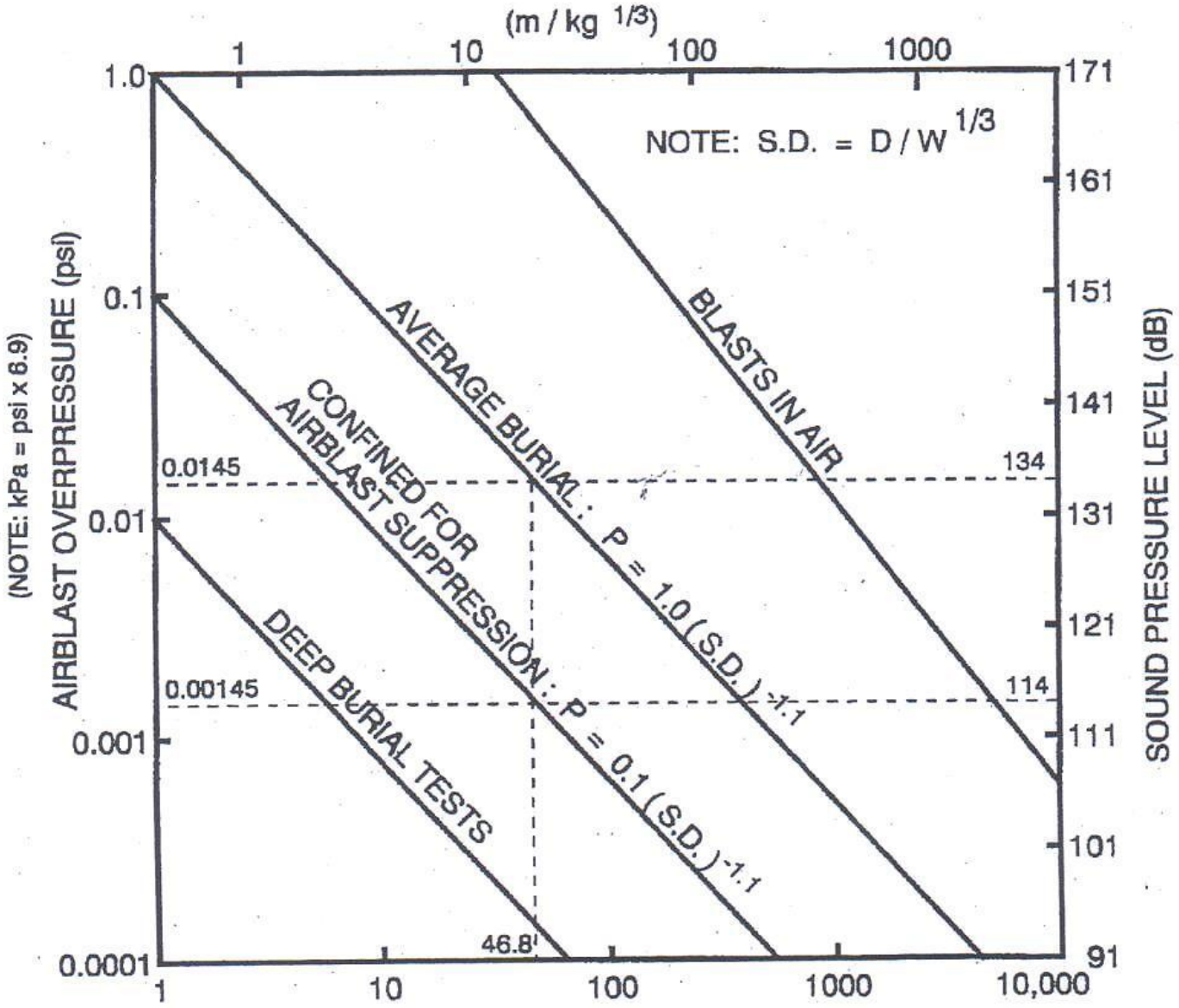
ไม่มีแรงอัด (Unconfined) K = 185

อัดระเบิดแน่นดีมาก (Fully confined) K = 3.3

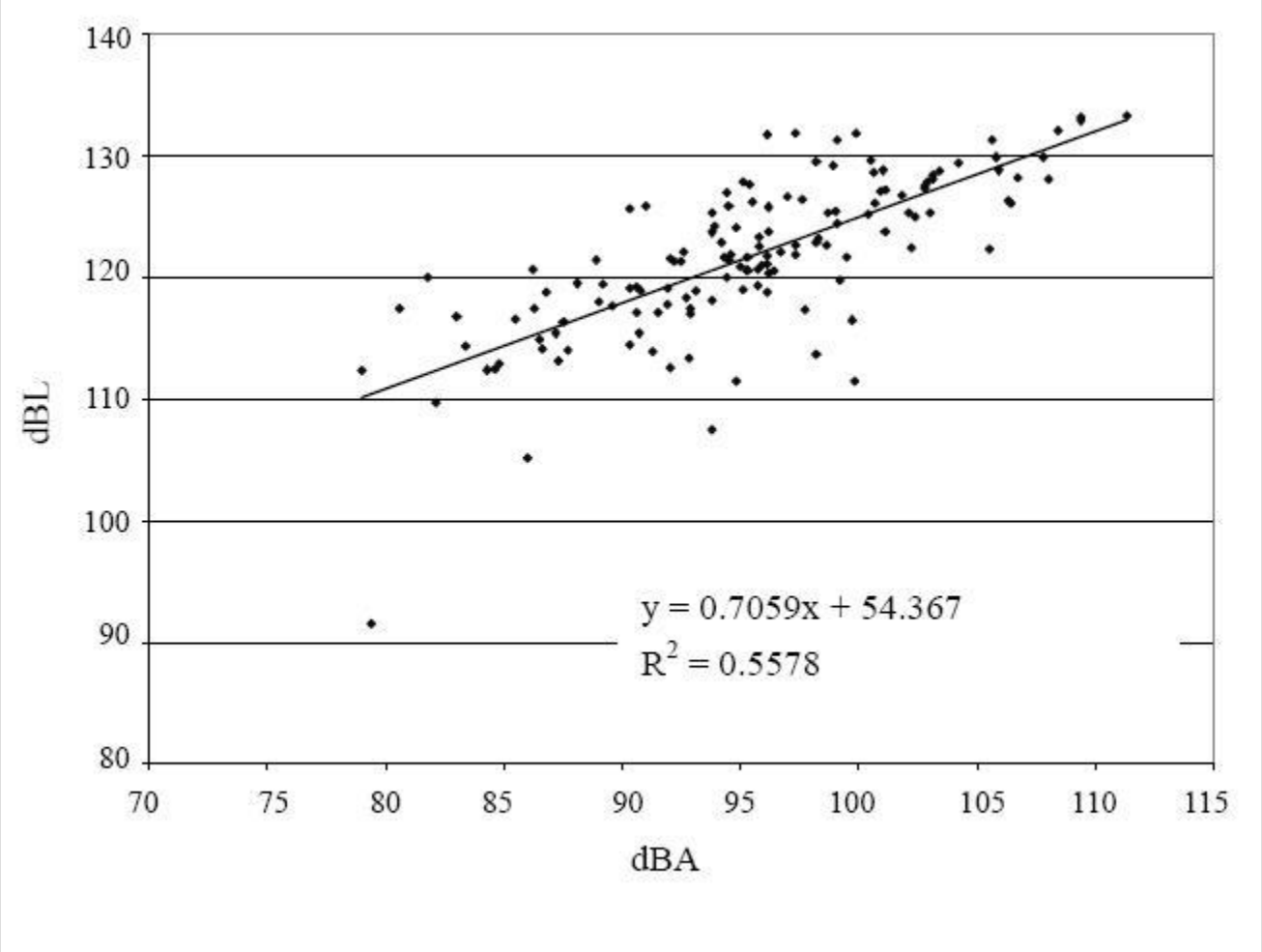
มาตรฐานคลื่นอัดอากาศของประเทศออสเตรเลีย (Recommended Levels for Airblast Sound levels, AS 2187.2 - 1993)

เพื่อป้องกันการรบกวนต่อชุมชน 120 dB (L)

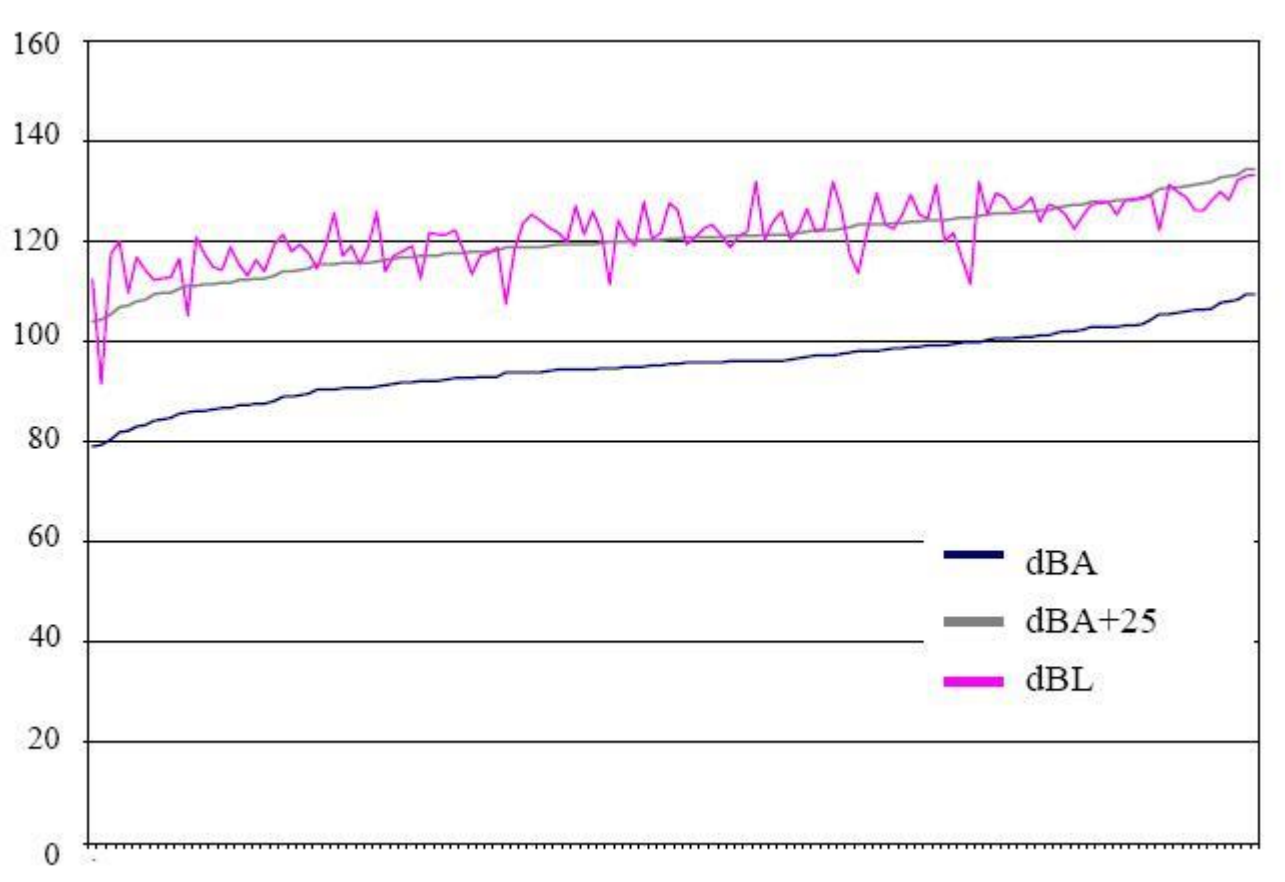
เพื่อป้องกันความเสียหายต่อโครงสร้างของโบราณสถาน 133 dB (L)



OVERPRESSURE VERSUS CHARGE BURIAL



กราฟแสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ของ **dBA** และ **dBL**



กราฟแสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ของ **dBA** และ **dBL**

สาเหตุของเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด

-ปริมาณวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันมากที่สุด มากเกินข้อจำกัด เช่นไม่มีการใช้เชื้อปะทุชนิดถ่วงเวลาหรือใช้เชื้อปะทุเบอร์เดียวกันหลายๆรูระเบิด

- ปิดปากรูระเบิดไม่ดี เช่นระยะปิดปากรู (Stemming) ไม่มากพอ วัสดุปิดปากรูมีขนาดเล็กกลมมน และมีขนาดใกล้เคียงกันมาก

-หน้าระเบิด spacing และ burden หนาหรือบางเกินไป (หรือรูเบี่ยงเบนมาก)ทำให้มีการใช้วัตถุระเบิดปริมาณที่พอดี (Recheck Explosive factor)

-สายชนวนระเบิดอยู่เหนือรูระเบิด

- อนุกรมการจุดระเบิดไม่ผิดพลาดหรือระยะเวลาในการถ่วงเวลาไม่เหมาะสม การจุดระเบิดแถวหลังก่อนแถวหน้า

การระเบิดวิธีพิเศษบางชนิด เช่น Pre-splitting

สาเหตุของเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด

มีโพรง หรือในหินที่แตกร้าวมากๆ อยู่ก่อนแล้วหรือหน้าระเบิดแถวแรกไม่หน้าพอ แก้สจากการระเบิดจะออกมาทางรอยแตกร้าวของหินทำให้เสียงดัง

- หันหน้าระเบิดไปในทิศทางที่รับผลกระทบที่มีความอ่อนไหวมากๆ เช่นวัด โรงพยาบาล โรงเรียน

-สภาพภูมิอากาศ เช่นทิศทางลม ความเร็วลม การเปลี่ยนแปลงอุณภูมิอย่างรวดเร็วเช่น ตอนเช้า หรือตอนเย็น หรือในฤดูหนาวที่มีท้องฟ้าปิด

-อัดระเบิดไม่แน่นเช่น การระเบิดย่อยหินก้อนใหญ่ การเจาะรูระเบิดตื้นเพื่อปรับโขดหรือพัฒนาหน้าเหมือง การระเบิดพื้นที่ไม่มีหน้าอิสระด้านข้าง

-สภาพภูมิเช่นอยู่ในหุบเขาจะเกิดผลกระทบมากกว่าปกติ

-ในพื้นที่ราบระหว่างเทือกเขาอาจมีการหนุนกันของคลื่นระหว่างสันเขาต่อสันเขาทำให้เกิดคลื่นอัดอากาศมากขึ้น ถึง 300 %

มาตรฐานเสียงและคลื่นอัดอากาศ ประเทศไทย

ไม่เกิน 115 dB(A) ณ จุดรับผลกระทบ (กำหนดไม่เหมาะสม)

ประเทศสหรัฐอเมริกา

134 dB(Linear) Peak @ 0.1Hz หรือน้อยกว่า

133 dB(Linear) Peak @ 2 Hz หรือน้อยกว่า

129 dB(Linear) Peak @ 6.0 Hz หรือน้อยกว่า

105 dB(Linear) Peak @ C - weighted -slow response

การควบคุมผลกระทบจากเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด

-จำกัดประมาณวัตถุระเบิดที่จุดระเบิดพร้อมกันต่อจังหวะถ่วงให้น้อยที่สุด

-ตรวจสอบ spacing และ burden (ระวังเรื่องรูเบี่ยงเบน)ให้แน่ใจได้ว่ามีการใช้วัตถุระเบิดปริมาณที่พอดี (Recheck Explosive factor)

-กรณีใช้สายชนวนระเบิดอยู่เหนือรูระเบิดควรปิดคลุมด้วยดินหนาไม่น้อยกว่า 1 ฟุต

- ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าอนุกรมการจุดระเบิดไม่ผิดพลาด

- ระมัดระวังปริมาณวัตถุระเบิดในรูที่มีโพรง หรือในหินที่แตกร้าวมากๆ ใส่ถุงหรือใช้แท่ง

-หันหน้าระเบิดไปในทิศทางที่ไม่ค่อยจุดรับผลกระทบที่มีความอ่อนไหวมากๆ เช่นวัด โรงพยาบาล โรงเรียน

-เลือกเวลาระเบิดตอนที่อากาศไม่เปลี่ยนแปลงมาก เช่นตอนเที่ยง หรือตอนลมสงบ

การควบคุมผลกระทบจากเสียงและคลื่นอัดอากาศจากการระเบิด

-ต้องแน่ใจว่ามีการปิดปากรูระเบิดและระยะการปิดปากรูระเบิดที่ดีพอ (stemming depth and type is adequate) ไม่ใช้ฝุ่นขนาดเล็กมากๆปิดปากรู

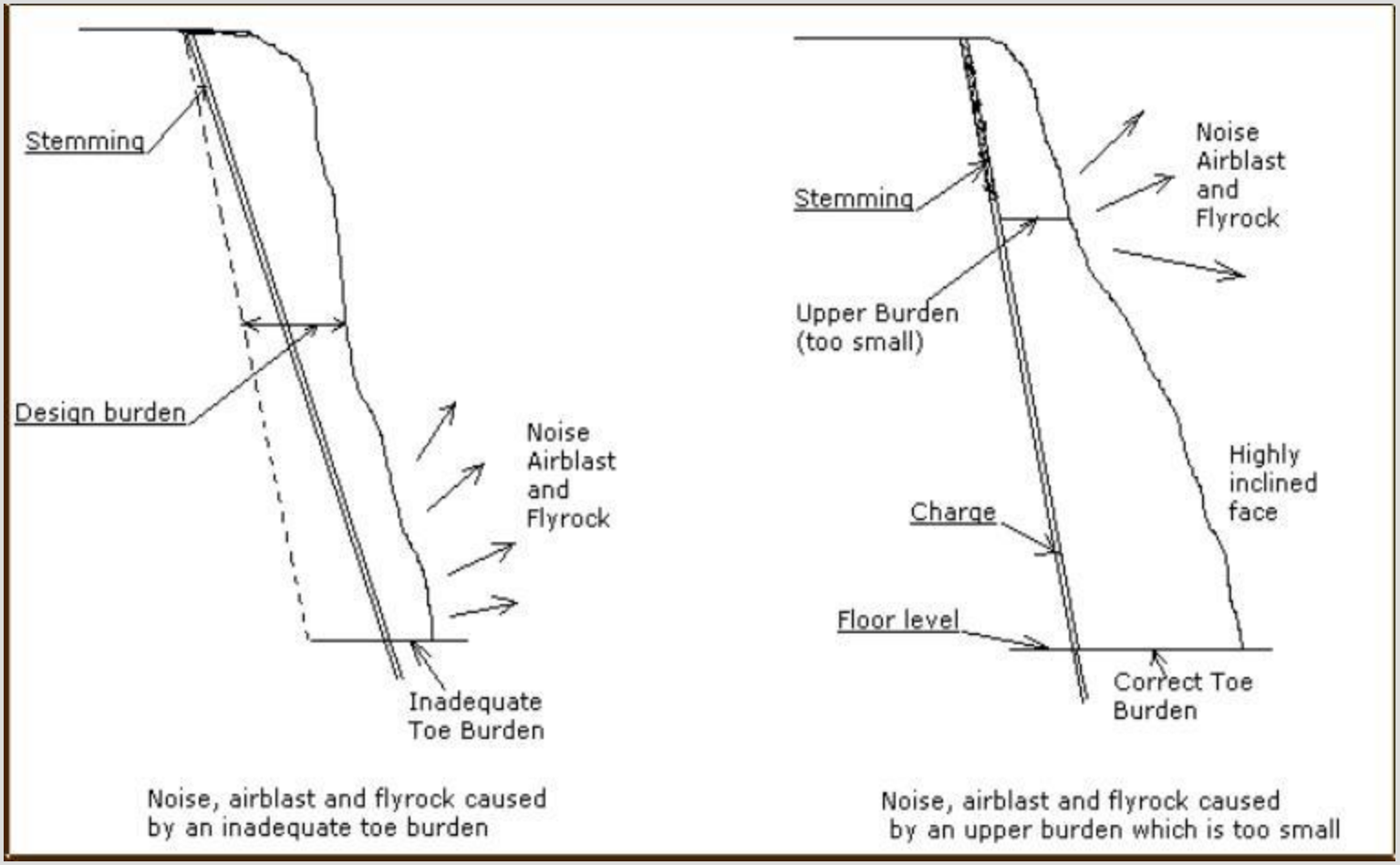
-เลือกใช้แก็ป NONELแทนการจุดระเบิดด้วยสายชนวนระเบิด (Detonating cord)

-ออกแบบการระเบิดให้มีหน้าอิสระหลายหน้า แนวรูระเบิดเป็นแถวยาวแทนเป็นแนวกว้าง

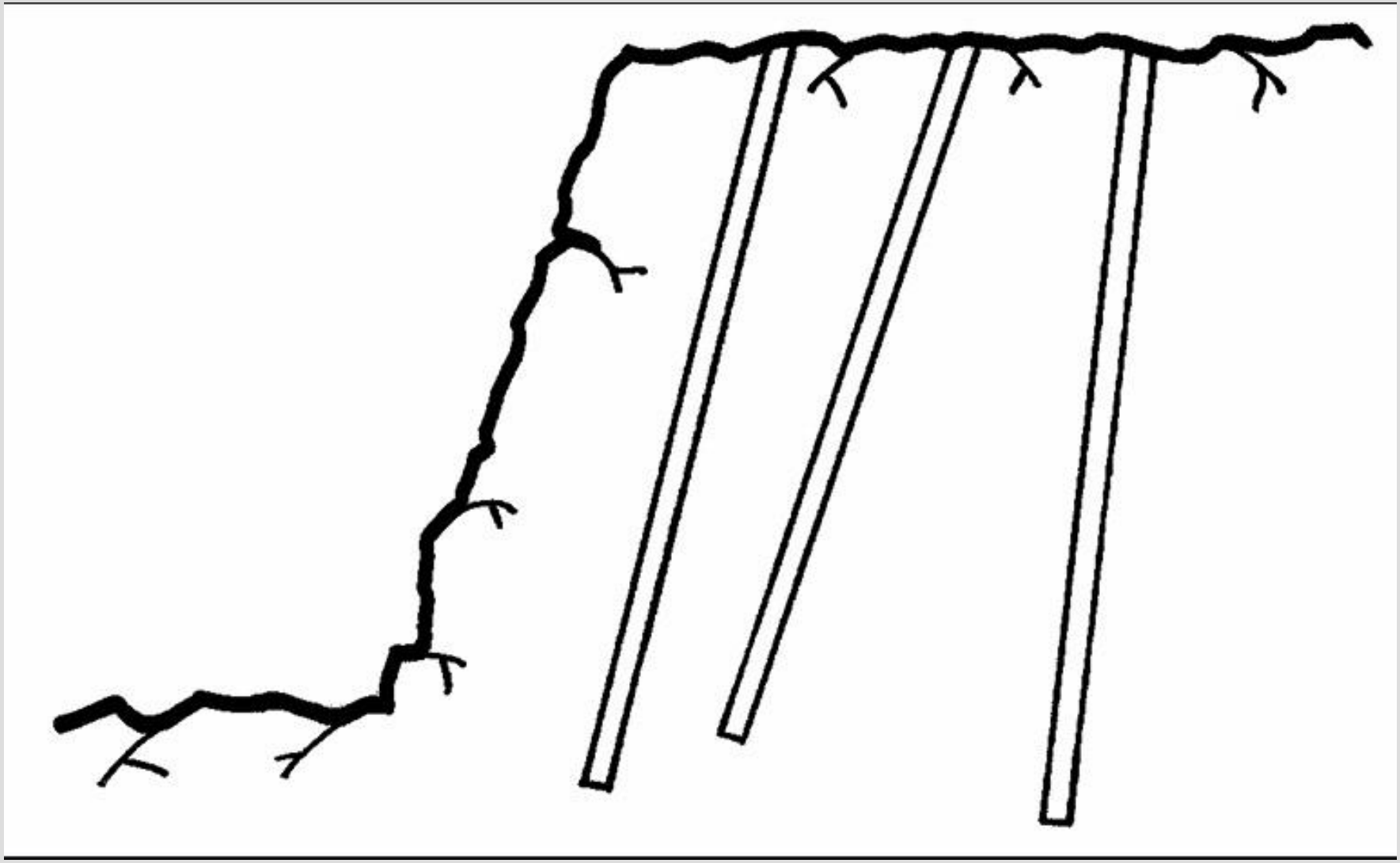
- หลีกเลี่ยงการเจาะระเบิดตื้นๆ และปิดปากรูน้อยๆ เช่น ครึ่งเมตร หรือการระเบิดย่อย

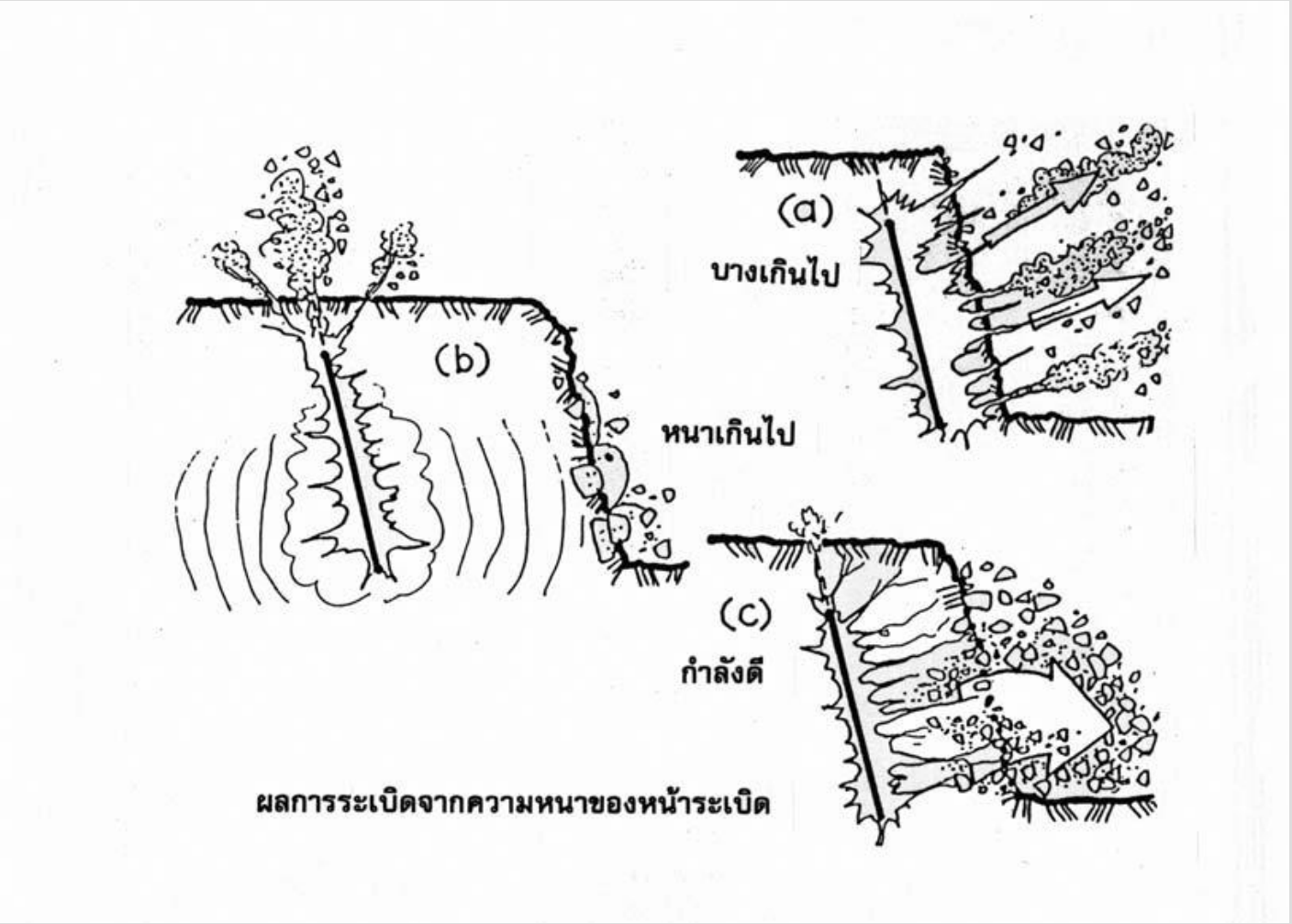
- ใช้วัสดุปิดกั้นระหว่างจุดที่ทำการระเบิดกับจุดรับผลกระทบ

-จำกัดจำนวนครั้งของการระเบิดให้น้อยที่สุด


Stemming
Design burden
Noise
Airblast
and
Flyrock
Inadequate
Toe Burden
Noise, airblast and flyrock caused
by an inadequate toe burden
Stemming
Noise
Airblast
and
Flyrock
Upper Burden
(too small)
Highly
inclined
face
Charge
Floor level
Correct Toe
Burden
Noise, airblast and flyrock caused
by an upper burden which is too small

เจาะรูระเบิดต้องระวังอย่าให้เบี่ยงเบนไปจากที่ประมาณการไว้





หน้าระเบิดหนาหรือบางเกินไป ก็ไม่ดี

ภาพมองจากด้ายบน แสดงการใช้กองดินป้องกันผลกระทบจากการใช้วัตถุระเบิดที่เหมืองทองคำ Kalgoorlie Consolidated Gold Mines ในรัฐ Western Australia

ประเทศออสเตรเลีย

การควบคุมผลกระทบจากเสียงและคลื่นอัดอากาศจากแหล่งกำเนิด

ควบคุมปริมาณวัตถุระเบิดต่อจังหวะถ่วง (**Maximum charge weight per delay**) ไม่น้อยกว่า 76 เมตรต่อรากที่สามของกิโลกรัม

100 กิโลกรัม = 352 เมตร

1.000 กิโลกรัม = 760 เมตร

เพื่อควบคุมเสียงไม่เกิน **125 dB(A)**

และควบคุม **AirBlast** ไม่เกิน 133 **dB(l)**

dB(A) ~ dB(l)- (40)

หินปลิวกระเด็นจากการระเบิด (Fly Rock)

-การป้องกันอันตรายจากหินปลิวจากการระเบิดเริ่มต้นจากการระบุขอบเขตพื้นที่ทำการระเบิดที่ชัดเจนให้ได้เสียก่อน

-อุบัติเหตุมักเกิดจากการขาดระบบรักษาความปลอดภัยพื้นที่ทำการระเบิดหรือไม่มีระบบป้องกันการเข้าถึงพื้นที่ทำการระเบิดที่ดีพอ

-ชาวบ้านเดินเข้าไปในพื้นที่ทำการระเบิดถูกหินปลิวจากการระเบิดได้รับบาทเจ็บสาหัสเนื่องจากคนจุระเบิดมองไม่เห็นชาวบ้านคนนั้น

-อีกแห่งหนึ่งผู้โดยสารรถโดยสารเข้าหมู่บ้านถูกหินปลิวจากการระเบิดเนื่องจากไม่มีการปิดกั้นถนนขณะทำการระเบิด

-อีกแห่งหนึ่งรถแทกเตอร์ได้รับอันตรายเนื่องจากเข้าไปในพื้นที่ทำการระเบิดเนื่องจากไม่มีระบบการป้องกันที่ดีพอ.

ปัจจัยที่ใช้ในการระบุพื้นที่ทำการระเบิด

- ลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่

-การออกแบบการเจาะระเบิด ได้แก่ ระยะ Burden และ spacing ความลึกของรูระเบิด เส้นผ่าศูนย์กลางและมุมเอียงของรูระเบิด เป็นต้น

- ประสบการณ์ของคนงานเจาะระเบิด

- ระบบการถ่วงเวลา ปริมาณวัตถุระเบิดต่อจังหวะถ่วง ปริมาณวัตถุระเบิดต่อปริมาณหิน (powder factor)

-ชนิดและปริมาณของวัตถุระเบิดที่ใช้

-ชนิดและปริมาณของวัสดุปิดปากรู (Type and amount of stemming)

ระยะทางที่ปลอดภัยจากหินปลิวจาก เว็บไซต์ประเทศออสเตรเลีย

- ระยะปลอดภัย ระยะปิดปากรูระเบิด

  » Φ76 มม. Φ102 มม. Φ152 มม.

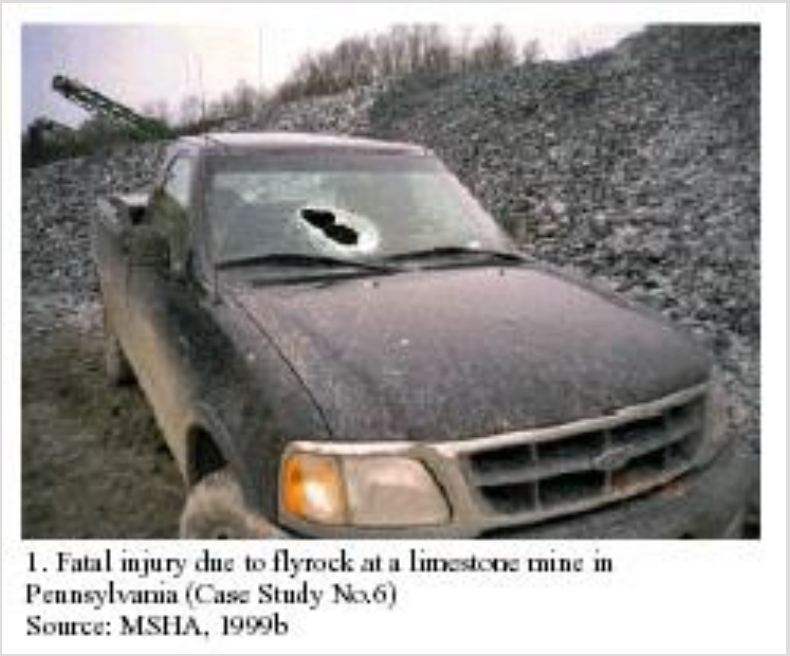
- 100 ม. 2.3 ม 3.7 ม 6.3 ม
- 150 ม. 1.9 ม 2.9 ม 5.1 ม
- 200 ม. 1.6 ม 2.5 ม 4.4 ม

กรณีระยะปลอดภัย 100 เมตรหินจะปลิวไปไกลได้ไม่เกิน 70 เมตร

ระยะปลอดภัย 150 เมตร หินปลิวได้ไกลไม่เกิน100 เมตร

ที่กำบังหินปลิวจากการระเบิด

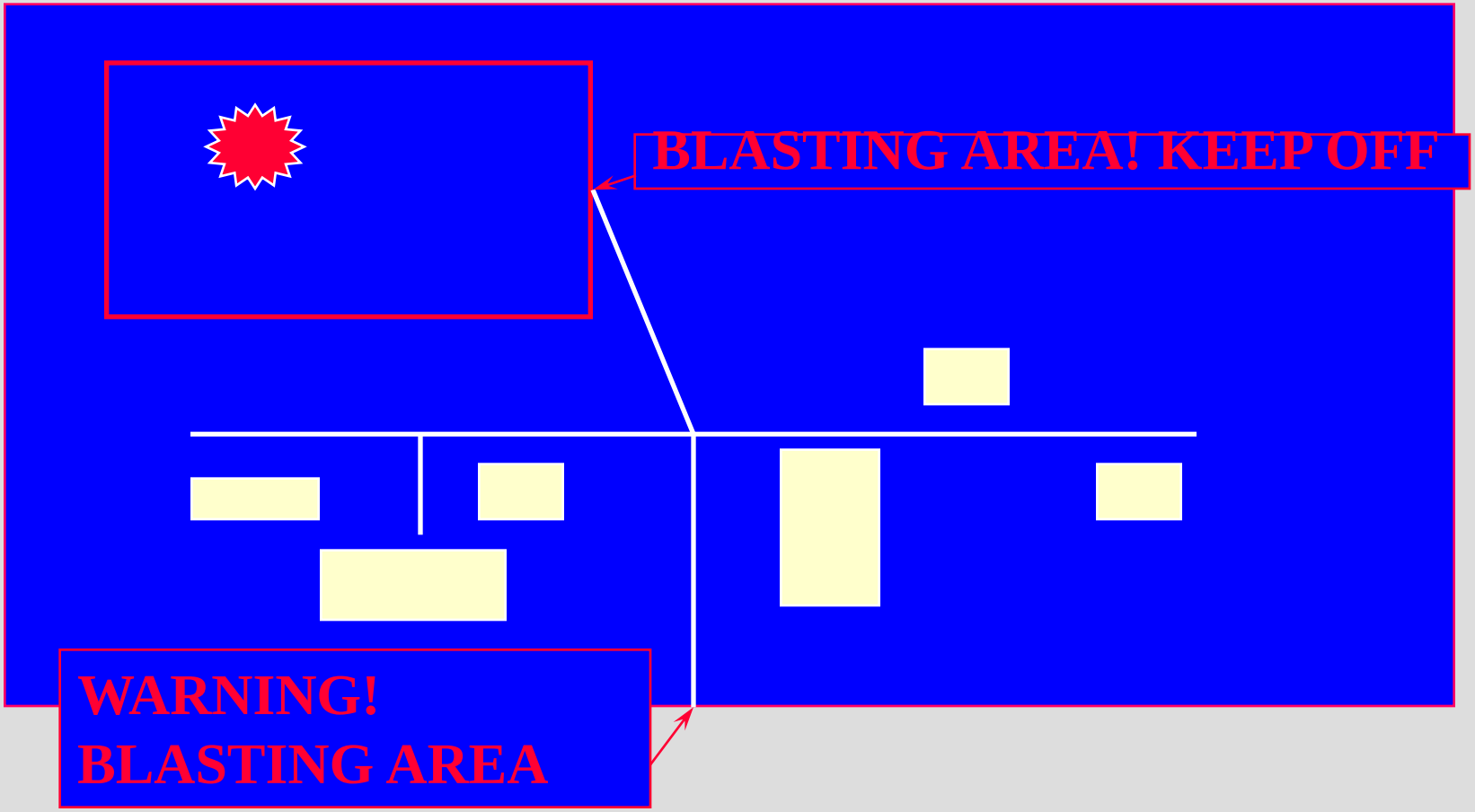
คนจุดระเบิดเพื่อขุดบ่อน้ำ หินปลิวลงบนหัวเนื่องจากเขาไม่หมวกแข็งและไม่มีที่กำบัง (ระยะทางประมาณ 65 เมตร)



1. Fatal injury due to flyrock at a limestone mine in Pennsylvania (Case Study No.6)
Source: MSHA, 1999b

อุบัติเหตุจากหินปลิวจากการระเบิด

Identify of Blasting Area



สถาบันผู้ผลิตวัตถุระเบิด (Institute of Makers of Explosives :IME) สรุปสาเหตุของหินปลิวจากการะเบิดไว้ดังนี้:

- ระยะ burden ไม่เพียงพอ
- การวางหลุมระเบิดผิดพลาด อัดระเบิดในแต่ละรูมากเกินไป ปริมาณวัตถุระเบิดต่อปริมาณหิน (powder factor) มากเกินไป
- โครงสร้างและลักษณะธรณีวิทยาของหินผิดปกติ เช่นหินมีรอยแตกตามธรรมชาติมากผิดปกติ
- ระยะ ปิดปากรูระเบิดไม่เพียงพอ
- ระยะการถ่วงเวลาระหว่างรูต่อรูหรือระหว่างแถวไม่เพียงพอ

MSHA สรุปว่า อุบัติเหตุจากหินปลิวจากการระเบิดเกิดจากขาดมาตรการป้องกันพื้นที่ทำการระเบิดที่เพียงพอ เช่นมีบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าอยู่ในพื้นที่ทำการระเบิดขณะที่มีการจุดระเบิด สาเหตุสำคัญมีดังนี้ ของอุบัติเหตุคือ:

- คนงานหรือแขกที่มาเยี่ยมไม่ได้ออกจากพื้นที่ทำการระเบิด
- ไม่มีการปิดป้ายห้ามเข้าไปในพื้นที่ทำการระเบิด
- คนงานไม่เข้าใจขั้นตอนปฏิบัติงานในการจุดระเบิด
- ขาดการสื่อสารสองทางที่มีประสิทธิภาพ
- ไม่มีการปิดกั้นถนนเข้าสู่พื้นที่ทำการระเบิด
- การเข้าไปหลบในบังเกอร์ไม่ทัน หรือเข้าไปหลบในบังเกอร์ที่ไม่ปลอดภัย
- ประเมินระยะหินปลิวจากการระเบิดผิดพลาด

Causes of Flyrock

Often, the factors that cause excessive airblast and ground vibrations have the potential to cause flyrock as well. Flyrock is the number two killer in mining operations. For this reason, it is crucial that blasters understand and control the factors that can create flyrock. Some of the common causes of flyrock are:

1. Overloaded blastholes with excessive amounts of explosives
2. Heavily confined charges or the lack of relief (eg. lift blasts)
3. Explosives loaded into incompetent materials (eg. mud seams, fractures, and/or voids)
4. Insufficient front-row burden, causing front-face blowouts
5. Burdens and spacings too close together (resulting in high powder factors)
6. Inadequate/insufficient stemming material
7. Inadequate delay between holes in the same row or between rows; detonators firing out of sequence
8. Deviation of blast hole detonation from the intended sequence
9. Changing geology or rock type
10. Spacing and burden exceeds borehole depth
11. Angled boreholes
12. Secondary blasting
13. Human error, improperly loaded blasts

Fly Rock

- **MSHA ระบุหน้าที่สำคัญของระบบรักษาความปลอดภัยในพื้นที่ทำการระเบิด (blast area security):ดังนี้**

- ประมาณการระยะหินปลิวกระเด็นจากปัจจัยต่างๆ พร้อมระบุขอบเขตที่ชัดเจน

-ป้องกันบุคคลไม่ให้เข้าไปยังพื้นที่ทำการระเบิด

-ปิดป้ายประกาศพื้นที่ห้ามเข้าเนื่องจากมีการระเบิดที่ชัดเจน

-จัดหาที่กำบังที่ปลอดภัยและเพียงพอสำหรับคนจุดระเบิด

-จัดให้มีการสื่อสารสองทางที่มีประสิทธิภาพระหว่างยาม คนจุดระเบิด หัวหน้างาน และคนงานอื่นๆ

การควบคุมผลกระทบจากหินปลิวกระเด็นจากการระเบิด

-เก็บหินลอยที่หน้างานออกให้หมด และหันหน้าระเบิดไปในทิศทางที่ไม่มีชุมชน

-ปิดปากรูระเบิดให้เพียงพอ

- ตรวจสอบระยะระหว่างแถวและระหว่างรูให้เหมาะสม ระวังเรื่องการเบี่ยงเบน

- ระมัดระวังหรือหลีกเลี่ยงการระเบิดย่อย

-หลีกเลี่ยงการเจาะระเบิดรูตื้นๆ (1เมตร)

-ใช้วัสดุปิดคลุมในกรณีที่จำเป็นเช่นตาข่ายเหล็กและยางรถยนต์

-ตรวจสอบให้แน่ใจว่าอนุกรมการจุดระเบิดถูกต้อง

-มีระบบความปลอดภัยในการป้องกันพื้นที่ทำการระเบิดที่ดีพอ **(blasting area security)**

แผ่นควบคุมผลกระทบจากหินปลิวกระเด็นจากการระเบิด

ฝุ่น ควัน และแก้ส จากการระเบิด

-การระเบิดที่สมบูรณ์จะเกิด ก้าซ ไนโตรเจน (N_2) น้ำ (H_2O) และ ก๊าซ คารบอนไดออกไซด์ (CO_2)

-การระเบิดไม่สมบูรณ์จะเกิดแก้สพิษ 2 ตัวคือ คาบอนมอนออกไซด์ (CO) และ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)

การระเบิดไม่สมบูรณ์เป็นการไหมไฟของระเบิดแทนการระเบิดเกิดจากการกระตุ้นที่ไม่สมบูรณ์เช่น **Primer** มีแรงดันการระเบิดไม่มากพอ หรือน้ำเข้าวัตถุระเบิดในกรณีที่วัตถุระเบิดไม่มีคุณสมบัติป้องกันน้ำ หรือการผสมกันของ **AN** กับ **FO** ไม่ดีพอ น้ำมันดีเซลน้อยเกินไป การอัดระเบิดไม่แน่นหรืออัดแน่นเกินไปเป็นต้น

ทิศทางลมเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาหากการระเบิดใกล้ชุมชน ควรทำการระเบิดในเวลาที่ลมพัดไปในทิศทางที่ไม่ค่อยมีผู้คน

ฝุ่น ควัน และแก้ส จากการระเบิด

-ฝุ่นจากการระเบิดมีทั้งฝุ่นขนาดเล็กและฝุ่นขนาดใหญ่ ฝุ่นขนาดเล็กจะปลิวกระจายไปไกลส่วนฝุ่นขนาดใหญ่จกตกลงใกล้ๆจุดที่ทำการระเบิด

-การฉีดสเปรน้ำช่วยขณะทำการระเบิดจะทำให้สามารถลดการกระจายของฝุ่นได้ส่วนหนึ่งแม้จะไม่มากนักแต่ก็ทำให้ภาพพจน์ของการระเบิดดีขึ้น

การระเบิดที่มีการควบคุมอย่างดี หัวสเปรน้ำสามารถไปวางด้านหลังแนวระเบิดในรัศมี 5 เมตรได้โดยไม่เกิดการเสียหาย